

# Maliye Çalışmaları Dergisi

## Journal of Public Finance Studies

DOI: 10.26650/mcd2022-1131846

Araştırma Makalesi / Research Article

## Türkiye'nin Küresel Karbon Bütçesindeki Payı: Öngörü Senaryoları ile Bir Değerlendirme

### *Turkiye's Share of the Global Carbon Budget: An Evaluation with Forecasting Scenarios*

Gülsema ÇETİNKAYA<sup>1</sup>, Sevda AKAR<sup>2</sup>



<sup>1</sup>Araş. Gör., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, Balıkesir, Türkiye

<sup>2</sup>Doç. Dr., Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İİBF, Maliye Bölümü, Balıkesir, Türkiye

ORCID: G.Ç. 0000-0002-3906-3477;  
S.A. 0000-0003-1208-0258

#### Corresponding author:

Gülsema ÇETİNKAYA,  
Bandırma Onyedi Eylül Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Maliye Bölümü, Balıkesir, Türkiye  
E-mail: gcetinkaya@bandirma.edu.tr

Submitted: 16.06.2022

Revision Requested: 03.08.2022

Last Revision Received: 21.09.2022

Accepted: 22.09.2022

Published Online: 27.09.2022

Citation: Cetinkaya, G. ve Akar, S. (2022). Türkiye'nin küresel karbon bütçesindeki payı: Öngörü senaryoları ile bir değerlendirme. *Maliye Çalışmaları Dergisi-Journal of Public Finance Studies*, 68: 33-50.  
<https://doi.org/10.26650/mcd2022-1131846>

#### ÖZ

Dünya ekosistemi, 18. yüzyıldan itibaren sanayileşme ile birlikte bozulmaya başlamış ve günümüzde küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunlarının da etkisiyle artan sera gazı emisyonu doğal yollarla absorbe edilemez hale gelmiştir. Bu durum sera gazı emisyon miktarının giderek artmasına ve küresel ısınmaya neden olmuştur. Bu nedenle son dönemlerde sera gazı emisyonunu ve dolayısıyla küresel ısınmayı belirli sınırlar altında tutmaya yönelik Paris İklim Anlaşması gibi iklim politikalarına yön veren anlaşmalar gündeme gelmiştir. Paris İklim anlaşması ile gündeme gelen küresel karbon bütçesi, sera gazı emisyonları ve bu emisyonların emilimini sağlayan karbon yutakları arasındaki denge olarak tanımlanmaktadır. Çalışmanın amacı, sera gazı emisyonlarının azaltılmasında küresel karbon bütçesi yöntemi ile Türkiye'nin küresel karbon bütçesindeki payını olası senaryolarla incelemektir. Çalışma kapsamında, 1990-2050 dönemi için Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında taahhüt ettiği emisyon hacmine yönelik olası dört farklı öngörü senaryosu değerlendirilmektedir. Çalışma sonuçları, Paris İklim Anlaşması kapsamında taahhüt edilen emisyon miktarının önerilen politika hedefleri ile yakalanması durumunda, Türkiye'nin küresel karbon bütçesindeki payının azalacağını ve net sıfır karbon hedefine ulaşabileceğini ortaya koymaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Sera gazı emisyonu, küresel karbon bütçesi, Paris İklim Anlaşması, Türkiye, öngörü senaryoları

#### ABSTRACT

The world ecosystem has started to deteriorate through industrialization since the 18th century. With the effects from global warming and climate change problems these days, the increase in greenhouse gas emissions naturally is not being absorbed. For this reason, agreements that shape climate policies such as the Paris Climate Accords, which aims to keep greenhouse gas emissions and global warming under certain limits, have come to the fore in recent years. The global carbon budget as cited in the Paris Climate Accords is defined as the balance between greenhouse gas emissions and the carbon sinks that absorb these emissions. This study



attempts to examine Türkiye's share in the global carbon budget using possible forecasting scenarios by evaluating the global carbon budgeting method. The study aims to analyze four different forecasting scenarios for Türkiye's committed emissions for the period of 1990-2050. The study results show that should the amount of committed emissions be met with the proposed policy targets, Türkiye's share in the global carbon budget will decrease and be able to reach the net zero carbon target.

**Keywords:** Greenhouse gas emissions, global carbon budget, Paris Climate Accords, Türkiye, forecasting scenarios

### EXTENDED ABSTRACT

Since the start of the Industrial Revolution in the second half of the 18th century, continual technological developments have increased the use of fossil fuels such as coal, oil, and natural gas. This situation has led to an increase in greenhouse gas emissions and the onset of global warming. In order to limit and/or reduce the increase in greenhouse gas emissions, many conventions and protocols have been prepared, in particular the United Nations Framework Convention on Climate Change, the Kyoto Protocol, and the Paris Climate Accords. As one of the most important initiatives for reducing greenhouse gas emissions, the Paris Climate Accords aim to limit the increase in global average temperatures to below 2°C, keeping it as close as possible to 1.5°C. However, achieving these targets will require a great deal of effort, as the amount of carbon emissions the atmosphere can absorb without leading to excessive global warming is limited.

In this framework, the balance between the amount of carbon emissions released into the atmosphere and the carbon sinks that absorb these emissions has brought the concept of a global carbon budget to the agenda. The income portion of the concept of a carbon budget, which is calculated using the income–expense balance metaphor for the financial budget, consists of the emissions arising from fossil fuels, industry, and land-use change, while the expenses portion consists of atmospheric growth, ocean sinks, land sinks, and cement carbonation. The carbon budget deficit that emerges in this context is the amount that carbon sinks (i.e., budget expenditures) are unable to absorb from the carbon emissions (i.e., budget revenue). Therefore, implementing a global carbon budget that has more carbon sinks than the amount of emissions going to the atmosphere will assist in staying below the 1.5°C-2°C temperatures increase limit detailed in the Paris Climate Accords.

The literature on the global carbon budget generally suggests policies for reducing carbon emissions and examines the distribution of the carbon budget among countries, as well as the importance of the budget's components and its harmony with the Paris Climate Accords. However, studies are also found stating that the sources that make up the global carbon budget are essentially uncertain, and therefore the carbon budget may be uncertain and inconsistent. Thus far, no studies are reported in the literature to have examined the global carbon budget specific to Türkiye. Therefore, this study is expected to contribute to the literature in this way.

This study evaluates the greenhouse gas reduction scenarios that are created through the possible policies Türkiye can implement within the framework of the Paris Climate Accords as well as Türkiye's share of the global carbon budget. Türkiye's carbon emissions began to increase through industrialization in the 1990s. This increase continued in the 2000s, but decreased in 2001 and 2008 due to the effects from financial crises. This increase in the number of emissions continued in the following years; despite decreasing in 2019–2020 due to the COVID-19 pandemic, Türkiye's contribution to the global carbon budget has increased. After the pandemic, production was increased to eliminate its negative effects on the economy, and widespread forest fires in the summer of 2021 resulted in Türkiye's land sinks being reduced.

Türkiye has committed to a 21% reduction in its greenhouse gas emissions by 2030, as per the scope of the Paris Climate Accords. In accordance with this, four different emission forecasting scenarios compatible with the 1.5°C limit detailed in the Paris Agreement have been prepared within the scope of this study for the 1990-2050 period. These four can be categorized as: 1.5°C Paris Agreement compatible, almost sufficient, insufficient, and highly insufficient. If Türkiye can implement a reduction scenario that is compatible with the 1.5°C limit stated in Paris Agreement, Türkiye will be seen to be converging with its zero emissions target at the end of the period. However, even in the case of an application that is compatible with the almost sufficient scenario, greenhouse gas emissions are predicted to decrease and be able to approach the level of emissions from 1990. This scenario shows that Türkiye is able to reduce its greenhouse gas emissions with the right policies and effective decarbonization roadmap.

## 1. Giriş

Sera gazı emisyonları ve bu emisyonların emilimini sağlayan karbon yutakları arasındaki denge karbon bütçesi kavramı ile açıklanmaktadır. Dünya ekosistemi bu dengeyi doğal yollarla sürdürmüştür. Ancak özellikle fosil yakıtların kullanılması, sanayi ve tarımsal faaliyetlerin artması, sera gazı emisyon yoğunluğunun artmasına ve dünyada küresel ısınmanın yaşanmasına neden olmuştur. Küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunları sürdürülebilir bir ekosistem için ciddi tehdit oluşturmaktadır. Zira küresel ısınma iklim değişikliklerini tetikleyerek, ülke ekonomilerinin hem sosyal ve ekonomik hem de toplumsal olarak etkilenmesine neden olmuştur. Bu durum, başta uluslararası kuruluşlar olmak üzere birçok ülkenin işbirliği içinde hareket etmesine yol açmıştır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ile başlayan bu süreç en son Paris İklim Anlaşması ile devam etmektedir. Görünen odur ki, sanayileşme devam ettiği sürece tüm ülkeler küresel ısınma ve iklim değişikliği ile sınınmaya devam edecektir. Ancak, ülkeler küresel ısınmayı sınırlandırabilmek amacıyla taraf oldukları anlaşmalar ile ulusal ve küresel düzeyde sera gazı miktarının azaltımına yönelik taahhütlerde bulunmakta ve bu çerçevede birçok önlem planı uygulamaktadır. Paris İklim Anlaşması ile sera gazı azaltım taahhütleri bir sorumluluk haline gelerek küresel karbon bütçesinin oluşturulmasına zemin hazırlamıştır.

Bu çalışmada Paris İklim Anlaşması kapsamında uygulanabilecek olası politikalar ile sera gazı azaltım senaryoları oluşturulmakta ve Türkiye'nin küresel karbon bütçesindeki payı değerlendirilmektedir. Literatürde küresel karbon bütçesi yaklaşımını ele alan ve bildiğimiz kadarıyla Türkiye'nin durumunu küresel karbon bütçesi özelinde açıklayan ve 1990-2050 dönemini kapsayan bir çalışmanın bulunmaması sebebiyle, literatüre katkı yapması beklenmektedir. Türkiye'nin özellikle sera gazı azaltımı kapsamında küresel ısınma ve iklim değişikliğine yönelik her türlü anlaşmaya taraf olması, net sıfır karbon hedefine verdiği önemi ve çabayı göstermektedir. Bu nedenle Türkiye'nin sera gazı emisyon miktarının küresel karbon bütçesi içindeki durumunun değerlendirilmesi önem arz etmektedir.

Çalışmada Paris İklim Anlaşması kapsamında oluşturulan sıcaklık artışlarının 1,5°C ve 2°C altında sınırlandırılması hedefine ulaşılmasında küresel karbon bütçesinin önemi ele alınmaktadır. Bu kapsamda çalışmanın birinci bölümünde Paris İklim Anlaşması kapsamında küresel karbon bütçesi kavramı açıklanmakta, ikinci bölümde küresel karbon bütçesi ve sera gazı emisyonu azaltımına yönelik literatür çalışmaları incelenmektedir. Üçüncü bölümde ise Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması ile uyumlu azaltım senaryoları ile küresel karbon bütçesindeki payı ele alınarak çalışma sonuçlandırılmıştır.

## 2. Paris İklim Anlaşması Kapsamında Küresel Karbon Bütçesi

Sanayi Devrimi'nin ardından kömür, petrol, doğalgaz gibi fosil yakıtların kullanımı giderek artmıştır. Teknolojik gelişmelerin de etkisiyle yaygınlaşan sanayi sera gazı miktarının ve dolayısıyla dünya sıcaklığının artmasında etkili olmuştur. Küresel ısınmanın ve bunun sonucunda iklim değişikliğinin tüm dünya ülkelerini tehdit etmesi pek çok ülkede sera gazı emisyonlarının azaltılmasına yönelik politikaların oluşturulmasına ve küresel işbirliği çerçevesinde uluslararası anlaşmaların hazırlanmasına zemin hazırlamıştır. Nitekim küresel ölçekte Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (1992), Kyoto Protokolü (1997), Paris İklim Anlaşması (2015) başta olmak üzere birçok sözleşme ve protokol bulunmaktadır.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin temel amacı atmosferdeki sera gazı seviyesini iklim değişikliğine sebep olmayacak bir seviyede sabit tutmaktır. Bu seviye eko-

sistemin iklim değişikliğine doğal olarak uyum sağlayabildiği, gıda üretiminin tehdit edilmediği ve ekonomik kalkınmanın sürdürülebilir bir şekilde ilerlemesini sağlamaya yetecek bir sınır olarak belirlenmiştir (United Nations, 1992, s. 9). 1997 yılında Kyoto Protokolü ile bu protokole taraf olan sanayileşmiş ülkelere sera gazı emisyonlarını sınırlandırmalarına ve azaltmalarına yönelik yükümlülükler getirilmiştir. Protokolün temel amacı sera etkisine sebep olan 6 tür gazın (karbon dioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitroz oksit (N<sub>2</sub>O), sülfürhekza florid (SF<sub>6</sub>), hidroflorokarbonlar (HFCs) ve perflorokarbonlar (PFCs)) toplam emisyonlarının iklim değişikliğine sebep olmayacak seviyelere indirilmesini sağlamaktır. Bu kapsamda yükümlülük getirilen tarafların 2008-2012 yılları arasındaki ilk taahhüt döneminde toplam sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinin %5 altına indirmesi hedeflenmiştir. 2013-2020 yılları arasında kapsayan ikinci taahhüt döneminde ise tarafların emisyon miktarlarını 2020 yılında 1990 yılına göre en az %18 azaltması kararı alınmıştır (Dışişleri Bakanlığı, 2022a, s. 1). Ancak Özkaya Özlüer (2015, s. 6), Kyoto protokolünde yaptırımların net olmamasının Kanada, Japonya gibi bazı ülkelerin protokolden çekilmelerine neden olduğunu ileri sürmektedir. Kyoto protokolünün yalnızca gelişmiş ülkelerin sera gazı emisyonlarını azaltmaya yönelik taahhütte bulunması yeni bir anlaşmanın yapılmasını gerekli kılmıştır. Bu kapsamda 2015 yılında Paris İklim Anlaşması oluşturulmuş ve anlaşmaya taraf olan ülkelerin küresel ısınma ile mücadelede katkı sağlama taahhüdünde bulunması kararlaştırılmıştır (Mulder, Conti ve Mancinelli, 2021, s. 1).

Paris İklim Anlaşması<sup>1</sup>, sera gazı emisyonlarının %55'ine neden olan en az 55 ülkenin onayı ile 4 Kasım 2016 tarihinden itibaren yürürlüğe girmiştir. Anlaşmanın temel hedefi küresel ortalama sıcaklıklarındaki artışın 2°C'nin çok altında sınırlandırılması ve mümkün olduğunca 1,5°C seviyesinde tutulmasıdır. Bu doğrultuda anlaşmaya taraf olan ülkelerin kendi olanakları doğrultusunda azaltım, uyum, finans, teknolojik gelişme ve transfer, kapasite inşası konularındaki temel hedeflerini beş yılda bir olmak üzere "Ulusal Olarak Belirlenmiş Katkıları (Nationally Determined Contributions - NDC)" şeklinde sunmaları kararlaştırılmıştır (Delbeke, Runge-Metzger, Slingenber ve Wekman, 2019; Dışişleri Bakanlığı, 2022b, s. 1; Karakaya, 2016, s. 2-3).

Bununla birlikte Yeldan (2021, s. 1), 21. Taraflar Konferansı (COP21)'nda gündeme gelen Paris İklim Anlaşması'ndan bu yana kaydedilen gelişmeleri değerlendirmek üzere ve çok daha iddialı hedeflerle toplanan COP26'da vaat edilen taahhütlerin 1,5°C hedefine ulaştırmaktan uzak olduğunu ifade etmektedir. Glasgow'da düzenlenen bu zirvede NDC'de 2030 yılına kadar belirlenen emisyon hedeflerinin 2022 yılına kadar gözden geçirilerek güçlendirilmesi kabul edilmiştir. Gözden geçirilen hedeflerin ise COP27 ve COP28 zirvelerinin gündeminde yer alması beklenmektedir (Deloitte, 2021, s. 2).

Türkiye de küresel iklim çalışmaları kapsamında hem Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'ne hem Kyoto Protokolü'ne hem de Paris İklim Anlaşması'na taraf olmuştur. Paris İklim Anlaşması kapsamında Türkiye, Niyet Edilen Ulusal Katkı Senaryosu kapsamında sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %21 oranına kadar azaltarak küresel ısınmanın 2°C altında tutulması hedefine ulaşacağını beyan etmiştir (Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2015, s. 2). Bununla birlikte Türkiye'de çevre ve iklim değişikliği ile mücadele çerçevesinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının ismi, iklim değişikliğini de kapsayacak şekilde "Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı" olarak 29 Ekim 2021 tarihinde değiştirilmiştir. Bu süreçte Türkiye'nin iklim değişikliği ile mücadele çalışmaları yürütmek; politika, strateji ve eylemleri belirlemek;

1 Bknz: UNFCCC (2015). "Adoption of the Paris Agreement", Proposal by the President, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Erişim adresi: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/109r01.pdf> (23.03.2022)

2053 net sıfır emisyon ve yeşil kalkınma hedefleri doğrultusunda her tür çalışmayı yapmak gibi görevleri yerine getirmek üzere Bakanlığa bağlı bir kuruluş olarak “İklim Değişikliği Başkanlığı” kurulmuştur (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022a, s. 1).

Paris İklim Anlaşması'nın öngördüğü azaltım hedeflerine ulaşmak için ülkelerin sera gazı emisyon miktarlarını azaltmaya yönelik iklim politikaları oluşturması gerekmektedir. Zira dünya atmosferinin küresel ısınmaya neden olmadan emebileceği karbon emisyonu miktarı sınırlıdır (Nyambuu ve Semmler, 2020, s. 367). Paris İklim Anlaşması kapsamında atmosfere salınan emisyon miktarı ile bu emisyonların emilimini sağlayan karbon yutakları arasındaki denge karbon bütçesi kavramı ile açıklanmaktadır.

Karbon bütçesi kavramı son dönemde gündeme gelmesine rağmen ilk olarak 1980'li yıllarda emisyon sorununun çözümünde “izin verilebilir” bir sınırın konulup konulamayacağına yönelik tartışmalar ile karşımıza çıkmaktadır. Krause, Bach ve Koomey (1989) 2°C'lik bir ısınma sınırının belirlenmesini önermektedir. Bu sıcaklık limitine bağlı olarak kümülatif bir karbon emisyonu için küresel bütçe hesaplanması ve bu bütçenin de yeni iklim anlaşmalarının merkezini oluşturması gerektiğini savunmaktadır. Ancak söz konusu yıllarda karbon bütçesi kavramı bilimsel bir kavram olmaktan ziyade politika oluşturma ve ekonomik analizlere yardımcı bir yaklaşım olarak kategorize edilmiştir (Krause ve ark., 1989, s. 7; Lahn, 2020, s. 3).

Son dönemlerde küresel karbon bütçesini tanımlayan çalışmalara göre, atmosfere salınan maksimum emisyon miktarını muhasebeleştirerek, bütçelemenin ekonomik metaforundan yararlanan bu kavram karbon bütçesi olarak adlandırılmaktadır (Lahn, 2020, s. 2). Moss ve Kath (2019, s. 268)'e göre de karbon bütçesi, küresel sıcaklıklarda kabul edilebilir bir artışla tutarlı olarak insanlığın salabileceği sınırlı sera gazı miktarını temsil etmektedir. Yeldan ve Voyvoda (2015, s. 29)'ya göre ise karbon bütçesi, atmosferin belirli bir zaman içerisinde “tahammül edebileceği” emisyon miktarını gösteren küresel sera gazı emisyonunu ifade etmektedir. Bu kapsamda küresel karbon bütçesini, politik olarak kabul edilen ısınma sınırının altında kalmak üzere ekosistemin fiziki özelliklerine dayanarak belirlenen ve izin verilebilir maksimum emisyon miktarının sınırlarını gösteren bir yaklaşım olarak tanımlamak mümkündür.

Küresel Karbon Projesi (Global Carbon Project) tarafından 2007 yılından bu yana her yıl hazırlanan “Küresel Karbon Bütçesi” dünyaya salınan karbon emisyon miktarını açıklamayı hedeflemektedir. Küresel karbon bütçesi, hükümetlerin her yıl hazırladığı yıllık devlet bütçeleri gibi harcamalardan ve gelirlerden oluşmaktadır. Yani küresel karbon bütçesi, küresel karbon gelirleri ve küresel karbon giderlerinden oluşmaktadır. Bu bütçede ortaya çıkan açık küresel atmosferin absorbe edemediği, dolayısıyla sera etkisine neden olan emisyon miktarını göstermektedir. Başka bir deyişle izin verilebilir miktardan daha fazla sera gazı emisyonu olduğu anlamına gelmektedir. Küresel karbon bütçesi açığı denklem (1)'de gösterilmektedir. Küresel karbon bütçesi gelirleri denklem (2) de, Küresel karbon bütçesi giderleri ise denklem (3)'te ifade edilmektedir.

$$\text{Küresel Karbon Bütçesi Açığı} = \text{Küresel Karbon Gelirleri} - \text{Küresel Karbon Giderleri} \quad (1)$$

$$\text{Küresel Karbon Gelirleri} = \text{Fosil Yakıt} + \text{Sanayi} + \text{Arazi Kullanımı Değişikliği} \quad (2)$$

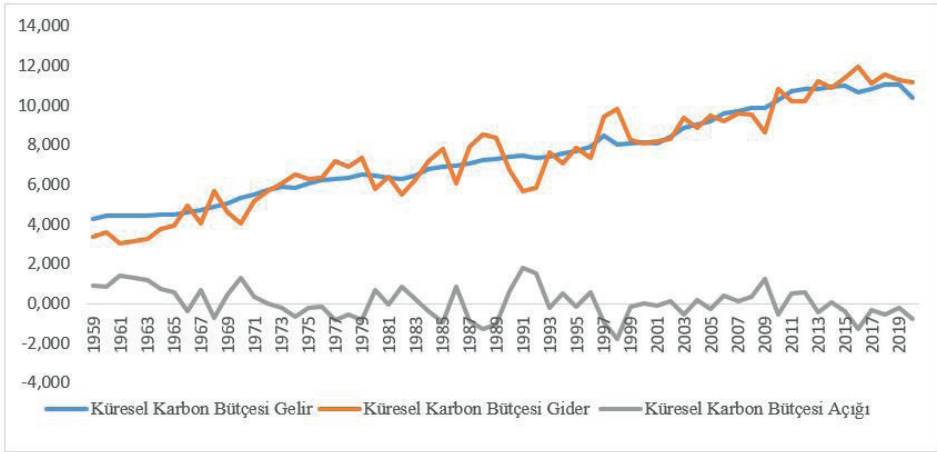
$$\text{Karbon Bütçe Giderleri} = \text{Atmosferik Büyüme} + \text{Okyanus Yutağı} + \text{Kara Yutağı} + \text{Çimento Karbonatlaşması Yutağı} \quad (3)$$

2 İklim Değişikliği Başkanlığı hakkında ayrıntılı bilgi için bakınız: Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022a). *İklim Değişikliği Başkanlığı*. Erişim adresi: <https://iklim.gov.tr/hakkimizda-i-4> (12.09.2022).

Denklem (1)'de yer alan küresel karbon bütçesi açığı, denklem (2)' de yer alan küresel karbon gelirleri ile denklem (3)'te ifade edilen küresel karbon giderleri düşüldüğünde ortaya çıkan bütçe dengesizliğini ifade eder. Buna göre fosil yakıt (fossil fuel) kömür, petrol doğalgaz gibi yakıtların neden olduğu emisyonu; sanayi (industry) çarpık sanayileşme nedeniyle ortaya çıkan emisyonu; arazi kullanım değişikliği (land-use change) orman ve mera alanlarının tahrip edilmesi, tarıma açılması, kentleşme gibi etkenlerle sera gazı yutaklarında meydana gelen azalmayı ifade etmektedir. Atmosferik büyüme (atmospheric growth) küresel atmosferin absorbe ettiği; okyanus yutağı (ocean sink) difüzyon yoluyla okyanusların; kara yutağı (land sink) fotosentez yoluyla kara bitkilerinin; çimento karbonatlaşmasının (cement carbonation sink) ise çimentonun içerisinde CO<sub>2</sub>'leri absorbe ettiği ve karbonu atmosferden uzaklaştırdığını ifade etmektedir.

Şekil 1, küresel karbon bütçesini göstermektedir. Buna göre küresel karbon bütçesi 2015 yılında imzalanan Paris İklim anlaşması ve 2019 yılında yaşanan Covid-19 nedeniyle azalmaya başlamıştır. 2015-2020 döneminde Küresel Karbon Bütçesi Açığının 0 değerinin altına indiği görülmektedir. Bu durum, 2015 yılında Paris Anlaşması'nın kabul edilmesi ile birlikte, küresel ölçekte karbon salınımının azaltılmasında oldukça fazla ilerleme kaydedildiğini göstermektedir.

**Şekil 1: Küresel Karbon Bütçesi**



**Kaynak:** Friedlingstein, ve ark., (2021)'den elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

**Not:** Tüm değerler, dünya için yılda milyar ton karbon (GtC/yıl) cinsindedir. Yılda milyar ton karbondioksit (GtCO<sub>2</sub>/yıl) cinsinden değerler 3.664 ile çarpılmaktadır. 1 milyar ton C = 1 petagram karbon (10<sup>15</sup> gC) = 1 gigaton C = 3.664 milyar ton CO<sub>2</sub>.

Karbon bütçesi kavramı, sera gazı emisyonuna ilişkin verilerin sayısallaştırılmasına olanak tanınması ile iklim değişikliği politikalarında önemli bir rol oynayabilecektir (Alcaraz ve ark., 2019, s. 312). Dolayısıyla küresel karbon bütçesi, dünya sıcaklığını belirli bir sınırdan tutmak amacıyla atmosfere salınmasına izin verilen emisyon miktarı konusunda güncel veriler sağlayarak çevre politikaları ve iklim istikrar hedeflerinin belirlenmesinde önemli bir kaynak oluşturmaktadır (Canadell ve Carlson, 2017, s. 34). Lahn (2020, s. 6)'a göre karbon bütçesi çalışmaları esasında Paris İklim Anlaşmasının temeli olan 2°C hedefinin oluşmasına zemin hazırlanmıştır. Duscha, Denishchenko ve Wachmuth (2019, s. 161)'a göre Paris İklim anlaşması ile kararlaştırılan 2°C'lik sıcaklık limitine ulaşmak için kümülatif küresel karbon emisyonlarının 940 – 390 GtCO<sub>2</sub>; 1,5°C'lik hedefe ulaşmak için ise 167 – -48 GtCO<sub>2</sub> arasında emisyon miktarının aşılması gerekmektedir. Buna

karşılık Karvounis ve Blunt (2021, s. 72) küresel karbon bütçesinin 2100 yılına kadar izin verdiği CO<sub>2</sub> emisyon miktarının 2°C hedefi için 1170 GtCO<sub>2</sub>, 1,5°C hedefi için ise 420 GtCO<sub>2</sub> olduğunu ifade etmektedir. Yeldan (2021, s. 3)'a göre ise sıcaklık artışlarını 1,5°C düzeyinde tutabilmek için emisyon miktarının Sanayi Devrimi'nden bu yana 2900 GtCO<sub>2</sub> düzeyinde tutulması gerekmektedir. Ancak bugüne kadar bu bütçenin 2340 GtCO<sub>2</sub> emisyonunun atmosfere salındığı, bu nedenle 1,5°C hedefine ulaşmak için 550 GtCO<sub>2</sub> emisyon hacmimizin kaldığı belirtilmektedir.

Dolayısıyla, Paris İklim Anlaşması ile belirlenen 2050 yılına kadar net sıfır emisyon miktarına ulaşarak sıcaklık artışını 1,5°C düzeyinde tutma hedefi küresel bir hedefdir. Ancak bu süreçte her ülke kendi belirlediği süre ve hızda net sıfır hedefine ulaşmaya çalışacaktır. Bu durum ülkelerin küresel karbon bütçesinden alacağı payı belirlemek açısından önemlidir. Zira bu paylaşımın tarihsel sorumluluk ve hakkaniyet ilkesi çerçevesinde yapılması gerekmektedir (Şahin ve ark., 2021, s. 14).

### 3. Literatür

Literatürde sera gazı emisyonlarını belirli bir seviyede tutmak ve sürdürülebilirliğini sağlamak amacıyla karbon bütçesi aracılığıyla sera gazı emisyonlarını inceleyen Gignac ve Matthews (2015), Millar ve ark. (2017), Tokarska ve Gillett (2018), Alcaraz ve ark. (2019), Van den Berg ve ark. (2020), Matthews, Ziefeld, Kunutti ve Allen (2018), Karvounis ve Blunt (2021), Peters (2018), Duscha ve ark. (2019), Nyambu ve Semmler (2020), Houghton (2020), Hauck ve ark. (2020), Mulder ve ark. (2021), Rodrigues, Sardinha ve Pita (2021), Moss ve Kath (2019), Feijoo, Iyer, Bidsted ve Edmonds (2020) gibi az sayıda çalışma bulunmaktadır. Çalışmaların büyük çoğunluğunda karbon emisyonunun nasıl azaltılması gerektiğine yönelik politikalar önerilmekte ve karbon bütçesinin ülkeler arasındaki dağılımı, bileşenlerinin önemi ve Paris İklim Anlaşması ile tutarlılığı incelenmektedir.

Literatürde yer alan bu çalışmalardan ilki Gignac ve Matthews (2015)'e aittir. Gignac ve Matthews (2015, s. 1), daralma ve yakınsama yöntemi çerçevesinde hem toplam emisyonları 2°C ile tutarlı bir seviyenin altında tutacağını hem de küresel bir karbon bütçesinin ülkelere bölünmesinin nasıl mümkün olabileceğini göstermektedir. Buna göre kişi başına düşen emisyonların yüksek olduğu ABD, Kanada, Almanya gibi gelişmiş ülkelerde izin verilen yıllık emisyonlarda düşüş görülürken; Hindistan, Brezilya ve Endonezya'da kişi başına düşen emisyonların hemen hemen sabit olduğu buna karşılık Afrika gibi az gelişmiş ülkelerde ise emisyon paylarında büyük artışlar olduğu görülmektedir.

Millar ve ark. (2017, s. 741), Paris İklim Anlaşması kapsamında ısınmayı 1,5°C ile sınırlandırmayı mümkün kılacak emisyon bütçelerini basit bir iklim-karbon döngüsü ile açıklamaya çalışmıştır. Çalışma sonuçları 2015 sonrası kümülatif emisyonlarını yaklaşık 200 GtCO<sub>2</sub> ile sınırlandırmanın, 2015 sonrası ısınmayı 0,6°C sınırlandıracağını göstermektedir. Ancak bu sınırlamanın gerçekleşebilmesi için ülkelerin 2030 yılına kadar güçlendirilmiş taahhütlerini yerine getirmesi gerekmektedir. Tokarska ve Gillett (2018, s. 296)'de Millar ve ark. (2017, s. 741)'in önerdiği 200 GtCO<sub>2</sub> miktarındaki sınırlandırmanın mümkün olduğuna vurgu yapmaktadır.

Alcaraz ve ark. (2019, s. 311), Paris İklim Anlaşmasında kararlaştırılan sıcaklık artışlarını 2°C'nin altında tutma hedefine ulaşıp ulaşılamayacağını küresel karbon bütçesi kavramına dayanarak açıklamaktadır. Bu kapsamda 2011-2030 döneminde küresel karbon bütçesinin %84'ünün, 2100'e kadar ise küresel karbon bütçesinin %40'ının yalnızca emisyon sıralamasında en üstte yer alan 15 ülke (Avustralya, ABD, Kanada, Suudi Arabistan, Rusya, Güney Kore, Japonya, İran, Güney Afrika, Çin, Meksika, Brezilya, Endonezya, Hindistan ve Avrupa Birliği) tarafından atmosfere salınacağını ifade etmektedir.



Mulder ve ark. (2021, s. 5), CO2 emisyonları ile GSYH arasındaki ilişkiyi Paris İklim Anlaşması kapsamında değerlendirmiştir. Bu kapsamda anlaşmaya uyum sağlamak amacıyla verilen iklim taahhütlerini yerine getirmek için enerji politikalarını değiştirmesi gereken ülkeler GSYH kullanılarak sıralanmıştır. Buna göre gelişmiş ve yüksek düzeyde sanayileşmiş ülkelerde atmosfere salınan CO2 emisyonu, GSYH'sı daha düşük olan az gelişmiş ülkelere kıyasla doğal olarak çok daha büyüktür. Çalışmada iki sonuca ulaşılmaktadır. İlk olarak gelişmiş ülkelerin ekonomilerini zayıflatmadan verilen taahhütleri yerine getirmelerinin daha kolay olduğu; ikinci olarak da Ermenistan, Azerbaycan ve Ukrayna gibi iklime bağlı ekonomilerin ulusal taahhütlere göre GSYH'leri artsa bile emisyon miktarlarını sabit tutmayı başaracağı ifade edilmektedir.

Van den Berg ve ark. (2020, s. 1805), Paris İklim Anlaşmasında tarafların emisyon azaltma hedeflerini kendi kendilerine belirlemelerini hakkaniyet ilkeleri çerçevesinde ele alarak, ülke düzeyinde emisyon hedeflerinin ve karbon bütçelerinin nasıl elde edilebileceğini analiz etmektedir. Buna göre karbon bütçelerinde gerekli azaltma hedeflerini hesaplayan ve/veya karbon bütçelerini belirlerken tarihsel emisyonları da hesaba katan gelişmiş ülkelerin negatif kalan karbon bütçelerine sahip olabileceği ifade edilmektedir.

Moss ve Kath (2019, s. 268), dünyanın kalan karbon bütçesinin ülkeler arasında nasıl bölünmesi gerektiğini incelemektedir. Bu kapsamda daha adil bir bölüşüm için kirleten öder prensibi çerçevesinde bölüşüm yapılması, başka bir deyişle tarihsel olarak daha fazla sera gazı emisyonuna neden olan ülkelerin düşük emisyonlu ülkelere kıyasla küresel karbon bütçesinden daha az pay alması gerektiği vurgulanmaktadır.

Karvounis ve Blunt (2021, s. 72-78), kömür, petrol ve doğal gazın sınırsız çıkarılmasından kaynaklanan tahmini CO2 emisyonları ve böylece mevcut karbon bütçesinin tüketimini hesaplamaktadır. Buna göre kömür üretimi 2100'den çok önce bütçenin aşılmasına neden olacaktır. Petrol üretimi 1,5°C senaryosunda 2026 yılına kadar, 2°C senaryosunda ise 2040'a kadar bütçe aşılabacaktır. Doğalgaz üretiminde ise 1,5°C senaryosu 2050 yılından çok önce bütçe aşılmakla birlikte 2°C senaryosu durumunda mevcut karbon bütçesi 2050 yılına kadar aşılmayacaktır. Ancak bu senaryolarda diğer fosil yakıt üretimleri dikkate alınmadığı için petrol ve kömür üretimine hemen hemen hiç yer kalmayacaktır. Nyambuu ve Semmler (2020, s. 368-375) ise, karbon bütçesine fosil yakıtların kattığı değere vurgu yapmaktadır. Çalışmada kömürün diğer fosil yakıtlara kıyasla çok daha fazla CO2 emisyonu yarattığı ve bu durumun karbon bütçesi eşliğinin aşılmasının itici gücü olduğuna işaret etmektedir.

Bununla birlikte literatürde küresel karbon bütçesine olumsuz yaklaşan çalışmalar da mevcuttur. Peters (2018, s. 380), karbon bütçesinin belirsiz olduğunu ve emisyon yollarının daha fazla önemli olduğuna işaret etmektedir. Karbon bütçesinin iklim sorununu ve net sıfır emisyonunun önemini açıklamada faydalı olduğunu, ancak büyük belirsizlikler olması nedeniyle politika oluşturmada, bütçenin benimsendiği kadar konu ile ilintili olmadığını ifade etmektedir.

Matthews ve ark. (2018, s. 1-4), kümülatif emisyonlar, küresel karbon bütçesi ve iklim azaltma hedeflerinin etkileri konusuna odaklanmaktadır. Çalışmada düşük emisyonlu senaryolar, yüksek ve hızla artan bir karbon fiyatı, düşük maliyetli fosil olmayan enerji kaynakları ile karbondan arındırılmış enerji kaynaklarına geçişi sürdürmek için uygulanacak politikalar incelenmektedir. Paris İklim Anlaşmasının 1,5°C ve 2°C hedefleri ile tutarlı karbon bütçelerinin boyutuna ilişkin belirsizlikler olduğu ifade edilmektedir. Bu belirsizliklerin sera gazı emisyonlarının karbon döngüsü tepkisinde, iklimin radyasyon zorlamasından ve CO2 olmayan seragazlarının emisyon miktarındaki belirsizliklerinden kaynaklandığını belirtmektedir.

Rodrigues ve ark. (2021, s. 267-276), iklim değişikliği süreçleri ve karbon dengesi bileşenlerine işaret etmektedir. Karbon emisyonu miktarı yıllar içerisinde artarken, bu emisyonları absor-

be edecek yutakların da arttığı ifade edilmektedir. Bu yutaklar arasında ise atmosferik ve kara yutaklarının okyanus yutağına göre daha fazla büyüdüğü vurgulanmaktadır. Çalışmada karbon emisyonlarının azaltılması için biyo-kömür teknolojilerinden yararlanmanın umut verici bir yaklaşım olduğu ileri sürülmektedir.

Houghton (2020, s. 3006) küresel karbon bütçesinde karasal karbon akışları değerlendirilmektedir. Çalışmada küresel karbon bütçesi içerisinde net kara yutağının sınırlandırıldığı, bu net yutağı oluşturan brüt emisyon ve giderimlerin (ormansızlaşma ve ormanların yeniden büyümesi) büyük ölçüde bilinmediği ifade edilmektedir. Bu nedenle karasal karbon emisyonlarının gelecekteki fosil yakıt emisyonlarına ve değişen iklime nasıl tepki vereceği konusu belirsizlik içermektedir. Hauck ve ark. (2020, s. 1) ise okyanus karbon yutaklarının küresel karbon bütçesindeki yerini ele almaktadır. Okyanuslar, 1850 yılından beri kümülatif CO<sub>2</sub> emisyonlarının %25'ini absorbe ederek küresel karbon bütçesi içerisinde önemli bir yere sahiptir. Ancak okyanus yutaklarının emisyonları absorbe etme gücü on yıllar arasında iklim değişikliği ile bağlantılı olarak tutarsızlık gösterebilmektedir. Bu tutarsızlıkların büyük ölçüde Güney Okyanusu'ndan kaynaklandığı söylenmektedir.

Duscha ve ark. (2019, s. 161-171), küresel modeller, AB odaklı modeller ve ulusal karbon azaltım senaryoları olmak üzere farklı model ve senaryolar<sup>3</sup> kullanarak AB'nin kümülatif karbon emisyonlarını analiz etmektedir. Analiz sonuçlarına göre küresel ve AB odaklı modellere dayalı senaryoların hiçbiri 2°C hedefi ile uyumlu bir adil karbon bütçesine ulaşamazken; hemen hemen tüm ulusal senaryoların bu hedefe ulaştığı görülmektedir. Zira ulusal senaryolarda sektörlerin enerji kullanımındaki ve karbon yoğunluğundaki azalmalar nedeniyle 26-37 GtCO<sub>2</sub>'lik bir azalma potansiyeli tespit edilmektedir. Buna karşılık 1,5°C hedefine uyumlu bir karbon bütçesine yalnızca ulusal senaryolardan Birleşik Krallık ulaşabilmekte ve 2030 yılına kadar Birleşik Krallık için net karbonsuzlaşma yaklaşımı öngörülmektedir.

Feijoo ve ark. (2020, s. 1959), ABD için 2050 yılına kadar 1,5°C ve 2°C hedefleri ile tutarlı olacak bütçe tahminlerini analiz etmektedir. Paris İklim Anlaşması hedefleri ile tutarlı karbon bütçelerinin oluşturulabilmesi için beş temel stratejinin yerine getirilmesi gerektiğini ifade etmektedir. Bu stratejiler verimliliği artırmak, enerji üretimini karbondan arındırmak, sanayi ve binaları elektrik enerjisi ile çalışır hale getirmek, ulaşımı karbondan arındırmak ve karbon yutaklarını korumak ve artırmaktır.

Literatürde Türkiye'de sera gazı emisyonu azaltımı çerçevesinde ele alınan çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmalar Karakaya (2016), Pabuçcu ve Bayramoğlu (2016), Kumbaroğlu, Or ve Işık (2017), Orkunoğlu Şahin ve Çiftçi (2021), Doğan, Doğan ve Tüzer (2021), Yeldan ve Voyvoda (2015) ve Şahin ve ark. (2021)'e aittir. Doğan ve ark. (2021), Türkiye özelinde bir değerlendirme yapmamakla birlikte çalışmada karbon bütçesi yaklaşımını kullanması nedeniyle değerlendirmeye alınmıştır. Doğan ve ark. (2021, s. 1008), Paris İklim Anlaşması hedefleri ve karbon bütçesi yaklaşımı kapsamında G20 ülkelerinin taahhütleri arasındaki farklılıkları ortaya koymuştur. Ancak çalışmada Türkiye özelinde belirli bir analiz yapılmamıştır. Çalışmada ülkelerin anlaşma hedeflerine ulaşmak için verdikleri taahhütlerde belirsizlik ve muğlaklıkların olduğu ifade edilmektedir. Gelecekteki uluslararası düzenlemelerde ülkelerin taahhüt edecekleri emisyon indirim miktarının değil, bu taahhütlere hangi tarihlerde ulaşacaklarının önemli olacağını ileri sürmektedir.

3 Küresel modeller için AME, AMPERE ve LIMITS projelerinin veri tabanlarından, AB odaklı senaryolar için AMPERE projesinin veri tabanlarından ve ulusal azaltım senaryoları için Fransa, Almanya İtalya ve Birleşik Krallık için %80-100 sera gazı azaltımı senaryoları analiz edilmiştir (Duscha, 2019, s. 165).

Paris İklim Anlaşması'nın içeriği ve Türkiye'nin durumunu değerlendiren Karakaya (2016, s. 1), anlaşmanın dünyadaki karbon emisyonu salınımını azaltacağını ve iklim koşullarına duyarlı bir ekonomik yapıya kavuşturacağını vurgulamaktadır. Türkiye'nin de taahhütleri kısa sürede yerine getirerek düşük karbonlu ekonomiye geçmek zorunda olduğu aksi takdirde büyük maliyetler yükleneyeceği ifade edilmektedir. Pabuççu ve Bayramoğlu (2016, s. 762), enerji üretimi ve tüketiminin çevre kirliliğine neden olan en önemli kaynaklar olduğunu vurgulamakta ve bu nedenle AB-28 ülkeleri ve Türkiye'nin gelecekteki sera gazı emisyon miktarını tahmin etmektedir. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye'nin emisyon miktarı 2020 yılı için 740,33 MtCO<sub>2</sub> (milyon ton), 2025 yılı için 1039,32 MtCO<sub>2</sub> ve 2030 yılı için ise 1244,13 MtCO<sub>2</sub> bulunmuştur. Ancak bu sonuçlarla Türkiye, 2030 yılı için taahhüt ettiği 929 MtCO<sub>2</sub> emisyon miktarını aşmaktadır. Türkiye'nin taahhüt ettiği hedeflere ulaşabilmesi için yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş yapması önerilmektedir.

Kumbaroğlu ve ark. (2017, s. 149) ise sera gazı emisyonlarının azaltımı için karbon vergisini önermektedir. Çalışma sonuçları Türkiye'nin sera gazı emisyonları baz yılı olan 2012'de 400 MtCO<sub>2</sub> iken, 2032 yılında 955 MtCO<sub>2</sub> ve 2052 yılında 1540 MtCO<sub>2</sub> değerine ulaşacağını göstermektedir. Bu kapsamda, 2012-2052 yılları arasında uygulanacak 10\$'lık bir karbon vergisi ile %22,47 oranında bir emisyon azaltımı öngörülmüşken, 20\$'lık vergide %24,04 ve 30\$'lık bir vergide ise %27,4'lük bir emisyon azaltımı öngörülmektedir. Orkunoğlu Şahin ve Çiftçi (2021, s. 254) de AB ülkelerinde uygulanan karbon vergisi oranlarını incelemiş ve Türkiye'de bu vergilerin uyumlu bir karbon vergisinin uygulanmasını önermiştir.

Yeldan ve Voyvoda (2015, s. 8-9), Paris İklim Anlaşması öncesinde Türkiye'nin ulusal katkısını belirlemek amacıyla, azaltılması gereken emisyon miktarının ne olduğu, bu emisyon miktarına ulaşmak için nasıl politikaların uygulanması gerektiği ve söz konusu politikaların makroekonomik göstergeler üzerindeki etkisinin ve maliyetinin ne olduğunu ele almaktadır. 2010-2030 dönemini kapsayan çalışmada Türkiye'nin küresel karbon bütçesi içerisindeki payı "asgari tarihsel sorumluluk ve azami gelişme ihtiyacı" çerçevesinde belirlenmiş ve senaryolar kapsamında öngörüler yapılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre, Türkiye'nin 2°C hedefine ulaşabilmesi için referans senaryoya göre emisyon miktarını 2030 yılına kadar 2980 MtCO<sub>2</sub> oranında azaltması gerekmektedir. Bu hedefe ulaşmak için de "karbon vergisi toplanması, bu verginin gelirlerinin yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi için kullanılması ve enerji verimliliğinin otomom bir şekilde artırılması" olmak üzere üç temel politika aracı belirlenmiştir.

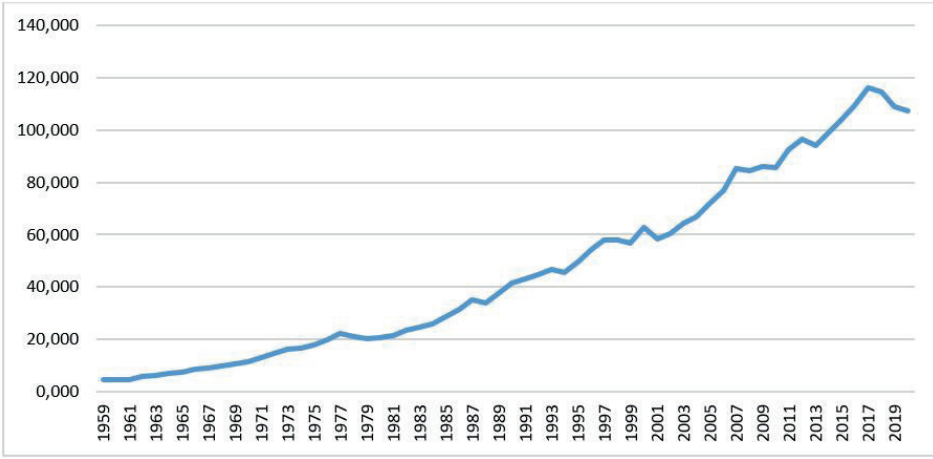
Şahin ve ark. (2021, s. 9) ise 2018, 2020, 2030, 2050 ve 2070 yılları için Türkiye'nin Ulusal Katkı Beyanı kapsamında net sıfır hedefine nasıl ulaşılacağını analiz etmektedir. Çalışma sonuçlarına göre Türkiye adil paylaşım ve hakkaniyet temellinde belirlenen bir karbon bütçesinin altında kalabilmek için fosil yakıtları terk ederek yenilenebilir enerji kaynaklarına geçmelidir. Bu doğrultuda Türkiye'nin 30 yıl içinde büyük ölçüde karbonsuzlaşarak 2050'lerin başında net sıfır emisyon hedefine yaklaşmasının mümkün olabileceği ifade edilmektedir.

#### 4. Türkiye'nin Karbon Bütçesi ve Karbonsuzlaşma Yol Haritası

Türkiye'de dışa açık büyüme stratejisi ve sanayileşme yaklaşımı ile birlikte sera gazı emisyonları artış göstermeye başlamıştır. Türkiye'nin özellikle enerji başta olmak üzere birçok sektörde fosil yakıtlardan faydalanması bu salınım miktarını arttırmıştır. Ancak dünyada iklim değişikliği ve küresel ısınma kaygılarının artmasıyla birlikte Türkiye de nötr karbon hedefi ile bu değişimi yakından takip etmektedir. Şekil 2, Türkiye'nin 1959-2020 dönemi ulusal fosil CO<sub>2</sub> emisyonlarını (bölgesel) MtCO<sub>2</sub>e/yıl cinsinden göstermektedir. 2017 ve 2018 yılında emisyonların önemli ölçüde arttığı görülmektedir. Bunun temel nedeni enerji kaynaklı emisyonların artma-

sıdır. Ayrıca emisyonların artması doğrudan GSYH ile ilişkilendirilebilir. 2017 yılında yıllık GSYH, zincirlenmiş hacim endeksiyle bir önceki yıla göre %7,4 artmıştır. GSYH'da en yüksek pay %17,6 ile imalat sanayine aittir (TUIK, 2018, s. 1). 2018 yılında da yıllık GSYH, zincirlenmiş hacim endeksiyle bir önceki yıla göre %2,8 artış göstermiş ve en yüksek pay yine %19,0 ile imalat sanayine ait olmuştur (TUIK, 2019, s. 1). Bununla birlikte aynı dönem World Meteorological Organization (WMO) (2019, s. 2), küresel ısınmaya neden olan sera gazı emisyon yoğunluğunun 2018'de rekor seviyeye ulaştığını ifade etmiştir. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>) ve nitroz oksit (N<sub>2</sub>O) değerleri 2018 yılında sanayi öncesi (1750 öncesi) seviyelerin sırasıyla %147, %259 ve %123'ünü oluşturmaktadır.

**Şekil 2: Türkiye'nin 1959-2020 Dönemine Ait Sera Gazı Emisyonu**

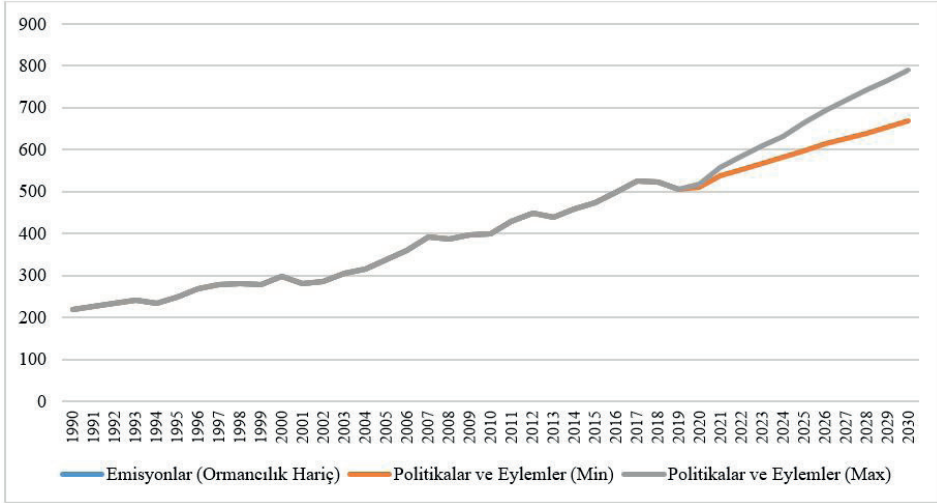


**Kaynak:** Friedlingstein, ve ark., (2021)'den elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

**Not:** Tüm değerler, yılda milyon ton karbon olarak verilmiştir. Yılda milyon ton CO<sub>2</sub> cinsinden değerler için 3.664 ile çarpılmalıdır. 1MtC = 1 milyon ton karbon = 3.664 milyon ton CO<sub>2</sub>.

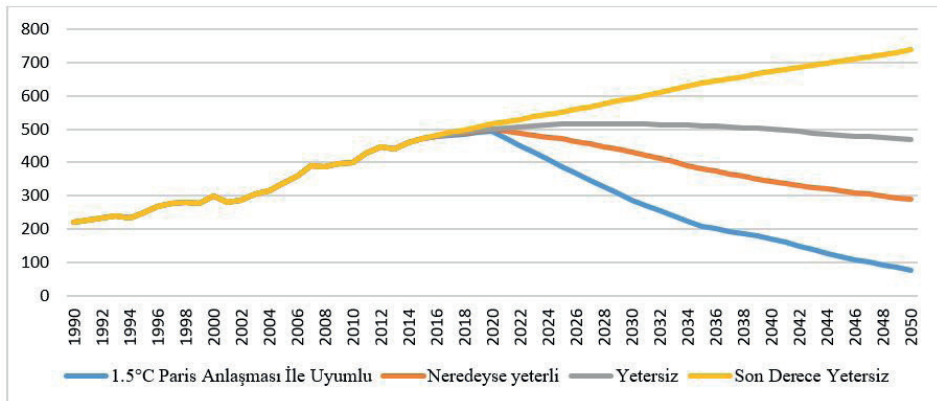
Türkiye'de sera gazı emisyonlarının 1979, 1994, 2001, 2008, 2019 ve 2020 yıllarında azaldığı görülmektedir. Bu tarihler özellikle 2001 ekonomik krizi ile 2008 küresel finansal kriz gibi krizler sebebiyle üretimin azaldığı dönemlerdir. 2019 ve 2020 yılında sera gazı emisyonları Covid-19 salgınının ortaya çıkmasıyla azalmıştır. Özellikle bu süreçte Türkiye'de uygulanan sokağa çıkma yasakları ile seyahat kısıtlamaları, üretimin yavaşlamasına ve ulaşım araçlarının kullanılmamasına yol açmıştır. Bu sayede emisyonlarda önemli ölçüde azalma gözlenmiştir. Ancak bu tarihler itibarıyla düşüş gösterse de Türkiye'de sera gazı emisyon miktarı genel olarak artış eğilimindedir.

Şekil 3, Türkiye'deki emisyon miktarı ile birlikte Türkiye'nin azaltım taahhütlerini ve politikalarını ve adil kullanım payını göstermektedir. Emisyonlar ormancılık sektörü hariç toplam sera gazı emisyon miktarını Mte/yıl cinsinden göstermektedir. Bu emisyon tipi toplam arazi kullanımını, arazi kullanım değişikliği ve ormancılık sektörünü kapsamaktadır. Emisyonlar 1990-2019 dönemine ilişkindir.

**Şekil 3: Türkiye'deki Emisyonlar ile Politikalar ve Eylemler**

**Kaynak:** Climate Action Tracker, Country Assessments, (October, 2021)'den elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

1990-2019 döneminden sonra 2020-2030 dönemi için Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını azaltmak amacıyla uygulayabileceği eylemler, minimum ve maksimum olmak üzere iki farklı öngörü modeli ile incelenmektedir. Politikalar ve eylemler (max) Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını azaltım taahhütleri çerçevesinde sera gazını minimum seviyeye düşürmesi durumunda, 2020-2030 döneminde emisyon hacmi sürekli olarak artış gösterecek ve 2030 yılında 791 MtCO<sub>2</sub>e/yıl seviyesine ulaşacaktır. Politikalar ve eylemler (min) düzeyde olması durumunda ise Türkiye'nin sera gazı emisyonlarını azaltım taahhütleri çerçevesinde sera gazını maksimum seviyeye düşürmesi, 2020-2030 döneminde emisyon hacminde ılımlı bir artış yaşanacak ve 2030 yılında 668 MtCO<sub>2</sub>e/yıl seviyesine ulaşacaktır. Uygulanabilecek olası politikalar neticesinde 2030 yılında yaklaşık 123 MtCO<sub>2</sub>e/yıl sera gazı emisyon miktarı farkı oluşabilecektir.

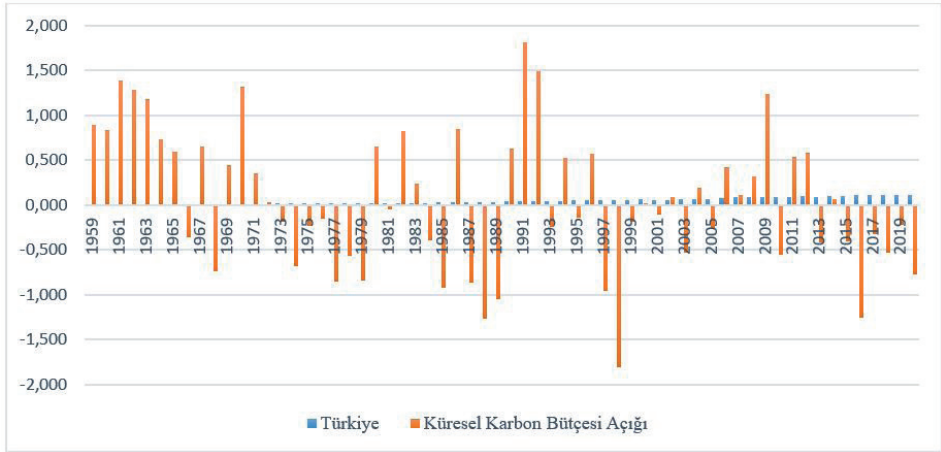
**Şekil 4: Türkiye'nin Emisyon Öngörüsü Senaryoları 1990-2050**

**Kaynak:** Climate Action Tracker, Country Assessments, (October, 2021)'den elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

Şekil 4 ise, Türkiye'nin 1990-2050 dönemi için emisyon öngörüsünü göstermektedir. Buna göre Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında taahhüt ettiği emisyon hacmi hedefine ulaştığı durum, bu anlaşmaya yönelik neredeyse yeterli önlemler alması durumu ile Paris Anlaşması kapsamında yetersiz veya son derece yetersiz önlem alması durumu olmak üzere 4 farklı olası öngörü gösterilmektedir. Senaryoların oluşturulmasında kullanılan varsayımlar, (1) küresel sıcaklık artışının 1,5°C altında tutulması ve (2) taahhüt edilen hedefe 2050 yılına kadar ulaşılmıştır.

Bu kapsamda 1,5°C Paris Anlaşması ile uyumlu senaryo, Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması kapsamında taahhüt ettiği hedefleri yerine getirebilmesi halinde gerçekleşebilecek durumu; neredeyse yeterli senaryosu Paris İklim Anlaşması'nda belirlenen hedeflere ulaşmakla birlikte tam olarak gerçekleştirilememesi halinde ortaya çıkacak durumu; yetersiz ve son derece yetersiz senaryoları ise taahhüt edilen hedeflere ulaşamaması ve emisyon miktarını artırmaya devam etmesi halinde oluşacak durumu göstermektedir. Türkiye'nin Paris İklim Anlaşması ile uyumlu sera gazı emisyon azaltım senaryosu uygulayabilmesi halinde sıfır emisyon (net sıfır karbon) hedefine yaklaştığı görülmektedir. Ancak, yine de neredeyse yeterli önlem alması durumunda bile sera gazı emisyonunun azalma eğiliminde olduğu ve 1990 yılındaki emisyon miktarına yaklaştığı ileri sürülebilir.

**Şekil 5: Türkiye'nin Küresel Karbon Bütçesindeki Payı**



**Kaynak:** Friedlingstein, ve ark., (2021)'den elde edilen verilerle yazarlar tarafından oluşturulmuştur.

**Not:** Tüm değerler, yılda milyar ton karbon (GtC/yıl) cinsindedir.

Şekil 5'te Türkiye'nin küresel karbon bütçesindeki payı gösterilmektedir. Türkiye'nin karbon salınımının 1990'lı yıllarda sanayileşme ile artmaya başladığı görülmektedir. 2000'li yıllarda bu artış devam etmiştir. Türkiye'nin küresel karbon bütçesi açığı az olsa da 2015 yılından itibaren sera gazı emisyonunun arttığı söylenebilir. Özellikle sera gazı emisyonları 2019-2020 döneminde Covid-19 salgını sebebiyle azalmıştır. Ancak Türkiye ekonomisinin salgının etkilerini hızlıca bertaraf etmesi sebebiyle, üretimin artması ve 2021 yazında yaşanan büyük orman yangınları nedeniyle azalan kara yutaklarına bağlı olarak sera gazı emisyonlarının yeniden arttığı ileri sürülebilir.

Bu sebeple Türkiye'de karbon bütçesi açığındaki payının azaltılması için sera gazı emisyonlarının ve Paris İklim Anlaşması ile uyumlu emisyon hedefinin gerçekleştirilebilmesi amacıyla karbonsuzlaşma (net sıfır hedefi) yol haritası belirlenmeli ve bu haritaya öncelik verilmelidir. Bu çerçevede Türkiye'de;

- Yenilenebilir enerji yatırımları yaygınlaştırılmalı ve mali teşviklerle desteklenmelidir. Böylece enerji sektörü emisyonlarının azaltılması gerçekleştirilebilir.
- Özellikle kamu binalarında fosil yakıtlar yerine güneş enerjisi, dalga enerjisi, rüzgâr enerjisi ve jeotermal enerji gibi yenilenebilir enerji tercih edilmelidir.
- Toplu taşıma ve ulaşım araçlarında dizel ve benzin yerine elektrikli araçlara yönelim sağlanmalıdır. Özellikle Avrupa’da dizel araçların yasaklanması dikkate alındığında Türkiye’nin elektrikli araçlara yatırım yapması ve elektrikli araçların kullanılabilmesi için gerekli altyapıyı oluşturması gerekmektedir.
- Ulusal sera gazı emisyon envanteri olmasına karşılık, bu envanter sürekli güncellenmeli ve tesis-bazlı sera gazı emisyon envanteri sistemine geçilmelidir.
- İklim değişikliği ile mücadele kapsamında oluşturulacak politikalar, stratejiler ve eylem planlarının<sup>4</sup> net sıfır emisyon hedefi, Ulusal Katkı Beyanı gibi diğer politika ve hedefler ile uyumlu bir şekilde oluşturulması, entegrasyonun sağlanması gerekmektedir.
- Net sıfır emisyon hedefine yönelik karbonsuzlaşma vergi politikaları oluşturulmalıdır.
- Küresel karbon bütçesindeki payının azaltılması çerçevesinde karbon bütçesi gelirlerini azaltması ve karbon bütçesi giderlerini arttırması gerekmektedir. Bu doğrultuda en başta ormanlık alanların rehabilitasyonu sağlanmalı ve ağaçlandırma çalışmalarının hızlandırılması için gerekli düzenlemeler ele alınmalıdır.
- Tüm bu önlemlerin uygulanabilmesi için Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı’nın, Hazine ve Maliye Bakanlığı’nın, Tarım ve Orman Bakanlığı’nın, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı’nın yasal bir zeminle işbirliği içinde bulunması gerekmektedir.

## 5. Sonuç

1990’lı yıllardan itibaren küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda artan endişeler hem ulusal hem de uluslararası ölçekte iklim ve çevre politikalarına yönelik düzenlemeler yapılmasına zemin hazırlamıştır. Bu süreçte hazırlanan en kapsamlı düzenleme Paris İklim Anlaşması olmuştur. Paris İklim Anlaşması, küresel sıcaklık artışlarının 2°C’nin çok altında sınırlandırılması ve mümkün olduğunca 1,5°C seviyesinde tutulmasını hedeflemektedir. Anlaşmaya taraf olan ülkelerin kendi oluşturacakları politikalarla bu hedefe ulaşması kararlaştırılmıştır. Bu kapsamda, hem bu hedefin ortaya çıkmasında hem de bu hedefe yönelik politikaların oluşturulmasında öne çıkan kavramlardan biri küresel karbon bütçesi olmuştur.

Mali bütçenin gelir gider dengesi metaforundan yararlanılarak ortaya çıkarılan karbon bütçesi kavramının gelir kısmını fosil yakıtlar, sanayi ve arazi kullanım değişikliğinden kaynaklanan emisyonlar; gider kısmını ise atmosferik büyüme, okyanus yutağı, kara yutağı ve çimento karbonatlaşması oluşturmaktadır. Bu çerçevede ortaya çıkan karbon bütçesi açığı, bütçe giderlerini oluşturan karbon yutaklarının bütçe gelirlerini oluşturan karbon emisyonlarını absorbe edemediği miktar olarak ortaya çıkmaktadır. Bu miktar atmosferdeki sera gazı yoğunluğunu artırarak, küresel ısınmanın artmasına ve dolayısıyla 1,5°C ve 2°C hedeflerinin aşılmasına neden olmaktadır.

Küresel karbon bütçesi kavramı, Paris İklim Anlaşması ile belirlenen hedeflere ulaşma açısından önemli bir kaynak oluşturmaktadır. Zira 1,5°C ve 2°C hedeflerine ulaşmak için kalan emisyon miktarının hesaplanabilmesi, hangi emisyon kaynaklarının ne kadar payının olduğu,

4 Örneğin Türkiye’nin Uzun Dönemli İklim Değişikliği Stratejisi ve Eylem Planı gibi. Eylem planı çalışmaları, İklim Değişikliği Başkanlığı ve Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) işbirliği ile, 2053 net sıfır emisyon hedefi çerçevesinde başlatılmıştır. Çalışmaların 2022 yılı sonu itibarıyla tamamlanması planlanmaktadır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2022b, s.1).

hesaplanan emisyonun ülkeler arasındaki dağılımı gibi hususların belirlenebilmesi açısından önemlidir. Ancak literatürde küresel karbon bütçesini oluşturan kaynakların esasında belirsiz olduğu, bu nedenle karbon bütçesinin belirsiz ve tutarsız olabileceğini ifade eden çalışmalar (Peters, 2018, s. 380; Matthews ve ark., 2018, s. 1-4; Houghton, 2020, s. 3006) da bulunmaktadır. Bu noktada sera gazı emisyon miktarlarının ölçülebilir olmasına rağmen, karbon yutaklarının net bir şekilde tespit edilmesinin zor olduğu düşünülmektedir. Literatürde sera gazı emisyonu miktarının azaltılması için genel olarak yenilenebilir enerji kaynaklarına geçilmesi önerilmektedir.

Türkiye'nin sera gazı emisyonu miktarı 1979, 1994, 2001, 2008, 2019 ve 2020 gibi kriz dönemlerinde üretimdeki azalışlar ile birlikte düşüş gösterse de genel olarak artış eğilimi içerisinde. Bu nedenle Paris İklim Anlaşması kapsamında sera gazı emisyonlarını 2030 yılına kadar %21 oranında azaltacağını taahhüt eden Türkiye'nin, anlaşma hedefleri ile uyumlu bir senaryo uygulayabilirse, 2050 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine yaklaşabileceği görülmektedir. Dahası neredeyse yeterli bir senaryo uygulaması durumunda dahi 1990 yılı emisyon miktarına ulaşabilmektedir. Dolayısıyla Türkiye'nin sera gazı emisyon miktarını azaltması mümkündür. Ancak bunun için etkin bir karbonsuzlaşma yol haritası belirlenmeli ve bu çerçevede oluşturulacak politikalar sıkı sıkıya takip etmelidir.

---

**Etik Komite Onayı:** Etik kurul belgesi gerektiren bir çalışma değildir.

**Hakem Değerlendirmesi:** Dış bağımsız.

**Yazar Katkıları:** Çalışma Konsepti/Tasarım- S.A., G.Ç.; Veri Toplama S.A., G.Ç.; Veri Analizi/Yorumlama- S.A., G.Ç.; Yazı Taslağı- G.Ç., S.A.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi- S.A., G.Ç.; Son Onay ve Sorumluluk- G.Ç., S.A.

**Çıkar Çatışması:** Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

**Finansal Destek:** Yazarlar bu çalışma için finansal destek almadığını beyan etmiştir.

**Ethics Committee Approval:** It is not a study that requires an ethics committee document.

**Peer-review:** Externally peer-reviewed.

**Author Contributions:** Conception/Design of Study- S.A., G.Ç.; Data Acquisition- S.A., G.Ç.; Data Analysis/Interpretation- S.A., G.Ç.; Drafting Manuscript- G.Ç., S.A.; Critical Revision of Manuscript- S.A., G.Ç.; Final Approval and Accountability- G.Ç., S.A.

**Conflict of Interest:** The authors has no conflict of interest to declare.

**Grant Support:** The authors declared that this study has received no financial support.

---

## Kaynakça/References

- Alcaraz, O., Buenestado, P., Escribano, B., Sureda, B., Turon, A., & Xercavins, J. (2019). The global carbon budget and the Paris Agreement. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 11(3), 310-325.
- Canadell, J., & Carlson, D. (2017). The annual global carbon budget. *World Meteorological Organisation Bulletin*, 66(1), 34-37.
- Climate Action Tracker, (2021). Country assessments. Erişim adresi: <http://climateactiontracker.org> (01.03.2022)
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2015). *Türkiye Cumhuriyeti niyet edilen ulusal olarak belirlenmiş katkı*. Erişim adresi: [https://yesilekonomi.com/files/The\\_INDC\\_of\\_TURKEY\\_v\\_15\\_19\\_30-TR.pdf](https://yesilekonomi.com/files/The_INDC_of_TURKEY_v_15_19_30-TR.pdf) (21.03.2022)
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022a). *İklim Değişikliği Başkanlığı*. Erişim adresi: <https://iklim.gov.tr/hakimizda-i-4> (12.09.2022).
- Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı (2022b, Ağustos 24). *2053 Net sıfır emisyon hedefimize giden yolda uzun dönemli stratejimizi hazırlıyoruz*. Erişim adresi: <https://iklim.gov.tr/2053-net-sifir-emisyon-hedefimize-giden-yolda-uzun-donemli-stratejimizi-hazirliyoruz-haber-33> (12.09.2022).
- Delbeke, J., Runge-Metzger, A., Slingenberg, Y., & Werkman, J. (2019). The Paris Agreement. In J. Delbeke & P. Vis (Eds.), *Towards a Climate-Neutral Europe: Curbing the Trend* (pp. 24-45). New York: Routledge.
- Deloitte, (2021). COP26 Zirvesi çıktıkları: Glasgow İklim Paketi ve iklim finansmanı, *Bilgi Notu*. Erişim adresi: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/tr/Documents/risk/COP26-zirvesi-ciktillari.pdf> (08.08.2022).
-



- Dışişleri Bakanlığı, (2022a). *Kyoto Protokolü*. Erişim adresi: <https://www.mfa.gov.tr/kyoto-protokolu.tr.mfa#:~:text=B%C3%B6ylece%2C%20ikinci%20taahh%C3%BCt%20d%C3%B6nemi%202013,en%20az%20%18%20azaltmas%C4%B1%20kararla%C5%9Ft%C4%B1r%C4%B1m%C4%B1%20C5%9Ft%C4%B1r> (11.03.2022)
- Dışişleri Bakanlığı, (2022b). *Paris Anlaşması*. Erişim adresi: <https://www.mfa.gov.tr/paris-anlasmasi.tr.mfa> (11.03.2022)
- Doğan, S., Doğan, E. ve Tüzer, M. (2021). Paris Anlaşması iklim sıcaklık hedefi ve karbon bütçesi yaklaşımı: G20 üyeleri için kümeleme analizi. *Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 10(4), 1008-1029.
- Duscha, V., Denishchenkova, A., & Wachsmuth, J. (2019). Achievability of the Paris Agreement targets in the EU: Demand-side reduction potentials in a carbon budget perspective. *Climate Policy*, 19(2), 161-174.
- Feijoo, F., Iyer, G., Binsted, M., & Edmonds, J. (2020). US Energy system transitions under cumulative emissions budgets. *Climatic Change*, 162(4), 1947-1963.
- Friedlingstein, P., Jones, M. W., O'Sullivan, M., Andrew, R. M., Bakker, D. C., Hauck, J., ..., & Zeng, J. (2021). Global carbon budget 2021. *Earth System Science Data Discussions*, 1-191, Erişim adresi: <https://www.icos-cp.eu/science-and-impact/global-carbon-budget/2021> (01.03.2022)
- Gignac, R., & Matthews, H. D. (2015). Allocating a 2°C cumulative carbon budget to countries. *Environmental Research Letters*, 10(7), 075004, 1-10.
- Hauck, J., Zeising, M., Le Quéré, C., Gruber, N., Bakker, D. C., Bopp, L., ..., & Séférian, R. (2020). Consistency and challenges in the ocean carbon sink estimate for the global carbon budget. *Frontiers in Marine Science*, 852, 1-22.
- Houghton, R. A. (2020). Terrestrial fluxes of carbon in gcp carbon budgets. *Global Change Biology*, 26(5), 3006-3014.
- Karakaya, E. (2016). Paris İklim Anlaşması: İçeriği ve Türkiye üzerine bir değerlendirme. *Adnan Menderes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(1), 1-12.
- Karvounis, P., & Blunt, M. J. (2021). Unconstrained extraction of fossil fuels and implication for carbon budgets under climate change scenarios. *Journal of Fluid Flow*, 8, 72-79.
- Krause, F., Bach, W., & Koomey, J. (1989). Energy policy in the greenhouse - from warming fate to warming limit: Benchmarks for a global climate convention. *International Project for sustainable Energy Paths (IPSEP)*, El Cerrito, CA 94530.
- Kumbaroğlu, G., Or, İ. ve Işık, M. (2017). Karbon vergisi ile seragazi emisyonlarının azaltımı: Türkiye vakası. *Uluslararası İlişkiler*, 14(54), 149-174.
- Lahn, B. (2020). A history of the global carbon budget. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 11(3), e636, 1-9.
- Matthews, H. D., Zickfeld, K., Knutti, R., & Allen, M. R. (2018). Focus on cumulative emissions, global carbon budgets and the implications for climate mitigation targets. *Environmental Research Letters*, 13(1), 010201, 1-9.
- Millar, R. J., Fuglestedt, J. S., Friedlingstein, P., Rogelj, J., Grubb, M. J., Matthews, H. D., ..., & Allen, M. R. (2017). Emission budgets and pathways consistent with limiting warming to 1.5°C. *Nature Geoscience*, 10(10), 741-747.
- Moss, J., & Kath, R. (2019). Historical emissions and the carbon budget. *Journal of Applied Philosophy*, 36(2), 268-289.
- Mulder, C., Conti, E., & Mancinelli, G. (2021). Carbon budget and national gross domestic product in the framework of the Paris Climate Agreement. *Ecological Indicators*, 130(2021), 108066, 1-9.
- Nyambuu, U., & Semmler, W. (2020). Climate change and the transition to a low carbon economy—carbon targets and the carbon budget. *Economic Modelling*, 84, 367-376.
- Orkunoğlu Şahin, I. F. ve Çiftçi, T. E. (2021). İklim değişikliği ile mücadelede Türkiye için karbon vergisi önerisi. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sosyal Bilimler Araştırma Dergisi*, 16(2), 254-269.
- Özkaya Özlüer, I. (2015). Önsöz Paris Anlaşması ve ortak değerlerin inşası sürecinde hukuk. I. Özkaya Özlüer, E. Turhan, F. Özlüer (Ed.), (Y. B. Çamurdan, Çev.), *Paris Anlaşması: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin 21. Taraflar Konferansı-COP 21* içinde (ss. 1-28). Ankara: Ekoloji Kolektifi Derneği.
- Pabuççu, H. ve Bayramoğlu, T. (2016). Yapay sınır ağları ile CO2 emisyonu tahmini: Türkiye örneği. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 18(3), 762-778.

- Peters, G. P. (2018). Beyond carbon budgets. *Nature Geoscience*, 11(6), 378-380.
- Rodrigues, A., Sardinha, R. A., & Pita, G. (2021). Fundamentals of global carbon budgets and climate change. In A. Rodrigues, R. A. Sardinha, & G. Pita (Eds.), *Fundamental Principles of Environmental Physics* (pp. 267-308). Springer, Cham.
- Şahin, Ü., Tör, O.B., Kat, B., Teimourzadeh, S., Demirkol, K., Künar, A., Voyvoda, E. ve Yeldan, E. (2021). Türkiye'nin karbonsuzlaşma yol haritası: 2050'de net sıfır. İPM Sabancı Üniversitesi, Stiftung Mercator Girişimi. Erişim adresi: <https://ipc.sabanciuniv.edu/Content/Images/CKeditorImages/20211026-23105368.pdf>, (05.08.2022).
- Tokarska, K. B., & Gillett, N. P. (2018). Cumulative carbon emissions budgets consistent with 1.5°C global warming. *Nature Climate Change*, 8(4), 296-299.
- TUIK (2018). *Yıllık gayrisafi yurt içi hasıla, 2017*. Haber Bülteni, Sayı: 27844. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2017-27844#> (02.03.2022)
- TUIK (2019). *Yıllık gayrisafi yurt içi hasıla, 2018*. Haber Bülteni, Sayı: 30890. Erişim adresi: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Yillik-Gayrisafi-Yurt-Ici-Hasila-2018-30890#:~:text=%C3%9Cretim%20y%C3%B6ntemine%20g%C3%B6re%20cari%20fiyatlarla,milyar%20388%20milyon%20TL%20oldu> (02.03.2022)
- UNFCCC (2015). *Adoption of the Paris Agreement. Proposal by the president*, FCCC/CP/2015/L.9/Rev.1. Erişim adresi: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf> (23.03.2022)
- UNITED NATIONS (1992). *United Nations framework convention on climate change*. Erişim adresi: [https://unfccc.int/sites/default/files/convention\\_text\\_with\\_annexes\\_english\\_for\\_posting.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/convention_text_with_annexes_english_for_posting.pdf) (23.03.2022)
- Van den Berg, N. J., van Soest, H. L., Hof, A. F., den Elzen, M. G., van Vuuren, D. P., Chen, W., ... ve Blok, K. (2020). Implications of various effort-sharing approaches for national carbon budgets and emission pathways. *Climatic Change*, 162(4), 1805-1822.
- World Meteorological Organization (WMO), (2019). The state of greenhouse gases in the atmosphere based on global observations through 2018. *WMO Greenhouse Gas Bulletin*, 15(25), 1-8.
- Yeldan, E. (2021, Kasım 10). İklim değişikliği => iklim krizi => iklim adaletsizliği. Erişim adresi: [https://yeldan.files.wordpress.com/2021/11/yeldan789\\_10ksm2021\\_iklimkrizi.pdf](https://yeldan.files.wordpress.com/2021/11/yeldan789_10ksm2021_iklimkrizi.pdf) (05.08.2022).
- Yeldan, E. ve Voyvoda, E. (2015). Türkiye için düşük karbonlu kalkınma yolları ve öncelikleri. *WWF- Türkiye Araştırma Raporu*, Sabancı Üniversitesi İstanbul Politika Merkezi. Erişim adresi: [http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/20151007\\_turkiye\\_icin\\_duuk\\_karbonlu\\_kalkinma\\_yollar\\_ve\\_öncelikleri\\_rapor.pdf](http://awsassets.wwftr.panda.org/downloads/20151007_turkiye_icin_duuk_karbonlu_kalkinma_yollar_ve_öncelikleri_rapor.pdf) (05.08.2022).