



## MANİSA İLİNDE GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALLERİ (GES) KURULABİLİR ALANLARIN COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMLERİ (CBS) İLE BELİRLENMESİ

The Determination of Suitable Areas for Solar Energy Power Plants (SEPP) in Manisa Province Using Geographic Information Systems (GIS)

Mehmet ÜZÜLMEZ<sup>1</sup>, İlter Kutlu HATİPOĞLU<sup>2</sup>

### Öz

Günümüz dünyasında artan nüfusla birlikte enerji talebi de her geçen gün artmaktadır. Fosil yakıtlar ömrünü tamamlama noktasına geldiğinden, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı da hızla artmaktadır. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında önemli ölçüde gelişim kaydetmiştir. Ülke, coğrafi özellikleri sebebi ile söz konusu kaynaklar açısından büyük potansiyele sahiptir. Bu kaynaklardan biri olan güneş enerjisinin kullanılmasında ise güneş enerjisi santrallerine ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle tesislerden yüksek derecede verim alabilmek için de arazide en uygun yerin belirlenmesi gerekir. Günümüz teknolojisi, en uygun yer seçimlerini çeşitli bilgisayar programları sayesinde ortaya koyabilmektedir. Bunlardan biri de Coğrafi Bilgi Sistemlerinde (CBS) kullanılan ArcGIS adlı yazılımdır. Bu çalışmada Manisa il genelinde Güneş enerjisi santrallerinin (GES) kurulabilmesi için en uygun yerler, söz konusu program vasıtasıyla tespit edilmeye çalışılmıştır. Yapılan çalışmada birden fazla parametre (eğim, bakı, tarım arazisi, orman arazisi, akarsu, göl, ulaşım yolları, enerji nakil hatları) kullanılmıştır. Bu parametreler, analizlerden önce Analitik Hiyerarşi Süreci ve ek olarak Bulanık Mantık süzgecinden geçirilmiş ve ilgili yazılımda çalıştırılmıştır. Yapılan analizler sonucunda Manisa ilinde GES'lerin kurulabilmesi için en uygun alanlar sahanın yaklaşık %14,5'ini kapsar. Bu alanlar da genellikle ova ve platoluk alanların çevrelerinde bulunmaktadır. GES'lerin yapımında tarım yapılan verimli alanlardan uzak durulması gerekmektedir. Böylece enerji tesislerini kurarken tarım arazilerinin de yok olması engellenebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Manisa, güneş enerjisi santrali, AHP, bulanık mantık, CBS.

### Abstract

In today's world, the increasing population has led to a growing demand for energy. As fossil fuels reaches the end of their lifespan, the utilization of renewable energy sources is rapidly increasing. Turkey has made significant progress in the use of renewable energy sources and has great potential in terms of geographic features. One of these sources is solar energy, which requires the establishment of solar power plants. To achieve high efficiency from such facilities, it is crucial to determine the most suitable locations in the terrain. Modern technology allows for the identification of optimal sites using various computer programs, one of which is the ArcGIS software used in Geographic Information Systems (GIS). In this study, an attempt was made to identify the most suitable areas in the Manisa province for the installation of solar power plants through the aforementioned program. Multiple parameters were employed, including slope, aspect, agricultural land, forest land, rivers, lakes, transportation routes, and power transmission lines. These parameters underwent Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Logic filtering prior to being overlaid in the software. The analysis results indicated that approximately 14.5% of the area in Manisa province is suitable for the establishment of solar power plants. These areas are predominantly located around plains and plateaus. It is essential to avoid fertile agricultural lands during the construction of solar power facilities to prevent the loss of agricultural areas. Thus, it helps prevent the disappearance of agricultural lands when establishing energy facilities.

**Keywords:** Manisa, solar power plant, AHP, fuzzy logic, GIS.

<sup>1</sup> Sorumlu Yazar, Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, 0000-0001-9116-0090, mehmetuzulmez@gumushane.edu.tr

<sup>2</sup> Dr. Öğr. Üyesi, Gümüşhane Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, 0000-0002-4529-110X, ilter.hatipoglu@gumushane.edu.tr

## GİRİŞ

Enerji, bir ülke ekonomisinin gelişmesi ve sosyal olarak büyümesi için her zaman önemli olmuş ve günümüzde herkesin kullanımı için zorunlu hale gelmiştir (Azman vd., 2011). Öyle ki Sanayi Devri'nin başlamasıyla birlikte dünyada enerji ihtiyacı hızlı bir şekilde fosil yakıtlardan (petrol, doğalgaz, kömür vb.) giderilmeye başlanmıştır. Sanayi Devri'nin başlangıcından günümüze kadar dünya nüfusu yaklaşık 7 kat artarak yeni yerleşim ve sanayi alanları meydana gelmiştir. Böylece fosil yakıtların Sanayi Devri'nin başlarında dünya için yakın zamanda tükenmeyecek ve çevresel bakımdan olumsuz etkilerinin hissedilmemiştir. Ancak günümüzde tükenme sınırına geldiği ve çevre bakımından olumsuz etkisinin büyük boyutlara vardığı bilinmektedir.

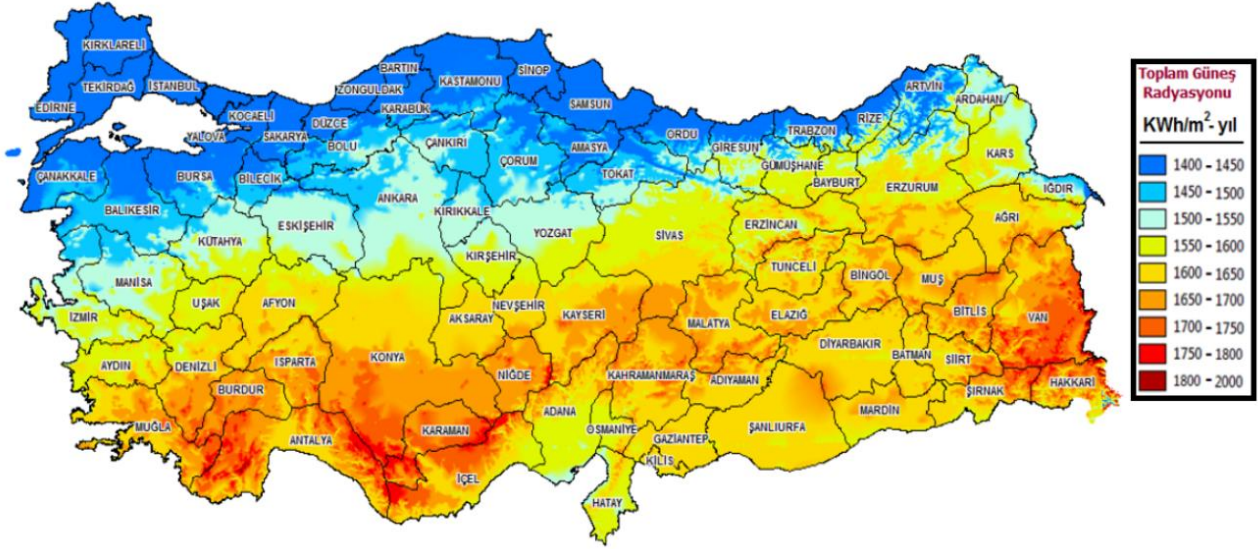
Gelişmiş ülkeler, sermaye enerjisi olarak kabul edilen fosil yakıtların (Tümertekin ve Özgüç, 2015) sınırlılığının yanında çevresel kirliliğin boyutlarının farkına varmış ve böylece yatırımlarını yenilenebilir enerji kaynaklarına yapmaya başlamışlardır. Fosil yakıtların azaltılması konusunda 2015 yılında Paris Anlaşması imzalanmıştır. Bu anlaşmaya göre 2030 yılına kadar dünya ülkeleri özellikle fosil yakıt üretimlerini azaltacaktır (International Energy Agency, 2022a). Bu doğrultuda devletler, özel şirketlere yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak elektrik üretmeleri konusunda teşvikler sağlamaktadır. Özellikle dünyada fosil yakıtları kullanan otomobillerin üretimi azaltılmaya başlanmış bunun yanında elektrikli otomobillerin üretilmesine hız verilmiştir. Böylece hızlı bir şekilde elektrik enerjisinin üretilmesinde fosil yakıtlarının azaltılması kararlılığı sürdürülmektedir.

Dünya ülkeleri yenilenebilir enerji konusunda birbirleriyle yarış içine girmişlerdir. Yenilenebilir enerji kaynakları (rüzgâr, güneş, hidro, dalga, biyokütle, gel-git, jeotermal vb.) fosil yakıtların aksine hem temiz hem de sürekliliği bulunan kaynaklardır. Yeryüzündeki konumlarına göre ülkelerde, söz konusu enerji kaynaklarından en az bir tanesi bulunabilmektedir. Bu sebeple gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için ücretsiz bir enerji kaynağıdır. Ancak yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanabilmek için yeni teknolojik ürünlere ve sermayeye gerek duyulmaktadır. Bu durumda gelişmekte olan ülkeler dezavantajlı bir konuma düşmektedir. Fakat gelişmiş ülkelerdeki özel şirketler, yeterli sermaye ve teknolojik altyapının olmadığı gelişmekte olan ülkelere yatırım yaparak bu durumun üstesinden gelebilmelerine yardımcı olmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımında önde gelen bazı dünya ülkeleri; Çin, Avrupa Birliği Ülkeleri ve ABD'dir. Özellikle Çin son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına yaptığı yatırımlarla, diğer ülkelere büyük fark atmıştır. Çin, 2021 yılında söz konusu kaynaklardan elektrik üretimini 1 milyar kWh'in üstüne çıkarmıştır. Bu kaynakların içinde güneşten elde edilen enerjinin payı yaklaşık %35'tir. 2025 yılında ise Çin'in elektrik tüketiminin %36'sının yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edeceği tahmin edilmektedir (International Energy Agency, 2022b).

Türkiye hâlâ fosil yakıtlara oldukça bağımlı bir ülkedir. Fosil yakıtlardan enerji üretiminde ilk sırayı doğalgaz almaktadır (Yılmaz, 2012). Ancak bu ülke için olumsuz bir durumdur. Çünkü ülke nüfusunun sürekli artışı ve ülkenin büyüyen bir sanayi sektörüne sahip (Arslan, 2016) oluşu sebebiyle Türkiye'de daha fazla elektrik ve doğalgaz ihtiyacına gerek duyulmaktadır. Sonuçta ülkenin maddi sermayesi, doğalgaz ithalatının yapıldığı ülkelere daha fazla akmaktadır. Enerjide maddi sermaye kaybının önüne geçebilmek için de Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarına yatırımlarını her yıl arttırmaktadır. Bu doğrultuda da ülkenin yenilenebilir enerji üretimi yıldan yıla hız kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi, 2000 yılında 329 Mwh iken 2010 yılında 4.042 Mwh, 2020 yılında ise 51.542 Mwh'e ulaşmıştır (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023a). 2022 yılında ise ülkenin elektrik üretiminin %34,6'sı kömürden, %22,2'si doğal gazdan, %20,6'sı hidrolik enerjiden, %10,8'i rüzgârdan, %4,7'si güneşten, %3,3'ü jeotermal enerjiden ve %3,7'si de diğer kaynaklardan elde edilmiştir (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Evren veya güneş sisteminde herhangi bir değişiklik olmadığı sürece Güneş, Dünya için hiç bitmeyecek enerji kaynaklarının en güçlüsü olmaya devam edecektir (Doğanay ve Çavuş, 2016). Bu sebeple yenilenebilir enerji kaynakları içinde güneş enerjisinin önemi çok büyüktür. Özellikle ülkenin yıl içinde güneşlenme süresinin fazla olması güneşten yararlanma açısından en uygun durumdur. Bulutluluğun fazla olduğu bir yerde bu kaynağın kullanımı ekonomik olmayacaktır. Bu durumda güneş enerjisinden yararlanabilmek için ülkenin güneş enerjisi potansiyeline bakılması gerekmektedir. Türkiye ortalama olarak yılda 2.741 saat güneş görmekte ve toplam ışınım değeri de 1.526 kwh'a ulaşmaktadır (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). Bu da ülkemizin güneşten yararlanma potansiyelinin çok yüksek olduğunu göstermektedir. Özellikle ülkenin kuzeyinden güneyine doğru güneş enerjisinden yararlanma açısından potansiyelinin arttığı görülmektedir (Şekil 1).



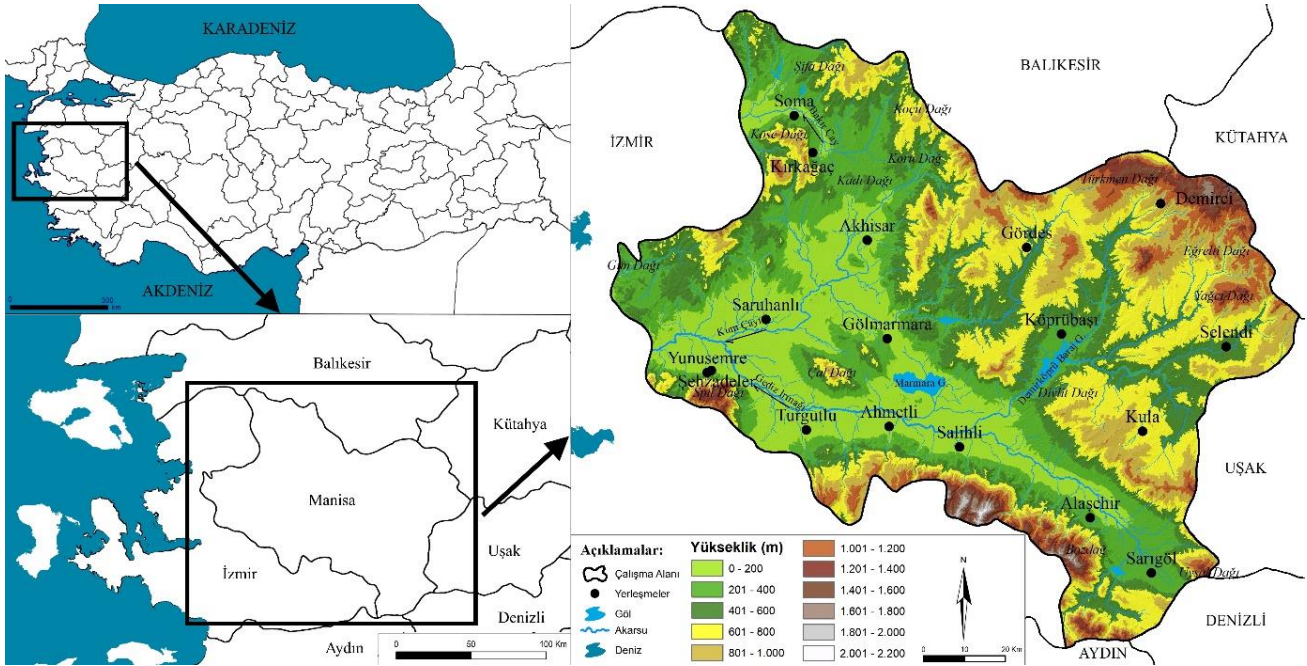
Şekil 1. Türkiye'nin Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023)

Günümüzde teknolojinin gelişmesiyle birlikte CBS'nin önemi hızla artmıştır. CBS ile birlikte farklı katmanların birbirleriyle çakıştırılmasıyla yeryüzündeki yerleşme, okul, sanayi tesisleri, sağlık kurumu, enerji santralleri gibi sahaların yer seçiminde kullanılan yüksek doğruluklu analizler yapılabilmektedir. Özellikle coğrafyacılar, farklı konulardaki araştırmalarını CBS ile sürdürmekte ve bu analizlerden faydalanmaktadır (Gürbüz ve Obut, 2015; Özdemir vd., 2017; Deniz, 2018; Kafalı Yılmaz ve Kaymak, 2018; Sezer vd., 2018; Sezer vd., 2019; Üzülmez ve Arslan, 2018; Kum vd., 2019; Geçen, 2019; Poyraz vd., 2021; Akköprü, Berberoğlu ve Taş, 2022).

Linyit yatakları açısından zengin olan Manisa ili, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş, rüzgâr ve jeotermal kaynaklar bakımından da yüksek potansiyele sahiptir (Arslan, 2018). Güneş gibi yenilenebilir enerji kaynağı bakımından zengin olan Manisa ilinde yapılan bu çalışmada, il genelinde Güneş Enerjisi Santrali (GES) kurulabilir alanların CBS yardımıyla belirlenebilmesi amaçlanmıştır.

### Çalışma Sahasının Konumu ve Coğrafi Özellikleri

Manisa ili, Türkiye'nin batısında yer alan Ege Bölgesi'nin Asıl Ege Bölümü'nde yer almaktadır. İlin doğusunda Kütahya ve Uşak, batısında İzmir, kuzeyinde Balıkesir, güneyinde ise Aydın ve Denizli illeri bulunmaktadır. Harita Genel Müdürlüğü'nün (2023) verilerine göre Manisa ilinin yüz ölçümü 13.339 km<sup>2</sup> den meydana gelmekte ve ilin 17 ilçesi bulunmaktadır. Bunlar, Soma, Kırkağaç, Akhisar, Gördes, Demirci, Saruhanlı, Gölarmara, Köprübaşı, Selendi, Yunussemre, Şehzadeler, Turgutlu, Ahmetli, Salihli, Alaşehir, Kula ve Sarıgöl ilçeleridir (Şekil 2).



Şekil 2. Manisa İlinin Lokasyonu

Manisa ilinin kuzeyi ve güneyi dağlarla çevrilidir. İlin en yüksek yeri güneyindeki Bozdağlar'da yer alan Kumpınarı Tepesi (2070 m)'dir (Koçman, 1985). İlin %54,3'ünü dağlar, %27,8'ni platolar ve %17,9'unu ise ovalık alanlar oluşturmaktadır. Arazinin ana çizgilerini, doğu-batı doğrultusunda uzanan, kuzey-güney ve güneydoğu-kuzeybatı doğrultularına çatallanan oluk şekilli çukurlar meydana getirmektedir. Söz konusu çukur kısımların kenarında kalan yüksek kütleler ise dağ sıralarını oluştururken, doğudan batıya doğru eğim gösteren geniş alanı da ovalar oluşturmaktadır (Arslan, 2016). Manisa ve çevresinde topoğrafyanın bu hali almasında blok tektonizması ile oluşan horst ve grabenler etkili olmuştur (Deniz vd., 2022). İlin büyük ovalık alanları Gediz Nehri ve Kum Çayı'nın akış gösterdiği vadi tabanlarında yer alan sahalardır. Bu ovalar Salihli, Akhisar, Turgutlu, Alaschir, Manisa gibi yakınında bulunan yerleşmelerin adlarıyla isimlendirilirler (Taşlıgil, 1988). Manisa ilinin en büyük akarsuyu, kaynağını Murat Dağı'ndan alan (İnandık, 1958) ve Ege Denizi'ne dökülen Gediz Nehri'dir. Diğer akarsular Gediz Nehri'ne kuzeyden katılan Kum Çayı ve ilin kuzeyindeki Soma ilçesinden geçerek Ege Denizi'ne dökülen Bakır Çayı'dır. Manisa ilinde irili ufaklı göller bulunsada sahada geniş alan kaplayan iki gölden biri doğal bir göl olan Marmara Gölü, ikincisi ise yapay göl olan Demirköprü Baraj Gölü'dür. Demirköprü Baraj Gölü genellikle Gediz Ovası'nın tarımsal sulamasında kullanılmaktadır.

Manisa ilinde yerleşim tarihi kesin olarak bilinmese de eski kayıtlar söz konusu tarihi M.Ö. 2000 yılına kadar götürmektedir (Karakuyu, 2005). Geçmişten beri önemli ticaret yolları içinde yer alan bölge bu konumunu her zaman korumuştur. Bilinen tarihe göre ilin yer aldığı bölgede Lidyalılardan başlayıp günümüze kadar birçok medeniyet kurularak gelişmiş ve yok olmuştur. İl genelinde farklı yerlerde tarihi yerleşim alanları yer aldığından geçmiş medeniyetlerin izini görmek mümkündür. Cumhuriyetin ilanıyla birlikte yapılan ilk nüfus sayımında ilin nüfusu toplamda 374.013 kişi olarak kayıtlara geçmiştir. 2022 verilerine göre ise Manisa ilinin nüfusu toplamda 1.468.279 kişiden oluşmaktadır. 95 yıllık bir sürede nüfusun %292,57 oranında arttığı görülmektedir. İlde nüfus bakımından en büyük ilçe 266.514 kişi ile Yunusemre'dir. En az nüfusa sahip ilçe ise 12.730 kişi ile Köprübaşı ilçesidir (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023b). Son yıllarda nüfusun hızla artmasında özellikle sanayi, madencilik (kömür) ve tarım sektörünün yarattığı istihdam ile il merkezinde bulunan Manisa Celal Bayar Üniversitesi'nin etkisi dikkat çekmektedir (Sezer vd., 2022).

## YÖNTEM

Manisa ilinin Güneş Enerjisi Santrali kurulumuna uygun alanlarının tespit edilmeye çalışıldığı bu çalışmada AHP'ye (Analitik Hiyerarşi Prosesi) ek olarak Bulanık Mantık sistemi kullanılmıştır. Microsoft Excel üzerinden hesaplamalar yapılmış ve verilerin uygulanması aşamasında CBS'den faydalanılmıştır. Bu amaçla önce literatürdeki GES kurulum alanlarını tespit etmeye yönelik önemli çalışmalar incelenmiştir (Güçlüer ve Batuk, 2011; Gürbüz ve Obut, 2015; Gül, Karakoç ve Rehimbeyli, 2017; Kereush ve Perovych, 2017; Uyan, 2017; Koca ve Uzar, 2018; Kum, Sönmez ve Karabaş, 2019; Yalçın ve Yüce, 2019; Yolcan ve Köse, 2020). Bu çalışmalardan da faydalanılarak çalışmada kullanılacak kriterler

belirlenmiştir. Buna göre bu çalışmada araştırma alanına ait eğim ve bakı haritalarına, akarsulara, göllere, tarım ve orman arazilerine, yollara ve enerji nakil hatlarına uzaklık verilerinden faydalanılması uygun görülmüştür.

Çalışma sahasının sınırları Harita Genel Müdürlüğü'nden alınan il ve ilçe sınırları verileri ile tespit edilmiştir. Sahanın eğim, bakı ve akarsu ağı verilerinin temini için ALOS PALSAR uydusuna ait DEM (Digital Elevation Model) verisi (12,5 m çözünürlükte) kullanılmıştır. Araştırma alanının göl alanları, yol ve enerji nakil hatlarına ait verileri OpenStreetMap uygulaması üzerinden temin edilmiştir. Araziye ait tarım ve orman arazilerinin dağılımlarını da içeren arazi kullanım verileri Çevre ve Şehircilik Bakanlığı'na ait veri setinden elde edilmiştir. Sahanın akarsulara, göllere, tarım ve orman arazilerine, yollara ve enerji nakil hatlarına uzaklık verileri, bu veri setleri üzerinden yapılan Tampon Analizleri (Buffer Analysis) sonucunda oluşturulmuştur. Elde edilen veriler BAHP (Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi) yöntemi ile yeniden değerlendirilmiştir.

AHP, 1977 yılında Saaty tarafından geliştirilmiş bir yöntemdir. AHP yöntemi temele bir problemi alır ve bu problemin çözümü olabilecek kriterleri değerlendirir. Karmaşık kararların çözümünde kullanılan bu yöntemde karar verici kriterler belirlenmekte, sistem bu kriterleri matematiksel açıdan değerlendirmekte ve kriterlere ağırlık değerleri atamaktadır (Saaty, 1980). Yöntemde kriterler oluşturulduktan sonra her bir kriter alt gruplar ölçeğinde karşılaştırılmakta ve önem dereceleri tespit edilmektedir. Ardından kriterler kendi aralarında karşılaştırılır ve çalışmanın sonucuna uygun karar ağırlıkları bulunur (Saaty, 1980). AHP'de amaç bir düzlemde karşılaştırılacak her özelliğin ağırlığı ve hiyerarşik yapıdaki seviyesinin tespitidir (Deniz ve Topuz, 2018). Bu tespit sırasında yöntemde özgü ikili karşılaştırma matrislerinden faydalanılır (Tablo 1). Matristen elde edilen veriler normalize edilerek işleme alınır (Topuz ve Deniz, 2023).

Tablo 1. Saaty'ye (1980) Göre Önem Dereceleri

Önem Dereceleri	Tanım	Açıklama
1	Eşit	Seçenekler eşit derecede önemlidir.
3	Biraz önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucu bir kriter daha önemlidir.
5	Fazla önemli	Tecrübe ve değerlendirmeler sonucu bir kriter çok fazla tercih edilir.
7	Çok fazla önemli	Bir kriter diğerine göre güçlü derecede tercih edilir.
9	Aşırı derecede önemli	Bir kriter diğerine göre mümkün olan en üst seviyede önemlidir.
2, 4, 6, 8	Ara değerler	Yakın olduğu değerlerin tam arasında yer alırlar. Karara varılmayan durumlarda tercih edilirler.

Çalışmada AHP yöntemine Bulanık Mantık Sayıları eklenmiş ve BAHP yöntemi kullanılmıştır (Tablo 2). Özellikle lokasyon tespitinde AHP ve bulanık mantığın CBS ile birlikte kullanılması doğruluğu yüksek sonuçlar ortaya koymaktadır (Deniz, 2022). Bulanık Mantık ilk kez Zadeh (1965) ile ortaya konulmuştur. AHP yönteminde "evet" ve "hayır" gibi kesin yargılar bulunmasına karşın, bulanık mantıkta sistem kesin yargılardan ziyade "düşük", "orta", "yüksek" gibi ara değişkenleri de kullanılmasına olanak tanır (Zadeh, 1965). Bu da karar verme aşamasında AHP'deki gibi kesin yargılar yerine daha ara değerlerin yer aldığı bir karar verme sürecinin yaşanmasını sağlar.

Tablo 2. AHP ve BAHP Önem Derecelerinin Karşılıkları

AHP Önem Dereceleri	BAHP Önem Dereceleri	Ters BAHP Dereceleri
1	1,1,1 veya 1,1,3	1/1, 1/1, 1/1 veya 1/3, 1/1, 1/1
3	1,3,5	1/5,1/3, 1/1
5	1,3,5	1/7, 1/5, 1/3
7	5,7,9	1/9, 1/7, 1/5
9	7,9,9	1/9, 1/9, 1/7
2	1,2,4	1/4, 1/2, 1/1
4	2,4,6	1/6, 1/4, 1/2
6	4,6,8	1/8, 1/6, 1/4
8	6,8,9	1/9, 1/8, 1/6

Kaynak: Anshori'ye (2012) göre Liou & Chuang'den (2008)

BAHP yöntemine uygun olarak araştırma alanına ait eğim, bakı, akarsulara uzaklık, göllere uzaklık, tarım arazilerine uzaklık, orman arazilerine uzaklık, yollara uzaklık ve enerji nakil hatlarına uzaklık kriterleri kullanılmıştır. Bu amaçla öncelikle elde edilen her kriter için alt gruplar ve bu alt grupları karşılaştıran matrisler oluşturulmuştur. Bu aşamadan sonra AHP karşılaştırma sistemi içerisinde Bulanık Mantık Sayıları kullanılarak alt gruplar analiz edilmiş ve sonuçta her kriter için alt grupların ağırlık katsayıları tespit edilmiştir. Ağırlıklandırılarak alt grupları açısından yeniden düzenlenen veriler sonrasında kendi aralarında karşılaştırılmak ve ağırlıklandırılmak üzere yeniden bir matriste Bulanık Sayılar kullanılarak analiz edilmiş ve her kriter için ağırlık katsayıları oluşturulmuştur (Tablo 3). Kriterler, ağırlık katsayıları kullanılarak ArcGIS 10.8 programı üzerinde Ağırlıklı Çakıştırma (Weighted Overlay) analizi yoluyla düzenlenmiş ve araştırma sahasının Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesine göre güneş enerjisi santrali kurulumuna uygunluk durumunu gösteren veriler elde edilmiştir (Tablo 7). Elde edilen veriler görselleştirilerek uygunluk haritası oluşturulmuştur (Şekil 7).

Tablo 3. Araştırma Sahasında Bulanık Analitik Hiyerarşi Sürecine Göre Güneş Enerji Santrali Kurulumuna Uygun Alanların Belirlenmesinde Kullanılan Değerler ve Ağırlık Katsayıları

	A	B	C	D	E	F	G	H
A-Eğim	1	1/3	4	3	5	3	1	1/3
	1	1/2	3	2	4	2	1	1/2
	1	1	2	1	3	1	1	1
B-Bakı	3	1	4	4	4	3	1	1
	2	1	3	3	3	2	1	1
	1	1	2	2	2	1	1	1
C-Akarsulara Uzaklık	1/4	1/4	1	4	4	4	4	1/5
	1/3	1/3	1	3	3	3	3	1/4
	1/2	1/2	1	2	2	2	2	1/3
D-Göller Uzaklık	1/3	1/4	1/4	1	1/3	1	1/3	1/3
	1/2	1/3	1/3	1	1/2	1	1/2	1/2
	1	1/2	1/2	1	1	1	1	1
E-Tarım Arazilerine Uzaklık	1/5	1/4	1/4	3	1	3	1	1/4
	1/4	1/3	1/3	2	1	2	1	1/3
	1/3	1/2	1/2	1	1	1	1	1/2
F-Orman Alanlarına Uzaklık	1/3	1/3	1/4	1	1/3	1	1/3	1/3
	1/2	1/2	1/3	1	1/2	1	1/2	1/2
	1	1	1/2	1	1	1	1	1
G-Yollara Uzaklık	1	1	1/4	3	1	3	1	1/3
	1	1	1/3	2	1	2	1	1/2
	1	1	1/2	1	1	1	1	1
H-Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık	3	1	5	3	4	3	3	1
	2	1	4	2	3	2	2	1
	1	1	3	1	2	1	1	1
Ağırlık Katsayısı	0,147	0,185	0,145	0,066	0,076	0,072	0,109	0,2

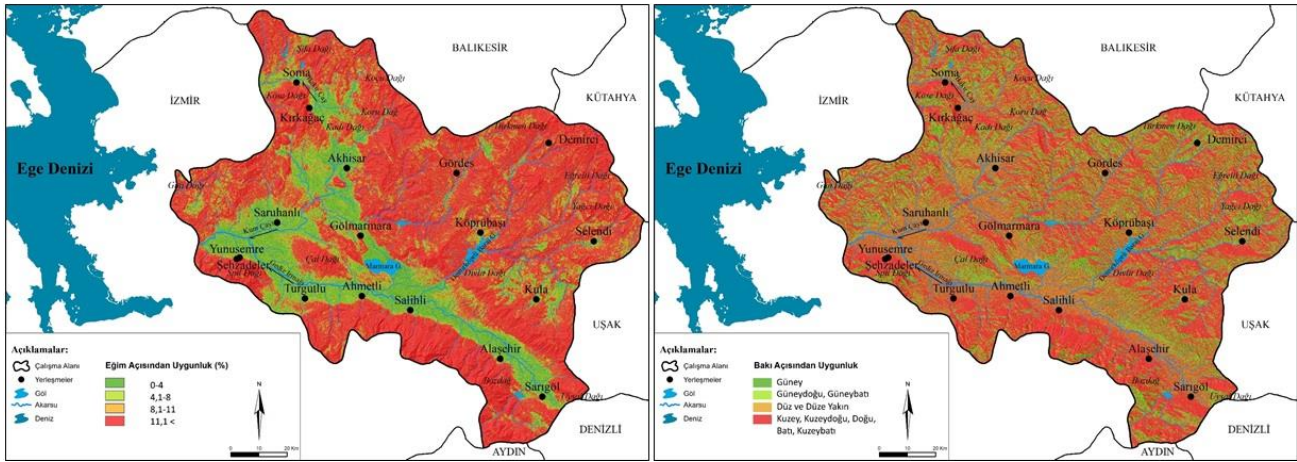
## BULGULAR

Güneş Enerji Santrallerinin kurulumunda, topografyanın eğim ve bakı durumunun önemi büyüktür. Bu tür santrallerin kurulumunda literatüre göre eğim değerlerinin %1-5 aralığında olmasına dikkat edilmektedir. Manisa il geneline bakıldığında arazinin yaklaşık %86'sı söz konusu eğim aralığının dışındadır. İlde eğim açısından GES kurulabilmesi için en uygun arazinin oranı %15 seviyelerinde kalmaktadır. Bu eğim aralıkları ise genellikle ovalık alanlar ve platoluk alanlara karşılık gelmektedir. GES için bakı durumu dikkate alındığında ülkemizde güney, güneydoğu, güneybatı, düz ve düze yakın

sahalar uygunluk bakımından yüksek derecede önemlidir. Buna göre Manisa ilinde arazinin yaklaşık %90'ı bakı açısından GES için uygun durumdadır (Tablo 4) (Şekil 3).

Tablo 4. Araştırma Sahasında Eğim ve Bakı Gruplarının Kaptığı Alanlar ve Ağırlık Katsayıları

Özellikler	Uygunluk Derecesi	Kaptığı Alan		Ağırlık Katsayısı
		km <sup>2</sup>	%	
Eğim (%)	0-4	2025,18	15,18	0,582
	4,1-8	2121,35	15,90	0,261
	8,1-11	815,43	6,11	0,109
	11,1<	8377,04	62,80	0,048
Bakı Yönleri	Güney	1540,11	11,55	0,582
	Güneydoğu, Güneybatı	1962,32	14,71	0,109
	Düz ve Düze Yakın	2958,94	22,18	0,261
	Kuzey, Kuzeydoğu, Doğu, Batı, Kuzeybatı	6877,63	51,56	0,048



Şekil 3. Manisa İlinin GES Kurulumu için Eğim ve Bakı Açısından Uygunluk Durumu

GES'lerin kurulmasında su kenarlarına yakın olmamasına dikkat edilmelidir. Özellikle taşkın sahalarının olduğu alanlarda GES'lerin bulunduğu yerler sular altında kalabileceğinden maddi olumsuzluklara da yol açabilecektir. Manisa il genelinde akarsu ve göl alanlarına uzaklık açısından bakıldığında GES'ler için en uygun alan akarsu ve göllere 1200 metreden uzak alanlardır. İlde, bu mesafedeki araziler ise akarsular için toplam arazinin yaklaşık %56'sına göller için ise %97'sine karşılık gelmektedir (Tablo 5) (Şekil 4).

Tablo 5. Araştırma Sahasında Akarsulara ve Göllere Uzaklık Derecelerinin Kaptığı Alanlar ve Ağırlık Katsayıları

Özellikler	Uygunluk Derecesi	Kaptığı Alan		Ağırlık Katsayısı
		km <sup>2</sup>	%	
Akarsulara Uzaklık (m)	0-400	2218,05	16,63	0,048
	401-800	1936,14	14,51	0,109
	801-1200	1717,59	12,88	0,262
	1201 <	7467,22	55,98	0,581
Göllere Uzaklık (m)	0-400	209,48	1,57	0,048
	401-800	92,06	0,69	0,109
	801-1200	101,25	0,76	0,261

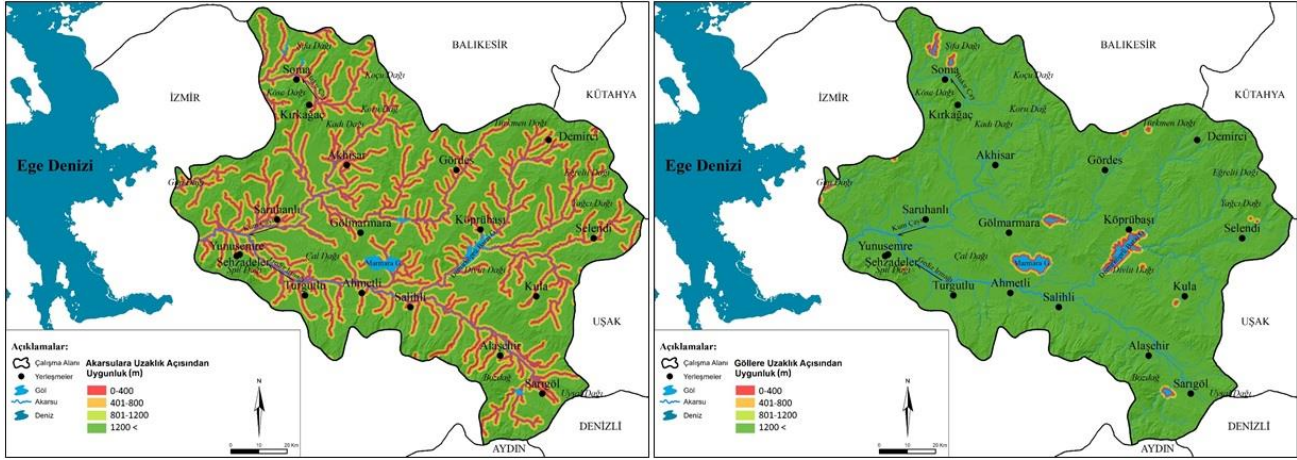
1201 &lt;

Yüksek Derecede Uygun

12936,21

96,98

0,582



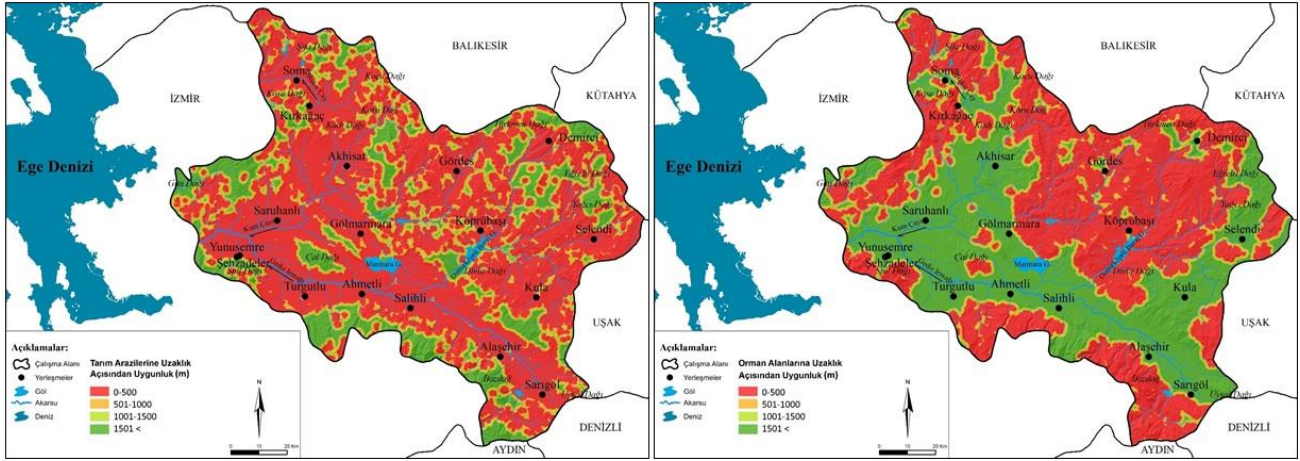
Şekil 4. Manisa İlının GES Kurulumu için Akarsulara ve Göllere Uzaklık Açısından Uygunluk Durumu

GES'lerin kurulmasında tarım ve orman arazileri de diğer parametreler gibi önemlidir. Çünkü tarım arazileri nüfusun beslenmesinde birinci derecede kaynaktır. Bu sebeple söz konusu araziler üzerinde sanayi ve enerji tesislerinin kurulmaması gerekmektedir. Orman arazileri aynı tarım arazileri gibi insan yaşamı için son derece önemlidir. Bu nedenle GES'lerin yapımı için orman arazilerinin belli uzaklıkta olmasına dikkat edilmelidir. Manisa'da GES kurulabilmesi için tarım ve orman arazilerine uzaklık 1500 metrenin üzerinde olması yüksek derecede uygun olacaktır. Bu mesafeler il genelinde tarım arazileri için %13,06, orman arazileri için ise %37,48'ine karşılık gelmektedir (Tablo 6) (Şekil 5).

Tablo 6. Araştırma Sahasında Tarım ve Orman Arazilerine Uzaklık Derecelerinin Kapladığı Alanlar ve Ağırlık Katsayıları

	Özellikler	Uygunluk Derecesi	Kapladığı Alan		Ağırlık Katsayısı
			km <sup>2</sup>	%	
Tarım Arazilerine Uzaklık (m)	0-500	Uygun Değil	8617,64	64,60	0,049
	501-1000	Düşük Derecede Uygun	1880,07	14,09	0,109
	1001-1500	Orta Derecede Uygun	1099,63	8,24	0,261
	1501 <	Yüksek Derecede Uygun	1741,66	13,06	0,581
Orman Arazilerine Uzaklık (m)	0-500	Uygun Değil	6546,17	49,08	0,048
	501-1000	Düşük Derecede Uygun	1048,2	7,86	0,109
	1001-1500	Orta Derecede Uygun	745,29	5,59	0,262
	1501 <	Yüksek Derecede Uygun	4999,34	37,48	0,581



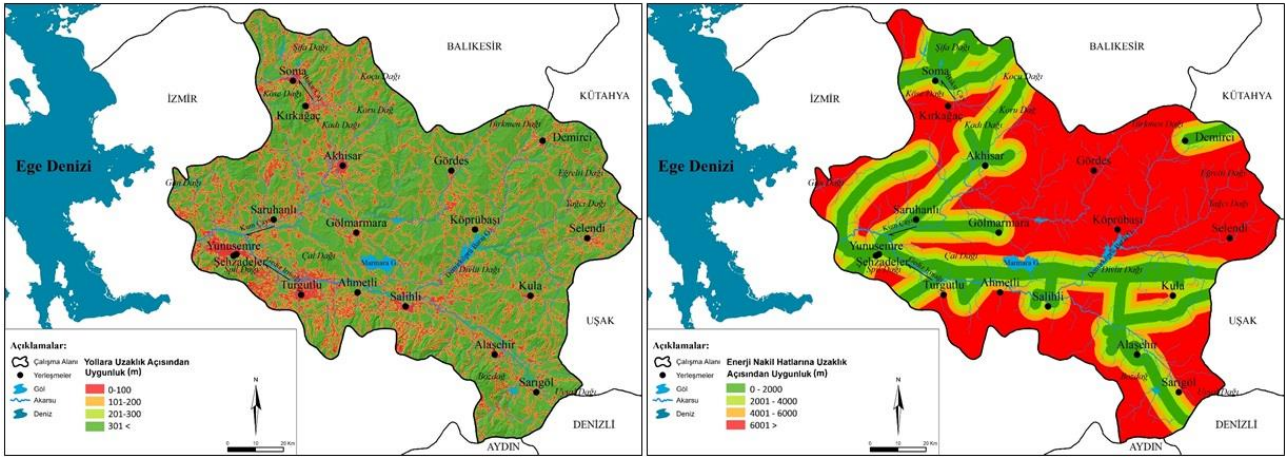


Şekil 5. Manisa ilinin GES Kurulumu İçin Tarım ve Orman Arazilerine Uzaklık Açısından Uygunluk Durumu

GES'ler açısından ulaşım yollarına ve enerji nakil hatlarına uzaklık durumu da çok önemlidir. Literatürde GES'lerin ulaşım yollarına 100 metreden daha yakın olmaması gerektiği belirlenmiştir. Çünkü ulaşım ağlarında oluşan en küçük olumsuzlukların GES'leri de olumsuz etkileyeceğinden en uygun mesafenin 500 metre olması gerektiği ifade edilmiştir. GES'ler, enerji nakil hatlarına ne kadar yakın olursa ekonomik açıdan o kadar verimli olmaktadır. Bu sebeple il genelindeki toplam arazinin %61,23'ü yollara uzaklık bakımından en uygun, %19,30'u ise enerji nakil hatlarına yakınlık açısından en uygun alanlardır (Tablo 7) (Şekil 6).

Tablo 7. Araştırma Sahasında Yollara ve Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Derecelerinin Kapladığı Alanlar ve Ağırlık Katsayıları

	Özellikler	Uygunluk Derecesi	Kapladığı Alan		Ağırlık Katsayısı
			km <sup>2</sup>	%	
Yollara Uzaklık (m)	0-100	Uygun Değil	2263,43	16,97	0,048
	101-200	Düşük Derecede Uygun	1608,49	12,06	0,109
	201-300	Orta Derecede Uygun	1300,12	9,75	0,262
	301 <	Yüksek Derecede Uygun	8166,96	61,23	0,581
	0-2000	Yüksek Derecede Uygun	2574,9	19,30	0,581
Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık (m)	2001-4000	Orta Derecede Uygun	2038,75	15,28	0,262
	4001-6000	Düşük Derecede Uygun	1718,91	12,89	0,109
	6001 <	Uygun Değil	7006,44	52,53	0,048



Şekil 6. Manisa İlinin GES Kurulumu için Yollara ve Enerji Nakil Hatlarına Uzaklık Açısından Uygunluk Durumu

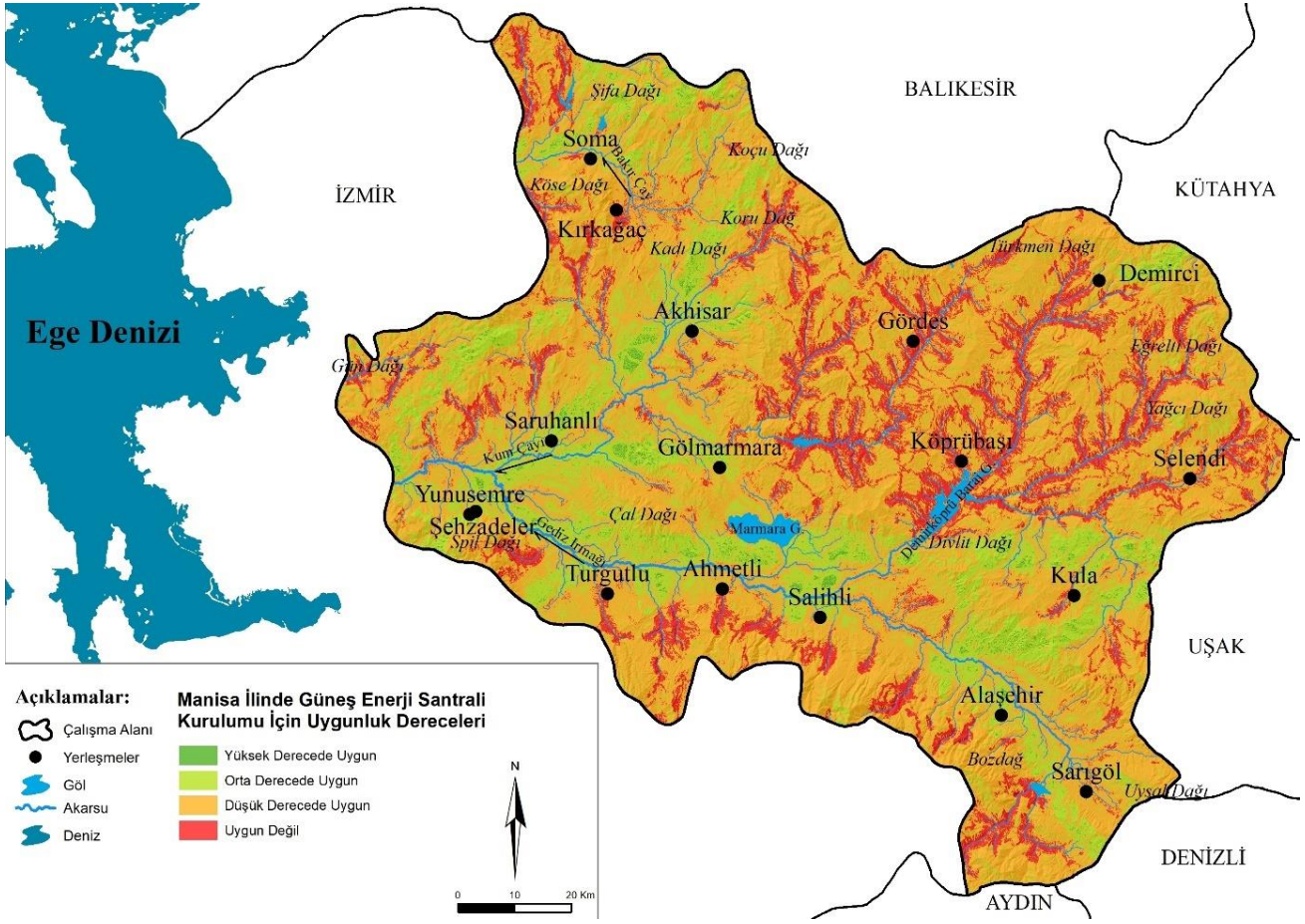
## SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji talebinin arttığı dünyada yeni enerji kaynakları arayışı da artmaktadır. Özellikle yenilenebilir enerji kaynakları bu talebi karşılamak için bulunmaz bir nimettir. Ancak bu enerji kaynaklarını kullanabilmek için ülkenin yeterli teknolojik altyapıya ihtiyacı vardır. Günümüzde bu altyapıyı tamamlayan ülkeler, yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanmaya başlamışlardır. Türkiye de böyle ülkelerin içine dâhil olmuş ve yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak yıldan yıla elektrik üretimini arttırmıştır. Özellikle güneşten yararlanma açısından ülkemiz büyük bir potansiyele sahiptir. Bu potansiyele en iyi şekilde kullanabilmek için gerekli tesislerin artırılmasına ihtiyaç vardır. Ancak enerji tesislerinin kurulumu için yer seçimlerinin dikkatli bir şekilde yapılması gerekir. Günümüzün teknolojik gelişmeleri sayesinde bu tür yer seçimi kararlarının verilmesi kolaylaşmıştır. Özellikle CBS yazılımları vasıtasıyla GES'lerin kurulabilmesi için en uygun yerlerin seçimi birden fazla parametrenin karşılaştırılmasıyla yapılabilmektedir.

Ege Bölgesi'nde yer alan Manisa ili rüzgâr, jeotermal, güneş gibi yenilenebilir enerji üretimi potansiyellerine sahiptir. Bu çalışmada Manisa ili genelinde GES'lerin kurulabilir alanları belirlemede birden fazla parametre (eğim, baki, akarsu, göl, tarım ve orman arazisi, yol, enerji nakil hattı) üzerinde çalışılmıştır. Bu parametreler CBS programlarından olan ArcGIS'de birbirleriyle karşılaştırılarak analizlere tabi tutulmuştur. Yapılan analizlere göre GES'lerin kurulabilmesi için il genelindeki en uygun sahalar 265,2 km<sup>2</sup> alan kaplamakta ve oransal olarak arazinin yaklaşık %2'sini oluşturmaktadır. Toplam arazinin yaklaşık %14.50'lik bir kısmı da GES'lerin kurulabilmesi için hiç uygun değildir (Tablo 8). Çalışmadaki parametrelere göre GES'ler için en uygun alanlar, ova ve platoluk alanların çevrelerinde ortaya çıkmıştır (Şekil 7).

Tablo 8. Manisa İlinde GES Kurulabilmesi için Uygun Sahaların Alansal ve Oransal Dağılımı

Özellikler	Kapladığı Alan	
	km <sup>2</sup>	%
Uygun Değil	1915,65	14,36
Düşük Derecede Uygun	8324,41	62,41
Orta Derecede Uygun	2833,74	21,24
Yüksek Derecede Uygun	265,2	1,99



Şekil 7. Manisa İlinde GES Kurulabilmesi için Uygun Sahalar

Ülkemizde yerleşim alanları, ulaşım yolları, sanayi ve enerji tesisi gibi yapılar için genellikle düz ve düze yakın alanlar tercih edilmektedir. Söz konusu alanlar da genellikle ovalar ve platoluk sahalardan oluşmaktadır. Manisa ilinde en büyüğü Gediz olmak üzere birçok tarım yapılan ova ve platoluk alan bulunmaktadır. Bu alanlarda birden fazla yerleşme, sanayi alanları, ulaşım yolları vb. bulunmaktadır. Bunun gibi yapılar tarım yapılan arazilerin geri dönüşü olmayacak şekilde kaybına neden olmaktadır. Böyle yerlerde verimli arazilerin kaybını önleyebilmek için yapılacak olan GES'lerin bu arazilerden uzakta yapılması gerekmektedir. Ancak tarım alanlarının sınırlı olduğu ve yükseltinin artması ile alçak sahalardaki kadar verimli tarım yapılamayan arızalı bir topografyaya ve sınırlı tarım arazisine sahip Demirci (Topuz ve Deniz, 2022; 2023) vb. ilçelerin arazilerinden bu şekilde faydalanmak daha olumlu sonuçlar verebilir.

#### ÇIKAR ÇATIŞMASI BEYANI

Yazarlar, bu çalışma kapsamında herhangi bir kişisel ve finansal çıkar çatışmasını olmadığını beyan ederler /The authors declare that they have no conflict of interest.



## EXTENDED SUMMARY

**THE DETERMINATION OF SUITABLE AREAS FOR SOLAR ENERGY POWER PLANTS (SEPP) IN MANISA PROVINCE USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS (GIS)****INTRODUCTION**

Energy plays a crucial role in the development and socioeconomic growth of a nation's economy, and its importance for universal consumption has become indispensable today (Azman et al., 2011). Developed countries have recognized the environmental pollution and limitations associated with fossil fuels, which are considered as non-renewable energy sources, leading them to invest in renewable energy alternatives (Tümertekin and Özgüç, 2015). The Paris Climate Agreement, signed in 2015, aims to reduce global fossil fuel production by 2030 (International Energy Agency, 2022a). China has made significant strides in increasing its electricity generation from renewable sources, particularly solar energy, which accounts for approximately 35% of its renewable energy resources. It is projected that by 2025, renewable energy sources will contribute to 36% of China's electricity consumption (International Energy Agency, 2022b).

Turkey, on the other hand, remains heavily reliant on fossil fuels, with natural gas being the dominant source of energy production (Yılmaz, 2012). However, this dependence is considered detrimental due to the country's expanding population and growing industrial sector (Arslan, 2016), which necessitates a greater demand for electricity and natural gas. In response, Turkey has been increasing its investments in renewable energy sources annually. For instance, the electricity generation from renewables increased from 329 MWh in 2000 to 4,042 MWh in 2010 and 51,542 MWh in 2020 (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023a). As of 2022, the country's electricity production is derived from various sources, with coal accounting for 34.6%, natural gas for 22.2%, hydraulic energy for 20.6%, wind power for 10.8%, solar energy for 4.7%, geothermal energy for 0.3%, and other sources for 3.7% (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023).

Considering that the sun is an inexhaustible source of energy as long as there are no changes in the universe or the solar system (Doğanay and Çavuş, 2016), solar energy holds significant importance among renewable energy sources. Turkey receives an average of 2,741 hours of sunshine per year, with a total radiation value of 1,526 kWh (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2023). This highlights the country's substantial potential to harness solar energy.

Situated in the Main Aegean Section of the Aegean Region, Manisa province is located in the western part of Turkey. It shares borders with Kütahya and Uşak to the east, İzmir to the west, Balıkesir to the north, and Aydın and Denizli to the south. The province is characterized by mountainous terrain in the north and south, with the highest elevation found at Kumpınarı Hill (2070 m) in the southern region of Bozdağlar (Koçman, 1985). The topography of Manisa province is predominantly shaped by groove-shaped depressions that extend in an east-west direction, branching off in the north-south and southeast-northwest directions. Mountain ranges are formed along the edges of these depressions, while the wider area sloping from east to west comprises plains (Arslan, 2016). The topography has been influenced by horst and graben structures resulting from block tectonism, which have played a significant role in shaping the landscape of Manisa and its surroundings (Deniz et al., 2022). The large plain areas within the province are situated in valley floors where the Gediz River and Kum Stream flow. These plains are named after nearby settlements such as Salihli, Akhisar, Turgutlu, Alaşehir, and Manisa itself (Taşlıgil, 1988). The Gediz River, originating from Murat Mountain (İnandık, 1958), is the largest river in Manisa and empties into the Aegean Sea.

The exact date of settlement in Manisa is unknown, but historical records trace it back as far as 2000 B.C. (Karakuyu, 2005). The region has historically held a strategic position as an important trade route, and it has maintained this status over time. Throughout its known history, the area has been home to various civilizations that have emerged, developed, and disappeared, starting with the Lydians (the ancient inhabitants of the region where the province is situated). According to data from 2022, the population of Manisa province totals 1,468,279 people. Over a span of 95 years, the population has increased by 292.57%. The district with the highest population in the province is Yunusemre, with 266,514 people, while the district with the lowest population is Köprübaşı, with 12,730 people (Türkiye İstatistik Kurumu, 2023b). The impact of Manisa Celal Bayar University, along with employment opportunities created by the industry, mining (coal),

and agriculture sectors, has played a significant role in the recent rapid population growth in the city center (Sezer et al., 2022).

## METHOD

In the study conducted to determine suitable areas for the installation of a Solar Power Plant (SPP) in Manisa, a combination of Fuzzy Logic and the Analytical Hierarchy Process (AHP) was employed. The initial step involved an examination of relevant studies from the literature that focused on identifying suitable SPP installation areas. These studies included the works of Güçlüer and Batuk (2011), Gürbüz and Obut (2015), Gül, Karakoç, and Rehimbeyli (2017), Kereush and Perovych (2017), Uyan (2017), Koca and Uzar (2018), Kum, Sönmez, and Karabaş (2019), Yalçın and Yüce (2019), and Yolcan and Köse (2020). By making use of these studies, the criteria to be used in the study were determined. Accordingly, in this study, it was deemed appropriate to use the slope, aspect, distance to rivers, lakes, agricultural and forest lands, roads and energy transmission lines of the research area.

The AHP, initially introduced by Saaty in 1977, is employed as a multi-criteria decision-making method to evaluate the criteria relevant to the problem at hand. In this complex decision-making approach, decision makers identify the criteria, which are then mathematically assessed by the system, assigning weight values to each criterion (Saaty, 1980). Subsequently, pairwise comparisons are conducted among the criteria, allowing for the determination of their relative importance levels (Saaty, 1980). The objective of AHP is to determine the weight and level of each feature within the hierarchical structure (Deniz and Topuz, 2018). This process involves the use of method-specific pairwise comparison matrices, which are then normalized and processed (Topuz and Deniz, 2023). In the study, Fuzzy Logic Numbers were incorporated into the AHP methodology, utilizing the BAHP (Fuzzy AHP) approach. The integration of AHP, fuzzy logic, and Geographic Information Systems (GIS), particularly in the context of location determination, facilitates the generation of high-accuracy results (Deniz, 2022). In the study, Fuzzy Logic Numbers were added to the AHP method and the BAHP method was used. The use of AHP and fuzzy logic together with GIS, especially in location determination, provides high-accuracy results (Deniz, 2022). Fuzzy Logic first appeared with Zadeh (1965). Although there are definite judgments such as “yes” and “no” in the AHP method, the system in fuzzy logic also allows the use of intermediate variables such as “low”, “medium”, “high” rather than exact judgments (Zadeh, 1965).

## FINDINGS

In the context of Solar Power Plant (SPP) installation, the topographic factors of slope and aspect hold significant importance. The literature suggests that for SPP installations, it is desirable to have slope values within the range of 1-5%. However, when considering the province of Manisa as a whole, approximately 86% of the land falls outside this optimal slope range. Consequently, only around 15% of the land in the province is deemed highly suitable for SPP establishment in terms of slope. Another crucial aspect to consider in SPP installations is the proximity to water edges. Areas located in floodplains can pose a risk of flooding, which may lead to financial issues for the SPP. Therefore, it is advisable to avoid locating SPPs in close proximity to rivers and lakes. In the province of Manisa, the most suitable areas for SPPs are those situated more than 1200 meters away from rivers and lakes. This distance requirement encompasses approximately 56% of the total land area in relation to rivers and 97% for lakes throughout the province.

Agricultural and forest lands are also significant factors to consider in SPP installations, as they play a crucial role in providing sustenance for the population. In order to establish an SPP in Manisa, it is highly recommended to maintain a distance of over 1500 meters from agricultural and forest lands. This distance requirement accounts for approximately 13.06% of agricultural lands and 37.48% of forest lands throughout the province. Moreover, in terms of SPP installations, the distance to transportation roads and energy transmission lines also holds great importance. Existing literature suggests that SPPs should be situated at least 100 meters away from access roads to ensure proper accessibility and safety considerations.

## DISCUSSION AND CONCLUSION

The province of Manisa in the Aegean Region of Turkey possesses significant potential for renewable energy production, including wind, geothermal, and solar energy. This study aims to determine suitable areas for the installation of Solar Power Plants (SPPs) throughout Manisa by considering multiple parameters such as slope, aspect, proximity to rivers, lakes, agricultural and forest lands, roads, and energy transmission lines. These parameters were analyzed using GIS software, specifically ArcGIS, by overlapping the respective layers. Based on the conducted analyses, it was found that the most suitable areas for SPP installation in Manisa cover approximately 1916 km<sup>2</sup>, accounting for 14.36% of the total land area. It was also observed that around 2% of the land is unsuitable for SPP establishment. According to the

parameters in the study, it was observed that the most suitable areas for SPPs emerged around the plains and plateau areas.

In our country, flat and nearly flat areas are generally preferred for structures such as residential areas, access roads, industry, and energy facilities. The areas in question generally consist of plains and plateau areas. There are many plains and plateau areas in Manisa, the largest of which is Gediz. There are more than one residential and industrial areas and access roads in these areas. Structures like these cause irreversible loss of agricultural lands. To mitigate the loss of productive agricultural lands, it is recommended to establish SPPs away from these areas. However, utilizing the lands of districts such as Demirci, which has a faulty topography and limited agricultural land, where agricultural areas are limited and the altitude increases, and agriculture cannot be done as efficiently as in low areas, (Topuz ve Deniz, 2022; 2023) may yield more positive results.

## KAYNAKÇA

- Akköprü, E., Berberoğlu, E. & Taş, M. (2022). Phaselis ve yakın çevresinin coğrafi özellikleri. *PHASELIS Disiplinlerarası Akdeniz Araştırmaları Dergisi*, 8, 223-236. <https://doi.org/10.5281/zenodo.7413218>
- Anshori, Y. (2012). Pendekatan triangular fuzzy number dalam metode Analytic Hierarchy Process. *Foristek*, 2(1), 126-135.
- Arslan, F. (2016). Manisa ilinin yenilenebilir enerji potansiyeli üzerine bir değerlendirme. *CBÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 14(3), 313-337. <https://doi.org/10.18026/cbusos.72877>
- Arslan, F. (2018). *Sanayi şehri Manisa*. Çantay Kitabevi.
- Azman, A. Y., Rahman, A. A., Bakar, N. A., Hanaffi, F. & Khamis, A. (2011). *Study of renewable energy potential in Malaysia*. IEEE First Conference Clean Energy and Technology CET, Kuala Lumpur, 1-6.
- Deniz, M. (2018). Uşak şehrinde aile sağlığı merkezlerine erişilebilirliğin CBS ile analizi. *Turkish Studies, International Periodical for the Languages, Literature and History of Turkish or Turkic*, 13(26), 475-491. <http://dx.doi.org/10.7827/TurkishStudies.14404>
- Deniz, M. & Topuz, M. (2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) destekli çok kriterli karar verme yöntemleri ve analitik hiyerarşi tekniği kullanarak Uşak Merkez ilçede alternatif çöplük alanlarının belirlenmesi. *Journal of History Culture and Art Research*, 7(5), 544-578. <https://doi.org/10.7596/taksad.v7i5.1830>
- Deniz, M. (2022). Landfill site selection via geographical information system and fuzzy logic in Uşak province (Turkey). *Environmental Earth Sciences*, 81(16), 406. <https://doi.org/10.1007/s12665-022-10509-3>
- Deniz, M., Sezer, A. & Topuz, M. (2022). Uzaktan algılama teknikleri ve peyzaj metrikleri kullanılarak Alaşehir ilçesinde arazi örtüsünün değişimi. Y. Abalı, O. Minareci, S. Çam Kaynar, L. İncedere (Eds), *Manisa Akademik Araştırmalar Işığında (Fen Bilimleri & Coğrafya & İktisat) Cilt-4* içinde (s. 340-367). Berikan Yayınevi.
- Doğanay, H. & Çavuş, A. (2016). *Türkiye ekonomik coğrafyası (Güncellenmiş ve Geliştirilmiş 7. Baskı)*. Pegem Akademi.
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (2023). <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>.
- Kafalı Yılmaz, F. & Kaymak, H. (2018). Dim Çayı Havzası'nın jeomorfolojik özellikleri. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(1), 1-31.
- Geçen, R. (2019). Ağ analizi kullanılarak acil durumlarda itfaiye araçlarının erişebilirlik analizi: Ceyhan (Adana) Örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 28(2), 199-211.
- Güçlüer, D. & Batuk, F. (2011). Güneş Enerjisi Santrali Kurulacak alanların CBS-ÇÖKA yöntemi ile belirlenmesi. *TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası*, 13. *Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı*, Ankara.
- Gül, A., Karakoç, A. & Rehimbeyli, S. (2017). Mekânsal planlama alan kullanım kararlarında Güneş Enerji Santrallerinin yer seçimi kriterleri. *5th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science*, Bakü, 895-904.
- Gürbüz, M. & Obut, Z. (2015). Göksun ilçesinde güneş enerjisi santrali kurulacak alanların CBS yöntemi ile belirlenmesi. *Coğrafyacılar Derneği Uluslararası Kongresi Bildiriler Kitabı*, Ankara, 705-714.
- Harita Genel Müdürlüğü (2023). İl ve ilçe yüz ölçümleri. <https://www.harita.gov.tr/il-ve-ilce-yuzolcumleri>.
- International Energy Agency (2022a). World Energy Outlook.
- International Energy Agency (2022b). Renewable Energy Market Update Outlook for 2022 and 2023.
- İnandık, H. (1958). Ege Bölgesinin akarsu rejimleri. *Türk Coğrafya Dergisi*, 18-19, 78-100.
- Karakuyu, M. (2005). Manisa'nın tarihi coğrafyası. (Doktora tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara).
- Kereush, D. & Perovych, I. (2017). Determining criteria for optimal site selection for solar power plants. *Geomatrics, Landmanagement and Landscape*, 4, 39-54.
- Koca, H. & Uzar, M. (2018). CBS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Güneş Enerji Santrallerinin yerlerinin belirlenmesi: Menemen örneği. *VII. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu*, Eskişehir, 343-351.

- Koçman, A. (1985). İzmir-Bozdağlar yöresinin yapısal jeomorfolojisi ve evrimi. *Ege Coğrafya Dergisi*, 3(1), 63-86.
- Kum, G., Sönmez, M. E. & Karabaş, M. (2019). Gaziantep ilinde Güneş Enerjisi Potansiyelinin Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi (AHP) ile belirlenmesi. *Coğrafya Dergisi*, 39, 61-72.
- Liou, J. J., & Chuang, M. L. (2008). A Hybrid MCDM model for evaluating the corporate image of the airline industry. *International Journal of Applied Management Science*, 1(1), 41-54.
- Özdemir, M. A., Kafalı Yılmaz, F., Gür, E. & Kaymak, H. (2017). Dinar ilçesinde jeomorfolojik birimler ve arazi kullanımı. *International Symposium On Geomorphology*, Elâzığ, 482-489.
- Poyraz, M., Öztürk, M. Z. & Soykan, A. (2021). Sivas jips karstında dolin yoğunluğunun CBS tabanlı analizi. *Jeomorfolojik Araştırmalar Dergisi*, 6, 67-80. <https://doi.org/10.46453/jader.863090>
- Saaty, T. L. (1977). A Scaling method for priorities in hierarchical structures. *Journal of Mathematical Psychology*, 15(3), 234-281.
- Saaty, T. L. (1980). The Analytic Hierarchy Process (AHP). *The Journal of the Operational Research Society*, 41(11), 1073-1076.
- Sezer, A., Deniz, M. & Topuz, M. (2018). Uşak şehrinde okullara erişilebilirliğin coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ile analizi. *Journal of History Culture and Art Research*, 7(5), 470-494. <https://doi.org/10.7596/taksad.v7i5.1802>
- Sezer, A., Deniz, M., Kocaman, E. & Topuz, M. (2019). Turgutlu şehrinde okullara erişilebilirliğin CBS ile analizi. *International Journal of Geography and Geography Education*, (40), 190-207. <https://doi.org/10.32003/iggei.557625>
- Sezer, A., Deniz, M. & Topuz, M. (Ed.) (2022). Manisa ilinin göç analizi. Y. Abalı, O. Minareci, S. Çam Kaynar, L. İncedere (Eds), *Manisa Akademik Araştırmalar Işığında (Fen Bilimleri & Coğrafya & İktisat) Cilt-4* içinde (s. 314-339). Berikan Yayınevi.
- Taşlıgil, N. (1988). *Manisa ovaları ve çevresi*. (Doktora tezi, İstanbul Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, İstanbul).
- Topuz, M. & Deniz, M. (2023). Application of GIS and AHP for land use suitability analysis: Case of Demirci district (Turkey). *Humanities and Social Sciences Communications*, 10(1), 115. <https://doi.org/10.1057/s41599-023-01609-x>
- Topuz, M. & Deniz, M. (2022). Demirci'de (Manisa) şehirselleşme fonksiyonları ve arazi kullanım özellikleri. *Gelecek Vizyonlar Dergisi (Future Visions Journal)*, 6(4), 1-21.
- Tümertekin, E. & Özgüç, N. (2015). *Ekonomik coğrafya-küreselleşme ve kalkınma*. Çantay Kitabevi.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2023a). Enerji İstatistikleri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=147&locale=tr>.
- Türkiye İstatistik Kurumu (2023b). Adrese Dayalı Nüfus Kayıt Sistemi. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=95&locale=tr>.
- Uyan, M. (2017). Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23(4), 343-351.
- Üzülmez, M. & Arslan, F. (2018). Sındırgı'da Rüzgâr Enerji Santralleri (RES) Kurulabilir Alanların Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Belirlenmesi. F. Arslan, P. Aksak, V. Zoğal, M. Üzülmez, E. Demir (Eds) içinde, *Güncel Araştırmalar Işığında Sındırgı (Bildiriler Kitabı)* (s. 273-280). Ege Üniversitesi Yayınları.
- Yalçın, C. & Yüce, M. (2019). Burdur'da güneş enerjisi santrali (GES) yatırımına uygun alanların CBS yöntemiyle tespiti. *Geomatik*, 5(1), 36-46. <https://doi.org/10.29128/geomatik.561962>
- Yolcan, O. O. & Köse, R. (2020). Türkiye'nin Güneş Enerjisi Durumu ve Güneş Enerjisi Santrali Kurulumunda Önemli Parametreler. *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 196-215. <https://doi.org/10.34186/klujes.793471>
- 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.
- Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy Sets. *Information and Control*, 8(3), 338-353.