



Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynakları açısından hidroelektrik ve güneş enerjisinin bölgesel ve iller bazında incelenmesi

An evaluation of hydroelectric and solar energy as renewable energy sources across regions and provinces in Türkiye

Ömer Bilhan^{1,*} 

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Müh. Mim. Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, 50300, Nevşehir, Türkiye

Öz

Günümüzde teknolojik gelişmelerin hız kazanması, nüfusun hızlı artışı, enerjiye olan ihtiyacın artmasına sebep olmaktadır. Her ülkenin kendi ekonomisini büyüterek, yaşam standartlarının yükseltilmesi için, sürekli, yeterli ve temiz enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun yanı sıra ülkeler arasındaki rekabet gücünün bir göstergesi de sahip olduğu enerji kaynaklarıdır. Son yıllarda, Türkiye kendi öz kaynaklarından yararlanarak enerji üretme konusunda çalışmalar ve yatırımlar yapan ülkeler arasındadır. Özellikle coğrafi konumunun verdiği avantajla güneş enerji santrallerinin kurulması hız kazanırken, barajlı veya barajsız kurulan hidroelektrik santraller ile su gücünden yararlanarak da elektrik enerjisi üretimi yapılmaktadır. Bu çalışmanın amacı, son yıllarda Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından hidroelektrik ve güneş enerjisinin potansiyeli ve kullanımı açısından yapılan yatırımların sonuçlarını değerlendirerek, bu alanlardaki gelişimi incelemek ve karşılaştırmaktır. Ayrıca bu çalışmada kullanılan tüm veriler, Türkiye’de bölgesel ve iller bazında da ayrı ayrı incelenmiş ve sonuçlar sunulmuştur.

Anahtar kelimeler: Yenilenebilir enerji, Hidroelektrik santral, Güneş enerjisi, YGES, Kurulu güç

1 Giriş

Sanayi Devrimi, insanlık tarihinde, birçok açıdan toplumsal, ekonomik ve teknolojik değişimlere öncülük etmiştir. Bu dönem, 18. yüzyılın sonlarından 19. yüzyılın ortalarına kadar süren bir değişimi işaret ederken, paralelinde enerjiye olan ihtiyaçta bir artışa sebep olmuştur. Sanayi Devrimi’nin başlangıcında, geleneksel el işçiliği ve hayvan gücü gibi sınırlı enerji kaynaklarıyla üretilen malların yerini, buhar gücü ile çalışan makineler ve endüstriyel tesisler almıştır. Bu dönüşüm, toplumsal yapıyı ve üretim süreçlerini kökten değiştirirken, enerjiye olan talebi de büyük ölçüde artırmıştır. Özellikle tekstil, demir ve kömür gibi sektörlerdeki hızlı sanayileşme, enerji kaynaklarına olan bağımlılığı doruğa çıkarmış ve geleneksel yöntemlerle üretilen enerjinin yetersiz kaldığı bir noktaya gelinmiştir. Bu dönemde enerji talebindeki artış, özellikle kömür gibi fosil yakıtların yaygın olarak kullanılmasına yol

Abstract

Recently, the rapid advancement of technology and the fast-growing population have led to an increase in the demand for energy. Each country requires continuous, sufficient, and clean and green energy resources to grow its economy and improve living standards. Moreover, a country’s energy resources are also an indicator of its competitiveness on the global stage. In recent years, Türkiye has been among the countries that have been making efforts and investments in energy production by utilizing its own resources. Particularly, due to the geographical advantages, the establishment of solar power plants has accelerated, while hydroelectric power plants, both with and without dams, are being used to generate electricity from water power. The aim of this study is to evaluate the outcomes of the investments made in Turkey in recent years in terms of the potential and usage of renewable energy sources, specifically hydroelectric and solar energy, and to analyze and compare developments in these fields. Additionally, all the data used in this study have been analyzed separately on both regional and provincial levels in Türkiye, and the results are presented accordingly.

Keywords: Renewable energy, Hydroelectric power plant, Solar energy, FPV, Installed capacity

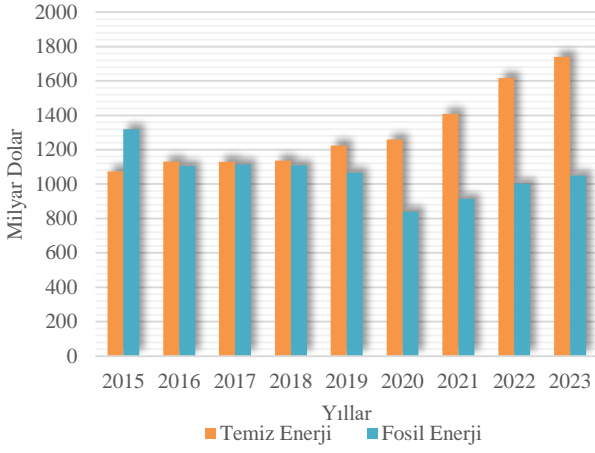
açmıştır. Fakat bu enerji kaynaklarının yoğun kullanımı, atmosferde sera gazlarının artmasına ve çevresel sorunlara neden olmuştur. Sanayi Devrimi’nin enerji ihtiyacındaki bu hızlı değişimi, günümüzde de enerji sektöründeki politika oluşturma ve sürdürülebilir enerji çözümleri arayışlarını etkilemektedir [1]. Bunun yanı sıra, hayatın her anında kullandığımız enerji, gelişmekte olan ülke düzeyini belirleyen en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir. Ancak, petrol, doğalgaz, kömür gibi fosil kaynakların kontrolsüz nüfus artışı ve buna paralel olarak artan kentleşme ve endüstrileşme faaliyetleri nedeniyle hızla azaldığı gözlemlenmekte ve fosil yakıtlara olan bağımlılığın azaltılması çabaları ve sürdürülebilir enerji geleceğine artan ilgi, yenilenebilir enerji kaynaklarının daha geniş bir kullanımını teşvik etmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı’nın verilerine göre, küresel ölçekte, özellikle 2020 – 2023 yılları

* Sorumlu yazar / Corresponding author, e-posta / e-mail: omerbilhan@nevsehir.edu.tr (Ö. Bilhan)

Geliş / Received: 11.09.2024 Kabul / Accepted: 26.09.2024 Yayınlanma / Published: xx.xx.20xx

doi: 10.28948/ngumuh.1548541

arasında temiz enerji kaynaklarına yapılan yatırımlar Şekil 1 ile gösterildiği gibi büyük bir artış göstermiştir [2].



Şekil 1. Fosil ve temiz enerji kaynaklarına küresel düzeyde yapılan yatırımlar [2]

Temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yatırımların artmasının ana sebepleri arasında çevresel etkilerin azaltılması amacıyla sürdürülebilir enerji çözümlerine yönelik küresel çabalar, fosil yakıtların fiyat dalgalanmaları, sınırlı kaynakların farkındalığı, politika destekleri, teşviklerle birlikte artan devlet düzeyindeki çabalar, teknolojik gelişmelerle birlikte temiz enerji maliyetlerinin düşmesi, enerji güvenliği hedefleri ve toplumsal bilinçlenmenin artması önemli rol oynamaktadır. Bu faktörler, temiz enerjiye yönelik küresel talebi artırarak ekonomik, çevresel ve sosyal açılardan sürdürülebilir enerji dönüşümünü teşvik etmektedir.

Dünya genelinde, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerjinin en büyük payı, genellikle hidroelektrik enerji kaynaklarından gelmektedir. Başlangıçta sadece temel ihtiyaçlar için kullanılan su kaynakları, zaman içerisinde hareket halindeki suyun bir gücü olduğunun fark edilmesiyle, bu güçten yararlanarak çalışan değirmenler vb. cihazların geliştirilmesinin önünü açmıştır. Hidroelektrik enerji, su kaynaklarının kullanılmasıyla elektrik üretimini sağlayan bir yöntemdir. Barajlar gibi büyük regülasyon yapılarıyla, suyun potansiyel enerjisi, türbinler aracılığıyla elektrik enerjisine dönüştürülerek elektrik şebekesine entegre edilir. Hidroelektrik enerji, uzun süredir kullanılan ve dünya genelinde yaygın olarak benimsenen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerjinin yanı sıra, rüzgar enerjisi ve güneş enerjisi gibi diğer yenilenebilir enerji kaynakları da hızla gelişmekte ve paylarını artırmaktadır. Rüzgar türbinleri rüzgar enerjisini elektrik enerjisine çevirirken, güneş panelleri güneş ışığından elektrik üretmektedir. Bu kaynaklar, teknolojik ilerlemeler ve artan çevresel bilinçle birlikte, küresel enerji portföyünde daha fazla önem kazanmaktadır. Ülkelerin yapmış oldukları yenilenebilir enerji kaynakları yatırımlarını çoğunlukla buldukları coğrafi konum ve iklim etkilemektedir. Bazı ülkeler hidroelektrik enerjiye daha fazla yatırım yaparken, diğerleri rüzgar, güneş veya jeotermal enerjiye daha fazla

yatırım yapabilmektedir. Örneğin, 2021 yılı itibariyle Çin, en fazla su gücünden yararlanarak enerji üreten ülkedir. Çini sırasıyla Brezilya ve Venezuela takip etmektedir [3]. Çin'in, 2030 yılına kadar en büyük hidroelektrik enerji pazarı olmaya devam edeceği öngörülmektedir. 2021 yılında, IHA (International Hydropower Association) yayınladığı rapora göre, 2019 yılında hidroelektrik enerji kapasitesini artıran 50 ülke listelenirken, 2020 yılına gelindiğinde ülke sayısı 35'düşmüştür. Eklenen kapasite miktarı ise, 15.6 GW'dan 21 GW'a yükselmiştir. Liste incelendiğinde, bu alanda en yüksek yatırımı yapan ülkeler arasında, ilk sırada Çin (13.8 GW)'in yer aldığı, ikinci sırada ise, Türkiye (2.5 GW)'nin yer aldığı görülmektedir [4]. Bu sonuç Türkiye için, yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanma açısından olumlu bir gelişme örneğidir.

Hidroelektrik enerji potansiyelinin kullanılmasının yanı sıra günümüzde, ücretsiz ve hiçbir atık ürünü bulunmayan, dışarıdan bir yakıt gereksinimine ihtiyacı olmayan, gürültüsüz ve tükenmez bir kaynak olan güneş enerjisinin kullanımı da oldukça önemli hale gelmiştir. Güneş enerjisi kısaca güneşin çekirdeğinde meydana gelen füzyon reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ışıma enerjisidir. Bu ışıma enerjisi atmosfer dışında yaklaşık 1370 W/m² olmasına rağmen yeryüzüne ulaştığında değeri yaklaşık 0 ile 1100 W/m² arasında değişmektedir. Özellikle 1970'lı yıllardaki malzeme alanındaki gelişmeler ve yarı iletken teknolojisinin gelişimiyle birlikte güneş ışınımından yararlanarak elektrik enerjisinin üretilmesi hız kazanmaya başlamıştır. Teknolojik gelişmelerin hız kazanmasıyla birlikte güneş enerjisinden elektrik enerjisini üretmek için kullanılan hücre (modül / panel) maliyetleri azalarak günümüzde güneş enerjisi temiz enerji kaynaklarının başında yer almaya başlamıştır [5,6]. Güneş enerjisi, güneş ışınımının toplanarak ısı ve elektrik enerjisine dönüştürülerek kullanılan aktif sistemler olarak yada ısı veya ışık enerjisinin herhangi bir başka enerji türüne dönüşmeden güneş ışınımının toplanmasıyla elde edilen pasif sistemler olarak kullanılabilir. Dünya haritasındaki enlemler ve boylamlara göre 45° kuzey - 45° güney enlemleri arasında kalan bölgelerde güneş enerjisinden daha fazla yararlanılabilmektedir. Ancak güneş enerji kurulum ve daha sonra işletme maliyetlerinin hala yüksek olmasından dolayı günümüzde güneş enerjisi yatırım faaliyetleri Avrupa, Amerika gibi ülkelerde daha fazla iken, güneşten daha fazla yararlanan Afrika, Güney Amerika gibi ülkelerde yatırımın daha az olduğu görülmektedir [7].

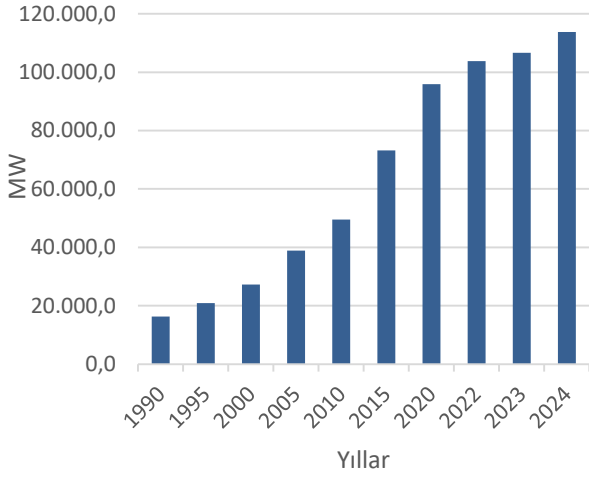
2 Yenilenebilir enerji kaynakları açısından Türkiye'de genel görünüm

Son yıllarda Türkiye'de ekonomik kalkınmayı artırmak, dışa bağımlılığı azaltmak amacıyla güneş enerji santralleri (GES), hidroelektrik enerji santralleri (HES), rüzgar enerji santralleri (RES), jeotermal enerjisi (JE), dalga enerjisi (DE) gibi yenilenebilir enerji kaynaklarına olan araştırmalar ve yatırımlar artmıştır.

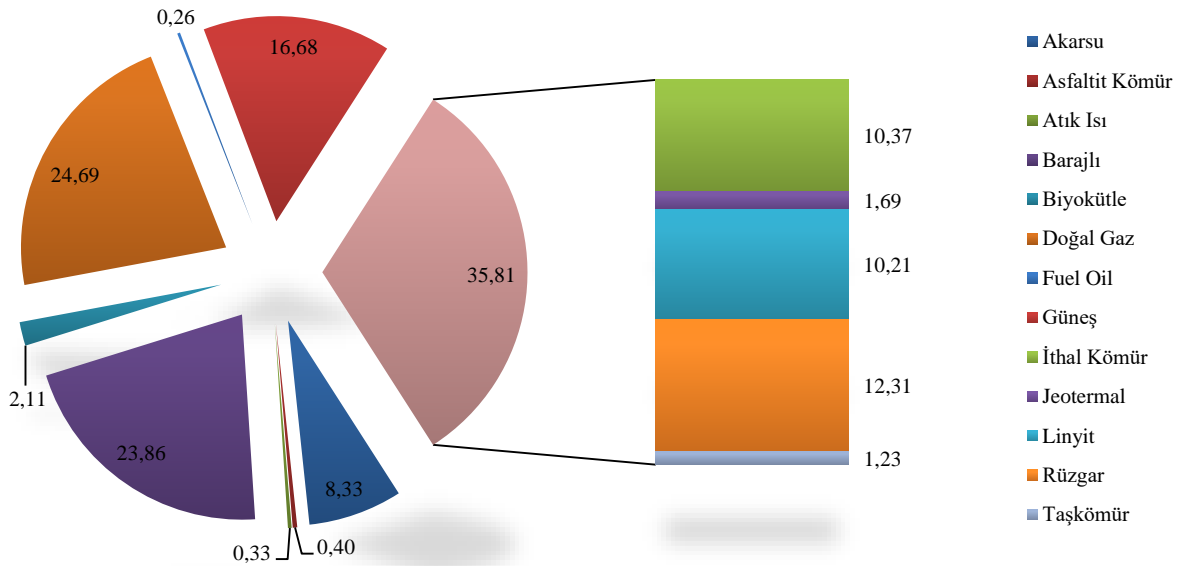
Şekil 2 ile Türkiye'nin 1990-2024 yılları arasındaki kurulu gücü, 5 yıllık periyotlarla ve son olarak 2024 yılına ait verilerle birlikte gösterilmektedir. Bu grafikteki değerler hesaplanırken, fosil yakıtlar (kömür, linyit, doğal gaz vb.), HES (Hidroelektrik Santral)'ler, rüzgâr, güneş, jeotermal ve

diğer kaynaklardan üretilen toplam enerji miktarları kullanılmıştır [8]. Şekil 2 incelendiğinde ülkemizdeki kurulu güçteki artış hızı, 1990 yıllardan itibaren hız kazandığı görülmektedir. Bununla birlikte enerji üretiminin artmasının yanı sıra enerji talebi de katlanarak artmaktadır.

Şekil 3’de Ağustos 2024 tarihi itibarıyla Türkiye’de mevcut kurulu güç dağılımı verilmektedir. Tüm kaynaklar değerlendirildiğinde, 2024 yılı Ocak ayı sonunda 107.041 MW elektrik enerjisi kurulu gücü bulunurken, 2024 yılı Ağustos ayı sonunda bu değer 113.750 MW’a ulaşmıştır. Şekil 3 incelendiğinde 2024 yılının Ağustos ayındaki elektrik kurulu gücümüzün yaklaşık olarak, %19.3’ünün kömürden, %21.9’ünün doğal gazdan, %28.5’sinin hidrolik enerjiden, %10.9’ünün rüzgârdan, %15.6’sının güneşten, %1.5’ünün jeotermal enerjiden ve %2.4’sinin diğer kaynaklardan oluştuğu görülmektedir [8].



Şekil 2. 1990-2024 Yılları Arasında Türkiye’de Mevcut Kurulu Gücün Değişimi [8]



Şekil 3. Türkiye’de elektrik üretiminin kaynaklara göre dağılımı, Ağustos 2024 [8]

Bu çalışmada, Türkiye’nin enerji sektöründe büyük bir paya sahip olan hidroelektrik enerji santralleri ile güneş enerji santralleri ve potansiyelleri arasında güncel bir karşılaştırma yapılarak, hem bölgesel bazda hem de iller bazında, araştırılmıştır. Bu amaçla, Tarım Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Enerji İşleri Genel Müdürlüğü ve bu çalışma ile ilgili uluslararası kurum ve kuruluşlara ait açık bilgi kaynaklarından veriler temin edilerek değerlendirilmiştir.

3 Türkiye’nin hidroelektrik enerji potansiyeli ve kurulu gücü

Akarsu, nehir gibi hareket halindeki suyun kendi hızına bağlı olarak bir gücü olduğu gibi, tasarlanan özel yapılarla sabit bir seviyeden daha düşük bir seviye kanalları ya da borularla aktarılmasıyla da suyun gücünden yararlanılabilir. Hareket halindeki suyun önüne yerleştirilen ve türbin adı verilen yapılar dönme hareketi yaparak mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürür. Bu sayede suyun hareket hızından yararlanarak elektrik enerjisi üretilmiş olur. Bu üretimin yapıldığı tesislere hidroelektrik santral (HES) denir. Günümüzde, bu işlem belirli bir hız ile hareket halinde olan su kaynaklarının üzerine yerleştirilen regülasyon yapılarıyla hidroelektrik santraller (HES) kullanılarak gerçekleştirilmekte ve evlerimize kadar bu elektrik dağıtılmaktadır [9].

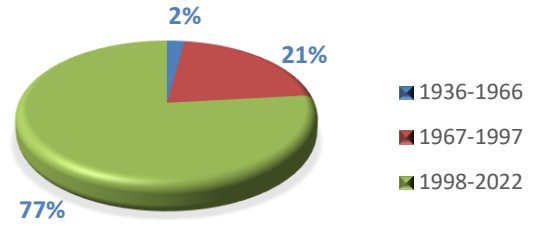
Barajlı veya barajsız HES’ler karbon salınımı yapmamaları, çevre kirliliğine sebep olmamaları, kırsal bölgelerde iş imkanı oluşturmaları, bakımlarının kolay ve ucuz, işletme sürelerinin uzun olması sebebiyle tercih edilen bir enerji kaynağıdır [10].

Hidroelektrik enerji santralleri temiz enerji kapsamında değerlendirilebilirse de, kontrolsüz kurulumlarıyla su kaynaklarına ve kalitesine zarar verilebilmesi, tarım alanlarının zarar görebilmesi, ekosisteme, bitkilere, çeşitli canlı türlerinin doğal ortamlarına zarar verilebilmesi gibi dezavantajları da bulunmaktadır [11]. Mevcut durumda, özellikle ülkemizin de yer aldığı gelişmekte olan ülkelerde, planlama yapılırken iklim değişikliği senaryoları ve arazi kullanım değişiklikleri göz ardı edilebilmektedir. Bu konuda gelişmiş ülkeleri incelediğimizde, iklim değişikliği de dikkate alınarak birçok baraj için renovasyon çalışmaları yapıldığı, hatta yapı ömrünü tamamladığı belirlenen barajlar için yıkım kararları alındığını görmekteyiz. Temiz enerji yatırımlarını artırırken, barajların sınırlı bir ömre sahip olduğu ve sürdürülebilir uzun vadeli bir enerji üretim stratejisi olmadıklarını dikkate almak gerekmektedir. Barajlarda meydana gelen arızaların ve işletme çalışmalarında meydana gelen sorunların ağırlıklı olarak, akarsular tarafından taşınan katı madde veya bir başka ifadeyle sediment birikiminden ve baraj yapım malzemelerindeki yaşlanmadan kaynaklandığı söylenebilir. Barajlar kullanım süreleri arttıkça arızaya daha fazla eğilim gösterirler. Amerika Birleşik Devletleri'nin Georgia eyaletinde 1994 yılında tek bir tropik fırtınadan kaynaklanan yoğun yağışlar, 230'dan fazla barajın arızalanmasına neden olmuştur [12]. Yine 2016 yılında Kaliforniya eyaletinde, yoğun yağışlar sonucu Oroville Barajı dolusavağında hasar oluşmuş ve bölgede 190.000 kişinin evlerinden tahliye edilmesine neden olmuştur. Özellikle gelişmiş ülkelerde, inşa edilen barajların birçoğunun ömürlerini tamamlamış olması, bu barajların onarım maliyetlerinin, yıkım maliyetlerinin 3 katı olması, bu barajlar için yıkım kararları alınması eğilimini arttırdığı görülmektedir. Amerika Birleşik Devletleri'nde yılda 60'a yakın baraj için yıkım kararı alınmaktadır [13].

DSİ Genel Müdürlüğü'nün yayınladığı verilere göre, Türkiye'de 1936-2022 yılları arasında inşa edilen toplam 1018 barajın, 22 tanesi 1936-1966 yılları arasında inşa edildiği, 214 adet barajın ise 1967-1997 yılları arasında inşa edildiği görülmektedir (Şekil 4) [14]. Bu oranlar incelendiğinde, her ne kadar mevcut barajların %77'si nispeten genç barajlar olarak nitelendirilebilirse de 50 yıl ve üzeri bir tarihte inşa edilen baraj sayısında, Türkiye'de sürdürülebilir uzun vadeli bir enerji üretim stratejisi, onarım maliyetleri ve yıkım maliyetleri de gelecek yıllarda dikkate alınması gereken önemli bir husustur.

Türkiye'de DSİ verilerine göre 2022 yılı için sektörel su kullanımları; Sulamada 44 Milyar m³ (%77) evsel kullanım, sanayi ve diğer alanlarda 13 Milyar m³ (%23) olmak üzere, toplam su kullanımları 57 Milyar m³'tür. Diğer su kullanım verileri için TÜİK verilerinden hareketle Belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, Organize Sanayi Bölgeleri (OSB) ve maden işletmeleri tarafından 2020 yılında su kaynaklarından toplam 18.2 milyar m³ su kullanılırken, 2022 yılında ise toplam 19.2 milyar m³ su kullanıldığı belirlenmiştir. 2022 yılında kullanılan suyun 56.8%'i denizden; 22.1%'i yeraltı ve 21,1%'i yüzey suları olmak üzere toplam 43.2%'si tatlı su kaynaklarından temin

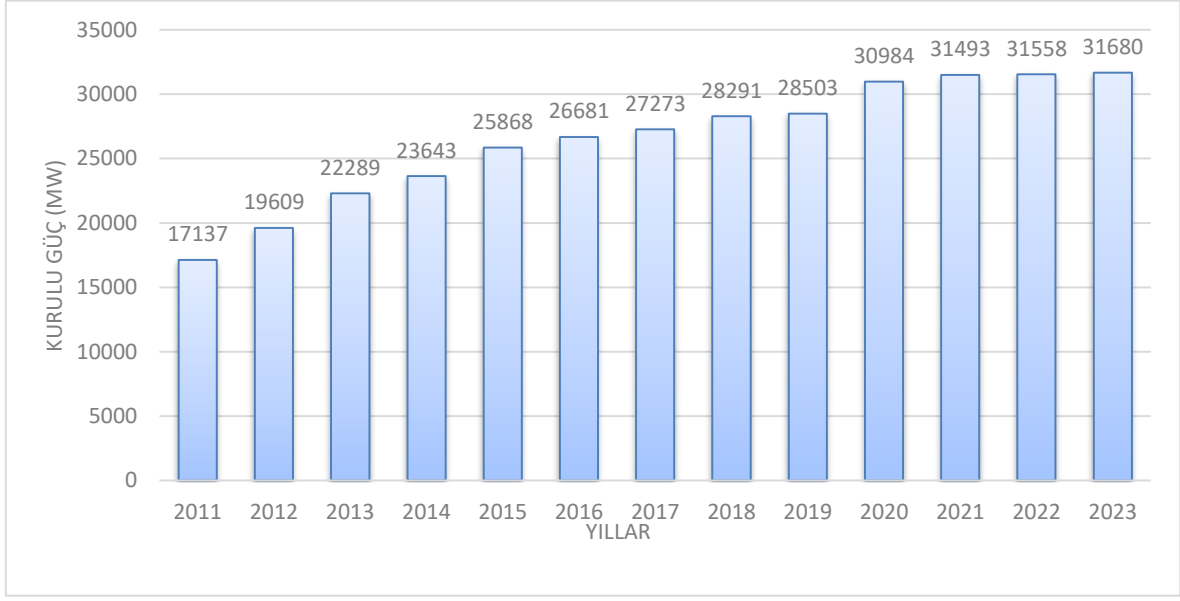
edildiği belirtilmiştir. Türkiye'de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1652 m³ iken bu değer, 2009 yılına bakıldığında 1544 m³, 2021 yılında 1323 m³ ve 2022 yılı için 1322 m³ olarak belirlenmiştir [15,16]. Türkiye'de kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarı son yıllarda 1500 m³ altına düştüğünden, Türkiye "Su fakiri Ülke" kategorisinde aday ülke durumundadır [17].



Şekil 4. Türkiye'de baraj sayılarının İnşaa edildiği tarihlere göre dağılımı

DSİ verilerine göre, 2023 yılı itibari ile Türkiye'de işletmede olan hidroelektrik enerji santrallerinin toplam kurulu gücü 31.680 MW'a ulaşmıştır. Şekil 5 ile Türkiye hidrolik enerjisine dayalı kurulu gücü 2011-2023 yılları arasında gösterilmektedir [18].

Şekil 6'da 2021 yılına ait Türkiye hidroelektrik santralleri haritası gösterilmektedir [19]. Haritada, güçleri 30-100, 100-200, 200-500, 500-800, 1000-2000, ve 2000-3000 MW olan HES'ler gösterilmektedir. HES'ler, kurulu güçlerine (mikro ölçekli, mini ölçekli, küçük ölçekli ve büyük ölçekli), suyun iletim şekline veya suyun biriktirilme durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Mikro ölçekli HES'ler, genelde şebekeden uzak yerlerde enerjinin sağlanması amacıyla kurulan küçük yerleşim yeri veya balık çiftlikleri için enerji sağlayabilecek yapılardır. Mini ölçekli HES'ler, kurulu gücü 101-1000kW arasında olan akarsu kenarlarında kurulan yine küçük yerleşim yerleri, çiftlikler için tercih edilen yapılardır. Küçük ölçekli HES'ler de kurulu güç 10-50 MW arasında olan, şebekeye bağlanabilecekleri gibi, küçük bir yerleşim bölgesinin (kasaba gibi) veya büyük bir fabrikanın enerji ihtiyacını karşılamak amacıyla da kurulan yapılardır. Büyük ölçekli HES'lerin ise kurulu gücü 50 MW'ın üzerinde olan yapılardır (50MW güç ile yaklaşık 10000 hanenin elektrik ihtiyacının karşılanabileceği söylenebilir). Şekil 7'de DSİ Genel Müdürlüğü'nün en son yayınladığı resmi verilere göre 2022 yılı sonu itibariyle, bölgesel olarak il bazında kurulu HES güçleri gösterilmektedir [14].



Şekil 5. 2011-2023 Türkiye hidroelektrik enerji kurulu gücün yıllara göre değişimi

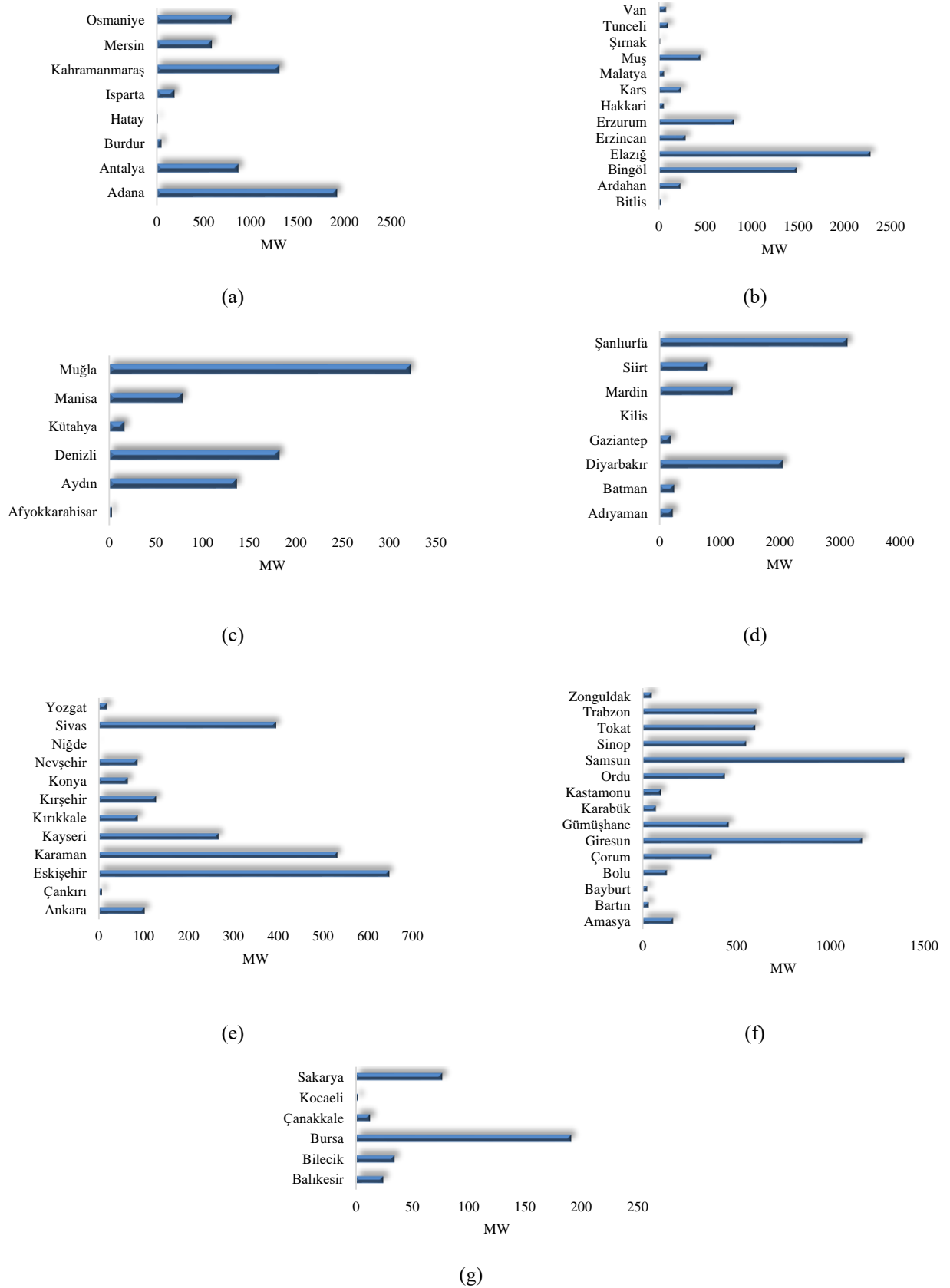


Şekil 6. Türkiye hidroelektrik santralleri haritası, 2021 [19]

Şekil 7 incelendiğinde bölgesel bazda, en yüksek HES kurulu gücüne sahip 3 bölge sırasıyla, Güney Doğu Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi olurken, son sıralarda ise Marmara Bölgesi ve Ege Bölgesi yer almaktadır. Şekil 7 il bazında değerlendirilirse, sırasıyla Şanlıurfa, Elazığ, Diyarbakır, Adana ve Bingöl illeri Türkiye’de en yüksek HES kurulu gücüne sahip iller olarak ön plana çıkmaktadır.

Tablo 1’de Türkiye’de mevcut, faaliyette olan en büyük hidroelektrik santraller buldukları il ve kurulu güçleri esas alınarak listelenmiştir .

Su yapıları ve enerji üretim tesisleri oldukça riskli yapılardır. HES’lerin kurulumu sırasında ormanlık alanlar zarar görebilmekte (yol açılması için ağaçların kesilmesi, gerekli çakıl kumun akarsu yataklarından çekilmesi vs.), hafriyatların vadilere dökülmesi ekosisteme, su kaynaklarına, su kalitesine zarar verebilmektedir. Bunun yanı sıra baraj yapımı sırasında çıkabilecek sorunlar birçok alanda farklı etkilere sebep olabilmektedir. Bu nedenle HES planlamalarında iklim değişimi senaryoları, ve detaylı ÇED raporlarıyla tüm ekolojik şartların kontrol edilmesi, inşaat ve işletme şartlarının uzun vadeli olarak değerlendirilmesi büyük önem arz etmektedir.



Şekil 7. Türkiye’de bölgesel ve il bazında hidroelektrik santrallerin kurulu güç oranları (a) Akdeniz Bölgesi (b) Doğu Anadolu Bölgesi (c) Ege Bölgesi (d) Güneydoğu Anadolu Bölgesi (e) İç Anadolu Bölgesi (f) Karadeniz Bölgesi (g)Marmara Bölgesi

Tablo 1. Türkiye’deki büyük ölçekli kurulu güce sahip 10 hidroelektrik santrali [20]

Santral Adı	Kurulu Güç (MW)	Bulunduğu İl
Atatürk Barajı ve HES	2.405	Şanlıurfa
Karakaya Barajı HES	1.800	Diyarbakır
Keban Barajı HES	1.330	Elazığ
İlisu Barajı HES	1.209	Mardin
Altınkaya Barajı HES	703	Samsun
Birecik Barajı ve HES	672	Şanlıurfa
Deriner Barajı ve HES	670	Artvin
Yukarı Kaleköy Barajı ve HES	627	Bingöl
Beyhan Barajı ve HES	582	Elazığ
Yusufeli Barajı ve HES	540	Artvin

4 Türkiye’nin güneş enerji potansiyeli ve kurulu gücü

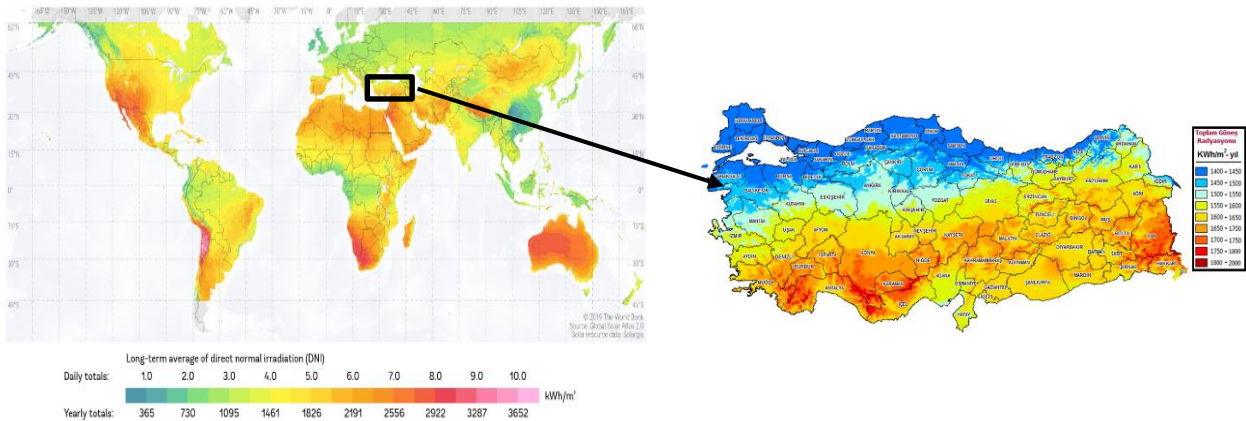
Yenilenebilir, temiz ve dünyanın her noktasında ulaşılabilir olması nedeniyle güneş enerjisi oldukça önemli bir enerji kaynağıdır. Ancak, Dünya’nın şekli, kendi etrafında dönmesi veya mevsimsel farklılıklar nedeniyle üretilen enerji bölgesel olarak değişmektedir. Özellikle tropikal kuşak, yani 23.5° güney paraleli ile 23.5° kuzey paraleli arasında olan bölgelerde daha yüksek güneş enerjisi seviyelerine ulaşılabilir. Bu nedenle, Şekil 8 ile verilen Dünya Güneş Atlası incelendiğinde, 36° ile 42° kuzey enlemleri ve 26° ile 45° doğu boylamları arasında yer alan Türkiye’nin, coğrafi konumu bakımından avantajlı olduğu söylenebilir [21].

Şekil 8’de verilen Türkiye güneşlenme haritasında [22], güneş ışınlarından en fazla yararlanan şehirler koyu turuncu renkten sarı rengine doğru, güneş ışınlarından daha az yararlanan şehirler ise mavi yeşil renklerle gösterilmektedir. Şekil 8 incelendiğinde Türkiye’nin büyük bir kısmının güneş enerjisinin üretilmesi açısından oldukça avantajlı bir konuma sahip olduğu görülmektedir [23, 24]. Bu haritaya göre, Türkiye’nin en çok güneş alan bölgesin Güneydoğu Anadolu Bölgesi olduğu söylenebilir. Bu bölgeyi sırasıyla Akdeniz Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi, İç Anadolu Bölgesi, Ege

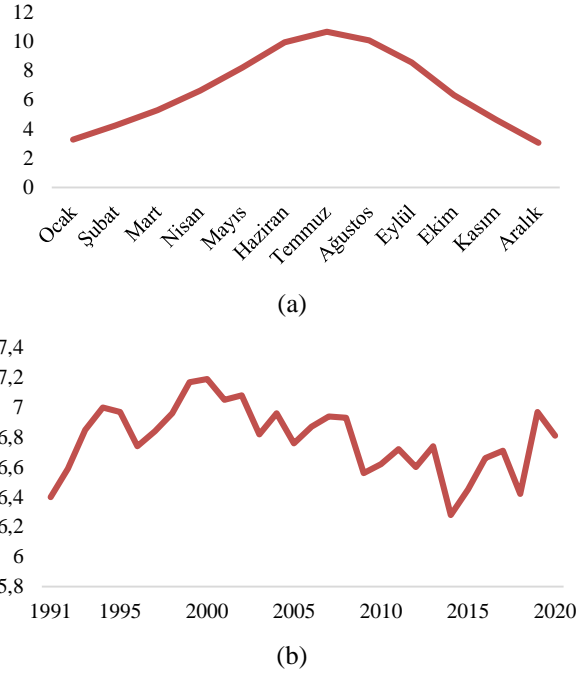
Bölgesi, Marmara Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi takip etmektedir.

Şekil 9 (a) ile verilen Türkiye’nin 1991-2020 yılları arasındaki ortalama aylık güneşlenme süresi (saat/gün) incelendiğinde [25], Türkiye’nin en yüksek aylık ortalama güneşlenme süresinin Temmuz ayında 10,66 saat/gün olduğu, en az aylık ortalama güneşlenme süresinin ise 3,05 saat/gün ile Aralık ayında ulaşıldığı görülür. Şekil 9 (b) Türkiye’nin 1991-2020 yılları arasındaki ortalama yıllık güneşlenme süresi (saat/gün) incelendiğinde ise yıllık ortalama güneşlenme süresinin 6,28-7,19 saat/gün arasında değiştiği, yıllar arasında büyük bir fark oluşmadığı görülebilir [25]. Bu değerler ışığında özellikle güneşlenme süresinin daha az olduğu aylarda elektrik enerjisinin üretimi için diğer alternatif kaynaklardan yararlanmanın, güneşlenme süresinin yüksek olduğu aylarda daha fazla güneş enerji kaynaklarından faydalanmanın daha avantajlı bir enerji yönetimi stratejisi olacağı söylenebilir

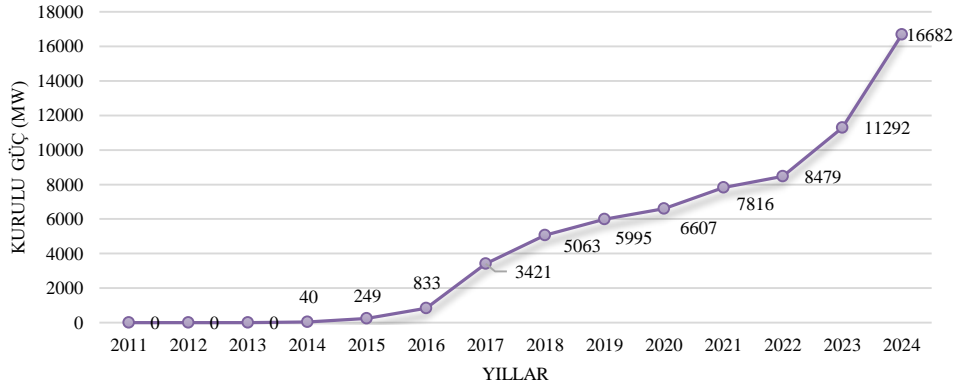
Güneş enerjisini doğrudan elektrik enerjisine dönüştürebilen güneş hücreleri ise bir yada iki tabakalı yarı iletkenlerden oluşmaktadır. Bu tabaka üzerine düşen ışın, hücrenin uçlarında elektrik enerjisi üretilmesi sağlar. Işın yoğunluğunun artması ile de üretilen elektrik şiddeti artmaktadır. Tek bir güneş hücresinden elde edilebilecek maksimum gerilim değeri yaklaşık olarak 0,5-0,7 V arasındadır [26]. Bu nedenle daha yüksek gerilim değerlerine ulaşabilmek için güneş hücrelerinin seri ve paralel bağlanmalarıyla önce güneş panelleri, daha sonra ise güneş panellerinin daha önceden belirlenen bir bölgede ve daha önceden belirlenen bir güç değerine ulaşabilmesi için bu panellerin yine seri ve paralel bağlanmalarıyla güneş enerjisi santralleri (GES) oluşturulur. Ancak, GES’lerin performanslarını meteorolojik koşullar, toz ve parçacık kirliliği, güneş hücrelerinin ve modüllerinin dönüşüm verimliliği, eğim açıları veya sıcaklıkları gibi koşullar etkilemektedir. Bu nedenle GES’ler de belirli periyotlar ile temizlik yapılmaktadır.



Şekil 8. Dünya ve Türkiye güneş atlası [22]



Şekil 9. 1991-2020 yılları arasında (a) Türkiye Ortalama Aylık Güneşlenme Süresi (saat/gün), (b) Türkiye Ortalama Yıllık Güneşlenme Süresi (saat/gün)



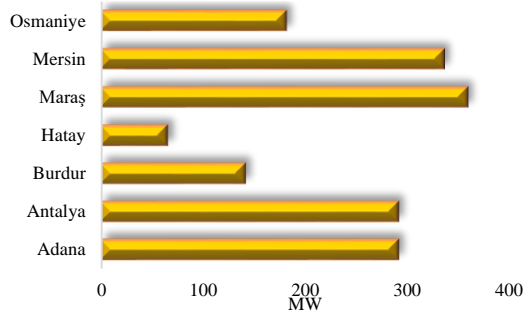
Şekil 10. Türkiye güneş enerjisi kurulu gücünün yıllara göre değişimi

Ağustos 2024 tarihli Türkiye Elektrik İletim A.Ş. (TEİAŞ) verileri incelendiğinde Türkiye’de toplam 29001 adet güneş enerjisi santrali (GES) bulunmaktadır [8]. 2014 yılında 40MW olan güneş enerjisine dayalı elektrik kurulu gücü, Ağustos 2024 sonu itibariyle 16.682 MW’a ulaşmıştır. 2011-2024 yılları arasındaki değişim Şekil 10 ile gösterilmektedir. Şekil 10 incelendiğinde 2014 yılından itibaren oldukça hızlı bir ilerleme olduğu gözlemlenmektedir [27]

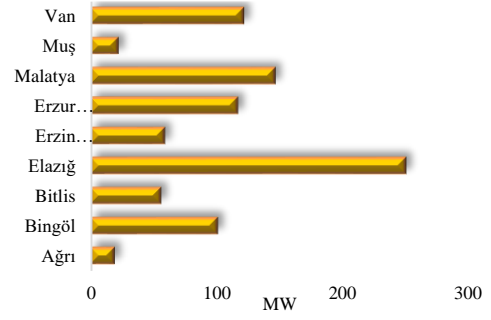
GES’lerin kurulması sırasında sadece güneşin ışınım değerleri yeterli olmamaktadır. Özellikle sulak alanlarda, yerleşim yerlerine yakın yerlerde, koruma alanı olan ve yasak bölgelere GES kurulamamaktadır. Ayrıca GES’lerin kurulması için yer tayini yapılırken jeolojik olarak yer çalışmaları da yapılmaktadır. 2022 T.C. Enerji ve Tabii Kaynakları Bakanlığı verilerine göre Türkiye’nin 78 ilinde

güneş enerjisinden yararlanarak elektrik üretilebilmektedir. Şekil 11’de Türkiye’de GES kurulu güçleri, bölgesel bazda ve il bazında değerlendirilmiştir [20].

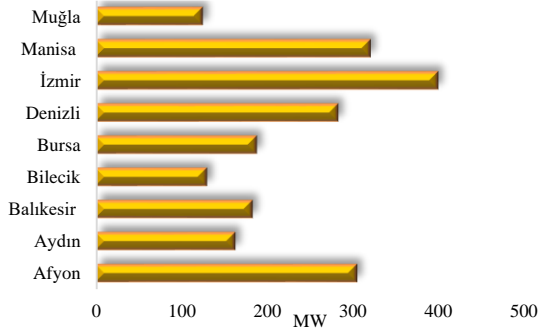
Şekil 11’de il bazında her bölgede yer alan GES’ler incelendiğinde en yüksek üretimin İç Anadolu Bölgesi’nde olduğu, en az üretimin ise Karadeniz bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Ayrıca İç Anadolu Bölgesinde Konya ili, Akdeniz Bölgesinde Kahramanmaraş ili, Doğu Anadolu Bölgesinde Elazığ ili, Ege Bölgesinde İzmir ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Şanlıurfa ili, Karadeniz Bölgesinde Çorum ili ve Marmara Bölgesinde Bursa ili GES kurulu güç değerleri bakımından ön plana çıktığı görülmektedir. Iğdır, Rize, Ardahan, Yalova ve Tunceli illerinde kurulu güç değerleri ise 5MW’ın altındadır. Tablo 2’de Türkiye’nin en büyük kurulu gücüne sahip GES’leri sıralanmıştır.



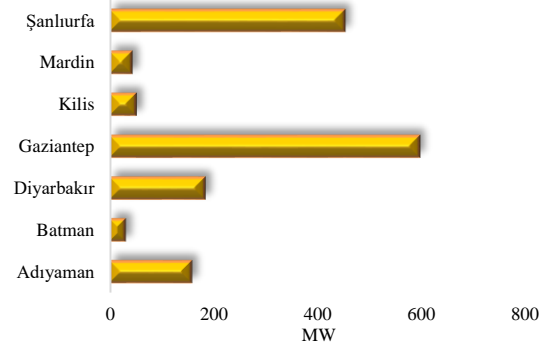
(a)



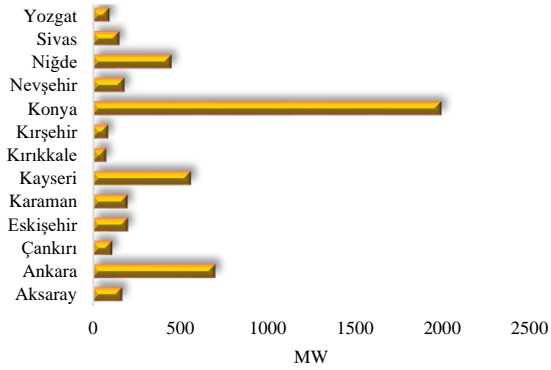
(b)



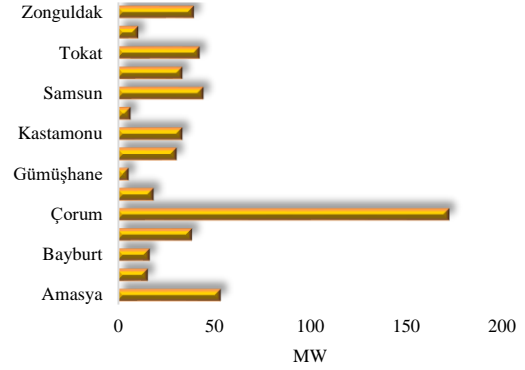
(c)



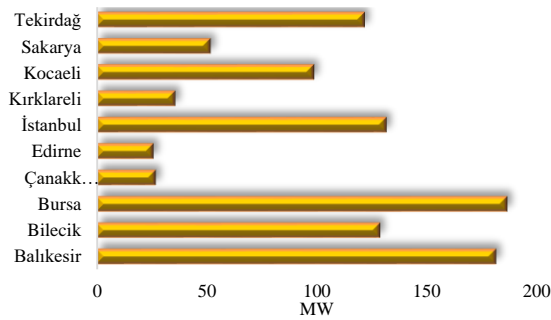
(d)



(e)



(f)



(g)

Şekil 11. Türkiye’de bölgesel ve il bazında Güneş enerjisi santrallerinin kurulu güç oranları (a) Akdeniz Bölgesi (b) Doğu Anadolu Bölgesi (c) Ege Bölgesi (d) Güneydoğu Anadolu Bölgesi (e) İç Anadolu Bölgesi (f) Karadeniz Bölgesi (g) Marmara Bölgesi

Tablo 2. Türkiye’deki en yüksek güneş enerjisi gücüne sahip GES’ler [20]

Santral Adı	Kurulu Güç (MW)
Karapınar GES- Konya	1000
Naturel & Esenboğa GES - Ankara	118
Bor 2 GES - Niğde	100
Bor 3 GES - Niğde	100
Aşağı Kaleköy Barajı Hibrit GES - Bingöl	76
Kayseri OSB GES - Kayseri	50
Akyel 1 ve 2 RES Hibrit - Karaman	50
Uşak Rüzgar Santrali Hibrit GES - Uşak	45
Van Arısu GES - Van	45
Özkoyuncu Madencilik GES - Balıkesir	40

5 Yüzer güneş enerjisi santralleri (YGES)

Son yıllarda, özellikle gelişmiş ülkelerde, gelecekte güvenilir, uygun fiyatlı ve sürdürülebilir enerji kaynaklarını sağlamak için mevcut güç üretim teknolojilerini, düşük maliyetli PV ile tamamlamanın yolları konusunda araştırmalar yapılmaktadır [28], Yüzer güneş PV (Floating Solar PV Systems-FPV) sistemleri, doğrudan göller, göletler veya rezervuarlar gibi su kütlelerine yerleştirildiği, PV'nin ortaya çıkan ve giderek daha uygulanabilir bir örneğidir. Günümüzde özellikle su kaynaklarını enerji üretiminde yoğun olarak kullanan gelişmiş ülkelerde, arazi kullanım baskıları, iklim hedefleri ve enerji güvenliği ile ilişkili ek faydalar nedeniyle YGES'ne olan ilgi artmaktadır [29].

Dünyada YGES sistemlerinin, 2007'de 1 MW'ın altında olan küresel kurulu güç kapasitenin 2018'de 1.314 MW'a ve 2022'de kadar yaklaşık 13.000 MW'a ulaşması ile bu konudaki çabaların ve yatırımların gelecek yıllarda daha hızlı bir şekilde artacağını ortaya koymaktadır [30]. Bu mevcut kapasitenin büyük çoğunluğu ve öngörülen YGES pazar büyümesi, hidroelektrik enerji üretiminin yaygın olduğu yüksek arazi maliyetleri, arazi bulunabilirliğindeki kısıtlamaların görüldüğü Asya kıtasında bulunmaktadır [31].

Yüzer güneş enerjisi santralleri (YGES) olarak adlandırılan ve su yüzeyine monte edilen hareketli platformlar üzerine yerleştirilen güneş enerjisi panellerinden oluşan sistemler sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için önemli bir rol oynamaktadır. Güneş enerjisinden daha etkin bir şekilde yararlanmak amacıyla geliştirilen bu teknoloji özellikle karasal alanda sıkıntı yaşanan ve su kaynaklarına yakın olan yerleşim yerlerinde enerji kapasitesini arttırmak için bir fırsat oluşturmaktadır. Bu sistemlerin özellikle hidroelektrik barajlar gibi mevcut enerji şebekeleri ile birlikte kullanılması karasal GES'lere göre daha farklı avantajlar sunabilmektedir. Su yüzeyinde kurulan bu sistemler ile arazi kullanımı optimize edilirken, suyun buharlaşmasının azaltılması gibi ek çevresel faydalar sağlayabilmektedir.

Yüzer güneş enerjisi santrallerinin ilk örneği 2007 yılında Japonya'da uygulanmış olup, günümüzde özellikle Asya kıtasında yer alan Çin, Japonya, Kore ile birlikte Avrupa'da da kullanımı yaygınlaşmıştır [31].

Türkiye’de ilk YGES örneği 2017 yılında Büyükçekmece Gölü üzerinde hayata geçirilmiş olup 240 kW güce sahiptir [31]. Şenli tarafından 2023 yılında yapılan çalışmanın sonuçları incelendiğinde, Türkiye'nin en büyük

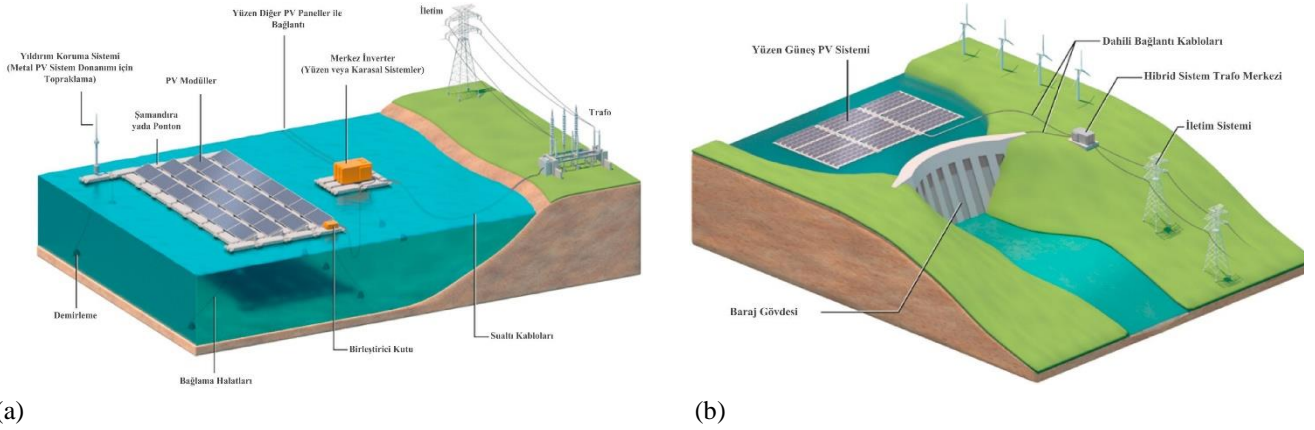
yüzey alanına sahip 5 barajının mevcut HES ve potansiyel YGES kapasiteleri belirlenmiştir. Şenli araştırmasında bu 5 büyük barajın rezervuarında %0,1'lik alana kurulabilecek YGES sistemlerinin yaklaşık 414,47 GWh/yıl daha fazla enerji üretimine katkı sağlayabileceğini belirtmiştir [31]. Baraj ve göletlerin rezervuar yüzey alanlarının fotovoltaik panellerle kaplanması suretiyle oluşturulan Yüzer GES'ler, bir yandan temiz ve yenilenebilir elektrik enerjisi üretirken bir yandan da buharlaşmadan kaynaklanan su kayıplarının azaltılmasını sağlamaktadır. Karasal GES'lere göre %10 daha verimli çalışan Yüzer GES'ler; atıl durumdaki rezervuar yüzey alanlarının değerlendirilerek ekonomiye kazandırılmasını sağlamakla birlikte, içme suyu maksatlı barajlar haricinde tüm baraj rezervuarlarında kurulabilmektedir [32]. Türkiye'nin elektrik ihtiyacının %25'ni tek başına karşılayabilen Keban Barajı, halen ülkemizin en büyük kapasiteli üçüncü hidroelektrik santrali konumunda bulunuyor. Yaklaşık 50 yıllık bir ömre sahip olan barajın rezervuarına, DSİ Genel müdürlüğü tarafından, Kuzova Yüzer GES AR-GE Projesi kapsamında, hidroelektrik enerjinin yanında güneş enerjisi üretimine de katkı sağlayacak yaklaşık 1 MW kurulu güce sahip “Yüzer GES”in kurulumu tamamlanmıştır. Bu proje; Yüzer GES tesisinde üretilen enerjinin tarımsal üretimde kullanılması ve AR-GE faaliyetleri içermesi bakımından ön plana çıkmaktadır (Şekil 12). DSİ Elazığ 9. Bölge Müdürlüğü tarafından Fatmalı köyü Beşevler mezarası mevkindeki Keban Baraj Gölü üzerine yapımı tamamlanan yüzer GES enerjisi santralinde yıllık 1 milyon 806 bin kWh enerji elde edilmesi hedeflenmektedir.



Şekil 12. Keban Baraj Gölü Kuzova yüzer GES AR-GE projesi [32]

5.1 Bağımsız YGES sistemleri

Bağımsız YGES (FPV) sistemleri, bağımsız olarak çalıştırılan ve diğer jeneratörlerle hibrit olarak çalıştırılmayan veya bunlara bağlı olmayan YGES sistemleridir. Şekil 13a, büyük ölçekli bir YGES sisteminin örnek bir yapılandırmasını ve temel bileşenlerini göstermektedir. Bugüne kadar, bağımsız YGES sistemleri çoğunlukla yapay su kütleleri (yani, artırılmış atık su havuzları, rezervuarlar, göletler vb.) üzerine kurulmuştur. PV modülleri genellikle kara tabanlı sistemlerde kullanılanlarla aynıdır; ancak YGES sistemleri, kara tabanlı sistemler için kullanılan sabit raflar yerine, plastik ve paslanmaz (veya galvanizli) çelikten yapılmış yüzen platformlara monte edilir. Daha sonra bu modüler platformların bir serisi, işletim ve bakım için erişime izin



Şekil 13. a) Tipik bir bağımsız büyük ölçekli YGES sisteminin şeması ve temel bileşenleri. b) Hibrit YGES-hidroelektrik sisteminin şeması ve temel bileşenleri [29]

veren belirlenmiş yollarla birbirine bağlanır. Platformlar, kıyıya, su kütlelerinin tabanına veya yüzen çapalara demirlenmiş bağlama hatlarına bağlanır. Sistem, genellikle kıyıda bulunan ana elektrik ekipmanına ve şebekeye su altı kabloları aracılığıyla bağlanır. Daha büyük kapasiteli YGES kurulumları, trafo merkezine daha büyük miktarda enerji iletilmesine olanak sağlamak için alt PV dizilerine ayrılmak zorunda kalabilir [29].

5.2 Hibrit YGES-hidroelektrik sistemleri

Hibrit sistemlerde kullanılan YGES sistemleri, bağımsız sistemlerle aynıdır; ancak, diğer üretim sistemleriyle birleştirilirler (Şekil 13b).

Her biri farklı maliyet ve performans değerleri sunan üç olası hibritleşme konfigürasyonu önerilmektedir. Bu konfigürasyonlardan birincisinde, ortak yerleşimli hibrit sistemler de maliyetten tasarrufu elde etmek için birlikte konumlandırılan iki veya daha fazla teknoloji kullanılırken; üretim ayrı ayrı optimize edilir. İkinci olarak, sanal hibrit sistemler (performans iyileştirmeleri) de iki veya daha fazla teknoloji ayrı ayrı konumlandırılır ve operasyonlar ikili anlaşmalar ve bazı eş-optimize edilmiş operasyonlar aracılığıyla birbirine bağlanır. Üçüncü olarak, tam hibrit sistemlere ise hem maliyet hem de performans iyileştirmeleri, eş-optimize edilmiş planlama ve operasyon yoluyla elde edilir. Bunlar genellikle en az bir dağıtılabilir teknoloji ile bir veya daha fazla değişken yenilenebilir enerji teknolojisinin eşleştirilmesinden oluşur ve eşleştirildiğinde operasyonel faydalar sunar [29].

6 Sonuçlar

Son yıllarda, Türkiye'nin enerji politikalarında yaşanan dönüşüm, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimine yönelik önemli adımlar atılmasını sağlamıştır. Güneş enerjisi ve hidroelektrik enerji kapasitesindeki artış, bu sürecin en dikkat çekici unsurlarından biri olmuştur.

2013 yılında neredeyse yok denecek kadar az olan kurulu güneş enerjisi kapasitesi, 2023 yılına gelindiğinde kayda değer bir artış göstermiştir. Yaklaşık bu on yıllık süre içerisinde hem devlet teşvikleri hem de özel sektörün ilgisi sayesinde güneş enerjisi yatırımları hız kazanmıştır. Teknolojinin gelişimi ve maliyetlerin düşmesi, bu artışın en

büyük etkenleri arasında yer almıştır. 2023 yılı itibarıyla, Türkiye'nin kurulu güneş enerjisi kapasitesi birkaç yüz MW seviyesinden GW düzeyine ulaşmış ve ülkenin enerji portföyünde önemli bir yer edinmiştir.

Türkiye'nin hidroelektrik enerji kapasitesi ise, 2013 yılına kıyasla önemli bir artış göstermiş ancak bu artış, güneş enerjisine kıyasla daha sınırlı kalmıştır. Türkiye'de bölgesel bazda, en yüksek HES kurulu gücüne sahip 3 bölge sırasıyla, Güney Doğu Anadolu Bölgesi, Doğu Anadolu Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi olurken, il bazında değerlendirilirse, sırasıyla Şanlıurfa, Elazığ, Diyarbakır, Adana ve Bingöl illeri Türkiye'de en yüksek HES kurulu gücüne sahip iller olarak ön plana çıkmaktadır. Türkiye'de GES kurulu güçleri, bölgesel bazda ve il bazında değerlendirilirse, İç Anadolu Bölgesi'nin ilk sırayı aldığı, Karadeniz Bölgesi'nin ise son sırada yer aldığı belirlenmiştir. Ayrıca, İç Anadolu Bölgesi'nde Konya İli, Akdeniz Bölgesi'nde Kahramanmaraş ili, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Elazığ ili, Ege Bölgesi'nde İzmir ili, Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Şanlıurfa ili, Karadeniz Bölgesi'nde Çorum ili ve Marmara Bölgesinde Bursa ili GES kurulu güçleri bakımından ön plana çıkmaktadır.

Mevcut su kaynaklarının potansiyelinin büyük oranda kullanılması ve yeni baraj projelerinin çevresel ve sosyal etkilerinin daha fazla gündeme gelmesi, hidroelektrik yatırımlarını sınırlayan başlıca faktörler olmuştur. Ayrıca, mevcut santrallerin bakımı ve modernizasyonu da önemli bir maliyet ortaya çıkmaktadır. Mevcut kurulu gücün artırılması ve henüz kullanılmayan potansiyelin değerlendirilmesi, Türkiye'nin yenilenebilir enerji hedeflerine ulaşmasında kritik bir rol oynayacaktır. Ancak, bu süreçte çevresel ve sosyal etkilerin göz önünde bulundurulması, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi ve modern teknolojilerin entegrasyonu büyük önem taşımaktadır. Bununla birlikte, hidroelektrik enerji, Türkiye'nin enerji arz güvenliğinde kritik bir rol oynamaya devam etmektedir.

Türkiyede fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak açısından, gerek Hidroelektrik enerji üretimi, gerekse Güneş enerjisinden yararlanarak enerji üretimi yatırımlarına, temiz enerji temelinde eşit yaklaşılması daha doğru bir yaklaşım

olacaktır. Yine ülkemizde yenilenebilir enerji kaynaklarından maksimum düzeyde yararlanma açısından araştırmalar ve yatırımlar sürdürülmelidir. Ülkemizde temiz enerji üretimi açısından, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı çeşitlendirilerek, güneş, rüzgar, hidroelektrik, YGES (Yüzer Güneş Enerji Santralleri) ve diğer kaynaklarla birlikte sürdürülebilir bir enerji planı ortaya koymak gelecek yıllarda enerji bağımlılığını büyük ölçüde azaltacaktır.

Çıkar çatışması

Yazarlar çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Benzerlik oranı (iThenticate): % 6

Kaynaklar

- [1] Y.S. Tanrıku ve N.S. Partigöç, Güneş enerjisi santrallerinin (GES) coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı analitik hiyerarşi süreci (AHS) yöntemi ile yer seçimi: Denizli ili örneği. Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 60, 401-418, 2024. <https://doi.org/10.30794/pausb.1384299>
- [2] Global energy investment in clean energy and in fossil fuels, 2015-2023 – Charts – Data & Statistics” IEA. <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/global-energy-investment-in-clean-energy-and-in-fossil-fuels-2015-2023>, Erişim 23.01.2024.
- [3] Executive summary – Hydropower Special Market Report Analysis, IEA. <https://www.iea.org/reports/hydropower-special-market-report/executive-summary>, erişim 21.01.2024.
- [4] 2021 Hydropower Status Report. <https://www.hydropower.org/publications/2021hydropower-status-report>, Erişim 04.09.2024.
- [5] M. Taşova, Türkiye’ nin güneş enerjisi parametre değerleri ve güneş enerjisinden faydalanma olanakları. İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi, 7(3), 2018.
- [6] E. Nedimoğlu, B. Gümüş, Şebekeye bağlı güneş enerjisi santrallerinin harmoniklerine etki eden parametrelerin araştırılması, DÜMF MD, 10(3), 10-17 2019. <http://doi: 10.24012/dumf.605070>.
- [7] E. Kapluhan, Enerji coğrafyası açısından bir inceleme: güneş enerjisinin Dünya’ daki ve Türkiye’ deki kullanım durumu. Coğrafya Dergisi, 29, 70-98 2015. <https://doi.org/10.14781/mcd.98631>.
- [8] Türkiye Cumhuriyeti Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, 2024. <https://enerji.gov.tr/bilgi-merkezi-enerji-elektrik>, erişim 23.01.2024
- [9] V. Süme, S.S. Firat, Hidroelektrik santraller ve Trabzon ilinde bulunan hidroelektrik santrallerin şehir ve Doğu Karadeniz havzası için önemi, Türk Hidrolik Dergisi / TJH, 4(1), 10-24, 2020. <http://doi.10.47898/ijeased.757100>.
- [10] E. Mutlu, Türkiye’ de yenilenebilir enerji ekonomisi ve Ankara iline ait SWOT analizi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Türkiye, 2013.
- [11] S. E. Bülbül, Y. Çokluk, Türkiye’ de gelişen enerji sektörü HES’ ler ve kâr kaybı sigortaları, JFRS, 9(17), 2017. <https://doi.org/10.14784/marufacd.346188>.
- [12] T.C. Stamey, Summary of data-collection activities and effects of flooding from tropical storm Alberto in parts of Georgia, Alabama, and Florida, July 1994, US Geological Survey, Reston, VA, 96-228, 1996. <https://doi.org/10.3133/ofr96228>.
- [13] E.F. Moran, M.C. Lopez, N. Moore, N Müller, D.W. Hyndman. Sustainable hydropower in the 21st century. Proc Natl Acad Sci U S A.,115(47), 11891-11898, 2018. <http://doi: 10.1073/pnas.1809426115>.
- [14] DSİ 2022 yılı resmi su kaynakları istatistikleri. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/1847>.
- [15] Tarım Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 2022 yılı faaliyet raporu. Ankara, 2023. <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi2022faaliyetraporu.pdf>.
- [16] Türkiye İstatistik Kurumu Başkanlığı, Su ve Atıksu İstatistikleri, 2022 haber bülteni, Sayı:49607 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2022-49607>.
- [17] Meteoroloji Genel Müdürlüğü - Mevsimlik Yağış Raporu, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/ya-gis-raporu.aspx?b=m#sfB>, erişim 23.01.2024.
- [18] Tarım Orman Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü Yenilenebilir Enerji Dairesi Başkanlığı, <http://enerji.dsi.gov.tr>, erişim 10.09.2024.
- [19] Türkiye hidroelektrik santralleri haritası, <http://coğrafyaharita.com/haritalarim/4e-2022-turkiye-hidroelektrik-santralleri-haritasi.png>, erişim 23.01.2024.
- [20] Enerji atlası, <http://www.enerjiatlası.com>, erişim 08.09.2024.
- [21] S.E.Ruşen, Karaman ili küresel güneş radyasyonunun heliosat metot kullanılarak belirlenmesi, ÖMÜ Müh. Bilim. Derg. 6(2), 467-474, 2017. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.341286>
- [22] Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA), <https://gepa.enerji.gov.tr/MyCalculator/Default.aspx>, erişim 23.01.2024.
- [23] O.O. Yolcan, R. Köse, Türkiye’ nin güneş enerjisi durumu ve güneş enerjisi santrali kurulumunda önemli parametreler, Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 6(2), 2 Aralık 2020, <http://doi: 10.34186/klujes.793471>.
- [24] M. Öztürk, R. Kayabaşı, Güneş enerjisinin İç Anadolu Bölgesinde kullanılabilirliği ve sistem analizi, NÖHÜ Müh. Bilim Derg. 12(4) 1351-1359, 2023. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1310627>
- [25] Meteoroloji Genel Müdürlüğü Güneşlenme süreleri. <https://mgm.gov.tr/kurumici/turkiye-guneslenme-suresi.aspx>, erişim 23.01.2024.
- [26] S. Altınkök, A. Altınkök, Photovoltaic thermal PV/T solar panels and practical applications, Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi, 14(2), 683-699, 2024. <http://doi.10.31466/kfbd.1425077>.
- [27] TEİAŞ, 2024, <https://www.teias.gov.tr/tr-TR/aylik-elektrik-uretim-tuketim-raporlari>

- [28] Irena, Future of solar photovoltaic: deployment, investment, technology, grid integration and socio-economic aspects, international renewable energy agency (IRENA), Abu Dhabi, 2019. <https://irena.org/publications/2019/Nov/Future-of-Solar-Photovoltaic>. erişim: 25 February 2020
- [29] N. Lee, U. Grunwald, E. Rosenlieb, H. Mirletz, A. Aznar, R. Spencer, S. Cox, Hybrid floating solar photovoltaics-hydropower systems: benefits and global assessment of technical potential, Renewable Energy, 162, 1415-1427, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.08.080>
- [30] M. Cox, The state of floating solar: bigger projects, climbing capacity, greentech media, new markets, 2019. <https://www.greentechmedia.com/articles/read/the-state-of-floating-solar-bigger-projects-and-climbingcapacity>.
- [31] H. Şenli, Yüzen güneş enerjisi sistemlerinin incelenmesi, çevresel katkıları ve Türkiye'deki barajların yüzen güneş enerjisi potansiyeli, Int. J. Adv. Eng. Pure Sci. 35(3), 428-427, 2023. <https://doi.org/10.7240/jeps.1261370>.
- [32] Su Dünyası. Devlet Su İşleri Vakfı Yayını. 190, 2024. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/768>.

