

## ARAŞTIRMA MAKALESİ

# Yüzüncü Kuruluş Yılında Türkiye'nin Enerji Görünümü, Hedefleri ve Gelecek Projeksiyonu

## *Turkey's Energy Outlook, Goals, and Future Projections on the Occasion of Its Centennial*

Mert Ökten<sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Manisa Celal Bayar Üniversitesi, Hasan Ferdi Turgutlu Teknoloji Fakültesi, Enerji Sistemleri Mühendisliği, Manisa, Türkiye

Geliş / Received: 20.04.2023

Kabul / Accepted: 08.05.2023

\*Corresponding Author: Mert Ökten [mert.okten@cbu.edu.tr](mailto:mert.okten@cbu.edu.tr)

**ÖZ:** Enerji, modern dünyanın en önemli ihtiyaçlarından biridir. Bugün dünya enerji talebi giderek artmaktadır. Bu talebin çevreye zarar vermeden sürdürülebilir kaynaklardan karşılanması, enerji verimliliğinin artırılması, enerji depolama sistemlerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Türkiye, enerji kaynaklarının geçiş güzergahında olması, doğal gaz ve petrol hatlarının bir kısmının üzerinden geçmesi, ülkeyi enerji politikaları açısından önemli bir konuma getirmektedir. Coğrafi konumu itibarıyla de gerek fosil kökenli enerji kaynakları gerekse yenilenebilir enerji kaynakları bakımından zengin bir ülkedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut enerji görünümü Enerji Piyasası Denetleme Kurulu verileri incelenerek, hedefleri doğrultusunda gelecek projeksiyonu çıkarılmıştır. Çalışma sonunda, ulusal enerji planı 2035 hedefleri doğrultusunda yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarına yönelimin gerçekleşmesiyle sürdürülebilirliğin ve verimliliğin artacağı, çevresel etkilerin azalacağı görülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Enerji, hidrokarbon, projeksiyon, sürdürülebilirlik, Türkiye

**ABSTRACT:** Energy is one of the most crucial needs of the modern world. Today, the global demand for energy is increasing rapidly. Meeting this demand from sustainable sources without harming the environment requires an increase in energy efficiency, the development of energy storage systems, and the utilization of sustainable resources. Turkey's location on the energy transit route and the fact that some of the natural gas and oil pipelines pass through the country make it an important player in terms of energy policies. Turkey is also a rich country in terms of both fossil-based and renewable energy resources due to its geographical location. This study examines Turkey's current energy outlook by analyzing data from the Energy Market Regulatory Authority, and a future projection is made in line with its goals. At the end of the study, it is observed that sustainability and efficiency will increase, and environmental impacts will decrease with the realization of a shift towards renewable and alternative energy sources in line with the national energy plan 2035 objectives.

**Keywords:** Energy, hydrocarbons, projection, sustainability, Turkey

## 1. GİRİŞ

Enerji, dünya üzerindeki tüm canlıların varlığı ve faaliyetleri için gerekli olan bir fiziksel kavramdır. Enerji, iş yapmak veya hareket etmek için kullanılabilir ve çeşitli kaynaklardan elde edilebilir. Bugün, enerji dünya ekonomisi ve yaşam standardı için temel bir bileşen haline gelmiştir. Günümüzde, sanayi, ulaşım, iletişim ve gıda üretimi gibi pek çok

sektör, enerjiye bağımlıdır. Enerji kaynakları, fosil kaynaklar ve yenilenebilir kaynaklar olmak üzere iki ana gruba incelenebilir.

Fosil enerji kaynakları, yıllar önce var olan organik maddelerin milyonlarca yılda yavaşça çürümesi ve basınç altında kalması sonucu oluşan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar arasında kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtlar yer alır.

Kömür, bitkilerin ve ağaçların milyonlarca yıl önce çürümesi ve toprağın altında basınç altında kalması sonucu oluşan kömür, dünya enerji üretiminin önemli bir bölümünü karşılamaktadır. Kömürün kalitesi, içerdiği karbon miktarına ve ne kadar kükürt ve diğer kirleticiler içerdiğine bağlıdır. Düşük kaliteli kömür, daha yüksek kirlilik seviyelerine sahiptir ve çevreye zararlıdır. Deniz ve kara altındaki organik maddelerin milyonlarca yılda çürümesi ve basınç altında kalması sonucu oluşan petrol, dünya enerji tüketiminin büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Benzin, dizel, jet yakıtı ve fuel-oil gibi ürünler, petrolün rafine edilmesi sonucu elde edilen yakıtlar arasındadır. Petrol ayrıca endüstriyel kimyasalların üretiminde ve plastik gibi ürünlerin yapımında da kullanılır. Organik maddelerin çürümesi sonucu oluşan doğal gaz, petrol yataklarının altında veya ayrı bir doğal gaz yatağı olarak bulunur. Gaz hidratlar, doğal gazın donmuş hali olarak da bilinir ve doğal gazın metan moleküllerinin su molekülleriyle birleşmesiyle oluşur. Şeyl gazı ise yer kabuğunun derinliklerindeki kayalıkların içindeki doğal gazdır.

Nükleer enerji, atom çekirdeklerindeki reaksiyonlardan elde edilen enerjiyi kullanarak elektrik üretimini sağlayan bir enerji kaynağıdır. Bu işlem, atom çekirdeklerinin bölünmesi (filyon) veya birleştirilmesi (füzyon) ile gerçekleştirilir. Nükleer enerji, fosil yakıtlara kıyasla daha düşük karbon emisyonlarına sahiptir ve yüksek enerji yoğunluğu nedeniyle, dünya genelinde elektrik üretiminde önemli bir rol oynar. Ancak, nükleer enerjinin kullanımı çevresel, sağlık ve güvenlik risklerini de beraberinde getirir. Radyoaktif atıkların depolanması ve işlenmesi zorlu bir süreçtir ve nükleer kazaların potansiyel riski bulunmaktadır.

Fosil yakıtlar, ucuz oldukları için yaygın olarak kullanılırlar. Ancak, fosil yakıtların kullanımı, atmosfere zararlı sera gazlarının salınımına neden olur ve küresel iklim değişikliğinin en büyük nedenlerinden biridir.

Diğer taraftan, yenilenebilir enerji kaynakları, doğal süreçlerle sürekli olarak yenilenen ve sınırsız olan enerji kaynaklarıdır. Bu kaynaklar arasında güneş, rüzgar, hidroelektrik, jeotermal ve biyokütle gibi kaynaklar yer alır.

Güneş enerjisi, güneşten gelen ışık ve ısı enerjisini kullanarak elektrik enerjisi veya ısı enerji üretme sürecidir. Güneş enerjisi, farklı teknolojilerle kullanılabilir. Fotovoltaik (PV) teknolojisi, güneş panelleri aracılığıyla güneş ışığını doğrudan elektrik enerjisine dönüştürür. PV/T sistemleri ise hem ısı hem de elektrik üretmek için kullanılabilirler. Güneş kolektörleri ise güneş enerjisini kullanarak ısı enerji üretirler. Rüzgar enerjisi, rüzgarın hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidroelektrik enerji, su gücünün elektrik enerjisine dönüştürülmesi yoluyla elde edilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Bu yöntemde, suyun yüksek basınç altında tutulduğu barajlar inşa edilir ve suyun yüksekliği azaltılarak kinetik enerjisi türbinlerle mekanik enerjiye dönüştürülür. Bu mekanik enerji daha sonra jeneratörlere bağlanarak elektrik enerjisine dönüştürülür. Biyokütle enerjisi, organik materyallerin yakılması veya parçalanması yoluyla elde edilen bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Biyokütle, bitkisel malzemeler ve hayvansal atıklar gibi çeşitli kaynaklardan elde edilebilir. Ayrıca, biyokütlenin gazlaştırılması veya sıvılaştırılması yoluyla biyoyakıtlar üretilebilir. Jeotermal enerji, yer altındaki sıcak su ve buhar, yüzeye çıkarılarak türbinlerle mekanik enerjiye dönüştürülür ve jeneratörlere bağlanarak elektrik enerjisine dönüştürüldüğü bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Okyanus termal enerjisi, okyanusların yüzeyindeki sıcak su ve daha derinlerdeki soğuk su arasındaki sıcaklık farklarından kaynaklanan bir enerji kaynağıdır. Dalga enerjisi, dalgalarının hareket enerjisini elektrik enerjisine dönüştüren bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Gel-git enerjisi, gelgitlerinin yüksek ve alçak seviyeleri arasındaki farklılıkları kullanarak elektrik enerjisi üretir.

Hidrojen enerjisi, hidrojen gazının yakıt olarak kullanılması yoluyla elektrik enerjisi üretimi amacıyla kullanılan bir yenilenebilir enerji kaynağıdır. Hidrojen gazı, suyun elektrolizi yoluyla veya biyokütle, kömür veya doğal gaz gibi malzemelerin gazifikasyonu veya reformasyonu yoluyla üretilebilir. Hidrojen enerjisi, çok yönlü bir enerji kaynağıdır. Saf hidrojen gazı, düşük emisyonlu bir yakıttır ve yanma sonucu sadece su buharı üretir. Bu nedenle, hidrojen enerjisi, düşük karbonlu bir enerji dönüşümü için potansiyel bir aday olarak kabul edilir. Ancak, hidrojen enerjisi,

yüksek maliyetleri ve hidrojen gazının üretimi için gereken enerji kaynaklarına bağımlılığı nedeniyle henüz yaygın olarak kullanılan bir enerji kaynağı değildir.

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara kıyasla daha temiz ve çevre dostudur ve küresel iklim değişikliğiyle mücadele için önemli bir araçtır. Ancak, yenilenebilir enerji kaynaklarının bazı dezavantajları da vardır. Örneğin, güneş enerjisi veya rüzgar enerjisi gibi kaynakların verimli kullanımı için uygun koşulların sağlanması gerekmektedir.

Türkiye'nin modern tarihi, Osmanlı İmparatorluğu'nun çöküşü ve ardından 1923 yılında Mustafa Kemal Atatürk liderliğinde cumhuriyetin kurulması ile başlamaktadır. Türkiye'nin, hem Avrupa hem de Asya kıtalarının birleştiği noktada yer alması, Akdeniz, Karadeniz ve Ege Denizi gibi önemli denizlere kıyısı olması ve Orta Doğu, Balkanlar ve Kafkaslar gibi stratejik bölgelere yakın olması sebebiyle jeopolitik ve jeostratejik önemi oldukça yüksektir. Özellikle enerji kaynaklarının geçiş güzergahında olması, doğal gaz ve petrol hatlarının bir kısmının Türkiye üzerinden geçmesi, ülkeyi enerji politikaları açısından önemli bir konuma getirmektedir.

Türkiye'nin uluslararası enerji stratejisinde, bölgesel ve küresel enerji güvenliğine katkıda bulunarak, bölgesinde enerji ticaret üssü olmayı hedeflemektedir. Artan talep ve ihtiyacı göz önünde bulundurarak, petrol ve doğal gaz arzında kaynakların ve rotaların çeşitlendirilmesi, enerji zincirinin her aşamasında çevresel etkileri dikkate alarak sürdürülebilirliğin sağlanması, elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının (YEK) ve yeşil enerjinin payının artırılması ve enerji kaynaklarına nükleer enerjinin dahil edilmesi bu stratejiyi oluşturan temel unsurlardandır [1].

Erdin ve Özkaya, Türkiye'de YEK'ler için "Site Seçimi" konusu, çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan ELECTRE ile değerlendirmişlerdir. Analizin sonucunda, bölgelerin coğrafyasına ve enerji potansiyeline göre en uygun enerji kaynaklarını belirlemişlerdir. Buna göre; İç Anadolu ve Doğu Anadolu bölgelerinde biyokütle ve güneş, Güney Doğu Anadolu bölgesinde hidroelektrik ve güneş, Karadeniz

bölgesinde hidroelektrik, Marmara bölgesinde jeotermal ve rüzgar, Ege bölgesinde jeotermal, biyokütle ve rüzgar enerjisi ön plana çıkmaktadır. Akdeniz bölgesinde ise tüm YEK'lerin kullanılabileceği belirtilmiştir [2].

Genç ve ark., Türkiye'nin kıyı alanları için uygulanabilir bir offshore rüzgar enerjisi santrali için kapsamlı olasılıklar analizi yapmak üzere coğrafi bilgi sistemleri ve çok kriterli karar verme rehberliğini kullanarak değerlendirmişlerdir. Türkiye Denizlerinin %1,38'inin (3294,8 km<sup>2</sup>) offshore rüzgar çiftlikleri için uygun olduğunu, en uygun bölgenin ise 1194 km<sup>2</sup>lik bir alan ile Marmara Denizi olduğu, onu sırasıyla Ege Denizi, Karadeniz ve Akdeniz'in takip ettiği sonucuna ulaşmışlardır [3].

Yeni teknolojiler üzerine yapılan araştırmalardan [4]'te hidrojen enerjisinin Türkiye için yüksek potansiyel vaat ettiği, [5]'te ise dalga enerjisi için en uygun bölgenin İzmir - Antalya arası olduğu belirtilmiştir. Türkiye'nin 2023 yılında birincil enerji ihtiyacının yapay sinir ağları ile hesaplanmasında 161.279 Bin Ton Eşdeğer Petrol olacağı öngörülmüştür [6].

Sürdürülebilir ekonomik büyümede en stratejik öneme sahip olan enerji üretim faktörüdür [7]. Enerji arz güvenliği, enerji talebinin karşılanmasında ön plana çıkmaktadır [8]. Türkiye'nin coğrafi konumu itibarıyla bölgesel çatışmaların odağında olma riski göz ardı edilmemektedir [9]. Türkiye'nin özellikle Türk devletleri ile ilişkilerini ilerletmesi enerji politikasında önemli bir transit ülke olma amacı doğrultusunda attığı önemli adımlardandır [10], [11].

Bu çalışmada, Türkiye'nin mevcut enerji görünümünün ve gelecek projeksiyonunun incelenip yol haritasının çıkarılması amaçlanmıştır.

## 2. METODOLOJİ

Enerji santrallerinin ekonomik ve çevresel etkilerinin belirlenmesinde güç ve verim ifadeleri önemli göstergelerdir. Güç, bir enerji santralının üretebileceği maksimum enerji miktarını ifade eder. Verim ise, bir enerji santralının girdi olarak aldığı enerjinin ne kadarını çıktısı olarak üretebildiğinin göstergesidir. Yüksek güç verimli santraller, daha

düşük işletme maliyetleri, daha yüksek üretkenlik ve daha az çevresel etki sağlar.

Güneş enerjisi santrallerinde optik ve termal olmak üzere iki çeşit güç ve verim hesabı yapılır. Optik güç ( $P$ ) ve verim ( $\eta$ ) ifadeleri Eşitlik 1 ve Eşitlik 2'de gösterilmiştir [12].

$$P = \eta_o \times A_p \times I \quad (1)$$

$$\eta = \tau \times \alpha \quad (2)$$

Burada,  $A_p$ ; panel yüzey alanını ( $m^2$ ),  $I$ ; yutucu yüzey üzerine düşen radyasyon miktarını ( $W/m^2$ ),  $\tau$ ; kullanılan camın geçirgenlik katsayısını ve  $\alpha$ ; yutucu yüzeyin absorblleme oranını ifade etmektedir.

Termal güç ( $P$ ) ve verim ( $\eta$ ) ifadeleri Eşitlik 3 ve Eşitlik 4'te gösterilmiştir [12].

$$P = \eta_t \times A_c \times I \quad (3)$$

$$\eta = Q_c / I \quad (4)$$

Burada,  $A_c$ ; kolektör yüzey alanını ( $m^2$ ) ve  $Q_c$ ; kolektörden suya aktarılan ısı miktarını ( $W/m^2$ ) ifade etmektedir.

Rüzgar enerjisi santrallerinde güç, rüzgar türbini çarkının süpürdüğü alan ( $A_t$ ), rüzgar hızı ( $V$ ), havanın yoğunluğu ( $\rho_a$ ) ve Betz katsayısı ( $\beta$ ) çarpanlarına bağlıdır (Eşitlik 5). Betz katsayısı, rüzgar türbininin rotoruna çarpan rüzgar akışının, rotorun ön yüzey alanından geçen rüzgar akışının en fazla %59.3'ünü hareketlendirebileceğini belirten, rüzgar türbininin teorik olarak elde edebileceği en yüksek verimlilik seviyesidir [12].

$$P = \eta \times \beta \times \rho_a \times A_t^2 \times V^3 \times 0.5 \quad (5)$$

$$\eta = P_{\text{ü}} / P \times t \quad (6)$$

Verim ifadesinde  $P_{\text{ü}}$ ; üretilen elektrik enerjisini (Wh),  $P$ ; santral gücünü (W),  $t$ ; ise çalışma süresini (h) ifade etmektedir.

Hidroelektrik enerji santrallerinde güç hesabı Eşitlik 7'de verilmiştir. Burada,  $\dot{V}$ ; suyun hacimsel debisini ( $m^3/s$ ),  $Z_o$ ; yükseklik farkını (m),  $g$ ; gravitasyon sabitini ( $9.81 m/s^2$ ) ve  $\rho_w$ ; suyun yoğunluğunu ( $kg/m^3$ ) belirtmektedir. Verim ise Eşitlik 6'da gösterildiği gibi hesaplanmaktadır.

$$P = \eta \times \dot{V} \times Z_o \times g \times \rho_w \quad (7)$$

Dalga ve gel-git enerjisi santrallerinde verim hesabı Eşitlik 6'da gösterildiği gibi yapılırken, güç hesabı dalga enerjisi santralleri için Eşitlik 8, gel-git enerjisi santralleri için Eşitlik 9'da gösterildiği şekildedir [12].

$$P = Z_m^2 \times T \times 0.5 \quad (8)$$

$$P = 0.5 \times g \times \rho_w \times A_y \times R^2 \quad (9)$$

Bu eşitliklerde  $Z_m$ ; dalga yüksekliğini (m),  $T$ ; dalga periyodunu (1/s),  $A_y$ ; havuzun yüzey alanını ( $m^2$ ) ve  $R$ ; gel-git aralığını (m) ifade etmektedir.

Biyokütle ve jeotermal enerji santrallerinde güç hesabı Eşitlik 10'da gösterildiği gibidir. Aralarındaki fark ise akışkanın kütledebisinde ( $\dot{m}_x$ ) 'x' alt indisi jeotermal santrallerde suyu ifade ederken, biyokütle santrallerinde kullanılan biyokütle malzemesini ifade etmektedir [12].  $Q$ ; ısı kapasiteni (kJ/kg) belirtirken, verim hesabında ise Eşitlik 6 kullanılmaktadır.

$$P = \eta \times \dot{m}_x \times Q \quad (10)$$

Okyanus termal enerjisi santrallerinde güç hesabında akışkanın türbine giriş ( $h_{t,i}$ ) ve türbinden çıkış ( $h_{t,o}$ ) entalpi farkından yararlanılır (Eşitlik 11). Verim ise santral gücünün elde edilen ısı gücüne ( $\dot{Q}$ ) oranıdır.

$$P = \dot{m}_w \times (h_{t,i} - h_{t,o}) \quad (11)$$

$$\eta = P / \dot{Q} \quad (12)$$

Termal enerji santrallerinde güç hesabı kömür yakıtlı santraller için Eşitlik 13, doğal gaz yakıtlı santraller için Eşitlik 14, buhar çevrimli santraller içinse Eşitlik 15'te gösterildiği gibidir. Verim hesabı ise Eşitlik 16'da verilmiştir [13].

$$P = \eta \times H_c \times \rho_c \quad (13)$$

$$P = \eta \times H_n \times \rho_n \quad (14)$$

$$P = \eta \times \dot{m}_s \times h_s \quad (15)$$

$$\eta = P_e / Q_o \quad (16)$$

Burada,  $H_c$  ve  $H_n$ ; kömürün ve doğal gazın ısı kapasitelerini (J/kg),  $\rho_c$  ve  $\rho_n$ ; kömürün ve doğal gazın yoğunluklarını ( $kg/m^3$ ),  $h_s$ ; buharın özgül entalpisini (J/kg),  $\dot{m}_s$ ; buharın kütledebisini ( $kg/s$ ),  $P_e$ ; elektrik üretimini (W) ve  $Q_o$ ; yakıt tüketimini (W) ifade etmektedir.

Eşitlik 17’de nükleer enerji santralleri için güç hesabı verilmiştir [5]. Burada,  $m$ ; yakıt kütlelerini (kg),  $c$ ; ışık hızını (299,792,458 m/s) göstermektedir. Eşitlik 18’de verilen verim ifadesinde ise  $E_f$ ; serbest bırakılan enerji (J) miktarını belirtmektedir.

$$P=m \times c^2 \quad (17)$$

$$\eta= \frac{E_f}{m \times c^2} \quad (18)$$

### 3. BULGULAR

Türkiye, enerji kaynakları açısından oldukça zengin bir ülke olarak kabul edilir. Ülkenin doğal gaz, petrol, linyit, taşkömürü, hidroelektrik, rüzgar, güneş, jeotermal ve biyokütle gibi farklı enerji kaynaklarına sahiptir. Çalışmada Enerji Piyasası Denetleme Kurulu aylık sektörel tüketim raporları baz alınarak mevcut kurulu güç, üretim ve tüketim değerleri irdelenmiştir.

Aşağıda Türkiye'nin enerji potansiyeli hakkında bazı sayısal bilgiler verilmiştir [14] - [16]:

- Y Doğal gazda %98, petrolde %92, kömürde ise %50 olmak üzere toplamda %70 enerjide dışa bağımlı bir ülkedir. Şubat 2023 sonu itibariyle 104.14 GW elektrik kurulu gücü bulunmaktadır. Bu kurulu gücün %30.3’ü hidroelektrik, %24.4’ü doğal gaz, %20.9’u kömür, %11’i rüzgar, %9.3’ü güneş, %1.6’sı jeotermal ve %2.5’i de diğer enerji kaynaklarından karşılanmaktadır.
- Y Dünyanın en büyük kömür rezervlerinden birine sahip olan Zonguldak Havzası'na ev sahipliği yapmaktadır. Kömür rezervi 15 milyar tondur. Bu rezervin %70’i linyit, %30’u ise taş kömürüdür. 67 adet üretim santraline, 21.4 GW kurulu güce ve yıllık 11.19 TWh enerji üretime sahiptir.
- Y Petrol rezervleri özellikle Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almaktadır. Rezervi 430 milyon varildir. Ayrıca, yıllık 50 milyon ton taşıma kapasiteli Bakü – Tiflis – Ceyhan ile yıllık 70.9 milyon ton taşıma kapasiteli Kerkük – Yumurtaalık boru hatlarıyla Hazar Bölgesi ve Irak petrolünü dünya pazarına ulaştırmaktadır.
- Y Mevcut doğal gaz rezervi 4.2 milyar metreküp olan Türkiye’de, 2020 yılında Karadeniz’de Sakarya gaz sahasında toplamda 710 milyar metreküp doğal gaz keşfedilmiştir. 345 adet üretim santraline, 25.7 GW kurulu güce ve yıllık 7.12 TWh enerji üretime sahiptir. Rusya’dan Trans Balkan (14 milyar metreküp), Mavi Akım (16 milyar metreküp) ve Türk Akımı (31.5 milyar metreküp); Azerbaycan’dan Trans Anadolu (16 milyar metreküp) ve Güney Kafkasya (6.6 milyar metreküp) ve İran’dan Doğu Anadolu (10 milyar metreküp) boru hatlarıyla doğal gaz ithal etmektedir. Ayrıca, Katar, Nijerya ve Cezayir’den toplam yıllık 14,7 milyar metreküp sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) ithalatı gerçekleştirmektedir.
- Y Karadeniz ve Akdeniz’de (Mersin, Antalya, Adana ve Hatay kıyıları) önemli hidrokarbon potansiyeline sahip olduğu düşünülmekte ve bu yönde keşif çalışmaları sürdürülmektedir.
- Y Trakya ve Güney Doğu Anadolu (Gaziantep – Hatay – Kahramanmaraş - Adıyaman) bölgelerinde şeyl gazı, Karadeniz ve Marmara Denizi’nde ise önemli ölçüde gaz hidrat potansiyeline sahiptir. Ancak ekonomik olarak çıkarılamamakta ve bu alanda araştırmalar devam etmektedir.
- Y Mersin Akkuyu’da 4800 MW kurulu güç ve yıllık 33 milyar kWh enerji üretiminde bulunacak olan ilk nükleer enerji santrali 2023 yılında faaliyete geçmesi planlanmaktadır. Ayrıca biri Sinop’ta diğeri Kırklareli İğneada’da olmak üzere iki adet daha nükleer enerji santrali inşası için projeler geliştirmektedir.
- Y 31500 MW ile jeotermal kaynak açısından dünyanın en büyük potansiyeline sahip ülkelerinden biridir. Menderes Masifi'nin batı kesimi ve çevresinde, Denizli, Aydın, Manisa, İzmir ve Afyonkarahisar illerinde yüksek sıcaklıklı, Çanakkale, Bursa, Balıkesir, Kütahya ve Uşak'ta da ise orta sıcaklıklı jeotermal kaynaklar mevcuttur. 63 adet üretim santraline, 1.9 GW kurulu güce ve yıllık 0.83 TWh enerji üretime sahiptir.
- Y Hidroelektrik enerji potansiyeli yıllık 216 milyar kWh’dir. Büyük bir kısmı Doğu Anadolu, Güneydoğu Anadolu ve Karadeniz bölgelerindeki nehirler üzerinde kurulu baraj ve santrallerden elde edilmektedir. 551 adet üretim santraline, 31.6 GW kurulu güce ve yıllık 2.97 TWh enerji üretime sahiptir.
- Y Yıllık 2640 saat güneşlenme süresi ve ortalama 1.360 kWh/m<sup>2</sup> güneş ışınımı ile 380 milyar kWh güneş enerjisi potansiyeline sahiptir. Bu potansiyelin en yüksek olduğu bölgeler Akdeniz, Ege ve Güneydoğu Anadolu

bölgeleridir. 9635 adet üretim santraline, 9.6 GW kurulu güce ve yıllık 0.88 TWh enerji üretime sahiptir.

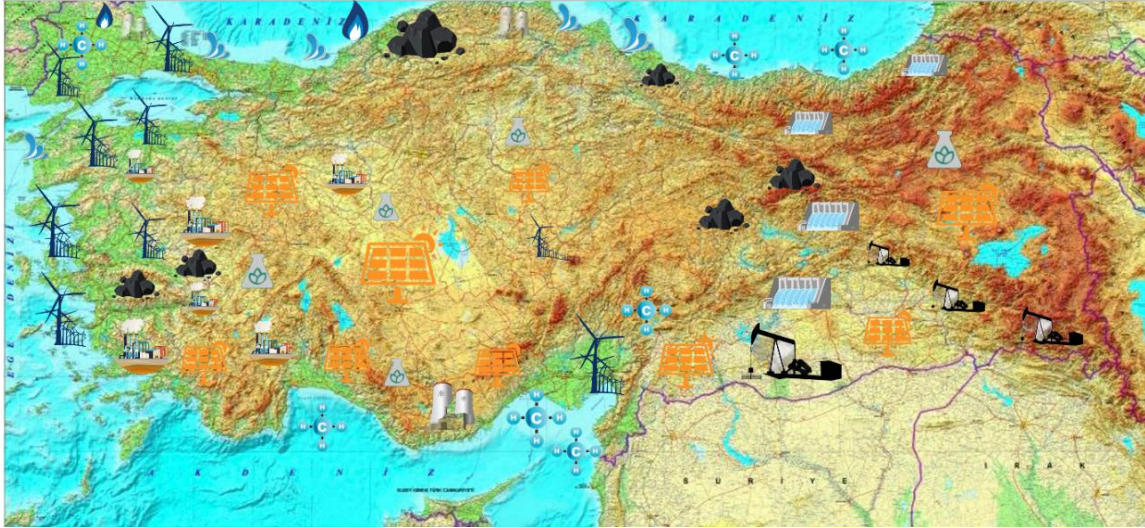
- Y 48 milyar kWh rüzgar enerjisi potansiyeli bulunmaktadır. Batı sahil şeridi, Marmara bölgesi, Ege bölgesi ve Güneydoğu Anadolu bölgesi rüzgar enerjisi üretimi için en uygun bölgeler arasında yer almaktadır. Özellikle Ege Denizi ve Karadeniz'de, derinliği 50 metrenin altında olan bölgelerde deniz üstü rüzgar enerjisi santralleri kurulması planlanmaktadır. 360 adet üretim santraline, 11.4 GW kurulu güce ve yıllık 2.72 TWh enerji üretime sahiptir.
- Y Biyokütle potansiyeli yıllık 32 milyon tondur. 1.7 GW kurulu güce ve yıllık 1.01 TWh enerji üretime sahiptir.

Y Ege Denizi ve Akdeniz kıyılarında dalga enerjisi, Karadeniz ve Boğazlar (İstanbul ve Çanakkale) bölgesinde ise gel-git enerjisi potansiyeli yüksektir.

Y 1.6 milyon ton yeşil hidrojen potansiyeli bulunmaktadır.

Y Yıllık enerji tüketimi ise 0.56 TWh aydınlatmada, 5.36 TWh kamu ve özel hizmetler sektöründe, 5.59 TWh meskenlerde, 8.93 TWh sanayide ve 0.51 TWh tarımsal faaliyetlerde olmak üzere toplam 20.95 TWh'tir.

Şekil 1'de yukarıdaki bilgiler ışığında Türkiye enerji haritası gösterilmiştir. Haritadaki sembollerin anlamları Tablo 1'de verilmiştir.



Şekil 1: Türkiye enerji haritası.

Tablo 1: Enerji haritasındaki semboller ve anlamları.

Sembol	Anlamı	Sembol	Anlamı	Sembol	Anlamı	Sembol	Anlamı
	Hidroelektrik enerji		Rüzgar enerjisi		Nükleer enerji		Doğal gaz
	Biyokütle enerjisi		Dalga enerjisi		Kömür		Gaz hidrat ve Şeyl gazı
	Güneş enerjisi		Jeotermal enerji		Petrol		

#### 4. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

Türkiye'nin Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ulusal enerji planında 2035 yılı için enerji alanındaki kurulu güç planlaması yol haritası çıkartılmıştır. Bu plana göre [17];

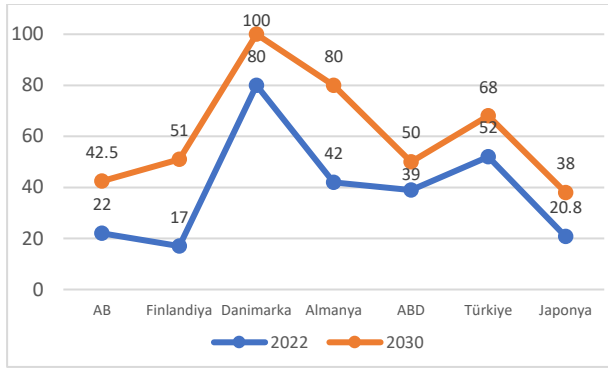
∴ Rüzgar enerjisi – 29.8 GW (24.8 GW kara + 5 GW denizüstü)

∴ Güneş enerjisi – 52.9 GW

∴ Hidroelektrik enerji – 35.1 GW

- ∴ Diğer yenilenebilir (Jeotermal + Biyokütle) enerji – 5.1 GW
- ∴ Elektrolizör kapasitesi – 5 GW
- ∴ Batarya kapasitesi – 7.5 GW
- ∴ Nükleer enerji – 7.2 GW
- ∴ Konvansiyonel kaynaklar – 59.8 GW
- ∴ Toplam elektrik kurulu güç – 189.7 GW
- ∴ Toplam üretim – 507.7 TWh
- ∴ Toplam tüketim – 510.5 TWh

olması beklenmektedir. Böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam elektrik kurulu güç içerisindeki payı %68'e çıkması sağlanacaktır. Şekil 2'de bazı ülkelerin 2030 hedefleri gösterilmiştir [18-23].



Şekil 2: Ülkelerin 2030 yenilenebilir enerji hedefleri.

Türkiye COP 27 iklim zirvesinde, 2030 için belirlediği yüzde 21 emisyon azaltım hedefini yüzde 41'e yükseltmiştir. Türkiye'nin 2015 tarihli Ulusal Katkı Beyanı'nda, 2030 yılına kadar hiçbir önlem alınmadığı durumda sera gazı salımının 1.175 MtCO<sub>2</sub>'ye ulaşması, fakat alınacak önlemlerle 929 MtCO<sub>2</sub>'ye düşürülmesi hedeflenirken, COP 27'de ise bu hedef 700 MtCO<sub>2</sub>'e seviyesine indirilmiştir [24].

Bu hedeflerin gerçekleşmesi, enerjinin daha verimli kullanılması ve sürdürülebilir, yeşil bir gelecek için birtakım öneriler aşağıda sunulmuştur:

- Elektrik üretiminde yenilenebilir enerji kaynaklarının ve nükleer enerjinin payı artırılmalıdır.
- Yenilenebilir enerji kaynaklı yeşil hidrojen üretimine geçilmelidir.
- Enerji depolama sistemleri geliştirilmelidir. Elde edilen enerjinin depolanması, daha sonra kullanılabilmesi açısından son derece önemlidir. Enerji depolama yöntemleri, enerji üretiminin zamanla değişken olduğu durumlarda, enerjiyi

depolayarak daha verimli bir şekilde kullanmayı sağlar. Pompalı hidroelektrik enerji depolama, batarya depolama sistemleri, kinetik enerji depolama, sıcaklık enerjisi depolama, hidrojen yakıt hücreleri, süperiletken manyetik enerji depolama, sıkıştırılmış hava depolama, flywheel ve süperkapasitörler olarak sınıflandırılabilir.

- Kendi enerjisini üreten binalar yaygınlaştırılmalıdır. Sıfır enerjili binalar, sıfır enerji tüketimi ile çalışabilen ve enerji ihtiyaçlarını tamamen yenilenebilir enerji kaynaklarından karşılayabilen binalardır.
- Çevre dostu ısıtma, soğutma ve iklimlendirme sistemlerine geçilmelidir. Earth Air Tunnel olarak bilinen çevre dostu ısıtma ve soğutma sisteminde, ev veya bina altındaki toprağa gömülü tünel ve borular kullanılarak, toprağın sabit sıcaklığından yararlanılarak, binanın içini ısıtmak veya soğutmak için doğal bir havalandırma yapılır. Bu sayede, daha az enerji tüketilir ve karbon ayak izi azaltılır.
- Elektrikli araçlara teşviğin artırılarak ve şarj altyapısının hızlı bir şekilde büyümesi gerekmektedir.
- eFuels olarak bilinen fosil yakıtların yerine kullanılabilen, çevre dostu bir yakıttır. eFuels, yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik enerjisi kullanılarak üretilir. eFuels, genellikle iki aşamalı bir üretim sürecinden geçer. İlk aşamada, elektrik enerjisi kullanılarak suyun hidrojen ve oksijen gazlarına ayrıştırılması gerçekleştirilir. Bu işlem elektroliz adı verilir. Elde edilen hidrojen gazı daha sonra bir sentez gazı üretmek için Fischer-Tropsch sentezi olarak bilinen yöntemle karbondioksit gazıyla birleştirilir. Sonuçta sentez gazı, yapay yakıt üretmek için kullanılabilen uzun zincirli hidrokarbon molekülleri oluşturur. eFuels, geleneksel fosil yakıtların aksine, kullanılan karbondioksitin atmosferden alınması nedeniyle karbon nötr olarak adlandırılır. Bu, eFuels üretiminde kullanılan karbondioksitin yakıtın yanması sırasında atmosfere geri salınan miktarla aynı olduğu anlamına gelir. Bu nedenle, eFuels, karbon ayak izi azaltmak için potansiyel olarak önemli bir çözüm olabilir.
- Enerji ve petrol taşımacılığını karayolu ulaşımından raylı sistemlere ve deniz ulaşımına geçiş hızlandırılmalıdır.

**Yazar Katkısı:** Yayının tüm süreçleri yazar tarafından %100 gerçekleştirilmiştir.

**Çıkar Çatışması:** Bu çalışmanın yazarı olarak, herhangi bir kurum/kuruluş ya da kişi ile çıkar çatışması bulunmadığını onaylarım.

## 5. KAYNAKLAR

- [1] Republic of Türkiye Ministry of Foreign Affairs (2023, Mar.), Türkiye's International Energy Strategy. [Online]. Available: <https://www.mfa.gov.tr/turkeys-energy-strategy.en.mfa>
- [2] C. Erdin and G. Özkaya, "Turkey's 2023 Energy Strategies and Investment Opportunities for Renewable Energy Sources: Site Selection Based on ELECTRE," Sustainability, vol. 11, pp. 2136, 2019.
- [3] M. S. Genç, F. Karipoğlu, K. Koca and Ş. T. Azgın, "Suitable site selection for offshore wind farms in Turkey's seas: GIS-MCDM based approach," Earth Science Informatics, 2021. <https://doi.org/10.1007/s12145-021-00632-3>
- [4] A. E. Yıldırım, E. B. Kaplan and A. Khanayev, "Hydrogen Based Energy and Turkey," International Journal of Afro-Eurasian Research (IJAR), vol. 8(15), pp. 29-47, 2023.
- [5] M. Sağlam ve T.S. Uyar, "Dalga Enerjisi ve Türkiye'nin Dalga Enerjisi Teknik Potansiyeli," III. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu Bildirileri, Elektrik Mühendisleri Odası, 2005.
- [6] N. Yılankırkan ve H. Doğan, "Türkiye'nin Enerji Görünümü ve 2023 Yılı Birincil Enerji Arz Projeksiyonu," Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi, sayı 10(2), sayfa 77-92, 2020.
- [7] E. Kayar, N. İl ve H. F. Carlak, "Türkiye Elektrik Enerjisi Görünümü ve Yenilenebilir Enerjinin Global Ölçekte Mevcut Konumu," EMO Bilimsel Dergi YEKSEM 2019 Özel Sayısı, sayfa 85-97, 2019.
- [8] Ö. S. Yıldırım, "Türkiye'nin Enerji Görünümü ve Diplomasisi," MTA Doğal Kaynaklar ve Ekonomi Bülteni, sayı 23, sayfa 37-41, 2017.
- [9] H. N. Bayraç, "Küresel Enerji Politikaları ve Türkiye: Petrol ve Doğal Gaz Kaynakları Açısından Bir Karşılaştırma," Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, sayı 10(1), sayfa 115-142, 2009.
- [10] U. Kantörün, "Bölgesel Enerji Politikaları ve Türkiye," Bilge Strateji, sayı 2(3), sayfa 87-114, 2010.
- [11] B. Özsoy, E. B. Sipahi ve Y. Sayın, "Orta Asya'da Enerji Politikaları ve Küresel Rekabet Bağlamında Türkiye'nin Rolü Üzerine Bir Değerlendirme," Gazi Akademik Bakış Dergisi (GABD), sayı 30(1)5, sayfa 303-328, 2022.
- [12] M. Kanoğlu, Y. A. Çengel, and J. M. Cimbala, "Fundamentals and Applications of Renewable Energy," 1st ed., Newyork: Mcgraw-Hill Education, 2020.
- [13] Y. A. Çengel, J. M. Cimbala and R. H. Turner, "Fundamentals of Thermal-Fluid Sciences," 5th ed., Newyork: Mcgraw-Hill Education, 2017.
- [14] Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (2023, Mart), Ocak Ayı Sektör Raporu. [Çevrimiçi]. Erişim: <https://www.epdk.gov.tr/detay/icerik/3-0-23-3/elektrikaylik-sektor-raporlar>
- [15] M. Ökten, "Enerji Koridoru ve Bölgesel Güç Yolunda: Türkiye," I. Uluslararası Türk Enerji Birliği Kongresi, 225-238, Almatı, Kazakistan, 2021.
- [16] Türkiye'nin Ulusal Hidrojen Stratejisi için Öncelik Alanları (2021, Haziran), SHURA Enerji Dönüşüm Merkezi. [Çevrimiçi]. Erişim: [https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/03/Turkiyenin\\_ulusal\\_hidrojen\\_stratejisi\\_icin\\_öncelik\\_alanlari.pdf](https://www.shura.org.tr/wp-content/uploads/2021/03/Turkiyenin_ulusal_hidrojen_stratejisi_icin_öncelik_alanlari.pdf)
- [17] Türkiye Ulusal Enerji Planı (2022, Nisan), T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. [Çevrimiçi]. Erişim: [https://www.enerji.gov.tr/media/dizin/eigm/tr/raporlar/tuep/t%c3%bcrkiye\\_ulusal\\_enerji\\_plan%c4%b1.pdf](https://www.enerji.gov.tr/media/dizin/eigm/tr/raporlar/tuep/t%c3%bcrkiye_ulusal_enerji_plan%c4%b1.pdf)
- [18] Temiz Enerji (2023, Mayıs). [Çevrimiçi]. Erişim: <https://temizenerji.org/2022/11/18/danimarka-ısvvec-ve-finlandiya-yenilenebilir-enerji-uretimini-2030a-kadar-74-gwa-cikaracak/>
- [19] Danimarka Enerji Modeli (2023, Mayıs). [Çevrimiçi]. Erişim: <https://haber.yasar.edu.tr/genel/yesil-enerji-danimarka-modeli.html>
- [20] AB Yenilenebilir Enerji (2023, Mayıs). [Çevrimiçi]. Erişim: <https://tr.euronews.com/my-europe/2023/03/30/abnin-enerji-tuketiminde-yenilenebilir-kaynaklarin-payi-2030a-kadar-yuzde-425e-yukseltilec#:~:text=En%20son%20verilere%20g%C3%B6re%2C%20AB,%C4%B1s%C4%B1tma>



[%20alanlar%C4%B1na%20da%20hedefler%20g  
etirilecek.](#)

- [21] Almanya Yenilenebilir Enerji (2023, Mayıs).  
[Çevrimiçi]. Erişim:  
<https://www.iklimhaber.org/almanya-2030-hedeflerine-ulasmak-icin-enerji-kullanimini-yuzde-20-25-azaltmali/>
- [22] ABD Yenilenebilir Enerji (2023, Mayıs).  
[Çevrimiçi]. Erişim:  
<https://www.donanimhaber.com/yenilenebilir-enerji-abd-de-ilk-defa-komuru-geride-birakti--162018>
- [23] Japonya Yenilenebilir Enerji (2023, Mayıs).  
[Çevrimiçi]. Erişim:  
<https://mc2haber.com/japonya-2030-yenilenebilir-enerji-hedefine-yaklasti#:~:text=Yenilenebilir%20enerji%20kaynaklar%C4%B1n%C4%B1n%20geli%C5%9Fimine%20odaklanan,38%20yenilenebilir%20enerji%20hedefi%20belirledi.>
- [24] COP 27 Çıktıları ve Türkiye'nin Konumu (2023, Mayıs). [Çevrimiçi]. Erişim:  
<https://sefia.org/blog/cop-27-ciktilari-ve-turkiyenin-konumu/>