

ULUSLARARASI SOSYAL ARAŞTIRMALAR DERGİSİ THE JOURNAL OF INTERNATIONAL SOCIAL RESEARCH

Cilt: 13 Sayı: 69 Mart 2020 & Volume: 13 Issue: 69 March 2020
www.sosyalarastirmalar.com Issn: 1307-9581
Doi Number: <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.2020.3969>

TÜRKİYE'DEKİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİ DAĞILIŞININ COĞRAFI PERSPEKTİFTEN ANALİZİ*

ANALYSING THE DISTRIBUTION OF SOLAR POWER PLANTS IN TURKEY FROM GEOGRAPHIC PERSPECTIVE

Adnan PINAR**
Adnan Doğan BULDUR***
Tahir TUNCER****

Öz

Toplumların enerjiye olan talebi her geçen gün artarken diğer yandan da fosil enerji kaynaklarının rezervi giderek azalmakta ve çevresel etkileri konusunda da hassasiyet artmaktadır. Bütün bunlara alternatif olarak yenilenebilir enerji kaynakları ortaya çıkmış ve bunlar içerisinde de bitmez tükenmez bir enerji kaynağı olarak güneş enerjisi önem kazanmıştır. Düşük kaliteli linyitler dışında çok fazla fosil yakıt rezervi bulunmayan Türkiye'nin coğrafi konumuna bağlı olarak güneş enerjisi açısından büyük bir potansiyeli bulunmaktadır. Son yıllarda yapılan yatırımlarla ve yeni kurulumlarla güneş enerjisinin enerji üretimindeki payı giderek artmaktadır. Ancak yapılan üretim sahip olunan potansiyele göre oldukça düşük orandadır. Yapılan bu çalışma ile Türkiye genelindeki kurulu durumda olan güneş enerji santralleri uydu görüntüleri üzerinden coğrafi bilgi sistemleri alt yapısı ile sayısallaştırılarak, bunların beşeri ve fiziki dağılımlarını belirlemek amaçlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, Türkiye genelindeki güneş enerji santrallerinin coğrafi bölge, coğrafi bölüm, il, ilçe, kırsal-kent, yükselti, eğim ve baki gibi faktörlere göre dağılımları belirlenmiş ve belli alanlarda belirgin yoğunlaşmalar görülmüştür. Türkiye'nin enerji ihtiyacını karşılayabilecek önemli bir kaynak olan güneş enerjisi potansiyelini henüz yeterince kullanamadığı ve güneş enerji santralleri için elverişli pek çok alanın da henüz değerlendirilemediği sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerji santrali, Fotovoltaik Enerji, Türkiye'de Güneş Enerjisi.

Abstract

While energy needs of societies are increasing, reserves of fossil energy sources are getting decreasing and the sensitivity on its environmental effects are increasing. As an alternative energy source renewable energy sources showed up and among them solar power gained importance as an infinite energy source. Turkey, which doesn't have much fossil fuel reserve except for low quality lignite, has a high potential due to its geographical location. With the recent investments and new solar power plants, its share in the energy production is getting higher. However, the energy generation of Turkey is much lower than its potential. This study aims to find the number of solar power plants in Turkey through satellite views and geographical information system data base and determine their distribution through physical and human factors. This study determined the distributions of the solar power plants according to factors such as; geographical region, geographical sector, city, district, country/city center, altitude, slope and exposure. And it found significant densifications in certain regions. The results revealed that Turkey couldn't use its solar power potential which is an important source to meet its energy needs, and that many regions which are suitable for solar power plants haven't been utilized yet.

Keywords: The Solar Power Plant, Photovoltaic Energy, Solar Energy in Turkey.

* Bu çalışma 03-05/10/2019 tarihinde Eskişehir'de gerçekleştirilen II. Uluslararası Coğrafya Eğitimi Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur.

** Prof. Dr., Necmettin Erbakan Üniversitesi, Coğrafya Eğitimi, apinar@erbakan.edu.tr

*** Dr. Öğr. Üyesi, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Coğrafya Eğitimi, abuldur@erbakan.edu.tr

**** Necmettin Erbakan Üniversitesi, Coğrafya Eğitimi Doktora Öğrencisi, tahirtuncer42gmail.com



1. GİRİŞ

Sanayileşme süreci, artan nüfus ve değişen hayat standartları enerji tüketiminin sürekli artmasına sebep olurken, toplumları ve devletleri de sürekli olarak enerji arayışına yöneltmiştir. Geleneksel enerji kaynaklarının fiyatlandırma, rezerv kısıtlılığı, çevresel problemleri ve stratejik risklerine karşın yenilenebilir enerji kaynakları pek çok konuda büyük avantajlar sunmaktadır.

Güneş, yeryüzündeki canlı yaşamının temel kaynağıdır. Ayrıca bütün enerji türleri doğrudan veya dolaylı olarak güneş enerjisine bağlı olarak meydana gelmiştir. Güneş enerjisi bilinen en eski birincil enerji kaynağı olduğu gibi temiz ve yenilenebilir özellikte olup, yerkürenin birçok bölgesinde de ekonomik kullanım için uygun durumdadır (Akova, 2008, 33). Güneş enerjisi bol, sürekli, yenilenebilir ve bedava bir enerji kaynağıdır. Geleneksel enerji kaynaklarının kullanımından kaynaklanan çevresel sorunların çoğunun güneş enerjisi üretiminde bulunmaması, bu enerji türünü temiz ve çevre dostu bir enerji kaynağı olarak öne çıkarmaktadır (Kapluhan, 2014; TÜBA, 2018). Yeryüzüne her sene düşen güneş ısınım enerjisi, yeryüzünde şimdiye kadar belirlenmiş olan fosil yakıt haznelarının yaklaşık 160 katı kadardır. Ayrıca Güneş enerjisi, yeryüzündeki fosil, nükleer ve hidroelektrik tesislerin bir yılda üreteceğinden 15.000 kat kadar daha fazla enerjiyi yeryüzüne göndermektedir. Bu bakımdan güneş enerjisi sınırsız bir kaynak olarak karşımıza çıkmaktadır. Ancak bu enerji kaynağının insan faaliyetlerine uygun, kullanılabilir bir enerji türüne dönüştürülebilmesinde güçlükler yaşanmaktadır (Ültanır, 1996; Şen, 1996; Foster, Ghassemi ve Cota, 2010).

Güneş ışınlarından fotovoltaik pil olarak adlandırılan güneş pilleri yardımıyla elektrik enerjisi üretimi gerçekleştirilmektedir. Güneş pilleri elektrik ihtiyacını karşılayabilecek düzeyde yeterli teknolojiye sahip olmasına rağmen bu yöntemin kullanılmasında en büyük engel pillerin yüksek maliyetli olmasıdır. Günümüzde varlığını git gide artıran bir teknoloji olan fotovoltaik piller yavaş yavaş enerji sektöründeki yerini almaktadır. Yapılan araştırma ve geliştirme çabaları sayesinde zamanla fotovoltaik pillerin üretiminin ucuzlayacağı, bireylerin kendi elektrik ihtiyaçlarını fotovoltaik piller yardımıyla karşılayacağı öngörülmektedir. Devam eden bu değişim süreci uzmanlar tarafından mevcut teknoloji düzenini yıkan teknoloji olarak ifade edilmektedir (Kırmızı, 2010; Bayhan vd., 2016, 157).

Bulunduğu coğrafi konuma bağlı olarak güneş enerjisi açısından çok yüksek bir potansiyele sahip olan Türkiye’de yıllık güneşlenme süresi yaklaşık 2.640 saat, yıllık güneş enerjisi ısınım şiddeti 1311 kWh/m² olarak belirlenmiştir (Taşkın ve Korucu, 2014, 13; Öztürk ve Küçükerdem, 2016). Günlük ortalama 7,5 saat güneşlenme süresine sahip olan Türkiye, güneş enerjisi kişi başı kullanımında dünyada açık ara lider durumda olan Almanya’ya göre yüzde 60 daha fazla güneş ışığından yararlanmaktadır (Topkaya, 2012; Taktak ve İli, 2018). Ancak bu potansiyelini oldukça geç fark eden Türkiye’de güneş enerjisinden elektrik üretimi oldukça yeni sayılabilecek bir geçmişe sahiptir. Türkiye’de güneş pilleriyle ilgili çalışmalar (fotovoltaik sistemler) 1980’lerde başlamış ve Ege Üniversitesi Güneş Enerjisi Laboratuvarı’nda güneş pilleriyle çalışan ilk ısıtma pompası kurulmuştur (Yelmen ve Çakır, 2016). Son yıllarda güneş enerjisi kurulum birim fiyatlandırmasının düşüşüne ve enerji fiyatlarının artmasına bağlı olarak, Türkiye’nin sahip olduğu potansiyelin kullanımından oldukça uzak olmasına rağmen ciddi oranda gelişme yaşanmıştır. Bu güneş enerji santrallerinin kurulumuna Türkiye’nin pek çok bölgesinde rastlamak mümkündür. Ancak bunların dağılımında esas olan coğrafi faktörlerin etkisiyle kurulum gücü büyüklüklerinde farklılıklar bulunmaktadır.

2. AMAÇ VE YÖNTEM

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda Türkiye’deki güneş enerji santralleri (GES) ile pek çok çalışma olduğu ancak bunların bütüncül bir yaklaşımla coğrafik açıdan ele alınmadığı görülmüştür. Bu çalışmada; Türkiye genelinde faaliyette olan güneş enerji santrallerinin yerlerini tespit etmek, bunların kurulum yerleri ile ilgili coğrafi özellikleri belirlemek ve bu şekilde Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin dağılımında etkili olan genel coğrafi özellikleri ortaya koymak amaçlanmıştır.

Çalışmanın veri tabanını Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin noktasal konum ve kurulum gücü bilgileri oluşturmaktadır. Ancak, 2018 yılsonu itibarıyla Türkiye’de toplam 5868 MW kurulum gücüne sahip 5063 adet güneş enerji santralinin konum ve kurulum gücü bilgileri güncel olarak açık kaynak erişiminde bulunmamaktadır. Çalışmaya veri tabanı oluşturması amacıyla güneş enerji santrallerinin konum ve bu konumlara eklenecek kurulum gücü bilgileri için öncelikle uydu görüntüleri üzerinden Türkiye arazisi detaylıca taranarak toplam 1226 adet güneş enerji santralinin sayısallaştırması yapılmış ve bunların kurulum güçleri tespit edilmiştir. Uydu görüntüleri üzerinden belirlenen 1226 adet güneş enerji santrali, Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin %21’ini oluşturmasına karşılık, üretim gücü açısından %82’sine denk geldiği için



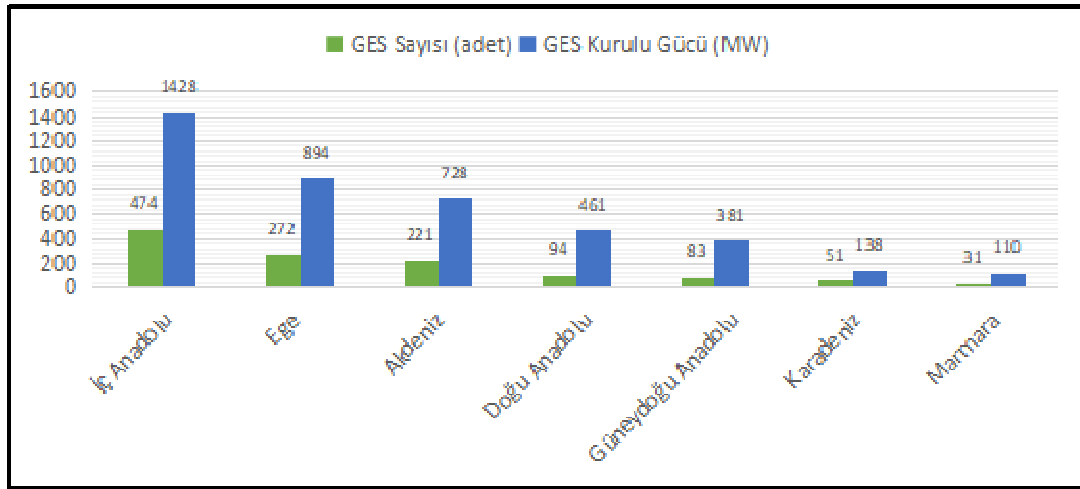
geneli yansıtır özelliği olduğu sonucuna varılmıştır. Oluşturulan bu veri tabanı ile çalışmanın devamında Türkiye'ye ait çeşitli sınır katmanları (bölge, bölüm, il, ilçe) ve DEM (Digital Elevation Model-Sayısal Yükselti Modeli) verilerinden üretilen (yükselti, eğim, bakı) katmanlar analiz edilmiştir. Bu analizlerin sonuçları tablo, grafik ve görseller şeklinde ortaya konmuş ve Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin coğrafi perspektiften dağılımının sonuçları elde edilmiştir. Bu çalışmalar esnasında Google Earth Professional ve ArcGIS 10.5 coğrafi bilgi sistemleri programlarından yararlanılmıştır.

3. TÜRKİYE'DEKİ GÜNEŞ ENERJİ SANTRALLERİNİN COĞRAFI DAĞILIŞI

3.1. Güneş Enerji Santrallerinin Coğrafi Bölgelere Göre Dağılışı

Türkiye'deki coğrafi bölgelerin tamamında güneş enerji santrali bulunmasına karşılık bunların dağılımında bölgeler arasında dengesizlik olduğu ve bazı alanlarda daha fazla yoğunlaşmalar olduğu görülmektedir. Bölgelerin sahip oldukları coğrafi özelliklerin büyük ölçüde birbirinden farklılık göstermesi güneş enerji santrallerinin dağılımında da kendini göstermektedir. Yıllık ve günlük ortalamalarda güneş enerjisini daha fazla alan ve arazi şartlarının da uygun olduğu bölgelerde daha fazla güneş enerji santrali ve kurulu gücü bulunmaktadır.

Türkiye'de en fazla güneş enerji santrali ve kurulu gücü bulunan bölgeler sırasıyla İç Anadolu, Ege ve Akdeniz'dir (Şekil 1). Bu bölgelerin yıllık güneşlenme süresi ve arazi şartları diğer bölgelere göre nispeten daha avantajlı durumda olduğu için daha fazla tercih edilmişlerdir. Ancak Güneydoğu Anadolu Bölgesi elverişli alanlara sahip olmasına rağmen kendi potansiyelinin oldukça gerisinde kalmıştır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nin yatırımcılar tarafından diğer bölgelere göre daha az tercih edildiği sonucu ortaya çıkmaktadır. Doğu Anadolu Bölgesi'nde engebeli arazi şartları, Karadeniz Bölgesi'nde de yıllık güneşlenme süresinin daha az olması ve topografyanın arızalı olması bu bölgelerde güneş enerji santrallerinin daha az kurulmasına sebep olmuştur. Marmara Bölgesi ise aslında iklim ve topografya açısından elverişli sayılabilecek bölgelerden biri olmasına rağmen, bölgenin farklı ekonomik sektörlerce yoğun şekilde kullanımı büyük ölçekli güneş enerji santrallerinin kurulmasını azaltmıştır. Bunun yanında Marmara'da özellikle kentsel alanlarda işletme ve sanayi tesislerinin çatılarında küçük çaplı çatı tipi güneş enerji santrali kurulumlarının daha fazla olduğu görülmektedir.



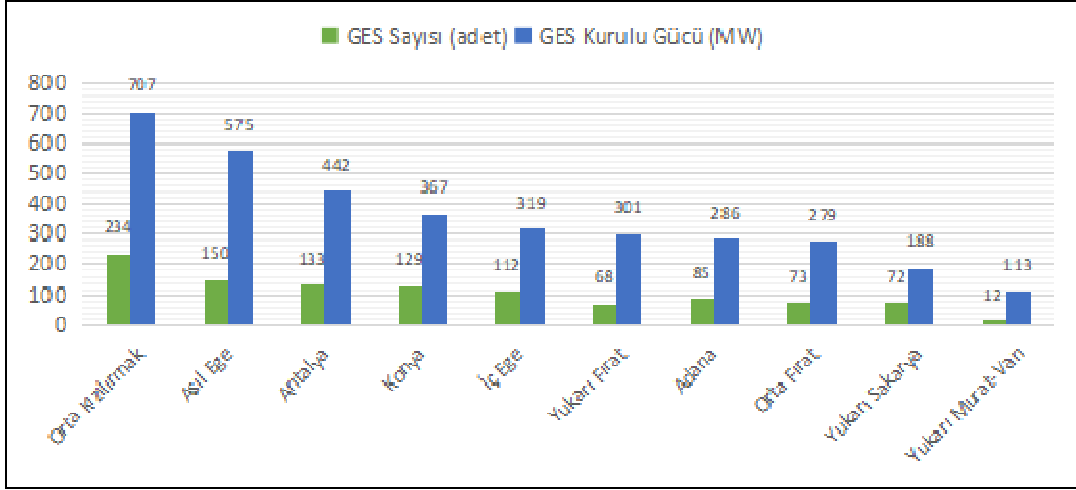
Şekil 1: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Coğrafi Bölgelere Göre Dağılışı Grafiği

3.2. Güneş Enerji Santrallerinin Coğrafi Bölümlere Göre Dağılışı

Türkiye'de yer alan 21 coğrafi bölümün 19'unda farklı kurulum kapasitelerine sahip güneş enerji santralleri bulunmaktadır. Güneş enerji santrallerinin coğrafi bölümlerdeki dağılışı coğrafi bölgelerle benzerlik göstermektedir. Ancak coğrafi bölgelerin kendi içlerinde farklılıklarının bulunması güneş santrallerinin dağılımına da yansıyor, bölge içindeki bölümlerde dengesizlikler yaşanabilmektedir. Türkiye'de Hakkâri Bölümü ve Yıldız Dağları Bölümü'nde güneş enerji santrali olmadığı görülmektedir. Bu bölümlerde küçük çaplı olarak çatı ve bahçe tipi kurulumlar bulunması muhtemeldir ancak arazi yapısının arızalı olması ve güneşlenme süresi gibi faktörlerin olumsuz etkisi fazlaca hissedildiği için büyük çaplı kurulum henüz bulunmamaktadır.



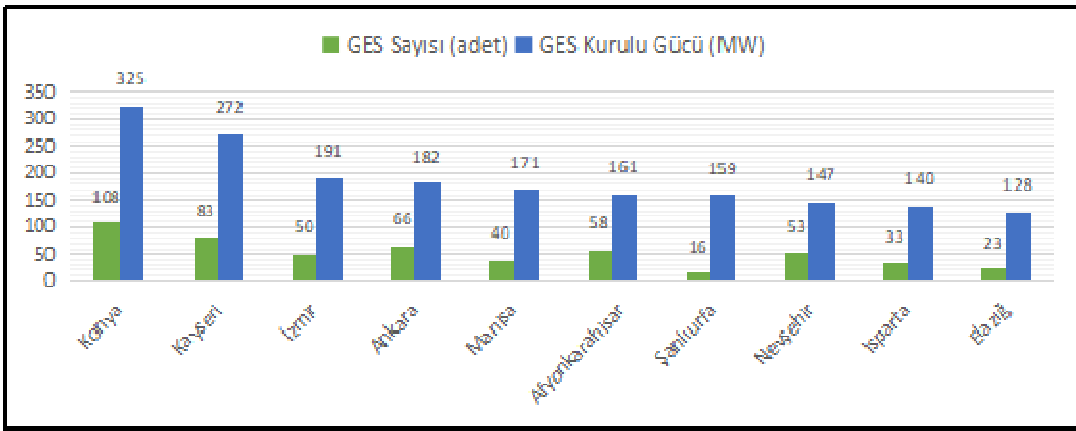
Türkiye’de en fazla güneş enerji santralinin bulunduğu coğrafi bölümler sırasıyla; Orta Kızılırmak, Asil Ege, Antalya, Konya ve İç Ege olmuştur (Şekil 2). En fazla güneş enerji santrali bulunan coğrafi bölümlerin temel özelliği olarak; güneşlenme süresi, güneş radyasyonun yüksek olması ve arazi kullanımının uygunluğu gibi faktörlerin etkili olduğu görülmektedir. Orta Anadolu’da Orta Kızılırmak çevresinde güneşlenme süresi ve güneş radyasyonu değerleri daha yüksek olmasına bağlı olarak güneş enerji santrallerinin burada yoğunlaştığı görülmektedir. Orta Kızılırmak Bölümü’nde topografyanın düz veya dalgalı düzlüklerden oluşması güneş enerji santrallerinin kurulumu için elverişli bir yapı oluştururken, bu alanlardaki su kaynaklarının zayıf olması, diğer ekonomik sektörlerce daha az tercih edilmesine yol açmıştır.



Şekil 2: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin Coğrafi Bölgelere Göre Dağılım Grafiği

3.3. Güneş Enerji Santrallerinin İllere Göre Dağılımı

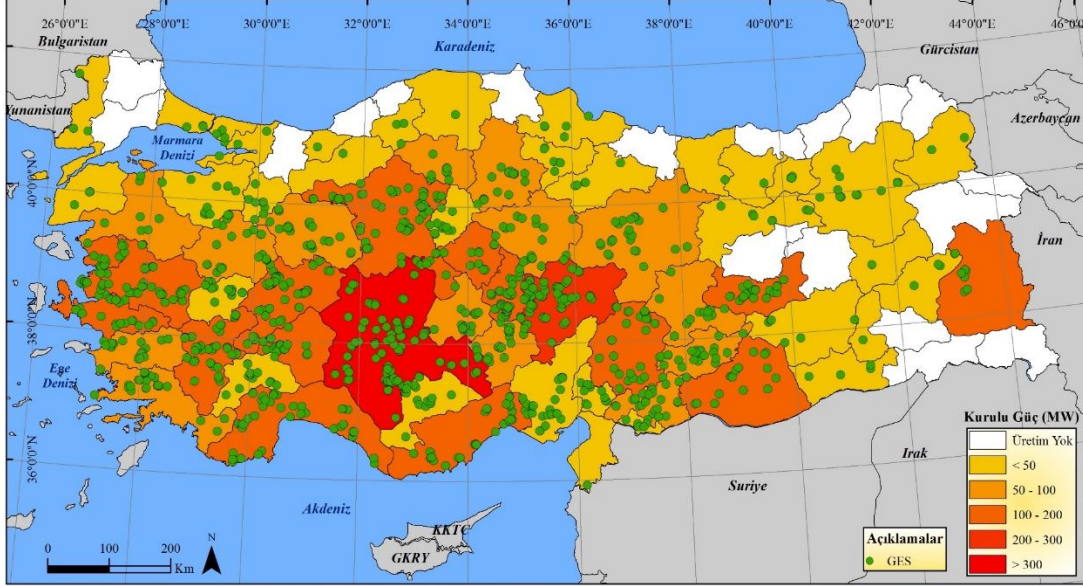
Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin illere göre dağılımında da farklılık görülmektedir. Türkiye’nin 81 ilinin 64 tanesinin sınırları içerisinde farklı sayıda ve büyüklüklerde güneş enerji santrali kurulumu bulunmaktadır. Yıllık güneşlenme süresi, güneş radyasyonu değeri, bulutluluk süresi, arazinin engebe durumu ve arazi kullanımı açısından elverişli olan illerde güneş enerji santrali kurulumları daha fazla bulunmaktadır. Türkiye’de en fazla güneş enerji santrali kurulum gücüne sahip olan iller sırasıyla; Konya, Kayseri, İzmir, Ankara ve Manisa’dır (Şekil 3). Özellikle Konya ve Kayseri gibi illerin yüksek düzeyde güneş enerjisi almaları ve arazi kullanımı açısından da oldukça elverişli olmaları kurulum miktarını artırmıştır. Bunun yanında yüksek potansiyellerine rağmen güneş enerji santrali kurulumunun daha düşük kaldığı Şanlıurfa ve Van gibi illerde son yıllarda yatırımcı tercihlerinin bu alana yönelmesi sonucu ciddi artışlar görülmektedir ve ilerleyen yıllarda çok daha fazla olması muhtemeldir.



Şekil 3: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin İllere Göre Dağılım Grafiği



Türkiye’de güneş enerji santrali kurulumu bulunmayan illerin genel olarak Karadeniz kıyı kuşağı ile Doğu Anadolu’nun yüksek ve engebeli alanları olduğu görülmektedir (Şekil 4). Karadeniz kıyı kuşağında bulutluluk süresinin uzun olması güneşlenme süresini azalttığı gibi ayrıca güneş radyasyonu açısından da daha az elverişlidir. Bunun yanında Karadeniz kıyı kuşağındaki alanlar engebeden dolayı ve arazi kullanım durumu açısından da güneş enerji santrali kurulumuna elverişli olmadığı görülmektedir. Doğu Anadolu’da güneş enerji santralleri kurulumunun bulunmadığı illerde de benzer koşullar geçerlidir. Ancak, Doğu Anadolu’da güneş enerji santrallerinin seyrekleştiği alanlarda arazi engebeleri ve ulaşım zorluğu gibi faktörlere arazinin karla örtülü günlerin fazlalığı da olumsuz bir faktör olarak eklenmektedir.

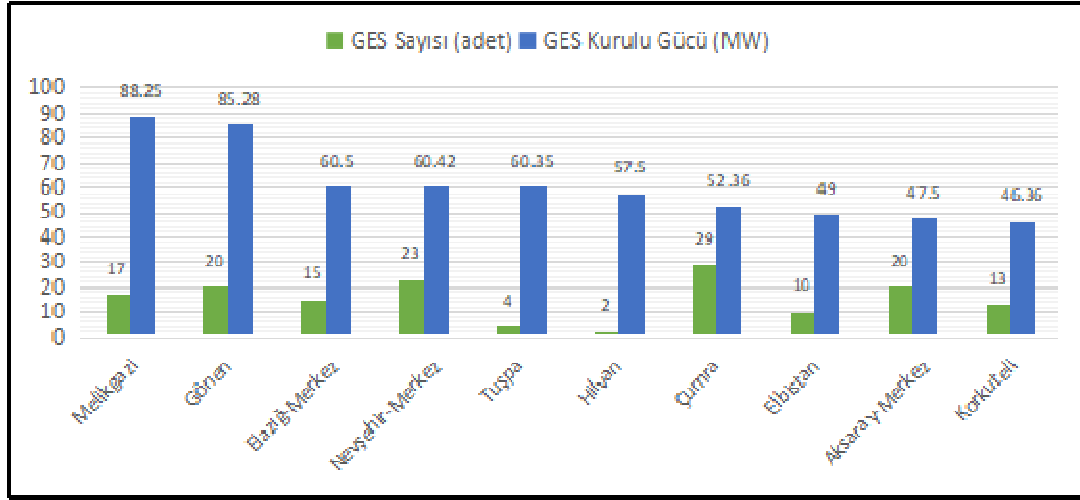


Şekil 4: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin İllere Göre Dağılışı Haritası

3.4. Güneş Enerji Santrallerinin İlçelere Göre Dağılışı

Türkiye’deki güneş enerji santrallerinin ilçelere göre dağılışı ile illere göre dağılışı arasında benzerlikler görülmektedir. Ancak il sınırı içindeki farklı coğrafi özelliklere sahip ilçeler bu konuda ayrışma göstermektedir. Türkiye’de 338 ilçenin sınırları içerisinde güneş enerji santrali kurulumu bulunmaktadır. Bunların kurulum güçleri birbirinden farklı büyüklüktedir. Güneşlenme süresi, güneş radyasyonu değerleri, bulutluluk süresi, arazinin eğim durumu ve arazi kullanımı gibi faktörlere dayalı olarak farklılaşmalar bulunmaktadır.

Türkiye’de en fazla güneş enerji santrali kurulu gücü bulunan ilçeler sırasıyla; Melikgazi (Kayseri), Gönen (Isparta), Elazığ-Merkez, Nevşehir-Merkez ve Tuşba (Van)’dır (Şekil 5). Bu ilçelerin coğrafi özellikleri güneş enerji santrali kurulumu açısından bu alanları cazip kılmıştır. Türkiye’de bu ilçeler dışında ilk sıralarda olabilecek özellikle de güney ve batı kıyılarında pek çok alan bulunmaktadır ancak arazi kullanım önceliği çoğu yerde başka ekonomik sektörlere bırakılmıştır. Bunun dışında bazı alanların coğrafi açıdan uygun olmasına rağmen yatırımcıların henüz bu alanlara yönelmemiş olması da dağılım üzerinde etkili olmuştur.

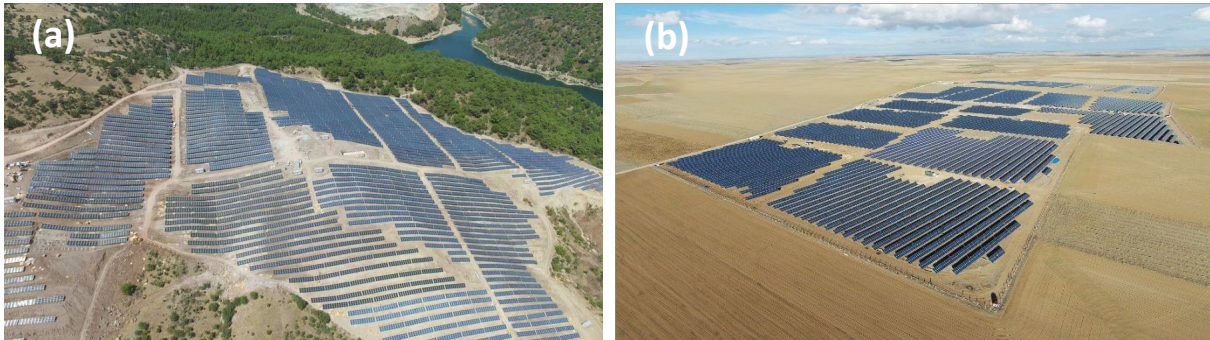


Şekil 5: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin İlçelere Göre Dağılım Grafiği

Türkiye'de; Karapınar ve Ereğli (Konya), Bor (Niğde) ve Ayrancı (Karaman) ilçelerine planlanan enerji ihtisas bölgelerinin hayata geçmesinin ardından bu ilçelere yapılacak olan devasa güneş enerji santralleri dağılımı baştan aşağı değiştirecektir. Özellikle Karapınar ve Bor'da kurulumlar hızla devam etmektedir. Yakın zamanda Karapınar ve Bor, güneş enerji üretim üssü haline dönüşecektir.

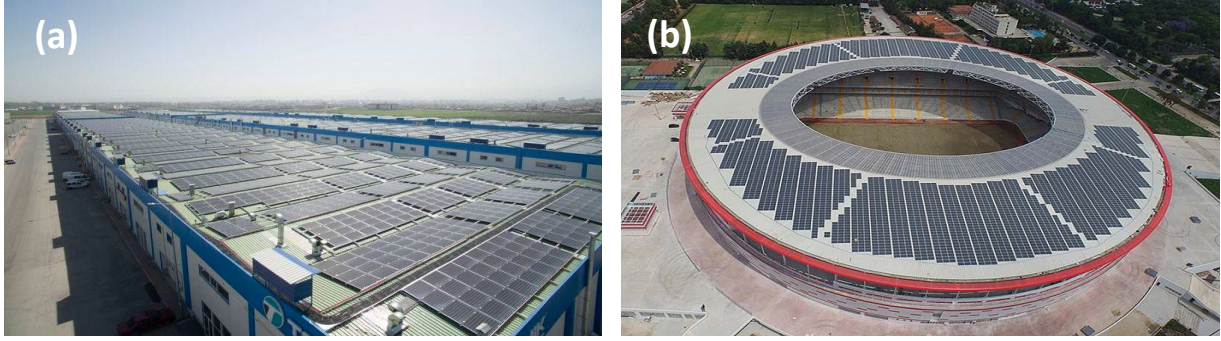
3.5. Güneş Enerji Santrallerinin Kırsal ve Kentsel Dağılımı

Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin kurulu gücünün %94'ü kırsal alanlarda, %6'sı kentsel alanlarda bulunmaktadır. Kırsal alanlara kurulan güneş enerji santralleri çoğunlukla; düzlük alanlar, dalgalı düzlükler, plato yüzeyleri, az eğimli yamaçlar (Foto 1a), ova tabanları (Foto 1b), ile depo ve çiftlik arazilerinin yakınlıklarına ve çatılarına kurulmuştur. Kentsel alanlara kurulan güneş enerji santralleri ise; kamu ve özel binaların çoğunlukla çatıları, bazı yerlerde bahçelerine, OSB (Organize Sanayi Bölgeleri) ve OSB dışı sanayi tesislerinin çatı (Foto 2a) ve bahçelerine, teknopark sahalarına, stadyum çatısına (Foto 2b) ve göl yüzeyine (B. Çekmece) kurulmuştur.



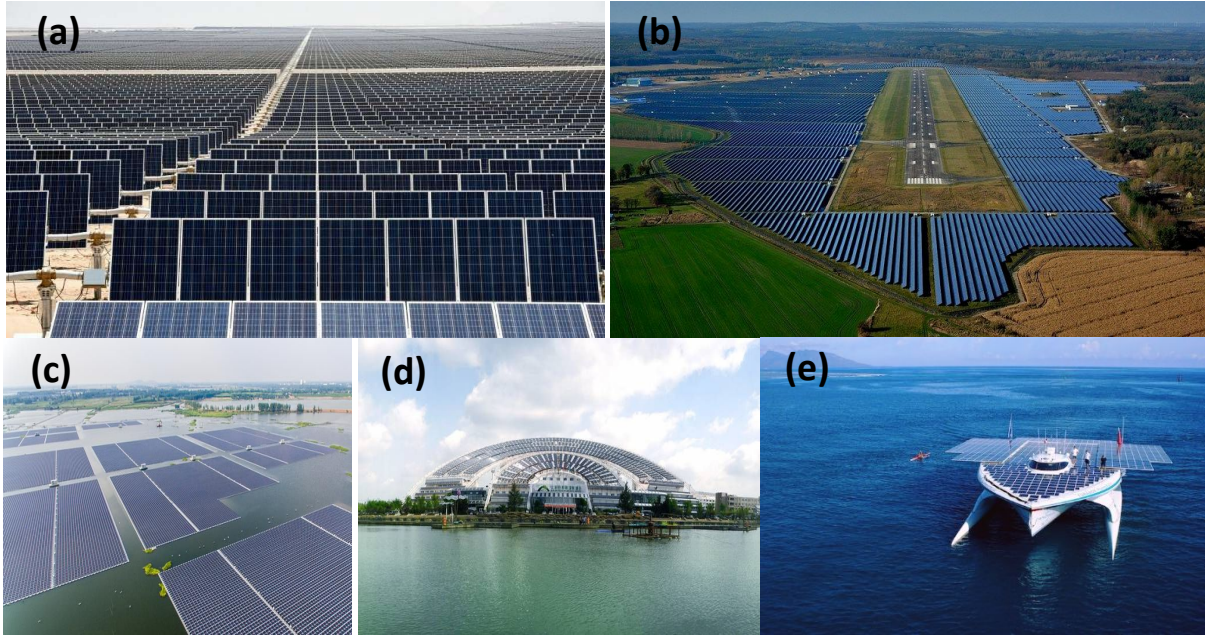
Fotoğraf 1: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Kırsal Alanlardaki Kurulum Yeri Örnekleri

Türkiye'de kentsel alanlardaki güneş enerji santralleri sayı bakımından kırsal alanlardakilere göre çok daha fazla durumdadır. Ancak kentsel alanlarda çoğunlukla çatı veya bahçe gibi alanlara kuruldukları için kurulum gücü açısından daha küçük değerlere sahiptirler. Sanayi alanlarında büyük tesislerin çatısına kurulan güneş enerji santralleri nispeten biraz daha büyüktür. Kırsal alanlarda ise arazi kullanım durumunun elverişli olması bu alanlarda daha büyük çapta kurulum gücüne sahip güneş enerji santrallerinin yapımına olanak sağlamıştır.



Fotoğraf 2: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin Kentsel Alanlardaki Kurulum Yeri Örnekleri

Enerji tüketiminin giderek artmasıyla enerji üretiminin alternatif kaynaklara yönelmesi toplumlari yeni arayışlara yöneltmiştir. Güneş enerji santrallerinin kurulumu açısından dünyanın farklı yerlerinde değişik örnekler bulunmaktadır. Güneş enerjisinin yüksek, çöl arazilerinin fazla yer kapladığı Fas ve Avustralya gibi ülkelerde 1000 MW’ın üzerinde kurulum gücüne sahip yekpare güneş enerji santralleri bulunmaktadır. ABD, Meksika, Tunus, Mısır, Cezayir ve İspanya gibi ülkelerde de büyük çapta güneş enerji santrali kurulumları bulunmaktadır. Bunun yanında pek çok toplum, enerji üretimi için uygun buldukları her yeri değerlendirme konusunda her geçen gün yeni fikirler üretmektedir. Dünya’da; ulaşım araçları, havaalanları, şehirlerarası yol kenarları, göl ve baraj yüzeyleri ile okyanus üzeri güneş enerji panellerinin kurulduğu yerlerden bazılarıdır (Foto 3). Güney Kore’de otoyollar arasında yer alan boşluk alanlar, Hindistan’da ise hidroelektrik santrallerin yüzeyi fotovoltaik kurulumlar açısından değerlendirilmektedir. Son yıllarda Çin Halk Cumhuriyeti açık deniz alanlarına dünyaya örnek olabilecek büyük çapta fotovoltaik kurulumlar yaparak enerji ihtiyacına çare aramaktadır. Bu konuda sadece sabit kurulumlar değil ayrıca deniz, kara ve hava taşıtları üzerinde de ciddi çalışmalar yapılmaktadır. Güneş enerjisi ile çalışan hava ve deniz taşıtları dünya turunu tamamlarken, kara taşıtlarında da gün geçtikçe mesafe ve güç olarak ilerlemeler kaydedilmektedir.



Fotoğraf 3: Dünya’nın Çeşitli Yerlerinden Güneş Enerji Santrali Kurulum Yeri Örnekleri a) çöl yüzeyine, b) havaalanına c) hidroelektrik santral yüzeyine, d) bina dış cephesine, e) deniz taşıtı üstüne

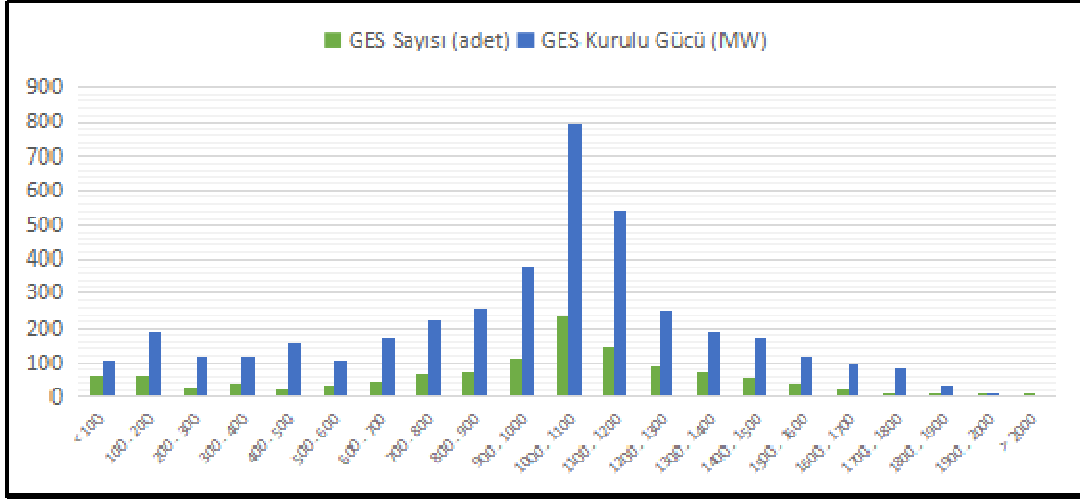
3.6. Güneş Enerji Santrallerinin Yükselti Basamaklarına Göre Dağılışı

Güneş enerji santrallerinin kurulumunda yükselti önemli bir faktördür. Yükselti; iklimi ve dolayısıyla güneşlenme süresini etkilemesi açısından güneş enerji santrallerinin kurulumunda belirleyici bir faktördür. Ancak yükseltinin güneş enerji santrallerinin kurulumundaki esas etkisi panellerin montajında ve ulaşım açısından hissedilmektedir. Yükseltinin az olduğu yerlerde çoğunlukla ulaşım daha kolay olmakta ve



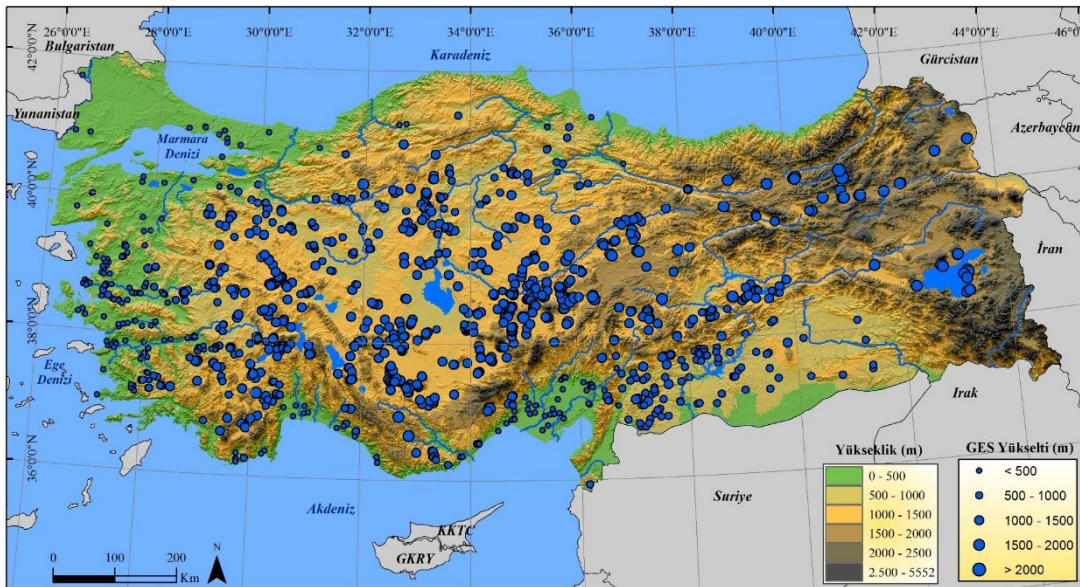
güneş panelleri daha rahat kurulabilmektedir. Yükseltinin arttığı yerlerde ise hem güneş panellerinin kurulum aşaması hem de sonrasındaki aşamada bakım işleri zorlaşmaktadır. Güneş enerji santrallerinden üretilen enerjinin ana sisteme yüklenmesi açısından enerji nakil hatlarına yakın olması oldukça önemlidir. Ancak yükseltinin arttığı yerlerde enerji nakil hatları daha az bulunduğu için bu alanlara güneş enerji santrallerinin yapım maliyeti yüksek olacağı için pek fazla tercih edilmemektedir.

Türkiye’de güneş enerji santrallerinin kurulum gücünün en fazla olduğu yükselti basamağı 1000-1100 metre aralığıdır. Bunun ardından 1100-1200 ve 900-1000 metre yükselti aralıklarında da oldukça fazla kurulum bulunmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin Yükseltilerine Göre Dağılım Grafiği

Kıyı bölgelerdeki yükseltisi daha az olan alanlar güneş enerji santrallerinin kurulumu için en avantajlı alanlar olmasına rağmen arazinin çoğunlukla farklı ekonomik sektörlerin kontrolünde olması güneş enerji santrallerinin kurulumunu azaltmıştır. Orta Anadolu’daki 900-1200 metre aralığındaki plato alanları arazi kullanımı açısından daha elverişli olduğu için güneş enerji santrallerinin kurulumunda daha çok tercih edilmiştir (Şekil 7). Türkiye’de 1500 metrenin üzerinde yükseltiye sahip arazilerde güneş enerji santrali kurulumları oldukça azalmaktadır. Bu alanlarda; bulutluluk ve eğimin artması, enerji nakil hatlarının uzak olması, ulaşım giderlerinin artması ve zorlaşması gibi faktörler güneş enerji santrallerinin kurulumunu zorlaştırdığı için yatırımcı tarafından çok fazla tercih edilmemektedir.



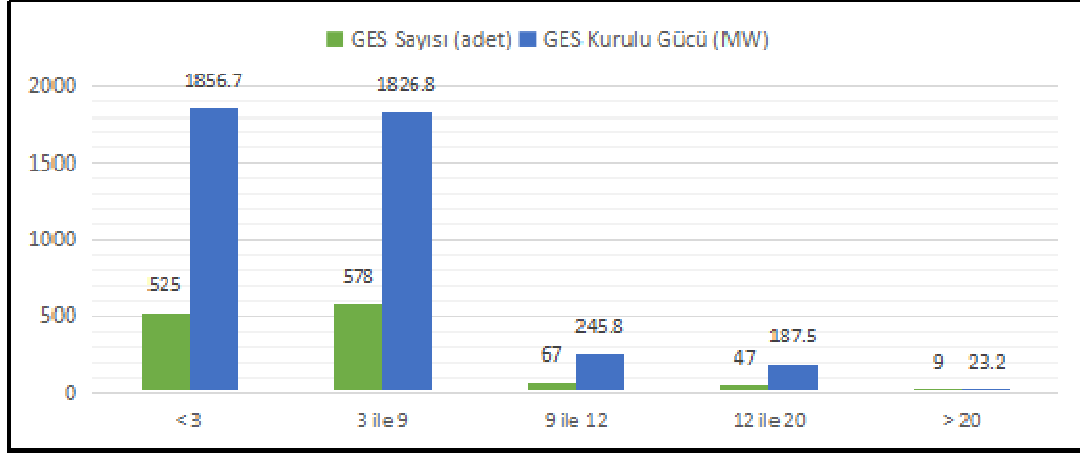
Şekil 7: Türkiye’deki Güneş Enerji Santrallerinin Yükseltilerine Göre Dağılım Haritası



3.7. Güneş Enerji Santrallerinin Eğim Derecelerine Göre Dağılışı

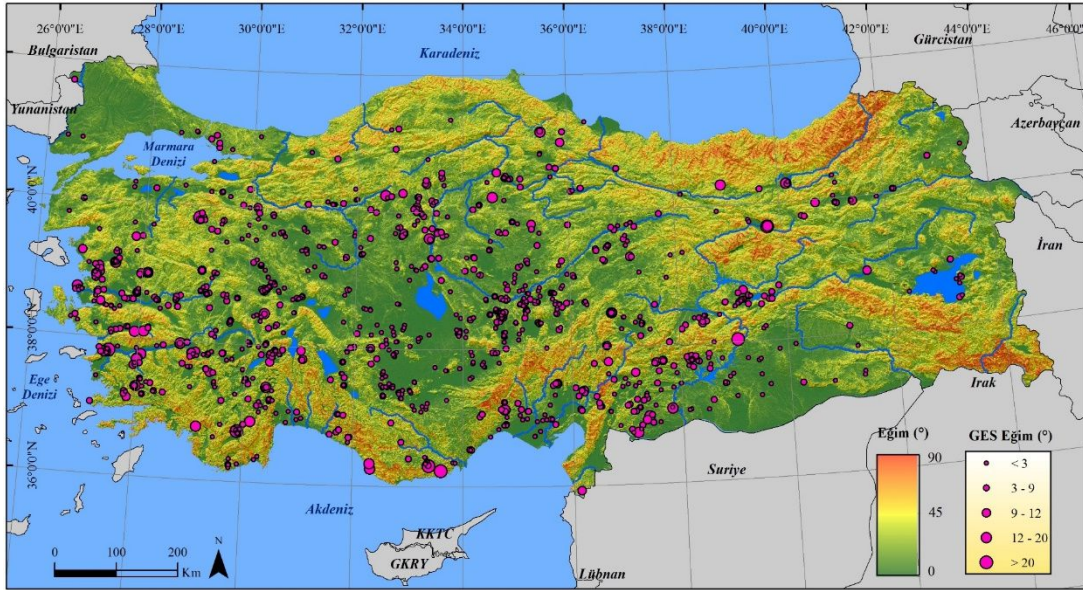
Topografyanın düz ya da az eğimli olduğu alanlar güneş enerji santrali kurulumları için taşıdığı pek çok avantajdan dolayı daha fazla tercih edilmektedir. Eğimin arttığı yerlerde ise güneş enerjisi panellerinin kurulumu zorlaşmaktadır. Ayrıca bu alanlarda ulaşımın zorlaşmasına bağlı olarak panellerin taşınması, montajı ve bakımı da zorlaşmaktadır. Üretilen enerjinin eğime bağlı olarak enerji nakil hatlarına aktarılması da zorlaşmakta ve maliyeti artırmaktadır. Bütün bu olumsuzluklardan dolayı eğimin arttığı yerlerde güneş enerji santrali kurulumları yok denecek kadar azdır.

Türkiye'deki güneş enerji santrali kurulumlarının %75'i; 0-3° eğim aralığındaki düz alanlarda ve 3-9° eğim aralığındaki hafif eğimli ve dalgalı düzlük alanlarda toplanmıştır (Şekil 8). Eğimin arttığı 9° ve üzerindeki eğimli alanlarda kurulumlar oldukça azalmıştır.



Şekil 8: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Eğim Aralıklarına Göre Dağılışı Grafiği

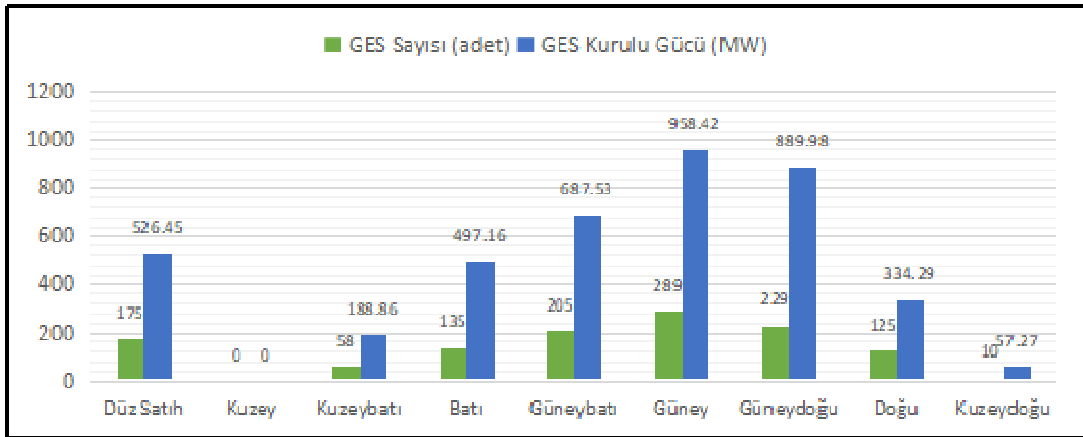
Türkiye'de eğimin az olduğu Orta Anadolu'daki plato sahaları güneş enerji santrallerinin kurulumunda en çok tercih edilen alanlardır (Şekil 9). Bu alanlarda hem eğim azlığının getirdiği avantajlar, hem de güneşlenme süresinin fazlalığı, güneş radyasyon değerinin yüksek olması, arazinin genişliği ve arazi kullanım durumu gibi avantajlar bulunmaktadır. Bunun yanında Türkiye'nin en düz bölgesi olan Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde güneş enerji santrallerinin kurulumu oldukça azdır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi en çok güneş alan bölgelerinden biri olmasına rağmen GAP'la birlikte gelen modern tarımsal faaliyetlerin yaygınlaşması ve yatırımcı tercihlerinden dolayı henüz yeterince kuruluma sahip değildir. Batı Anadolu kıyılarında ise güneş enerji santralleri graben alanlarının arazi kullanımı açısından elverişli bölgelerine konumlanmaktadır. Batı Anadolu graben alanlarında yoğun şekilde gerçekleştirilen tarımsal faaliyetler, sanayi tesisleri, yerleşim alanları, yer yer makilik sahalar altında güneşlenme süresi ve güneş radyasyon değeri açısından yüksek olan bu alanı güneş enerji santrallerinin kurulumunda sınırlandırmıştır.



Şekil 9: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Eğime Göre Dağılışı Haritası

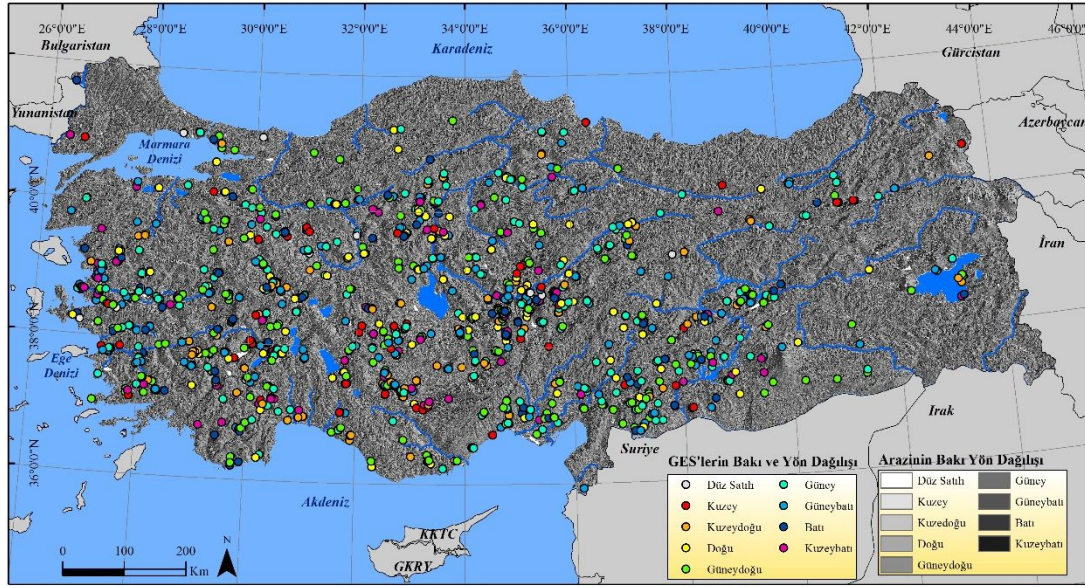
3.8. Güneş Enerji Santrallerinin Bakı Yönlerine Göre Dağılışı

Güneş enerji santrallerinin kurulumu açısından en önemli faktörlerden biri de bakı yönüdür. Güneş'e dönük olan yönler güneşlenme süresi ve güneş ışığının daha büyük açıyla gelmesinden dolayı güneş radyasyonu bakımından daha avantajlıdır. Kuzey Yarımküre ülkeleri için güney ve ara yönleri yıllık ve günlük ortalamalarda hem daha fazla güneşlenme süresine hem de daha fazla güneş radyasyonu değerine sahiptir. Kuzey Yarımküre ülkelerinden biri olan Türkiye'de de düzlük alanlar dışında güneş enerji santralleri için en çok tercih edilen yönler güney ve ara yönleri olmuştur (Şekil 10).



Şekil 10: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Bakı Yönlerine Göre Dağılışı

Türkiye'deki güneş enerji santralleri kurulu gücünün %12,7'si düz sathlar üzerinde bulunurken, %61,25'i ise güney sektörlü yönlerde yer almaktadır. Bunun yanında bulunduğu yarımküreden dolayı en dezavantajlı olan kuzey yönünde kurulu güneş enerji santrali bulunmamaktadır. Topografyanın durumuna göre bazen güney sektörlü yönlerin elverişli olmadığı yerlerde diğer yönlere de kurulumlar yapılmıştır. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte sabit sistem panellerin yerini Güneş'in gökyüzündeki konumuna göre dönebilen panellerin almaya başlamasıyla birlikte gün içindeki Güneş enerjisinden daha fazla yararlanılmaya başlanmıştır. Türkiye'de bakı etkisine göre kurulan güneş enerji santrallerinin belli bir bölgede yoğunlaşmadığı ve kurulumun olduğu her bölgede farklı bakı yönlerine sahip santrallerin yer aldığı görülmektedir (Şekil 11).



Şekil 11: Türkiye'deki Güneş Enerji Santrallerinin Bakı Yönlerine Göre Dağılışı Haritası

4. SONUÇ

Fosil enerji kaynaklarının çevresel etkileri ve artan maliyetlerine ek olarak taşıdığı jeopolitik risklerin de artmaya başlamasıyla devletler enerji taleplerini karşılamak için alternatif enerji kaynaklarına yönelmişlerdir. Alternatif enerji kaynakları temel özelliklere göre dünyanın çeşitli yerlerinde farklı potansiyel taşımaktadırlar. Bunlar içerisinde en genel yayılış potansiyeli gösterenlerin başında güneş enerjisi gelmektedir. Dünyanın her yerine ulaşan güneş enerjisi geldiği açıya bağlı olarak değişen radyasyon değerinin yanı sıra, iklime bağlı olarak bulutluluk süresi ve güneşlenme süresi ile arazi şartlarından etkilenmektedir.

Enerji ihtiyacını büyük oranda ithal fosil yakıtlarla karşılayan Türkiye için enerji; hem ekonomik, hem çevresel hem de jeopolitik önem taşımaktadır. Hidrolik, rüzgâr ve jeotermal gibi farklı alternatif kaynakları da kullanan Türkiye'nin en büyük alternatif enerji kaynağı potansiyelini güneş enerjisi oluşturmaktadır. Bulunduğu coğrafi konum ve iklim şartlarının etkisi güneş enerjisi konusunda Türkiye'yi avantajlı kılarken, arazi şartlarının da pek çok yerde bunun için elverişli olması bu avantajı daha da artırmaktadır. Hali hazırda Türkiye yıllık elektrik üretiminin %2,6'sı güneş enerjisinden karşılanırken, bütün potansiyelini tam olarak kullanabildiği takdirde ülkenin elektrik ihtiyacının 8 katını karşılama potansiyeli bulunmaktadır.

Türkiye'de son yıllarda güneş enerjisi giderek önem kazanmış ve her yıl artarak devam eden kurulumlar yapılmaktadır. Ancak bu kurulumların coğrafi dağılımları bütüncül olarak henüz incelenmemiştir. Yapılan bu çalışmada Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin dağılımları coğrafi bölge, coğrafi bölüm, il, ilçe, kır-kent, yükselti, eğim ve bakı gibi birçok coğrafi faktör açısından ele alınmış ve bunlara dair dağılımlar ortaya konmuştur. Buna göre Türkiye'de en çok güneş enerji santralleri kurulum gücünün bulunduğu coğrafi bölgeler; İç Anadolu, Ege ve Akdeniz bölgeleri olmuştur. Coğrafi bölümlere dağılımda Orta Kızılırmak, Asıl Ege ve Antalya bölümleri ilk üç sırada yer alırken; iller sıralamasında Konya, Kayseri ve İzmir; ilçeler sıralamasında da Melikgazi (Kayseri), Gönen (Isparta) ve Merkez (Elazığ) yer almaktadır. Bu dağılımlar üzerinde güneşlenme süresi, güneş radyasyonu değerleri, bulutluluk süresi, arazinin topografik şartları ve arazi kullanım durumu etkili olmuştur. Ayrıca mevcut güneş enerjisi santrallerinin kurulu gücünün %94'ü kırsal alanlarda bulunmaktadır. Santral sayısı bakımından kentsel alanlar daha fazla olmasına rağmen kırsal alanların büyük çaplı santral kurulumlarına elverişli olması bu şekilde bir sonuç ortaya çıkarmıştır. Bunun yanında Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin doğal faktörlere göre dağılımı incelendiğinde yükselti, eğim ve bakı şartlarına göre de değişkenlikler gösterdiği tespit edilmiştir. Buna göre Türkiye'deki güneş enerji santrallerinin en çok yoğunlaştığı yükselti basamağı 1000-1100 metre olmuştur. Aslında daha aşağıda bulunan yükselti seviyeleri de kurulumlar için oldukça elverişli iken kıyı bölgelerde bulunan 1000 metre aşağısındaki alanlar diğer ekonomik sektörlerin kullanımında olduğu için Orta Anadolu'daki 1000 metre seviyesindeki plato sahaları daha çok tercih edilmiştir. Bunun yanında güneş enerji santralleri en çok 0-3° eğime aralığına düzlük alanlar ile 3-9° eğim aralığına sahip hafif



dalgalı ve az eğimli alanlarda yoğunlaşmaktadır. Türkiye'nin Kuzey Yarımküre'nin orta kuşağında olmasına bağlı olarak güneş enerji santrallerinin büyük bir kısmı güney sektörlü yönlere dönük alanlar ile düz satırlarda yoğunlaşma göstermiştir. Sonuç olarak; Türkiye'nin çok büyük bir güneş enerji potansiyeli bulunmaktadır ve mevcut kurulu gücü bu potansiyelin çok altındadır. Türkiye bu konuda gerçek potansiyelini kullanabildiği zaman ekonomik, çevresel ve stratejik açıdan pek çok kazanç elde edecektir.

KAYNAKÇA

- Akova, İsmet (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Bayhan, Mustafa; Ay Türkmen, Mevhibe ve Duran, Zafer (2016). Yenilenebilir Enerji Kaynağı Olarak Güneş Enerjisi: Denizli İli Uygulanabilirlik Araştırması. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi*(25), 151-165.
- Foster, Robert; Ghassemi, Majid ve Cota, Alma (2010). *Solar Energy : Renewable Energy and the Environment*. Taylor & Francis.
- Kapluhan, Erol (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Güneş Enerjisinin Dünya'daki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Coğrafya Dergisi*, 29, 70-98. İstanbul.
- Kırmızı, Mahir (2010). *Temiz Enerjinin İmalat Sanayiinde Ekonomik Açından Değerlendirilmesi*. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Öztürk, Hasan, Hüseyin ve Küçükdem, H. Kaan (2016). Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretiminin Mevcut Durumu ve Beklentiler. *Uluslararası 10. Temiz Enerji Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, (s. 560-569). İstanbul.
- Şen, Zekai (1996). Türkiye' de Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *İlim ve Sanat*, 32(42).
- Taktak, Fatih ve İli, Mehmet (2018). Güneş Enerji Santrali (GES) Geliştirme: Uşak Örneği. *Geomatik Dergisi*, 3(1), 1-21.
- Taşkın, Onur ve Korucu, Tayfun (2014). Kahramanmaraş İli Güneş Enerjisi Potansiyeli ve Kullanım Olanakları. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 17(4), 12-16.
- Topkaya, Sermin, Oguz (2012). A Discussion on Recent Developments in Turkey's Emerging Solar Power Market. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Elsevier(16), 3754- 3765. doi:10.1016/j.rser.2012.03.019
- Türkiye Bilimler Akademisi (2018). *TÜBA-Güneş Enerjisi Teknolojileri Raporu*. Ankara.
- Ültanır, Mustafa, Özcan (1996). 21. Yüzyılın Eşiğinde Güneş Enerjisi. *Bilim ve Teknik* (340), 50-55.
- Yelmen, Bekir ve Çakır, Tarik M. (2016). Influence of Temperature Changes in Various Regions of Turkey on Powers of Photovoltaic Solar. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 34(4), 542-550. doi:10.1080/15567036.2011.551925

WEB KAYNAKLARI

- <http://bigpara.hurriyet.com.tr/haberler/ekonomi-haberleri/kayseride-panasonic-ortakli-gunes-enerjisi-yatirimi> (Foto 2a) (Erişim Tarihi: 12/09/2019)
- <https://donanimarsivi.com/dunyain-en-yuksekkapasiteli-gunes-enerjisi-sistemi-antalya-stadyumunda/> (Foto 2b) (Erişim Tarihi: 23/08/2019)
- <https://www.dunya.com/sectorler/enerji/konya039da-turkiye039nin-en-buyuk-ges039i-kuruldu-haberi-302493> (Foto 1b) (Erişim Tarihi: 22/08/2019)
- <https://www.dw.com/en/lithuania-floats-a-solar-powered-future/a-48249286> (Foto 3c) (Erişim Tarihi: 15/09/2019)
- <https://www.elektrikport.com/makale-detay/gunes-enerjisi-kullanan-tekne-dunya-turunu-tamamladi/8552#ad> (Foto 3e) (Erişim Tarihi: 11/09/2019)
- <https://www.enerjiatlas.com/> (Erişim Tarihi: 15/02/2018-25/11/2019)
- <https://www.enerjisistemlerimuhendisligi.com/turkiyenin-en-buyuk-10-gunes-enerjisi-santrali.html> (Foto 1a) (Erişim Tarihi: 10/08/2019)
- <https://www.kilsanblog.com/yesil-cevrecekolojik/dunyanin-en-buyuk-gunes-enerjili-binasi-gunes-ay-konagi> (Foto 3d) (Erişim Tarihi: 10/09/2019)
- <https://phys.org/news/2018-07-latin-america-largest-solar-mexican.html> (Foto 3a) (Erişim Tarihi: 14/09/2019)
- <https://www.solarbaba.com.tr/> (Erişim Tarihi: 21/02/2018-25/11/2019)
- <https://spectrum.ieee.org/energywise/energy/renewables/airports-go-electric-and-renewables> (Foto 3b) (Erişim Tarihi: 12/09/2019)