



Fosil Yakıt Kaynaklı Karbondioksit Emisyonlarına Dayalı K-Ortalama Kümeleme Analizi: G20 Örneği

K-Means Cluster Analysis Based on Fossil Fuel Carbon Dioxide Emissions: The G20 Example

Seyhun Doğan* , Ebru Doğan** , Mutlu Tüzer*** 

Öz

İnsan kaynaklı sera gazı emisyonları ile iklim değişikliği arasındaki ilişki, iklim değişikliğinin azaltılmasına ilişkin tartışmaların merkezinde yer almaktadır. Fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarının toplam sera gazı emisyonları içindeki payı, iklim değişikliği politikalarının enerji politikalarından ayrı değerlendirilmesinin mümkün olmadığını göstermektedir. Fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarının kontrol altına alınması ve karbon nötr enerji kaynaklarının geliştirilmesi konusunda bir uzlaşma bulunmasına rağmen, ülkeler arasındaki sosyal, ekonomik ve demografik farklar, bilimsel alandaki uzlaşmanın politik alana taşınmasını zorlaştırmaktadır. 1992 yılında imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nde yer alan "ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar ve güçler ilkesi"ne dayalı olarak emisyon azaltım taahhütleri konusunda gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında yapılan ayırım, politik alandaki ayrışmanın önemli bir nedenidir. Bu çalışmanın amacı; 1990-2017 yılları arasında G20 üyelerinin durumlarındaki değişimin, kişi başına milli gelir ve fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyon ölçütlerine dayalı olarak analizidir. Bu amaçla k-ortalama kümeleme analizi yöntemi kullanılarak sözü edilen ölçütler açısından üye ülkelerin benzerlik ve farklılıkları incelenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerin toplam emisyonlarındaki yükselme dikkat çekici olsa da kişi başına emisyonlar dikkate alındığında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki farkın büyük ölçüde devam ettiği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler

İklim Değişikliği, Karbondioksit Emisyonları, Kümeleme Analizi, K-Ortalama Kümeleme Analizi

Abstract

The relationship between anthropogenic greenhouse gas emissions and climate change is at the center of discussions on mitigating climate change. The share of carbon dioxide emissions derived from fossil fuels in total greenhouse gas emissions shows that it is not possible to evaluate climate change policies in isolation from energy policies. Although there is a consensus on controlling carbon dioxide emissions from fossil fuels and developing carbon neutral energy sources, social, economic and demographic differences between countries make it difficult to transfer the consensus in the scientific field to the political field. The distinction made between developed and developing countries in terms of emission reduction commitments based on "the principle of common but differentiated responsibilities and respective capabilities" in the United Nations Framework Convention on Climate Change signed in 1992 is an important factor in the disagreement in the political arena. This study aims to reveal in what ways the direction of travel and how much the situation of the countries that are members of the G20 has changed between 1990 and 2017, based on per capita income

* **Sorumlu Yazar:** Seyhun Doğan (Prof. Dr.), İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İktisat Bölümü, İstanbul, Türkiye.

E-posta: sdogan@istanbul.edu.tr ORCID: 0000-0003-3450-0612

** Ebru Doğan (Doç. Dr.), İstanbul Üniversitesi, İktisat Fakültesi, İşletme Bölümü, İstanbul, Türkiye. E-posta: ebuseng@istanbul.edu.tr ORCID: 0000-0003-0832-9030

*** Mutlu Tüzer (Doktora öğrencisi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye.

E-posta: mutlutuzer@gmail.com ORCID: 0000-0001-9125-2542

Atf: Dogan, S., Dogan, E., & Tuzer, M. (2021). Fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarına dayalı K-ortalama kümeleme analizi: G20 örneği. *EKOIST Journal of Econometrics and Statistics*, 36, 187-203. <https://doi.org/10.26650/ekoist.2022.36.1019993>



and fossil fuel carbon dioxide emission criteria. For this purpose, using the k-means clustering analysis method, similarities and differences of the member countries have been examined in terms of the mentioned criteria. Although the increase in the total emissions of developing countries is remarkable, when emissions per capita are considered, it can be seen that the difference between developed and developing countries continues to a large extent.

Keywords

Climate Change, Carbon Dioxide Emissions, Cluster Analysis, K-Means Cluster Analysis

Extended Summary

The scientific theory of human-induced climate change is well established and goes back almost two centuries. Solar energy drives the earth's climate, and the atmosphere is the principal component of the system that maintains the earth's radiative balance. As a result of human activities such as fossil fuel-based energy consumption and deforestation, heat-intercepting greenhouse gases are emitted into the atmosphere. Capable of absorbing thermal radiation, these greenhouse gases accumulate in the atmosphere and affect the radiative balance of the earth. In the period of just two hundred and fifty years after 1750, atmospheric concentrations of the most important greenhouse gases, namely carbon dioxide, methane and nitrous oxide have risen by 40%, 150%, and 20%, respectively. As a consequence of the higher quantity of greenhouse gases in the atmosphere, global average temperatures have risen by 1.1 °C over the same period. In addition to increasing global temperatures, it is easy to find empirical evidence about anthropogenic climate change in the climate system. Ocean acidification, the increasing heat of the oceans, rise in sea levels, destruction of coral reefs, melting ice sheets, and retreating glaciers are listed among the most critical impacts of climate change. The scientific consensus on climate change can be found in the climate science literature. According to the most quoted evidence of the consensus among scientists, 97% of the scientific papers published in scientific journals accept that climate change is occurring, and the main cause is human activity. The Intergovernmental Panel on Climate Change, which is the leading scientific authority on climate change, states, in its 5th climate assessment report (2013), that the "Warming of the climate system is unequivocal, and since the 1950s, many of the observed changes are unprecedented over decades to millennia. The atmosphere and ocean have warmed, the amounts of snow and ice have diminished, sea level has risen, and the concentrations of greenhouse gases have increased...It is extremely likely that human influence has been the dominant cause of the observed warming since the mid-20th century..."

The picture emerging in the scientific field shows that the sustainable solution to climate change lies primarily in reducing human-induced greenhouse gas emissions. The key document signed in the international arena on climate change is the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), which was signed in 1992. In Article 2 of the Convention, it is stated that the ultimate goal of the

UNFCCC “is to fix the greenhouse gas concentrations in the atmosphere at a level that will prevent a dangerous human intervention to the climate system.” Conversely, the distinction between developed and developing countries, especially in terms of responsibilities regarding greenhouse gas reduction has become an important problem to be overcome in international negotiations. For example, in Article 3 of the UNFCCC, which lists the basic principles to be followed to achieve the ultimate goal, concepts such as equity, development, precaution, and sustainability are highlighted. According to these principles, “the climate system should be protected for the benefit of present and future generations and by the principle of equity.” As a requirement of the principle of equity, the responsibilities of developed and developing countries should be common but following differentiated responsibilities and respective abilities.

Within the Kyoto Protocol, which was negotiated within the scope of the UNFCCC and signed in 1998 and whose implementation period started in 2005, developed countries committed to cutting their average greenhouse gas emissions by 5%. The distinction between developed and developing countries in terms of emission reduction commitments has been one of the most prominent aspects of the Kyoto Protocol. Another internationally important document, signed in 2015, is the Paris Agreement. Unlike the Kyoto Protocol, in the Paris Agreement, the main target is to hold the increase in average temperatures in the twenty-first century to well below 2 °C compared to the pre-industrial period. In addition to the 2 °C target, it is decided that efforts should be pursued to limit the temperature increase to 1.5 °C above pre-industrial levels. Unlike the Kyoto Protocol in which countries aim to participate in an emission reduction target determined at the international level, the parties in the Paris Agreement set a target according to themselves. Although it is presented as a single agreement, the Paris Agreement consists of different national commitments prepared and announced by the parties, in line with their own conditions. Although international participation against climate change has been achieved in the agreement, it is seen that the de facto distinction between developed and developing countries in the UNFCCC is maintained.

The fact that there are developed and developing countries among the G20 countries, including Turkey, makes it possible to analyze the political divergence in the fight against climate change since the UNFCCC. However, the fact that the G20 countries constitute 63% of the world’s population, 80% of the national income, 78% of the energy supply, and 81% of the fossil-fuel based carbon dioxide emissions as of 2017 helps to interpret the results of the analysis in terms of the world. The cluster analysis based on per capita income and carbon dioxide emissions show that the gap between developed and developing countries did not close in the 1990-2017 period. The increase in the total emissions of countries such as China and India is remarkable. However, within the G20, developed countries’ per capita emissions are

still relatively high compared to developing countries. As a global environmental problem, human-induced climate change requires the participation of all countries. However, demographic, economic, and technological differences between countries indicate that achieving global cooperation is not as easy as desired. The sustainable solution or management of climate change necessitates reducing these differences between countries. At this point, the aim should not only be to put pressure on developing countries to reduce their greenhouse gas emissions but also to build a structure that helps developing countries to gain the institutional, economic, and technological capability and capacity they need in the fight against climate change.

Fosil Yakıt Kaynaklı Karbondioksit Emisyonlarına Dayalı K-Ortalama Kümeleme Analizi: G20 Örneği

Yeryüzü sisteminin enerji dengesini sağlayan en önemli süreç, ışınım yoluyla uzaya gönderilen ısı olduğu için, atmosferdeki sera etkisini ortaya çıkartan gazların atmosferdeki yoğunlukları, yeryüzünün ısı dengesinin en önemli belirleyicileri olmaktadır. Bu sebeple atmosferdeki sera gazlarının yoğunluklarının yükselmesi, yeryüzünün güneş ışınımı yoluyla kazandığı ısının uzaya çok daha yavaş bir şekilde gönderilmesi anlamına gelmektedir. Atmosferde sera etkisine sahip olan başlıca sera gazları; su buharı, karbondioksit (CO₂), ozon (O₃), azotoksit (N₂O), metan (CH₄), klor ve flor içeren bazı endüstriyel gazlardır. CO₂ başta olmak üzere sera etkisi oluşmasına yol açan gazların bazıları atmosferde doğal olarak bulunurlar ve atmosferin yaklaşık olarak %1'ini oluşturmaktadırlar. Atmosferde sırasıyla %78 ve %21 oranında bulunan azot (N₂) ve oksijenin (O₂) ise, sera etkisi bulunmamaktadır. Doğal sera etkisi, yeryüzünün enerji dengesini sağlayarak hayat için uygun sıcaklık koşullarının oluşmasına katkıda bulunmaktadır. Karbondioksit, metan ve azotoksit en önemli sera gazlarıdır. Bu durumun nedenlerinden birisinin atmosferde doğal olarak bulunmalarının yanı sıra bu gazların insan faaliyetleri sonucu atmosfere salınmaları olduğunu söylemek mümkündür. Genel olarak fosil yakıtlar ve arazi kullanımındaki değişim (özellikle orman alanlarının daralması) karbondioksit emisyonlarının kaynağını teşkil etmektedir. Buna karşın metan emisyon kaynakları ve miktarları konusunda bazı belirsizlikler bulunmaktadır. Yeryüzünde bulunan sulak alanlar (bataklık ve baraj gölleri gibi), geviş getiren canlılar, pirinç tarımı ve az miktarda da enerji ile ilgili sektörler (özellikle doğal gaz) metan kaynaklarıdır. Atmosfere salınan azotoksit miktarının yaklaşık %40'ı insan kaynaklı olarak kabul edilirken aynı şekilde söz konusu gazın kesin kaynak ve miktarları konusunda belirsizlikler bulunmaktadır (IPCC, 2007: 135). Atmosferde doğal olarak bulunan sera etkisine ilave olarak fosil yakıt kullanımı ve ormanlık alan kaybı gibi faktörler nedeniyle atmosfere bırakılan sera gazları, atmosferdeki sera gazı yoğunluklarını yükseltmekte ve sera gazı etkisinin güçlenmesine yol açmaktadır. İnsan kaynaklı emisyonlar sebebiyle ortaya çıkan bu etki, *güçlendirilmiş sera etkisi* olarak nitelendirilmektedir (Houghton, 2009: 29). Güçlendirilmiş sera etkisi, en temel düzeye inildiğinde antropojenik yani insan kaynaklı küresel ısınma ve iklim değişikliğinin temel nedenini teşkil etmektedir. Bu durum, normal şartlarda yeryüzünü terk etmesi gereken bir miktar enerjinin yeryüzünde kalması sonucunu doğurmaktadır.

Fiziksel iklim sistemi açısından dışsal bir zorlamayı temsil ettiği için, iklim değişikliğinin çözümü ya da sınırlandırılması yolunda ilk yapılması gerekenin insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması olduğu açıktır. Problemi daha spesifik ve anlaşılır kılmak, gerekli adımların atılmasını sağlamak amacıyla insan kaynaklı iklim değişikliğinin karbon sorununa indirgenmesi, genel olarak benimsenen diğer yaklaşımdır. Buna göre, *iklim değişikliği politikası* aslında *karbon politikasıdır* (Piel-

ke, 2011: 16). İnsan kaynaklı iklim değişikliğinin nihai çözümü kömür, doğal gaz ve petrol gibi karbon yoğun fosil yakıtlarının yerini hidroelektrik, rüzgâr ve fotovoltaik güneş santralleri gibi karbon nötr yenilenebilir enerji kaynaklarının almasında yatmaktadır. Tüm gezegeni tehdit eden sürdürülemez iklim koşullarından sürdürülebilir iklim koşullarına dönüş; ancak, küresel enerji sistemindeki bir dönüşüm sayesinde mümkün olabilir (Leggett; 2018: 332).

Ekonomik faktörlerin yanı sıra konunun karbondioksit üzerinden ele alınmasının birkaç teknik nedeninin bulunduğunu söylemek mümkündür. Sera gazları içinde kaynak, miktar, atmosferik ömür, toplam ısıtma etkisi gibi ölçütler bakımından karbondioksit, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununun en önemli değişkenlerinden birisi olarak öne çıkmaktadır. Günümüzde insan kaynaklı sera gazı salınımlarının yaklaşık olarak %70'i enerji sisteminin temelini teşkil eden fosil yakıtlar nedeniyle oluşmaktadır. Enerji sistemi kaynaklı emisyonların %90'nını ise, karbondioksit teşkil etmektedir. Toplam ısıtma etkisinin yaklaşık %70'i ve 1970-2010 yılları arasındaki insan kaynaklı sera gazı emisyonlarındaki artışın %78'i karbondioksitten kaynaklanmaktadır. İyi kalite kömürün %85'ten fazlasını karbon oluştururken ham petrolde bu oran %84-87'dir. Doğal gazın temel bileşeni ve sera etkisi bulunan metandaki karbon oranı ise, %75'tir (Smil, 2005: 214). Karbon oranı fazla olan yakıtların karbondioksit emisyonu da yüksek olmaktadır. 1870 yılından sonra dünya ekonomisinin atmosfere saldırdığı enerji kaynaklı karbondioksit miktarı 50 kattan fazla artış kaydetmiştir. 1750-2011 yılları arasında atmosfere salınan toplam karbon miktarı 555 milyar tondur (yaklaşık 2 trilyon ton CO₂). Beşerî faaliyetlerden kaynaklanan ve atmosfere salınan karbondioksitin %30'u okyanuslar tarafından emilmektedir. Bu durum, küresel ısınmaya ek olarak okyanuslarda asidifikasyona da neden olmaktadır (IPCC, 2013: 11,12,486).

Atmosfere bırakılan sera gazı miktarında yaşanan hızlı artış, yaklaşık bir asır gibi jeolojik açıdan çok kısa bir zaman ölçeğinde atmosferdeki karbondioksit yoğunluğunun %30'a yakın bir oranda yükselmesine neden olmuş, Sanayi Devrimi öncesi 280-300 ppm (parts per million-milyonda bir parça) aralığındaki değeri 400 ppm'in üzerine yükseltmiştir. Atmosferdeki karbondioksit yoğunluğuna ilişkin yapılan incelemeler, son 650 bin yılda böyle bir tablonun hiç ortaya çıkmadığını ortaya koymaktadır. Karbondioksit açısından diğer bir önemli husus da söz konusu gazın atmosferdeki ömrünün uzunluğu, hatta belirsizliğidir. Diğer sera gazlarından farklı olarak atmosfere salınan karbondioksit seviyesinin azaltılması, atmosferdeki yoğunluğun hemen düşeceği anlamına gelmemektedir. Oysa metan ve azotoksit gibi diğer sera gazları emisyonlarında gerçekleştirilen azalmalar, doğal döngüler sonucu söz konusu gazların atmosferik konsantrasyonlarında on yıllar içinde eski oranlara dönülebilmesini mümkün kılmaktadır (Houghton, 2009: 37). Pratikte, karbondioksit emisyonlarının görece olarak daha kolay tespit edilebilmesi (özellikle fosil yakıtlar için kullanılan emisyon faktörleri yardımıyla), iklim değişikliği ile ilgili temel analizlerin büyük ölçüde karbondioksit üzerinden yapılması sonucunu doğurmaktadır (Helm, 2020: 43).

Bilimsel alanda ortaya çıkan tablo, sorunun sürdürülebilir çözümünün öncelikle insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılmasında yattığını göstermektedir. Bu doğrultuda uluslararası alanda atılan en önemli adımların başında gelen ve 1992’de imzalanan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS)’nin 2. maddesinde; “atmosferdeki sera gazı yoğunluklarının iklim sistemine tehlikeli bir beşerî müdahaleyi engelleyecek bir seviyede sabitlenmesinin”, BMİDÇS’nin nihai hedefi olduğu belirtilmiştir. Aynı maddede; “nihai hedefe ekosistemlerin doğal olarak iklim değişikliğine uyumunu mümkün kılacak bir zaman dilimi içinde, besin üretimini tehdit etmeyecek ve ekonomik gelişmenin sürdürülebilir bir şekilde devamını sağlayacak biçimde ulaşılması gerektiği” ifade edilmiştir (UNFCCC, 1992: 4). BMİDÇS’nin yalnızca nihai hedefi dikkate alındığında dahi iklim sistemine tehlikeli beşerî müdahale, atmosferdeki sera gazı yoğunluklarının sabitlenmesi, ekosistemlerin iklim değişikliğine doğal uyumu, besin üretiminin devamı ve sürdürülebilir gelişme gibi pozitif ve normatif boyutları bulunan, kesin sınırlarla tanımlanmaları ve niceliksel olarak ifade edilmeleri pek de kolay olmayan çok sayıda kavrama atıfta bulunularak birden fazla hedefin belirlendiği görülmektedir.

Diğer yandan, belirlenen hedef ve ilkelerin özellikle sera gazı azaltımı konusundaki sorumluluklar açısından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasında yol açtığı ayrım da uluslararası müzakerelerde aşılması gereken önemli bir sorun haline dönüşmüştür. Örneğin; BMİDÇS’nin nihai hedefe ulaşılması için izlenilmesi gereken temel ilkelerin sıralandığı 3. maddesinde; adalet, gelişme, ihtiyat ve sürdürülebilirlik gibi kavramların öne çıkarıldığı görülmektedir. Bu ilkelere göre, iklim sistemi bugünkü ve gelecek nesillerin faydasına ve adalet ilkesine uygun olacak biçimde korunmalıdır. Adalet ilkesinin gereği olarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin sorumlulukları ortak; ancak, kabiliyetleri nispetinde olmalıdır. Gelişmekte olan ülkelerin özel durumları, özellikle iklim değişikliğinden ve iklim değişikliği ile mücadele politikalarından olumsuz etkilenecek ülkelerin kendilerine has koşulları da göz önünde bulundurulmalıdır. BMİDÇS’ye taraf olan ülkelerin sürdürülebilir ekonomik gelişmeye hakları bulunduğu kabul edilmekte ve bu yönde hareket etmeleri teşvik edilmektedir (UNFCCC, 1992: 4,5).

BMİDÇS kapsamında müzakere edilerek 1998 yılında imzalanan ve 2005 yılında uygulama dönemi başlayan Kyoto Protokolü’nde gelir seviyeleri görece olarak daha yüksek olan ve gelişmiş olarak nitelendirilen ülkeler, ortalama sera gazı emisyonlarını %5 düzeyinde düşürmeyi taahhüt etmişlerdir. Emisyon azaltım taahhütleri açısından gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki ayrım, Kyoto Protokolü’nün en belirgin yönlerinden birisini oluşturmuştur. Protokol’de BMİDÇS ile uyumlu olacak şekilde protokolün tarafları EK-I üyesi olanlar, olmayanlar ve EK-II ülkeleri olmak üzere üç grup içinde tanımlanmışlardır. EK-I grubundaki ülkelerin büyük çoğunluğu sera gazı emisyonlarını azaltma taahhüdünde bulunurken EK-I grubuna dahil olmayan taraflar azaltım taahhüdünde bulunmamışlardır. Sera gazlarını azaltmaya ek olarak, EK-I gru-

bu içinde yer alan ve OECD üyesi olan gelişmiş ülkeler, EK-II listesi içinde sayılan gelişmekte olan ülkelerin sera gazı azaltımlarının gerçekleştirilebilmesi için gerekli mali ve teknolojik yardımları yapmayı da kabul etmişlerdir (UNFCCC, 1998: 8,10,20).

Tablo 1

Kyoto Protokolü Sera Gazı Azaltım Hedefleri ve Paris Anlaşması ile Bağlantılı Ulusal Bildirimler

Ülkeler	Kyoto Protokolü Emisyon Azaltım Taahhüdü	Paris Anlaşması ile Bağlantılı Şekilde Ulusal Olarak Belirlenen Katkı
Avrupa Birliği	-%8	2050'ye kadar iklim nötr olma.
Amerika Birleşik Devletleri	-%7	Ekonomi genelinde geçerli olmak üzere 2030 yılına kadar sera gazı emisyon miktarını 2005'e göre %50-52 oranında azaltma.
Almanya	-%21	Avrupa Birliği üyesi.
Arjantin	0	2030'a kadar net emisyon miktarını 483 milyon CO ₂ -eş aşmama.
Avustralya	+%8	Ekonomi genelinde geçerli olmak üzere sera gazı emisyon miktarını 2030'a kadar 2005'e göre %26-28 oranında azaltma ve mümkün olduğu kadar çabuk şekilde net sıfır emisyon miktarına ulaşma.
Birleşik Krallık	-%12,5	Ekonomi genelinde geçerli olmak üzere sera gazı emisyon miktarını 2030'a kadar 1990'a göre %68 oranında azaltma.
Brezilya	0	2005'e göre sera gazı emisyon miktarını 2025'e kadar %37, 2030'a kadar %43 oranında azaltma. İklim nötr hedefine 2060'ta ulaşma.
Çin	0	Karbondioksit emisyonlarının 2030'da zirve yapması. GSYİH birim başına karbondioksit emisyon miktarını 2005 seviyesine göre %60-65 oranında azaltma.
Endonezya	0	2030'a kadar referans senaryoya göre sera gazı emisyon miktarını %29 ila %41 oranında azaltma.
Fransa	0	Avrupa Birliği üyesi.
Hindistan	0	2030'a kadar GSYİH başına emisyon miktarını 2005'e göre %33 ila %35 oranında azaltma.
Güney Afrika	0	2025-2030 arasında sera gazı emisyonlarını 398 milyon CO ₂ -eş ila 614 milyon CO ₂ -eş aralığında tutma.
Güney Kore	0	2017'de 709,1 milyon ton CO ₂ -eş olan toplam emisyon miktarını 2030'a kadar %24,4 oranında azaltma.
İtalya	-%6,5	Avrupa Birliği üyesi.
Japonya	-%6	2030'a kadar sera gazı emisyonlarını 2013'e göre %26 oranında azaltma.
Kanada	-%6	2030'a kadar sera gazı emisyonlarını 2005'e göre %40 ila %45 oranında azaltma. Net sıfır emisyon hedefine 2050'ye kadar ulaşma.
Meksika	0	2030'a kadar referans senaryoya göre sera gazı emisyonlarını %22 ila %36 oranında azaltma.
Rusya	0	2030'a kadar sera gazı emisyon miktarını 1990'a göre %70 oranında azaltma.
Suudi Arabistan	0	2030'a kadar uygulamaya konulan ekonomik önemler ve uyum politikaları aracılığıyla 130 milyon ton CO ₂ -eş büyüklüğündeki emisyonu önleme.
Türkiye	0	2030'a kadar referans senaryoya göre sera gazı emisyonlarını %21 oranında azaltma.

Kaynak: (UNFCCC, 1998: 20; Barrett, 2008: 243; NDC, 2021'den yararlanılarak düzenlenmiştir.)

G20 üyeleri arasında bulunan Brezilya, Arjantin, Çin, Hindistan, Endonezya, Güney Afrika, Meksika, Güney Kore ve Suudi Arabistan Kyoto Protokol'ünde EK-I grubu içinde bulunmayan ülkelerdir. EK-I ülkeleri içinde yer almasına ve OECD üyesi olmasına rağmen Türkiye, gelişmekte olan ülke olarak diğer gelişmekte olan ülkelere

mali ve teknolojik yardım yapma imkânı olmadığı gerekçesiyle başvuruda bulunmuştur. Bu başvuru sonucunda, 7. Taraflar Toplantısı'nda alınan ve 22 Ocak 2002'de uygulamaya konulan kararlar Türkiye EK-II listesinden çıkartılmıştır (UNFCCC, 2001: 5). Çin ve Hindistan gibi büyük nüfusa sahip ve hızla büyüyen ekonomilerin sera gazı emisyonlarının sınırlandırılması konusunda bir taahhütte bulunmamaları ise, Kyoto Protokolü'ne getirilen eleştirilerin başında yer almıştır (Lomborg, 2007: 23; Nordhaus, 2013: 247; Tol, 2019: 198).

2015 yılında imzalanan Paris Anlaşması'nda, Kyoto Protokolü'nde belirlenen sera gazı emisyon miktarından farklı biçimde, hedef olarak sıcaklık artışı seçilmiştir. Buna göre; 21. yüzyılda ortalama yüzey sıcaklıklarındaki artışın Sanayi Devrimi öncesine göre 2 °C'nin altında tutulması ve sıcaklıktaki yükselmenin 1,5 °C ile sınırlandırılması için gerekli çabaların gösterilmesi kararlaştırılmıştır (UNFCCC, 2015: 2). Uluslararası düzeyde belirlenen bir emisyon azaltım hedefine ülkelerin katılmasının amaçlandığı Kyoto Protokolü'nün aksine Paris Anlaşması'nda taraflar, kendilerine göre bir hedef belirlemektedir. Tek bir anlaşma olarak sunulmasına rağmen Paris Anlaşması'nın tek bir anlaşmadan çok, taraf olan ülkelerin kendi koşullarına göre hazırlayarak ilan ettikleri birbirlerinden farklı ulusal taahhütlerden oluşması, kritik bir detay olarak sunulmaktadır (Lomborg, 2020: 111). Tablo 1'de görüldüğü gibi, tarafların ulusal katkıları zaman periyotları, baz yılları, sera gazı içerikleri gibi faktörler açısından çok büyük farklılıklar göstermektedir. Paris Anlaşması'nın 3. maddesinde, hedeflere ulaşılabilmesi için tarafların ulusal olarak belirlenmiş katkılarını hazırlayarak ilan edecekleri ifade edilmektedir. Anlaşmada, iklim değişikliği ile mücadele konusunda uluslararası bir katılım başarılsa da BMİDÇS'de yapılan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ayrımının korunduğu görülmektedir. Örneğin; Paris Anlaşması'nın 2. maddesinin 2. fıkrasında, anlaşmanın ülkelerin ulusal koşulları dikkate alınarak adalet ve *ortak ancak farklılaştırılmış sorumluluklar ve güçler ilkesine* uygun şekilde uygulanacağı ifade edilmiştir (UNFCCC, 2015: 3).

Metodoloji

Çalışmada, G20 üyesi ülkelerin Uluslararası Enerji Ajansı (UEA) veri tabanından 1990 ve 2017 yılları için elde edilen kişi başına milli gelir ve kişi başına karbondioksit emisyonları, k-ortalama kümeleme analizi yöntemi kullanılarak incelenmiştir. BMİDÇS ve Paris Anlaşması arasında geçen yaklaşık çeyrek asırlık dönemi içine alması dolayısıyla karşılaştırmaya temel olarak 1990 ve 2017 yılları seçilmiştir. Türkiye'nin de yer aldığı G20 ülkeleri içinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin olması, BMİDÇS'den itibaren iklim değişikliği ile mücadele konusunda yaşanan politik ayrışmanın analiz edilmesine imkân sağlamaktadır. Diğer yandan, G20 ülkelerinin 2017 yılı itibarıyla dünya nüfusunun %63'ünü, milli gelirinin %80'ini, enerji arzının %78'ini ve fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonlarının %81'ini oluşturması, ulaşılan sonuçların dünya geneli açısından yorumlanmasına yardımcı olmaktadır.

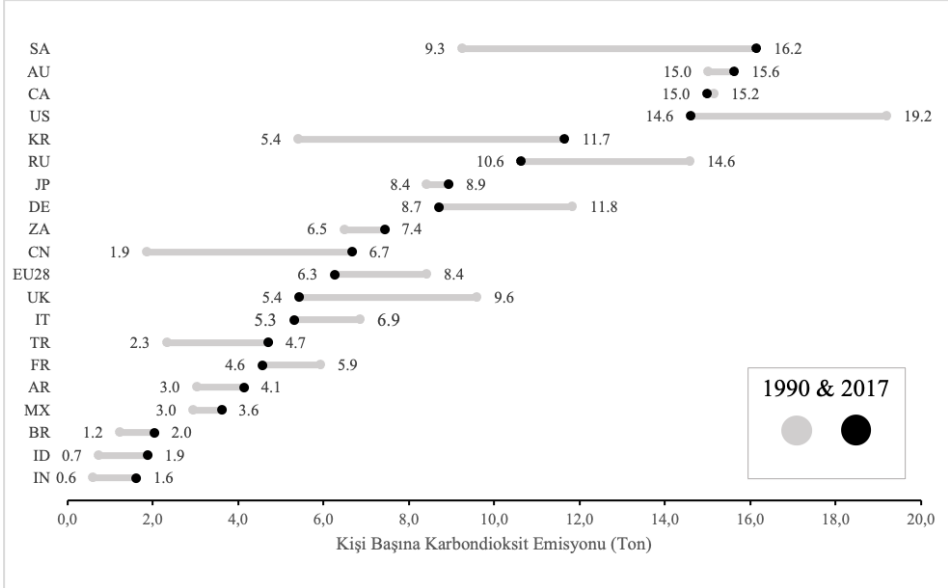
Tablo 2

Analize Dahil Edilen G20 Üyeleri

Arjantin (AR)	Almanya (DE)	İtalya (IT)	Suudi Arabistan (SA)
Avustralya (AU)	Avrupa Birliği (EU28)	Japonya (JP)	Türkiye (TR)
Brezilya (BR)	Fransa (FR)	Güney Kore (KR)	Birleşik Krallık (UK)
Kanada (CA)	Endonezya (ID)	Meksika (MX)	Amerika Birleşik Devletleri (US)
Çin (CN)	Hindistan (IN)	Rusya (RU)	Güney Afrika (ZA)

Çalışmada kullanılan kişi başına milli gelir değerleri, satın alma gücü paritesine göre 2010 \$ değeri üzerinden hesaplanan değerlerdir. Kişi başına karbondioksit emisyonu değerleri ise, enerji sektörü ile bağlantılı olarak öncelikle doğal gaz, kömür, petrol gibi fosil yakıtların yakılması sonucu ortaya çıkan emisyonlardan oluşmaktadır. Emisyonların yalnızca ülke içinde ortaya çıkan emisyonlardan oluşması önemli bir teknik konudur. İklim değişikliği literatüründen üretim ve tüketim emisyonları şeklinde yapılan ayrıma göre, ülkelerin sınırları içindeki üretimden kaynaklanan emisyon miktarı ile başka ülkelerde üretilen ürünlerin tüketiminden kaynaklanan emisyonlar arasında bir ayrım yapılması gerekmektedir (Helm, 2020: 7,8).

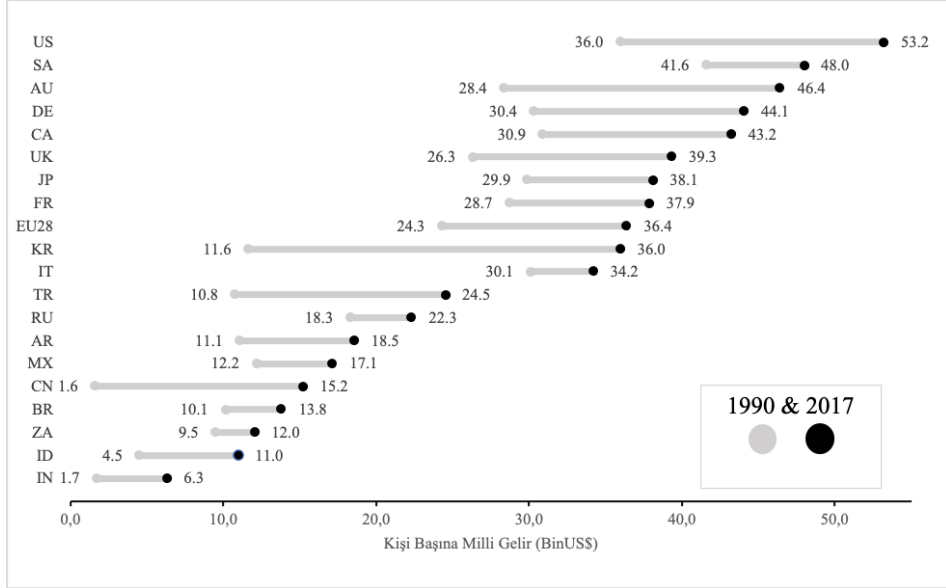
Fosil yakıtların enerji sistemi içindeki rolleri ve en önemli sera gazı olarak karbondioksit öne çıksa da iklim değişikliği sürecinde rol oynayan molekül yapıları, küresel ısınmaya katkıları, kaynak ve yutakları birbirlerinden farklı olan çok sayıda sera gazının varlığı, dikkate alınması gereken oldukça kritik bir detaydır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği yalnızca sera gazı emisyonları temelinde ele alındığında dahi tek bir atmosferik bileşen, belirli bir sektör ya da bir coğrafi bölge ile sınırlı bir çevre problemi değildir. Sera gazı emisyonları ifadesinin birden fazla sera gazını içine alan kapsayıcı bir kavram olduğu, gerçekte probleme yol açan doğal ya da yapay niteliğe sahip çok sayıda sera gazı bulunduğu gözden kaçırılmamalıdır (IPCC, 1990: 153). Diğer yandan, karbondioksit, metan ve diazotoksit gibi önemli sera gazlarının doğal kaynak ve yutaklarının bulunması, iklim değişikliğine ilişkin bir analizde mutlaka dikkate alınmalıdır. Beşerî faaliyetlerin yeryüzü iklimi üzerindeki etkilerinin sera gazı emisyonları ile sınırlı olmadığı, bu noktada gözden kaçırılmamalıdır (Pielke, 2011: 16-18). Grafik 1 ve Grafik 2’de, analizde kullanılan kişi başına milli gelir ve karbondioksit emisyon verileri yer almaktadır.



Grafik 1. G20 Ülkeleri Kişi Başına Karbondioksit Emisyonları (1990-2017)

Kaynak: (IEA, 2019: 78-116'dan yararlanılarak düzenlenmiştir.)

Grafik 1'de görüldüğü gibi, ülkelerin kişi başına karbondioksit emisyonlarında seçilen dönem itibarıyla ortaya çıkan değişim çeşitlilik göstermektedir. Brezilya, Arjantin, Çin, Hindistan, Güney Afrika, Endonezya, Güney Kore, Türkiye ve Suudi Arabistan'ın kişi başına karbondioksit emisyonlarında artışın; Amerika Birleşik Devletleri, Almanya, Birleşik Krallık, Fransa, Avustralya, Kanada ve Avrupa Birliği gibi gelişmiş ve görece olarak kişi başına emisyonları yüksek olan ülkelerin karbondioksit emisyonlarında ise azalışın meydana geldiği görülmektedir.



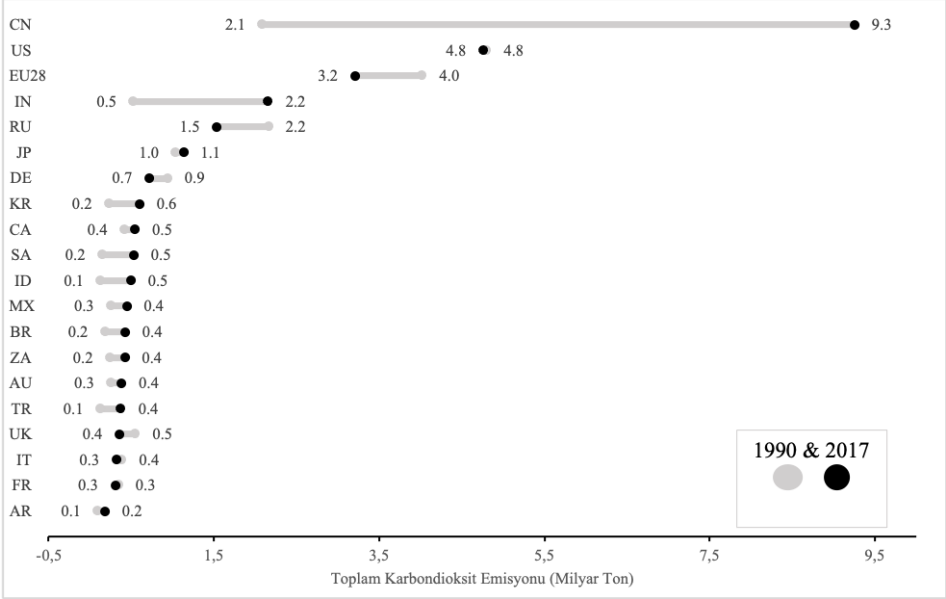
Grafik 2. G20 Ülkeleri Kişi Başına Milli Gelir (1990-2017)

Kaynak: (IEA, 2019: 78-116'dan yararlanılarak düzenlenmiştir.)

Grafik 2'deki kişi başına milli gelir verileri dikkate alındığında; emisyonlardaki çeşitliliğin aksine, gelişmekte olan ülkelerde çok daha büyük miktarda olmak üzere tüm ülkelerdeki milli gelir seviyesinin yükseldiği görülmektedir.

İnsan kaynaklı sera gazı emisyonları dikkate alındığında, 1990 ve 2017 yılları arasında ortaya çıkan değişim, BMİDÇS'de yer alan gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki ayrımın ülkelerin demografik ve ekonomik ölçekleri açısından günümüzde ne derece geçerli olduğu sorusunu akla getirmektedir. Örneğin; UEA verileri esas alınarak hesaplandığında satın alma gücü paritesine göre, 1990 yılında Çin'in dünya milli geliri içindeki payı yaklaşık %4 iken, 2017 yılında payı %18,6'ya yükselmiş ve Çin dünyanın en büyük ekonomisi haline gelmiştir. Hindistan'ın da artık dünyanın sayılı ekonomileri arasına katıldığı iddia edilebilir. 1990 yılında Hindistan'ın dünya ekonomisi içindeki payı %3,2 iken, 2017 yılında payı %7,4'e ulaşmıştır. Ekonomik alanda ortaya çıkan dönüşümün karbondioksit emisyonları üzerindeki yansıması ise, daha dikkat çekicidir. Çin ve Hindistan'ın 1990 yılındaki fosil yakıt kaynaklı karbondioksit emisyonları toplamı 2,6 milyar ton (Çin 2,1 milyar ton ve Hindistan 0,5 milyar ton) olarak gerçekleşmiştir. Bu değer, yaklaşık 8,8 milyar ton olan Amerika Birleşik Devletleri (4,8 milyar ton) ve Avrupa Birliği (4 milyar ton)'nin toplam emisyonlarının ancak %30'una eşittir. 1990-2017 yılları arasında, Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği'nin toplam emisyonları 8 milyar tona (Amerika Birleşik Devletleri 4,8 milyar ton ve Avrupa Birliği 3,2 milyar ton) düşerken, Çin ve Hindistan'ın emisyon miktarı 11,3 milyar tona (Çin 9,3 milyar ton ve Hindistan 2,2 milyar ton) yükselmiştir. Yalnızca ölçek konusuna odaklanıldığında, Çin ve Hindistan gibi gelişmekte

olan ülkelerin toplam emisyonlar üzerindeki etkisinin artık yadsınamaz bir seviyeye ulaştığı görülmektedir. Bununla birlikte, bu ülkelerin kişi başı milli gelir ve emisyon miktarlarının da dikkate alınması gerektiği açıktır.



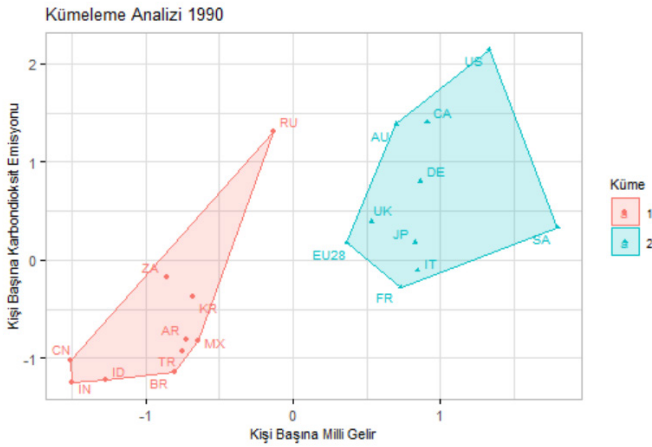
Grafik 3. G20 Toplam Karbondioksit Emisyonu Değişim (1990-2017)

Kaynak: (IEA, 2019: 78-116'dan yararlanılarak düzenlenmiştir.)

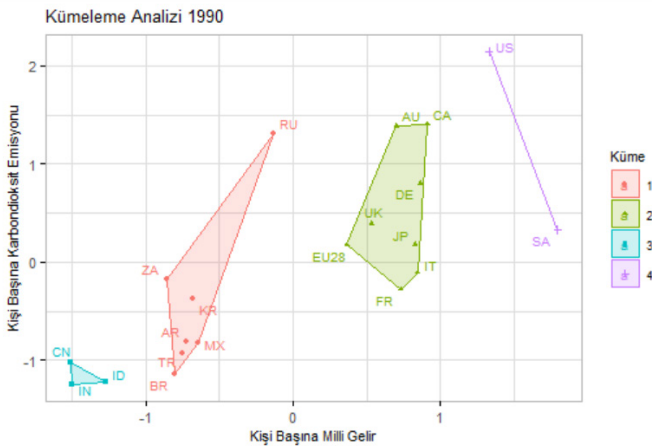
Analiz için seçilen kişi başına milli gelir ve karbondioksit emisyonları, insan kaynaklı emisyonların değerlendirilmesi açısından ileri sürülen çok sayıdaki ölçüt içinde yalnızca iki tanesini oluşturmaktadır. İklim değişikliği yazınında, sorunun küresel ölçeği ve uzun zamana yayılan neden ve sonuçları gibi niteliklerini de içine alan toplam yıllık emisyonlar, zaman içinde ortaya çıkan kümülatif emisyonlar, kişi başına emisyonlar, ekonominin emisyon yoğunluğu ve enerji sisteminin yoğunluğu gibi çok sayıda emisyon ölçütü kullanılmaktadır (IPCC, 2014: 129,130). Grafik 3'te, farklı bakış açılarına örnek teşkil etmesi açısından G20 ülkelerinin kişi başına emisyonları yerine, 1990-2017 yılları arasındaki toplam karbondioksit emisyonlarındaki değişim sunulmuştur. Fiziksel açıdan küresel bir sorun olarak alındığında, yeryüzü iklimi açısından kişi başına ve birim ekonomik faaliyet başına emisyon miktarından çok, toplam emisyonların önemli olduğu sonucuna varılması mümkündür. Grafik 3'te görüldüğü gibi, seçilen dönem içinde yıllık emisyonları yaklaşık 4,5 kat artan Çin ve Hindistan gibi ülkelerin toplam emisyonlarındaki değişim, insan kaynaklı iklim değişikliği konusunun sınırlı sayıda ölçüt ve değişken üzerinden değerlendirilmesi konusunda dikkatli olunması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Analiz ve Bulgular

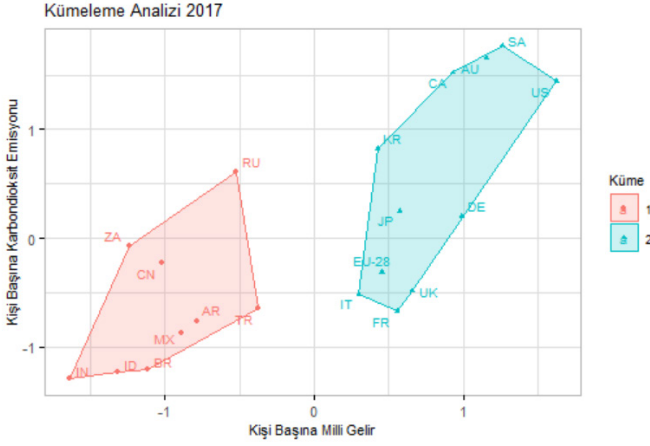
Kümeleme analizinde, optimal küme sayısının bulunması için farklı yöntemler (dirsek yöntemi, silüet yöntemi ve açıklık istatistiği yöntemi) kullanılmaktadır. Uygun küme sayısının bulunması için bu yöntemler kullanıldığında, optimal küme sayısının 2 ila 3 olması gerektiği sonucu çıkmıştır. Bu sonuçlara uygun olarak çalışmada 2 küme için analiz yapılmıştır. Bununla birlikte, insan kaynaklı iklim değişikliği konusundaki kişi başına enerji tüketimi, milli gelir, kişi başına karbondioksit emisyonu ve ekonominin karbon yoğunluğu gibi diğer ölçütlerin varlığı dikkate alınarak ülkelerin 4 küme içindeki dağılımı da araştırılmıştır. Bu kapsamda, ülkelerin kişi başına milli gelir ve kişi başına karbondioksit emisyonları bakımından 4 farklı kombinasyonun (yüksek gelir-yüksek emisyon, yüksek gelir-düşük emisyon, düşük gelir-yüksek emisyon ve düşük gelir-düşük emisyon) içinde dağılabilecekleri varsayılmıştır.



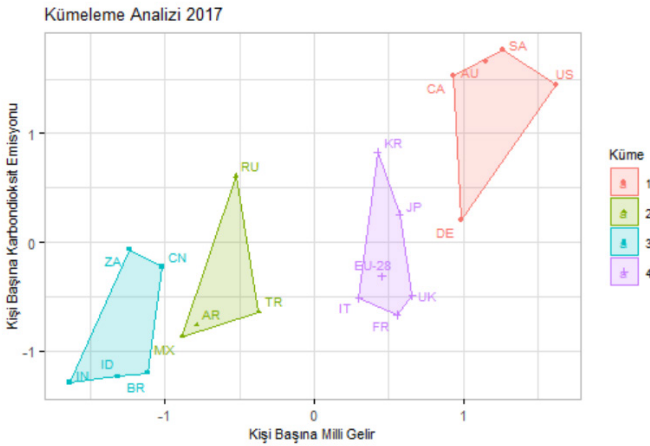
Grafik 4. 1990 Kümeleme Analizi Küme Sayısı 2



Grafik 5. 1990 Kümeleme Analizi Küme Sayısı 4



Grafik 6. 2017 Kümeleme Analizi Küme Sayısı 2



Grafik 7. 2017 Kümeleme Analizi Küme Sayısı 4

Sonuç

Kişi başına milli gelir ve karbondioksit emisyonlarına dayalı olarak yapılan kümeleme analizi, küme sayısı 2 olarak seçildiğinde gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler arasındaki farkın 1990-2017 dönemi içinde kapanmadığını göstermektedir. Dünyanın en kalabalık iki gelişmekte olan ülkesi olan Çin ve Hindistan'ın Paris Anlaşması ile bağlantılı olan ulusal bildirimlerinde, mutlak emisyon indirimlerinden farklı emisyon azaltım hedefleri açıklamaları, bu noktada oldukça olağan kabul edilmelidir. Gelişmiş ülkelerin kişi başına emisyonları hâlâ gelişmekte olan ülkelerle kıyaslandığında oldukça yüksektir. Küme sayısı 4 seçildiğinde ortaya çıkan tablo ise, kişi başına düzeydeki çevresel etki konusundaki 4 kombinasyon tezini büyük ölçüde destekler görünmektedir. Birbirleriyle aynı küme içinde yer alan Suudi Arabistan, Amerika

Birleşik Devletleri, Kanada ve Avustralya, yüksek gelir ve iklim değişikliği açısından yüksek çevresel etkiye sahip olan ülkeler olarak öne çıkmaktadır. Amerika Birleşik Devletleri, Kyoto Protokolü'nü hiçbir zaman onaylamamış ve Paris Anlaşması'nda bir dönem çekildiğini açıklamıştır. Avustralya ve Kanada'da, iç politikada Kyoto Protokolü ile ilgili önemli tartışmalar yaşanmış; Kanada, 2011 yılında Protokol'den çekildiğini açıklayan ilk ülke olmuştur. Suudi Arabistan, en önemli petrol ihracatçısı ülke durumundadır. Avrupa Birliği ülkeleri ise, yüksek gelir ve düşük çevresel etki grubunda yer almaktadır. Yalnızca ülke içinde üretilen emisyonlar dikkate alındığında, Avrupa Birliği'nin toplam karbondioksit emisyonlarındaki düşüş, Birliğin iklim değişikliği müzakerelerinde başrol oynama isteğini açıklamaktadır. Enerji sistemi büyük ölçüde nükleer santraller üzerine kurulu olan Fransa ile hizmetler sektörünün ağırlıklı rol oynadığı Birleşik Krallık'ın, karbondioksit emisyonlarının azaltılması konusunda avantajlı bir konuma sahip oldukları söylenebilir. Gelişmekte olan ülkeler olarak Türkiye, Rusya, Arjantin, Meksika ve Güney Afrika'nın aynı küme içinde yer alması da bu ülkelerin ekonomik performansları ile değerlendirildiğinde, doğal bir sonuç olarak kabul edilmelidir.

Sonuç olarak; küresel bir çevre problemi olarak insan kaynaklı iklim değişikliği, tüm ülkelerin katılımını gerekli kılmaktadır. Bununla birlikte, ülkeler arasında demografik, ekonomik ve teknolojik farklılıklar, küresel bir iş birliğinin gerçekleştirilmesinin arzu edildiği ölçüde kolay olmadığına işaret etmektedir. İklim değişikliğinin sürdürülebilir anlamda çözümü ya da yönetimi ülkeler arasında var olan bu farkların kapatılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu noktada amaç, yalnızca gelişmekte olan ülkelere sera gazı emisyonlarını azaltmaları konusunda baskı yapmak değil; bu ülkelerin, iklim değişikliği ile mücadelede ihtiyaç duydukları kurumsal, ekonomik ve teknolojik kapasiteyi ve gücü kazanmalarına gelişmiş ülkelerin yardımcı olduğu bir yapıyı inşa etmek olmalıdır.

Hakem Değerlendirmesi: Dış bağımsız.

Yazar Katkısı: Çalışma Konsepti/Tasarımı: S.D., E.D., M.T.; Veri Toplama: S.D., E.D., M.T.; Veri Analizi /Yorumlama: S.D., E.D., M.T.; Yazı Taslağı: S.D., E.D., M.T.; İçeriğin Eleştirel İncelemesi: S.D., E.D., M.T.; Son Onay ve Sorumluluk: S.D., E.D., M.T.

Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması bildirmemiştir.

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

Peer-review: Externally peer-reviewed.

Author Contributions: Conception/Design of study: S.D., E.D., M.T.; Data Acquisition: S.D., E.D., M.T.; Data Analysis/ Interpretation: S.D., E.D., M.T.; Drafting Manuscript: S.D., E.D., M.T.; Critical Revision of Manuscript: S.D., E.D., M.T.; Final Approval and Accountability: S.D., E.D., M.T.

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

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

Kaynakça/References

- Barrett, S. (2008). Climate treaties and the imperative of enforcement. *Oxford Review of Economic Policy*, 24(2), 239-258.
- Helm, D. (2020). Net zero: How we stop causing climate change. 1. Edition. William Collins.
- Houghton, J. T. (2009). Global warming: The complete briefing. 4. Edition. Cambridge University Press.
- International Energy Agency (IEA) (2019). CO₂ emissions from fuel combustion: Highlights. IEA/OECD.
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (1990). Climate change: The ipcc scientific assessment. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/03/ipcc_far_wg_I_full_report.pdf.
- IPCC (2007). AR4 Climate change 2007: The physical science basis. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf.
- IPCC (2013). AR5 Climate change 2013: The physical science basis. https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_all_final.pdf.
- IPCC (2014). AR5 Climate change 2014: Mitigation of climate change. Cambridge University Press.
- Leggett, J. (2018). The winning of the carbon war. Crux Publishing.
- Lomborg, B. (2007). Cool it. Vintage Books.
- Lomborg, B. (2020). False alarm: How climate change panic costs us trillions, hurts the poor and fails to fix the planet. Basic Books.
- Nationally Determined Contribution (NDC) (2021). NDC registry: All submissions. <https://www4.unfccc.int/sites/NDCStaging/Pages/All.aspx>.
- Nordhaus, W. (2013). Climate casino: Risk, uncertainty and economics for a warming world. Yale University Press.
- Pielke, R., Jr. (2011). The climate fix. 1. Edition. Basic Books.
- Tol, R. S. J. (2019). Climate economics: Economic analysis of climate, climate change and climate policy. Edward Elgar.
- Smil, V. (2005). Energy at the crossroads: Global perspectives and uncertainties. The MIT Press.
- United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) (1992). United nations framework convention on climate change. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf>.
- UNFCCC (1998). Kyoto protocol to the United Nations framework convention on climate change. <https://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>.
- UNFCCC (2001). Report of the conference of the parties on its seventh session held at Marrakesh from 29 October to 10 November 2000. <http://unfccc.int/resource/docs/cop7/13a04.pdf#page=5>.
- UNFCCC (2015). Paris agreement. https://unfccc.int/files/meetings/paris_nov_2015/application/pdf/paris_agreement_english_.pdf.

