

# TÜRKİYE'DE FOSİL YAKIT TÜKETİMİNİN SAĞLIK HARCAMALARI ÜZERİNDEKİ ETKİLERİNİN AHP-TOPSIS YÖNTEMLERİ İLE DEĞERLENDİRİLMESİ

 Onur ÇETİN<sup>a</sup>

 Nadide Sevil TÜRECE<sup>b</sup>

## Öz

Bu çalışma, Türkiye'de fosil yakıt tüketimi, fosil yakıt teşvikleri, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ve fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini kapsamlı bir şekilde analiz etmeyi amaçlamaktadır. Türkiye'nin fosil yakıt tüketimi ve çevresel etkileri, sağlık sistemi üzerinde oluşturduğu mali yük aracılığıyla sağlık harcamaları ile ilişkilendirilmiş, bu bağlamda fosil yakıtların uzun vadeli etkileri değerlendirilmiştir. Araştırmada Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve TOPSIS yöntemlerinden yararlanılarak, 2010-2022 dönemi verilerden hareketle fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerine yönelik sıralama elde edilmiştir. AHP yöntemi ile belirlenen kriterler sağlık harcamalarına olan etkilerine göre önceliklendirilmiş, ardından TOPSIS yöntemi ile yıllar bazında fosil yakıtların sağlık harcamalarına olan etkisi incelenmiştir. AHP sonuçlarına göre, fosil yakıt tüketiminin sağlık harcamaları üzerinde en yüksek önceliğe sahip kriter olduğunu belirlenmiştir. İkinci önceliğe sahip kriter ise GSYİH olarak belirlenmiştir. TOPSIS sonuçlarına göre ise 2017 yılının fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu yıl olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Daha sonra fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerinde en fazla etkiye sahip olduğu yıllar sırasıyla 2018 ve 2016 olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, Türkiye'de fosil yakıt kullanımının sağlık harcamaları üzerindeki olumsuz etkilerini net bir şekilde ortaya koyarak, sürdürülebilir enerji politikalarının benimsenmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Çalışma, politika yapımcıların enerji verimliliğini artıracak ve fosil yakıt kullanımını azaltacak stratejiler geliştirmelerinin önemini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Fosil yakıtlar, Sağlık harcamaları, AHP, TOPSIS, Türkiye.



<sup>a</sup> YÖK 100/2000 Doktora Bursiyeri, Kayseri Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Sağlık Yönetimi Ana Bilim Dalı, c.onur38@gmail.com

<sup>b</sup> Doç. Dr., Kayseri Üniversitesi, Develi Sosyal ve Beşeri Bilimler Fakültesi, Sağlık Yönetimi Bölümü, nadidetuluca@kayseri.edu.tr

Makale Geliş Tarihi: 26.08.2024, Makale Kabul Tarihi: 23.09.2024

## EVALUATION OF THE EFFECTS OF FOSSIL FUEL CONSUMPTION ON HEALTH EXPENDITURES IN TÜRKİYE USING AHP AND TOPSIS METHODS

### Abstract

This study aims to comprehensively analyze the effects of fossil fuel consumption, fossil fuel subsidies, Gross Domestic Product (GDP), and fossil fuel-related CO<sub>2</sub> emissions on healthcare expenditures in Türkiye. Türkiye's fossil fuel consumption and its environmental impacts have been associated with healthcare expenditures through the financial burden they impose on the healthcare system, and in this context, the long-term effects of fossil fuels have been evaluated. By utilizing the Analytic Hierarchy Process (AHP) and TOPSIS methods, a ranking of the impact of fossil fuels on healthcare expenditures for the period 2010-2022 has been established. The criteria determined by the AHP method were prioritized based on their impact on healthcare expenditures, and subsequently, the yearly impact of fossil fuels on healthcare expenditures was examined using the TOPSIS method. According to the AHP results, fossil fuel consumption was identified as the criterion with the highest priority in terms of its impact on healthcare expenditures. The criterion with the second highest priority was identified as GDP. The TOPSIS results indicated that the year 2017 had the most significant impact of fossil fuels on healthcare expenditures. Following this, the years with the highest impact of fossil fuels on healthcare expenditures were determined to be 2018 and 2016, respectively. These findings clearly highlight the adverse effects of fossil fuel use on healthcare expenditures in Türkiye, emphasizing the need for the adoption of sustainable energy policies. The study underscores the importance of policymakers developing strategies to enhance energy efficiency and reduce fossil fuel consumption.

**Keywords:** Fossil fuels, Healthcare expenditures, AHP, TOPSIS, Türkiye.



### Giriş

Fosil yakıtlar, sanayi devriminden bu yana küresel ekonomik büyüme için temel itici güç olmuştur. Ancak, fosil yakıtların yaygın kullanımı, sadece çevresel tahribata yol açmakla kalmamış, aynı zamanda halk sağlığı üzerinde de olumsuz etkiler yaratmıştır. Fosil yakıt tüketimi, doğrudan maruziyet yoluyla sağlık sorunlarına neden olurken, dolaylı olarak da sera gazı emisyonlarını artırarak iklim değişikliğine katkıda bulunmaktadır (Pachauri vd., 2014, ss. 7-9). Bu durum, ülkelerin sağlık sistemleri üzerindeki mali yükü artırmakta ve sağlık harcamalarını yükseltmektedir. Fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkileri, doğrudan ve dolaylı yollarla ortaya çıkmaktadır. Doğrudan etkiler, hastalıkların tedavi maliyetleri ve sağlık hizmetlerine erişim maliyetleri gibi faktörlerle ilişkilidir. Dolaylı etkiler ise, üretim kayıpları, iş gücü verimliliğindeki azalma ve uzun vadede ortaya çıkan kronik hastalıkların toplum üzerindeki yükü ile ilgilidir (Shindell vd., 2018, ss. 314-316). Ayrıca, fosil yakıtların yan ürünleri olan sera gazları, iklim değişikliğini tetikleyerek, su kaynakları ve gıda güvenliği gibi temel yaşam kaynaklarını tehdit etmekte, bu da uzun vadede sağlık harcamalarını daha da artırmaktadır (Haines vd., 2006, ss. 591-593). Türkiye'nin sağlık harcamalarının artış trendi, büyük ölçüde fosil yakıtların yoğun kullanımından kaynaklanan bu olumsuz etkilerle ilişkilendirilmektedir.

Bu çalışmada, Türkiye örneklem alınarak, fosil yakıt tüketimi, fosil yakıt teşvikleri, GSYİH ve fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının sağlık harcamaları üzerindeki etkileri analiz edilecektir. Analizin temel amacı, 2010-2021 yılları arasında Türkiye'deki fosil yakıt kullanımının sağlık harcamalarına olan etkilerini belirlemek ve bu süreçte fosil yakıtların rolünü ortaya koymaktır. Çalışma, fosil yakıtların

sağlık harcamalarına olan etkilerini daha iyi anlamak ve bu alanda politikaları yönlendirecek bilgi birikimini artırmak için önemli bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda çalışmanın motivasyonu karmaşık problemlerin çözümünde kullanılan AHP ve TOPSIS yöntemleri yardımıyla Türkiye için fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini, belirlenen kriterler ölçüsünde değerlendirmektir.

Araştırma, iki aşamalı bir metodolojik yaklaşım kullanacaktır. İlk aşamada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) kullanılarak değişkenlerin (fosil yakıt tüketimi, fosil yakıt teşvikleri, GSYİH, fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları) ağırlıkları (öncelikleri) belirlenecektir. AHP, çok kriterli karar verme sürecinde kullanılan etkili bir yöntemdir ve farklı kriterlerin göreceli önem derecelerini belirlemede kullanılır (Saaty, 1980, ss. 1-20). Bu aşamada, Türkiye'deki fosil yakıt kullanımı ve çevresel faktörlerin sağlık harcamalarına olan etkileri, uzman görüşlerine dayalı olarak önceliklendirilecektir.

İkinci aşamada, TOPSIS yöntemi kullanılarak, 2010-2021 dönemi için Türkiye'deki fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkisi değerlendirilecektir. TOPSIS, ideal çözüm ve negatif ideal çözüm arasındaki mesafeleri kullanarak alternatiflerin sıralanmasına olanak tanıyan birçok kriterli karar verme yöntemidir (Hwang & Yoon, 1981, ss. 69-81). Bu aşamada, belirlenen öncelikler doğrultusunda, Türkiye'de fosil yakıtların sağlık harcamalarına olan etkisi nicel olarak analiz edilecektir. Analiz sonuçları, fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini daha net bir şekilde ortaya koyacak ve bu etkilerin yıllar içindeki değişimini değerlendirecektir.

## A. LİTERATÜR TARAMASI

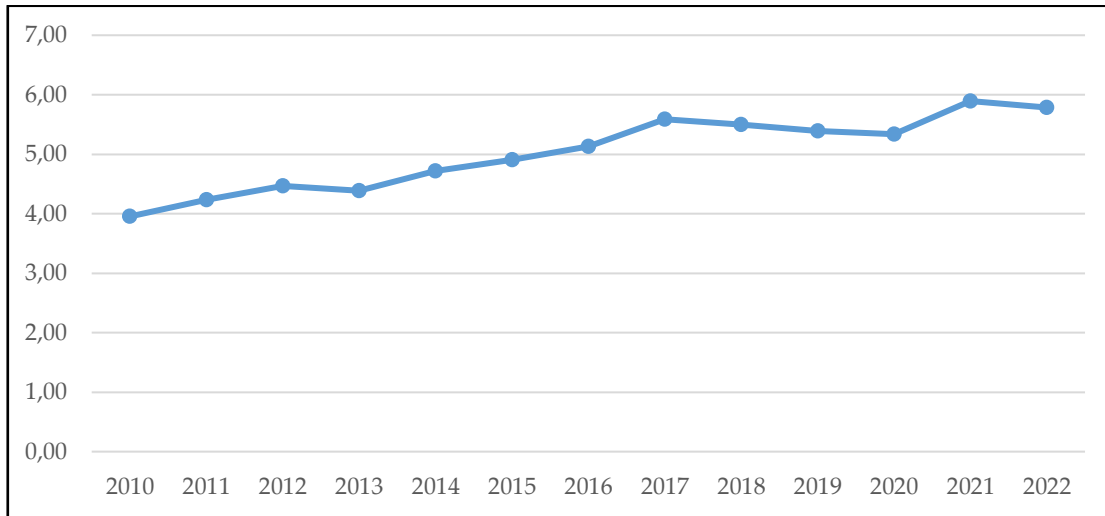
Fosil yakıtlar, modern ekonomilerin temel enerji kaynakları arasında yer almakta, ancak kullanımları çevresel ve sağlık açısından ciddi olumsuz etkilere yol açmaktadır. Bu olumsuz etkiler, özellikle fosil yakıtların yanma süreci sırasında ortaya çıkan kirleticiler aracılığıyla kendini göstermektedir. Partikül maddeler (PM), azot oksit (NO<sub>x</sub>) gibi kirleticiler, hava kalitesini olumsuz yönde etkileyerek toplumun genelinde solunum yolu hastalıkları, kalp hastalıkları ve kronik hastalıkların yaygınlaşması ile tedavi için yapılan harcamalar üzerinden sağlık harcamalarının artmasına yol açmaktadır.

Fosil yakıt teşvikleri, bu enerji kaynaklarının kullanımını ekonomik açıdan cazip hale getirirken, çevresel ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri de artırmaktadır. Bu teşvikler, fosil yakıt kullanımının devamını teşvik ederek, atmosfere yayılan zararlı maddelerin miktarını artırmakta ve hava kirliliğinin artmasına neden olmaktadır. Hava kirliliğinin artışı, sağlık hizmetlerine olan talebi ve dolayısıyla sağlık harcamalarını arttırmaktadır. Bu durum, sağlık sistemleri üzerinde uzun vadeli bir yük oluşturmakta ve fosil yakıt teşviklerinin devamlılığı konusunda ciddi endişeler yaratmaktadır. Sürdürülebilir enerji politikalarının benimsenmesi ve fosil yakıt teşviklerinin azaltılması, sağlık harcamalarının kontrol altına alınmasında kritik rol oynamaktadır. (Cohen vd., 2017, s. 1913; Sial vd., 2022, ss. 58380-58384).

Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH), bir ülkenin ekonomik büyüklüğünü gösteren temel bir gösterge olup, sağlık harcamaları genellikle GSYİH ile ilişkilendirilir (Newhouse, 1977). GSYİH'daki artış, genellikle sağlık hizmetlerine ayrılan kaynakların artmasına olanak tanımaktadır. Ancak fosil yakıt tüketimi gibi çevresel ve ekonomik faktörler, sağlık harcamaları üzerinde doğrudan ve dolaylı etkiler

yaratmaktadır. Fosil yakıtların ekonomik büyüme üzerindeki kısa vadeli pozitif etkileri, uzun vadede sağlık harcamalarının artmasına negatif etkileri söz konusudur (Shindell vd., 2018, ss. 322-324). Fosil yakıt tüketimi, aynı zamanda karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarının en büyük kaynağıdır ve bu emisyonlar, küresel ısınmanın ve iklim değişikliğinin başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. İklim değişikliği, aşırı hava olayları ve su kaynaklarının azalması gibi doğrudan ve dolaylı yollarla sağlık üzerinde olumsuz etkiler yaratmakta, bu durum sağlık harcamalarının artmasına neden olmaktadır. Örneğin, aşırı sıcak hava dalgaları kardiyovasküler hastalıkları tetikleyebilirken, su kaynaklarının azalması ve gıda güvenliğinin bozulması beslenme yetersizliklerine yol açabilmektedir (Haines vd., 2006, ss. 586-594; Lelieveld vd., 2019, ss. 7192-7197).

Fosil yakıtların çevresel ve sağlık üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde daha yoğun hissedilmektedir. Bu ülkelerde, fosil yakıtlara dayalı enerji politikalarının değişiklik göstermesi, sağlık harcamalarını uzun vadede artıran bir diğer faktördür. Fosil yakıtların kullanımının Türkiye'deki sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini değerlendiren çalışmalar, bu kaynakların çevresel ve halk sağlığı üzerindeki olumsuz sonuçlarını açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan hava kirliliği, solunum yolu hastalıkları ve kardiyovasküler hastalıklar gibi sağlık sorunlarına yol açarak sağlık harcamalarında ciddi artışlara neden olmaktadır. Buna ek olarak Türkiye'de yıllık yaklaşık 45 bin önlenebilir erken ölüm, hava kirliliğine atfedilmektedir (Güzel & Özer, 2022, s. 186). Ayrıca, fosil yakıtların sürekli kullanımı, çevre kirliliğini artırarak hem ekonomik hem de çevresel sürdürülebilirliğe zarar vermekte ve dolaylı olarak sağlık harcamalarını daha da artırmaktadır (Acar vd., 2014, s.93). Bu bağlamda, sağlık harcamalarında artışa yol açan fosil yakıt kullanımına ilişkin göstergelerden hareketle verilerin değerlendirilmesi önem arz etmektedir. Literatürdeki çalışmalardan hareketle Türkiye için fosil yakıtların sağlık harcamalarına etkilerinin değerlendirilmesinde fosil yakıt tüketimi, fosil yakıt teşvikleri, fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu ve GSYİH değişkenleri incelenecektir. Çalışma kapsamında Türkiye için 2010-2022 dönemine yönelik değerlendirme yapılacaktır. Grafik 1'de Türkiye'nin toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) tüketimi gösterilmektedir.

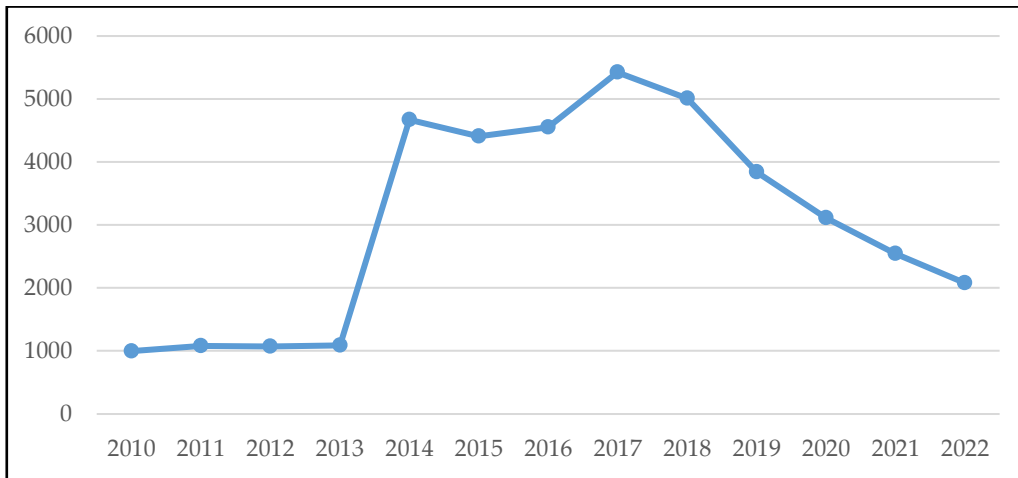


**Grafik 1.** Türkiye Toplam Fosil Yakıt Tüketimi (Exajoules)

**Kaynak:** Enerji Enstitüsü (2024)

2010-2022 yılları arasında Türkiye’de fosil yakıt tüketiminde genel bir artış eğilimi gözlemlenmiştir. Bu dönemde yılda ortalama 5,02 Exajoule fosil yakıt tüketimi gerçekleşmiştir. 2010 yılında 3.95 Exajoule olarak başlayan tüketim, 2011 yılında %7.1 artışla 4.24 Exajoule seviyesine yükselmiştir. Bu artış, Türkiye'nin ekonomik büyümesi ve sanayileşme sürecinin enerji talebini artırmasıyla ilişkilendirilebilir. 2017 yılında 5.59 Exajoule ile en yüksek seviyeye ulaşan fosil yakıt tüketimi, bu dönemde Türkiye'nin kömür başta olmak üzere yerel kaynakları destekleyen yerli enerji politikalarının bir yansıması olarak değerlendirilebilmektedir. 2018 yılında hafif bir düşüşle 5.50 Exajoule olarak kaydedilen fosil yakıt tüketimi; 2019 yılında 5.39 seviyesine gelmiştir. 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle yaşanan ekonomik durgunluk sonucu 5.34 Exajoule’e gerilemiştir. 2021 yılı itibarıyla Türkiye ekonomisinin toparlanmasıyla birlikte fosil yakıt tüketimi yeniden artarak 5.89 Exajoule'e yükselmiş, 2022 yılında ise enerji verimliliği önlemleri ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımındaki artışın etkisiyle 5.79 Exajoule olarak gerçekleşmiştir.

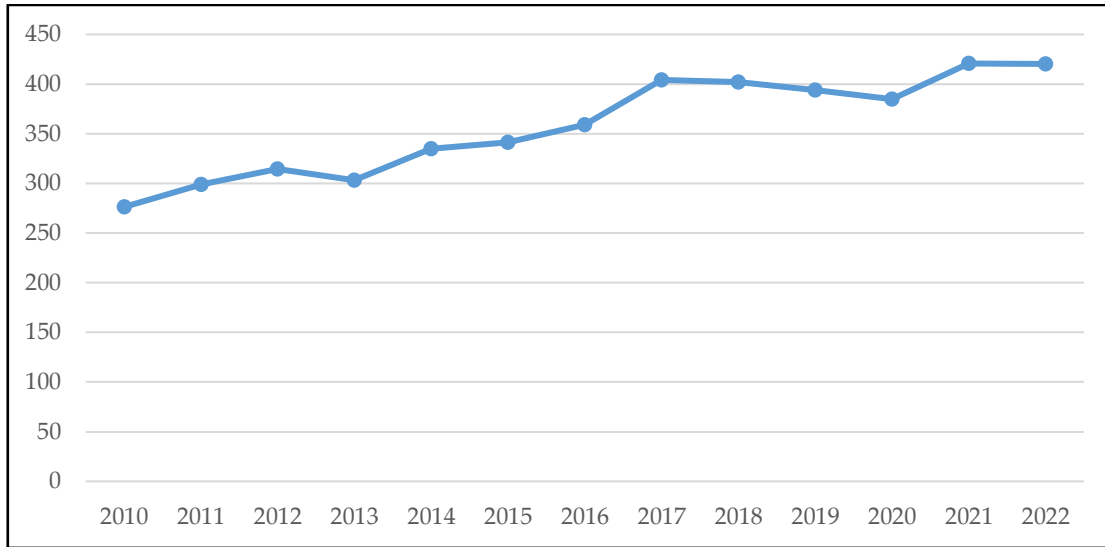
Grafik 2 de Türkiye’nin toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) teşviklerini göstermektedir. Türkiye’de fosil yakıt teşvikleri 2010-2022 yılları arasında belirgin dalgalanmalar göstermiştir. Bu dönemde yılda ortalama 3068 milyon USD fosil yakıt teşvikleri verilmiştir. 2010 yılında 998.11 milyon USD olarak başlayan teşvikler, 2013 yılında 1092.98 milyon USD’ye yükselmiştir. 2014 yılında teşviklerde büyük bir artış yaşanarak 4670.51 milyon USD’ye ulaşılmıştır; bu artış, enerji arz güvenliğini sağlama ve enerji maliyetlerini dengeleme çabalarının bir sonucu olarak değerlendirilebilir. 2017 yılında teşvikler 5422.99 milyon USD seviyesine çıkarak zirveye ulaşmış, bu artış Türkiye’nin enerji sektöründeki büyük yatırımları, yerli enerji politikalarının desteklenmesi ve sanayinin fosil yakıtlara olan bağımlılığının devam etmesiyle ilişkilendirilebilir. 2018 yılında teşvikler 5012.17 milyon USD’ye gerileyen fosil yakıt teşvikleri, 2019’dan itibaren düşüş eğilimine girerek, 2020 yılında COVID-19 pandemisinin etkisiyle 3112.60 milyon USD’ye gerilemiştir. 2021’de ise teşvikler, Türkiye'nin ekonomik toparlanma ve yeşil enerji politikalarına geçiş süreci ile 2544.21 milyon USD’ye düşmüştür. 2022 yılında ise teşvikler 2082.19 milyon USD’ye gerilemiş ve bu durum, Türkiye’nin sürdürülebilir enerji yatırımlarına verdiği önemin artmasıyla fosil yakıt teşviklerinin azalmakta olduğunu göstermektedir.



**Grafik 2.**Türkiye Toplam Fosil Yakıt Teşvikleri (Milyon USD)

**Kaynak:** FossilFuelSubsidyTracker (2024)

Grafik 3 de Türkiye’nin toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları gösterilmektedir. Türkiye’deki fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları 2010-2022 yılları arasında genel olarak artış eğilimi göstermiş, ancak bazı yıllarda dalgalanmalar yaşanmıştır. Bu dönemde yılda ortalama 358 milyon ton CO<sub>2</sub> emisyon açığa çıkmıştır. 2010 yılında 276.30 milyon ton olan CO<sub>2</sub> emisyonları, 2011 yılında %8.2 artışla 298.83 milyon tona yükselmiştir. 2012 yılında CO<sub>2</sub> emisyonları 314.44 milyon tona ulaşmış, enerji talebindeki artış ve kömür kullanımındaki yükseliş bu durumu desteklemiştir. 2013 yılında emisyonlar hafif bir gerileme ile 303.29 milyon ton olarak kaydedilmiştir. 2014 yılında emisyonlar yeniden artış göstererek 335.14 milyon tona çıkmış, 2017 yılında emisyonlar önemli bir artışla 404.18 milyon tona çıkmış ve bu durum, Türkiye’de fosil yakıt tüketimindeki artışla paralel olarak açıklanabilir. 2018 yılında hafif bir düşüşle 401.85 milyon ton olarak gerçekleşen emisyonlar, 2019 yılında 393.99 milyon tona gerilemiştir. 2020 yılında ise COVID-19 pandemisinin ekonomik faaliyetleri yavaşlatması sonucu emisyonlar 384.64 milyon ton olarak kaydedilmiştir. 2021 yılında ekonomik toparlanma ile emisyonlar yeniden artarak 420.73 milyon tona ulaşmıştır. 2022 yılında ise son olarak 420.40 milyon ton olarak gerçekleşmiştir.

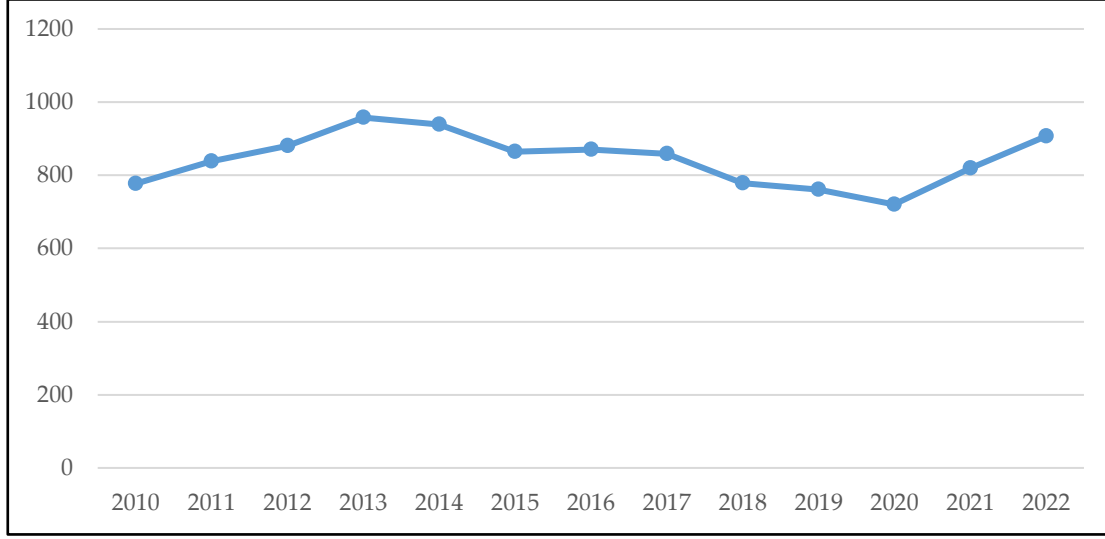


**Grafik 3.**Türkiye Toplam Fosil Yakıt Kaynaklı CO<sub>2</sub> Emisyon (Milyon Ton)

**Kaynak:** Enerji Enstitüsü (2024)

Grafik 4 de Türkiye’nin cari olarak Gayri Safi Yurt İçi Hasıla değerleri gösterilmektedir. 2010-2022 yılları arasında Türkiye’nin Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) verileri genel olarak artış eğilimi göstermekte, ancak belirli dönemlerde ekonomik dalgalanmalar yaşandığı görülmektedir. Bu dönemde ortalama GSYİH 844 Milyar USD olarak gerçekleşmiştir. 2010 yılında 776.97 milyar USD olan GSYİH, 2013 yılında 957.80 milyar USD seviyesine kadar yükselmiştir. 2013 yılından sonra, özellikle iç politik belirsizlikler, küresel ekonomik belirsizlikler ve likidite koşulları Türkiye’deki ekonomik yavaşlama gibi etkenlere bağlı olarak GSYİH düşme eğilimi göstermiştir. 2013-2019 yılları arasında Türkiye’de yaşanan politik belirsizlikler, yaşanan terör saldırıları, darbe girişimi, politik ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak Türk Lirası’nın hızla değer kaybetmesi sonucu GSYİH, 2019 yılında 761.01 milyar USD seviyesine gelmiştir. 2020 yılında ise COVID-19 pandemisinin etkisiyle ekonomik faaliyetlerdeki yavaşlama

sonucunda 720.34 milyar USD'ye gerilemiştir. 2021 yılında Türkiye ekonomisinin toparlanmasıyla birlikte GSYİH 819.87 milyar USD'ye yükselmiş ve 2022 yılında 907.12 milyar USD olarak kaydedilmiştir. Bu artış, ekonomik canlanma, ihracatın artışı ve hizmet sektöründeki toparlanmayla açıklanabilir.



**Grafik 4.** Türkiye Toplam Cari GSYİH (Milyar USD)

**Kaynak:** Dünya Bankası (2024)

Çalışma kapsamında çok kriterli karar verme yöntemlerine ilişkin literatür taraması yapılmıştır. Literatürdeki çalışmalar, çok kriterli karar verme yöntemlerinden hareketle çalışmaların amaçlarına yönelik belirlenen göstergeleri önceliklendirilme(ağırlıklandırma) ve sıralama imkânı elde etmişlerdir. Bu doğrultuda karmaşık problemlerin çözümüne yönelik değerlendirmeler yapılmıştır.

Chatzimouratidis ve Pilavachi (2008), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın temel amacı, mevcut fosil yakıtlı, nükleer ve yenilenebilir enerjiye dayalı 10 farklı enerji santralini yerel toplulukların yaşam standartlarına etkileri açısından değerlendirmektir. Bu kapsamda, enerji santrallerinin hem olumlu hem de olumsuz etkileri analitik hiyerarşi süreci (AHP) kullanılarak incelenmiştir. Çalışmada, enerji santrallerinin işletiminden kaynaklanan çevresel ve sosyoekonomik etkilerin yaşam kalitesine olan etkileri değerlendirirken, özellikle yerel toplulukların yaşam standartları üzerindeki genel etkilerini analiz etmek amaçlanmıştır. Araştırmada 14 farklı kriter kullanılmış olup, bu kriterler yaşam kalitesi ve sosyoekonomik faktörler olarak iki ana kategoriye ayrılmıştır. Analizler, AHP yöntemi ile gerçekleştirilmiş ve duyarlılık analizi ile farklı kriter ağırlıklarının sonuçlara etkisi incelenmiştir. Sonuçlar, yenilenebilir enerji santrallerinin, özellikle jeotermal ve rüzgar santrallerinin, yaşam standartları üzerinde en olumlu etkiye sahip olduğunu ortaya koymuştur. Nükleer santraller, yaşam kalitesine öncelik verildiğinde altıncı sırada yer alırken, sosyoekonomik faktörlerin daha önemli olduğu durumlarda son sırada yer almıştır. Fosil yakıtlı santraller ise genellikle daha düşük sıralarda değerlendirilmiştir.

Sliogeriene vd. (2012), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Litvanya'daki enerji üretim teknolojilerinin çok kriterli değerlendirme yöntemleri kullanılarak analiz edilmesidir. Çalışmada, fosil

yakıt fiyatlarındaki artış ve enerji güvenliği sorunları nedeniyle Litvanya'nın enerji stratejilerini gözden geçirerek en uygun enerji üretim teknolojilerini belirlemek hedeflenmiştir. Bu değerlendirme sürecinde ekonomik, çevresel, sosyal ve teknolojik kriterler ele alınmış, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ve ARAS (*Additive Ratio Assessment*) yöntemleri kullanılarak bu teknolojiler karşılaştırılmıştır. Araştırmanın bulguları, nükleer enerji santralının Litvanya'nın enerji üretiminde en uygun seçenek olduğunu, biyokütle enerji santralının ise yenilenebilir enerji kaynakları arasında en yüksek önceliğe sahip olduğunu göstermektedir.

Aplak ve Sogut (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, enerji yönetimi karar süreçlerinde sanayi sektörü ve çevre arasındaki etkileşimleri oyun teorisi yaklaşımı ile analiz etmektir. Çalışmada, sanayi ve çevre iki farklı oyuncu olarak ele alınmış ve bu oyuncuların enerji politikalarını yönetme stratejileri incelenmiştir. Çalışmada, çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri kullanılarak her iki oyuncunun stratejileri analiz edilmiş ve oyun teorisi çerçevesinde bir oyun ödeme matrisi oluşturulmuştur. Sonuçlara göre, yenilenebilir enerji kullanımı stratejisi sanayi için en uygun seçenek olarak belirlenmiş ve çevre bu duruma koruma refleksi ile yanıt vermiştir. Bu denge noktasında, her iki oyuncu da en fazla faydayı elde etmektedir. Çalışma, sanayi ve çevre arasındaki dengeyi korumanın, sürdürülebilir enerji politikaları oluşturmak için kritik olduğunu ortaya koymuştur.

Toossi vd. (2013), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Birleşik Krallık'ın enerji sistemlerinin dönüşümüne yönelik politika oluşturma süreçlerinde kullanılmak üzere Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) tabanlı bir karar modeli geliştirmektir. Araştırmada, AHP yöntemi kullanılarak farklı enerji geçiş senaryoları değerlendirilmiş ve bu senaryolar arasındaki öncelikler belirlenmiştir. Bulgular, merkezi enerji üretim sistemlerinin güvenilir ve sağlam olduğunu, ancak düşük verimlilik gösterdiğini; dağıtılmış enerji sistemlerinin ise güvenlik ve güvenilirlik açısından avantaj sağladığını ancak tam anlamıyla uygulanabilir olmadığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak, merkezi ve dağıtılmış enerji sistemlerinin en iyi özelliklerini bir araya getiren hibrit modellerin gelecekteki enerji geçişinde kritik bir rol oynayabileceği vurgulanmıştır.

Saini vd. (2016), tarafından yapılan çalışmanın amacı, Hindistan'daki Jharia kömür sahasında kömür madenciliğinin çevresel etkilerini analiz etmek ve bu etkilerin çevresel bozulmalara nasıl yol açtığını belirlemektir. Araştırmada, Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemi kullanılarak bu çevresel parametreler arasında karşılaştırmalar yapılmış ve her bir parametrenin çevresel kalite üzerindeki etkisi derecelendirilmiştir. Bulgular, kömür madenciliği faaliyetlerinin en çok hava kalitesini etkilediğini, ardından su, toprak, arazi kullanımı ve bitki örtüsü üzerindeki etkilerin geldiğini göstermektedir. Özellikle madencilik faaliyetlerinden kaynaklanan toz ve gaz emisyonları, bölgedeki çevresel bozulmanın ana kaynağı olarak tespit edilmiştir. Bu bulgular, Hindistan'daki kömür madenciliği faaliyetlerinin çevresel etkilerini azaltmak için mevcut madencilik politikalarının gözden geçirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

Ahmad vd. (2017), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Kazakistan'da elektrik üretimi için yenilenebilir ve nükleer enerji kaynaklarını değerlendirmek ve bu kaynakları çeşitli kriterler doğrultusunda önceliklendirmek için bir analitik hiyerarşi süreci (AHP) modeli geliştirmektir. Araştırmada, AHP yöntemi kullanılmıştır. Analiz sonucunda, hidroelektrik enerji kaynaklarının



Kazakistan için en uygun alternatif olduğu belirlenmiştir. Bunu sırasıyla güneş, rüzgar ve nükleer enerji kaynakları izlemiştir. Biyokütle ise en az tercih edilen kaynak olarak değerlendirilmiştir. Ayrıca, her bir enerji kaynağının belirli kriterlere göre daha avantajlı olduğu tespit edilmiştir; hidroelektrik sosyal açıdan, güneş enerjisi ekonomik açıdan, nükleer enerji ise teknik açıdan en uygun kaynaklar olarak öne çıkmıştır.

Baysal ve Çetin (2018), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Türkiye'deki enerji kaynaklarını önceliklendirerek yenilenebilir enerji kaynakları için yatırım planlaması yapmaktır. Bu amaç doğrultusunda, Türkiye'nin 2023 hedeflerine uygun olarak hangi enerji santrallerinin artırılması gerektiğini belirlemek için çok hedefli Karışık Tamsayılı Doğrusal Programlama (MILP) modeli kullanılmıştır. Çalışma, yenilenebilir enerji santralleri ile fosil yakıt tabanlı santralleri değerlendirerek, bu tesislerin çevresel etkileri, sermaye maliyetleri, alan gereksinimleri ve sağladığı istihdam gibi kriterler doğrultusunda önceliklendirilmesini hedeflemiştir. Araştırmada Bulanık AHP kullanılmıştır. Ayrıca Türkiye'nin kurulu kapasitesi, enerji üretimi ve 2023 hedefleri göz önünde bulundurularak hedef programlama yöntemi uygulanmıştır. Çalışmanın bulguları, rüzgar enerji santralının Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olduğunu, bunu sırasıyla hidroelektrik ve güneş enerji santrallerinin takip ettiğini göstermiştir. Ayrıca, 2023 hedeflerine göre, güneş enerji santrallerinin yatırımlarının öncelikli olması gerektiği belirlenmiştir.

Aryanpur vd. (2019), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, İran'da enerji planlamasına genel bir bakış sunmak ve sürdürülebilir bir elektrik arz sektörüne geçiş yollarını değerlendirmektir. Çalışmada, 2015-2050 dönemi için gelecekteki elektrik senaryolarının sürdürülebilirliğini değerlendirmek amacıyla bir güç planlama çerçevesi önerilmiştir. Araştırmada, enerji arz sistemlerinin sürdürülebilirliğini değerlendirmek için çok kriterli karar verme (MCDM) yöntemleri kullanılmış ve senaryolar MESSAGE modeliyle optimize edilip, ardından AHP-TOPSIS gibi teknikler kullanılarak sıralanmıştır. Sonuçlar, %32 oranında yenilenebilir enerji içeren senaryonun en iyi senaryo olduğunu ve 2050 yılında küresel ısınma potansiyelinde %23'lük bir azalma öngördüğünü göstermektedir. Bu bulgular, İran'da sürdürülebilir enerji politikaları oluşturmanın, uzun vadeli planlamalarla daha etkili hale geleceğini ortaya koymaktadır.

Narayanamoorthy vd. (2021), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, sera gazı emisyonlarının azaltılması amacıyla alternatif yakıtların seçimini optimize etmek için DEMATEL ve COPRAS yöntemlerini kullanmaktır. Araştırmada, DEMATEL yöntemi ile kriterlerin ağırlıkları hesaplanmış, COPRAS yöntemi ile bu alternatifler sıralanmıştır. Çalışmanın bulguları, doğal gazın en iyi alternatif yakıt olarak belirlendiğini ve onu sırasıyla propan, biyodizel, elektrik ve etanolün takip ettiğini göstermektedir. Bu bulgular, sera gazı emisyonlarını azaltmada hangi yakıtların daha etkili olabileceğine dair önemli bilgiler sunmaktadır.

Solangi vd. (2020), gerçekleştirdiği çalışma, Türkiye'de sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının değerlendirilmesi için entegre bir bulanık karar verme metodolojisi geliştirmeyi amaçlamaktadır. Yöntem olarak, Delphi yöntemi, bulanık analitik hiyerarşi süreci (FAHP) ve bulanık ağırlıklı toplu toplam ürün değerlendirme (FWASPAS) yöntemleri kullanılarak, Türkiye'de elektrik üretimi için yenilenebilir enerji kaynakları değerlendirilmiştir. Bulgular,

politik kriterlerin en etkili faktör olduğunu, ekonomik ve teknik kriterlerin ise bunu takip ettiğini göstermektedir. Ayrıca, rüzgar enerjisinin Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağı olduğu belirlenmiştir.

Saini vd. (2021), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın temel amacı, Çin'in Rujigou kömür sahasında çevresel kaliteyi değerlendirmek için Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) yöntemini kullanarak kömür madenciliği faaliyetlerinin çevre üzerindeki etkilerini analiz etmektir. Araştırmada, AHP yöntemi kullanılarak çevresel parametreler arasında karşılaştırmalar yapılmış ve her bir parametrenin çevresel kalite üzerindeki etkisi derecelendirilmiştir. Ayrıca, alan çalışmaları ve literatür taramalarıyla desteklenen saha incelemeleri gerçekleştirilmiştir. Bulgulara göre, kömür madenciliği faaliyetlerinin en çok hava kalitesini etkilediği, ardından sırasıyla toprak, su, arazi kullanımı ve bitki örtüsü üzerindeki etkilerin geldiği belirlenmiştir. Bu bulgular, kömür madenciliğinin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini minimize etmek için daha etkin yönetim stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini göstermektedir.

Raihan vd. (2022), Bangladeş'teki karbon emisyonları, enerji kullanımı ve sağlık harcamaları arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmada, fosil yakıt tüketimi ve yenilenebilir enerji kullanımı ile sağlık harcamaları üzerindeki etkileri analiz etmişlerdir. Araştırma, 2000-2020 yıllarına ait zaman serisi verilerini kullanarak Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) yöntemiyle uzun vadeli ilişkileri analiz etmiştir. Ayrıca, Eşbütünleşme ve Granger Nedensellik testleri kullanılarak kısa vadeli ilişkiler de değerlendirilmiştir. Bulgulara göre, karbon dioksit (CO<sub>2</sub>) emisyonlarındaki %1'lik bir artış, sağlık harcamalarını %0,95 oranında artırırken, fosil yakıt enerji kullanımındaki %1'lik bir artış, sağlık harcamalarını %2,67 oranında artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kullanımındaki %1'lik artış ise sağlık harcamalarını %1,44 oranında azaltmaktadır. Sonuç olarak, çevresel kirliliğin ve fosil yakıt tüketiminin sağlık harcamaları üzerinde olumsuz etkileri olduğu, buna karşılık yenilenebilir enerji kullanımının sağlık harcamalarını azaltarak çevresel kaliteyi iyileştirdiği bulunmuştur. Bu bulgular, çevresel sürdürülebilirlik politikalarının halk sağlığını koruma ve sağlık harcamalarını azaltma açısından kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

Rehman vd. (2022), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, dünyanın en büyük üç enerji tüketicisi ve CO<sub>2</sub> emisyon kaynağı olan Çin, Hindistan ve ABD'de rüzgar ve güneş enerjisi üretimi ile ekonomik kalkınma, fosil yakıt tüketimi ve CO<sub>2</sub> emisyonları arasındaki ilişkileri incelemektir. Araştırmada, Gri İlişkisel Analiz (GRA) ve Gri-TOPSIS yöntemleri kullanılarak CO<sub>2</sub> emisyonları üzerindeki etkiler belirlenmiş ve bu faktörlerin sıralanması gerçekleştirilmiştir. Bulgular, Hindistan ve Çin'in ekonomik kalkınma ivmelerinin diğer ülkelere göre yüksek olması (aynı zamanda nüfus etkisi) ve yeterince yenilenebilir enerjiye geçilemediğinden fosil yakıt tüketimi yüksektir. Bundan dolayı, küresel karbon emisyonundaki payları da diğer ülkelerin üzerindedir. Ayrıca, rüzgar ve güneş enerjisi üretiminin Çin ve ABD'de karbon emisyonlarını azaltmada önemli bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. G-TOPSIS analizi, rüzgar enerjisi üretiminin CO<sub>2</sub> emisyonlarını azaltmada en etkili faktör olduğunu ortaya koymuştur.

Lin vd. (2023), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, OECD üyesi ülkelerin enerji verimliliği ve çevresel performanslarını değerlendirmek için hibrit bir model geliştirmektir. Bu model, Veri Zarflama Analizi (DEA) ve modifiye edilmiş TOPSIS-AL tekniklerini birleştirerek, ülkelerin enerji

tüketimi ile çevresel etkilerini daha kapsamlı bir şekilde analiz etmeyi hedeflemektedir. Araştırmada, DEA yöntemi kullanılarak her bir ülkenin verimliliği için ağırlıklar elde edilmiştir. Bu ağırlıklar, modifiye edilmiş TOPSIS-AL yöntemi ile birleştirilerek, ülkelerin enerji ve çevresel performansları sıralanmıştır. Sonuçlar, OECD üyesi ülkeler arasında enerji verimliliği ve çevresel performans açısından önemli farklılıklar olduğunu göstermektedir.

Yontar (2023), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, Türkiye'de yenilenebilir enerji kaynaklarının seçimi için SEM-COPRAS yöntemini kullanarak entegre bir çözüm geliştirmektir. Araştırmada, ekonomik, sosyal, çevresel, firma yetkinliği ve teknik olmak üzere beş ana boyut altında yenilenebilir enerji kaynaklarının seçiminde belirleyici faktörler değerlendirilmiştir. Çalışmada, yapısal eşitlik modellemesi (SEM) kullanılarak kriterlerin ağırlıkları belirlenmiş, ardından COPRAS yöntemi ile Türkiye'deki çeşitli yenilenebilir enerji kaynakları sıralanmıştır. Bulgular, Türkiye için en uygun yenilenebilir enerji kaynağının güneş enerjisi olduğunu ve bunu sırasıyla jeotermal, hidroelektrik, rüzgar ve biyokütle enerjisinin takip ettiğini göstermektedir.

Esmaili vd. (2024), tarafından gerçekleştirilen çalışmanın amacı, İran'ın enerji güvenliğini değerlendirmek ve analiz etmek için DPSIR (Sürücü Kuvvetler, Baskılar, Durumlar, Etkiler ve Tepkiler) çerçevesini kullanmaktır. Çalışma, enerji güvenliğinin ekonomik kalkınma üzerindeki etkilerini incelemeyi ve sürdürülebilir enerji politikaları oluşturmak için bir model geliştirmeyi hedeflemektedir. Araştırmada, enerji güvenliğini etkileyen faktörler beş ana boyutta ele alınmıştır. 2012-2021 dönemini kapsayan çalışmada, DPSIR çerçevesi ile analiz yapılmış ve TOPSIS modeli ile entropi ağırlıklandırma yöntemi uygulanmıştır. Sonuçlar, İran'ın enerji güvenliğinin 2012'den 2021'e kadar genel olarak olumlu bir seyir izlediğini, ancak fosil yakıtlara bağımlılık, çevresel kirlilik ve uluslararası yaptırımlar gibi faktörlerin enerji güvenliğini tehdit ettiğini göstermiştir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Çok kriterli karar verme yöntemlerine ilişkin literatür incelendiğinde fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini değerlendiren bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu doğrultuda karmaşık problemlerin çözümünde belirlenen kriterlerle değerlendirme yapan literatürdeki çalışmalardan hareketle (Lin vd. (2023), Aryanpur vd. (2019) ve Chatzamouratidis & Pilavachi (2008)), ve uzman kişilerin görüşleri alınarak, çalışmanın amacı doğrultusunda literatüre katkı yapılması hedeflenmiştir.

## B. YÖNTEM

Çalışmada kapsamında fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHP ve TOPSIS yöntemleri kullanılmıştır.

Fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan değişkenler: toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) tüketimi, toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) teşvikleri, toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) kaynaklı CO2 emisyonu, toplam cari GSYİH olarak belirlenmiştir. Bu değişkenlerle öncelikle AHP yöntemiyle önceliklendirme (ağırlıklandırma) yapılacaktır. Daha sonra Türkiye için 2010-2022 dönemine ilişkin toplam fosil yakıt tüketimi ve toplam fosil yakıt kaynaklı CO2 emisyonu Enerji Enstitüsü; toplam fosil yakıt teşvikleri

FossilFuelSubsidyTracker; toplam cari GSYİH ise Dünya Bankası veri tabanından elde edilen verilerle TOPSIS yöntemi yardımıyla her bir yıla ilişkin sıralama yapılacaktır. Çalışma enerji kaynakları ve sağlık harcamaları üzerine akademik çalışmalar yapan uzman kişilerin Türkiye için bilgi birikimi ve tecrübelerine dayanarak yaptığı objektif değerlendirmeler çerçevesinde oluşturulmuştur. Çalışma kapsamında belirlenen değişkenlere ilişkin verilerin elde edilmesine göre 2010-2022 dönemi belirlenmiştir.

### 1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), çok kriterli karar verme süreçlerinde kullanılan, karar vericilerin karmaşık problemleri daha basit alt problemlere ayırarak çözmelerine olanak tanıyan bir yöntemdir. AHP, Thomas L. Saaty tarafından geliştirilmiştir ve karar verme sürecinde her bir kriterin göreceli önemini belirlemek amacıyla hiyerarşik bir yapı kullanılmaktadır (Dağdeviren vd., 2004, ss. 132-133; Ishizaka & Labib, 2011, ss. 14337-14339; Saaty, 1980, ss. 1-20; Ünal, 2011, ss. 4-6).

Adımlar:

**Problem Tanımı ve Hiyerarşi Yapısının Oluşturulması:** İlk adım, karar verme probleminin tanımlanması ve bu probleme ilişkin kriterler ile alternatiflerin hiyerarşik bir yapıya yerleştirilmesidir. Hiyerarşinin en üst seviyesinde genel hedef yer almaktadır, alt seviyelerde ise kriterler ve alt kriterler bulunmaktadır. En alt seviyede ise değerlendirme yapılacak olan alternatifler yer almaktadır.

**Kriterlerin Karşılaştırılması ve Önceliklerin Belirlenmesi:** Her bir kriterin önem derecesi, ikili karşılaştırmalar yoluyla belirlenmektedir. Bu karşılaştırmalar, karar vericilerin uzmanlıklarına ve tecrübelerine dayalı olarak yapılır ve bir ölçek kullanılarak sayısal değerlere dönüştürülmektedir.

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & 1 & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \frac{1}{a_{2n}} & \dots & 1 \end{bmatrix}$$

Burada A karşılaştırma matrisini,  $a_{ij}$  ise i kriterinin j kriterine göre önemini ifade etmektedir.

**Öncelik Vektörünün Hesaplanması:** Karşılaştırma matrisi kullanılarak, her bir kriterin göreceli önemi hesaplanmaktadır. Bu işlem, özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) hesaplaması yoluyla yapılmaktadır. Öncelik vektörü, matrisin normalleştirilmesiyle elde edilmektedir.

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n a_{ij}}{n}$$

Burada  $w_i$  kriterin ağırlığını göstermektedir.

**Tutarlılık Oranının Hesaplanması:** Karar verme sürecinde yapılan karşılaştırmaların tutarlılığını ölçmek için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının kabul edilebilir bir düzeyde

olması, karar vericinin tutarlı karşılaştırmalar yaptığını göstermektedir. Tutarlılık oranı şu formül ile hesaplanmaktadır:

$$CR = \frac{CI}{RI}$$

Burada, CI tutarlılık indeksini, RI ise rastgele tutarlılık indeksini ifade etmektedir.

Alternatiflerin Değerlendirilmesi ve Karar Verilmesi: Son adımda, alternatifler öncelik vektörlerine göre değerlendirilmekte ve en yüksek ağırlığa sahip olan alternatif seçilmektedir.

## 2. TOPSIS Yöntemi

TOPSIS, çok kriterli karar verme süreçlerinde, her bir alternatifin ideal çözüm ve negatif ideal çözüm arasındaki uzaklıklarını hesaplayarak alternatifleri sıralayan bir yöntemdir. Bu yöntem, alternatiflerin pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklarının değerlendirilmesiyle çalışmaktadır. En iyi alternatif, ideal çözüme en yakın ve negatif ideal çözüme en uzak olan olarak belirlenmektedir (Behzadian vd., 2012, s. 13052; Çetin, 2022, ss. 646-648; Hwang & Yoon, 1981, ss. 69-81; Shukla vd., 2017, ss. 5323-5325; Uygurtürk & Korkmaz, 2012, ss. 103-105).

Adımlar:

Karar Matrisi Oluşturma: İlk adımda, alternatiflerin her bir kriterdeki performansını gösteren karar matrisi X oluşturulur. Bu matris, alternatifler ve kriterler arasındaki ilişkinin sayısal olarak ifade edildiği bir matriste gösterilmektedir.

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1m} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2m} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nm} \end{bmatrix}$$

Burada  $x_{ij}$  i-inci alternatifin j-inci kriterdeki performansını ifade etmektedir.

Karar Matrisinin Normalize Edilmesi: Karar matrisindeki değerler, farklı birimlerin etkisini ortadan kaldırmak için normalize edilmektedir. Normalize edilmiş karar matrisi R şu formül kullanılarak hesaplanmaktadır:

$$r_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sqrt{\sum_{i=1}^n x_{ij}^2}}$$

Burada  $r_{ij}$ , normalize edilmiş karar matrisindeki elemanı ifade etmektedir.

Ağırlıklı Normalize Matrisin Oluşturulması: Kriterlerin önem derecesini yansıtmak için normalize matris ağırlıklandırılır. Ağırlıklı normalize matris  $V$ , aşağıdaki formülle elde edilmektedir:

$$v_{ij} = w_j \cdot r_{ij}$$

Burada  $w_j$ ,  $j$ -inci kriterin ağırlığını,  $v_{ij}$  ise ağırlıklı normalize matrisin elemanını ifade etmektedir.

Pozitif ve Negatif İdeal Çözümlerin Belirlenmesi: Pozitif ideal çözüm  $A^+$  ve negatif ideal çözüm  $A^-$ , her bir kriter için en iyi ve en kötü değerleri içeren çözüm vektörleri olarak ifade edilmektedir. Bu çözüm vektörleri şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$A^+ = \{\max(v_{ij})|j \in J\}, \quad A^- = \{\min(v_{ij})|j \in J\}$$

Burada  $J$ , fayda kriterlerini ifade etmektedir.

İdeal Çözüme ve Negatif İdeal Çözüme Uzaklıkların Hesaplanması: Her bir alternatifin pozitif ideal çözüm  $D_i^+$  ve negatif ideal çözüme  $D_i^-$  olan uzaklıkları hesaplanmaktadır:

$$D_i^+ = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - A_j^+)^2}, \quad D_i^- = \sqrt{\sum_{j=1}^m (v_{ij} - A_j^-)^2}$$

Burada  $D_i^+$  ve  $D_i^-$ ,  $i$ -inci alternatifin pozitif ve negatif ideal çözümlere olan uzaklıklarını ifade etmektedir.

İdeal Çözüme Göre Yakınlık Oranının Hesaplanması: Son olarak, her bir alternatifin pozitif ideal çözüme olan yakınlık oranı  $C_i^*$  hesaplanmaktadır. Bu oran, alternatiflerin sıralanmasında kullanılmaktadır:

$$C_i^* = \frac{D_i^-}{D_i^+ + D_i^-}$$

Burada  $C_i^*$  değeri, 1'e ne kadar yakınsa alternatifin o kadar iyi olduğunu göstermektedir.

## C. BULGULAR

### 1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) Sonuçları

Türkiye'de fosil yakıtların (kömür, petrol ve doğalgaz) sağlık harcamaları üzerindeki etkilerini değerlendiren bu çalışmada, kriterlerin ağırlıklandırılması sürecinde derinlemesine bir analiz yapılabilmesi için bu alanda akademik çalışmalar yapan 4 kişilik bir grup oluşturulmuştur. Bu uzmanlar, enerji kaynakları ve sağlık harcamaları üzerine akademik çalışmalar yapan kişilerden seçilmiştir. AHP yöntemi kapsamında gerçekleştirilen değerlendirmeler, bu uzmanların bilgi birikimi ve tecrübelerine dayanarak yapılmıştır. Uzman grubu, kriterlerin önem derecelerini belirlemek için sistematik bir yaklaşım benimseyerek, objektif ve güvenilir sonuçlar elde edilmesine katkıda bulunmuştur. Bu şekilde elde edilen veriler hem akademik araştırmalara hem alan uygulamalarına önemli katkılar sunmaktadır.

Buna bağlı olarak Türkiye için fosil yakıtların sağlık harcamalarına etkisinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlere ilişkin değerlendirme sonuçları Tablo 1’de gösterilmektedir.

**Tablo 1.** Kriterlerin İkili Karşılaştırılması ve Ağırlıkları

Kriterler	Fosil Yakıt Tüketimi	Fosil Yakıt Teşvikleri	Fosil yakıt kaynaklı CO <sub>2</sub>	GSYİH	Öncelik (%)
Fosil Yakıt Tüketimi	1	3	5	1	%39,6
Fosil Yakıt Teşvikleri	0,33	1	5	0,50	%19,5
Fosil yakıtlar kaynaklı CO <sub>2</sub>	0,20	0,20	1	0,20	%6
GSYİH	1	2	5	1	%34,9

CR (Tutarlılık Oranı):4,3

Kriterler için yapılan ikili karşılaştırma matris sonuçları incelendiğinde Tutarlılık oranının (CR) literatürde önerilen %10 seviyesinin altında olduğu görülmektedir. Bu nedenle sonuçların tutarlı olduğu kabul edilmektedir.

AHP yöntemiyle fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan kriterlerin ikili karşılaştırılması ile elde edilen önem ağırlıkları Tablo.1 de gösterilmektedir. AHP yöntemi sonuçlarına göre her bir kriterin farklı ağırlıkları, fosil yakıtların sağlık harcaması üzerindeki etkilerinin incelenmesinde hangi kriterin daha fazla dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Fosil yakıt tüketimi kriteri %39,6 ağırlıkla en yüksek önceliğe sahip kriter olarak tespit edilmiştir. Bu fosil yakıt tüketiminin sağlık harcamalarını etkisinde kritik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Ardından Gayri Safi Yurt İçi Hasıla kriteri %34,9 oranında sağlık harcamalarını etkileyen diğer önemli bir kriter olarak belirlenmiştir. Fosil yakıt teşvikleri kriteri ise %19,5 oranında ve Fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyon kriteri ise %6 oranında fosil yakıtların sağlık harcamalarını etkilediği bulunmuştur.

## 2. TOPSIS Sonuçları

Türkiye’nin 2010-2022 yıllarına ait fosil yakıtların sağlık harcamalarına etkileri aşağıdaki denklem yardımıyla ifade edilmektedir.

$SH(i) = W1$  Toplam Fosil Yakıt Tüketimi(exajoules)+ $W2$  Toplam Fosil Yakıt Teşvikleri (milyon USD) + $W3$  Toplam Fosil Yakıt Kaynaklı CO<sub>2</sub> Emisyon (milyon ton) +  $W4$  Toplam Cari GSYİH (milyar USD)

$$i=(1,2,3\dots)$$

Bu denklemde fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkilerinin değerlendirilmesinde toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) tüketimi, toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) teşvikleri, toplam fosil yakıt (kömür, petrol ve doğalgaz) kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonu, toplam cari GSYİH değişkenleri kullanılmıştır. Belirlenen değişkenler dışındaki diğer değişkenlerin sabit olduğu varsayılmıştır. Buna göre değişkenlere ilişkin karar matrisi, bu verilerin 2010-2022 yılları arasındaki değerlerinden oluşturulmuştur. Oluşturulan karar matrisi Tablo 2’de gösterilmektedir.

**Tablo 2.** Yıllara Göre Fosil Yakıt Değişkenlerine İlişkin Karar Matrisi

Yıllar	Toplam Fosil Yakıt Tüketimi (exj)	Toplam Fosil Yakıt Teşvikleri (milyon USD)	Toplam Fosil Yakıt Kaynaklı CO <sub>2</sub> (milyon ton)	Toplam Cari GSYİH (milyar USD)
2010	3,95	998,11	276,30	776,97
2011	4,24	1081,96	298,83	838,79
2012	4,47	1072,02	314,44	880,56
2013	4,39	1092,98	303,29	957,80
2014	4,72	4670,51	335,14	938,93
2015	4,90	4408,41	341,13	864,31
2016	5,13	4549,74	359,19	869,68
2017	5,59	5422,99	404,18	858,99
2018	5,50	5012,17	401,85	778,97
2019	5,39	3843,85	394,00	761,01
2020	5,34	3112,60	384,64	720,34
2021	5,89	2544,21	420,73	819,87
2022	5,79	2082,19	420,40	907,12

Fosil yakıtların etkilerini değerlendirmede kullanılan değişkenlerin yıllık verileri ile oluşturulan karar matrisinden hareketle normalleştirilmiş karar matrisi elde edilmiştir. Daha sonra normalleştirilmiş karar matrisindeki verilerle, AHP yöntemiyle belirlenen ağırlıklar çarpılarak Ağırlıklandırılmış Karar matris (Tablo.3) elde edilmiştir.

**Tablo 3.** Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Yıllar	Toplam Fosil Yakıt Tüketimi (exj)	Toplam Fosil Yakıt Teşvikleri (milyon USD)	Toplam Fosil Yakıt kaynaklı CO <sub>2</sub> (milyon ton)	Toplam Cari GSYİH (milyar USD)
2010	0,084454	0,015969	0,01273	0,089064
2011	0,090655	0,017311	0,013768	0,09615
2012	0,095572	0,017152	0,014487	0,100938
2013	0,093862	0,017487	0,013973	0,109792
2014	0,100918	0,074725	0,015441	0,107629
2015	0,104766	0,070532	0,015717	0,099075
2016	0,109684	0,072793	0,016549	0,099691
2017	0,119519	0,086765	0,018622	0,098466
2018	0,117595	0,080192	0,018514	0,089293
2019	0,115243	0,061499	0,018153	0,087234
2020	0,114174	0,0498	0,017721	0,082572
2021	0,125933	0,040706	0,019384	0,093981
2022	0,123795	0,033314	0,019369	0,103983
<b>A+</b>	<b>0,125933</b>	<b>0,086765</b>	<b>0,019384</b>	<b>0,109792</b>
<b>A-</b>	<b>0,084454</b>	<b>0,015969</b>	<b>0,01273</b>	<b>0,082572</b>

Ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edildikten sonra sütunlarda yer alan faktör değerlerinden en yüksek ve en düşük değerler seçilmelidir. Bu seçim fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkileri açısından değerlendirilmelidir. Çalışmada kullanılan değişkenlere ilişkin kavramsal çerçeve ve literatürden hareketle toplam fosil yakıt tüketimi, toplam fosil yakıt teşvikleri, toplam fosil yakıt kaynaklı



CO<sub>2</sub> emisyonları ve toplam cari GSYİH değişkenleri sağlık harcamaları ile pozitif yönde ilişki göstermektedir. Bu doğrultuda fosil yakıtlar kaynaklı değişkenlerin yüksek olması sağlık harcamalarını arttıracaktır. Aksi durumda fosil yakıtlar kaynaklı değişkenlerin düşük olması sağlık harcamalarını azaltacaktır. Tablo 3 de değişkenlere ilişkin en yüksek değer (maksimum değer) A+ satırında, en düşük değer (minimum değer) A- satırında yer almaktadır. Bu aşamadan sonra maksimum ve minimum değerler ile pozitif ya da negatif değere uzaklığı ifade eden D matrisi elde edilmektedir. Oluşturulan D matrisi Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4.** Çözüm Uzaklığı Gösteren Matris

Yıllar	Dİ+	Dİ-	Değerlendirme (Cİ*) Puanı	Sıralama
2010	0,084891	0,006491	0,071036	13
2011	0,079285	0,015023	0,159295	12
2012	0,076617	0,021573	0,219709	11
2013	0,076533	0,028867	0,273878	10
2014	0,028124	0,066019	0,701265	4
2015	0,02898	0,060588	0,676448	5
2016	0,02386	0,0646	0,730269	3
2017	0,013039	0,080801	0,861051	1
2018	0,023102	0,072811	0,759135	2
2019	0,035539	0,055426	0,609314	6
2020	0,047417	0,045306	0,488618	8
2021	0,048697	0,050068	0,506943	7
2022	0,053808	0,048487	0,473993	9

İdeal çözüme uzaklığı gösteren matrisin elde edilmesinden sonra fosil yakıtların sağlık harcamalarını etkilemesine yönelik her bir yılı ifade eden değerlendirme puanı elde edilmiştir. Bu değerlendirme puanından hareketle fosil yakıtların sağlık harcamalarını etkilemesine yönelik sıralama yapma imkânı elde edilmiştir.

TOPSIS yöntemi sonuçlarına 2010-2022 döneminde belirlenen değişkenlerden hareketle Türkiye'de fosil yakıtların sağlık harcamalarını en çok etkilediği yıl 2017 yılı olarak tespit edilmiştir. Daha sonra sırasıyla 2018 ve 2016 yılları gelmektedir. Bu sonuçlar AHP ile ağırlıkları belirlenmiş değişkenlerin (toplam fosil yakıt tüketimi, toplam fosil yakıt teşvikleri, toplam fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları ve toplam cari GSYİH) 2016-2018 döneminde diğer yıllara göre daha yüksek seviyede olduğunu göstermektedir. Bu dönemde enerji güvenliğini sağlamak için kömür başta olmak üzere yerel kaynaklara yönelimi destekleyen enerji politikaları uygulamalarının önemli etkileri olmuştur. Bu kapsamda enerji sektörüne yapılan yatırımlar, fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıtları teşvik edici uygulamalara bağlı olarak CO<sub>2</sub> emisyonları yükselmiştir.

2010-2022 döneminde fosil yakıtların sağlık harcamalarını en az etkilediği yıl 2010 olarak tespit edilmiştir. Daha sonra en az etkili olduğu yıllar sırasıyla 2012 ve 2011 yılları olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar AHP ile ağırlıkları belirlenmiş değişkenlerin (toplam fosil yakıt tüketimi, toplam fosil yakıt

teşvikleri, toplam fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları ve toplam cari GSYİH) 2010-2012 döneminde diğer yıllara göre daha düşük seviyede olduğunu göstermektedir. Bu dönemde Ortadoğu’da başlayan Arap Baharının enerji piyasalarında oluşturduğu belirsizlik, yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını teşvik eden kanunun yürürlüğe girmesi ve arz güvenliği için uygulanan enerji politikaların önemli etkileri olmuştur. Bu doğrultuda belirlenen değişkenlere ilişkin değerler, diğer dönemlere göre daha sınırlı kalmıştır.

### Sonuç

Bu çalışmada Türkiye’de fosil yakıt tüketimi, fosil yakıt teşvikleri, Gayri Safi Yurt İçi Hasıla (GSYİH) ve fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının sağlık harcamaları üzerindeki etkileri kapsamlı bir şekilde analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular, fosil yakıt tüketiminin sağlık harcamaları üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Fosil yakıtların, çevresel kirlilik yoluyla, ekonomik büyüme ve enerji politikaları ile ilişkili olarak sağlık harcamalarını artırdığı ortaya koyulmuştur.

Çalışma kapsamında Türkiye için fosil yakıtların sağlık harcamaları üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Öncelikle AHP yöntemi ile belirlenen değişkenlere yönelik ağırlıklandırma yapılmıştır. Daha sonra AHP yöntemiyle ağırlıkları belirlenen değişkenlere ilişkin verilerle 2010-2022 dönemi için TOPSIS yöntemiyle sıralama yapılmıştır. AHP yöntemi bulgularına göre fosil yakıt tüketimi %39,5 ile en önemli kriter olarak belirlenmiştir. Daha sonra önem sırasına göre %34,9 ile GSYİH kriteri, %19,5 ile fosil yakıt teşvikleri ve %6 ile fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonları gelmektedir. Bu kriterlerin ağırlıklandırılması fosil yakıtların etkilerinin belirlenen dönem için değerlendirilmesine imkân tanımaktadır. Bu aşamadan sonra Türkiye’nin 2010-2022 dönemi için TOPSIS yöntemiyle sıralama elde edilmiştir. TOPSIS yöntemi ile belirlenen kriterlere ilişkin sıralama sonuçlarına göre 2017 yılı fosil yakıtların sağlık harcamalarını en fazla etkilediği yıl olarak belirlenmiştir. Daha sonra sırasıyla 2018 ve 2016 yılları gelmektedir.

Çalışmanın bulguları, Türkiye’nin fosil yakıtlara dayalı enerji politikalarının sürdürülebilir olmadığına ve sağlık harcamalarındaki artışı tetiklediğine işaret etmektedir. Özellikle 2017 yılının, fosil yakıt tüketimi ile sağlık harcamaları arasındaki en güçlü ilişkinin gözlemlendiği yıl olarak öne çıkmasında 2017 yılında fosil yakıt tüketimi ve fosil yakıt teşviklerinin ilgili dönemde en yüksek seviyeye çıkmasının önemli bir etkisi olmuştur. Bu sonucu büyük oranda Türkiye’nin kömür başta olmak üzere yerel kaynakları destekleyen yerli enerji politikaları ve enerji sektöründeki büyük yatırımları desteklemektedir. Ayrıca sanayinin fosil yakıtlara olan bağımlılığının devam etmesi, fosil yakıt tüketimindeki artışla paralel olarak toplam fosil yakıt kaynaklı CO<sub>2</sub> emisyonlarının yükselmesi ve Türkiye’de yaşanan politik-ekonomik belirsizlik ortamı da 2017 yılı sonuçlarını etkileyen önemli faktörler arasındadır.

Fosil yakıt teşviklerinin sağlık üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için önlemlerinin alınması gerektiği açıktır. Bu bağlamda, fosil yakıt teşviklerinin kademeli olarak azaltılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi, çevresel sürdürülebilirlik ve halk sağlığı açısından büyük önem taşımaktadır. Ayrıca, enerji verimliliğini artırmaya yönelik politikaların geliştirilmesi, yalnızca sağlık

harcamalarındaki artışı kontrol altına almakla kalmayacak, aynı zamanda Türkiye'nin uzun vadeli ekonomik büyümesine de katkı sağlayacaktır.

Bu çalışma, fosil yakıt tüketiminin sağlık harcamalarına olan etkilerini azaltmanın yalnızca enerji politikaları ile değil, aynı zamanda ekonomik kalkınma stratejileri ile de doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Türkiye'nin enerji politikalarının, çevresel ve sağlık etkilerini minimize edecek şekilde yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının artırılması, CO2 emisyonlarının azaltılması ve fosil yakıt teşviklerinin kademeli olarak sonlandırılması gibi stratejik adımların atılması, ülkenin sürdürülebilir kalkınması ve halk sağlığının korunması açısından önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, Türkiye'nin fosil yakıt tüketimi ve bu tüketimin sağlık harcamaları üzerindeki etkileri konusundaki bulgular, enerji verimliliğini artıracak, yenilenebilir enerji kullanımını teşvik edecek ve fosil yakıt teşviklerini aşamalı olarak azaltacak politika reformlarına ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Bu reformlar, çevresel sürdürülebilirliği sağlamak ve sağlık harcamalarını yönetilebilir seviyelerde tutmak için kritik öneme sahiptir. Çalışma, bu alanda yapılacak gelecekteki araştırmalar ve politika geliştirme süreçleri için değerli bir temel sunmakta ve Türkiye'nin enerji politikalarının yeniden gözden geçirilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Bu bağlamda, halk sağlığı üzerindeki etkilerin daha yakından izlenmesi, ülkenin uzun vadeli kalkınma hedeflerine ulaşmasında önemli bir rol oynayacaktır.

### **Etik Kurul İzni**

Bu makale, etik kurul izni gerektiren bir çalışma grubunda yer almamaktadır.

### **Katkı Oranı Beyanı**

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

### **Çıkar Çatışması Beyanı**

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.



## Kaynakça

- Acar, S., Challe, S., Christopoulos, S., & Christo, G. (2014). Fossil fuel subsidies as a lose-lose: Fiscal and environmental burdens in Turkey. *New Perspectives on Turkey*, 58, 93-124.
- Ahmad, S., Nadeem, A., Akhanova, G., Houghton, T., & Muhammad-Sukki, F. (2017). Multi-criteria evaluation of renewable and nuclear resources for electricity generation in Kazakhstan. *Energy*, 141, 1880-1891. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.11.102>
- Aplak, H. S., & Sogut, M. Z. (2013). Game theory approach in decisional process of energy management for industrial sector. *Energy Conversion and Management*, 74, 70-80. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2013.03.027>
- Aryanpur, V., Atabaki, M. S., Marzband, M., Siano, P., & Ghayoumi, K. (2019). An overview of energy planning in Iran and transition pathways towards sustainable electricity supply sector. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 112, 58-74. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.05.047>
- Baysal, M. E., & Çetin, N. C. (2018). Priority ranking for energy resources in Turkey and investment planning for renewable energy resources. *Complex & Intelligent Systems*, 4(2), 261-269. <https://doi.org/10.1007/s40747-018-0075-y>
- Behzadian, M., Otaghsara, S. K., Yazdani, M., & Ignatius, J. (2012). A state-of-the-art survey of TOPSIS applications. *Expert Systems with Applications*, 39(17), 13051-13069. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2012.05.056>
- Chatzimouratidis, A. I., & Pilavachi, P. A. (2008). Multicriteria evaluation of power plants impact on the living standard using the analytic hierarchy process. *Energy Policy*, 36(3), 1074-1089. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2007.11.028>
- Cohen, A. J., Brauer, M., Burnett, R., Anderson, H. R., Frostad, J., Estep, K., Balakrishnan, K., Brunekreef, B., Dandona, L., Dandona, R., Feigin, V., Freedman, G., Hubbell, B., Jobling, A., Kan, H., Knibbs, L., Liu, Y., Martin, R., Morawska, L., ... & Forouzanfar, M. H. (2017). Estimates and 25-year trends of the global burden of disease attributable to ambient air pollution: An analysis of data from the Global Burden of Diseases Study 2015. *The Lancet*, 389(10082), 1907-1918.
- Çetin, O. (2022). Türkiye’nin sağlık turizmi performansının TOPSIS yöntemi ile değerlendirilmesi (2004-2019). *Neşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 12(4), 638-655. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/nevsosbilen/article/978142>
- Dağdeviren, M., Akay, D., & Kurt, M. (2004). İş değerlendirme sürecinde analitik hiyerarşi prosesi ve uygulaması. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19(2), 131-138.
- Dünya Bankası (2024). World Development Indicators. <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators>
- Enerji Enstitüsü (2024). Resources and data downloads. <https://www.energyinst.org/statistical-review/resources-and-data-downloads>
- Esmaili, H., Almassi, M., & Ghahderijani, M. (2024). DPSIR framework to evaluate and analyze Iran’s energy security. *Discover Applied Sciences*, 6(25), 1-19. <https://doi.org/10.1007/s42452-024-05678-8>

- FossilFuelSubsidyTracker (2024). Track fossil-fuel subsidies and other support measures with our interactive database. <https://fossilfuelsubsidytracker.org/>
- Güzel, Ş., & Özer, P. (2022). Türkiye’de hava kirliliği ve sağlık harcamaları. *Sağlık ve Sosyal Refah Araştırmaları Dergisi*, 4(2), 186-202.
- Haines, A., Kovats, R. S., Campbell-Lendrum, D., & Corvalán, C. (2006). Climate change and human health: Impacts, vulnerability, and public health. *Public Health*, 120(7), 585-596.
- Hwang, C. L., & Yoon, K. (1981). *Multiple attribute decision making: Methods and applications*. Springer-Verlag.
- Ishizaka, A., & Labib, A. (2011). Review of the main developments in the analytic hierarchy process. *Expert Systems with Applications*, 38(11), 14336-14345. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2011.04.143>
- Lelieveld, J., Klingmüller, K., Pozzer, A., Burnett, R. T., Haines, A., & Ramanathan, V. (2019). Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(15), 7192-7197.
- Lin, S.-W., Lo, H.-W., & Gul, M. (2023). An assessment model for national sustainable development based on the hybrid DEA and modified TOPSIS techniques. *Complex & Intelligent Systems*, 9(5449-5466), 1-18. <https://doi.org/10.1007/s40747-023-01034-2>
- Narayanamoorthy, S., Ramya, L., Kalaiselvan, S., Kureethara, J. V., & Kang, D. (2021). Use of DEMATEL and COPRAS method to select best alternative fuel for control of impact of greenhouse gas emissions. *Socio-Economic Planning Sciences*, 76,100996. <https://doi.org/10.1016/j.seps.2020.100996>
- Newhouse, J. P. (1977). Medical care expenditure: A cross-national survey. *Journal of Human Resources*, 12(1), 115-125. <https://doi.org/10.2307/145602>
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & van Ypserle, J. P. (2014). Climate change 2014: Synthesis report. İçinde R.K. Pachauri & L.A. Meyer (Eds.), *Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change*. IPCC.
- Raihan, A., Farhana, S., Muhtasim, D. A., Hasan, M. A. U., Paul, A., & Faruk, O. (2022). The nexus between carbon emission, energy use, and health expenditure: Empirical evidence from Bangladesh. *Carbon Research*, 1(30), 1-11. <https://doi.org/10.1007/s44246-022-00030-4>
- Rehman, S., Rehman, E., Mumtaz, A., & Jianglin, Z. (2022). A multicriteria decision-making approach in exploring the nexus between wind and solar energy generation, economic development, fossil fuel consumption, and CO2 emissions. *Frontiers in Environmental Science*, 9, 1-15. <https://doi.org/10.3389/fenvs.2021.819384>
- Saaty, T. L. (1980). *The analytic hierarchy process. Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill.
- Saini, V., Gupta, R. P., & Arora, M. K. (2016). Environmental impact studies in coalfields in India: A case study from Jharia coal-field. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 53, 1222-1239. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.09.072>

- Saini, V., Li, J., Yang, Y., & Li, J. (2021). Evaluating environmental quality in Rujigou coalfield, China, using analytic hierarchy process. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 1841-1853. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22340-1>
- Shindell, D., et al. (2018). The social cost of atmospheric release. *Nature*, 562, 228-231.
- Shukla, A., Agarwal, P., Rana, R., & Purohit, R. (2017). Applications of TOPSIS algorithm on various manufacturing processes: A review. *Materials today: Proceedings*, 4(7), 5320-5329. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2017.05.042>
- Sial, M. H., Arshed, N., Amjad, M. A., & Khan, Y. A. (2022). Nexus between fossil fuel consumption and infant mortality rate: A non-linear analysis. *Environmental Science and Pollution Research*, 29, 58378-58387. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-19975-5>
- Sliogeriene, J., Turskis, Z., & Streimikiene, D. (2012). Analysis and choice of energy generation technologies: The multiple criteria assessment on the case study of Lithuania. *Energy Procedia*, 32, 11-20. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2013.05.003>
- Solangi, Y. A., Longsheng, C., Shah, S. A. A., Alsanad, A., Ahmad, M., Akbar, M. A., Gumaei, A., & Ali, S. (2020). Analyzing renewable energy sources of a developing country for sustainable development: An integrated fuzzy based-decision methodology. *Processes*, 8(7), 825. <https://doi.org/10.3390/pr8070825>
- Toossi, A., Camci, F., & Varga, L. (2013). Developing an AHP based decision model for energy systems policy making. *IEEE Conference on Systems*, 1456-1460. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6505886>
- Uygurtürk, H., & Korkmaz, T. (2012). Finansal performansın TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile belirlenmesi: Ana metal sanayi işletmeleri üzerine bir uygulama. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 7(2), 95-115.
- Ünal, A. (2011). Türkiye’deki kamu kurumlarında AHP yöntemiyle risk yönetimi ve performans değerlendirme uygulaması. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 12(3), 75-94.
- Yontar, E. (2023). Selection of suitable renewable energy sources for Turkey: SEM-COPRAS method integrated solution. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 20, 6131-6146. <https://doi.org/10.1007/s13762-023-04943-4>

