

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
FİNANS EKONOMİSİ ANABİLİM DALI**

**ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ GEÇERLİLİĞİNİN  
EKONOMİK KARMAŞIKLIK ENDEKSİ VE TEKNOLOJİK  
İNOVASYON İLE SINANMASI**

**Büşra CEYHUNLU**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Danışman: Doç. Dr. Mücahit AYDIN**

**ARALIK - 2022**

**T.C.**  
**SAKARYA ÜNİVERSİTESİ**  
**SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ HİPOTEZİ**  
**GEÇERLİLİĞİNİN EKONOMİK KARMAŞIKLIK ENDEKSİ**  
**VE TEKNOLOJİK İNOVASYON İLE SINANMASI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Büşra CEYHUNLU**

**Enstitü Anabilim Dalı : Ekonometri**  
**Enstitü Bilim Dalı : Finans Ekonomisi**

**“Bu tez 23/12/2022 tarihinde yüzyüze olarak savunulmuş olup aşağıdaki isimleri bulunan jüri üyeleri tarafından oybirliği ile kabul edilmiştir.”**

<b>JÜRİ ÜYESİ</b>	<b>KANAATI</b>
Prof. Dr. Şakir GÖRMÜŞ	Başarılı
Doç. Dr. Mücahit AYDIN	Başarılı
Dr. Öğr. Üyesi Çisem BEKTUR	Başarılı

## ETİK BEYAN FORMU

Enstitünüz tarafından Uygulama Esasları çerçevesinde alınan Benzerlik Raporuna göre yukarıda bilgileri verilen tez çalışmasının benzerlik oranının herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve Etik Kurul Onayı gerektiği takdirde onay belgesini aldığımı beyan ederim.

**Etik kurul onay belgesine ihtiyaç var mıdır?**

**Evet**

**Hayır**

(Etik Kurul izni gerektiren araştırmalar aşağıdaki gibidir:

- Anket, mülakat, odak grup çalışması, gözlem, deney, görüşme teknikleri kullanılarak katılımcılardan veri toplanmasını gerektiren nitel ya da nicel yaklaşımlarla yürütölen her türlü araştırmalar,
- İnsan ve hayvanların (materyal/veriler dahil) deneysel ya da diğer bilimsel amaçlarla kullanılması,
- İnsanlar üzerinde yapılan klinik araştırmalar,
- Hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalar,
- Kişisel verilerin korunması kanunu gereğince retrospektif çalışmaları.)

**Büşra CEYHUNLU**

**23/12/2022**

## ÖNSÖZ

Bu tezin düşünülme aşamasından yazılmasına kadar çalışmamı önemseyerek incelikle takip eden, benimle her türlü akademik bilgisini paylaşan danışmanım sayın Doç. Dr. Mücahit AYDIN'a sonsuz teşekkürü bir borç bilir, ilgisi ve pozitif kişiliği içinde minnetlerimi sunarım. Değerli jüri üyelerim Prof. Dr. Şakir GÖRMÜŞ ve Dr. Öğr. Üyesi. Çisem BEKTUR'a saygılarımı sunar, üzerimde emeği bulunan bütün hocalarıma teşekkür ederim. Çok kıymetli eşim Ahmet İyad CEYHUNLU'ya bu dönemde sabrını ve desteğini eksik etmediği, gerekli tüm kolaylıkları gösterdiği için sonsuz teşekkür ederim. Son olarakta bu günlere ulaşmamda emeklerini hiçbir zaman ödeyemeyeceğim annem ve babama şükranlarımı sunarım.

Literatüre katkı sağlaması temennisiyle...

**Büşra CEYHUNLU**

**23/12/2022**

# İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>iii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>iv</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>vii</b>
<b>GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>BÖLÜM 1: GENEL KAVRAMLAR</b> .....	<b>3</b>
1.1. Çevresel Bozulmalar .....	3
1.2. Ekolojik Ayak İzi .....	7
1.3. Karbon Emisyonu .....	12
1.4. Ekolojik Ayakizi ve Karbon Emisyonu Karşılaştırması .....	17
<b>BÖLÜM 2: ÇEVRESEL BOZULMALAR ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN BAZI EKONOMİK GÖSTERGELER</b> .....	<b>19</b>
2.1. Ekonomik Büyüme .....	19
2.2. Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI).....	23
2.3. Teknolojik İnovasyon.....	27
<b>BÖLÜM 3: ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ (ÇKE) HİPOTEZİ</b> .....	<b>32</b>
3.1. Ekolojik Ayak İzi ve Teknolojik İnovasyon .....	37
3.2. Ekolojik Ayakizi ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi .....	39
3.3. Ekolojik Ayak İzi ve Ekonomik Büyüme .....	40
<b>BÖLÜM 4: LİTERATÜR ÖZETİ</b> .....	<b>43</b>
4.1. ÇKE Hipotezi ile Ekolojik Ayakizi .....	43
4.2. ÇKE Hipotezi ile Karbon Emisyonları .....	46
4.3. ÇKE Hipotezi ile Teknolojik İnovasyon .....	48
4.4. ÇKE Hipotezi ile Ekonomik Karmaşıklık Endeksi .....	51
<b>BÖLÜM 5: VERİ, MODEL VE EKONOMETRİK METODOLOJİ</b> .....	<b>54</b>
5.1. Veri .....	54
5.2. Model.....	54
5.3. Ekonometrik Metodoloji .....	55

5.1.1. Yatay Kesit Bağımlılığı.....	55
5.1.2. Homojenlik Testi .....	57
5.1.3. CIPS Panel Birim Kök Testi .....	58
5.1.4. Durbin-Hausman Panel Eşbütünleşme Testi .....	59
5.1.5. Uzun Dönem Katsayılarının Tahmini .....	60
5.1.6. Emirmahmutoğlu ve Köse Panel Nedensellik Testi.....	61
<b>BÖLÜM 6: AMPİRİK SONUÇLAR .....</b>	<b>63</b>
<b>SONUÇ .....</b>	<b>72</b>
<b>KAYNAKÇA.....</b>	<b>74</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>87</b>

## KISALTMALAR

<b>°C</b>	: Sıcaklık
<b>AB</b>	: Avrupa Birliği
<b>AMG</b>	: Arttırılmış Ortalama Grup Tahmincisi, Augmented Mean Group Estimator
<b>BİT</b>	: Bilgi ve İletişim Teknolojileri
<b>BMİDÇS</b>	: Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi
<b>CADF</b>	: Yatay Kesitli Geliştirilmiş Dickey-Fuller Testi
<b>CCE</b>	: Common Corelated Effects: Ortak Grup Etkisi
<b>CO<sup>2</sup></b>	: Karbondioksit
<b>ÇKE</b>	: Çevresel Kuznets Eğrisi
<b>EA</b>	: Ekolojik Ayak İzi
<b>EB</b>	: Ekonomik Büyüme
<b>ECI</b>	: Ekonomik Karmaşıklık Endeksi
<b>EPS</b>	: Çevre Politikası Katılık Endeksi
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>KE</b>	: Karbon Emisyonu
<b>MIT</b>	: Massachusetts Teknoloji Enstitüsü
<b>Tİ</b>	: Teknolojik Inovasyon
<b>UNCED</b>	: BM Çevre ve Kalkınma Konferansı
<b>UNEP</b>	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
<b>Σ</b>	: Toplam Fonksiyonu

## TABLO LİSTESİ

<b>Tablo 1:</b> Ekolojik Ayak İzi ile Karbon Emisyonları Karşılaştırılması. ....	18
<b>Tablo 2:</b> Çevresel Problemlerin Ekonomik Sebepleri. ....	42
<b>Tablo 3:</b> Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları. ....	63
<b>Tablo 4:</b> Homojenlik Testi Sonuçları. ....	64
<b>Tablo 5:</b> CIPS Testi Sonuçları. ....	64
<b>Tablo 6:</b> Durbin-Hausman Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları. ....	65
<b>Tablo 7:</b> Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları. ....	66
<b>Tablo 8:</b> Karbon Emisyonu ve Teknolojik İnovasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi. 67	
<b>Tablo 9:</b> Karbon Emisyonu ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi.....	68
<b>Tablo 10:</b> Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi. . 69	
<b>Tablo 11:</b> Ekonomik büyüme ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi.....	69
<b>Tablo 12:</b> Ekonomik büyüme ve Ekolojik Ayaz İzi Arasındaki Nedensellik İlişkisi.... 70	
<b>Tablo 13:</b> Ekonomik büyüme ve Teknolojik İnovasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi .....	71



## ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 1: Büyümenin Limitleri Raporunun Adımları (Meadows vd. 1972). ....	4
Şekil 2: Çevre ile İlgili Anlaşmaların Kronolojik Sıralaması. ....	6
Şekil 3: Ekolojik Olarak Üretken Alanlar (Wackernagel vd. 1997). ....	8
Şekil 4: Ekolojik Ayak İzi Yüksek Olan İlk 15 Ülke.....	9
Şekil 5: Ülke Grubuna Ait Kişi Başı Ekolojik Ayak İzi ve Bio-Kapasite Durumları....	11
Şekil 6: Karbondioksit Emisyonları Döngüsü. ....	12
Şekil 7: Karbon Emisyonlarının Başlıca Sebepleri. ....	13
Şekil 8: Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	14
Şekil 9: Karbon Emisyonu Yüksek Olan İlk 15 Ülke. ....	16
Şekil 10: Harcamalar Yöntemi ile GSYH'nin Hesaplanması. ....	20
Şekil 11: Ekonomik Büyümeye Teşvik Eden Faktörler.....	21
Şekil 12: Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Dünya Sıralaması (2020). ....	27
Şekil 13: İcat, Yaratıcılık, Ar-ge ve İnovasyon ilişkisi. ....	28
Şekil 14: İnovasyon Türleri.....	29
Şekil 15: Ülkelere Ait Yerli Patent Başvuru Sayısı. ....	31
Şekil 16: Çevresel Kuznets Eğrisi.....	32
Şekil 17: Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Etkileri. ....	33
Şekil 18: Ölçek Etkisi. ....	34
Şekil 19: Kompozisyon Etkisi.....	34
Şekil 20: Teknolojik Etki. ....	35
Şekil 21: Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Alternatif Göstergeleri.....	37

## ÖZET

**Başlık:** Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Geçerliliğinin Ekonomik Karmaşıklık Endeksi ve Teknolojik İnovasyon ile Sınanması

**Yazar:** Büşra CEYHUNLU

**Danışman:** Doç. Dr. Mücahit AYDIN

**Kabul Tarihi:** 23/12/2022

**Sayfa Sayısı:** vii (ön kısım) + 87 (ana kısım)

Bu tez çalışmasında, ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ilk 10 ülke (Japonya, Çin, İsviçre, Almanya, Güney Kore, Singapur, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Avusturya, ABD) için 1998-2018 yılları arasında ekonomik büyüme, teknolojik inovasyon ve ekonomik karmaşıklık endeksinin çevre kirliliği üzerindeki etkileri ÇKE hipotezi çerçevesinde incelenmiştir. Değişkenlerin durağanlık sınavında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır. Analizden elde edilen bulgulara göre ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşıklık endeksi düzeyde durağan iken diğer tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı ve fark alınarak I(1) seviyesinde durağanlaştığı sonucuna ulaşılmıştır. İkinci aşamada Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşme testinin sonuçları panelin genelinde eşbütünleşme ilişkisi olduğunu göstermektedir. Buna göre değişkenler uzun dönemde birlikte hareket etmektedirler. Tahmin edilen katsayılar İsviçre için ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Bu aşamadan sonra uzun dönemli ilişki katsayıları AMG tahmincisi kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre İsviçre için kişi başına düşen GSYH değeri 78205,870\$ olarak dönüm noktasını aşarak çevresel iyileşmesi sürecine geçtiği gözlemlenmiştir. Dolayısıyla ekonomik büyüme arttıkça, çevre kirliliği de artacak fakat eşik değer aşıldığında ekonomik büyüme arttıkça çevre kirliliği azalmaya başlayacaktır. Ayrıca araştırmanın sonuçları diğer 9 ülkede ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını destekler niteliktedir. Çalışmanın son aşamasında yapılan Emirmahmutoğlu ve Köse panel nedensellik testine ait bulgular incelenerek çevre kirliliğinden ekonomik karmaşıklık endeksi ve teknolojik inovasyona doğru nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Ek olarak teknolojik inovasyondan çevre kirliliği ve ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulunurken, ekonomik büyümeden çevre kirliliği, ekonomik karmaşıklık ve teknolojik inovasyona doğru nedenselliğe de rastlanılmıştır. Tez çalışmasının geneline göre çevreci ekonomik faaliyetlerin sağlanması halinde ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık endeksi ve teknolojik inovasyonun pozitif katkılarının olacağı görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Çevresel Kuznets Eğrisi, Ekonomik Büyüme, Çevre Kirliliği, Ekonomik Karmaşıklık Endeksi, Teknolojik İnovasyon

<b>ABSTRACT</b>	
<b>Title of Thesis:</b> Testing The Validity of The Environmental Kuznets Curve Hypothesis With The Economic Complexity Index and Technological Innovation	
<b>Author of Thesis:</b> Büşra CEYHUNLU	
<b>Supervisor:</b> Assoc. Prof. Mücahit AYDIN	
<b>Accepted Date:</b> 23/12/2022	<b>Number of Pages:</b> vii (pre text) + 87 (main body)
<p>In this thesis, economic growth, technological innovation and economic complexity between 1998 and 2018 for the top 10 countries with the highest economic complexity index (Japan, China, Switzerland, Germany, South Korea, Singapore, Czech Republic, Sweden, Austria, USA). The effects of the index on environmental pollution were examined within the framework of the EKC hypothesis. The second generation CIPS panel unit root test, which takes into account the cross-sectional cross-section, was used to test the stationarity of the dimensions. According to what is obtained from the analysis, it is found that while it is stationary at the level of ecological footprint and economic complexity, it is not stationary at the level of all other variables and the different structure becomes stationary at the I(1) level. Durbin-Hausman panel cointegration test was performed in the area where the second structure was observed in the cross-sectional section. The results of the cointegration test show that there is a cointegration relationship throughout the panel. Accordingly, the variables move together in the long run. The estimated coefficients show that the EKC hypothesis is valid for Switzerland. After this stage, the long-term correlation coefficients were calculated using the AMG estimator. Accordingly, for Switzerland, as economic growth increases up to a certain threshold value, environmental pollution will also increase, but when the threshold value is exceeded, environmental pollution will begin to decrease as economic growth increases. In addition, the results of the research support that the EKC hypothesis is not valid in the other 9 countries. By examining the findings of the Emirmahmutoğlu and Köse panel causality test, which was conducted at the last stage of the study, the causality relationship from environmental pollution to economic complexity index and technological innovation was determined. In addition, while causality is found from technological innovation to environmental pollution and economic growth, causality from economic growth to environmental pollution, economic complexity and technological innovation has also been found. According to the general thesis, it is seen that economic growth, economic complexity index and technological innovation will have positive contributions if environmental economic activities are provided.</p>	
<b>Keywords:</b> Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Environmental Pollution, Economic Difficulty Index, Technological Innovation	

# GİRİŞ

## **Araştırmanın Konusu**

Bu tez çalışmasında, ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ilk 10 ülke (Japonya, Çin, İsviçre, Almanya, Güney Kore, Singapur, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Avusturya, ABD) için 1998-2018 yılları arasında ekonomik büyüme, teknolojik inovasyon ve ekonomik karmaşıklık endeksinin çevre kirliliği üzerindeki etkileri ÇKE hipotezi çerçevesinde incelenmiştir.

## **Araştırmanın Amacı**

Tez çalışmasında, ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ilk 10 ülkenin (Japonya, Çin, İsviçre, Almanya, Güney Kore, Singapur, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Avusturya, ABD) 1998-2018 dönemleri için çevre kirliliğinin ekonomik karmaşıklık endeksi ve teknolojik inovasyon ile ilişkilerinin varlığı sınanarak ÇKE hipotezinin geçerliliğini tespit etmeyi amaçlamıştır. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda ekonomik büyümeye katkı sağlayan ve aynı zamanda çevre kirliliğini azaltan politikalar oluşturulmaya çalışılmıştır.

## **Araştırmanın Önemi**

Literatürde Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi kullanılarak yapılan bir çok çalışma bulunmaktadır. Fakat literatürde çevre kirliliği ile ekonomik karmaşıklık ve teknolojik inovasyon ilişkisini inceleyen kısıtlı çalışma bulunmaktadır. Bu tez çalışmasında, diğer çalışmalardan farklı olarak ekonomik karmaşıklığı en yüksek olan 10 ülke grubu incelenmiştir. Ayrıca çevre kirliliğini temsil eden ekolojik ayak izi ve karbon emisyonuna ait iki model kullanılarak oluşabilecek sonuç farklılıklarının tespit edilmesi açısından oldukça önem taşımaktadır.

## **Araştırmanın Yöntemi**

Bu tez çalışmasında, değişkenlerin durağanlık sınamasında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır. İkinci aşamada Yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşme testinin sonuçları panelin genelinde eşbütünleşme ilişkisi olduğunu gösterdiğinden uzun dönemli ilişki katsayıları AMG tahmincisi kullanılarak hesaplanmıştır. Hesaplanan uzun dönem katsayılar ile ÇKE hipotezi test edilmiştir.

Çalışmanın son aşamasında Emirmahmutoğlu ve Köse panel nedensellik testine ait sounuçlar incelenerek çevre kirliliği ve değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri belirlenmiştir.

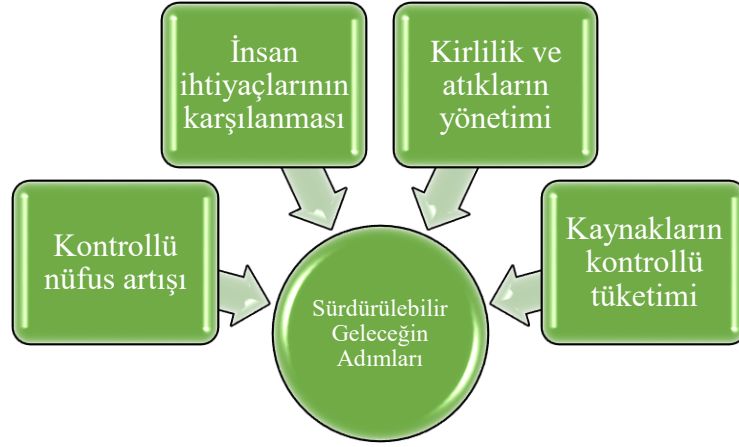
# BÖLÜM 1: GENEL KAVRAMLAR

## 1.1. Çevresel Bozulmalar

Dünya üzerindeki tüm canlılar yaşamlarını sürdürebilmeleri için yeryüzü kaynaklarına ihtiyaç duymaktadır. Bu ihtiyaçların giderilme talebi ve nüfusun artması ile birlikte gelişmeye çalışan toplumlar sınırlı kaynakları kullanarak üretim ve tüketim yapmaktadır. Sanayi devrimi ile şehirleşme ve nüfus artışının yaşaması kaynakları daha hızlı tükenebilir hale getirmektedir. Kaynakların aşırı üretim ve tüketimi sınırlı olan kaynakların üzerinde baskı oluşturmaktadır. Bilinçsiz tüketimin faaliyetlerinin sonucunda doğa tahrip edilmekte ve beraberinde çevre kirliliğini getirmektedir. Ülkelerin ekonomik büyümelerini maksimize etme çabaları sonucu doğaya verdikleri zarar ekolojik ayak izi ve karbon emisyonu kavramlarını oluşturmaktadır. Tüm bunlar göz önüne alındığında ekolojik ayak izi ve karbon emisyonunu artıracak etkiyi oluşturan değişkenler ortaya çıkmaktadır. Ekolojik ayak izi ve karbon emisyonunu doğrudan etkileyen ülkelerin büyüme istekleridir (Aydın, 2020a). Ekonomilerini büyütme isteyen hükümetler enerji talep etmektedirler. Ortaya çıkan talep doğrultusunda fosil yakıtlar ve petrol ürünleri en çok tercih edilen enerji kaynakları olmaktadır. Pek çok alanda tercih edilen petrol ve ürünleri taşıma kolaylığı açısından kolaylık sağlamaktadır (Demir, 2006). Bu zararlar doğal kaynakların kontrolsüz kullanımı sonucu tükenmesi çevresel bir tehdit oluşturmaktadır. Çevresel tehdiye karşı çevreye duyarlı siyasi politikaların oluşturulması gereksinimini ortaya çıkmaktadır. Bu bağlamda çevre ile ilgili politik anlaşmalar yapılması adına adımlar atılmaktadır (Dölek, 2020).

İnsanların zaman içinde doğaya yaptığı baskıyı tanımlamak için farklı disiplinlerden bir araya gelen bilim adamları, 1961'de Massachusetts Teknoloji Enstitüsünde (MIT) Roma klübü tarafından hazırlanan simülasyon sistemi ile çevreye yapılan baskının hesaplanması ve olası senaryoların oluşturmasını amaçlamışlardır. MIT bilim adamları yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmesi, nüfus artışı, üretimden kaynaklı çevrenin kirlenmesi ve kontrolsüz tüketim gibi ana başlıkları incelenmiştir. İncelenen çalışmanın sonuçları yenilenemeyen enerji kaynaklarının tükenmesi durumunu açıklamak adına Büyüme Limitleri (Meadows vd. 1972) kitabıyla yayınlanmıştır. Büyümenin Limitleri çalışmasında yenilenemeyen enerji kaynaklarının aşırı tüketiminin azaltılması ve geleceğe yönelik doğayı koruyan aynı zamanda büyümeyi de sağlayan ana adımlardan

bahsedilmiştir (Mızık ve Avdan, 2020). Sürdürülebilir bir geleceğin oluşturulmasında önemli olan adımlar Şekil 1’de gösterilmektedir.



**Şekil 1:** Büyümenin Limitleri Raporunun Adımları (Meadows vd. 1972)

**Kaynak:** Mızık ve Avdan, 2020

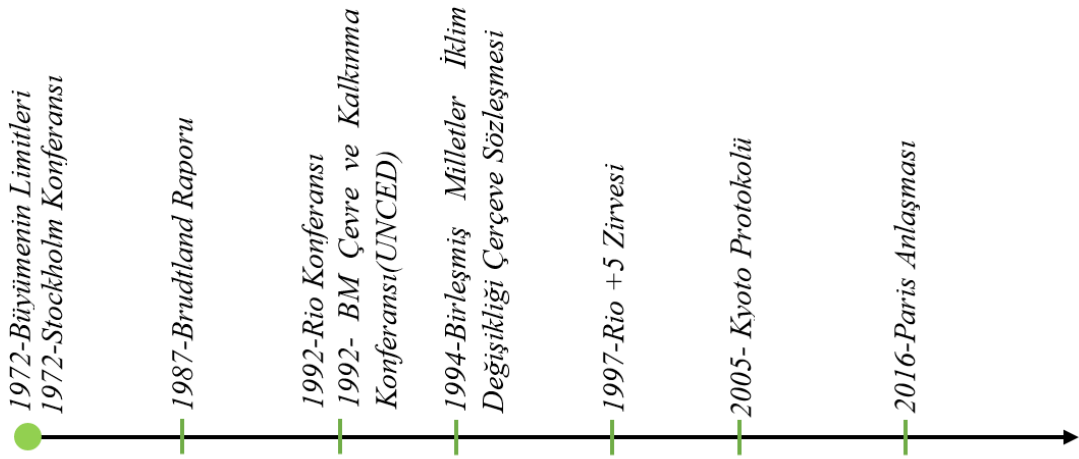
Büyümenin Limitleri çalışması ile birlikte çevreye olan duyarlılık artmış ve sürdürülebilir gelecek için çalışmalar yapılmasına katkı sağlanmıştır. Çevresel sorunların ve ekonomik büyümenin konuşulması adına yapılan uluslararası konferanslardan en önemlisi 1972’de ilki yapılan uluslararası Birleşmiş Milletler Çevre ve İnsan Konferansıdır (Stockholm Konferansı) (Dölek, 2020). Stockholm Konferansı, çevrenin daha bilinçli kullanılması ve gelecek nesillere daha yaşanabilir bir gezegen bırakma bilincini paylaşma amacı ile düzenlenmiştir. Ayrıca bu bilince liderlik etmesi gerekçesiyle Birleşmiş Milletler Çevre Programı(UNEP) kurularak sürdürülebilir çevre fikrinin temellerinin atılması hedeflenmiştir (Paul, 2008). Atılan çevre bilinci adımlarıyla sürdürülebilir yaşam ile ilgili sürecin başlaması sağlanmıştır. Sürdürülebilir yaşam kavramı resmi olarak ilk defa 1987’de Brudtland Raporu (WCED, 1987) ile “Ortak Geleceğimiz” isimli yazanakta şu şekilde açıklanmıştır(Seydioğulları, 2013):

“Sürdürülebilir Kalkınma, gelecek nesillerin, ihtiyaçlarını karşılamaya yönelik yetenek ve imkanların kısıtlamaksızın, bugüne dair olan ihtiyaçlarının karşılanmasıdır”.

Stockholm Konferansından bu yana 20 yıllık çalışma sürecini değerlendirmek ve dünyanın içinde bulunduğu durumu ciddiye alması gerekçesiyle 1992 yılında Rio’da BM Çevre ve Kalkınma Konferansı(UNCED) ile sürdürülebilir kalkınma ve doğal

kaynakların doğru tüketimini başlıklarının görüşülmesine imkan sağlanmıştır. Dünya Zirvesi olarak bilinen ilk Birleşmiş Milletler Zirvesi, 172 ülkenin katılarak Rio Kalkınma Bildirgesi, Gündem 21 ve Orman ilkeleriyle ilgili önemli kararlar alması ile sonuçlanmıştır. Rio konferansı ile birlikte ekonomi ve çevre alanlarında ülkeler için önem arz eden “Gündem 21” eylem planının oluşması ile kalkınmaya dair sorunların çözülmesini ve izlenecek adımların planlarının hazırlanması ve uygulanması sürecini içermektedir(Seydioğulları, 2013). 1992 yılında düzenlenen Rio Konferansında alınan kararların uygulanma durumlarının değerlendirilmesi ve revizeler için Rio +5 Zirvesi olarak tekrar 1997’ de New York’ta düzenlenmiştir. Zirvenin sonucu olarakta uygulamaların etkin yürütülmediği kararına varılarak daha somut adımlar atılması kararı verilmiştir (Seydioğulları, 2013). Etkili olamayan Rio sözleşmelerinin gündeme getirdiği iklim değişikliği konusu sonraki yıllarda çevre ile ilgili düzenlenen Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı ile sera gazlarının kontrolsüz salınımını dikkate alarak 1994 yılında oluşturulan Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) ile kabul edilen anlaşmalardandır. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, karbon emisyonlarından kaynaklı oluşan sera gazlarının iklim değişikliği ve küresel ısınma gibi sonuçlarının azaltılması gerekçesini içeren 189 ülkenin taraf olduğu anlaşmadır (Köse, 2018). Yapılan anlaşmanın geliştirilmesiyle için Kyoto Protokolü fikri ortaya çıkarılmıştır. Kyoto Protokolü, 1997 yılında 84 ülkenin de taraf olması ve sonrasında 191 ülkeye yükselmesiyle kabul edilen protokoldür. Kyoto protokolü, yenilenemeyen enerji kaynaklarının sonucu olarak iklim değişikliği ve küresel ısınma tehdidine karşı düzenlenmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları içerikleri bakımından temiz olmaları, çevre kirliliğine karşı duyarlılığı ve Kyoto protokolünü kapsamamasından dolayı ekonomik açıdan oldukça önemlidir (Demir, 2006). Kyoto protokolünde, karbondioksit salınımından kaynaklı sera gazı etkilerinin azaltılması ve iklimin değişikliğine karşı bir önlem alınması amaçlanmıştır. Kyoto protokolü maddeleri ve içeriği görüşülmek üzere defalarca toplanılarak ülkelerin sürdürülebilir ekonomi ve çevre için kararların alınması ile uzun konferanslar sonucu 2005 yılında Rusya’nın protokolü kabul etmesiyle resmen yürürlüğe girmiştir (Demir, 2006). Çevre ile ilgili yapılan bazı anlaşmaların kronolojik sıralaması Şekil 2’de gösterilmektedir.





**Şekil 2:** Çevre ile İlgili Anlaşmaların Kronolojik Sıralaması

**Kaynak:** Mızık ve Avdan, 2020

Paris İklim Değişikliği sözleşmesi temel olarak karbon emisyonu değerlerinin azaltmaya yönelik çalışmalar yapacağına dair ülkelerin taraf olduğu bir anlaşmadır. Paris İklim Değişikliği sözleşmesi Kyoto protokolü ve diğer anlaşmalara göre etkin ve üye sayısı fazla olan kapsamlı bir sözleşmedir. Paris anlaşması çevre, teknolojik gelişmeler ve uyum bakımından sözleşmeyi daha aktif hale getirmektedir (Çakmak vd, 2017)

Paris İklim Değişikliği sözleşmesinin uzun dönemli hedeflerini şu şekilde sıralamak mümkündür (<https://iklim.csb.gov.tr/paris-anlasmasi-i-98587>).

- Düşük karbon emisyonu değerleri elde edilmesi,
- Sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması,
- Ortalama hava sıcaklığının 2 °C altında artışına ve güncel olarak 1.5 °C dereceden altıda değer almasının sağlanması,
- Yoksulluğun ortadan kaldırılması,
- BMİDÇS geliştirilmeye çalışılması,
- İklim değişikliğinin etkilerinin absorbe edilmesi ve iklim uyum iyiliğinin sağlanması,
- İklim değişikliğinin olumsuzluklarına karşı etkin finansal hareketliliğinin sağlanması.

Belirtilen hedefleri sağlamada ve uygulamada gerekli özenin “ortak fakat farklılaştırılmış sorumluluklar ve göreceli kabiliyetler” ilkesi ile ülkeler tarafından benimseneceği

öngörülmüştür. Paris İklim Değişikliği sözleşmesinin hedeflerini sağlamaya yönelik faaliyetlerin bulunduğu “Ulusal Katkı Beyanı” 5 yıl arayla düzenlenmesi uygun görülmüştür. Literatürde çevresel bozulmaları temsilen birçok vekil değişken kullanılmaktadır. Bu çalışmanın kapsamı bakımından bu vekil değişkenlerden ekolojik ayak izi ve karbon emisyonları incelenecektir.

## 1.2. Ekolojik Ayak İzi

Ekolojik ayak izi yeryüzünde yaşayan canlıların doğaya karşı bağımlılığının bir göstergesidir. Ekolojik ayak izi kavramsal olarak incelendiğinde yeryüzü kaynaklarını tüketen ve yaşam mücadelesi veren insanoğlunun doğaya ayağını basması sonucu ekoloji de bıraktığı izin ve derinliğin hesaplanmasıdır. Ekolojik Ayak izi, yeryüzünde bulunan canlılar tarafından üretim ve tüketimde verimli kaynakların ve biyokapasitenin kullanılmasıyla oluşan yüküdür (Aydın, 2020a). Biyokapasite kişi başına tüketilebilecek doğal kaynaktır. Bu şekilde ekolojik Ayak izi kavramı geliştirilmiştir. Ekolojik ayak izi kavramı Dr. Mathis Wackernagel ve Prof. Wiliam Rees (1990) araştırmalarına konu olmuştur. Rees 1992’de ilk defa ekolojik ayak izini içeren çalışmasını yayınlamıştır. Daha sonra Dr.Wackernagel ekolojik ayak izi hesaplamalarını doktora tezinde kullanmıştır. 1996’da Dr. Mathis Wackernagel ve Prof. Wiliam Rees birlikte yayınladıkları kitap ile ekolojik ayak izi kavramı ve hesaplama yöntemlerini bilim dünyasına kazandırmışlardır (Wackernagel ve Rees, 1996) . Kaynakların tüketimi sonucu oluşan ekolojik ayak izi küresel hektar(kha) birimi ile ifade edilir. Yenilenebilir kapasitenin hesaplanmasını sağlayan Ekolojik ayak izi üretim, tüketim ve ele alınan bölgedeki insan nüfusunun büyüklüğünü içermektedir. Ekolojik ayak izi hesaplaması iki ana kriterden oluşmaktadır (Aydın ve Turan, 2020). İlki tüketilen kaynaklar ve üretim sonucu oluşan atıkların takibi, ikinci ise ihtiyaç duyulan üretim miktarı ve meydana gelen atıkların imha edilmesi için gereken biyolojik alanın hesaplanmasıdır. Ekolojik Ayak izi hesaplanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Tosunoğlu, 2014).

$$\text{Ekolojik Ayak İzi (kha)} = \text{Tüketim} \times \text{Üretim Alanı} \times \text{Nüfus} \quad [1]$$

Değişkenler daha detaylı incelendiğinde tüketim değişkeni; tüketilen içeriğin ağırlığını temsil etmektedir. Örneğin mal cinsinden ise kg veya enerji türünden ise enerjinin birimi olan jouel ile hesaplanırken farklı mal ve hizmet grupları için de farklı hesaplamalar yapılmaktadır(Akıllı vd. 2008). Üretim alanı, tüketimden kaynaklı kaybedilen malın ya

da içeriğin biyosferde tekrar kazanılmaya çalışılması için kullanılacak alanı temsil etmektedir. Bu alan bio-üretken alanı oluşturmaktadır. Bio-üretken alanın varlığının sürdürülebilmesi ekolojik açıdan üretken sayılan fosil enerji alanları, otlaklar, tarım yapılabilir araziler, ormanlar, balıkçılık yapılan denizler ve her türlü yerleşime açık alanların varlığının korunması ile mümkün olmaktadır. Bu alanlar aynı zamanda Ekolojik ayak izinin alt bileşenlerini de oluşturmaktadır. Ekolojik ayak izi için tanımlanan alt bileşenler Şekil 3’de verilmiştir.

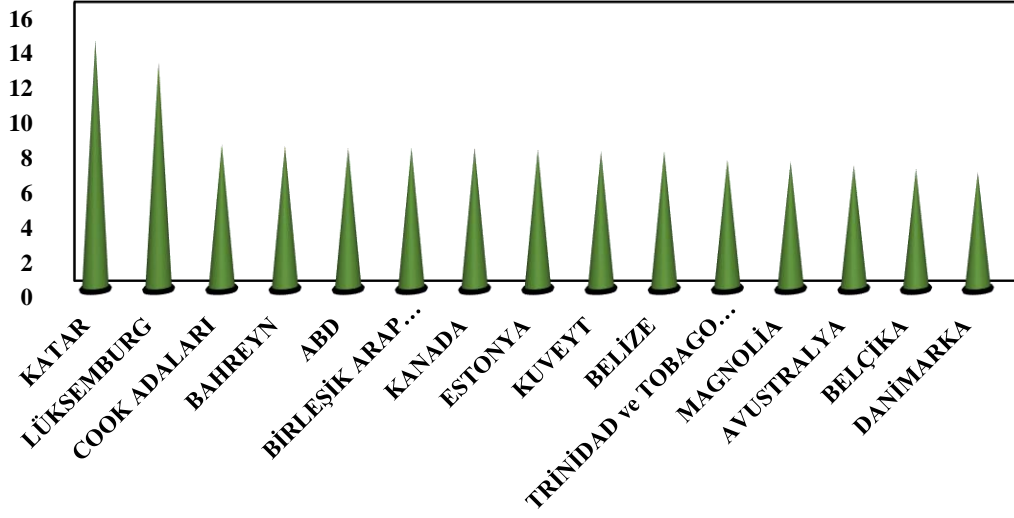


**Şekil 3:** Ekolojik Olarak Üretken Alanlar (Wackernagel vd. 1997)

**Kaynak:** Wackernagel vd., 1997

Bu alanlar ülkelerin tüketim eğilimlerine göre sıraladığında ekolojik ayak izlerinin dünya sıralamasındaki yerleri belirlenebilmektedir. Şekil 4’te kişi başına düşen ekolojik ayak izi grafiği verilmiştir.

## Kişi başına düşen Ekolojik Ayak İzi (kha)

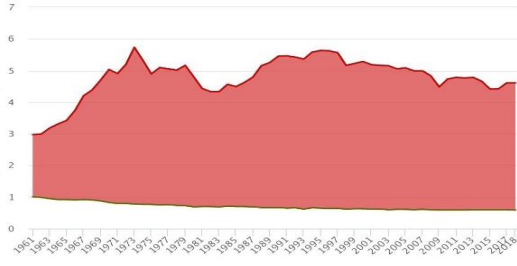


Şekil 4: Ekolojik Ayak İzi Yüksek Olan İlk 15 Ülke

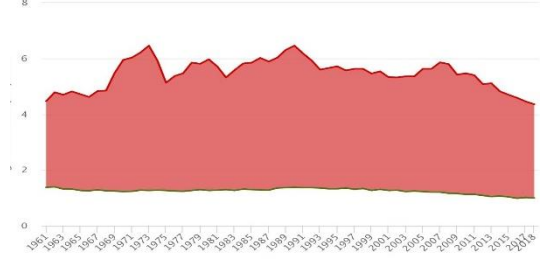
**Kaynak:** Global Footprint Network, 2022

Sıralama yer alan ilk 15 ülkenin ekolojik ayak izi verileri incelendiğinde ekonomik açıdan güçlü olan ülkelerin ekolojik ayak izlerinin yüksek olduğu yada ülkenin gelir durumunun düşüklüğüne bağlı olarak kişi başına düşen ekolojik ayak izinin azaldığı görülmektedir. Katar gibi zengin bir ülkelerin bio-kapasiteye yaptığı baskı oldukça fazlayken Mozambik gibi yoksul ülkelerin doğaya yaptıkları baskı yok seviyesindedir. Genel ifade ile ekolojik ayak izi gelir düzeyiyle paralel olarak hareket etmektedir. Ünelere ait kişi başı ekolojik ayak izi ve bio-kapasite düzeyleri Şekil 5'te gösterilmektedir.

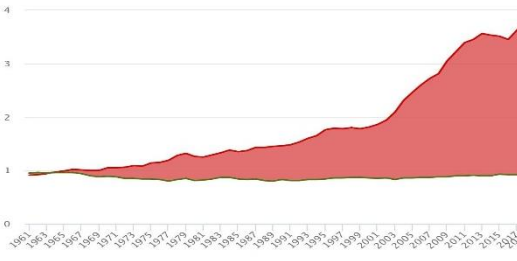
## JAPONYA



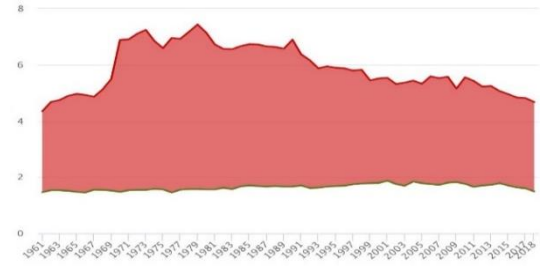
## İSVİÇRE



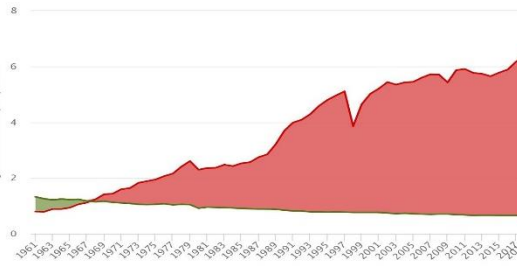
## ÇİN



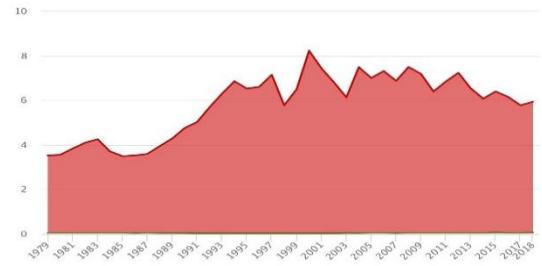
## ALMANYA

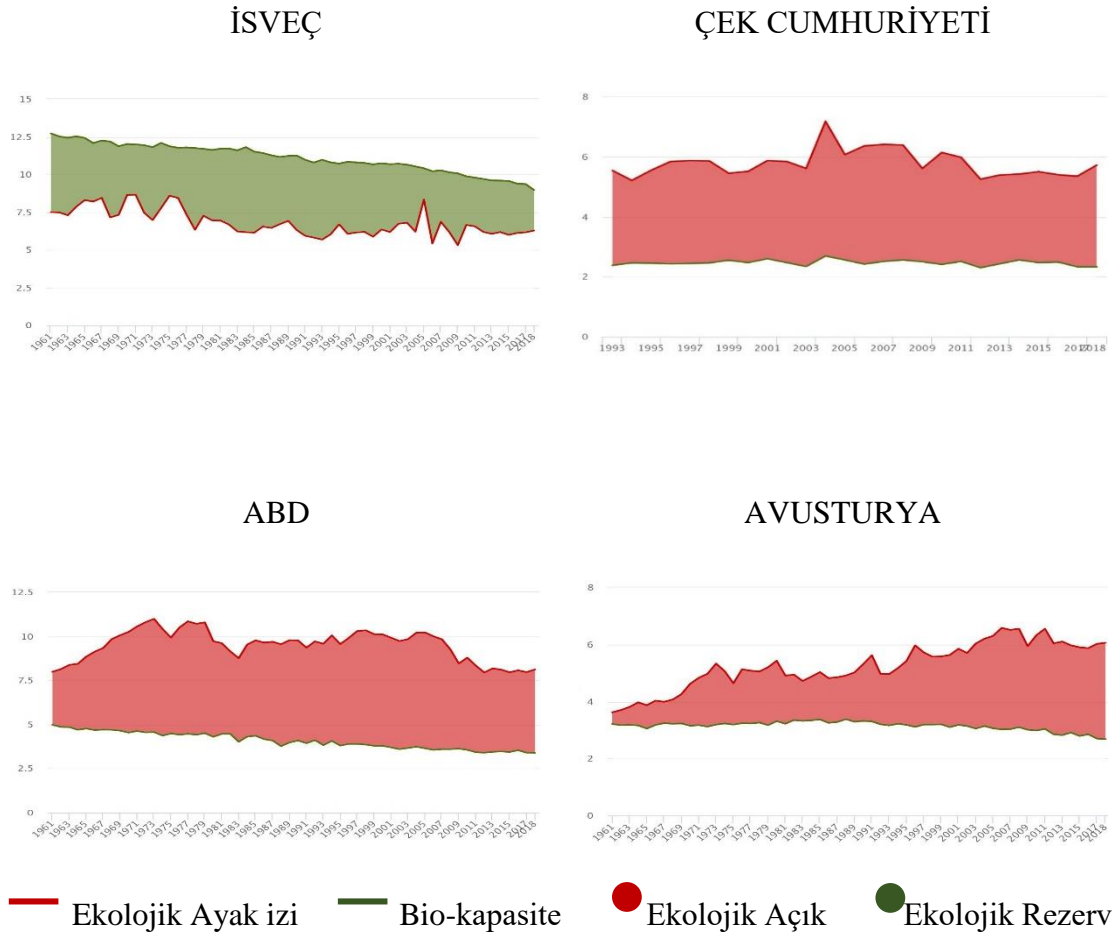


## GÜNEY KORE



## SİNGAPUR





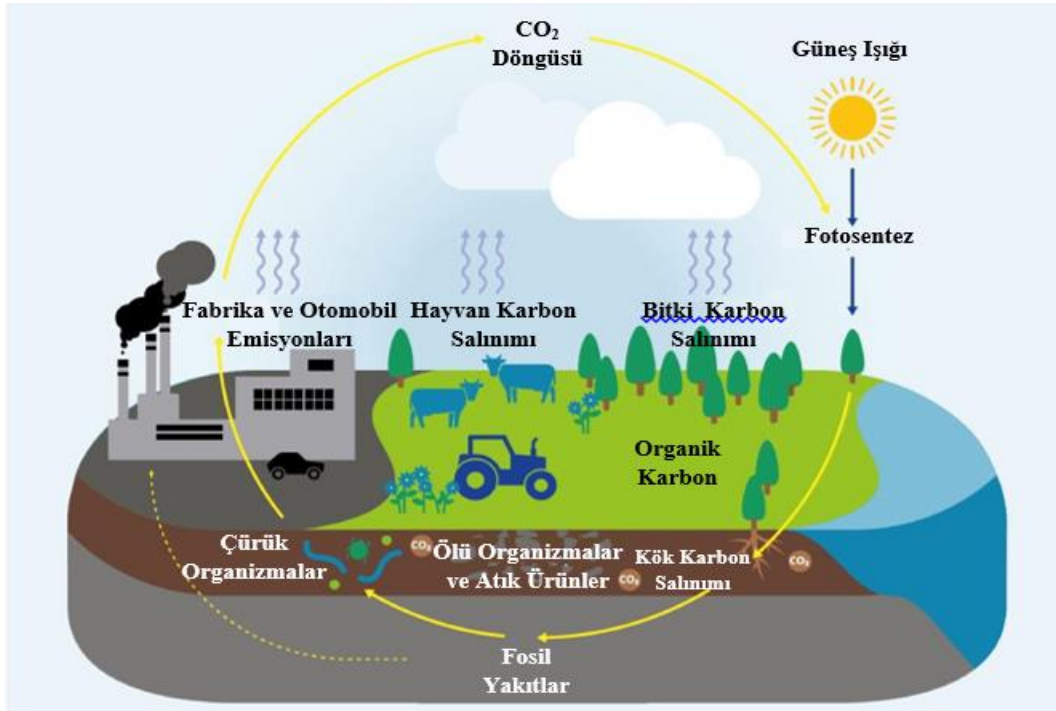
**Şekil 5:** Ülke Grubuna Ait Kişi Başı Ekolojik Ayak İzi ve Bio-Kapasite Durumları

**Kaynak:** Global Footprint Network, 2022

Şekil 5’te ülke grubuna ait geçmişten bu güne ekolojik ayak izi ile bio-kapasite ilişkisini ve açığını gösteren grafikler verilmiştir. Kişi başına düşen bio-kapasite üst sınırını İsveç hariç bütün ülkeler aşmıştır. Halen bio-kapasite sınırını aşmayan ülkelerin ekolojik ayak izi oldukça düşüktür. Ekolojik ayak izinin yüksekliği bio-kapasiteyi aştığından ülkelerin ekolojik rezervlerinin yok olmasına neden olmaktadır. Bio-kapasiteyi aşan ABD, Singapur ve İsviçre yüksek ekolojik ayak izine sahip olan ülkelerdir. Bio-kapasite açığını kapatacak seviyeye henüz ulaşamamıştır. Üretim ve tüketim dengesizliğine bağlı olarak bu açık giderek artmaktadır. Çevre kirliliğinin vekili olan ekolojik ayak izi gibi çevresel bozulmayı tanımlayan bir diğer gösterge de karbon emisyonudur.

### 1.3. Karbon Emisyonu

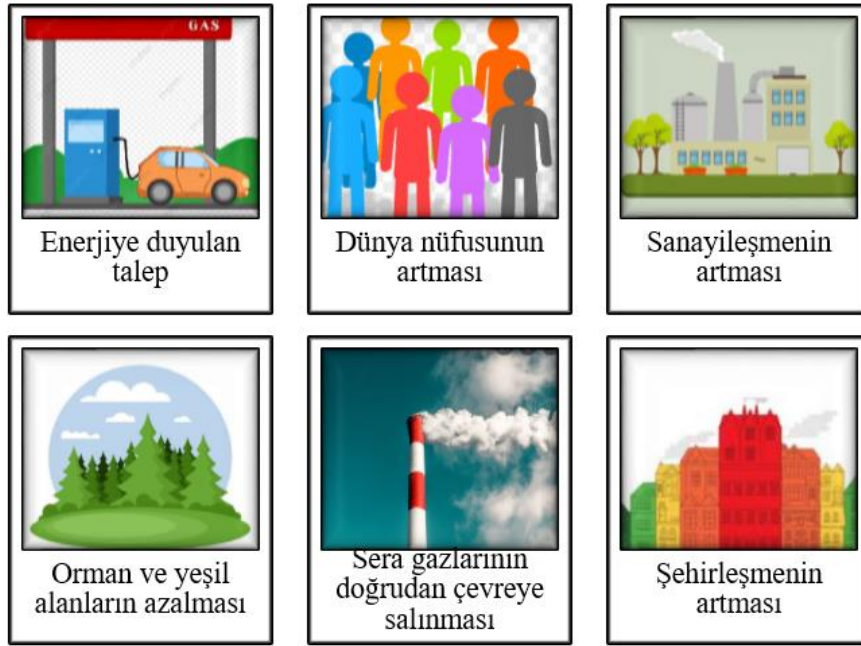
Bir ülkenin ekonomik gelişimi için endüstrileşme oldukça önemlidir. Endüstrileşme kaynaklı büyüme ile enerjiye olan talebin artması sonucu fosil yakıt kullanımı yaygınlaşmıştır. Bu nedenle Sanayi devriminden bu yana enerjiye duyulan ihtiyaç ile kaynak arayışına girilmiştir. Fosil yakıt kullanımının yaygınlaşması ülkelerin gelişme çabalarıyla enerjiye duyulan talebi arttırmıştır. Enerji talebinin büyük bir kısmı birincil enerji kaynaklarından yani kömür, petrol ve doğalgaz gibi fosil yakıtlardan elde edilir (Aydın, 2022). Fosil yakıtların bilinçsiz tüketimi sera gazı, çevre kirliliği ve küresel ısınma gibi sorunları ortaya çıkartmıştır. Bu sorunlardan bir diğeri de karbon emisyonundaki artıştır. Karbon emisyonu, fosil yakıtların kullanımı sonucu ortaya çıkan karbondioksit gazının atmosfere salınmasıdır (Çoban, 2015). Bu salınım bir döngü oluşturmaktadır. Karbon emisyonu döngüsü Şekil 6'da gösterilmiştir.



Şekil 6: Karbondioksit Emisyonları Döngüsü

**Kaynak:** <https://www.independentturkish.com/node/459881/t%C3%BCrki%C3%87yeden-sesler/karbon-%C3%A7iftli%C4%9Fi-ve-mal%C3%A7-uygulamas%C4%B1> (Erişim Tarihi 26/06/2022)

Karbondioksit (CO<sup>2</sup>) gazının çevreye salınması Karbon Emisyonu durumu ile açıklanmaktadır. Atmosfere salınan karbondioksit sera gazı etkisini ortaya çıkarttığından karbon emisyonu içerisinde sera gazını da barındırmaktadır (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007). Karbon emisyonu atmosferde serbest kalan karbonun atmosferde sera etkisi oluşturmasından kaynaklı aşırı hava olaylarına ve sıcaklık artışlarına sebep olmaktadır. Atmosferde oluşan baskıya insan faaliyetleri de eklendiğinde karbon emisyonunun birçok sebebi ortaya çıkmaktadır. Karbon emisyonlarının başlıca sebepleri Şekil 7’de gösterilmektedir.



**Şekil 7:** Karbon Emisyonlarının Başlıca Sebepleri

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yanma sonucu fosil yakıtlardan ortaya çıkan karbondioksit gazı atmosfere yayılması sera gazı etkisi oluşturmaktadır. Sera gazı etkisi havaya, tarıma ve her türlü canlının yaşamına olumsuz etkiler oluştururken günümüzün en büyük sorunu olan iklim değişikliğinin de sebep olmaktadır. Küresel ısınmanın önemli bir etkeni olan sera gazlarının salınması da karbon emisyonu ile doğrudan ilişkilidir. Dünyanın büyük bir sorunu olan küresel ısınma; sıcaklığın artması, buzulların erimesi ve ülkelerde ekonomik olarak zarara yol açması açısından önemini göstermektedir (Çağlar ve Mert, 2017).



Yenilenemeyen enerji kaynaklarının sınırlılığı ve gün geçtikçe enerjiye olan talebin artmasıyla kaynağı sınırsız olan yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyulmaktadır (Batmaz vd., 2019). Çevreye daha az tahribat oluşturularak kendini yenileyebilen ve CO<sup>2</sup> barındırmayan enerjilerin kullanımının artması ile yenilenemeyen enerjiye karşı olan bağımlılık azaltılmaktadır. Yenilenebilir enerji, fosil yakıtlara ihtiyaç duymadan az miktarda karbon emisyonuna sahip aynı zamanda sürekli yenilenen ve doğada kullanıma hazır olarak bulunan güneş, rüzgar, jeotermal, biokütle ve hidroelektrik gibi kaynakları kapsamaktadır (Seydioğulları, 2013). Yenilenebilir enerji kaynakları Şekil 8’de gösterilmektedir.



**Şekil 8:** Yenilenebilir Enerji Kaynakları

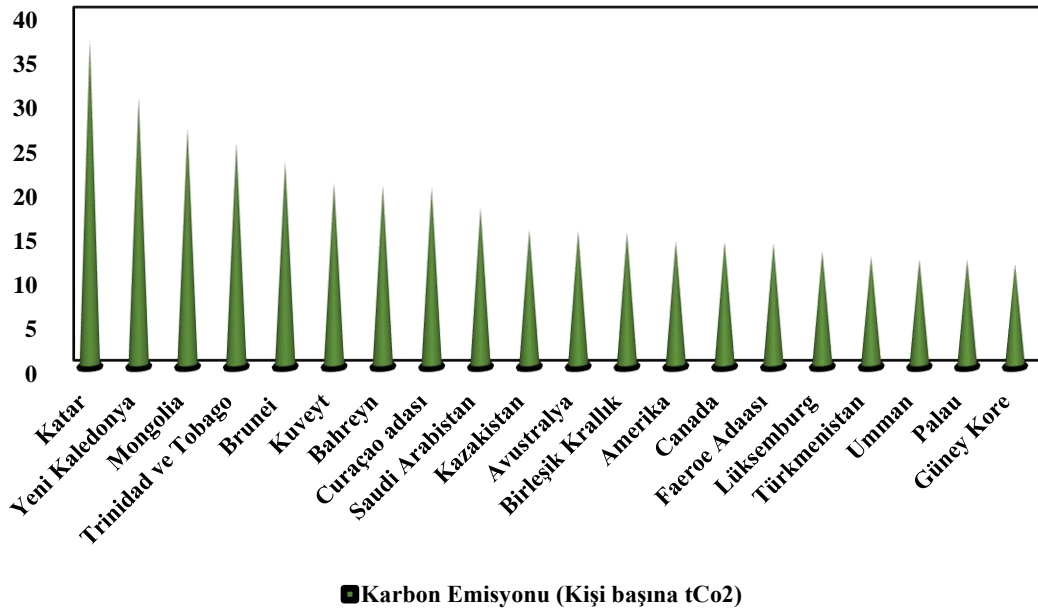
**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Yenilenemeyen fosil enerji türlerinin zararları neticesinde başka bir yol arayışına girilmesi sonucu ortaya çıkan doğal enerji kaynakları beraberinde yenilenebilir enerji kaynaklarını getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları doğrudan doğadan elde

edildiğinden tüketim anlayışına sahip değildirler. Yenilenebilir olmayan fosil yakıt ve kömür gibi enerji kaynaklarının aksine doğanın nimetlerinden yararlanılarak üretilmektedir. Doğa dostu olarak yenilenebilir enerji kaynakları sürdürülebilirlik açısından da oldukça önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim açısından bulunabilirliği oldukça kolay olduğundan ülkelerin ithal olarak elde etmesi gerekmez ve enerjide dışa bağımlılığı azaltıcı bir etki oluşturmaktadır (Çoban ve Kılınç, 2012). Yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına ağırlık verilmesi atmosferdeki karbon emisyonu baskısının azaltılmasına yardımcı olacaktır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının çevresel, politik ve ekonomik birçok faydası bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde açıklanabilir (Bozkurt, 2008);

- i. Çevresel faydaları: Yenilenebilir enerji kaynaklarının, fosil enerji kaynaklarına göre çevreyi kirletme oranı oldukça düşüktür. Doğadan elde edildiğinden çevreyi kirletmemektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının tükenmez olması dolayısıyla gelecek nesillere daha yaşanabilir bir dünya bırakma imkanı sunmaktadır.
- ii. Ekonomik faydaları: Yenilenebilir enerji kaynakları, maliyeti yüksek olan yenilenemeyen enerji kaynaklarının aksine ithal etmeye gerek kalmadan yeni bir kaynak oluşturur. Oluşturulacak santrallerin kurulundan işletilmesine kadar ülkeye yeni bir kalem kazandıracığından ek gelir oluşturmaktadır. Ayrıca gelişmekte olan ülkelere yenilenebilir enerji satışı kapsamında gelişimine katkı sağlayacak bir adım olmaktadır.
- iii. Politik Faydaları: Ülkelerin dışa bağımlılığını azaltacak etkiye sahip olan yenilenebilir enerji, siyasi ve politik ilişkilere de yön verebilecek güce sahiptir.

Faydaları göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımının teşvik edilmesi için çeşitli adımlar atılmıştır. Karbon vergisi ile artan fosil yakıt fiyatları insanlarda daha az fosil yakıt kullanımını tercih etmesine ve yenilenebilir enerji türlerinin kullanımı daha cazip hale gelmesine sebep olmaktadır (Hotunluoğlu ve Tekeli, 2007). Karbon emisyonu en yüksek 15 ülkenin kişi başına Co<sup>2</sup> değerleri Şekil 9'da sunulmuştur.



**Şekil 9:** Karbon Emisyonu Yüksek Olan İlk 15 Ülke

**Kaynak:** Dünya Bankası, 2022

Karbon emisyonu, Ekolojik ayak izi ailesinin alt bileşeni olan Karbon ayak izi olarak bilinmektedir. Çevresel Ayak İzi olarak bilinen Karbon Ayak izi, bir ürünün üretilme işleminde veya varlığını devam ettirdiği süre boyunca doğaya salınmış CO<sup>2</sup> ve sera gazlarının miktarını içeren bir göstergedir (Mızık ve Avdan, 2020). Karbon ayak izi 2 gruba ayrılmaktadır (Atabey, 2013). Bunlardan ilki evde ve her türlü ulaşım aracında kullanılan fosil yakıttan kaynaklı ortaya çıkan karbondioksiti içeren birincil ayak izidir. İkincil ayak izi ise yaşam boyunca üretim ve tüketim kaynaklı olan karbondioksit emisyonlarını temsil etmektedir.

Ekolojik ayak izinde en büyük paya sahip olan karbon emisyonları, günümüzde harcanan enerjinin yaklaşık %95'i fosil yakıt ile çalışan ulaşım araçlarından elde etmektedir. Toplam yakıtlardan kaynaklanan karbon emisyonları sera gazlarının %20'sine denk gelirken, ulaşım türleri arasında en çok karbon emisyonu salan %70 ile kara yolları, %12 ile havayolları, %11 ile deniz yolları ve son olarak %2 ile demir yollarıdır (Çalışkan, vd. 2017). Ulaştırma sektöründe yüksek karbon emisyonu değerlerine azaltıcı çalışmalar ve yenilikler yapılması halinde atmosferdeki baskının azalması beklenmektedir.

#### 1.4. Ekolojik Ayakizi ve Karbon Emisyonu Karşılaştırması

Sanayi devriminin başlaması ile geleneksel endüstrileşmenin sonucu olarak enerji kullanımı artmıştır. Bu enerji kullanımındaki artış fosil yakıtlarla karşılanmıştır. Kömür, benzin ve yenilenebilir olmayan bütün kaynakların aşırı kullanımı çevre de büyük tahribata yol açmıştır. Fosil yakıtların tüketilmesi sanayileşmeyi ve beraberinde büyümeyi sağlarken kısıtlı kaynakların tüketilmesi doğa üzerinde baskılara neden olmuştur (Özsoy ve Dinç, 2016). Bu baskı sonucunda doğaya salınmış sera gazları küresel ısınmayı da beraberinde getirmiştir. Bu döngü ekolojik ayak izi kavramını ortaya çıkarmaktadır. Ekolojik ayak izi tüketimin çevrede oluşturduğu baskının bir karşılığıdır. Kaynakların tüketim ve üretimini sonucu oluşan tahribatın ölçümü de denilebilir. Ekolojik olarak üretken olan alanlar 6 ana kategoriye ayrılmaktadır (Wackernagel vd. 1997). Bunlar karbon ayak izi, ekilebilir araziler, orman ve yerleşim alanları, deniz sahası ve otlak alanlar olarak bilinmektedir. Yeryüzü kaynakları kullanımını ölçmek için kullanılan ekolojik ayak izi kendi içinde çevresel ayak izleri ailesini barındırır. Bunlar karbon ayak izi, su ayak izi, enerji ayak izi, emisyon ayak izi, nitrojen ayak izi, arazi ayak izi, bio-çeşitlilik ayak izi olarak adlandırılmaktadır (Mızık ve Avdan, 2020).

Karbon ayak izi, fosil yakıtların kullanımı ile karbondioksit gazının atmosfere salınması sonucu oluşan sera gazlarının ayak izini temsil etmektedir. Karbon ayak izi altı bileşen içerisinde en fazla paya sahiptir ve ekolojik ayak izinin yarısından fazlasını oluşturmaktadır (Yurtkuran, 2020). Bu yüzden sera gazı emisyonu ekolojik ayak izi kapsamında bulunmaktadır. Karbondioksit salınımının diğer ifadesi olan karbon emisyonları küresel ısınmaya neden olduğundan dolayı çevresel bozulmaya işaret etmektedir. Çevre kirliliği ile ilgili uluslararası birçok konferansta çevre kirliliğinin ve çevre kirliliğinden kaynaklanan iklim değişikliğinin nedeninin karbon emisyonları olduğu kabul edilmiştir (Aydın, 2020a). Ayrıca çevre kirliliğinin göstergesi olarak kullanılan karbon emisyonları, ekolojik ayak izinin büyük bir payını oluştursa da aralarında farklılıkların olduğu bilinmektedir. Ekolojik ayak izinin karbon emisyonları ile karşılaştırılması Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1:** Ekolojik Ayak İzi ile Karbon Emisyonları Karşılaştırılması

• Ekolojik Ayak İzi	Karbon Emisyonu
Çevre kirliliğini temsil eden daha kapsamlı göstergelere sahiptir (ormanlar, tarım alanları, su kaynakları, otlak araziler, yerleşim alanları ve karbon emisyonu).	Çevre kirliliğini karbon ayak izi değerleri ile temsil eder.
Çevre vergilerinde birçok alanda vergi toplanmaktadır. Buda ekolojik ayak izi değerlerinde olumlu düşüşe sebep olmaktadır.	Çevre vergilerinde taşımacılık ve enerji gibi alanlarda vergi toplanmaktadır.
Hesaplanmış biyolojik kapasiteye sahiptir. Ekolojik ayak izi ile biyolojik kapasitesinin farkından ekolojik açık tespit edilebilir.	Hesaplanmış biyolojik kapasiteye sahip değildir. Kapasite olarak hasat edilmemiş orman arazileri kullanılarak karbon tutma ile ekolojik açık tespit edilir.
Çevre kirliliğinin artmasında yarıdan daha az bir etkiye sahiptir.	Çevre kirliliğinin artmasında yarıdan daha fazla etkiye sahiptir. Çevre kirliliğini en çok etkileyen bileşendir.
Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler Ekolojik Ayak izi baskılarını azaltarak büyümeye çalışmaktadır.	Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin Karbon Emisyon değerleri oldukça yüksektir.
Biyolojik kapasite sayesinde Ekolojik Ayak izi tolere edilebilmektedir.	Biyolojik kapasitesi orman alanları olarak kullanıldığından tolere edilecek kadar orman alanı bulunmamaktadır.
Ekolojik ayak izini oluşturan en büyük neden Karbon emisyonudur. Mevcut kaynaklar belli bir sürede yenilebilmektedir.	Karbon emisyonunu oluşturan en büyük neden Ekolojik ayak izi değildir. Mevcut kaynakların yenilenmesi uzun sürmektedir.
Ekolojik ayak izi karbon emisyonunu da içerdiğinden ayak izi değerleri daha yüksek değerlere sahip olabilmektedir. Ayrıştırılması halinde değerlerinde azalış gözlemlenebilir.	Karbon emisyonu ek bileşenlere sahip olmadan hesaplanmaktadır. Değerlerini yükseltici bileşenlere sahip olmamasına rağmen Karbon Emisyonu değerleri oldukça yüksektir

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 1’de verilen karşılaştırılma incelendiğinde ekolojik ayak izi karbon emisyonunu da içinde barındırmasına rağmen karbon emisyonun çevreye olan etkilerinden daha az etkiye sahiptir (Aydın, 2020b). Bunun en önemli sebebinin yenilenebilir hesaplanmış bio-kapasiteye sahip olması olduğu düşünülmektedir (Özsoy ve Dinç, 2016). Ayrıca ekolojik ayak izi daha kapsamlı bileşenlere sahip olduğundan araştırmalarda karbon Emisyonunu göre daha tercih edilmektedir.

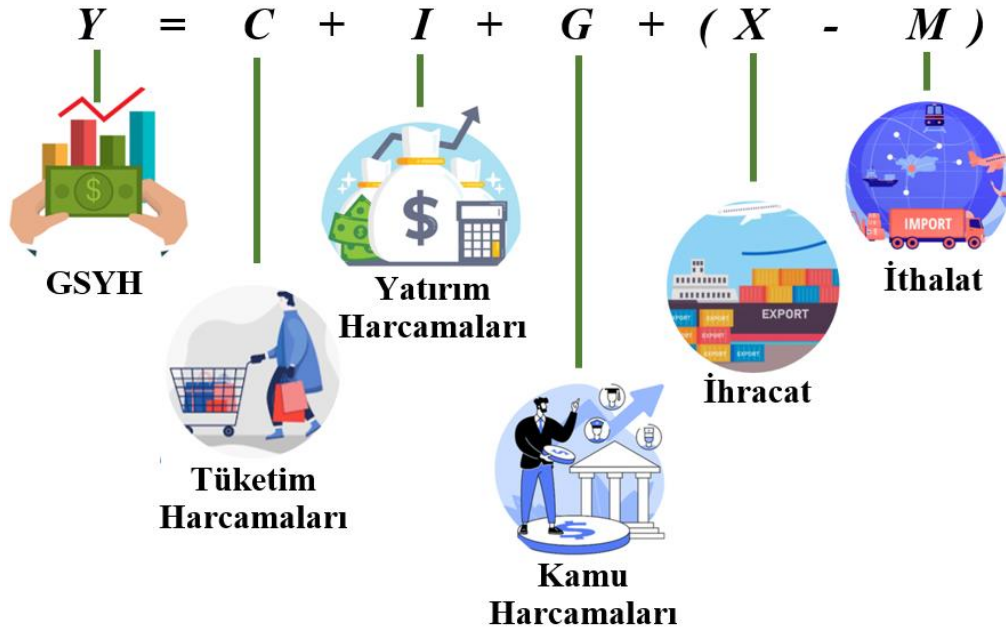
## **BÖLÜM 2: ÇEVRESEL BOZULMALAR ÜZERİNDE ETKİLİ OLAN BAZI EKONOMİK GÖSTERGELER**

Yeryüzündeki çeşitli büyüme faaliyetlerinin sonucu oluşan çevresel bozulmalar, birçok ekonomik göstergeden etkilenmektedir. Çevresel bozulmalar üzerinde etkisi olan ekonomik göstergeler ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık ve teknolojik inovasyon olarak sıralanabilmektedir. Ülkelerin ticaret gücü, ihracat ve ithalat ile maksimize edilmeye çalışılırken üretim şekillerinden ve ürünlerin sevkiyatı sırasında kullanılan yollardan kaynaklı çevreye bıraktıkları atıklar çevreye zarar vererek bozulmalara neden olmaktadır. Özel ve karmaşık ürün üretimi ticari verimliliği artırarak ekonomik büyümeye katkı sağlarken, kaynakların özensiz kullanımı ile çevre üzerinde olumsuz etkiler oluşturabilmektedir. Fakat üretimdeki bilgi akışının yeni fikir ve yöntemlere açık olması çevre üzerindeki baskıyı azaltıcı etkiye sahip olabilmektedir. Çevre üzerindeki baskının azalması teknolojik inovasyon ile birlikte sürdürülebilir üretim ve büyümeyinin mümkün olabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla çevresel bozulmaların teknolojik inovasyon gelişmelerinden etkilenebileceği düşünülmektedir. Ekonomik göstergelerin çevresel bozulmalar üzerindeki etkilerinin araştırılması için değişkenleri tanımak gerekmektedir.

### **2.1. Ekonomik Büyüme**

Ülkelerin en temel amacı şüphesiz ekonomilerini daha iyi bir noktaya taşımaktır. Ekonomik büyüme ülkede sahip olunan milli gelirden kişi başına düşen payın yıldan yıla artması olarak tanımlanabilir. Ekonomik büyüme sadece gelişmiş ülkelerde için değil gelişmekte olan ülkeler için de oldukça önemlidir (Aydın, 2019a). Ekonomik büyümelerini yakından takip eden gelişmiş ülkeler gayri safi yurtiçi hasılanın (GSYH) gelişmişliğinin önemini vurgularken, gelişmekte olan ülkeler ekonomik büyümeden ziyade ekonomik kalkınma kavramını ön planda tutmaktadır (Özel, 2012). Ekonomik kalkınma kavramı ekonomik büyümeyi kapsamasının yanında toplumda göz ardı edilen gelir eşitsizliği, işsizlik, ekonomik, sosyal ve siyasal konuları da içinde barındırmaktadır (Seyidoğlu, 2016). Fakat tüm bunlara rağmen ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin kıyaslanmasında ve ekonomik olarak büyüklüğünü belirlemede en sık kullanılan ölçüt GSYH olmaktadır (Özsoy ve Tosunoğlu, 2017). Ekonomide yıl içinde yapılan toplam harcama ve tüketimler ile GSYH'ye ulaşmak mümkündür. Bu hesaplama harcamalar

yöntemi üzerine kuruludur ve tüm nihai malların üretildikten sonra satıldığı prensibiyle hareket etmektedir. Harcama yönteminde GSYH'nın elde edilmesi tüketim harcamaları(C), yatırım harcamaları(I), kamu harcamaları(G) ve net ihracatın(X-M) toplanması ile elde edilir. Hesaplama kullanılan harcamalar Şekil 10'da formülize edilmektedir (Şimşek ve Aydın, 2010).



Şekil 10: Harcamalar Yöntemi ile GSYH'nin Hesaplanması

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Formüle ilişkin bileşenlerin açıklamaları ise aşağıdaki şekildedir.

**Tüketim Harcamaları:** Tüketim harcamaları, bireylerin dayanıklı ve dayanıksız mal olarak nitelendirilen araba, gıda gibi alımları ve hizmet harcamaları olarak değerlendirilmektedir.

**Yatırım Harcamaları:** Yatırım harcamaları, bireylerin konut alımları ve firmaların makine, teçhizat grubuna yaptığı yatırımları içermektedir.

**Kamu Harcamaları:** Kamu harcamaları, hükümetin kamu yararına askeri, sağlık, eğitim ve personel harcamaları olarak nitelendirilmektedir.

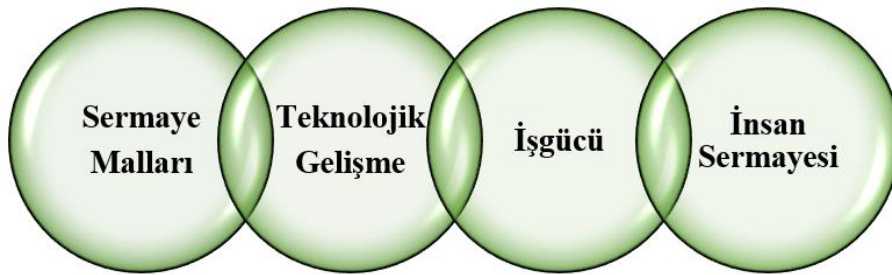
**Net İhracat (İhracat – İthalat):** Net ihracat, ihracat ve ithalat arasındaki farkı göstermektedir. İhracat büyükse dış ticaret fazlası, ithalat büyükse dış ticaret açığı oluşmaktadır.

Ekonomik büyüme genellikle refah durumunun bir ölçütü olarak kullanılsa da gerçekte ulusal refahın ölçütü olarak ortaya çıkmamıştır (Özsoy ve Hotunoğlu, 2017). Aslında ekonomik büyümenin hesaplanmasında kullanılan GSYH ekonomik faaliyetlerin durumu hakkında ölçüm yapmaktadır. Dolayısıyla fikir ayrılığı ortaya çıktığından literatür de birçok yöntem ve formül bulunmaktadır. Bu yöntemler belli teorileri ortaya çıkartmaktadır. Ekonomik büyümeye dair teoriler içsel ve dışsal olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır (Özel, 2012).

**İçsel Ekonomik Büyüme Teorileri:** İçsel ekonomik büyüme modelinde, ekonomik büyümenin sağlanması ekonominin kendi içindeki işleyişi ve faktörler arası etkileşimleri ile oluşmaktadır.

**Dışsal Ekonomik Büyüme Teorileri:** Dışsal ekonomik büyüme modelinde, ekonomik büyüme sermaye birikimi, gelir artıca artan tasarruf ve teknolojik gelişmeye bağlı olarak artan üretim ile ilişkilendirilmiştir.

İçsel ve dışsal ekonomik büyüme teorileri ekonominin faktörleri tarafından etkilenme durumlarına göre ayrıştırılmaktadır (Türker, 2009). Ekonomik sinyallere karşı tepki sonucu ortaya çıktığı düşünülen ARGE, fiziksel yatırımlar, beşeri sermaye ve teknolojik gelişmelerin tümü içsel olarak kabul edilmiş ve uzun dönemde ekonomik büyümeyi daha iyi açıkladığı belirlenmiştir (Yıldız, 2018). Ekonomik büyümenin faktörlerinden bağımsız olarak ortaya çıkan değişimler ise dışsal olarak adlandırılmaktadır (Çiftçi ve Aykaç, 2011). Ekonomik büyümede gelişmeyi teşvik edici bazı temel faktörleri bulunmaktadır. Bu faktörler Şekil 11’de gösterilmektedir.



**Şekil 11:** Ekonomik Büyüme Teşvik Eden Faktörler

**Kaynak:** Ekonomik Büyüme, <https://www.wallstreetmojo.com/economic-growth/> (Erişim Tarihi 15/12/2022)



Ekonomik büyüme teşvik edici faktörlerin verildiği Şekil 11 incelendiğinde ekonomik ilerleme geçmişten farklı olarak toplumunda katkısıyla iyi üretici, vasıflı işgücü, teknolojik gelişme ve sermaye malları ile mümkün olmaktadır.

**Sermaye Malları:** Ekonominin gelişmesi için makine,teçhizat gibi sermaye mallarının artırılması oldukça önem taşımaktadır.

**Teknolojik Gelişme:** Ekonomide sofistike ürün üretiminin artması ve ürünlerin teknoloji vasıtasıyla daha verimli üretilmesi zaman ve maliyetten tasarruf sağlayacaktır.

**İşgücü:** İşgücü haricindeki faktörlerin sabit kalacağı varsayılarak işgücü verimini ve sayısını artıracaktır.

**İnsan Sermayesi:** İnsanların yeni yöntem ve teknikleri öğrenmelerini sağlamak için insan gücüne yatırım sağlayarak nitelikli işçi üretkenliği artırıcı etkiye sahip olacaktır.

Ekonomik büyüme beraberinde getirdiği zenginleşme, barış, demokrasi ve sosyal yaşam ile birlikte toplumun refahını arttırdığı gerekçesiyle bütün uluslar tarafından oldukça önem verilen bir hedef haline almıştır (Ulucak ve Erdem, 2017). Bu hedef çerçevesinde ekonomik büyüme, hasılanın çokluğu ve refah durumunun göstergesi olarak benimsenmiştir. Refahın artması ve hasılanın çokluğunun sağlanması üretmek ile mümkün olduğundan sanayileşme ihtiyacını ortaya çıkartmaktadır. Sanayileşmenin artmasıyla ekonomi büyüme ile beraberinde çevre kirliliğini getirmektedir (Aydın, 2020a). Ekonomik büyümenin sonucu olarak çevre kirliliği çevrenin kullanılabilir alanlarını kısıtlaması ve fonksiyonlarını azaltmasına sebep olmaktadır. Ayrıca büyüme için gerekli olan üretim ve tüketim yapılırken kaynakların azalması ve sonrasında üretimden geriye kalan atıkların çevreye zarar vermesi göstermektedir ki çevre kirliliğinin en önemli artış sebebi ekonomik büyüme isteğinden kaynaklı yapılan üretim ve tüketim faaliyetleridir (Ulucak ve Erdem, 2017). Dolayısıyla ekonominin büyümesi talebinde çevrenin tahrip olacağı gerçeği de unutulmamalıdır. Dünyanın geldiği son noktada geleneksel büyüme yöntemlerinin çevreyi korumaya yönelik adımlarının yeterli olmadığı görülmektedir. Bu yetersizliğin farkedilmesi ile geleneksel büyüme yöntemlerinin eleştirilmesi ve alternatif yöntemler arayışına girilerek çevreyi dikkate alan modeller ile geliştirilmiştir. Çevreye duyarlı ve ekonomik büyümenin teorik ve pratik yöntemler ile ortaya konması literatür de bu konuya dair gelişim sağlamıştır (Bayramoğlu ve Yurtkur, 2016). İlgili literatür incelendiğinde çevre kirliliği ve kişi başına düşen gelirin ilişkisinde

yola çıkılarak Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE, Environmental Kuznets Curve) hipotezi ile Grossman ve Kruger (1991) tarafından literatüre kazandırılmıştır. Bu çalışmada kişi başına gelir ve çevre kirliliğini ilişkilendirmiştir (Grossman vd,1991).ÇKE hipotezine göre ekonomik büyümenin artmasıyla ilk yıllarda çevre kirliliğide artmaktadır fakat daha sonraki yıllarda azalma eğilimine geçerek ters U şeklini alan bir eğri oluşturmaktadır ( Artan vd., 2015). Ekonomik büyüme artarken çevre kirliliği artacak fakat bir noktada azalışa geçtiği ispatlanan bu hipotezin gündeme gelmesiyle ekonomik büyüme ve çevre ilişkisi de daha çok tartışılır hale gelmiştir. Bu etkileşimin kritik noktası kaynakların kullanımı ve çevrenin yönetiliş biçimidir. Ekonomide kalkınma gerçekleşikçe tarımsal yatırımlar yerini sanayileşme yatırımlarına bırakmıştır. Ülkeler ekonomik kalkınmalarını sağlarken sanayileşme yani geleneksel kalkınma ile çevreyi tahrip edici yöntemlere başvurumaktadırlar (Aydın, 2020a). Geleneksel kalkınmaya alternatif olarak sürdürülebilir kalkınma kavramı ekonomik büyüme sağlarken çevreyi de korumanın bir yoludur. Böylelikle kaynakların bilinçsiz kullanımı sonucu oluşacak ekolojik bozulma önlenirken ekonomik büyüme de sağlanır.

## **2.2. Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI)**

Ülkelerin ekonomilerine ticaret gücü önemli bir katkı sağlamaktadır. Ticaret gücüne sahip olmak isteyen ülkeler, refah seviyelerinin yükselmesi adına sanayileşme yoluyla büyümeye çalışırlar fakat kaynak yetersizliği engeline takılmaktadırlar (Soyyigit, 2018). Kaynak yetersizliğinin sonucu olarak dışa bağımlı hale gelmektedirler. Ülkelerin kaynak yetersizliğinden kaynaklı birbirine bağımlı olmaları dış ticaret kavramını oluştururken bununla birlikte ithalat ve ihracat kavramlarını da ortaya çıkartmaktadır (Korkmaz ve Aydın, 2015). Ülkeler ihracat kanalıyla üretilen ürünlerin yurtdışına satılması ile döviz elde edebilirken, ithalat kanalıyla da yurtdışından alınan mal ve hizmetlerin ülke içinde kullanılarak yerli üretim yapımına katkı sağlamaktadır. Fakat ithalat yapılırken sermayenin yetersizliğinden kaynaklı sekteye uğraması ve getirilen ürünlere ait gümrük vergilerinin farklı yöntemlerle kaçınılması ülkeye zarar olarak geri dönmektedir. İthalat ve ihracattan oluşan dış ticaretin ülke ekonomisine katkısı noktasında koşullar ve politikalara bağlı olarak etki derecesi değişmektedir (Korkmaz ve Aydın,2015). Ülkeye ait üretim ve ihracatın yapısı ülke ekonomisi mevcut durumunun bir göstergesidir. Katma değer ve ileri teknoloji içeren ürünlerin ihracatının yükselmesi ülkelerin ARGE

çalışmalarına bağlı olarak değişmektedir. Bu durumda ihracatta etkin olmak isteyen ülkelerin, katma değer ve ileri teknoloji barındıran ürünler tercih ederek fark yaratmaları mümkün olacaktır (Şeker, 2019). Günümüzde ülkelerin ekonomik farklılıklarının sebeplerinden biri de işçilik becerisi ve sahip oldukları potansiyelin doğru kullanımına bağlı olarak ürün çeşitliliğinde sınırlanmamış olmasıdır. Dolayısıyla ürünlerin çeşitlendirilmesine bağlı olarak gelişmişlikleri de etkilenmektedir (Can ve Doğan, 2018). Gelişen ya da gelişmekte olan ülkelerin ihracatta söz sahibi olması ürün yoğunluğu ve çeşitliliği esaslarına dayanmaktadır (Çoban, 2020). Tam da bu noktada Massachusetts Teknoloji Enstitüsü tarafından ihracatta ürünlerin kalitelerini değerlendirmeyi konu alan Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ürün grupları dikkate alınarak oluşturulmuştur (Şeker, 2019). Ekonomik karmaşıklık endeksi (ECI) ülkelerin ürettiği oldukları ürünlerde teknolojinin yoğunluğuna bağlı olarak geliştirilen ürünlerin çokluğu ve çeşitliliğinin fazlalığı sayesinde ne kadar karmaşıklığa sahip olduğunu değerlendiren endekstir. Ekonomik karmaşıklık adı altında üretilen ürünün çeşitliliğinin ekonomik büyüme ile olan ilişkisini Hidalgo ve Hausman (2009) ilk kez çalışmalarında incelemiştir (Hidalgo vd,2009). Ekonomik karmaşıklık endeksinin yüksekliği bilginin sınırsızlığı temellerinin ülkenin sermaye ve teknolojik gücünün iyi bir seviyede olmasına dayalı olmasıdır. Üründe karmaşıklığın artması bahsedilen ürünün yerini alabilecek alternatiflerin azalması anlamına gelmektedir. Bu da ülkeyi daha tercih edilir yapacağından ekonomik büyümeye doğrudan katkı sağlamaktadır. Ülkelerin ürünlerinin kendine has olma durumu ve çeşitliliği ülkenin gelişmiş olduğu ya da gelişmekte olduğu bilgisini vermektedir (Can ve Doğan, 2018). Üretime daha spesifik ürünler ile katkı sağlayarak sahip olunan sanayinin kompleksitesinin artırılması amaçlanmaktadır. Hidalgo ve Hausmann (2009) ekonomik karmaşıklık endeksinin etki yaratabileceği unsurları belirleyerek kompleksite kavramını açıklamaktadırlar (Hidalgo ve Hausmann, 2009). Karmaşıklık endeksinin etki oluşturabileceği elementler şu şekildedir:

- i. Gelecek yıllarda büyümenin hesaplanmasında kullanılacak düzeye sahiptir.
- ii. Kişilere ait gelir düzeyleri ile aralarında korelasyon bulunmaktadır.
- iii. Ülkelerin gelecek yıllarda sahip olacağı ekonomik durumları ihracat iyiliğine bağlı olarak kompleksite tarafından belirlenmektedir.

iv. Ülkelere ait ürün çeşitliliği ve potansiyel yetenek hakkında önemli bilgiler içermektedir.

Hausmann vd (2011), Ekonomik Karmaşıklık endeksi hesaplarken satırlara ülke, sütunlara ürün elemanları yerleştirilir ve c ülkesinin p ürünü üretmesi halinde 1 değerini alırken üretmediği takdirde 0 değerini alan matris yardımıyla hesaplamışlardır. Ülkelerin hangi ürünü nasıl kullandığını özetleyen matris ise ifadesidir. Bu değerler sırasıyla toplanarak çeşitlilik faktörü ve ürünün ortalama yaygınlığı ölçülmektedir (Hausmann vd.,2011).

$$\text{Çeşitlilik: } k_{c,o} = \sum_p M_{cp} \quad (2)$$

$$\text{Yaygınlık: } k_{p,o} = \sum_c M_{cp} \quad (3)$$

Hausmann vd.,(2011) üretilmesi planlanan ürünler için sahip olunması beklenen potansiyel yeteneklerin sayıları ile çeşitlik ve yaygınlık ölçümü yapabilmek adına farklı hesaplamalar oluşturarak daha geniş anlamlar içeren sonuçlar elde etmektedirler. Bu hesaplamalar doğrultusunda üretim yapan ülkenin ne kadar çeşitli ürün üretimi yaptığı ve ihraç ettiği ürünlerin ortalama yaygınlığı bilgisine ulaşılırken aynı zamanda ülkelerin ürün bakımından olan çeşitliliği ve yaygınlığını vermektedir. Ekonomik karmaşıklığın hesaplanmasında kullanılan denklemler aşağıda verilmiştir (Hausmann, 2011).

$$k_{c,N} = \frac{1}{k_{c,o}} \sum_p M_{cp} . k_{p,N-1} \quad (4)$$

$$k_{p,N} = \frac{1}{k_{p,o}} \sum_c M_{cp} . k_{c,N-1} \quad (5)$$

Eşitlik [5], [4]'ün içine entegre edildiğinde, eşitlik [6] elde edilir.

$$k_{c,N} = \sum_c k_{c',N-2} \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,o} k_{p,o}} \quad (6)$$

Eşitlik [6]'da  $M_{cc} = \sum_p \frac{M_{cp} M_{c'p}}{k_{c,o} k_{p,o}}$  olduğunda  $k_{c,N}$  ifadesi eşitlik [7]'deki halini alacaktır.

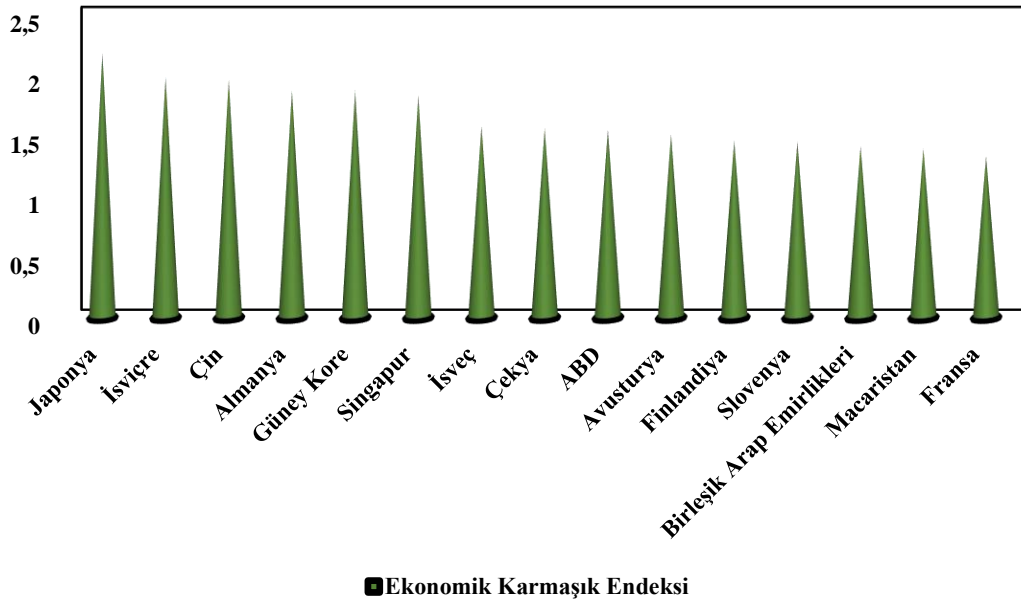
$$k_{c,N} = \sum_{c'} M_{cc'} k_{c',N-2} \quad (7)$$

Eşitlik [7]'de  $k_{c,N} = k_{c,N-2} = 1$  durumunda sağlanmaktadır.  $M_{cc'}$  matrisi en büyük özdeğeri ile ilişkili olduğundan özvektörü oluşturmaktadır. Eşitlik [7]'nin değerleri 1'e eşit olduğundan bağlayıcı bilgiye sahip değildir. Dolayısıyla ekonomik karmaşıklık endeksini son hali eşitlik [8]'de verilmiştir (Şahin ve Durmuş, 2020).

$$ECI = \frac{\vec{K} \langle \vec{K} \rangle}{stdhata(\vec{K})} \quad (8)$$

Eşitlik [8]'de  $\vec{K}$  ifadesi  $M_{cc'}$ 'nin 2. en büyük özdeğer ile ilişkili olduğu özvektördür. Ayrıca  $\langle \vec{K} \rangle$  ile ifade edilen  $\langle \rangle$  ifadesi ortalamayı temsil ederken, *stdhata* ifadesi standart sapmayı temsil etmektedir.

Karmaşık ürün elde eden ülkenin aynı ürünü uzun yıllardır üreten ülkeden farklı bir noktaya getirmiş olması gerekmektedir. Bu noktada yeteneklerin kullanımı devreye girmektedir. Ülkelerin ekonomik karmaşık endekslerine katkı sağlayacak faktörler ARGE araştırması, teknoloji düzeyi, yabancı sermaye, işgücü ve finansal politikalarıdır (Şahin ve Durmuş, 2020). Finansal olarak gelişen ülkeler ya da firmalar yabancı sermayeye kolay ulaşabilecekleri gibi ürün üretiminde kullanılacak son teknolojik sistemlere de erişeceğinden yeni teknolojiye sahip ürün üretimi kolaylaşacaktır. Ayrıca politik adımlar sayesinde de ülke dışından alınan hammadde ve kaynaklar çeşitliliği artırmakta oldukça önemlidir. Uygulanan politikalar ile birlikte kalifiye ürün üretimi artarak dışa açılmayan ülkelere farklı ürün ürettikleri takdirde dışa açılacaklarının bir yolunu sunmuş olacaktır (Soyyigit, 2018). Ülkelerin ekonomik karmaşıklık düzeylerinin sıralamasına bakarak ülke ekonomileri ile ilgili yorum yapmak mümkün olmaktadır (Can, 2016). Ekonomik karmaşıklık endeksi değerlerine göre dünya sıralamasında ilk 2.3'te yer alan ülkeler Şekil 12'de gösterilmektedir.



**Şekil 12:** Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Dünya Sıralaması (2020)

**Kaynak:** <https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96> (Erişim Tarihi, 05/2022)

Şekil 12 incelendiğinde Japonya, Çin, Güney Kore gibi Asya ülkelerinin çoğunluklu olarak karmaşık ürün üretiminde önde oldukları görülmektedir. Sıralamanın devamında gelişmiş avrupa ülkeleri de yer almaktadır. Teknolojilerinin üretim noktasında etkin kullanılması, işgücüyle desteklenmesi ve bilgiye sahip olunması durumunda karmaşık ürünler üreten ülkelerin ekonomilerinin de iyi olduğu söylenebilmektedir. Sıralamanın sonlarında ağırlıklı afrika ülkeleri bulunurken en sonda -1,80 değeri ile Papua Yeni Gine 127. olarak yer almaktadır. İhracat oranı yüksek olmasına karşın tekstil, makine, taşımacılık gibi alanlardan kaynaklı üründe çeşitliliğe gidilmediği ve ileri teknolojiye sahip olmadığından gelişmemiş ve gelişmekte olan ülkelerin düşük bir karmaşıklık skoru bulunmaktadır (Şahin ve Durmuş, 2020).

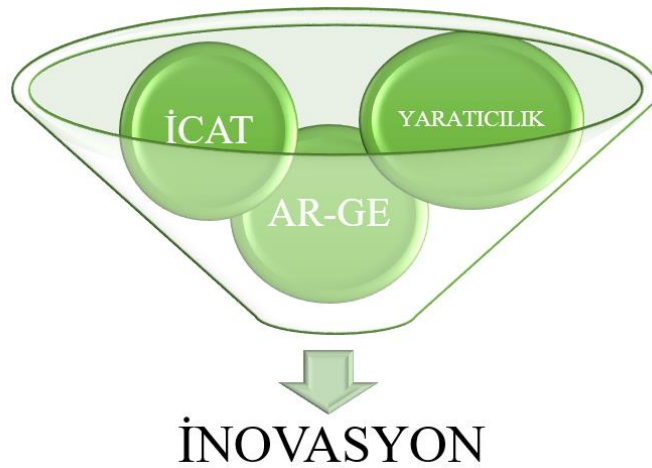
### 2.3. Teknolojik İnovasyon

Bilim ve teknolojinin gelişmesi beraberinde yaşamda iyileşmeyi ve yenilenmeyi getirmiştir. Yenilikler ile birlikte inovasyon kavramını ortaya çıkmıştır (Taş, 2017). İnovasyon kavramı latince “innovare” kelimesinden türetilerek Türkçe de anlam olarak en yakın “yenilemek” anlamında karşılık bulmaktadır (Arpacı, 2011). Literatürde inovasyon kavramını J. A. Schumpeter’in (1934) İngilizce yayınladığı kitabı ile ilk kez

tanımlanmıştır (Günay ve Çalık, 2019). Schumpeter'a göre inovasyon tanımları şu şekilde açıklanmaktadır: (Schumpeter, 1947).

- Piyasada tekeli olacak şekilde bir pozisyon oluşturması veya farklı bir sektörde pozisyon alınması,
- Hammade üretiminde yeniliğe gidilerek üretimi daha önce gerçekleştirilmemiş hammaddeler üretilmeye başlanması,
- Piyasada bilinmeyen ve daha önce yapılmamış bir sektör oluşturulması,
- Yeni bir icat ile ortaya çıkılarak bu icatın üretiminde daha önce kullanılmamış yeni nesil metodlar keşfedilerek uygulanması,
- Yeni bir icatın ortaya çıkarılması veya hazırda bulunan bir ürüne yenilik getirilerek güncellenmesi,

Bu tanımlar, 1950'li yıllardan bu yana daha fazla yeniliği barındıracak şekilde genişletilerek güncellenmiştir (Yıldız, 2018). İnovasyon kelimesi disiplinler farklılaştıkça birçok farklı yorumlama ile tanımlanmaktadır. İnovasyon, yaratıcılık, icat ve ar-genin birleşiminden ortaya çıkan bir durum olduğu Şekil 13'te gösterilmektedir (Günay, 2017).



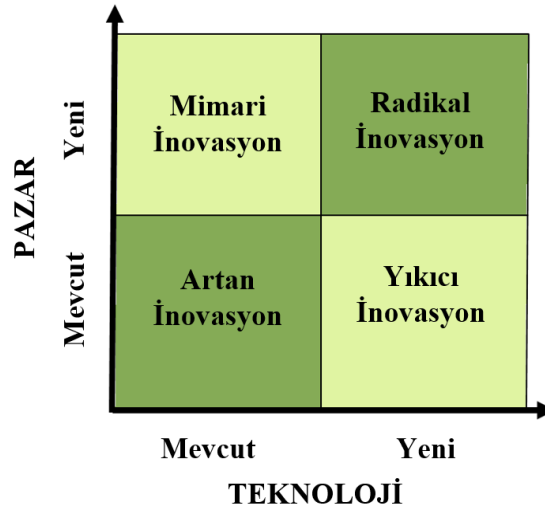
**Şekil 13:** İcat, Yaratıcılık, Ar-ge ve İnovasyon ilişkisi

**Kaynak:** Günay, 2017

İnovasyon kavramı buluş yapmak olarak nitelendirilerek anlamı daraltılmaktadır. Oysaki inovasyon buluşlardan yararlandığında daha geniş kitlelere ulaşarak ticari bir başarı getirebilmektedir. İnovasyon sağlanabilmesi için araştırma ve geliştirme doğru şekilde

yapılması önem arz etmektedir. ARGE faaliyetleri girişimcilik boyutun katkı sağladığı takdirde ekonomik ve toplumsal faydaya dönüştüğünden inovasyonun önemli bir kaynağı haline gelmektedir (Taş, 2017).

İnovasyon kavramının alt başlıklarında farklı türleri bulunmaktadır. İnovasyonun Pazar ve teknoloji bileşenlerine göre tanımlanan türleri Şekil 14’te verilmektedir (Yıldız, 2018).



Şekil 14: İnovasyon Türleri

**Kaynak:** Lopez, 2015, <https://techblog.constantcontact.com/software-development/types-of-innovation/#comments> (Erişim Tarihi 18/11/2022)

Şekil 14’te görüldüğü gibi İnovasyon Pazar ve Teknoloji olmak üzere iki boyuta ayrılmıştır. Bu iki boyuttan 4 farklı inovasyon türü elde edilmiştir. Bunlar şu şekilde tanımlanmaktadır (Lopez, 2015).

**Mimari İnovasyon:** Genel teknolojik beceriyi alıp farklı alanlarda uygulayarak Pazar müşterilerini artırmaktadır. Yeniliğin içerdiği risk düşüktür. Örneğin; NASA 1966 yılında uçak yastıklarının güvenliğini arttırıcı çalışmalar yaparken basınca dayanıklı aynı zamanda eski şeklini geri alabilen bir köpük türü bulmayı başarmıştır. NASA’nın yapmış olduğu bu çalışma Mimari İnovasyon türüne örnek teşkil etmektedir.

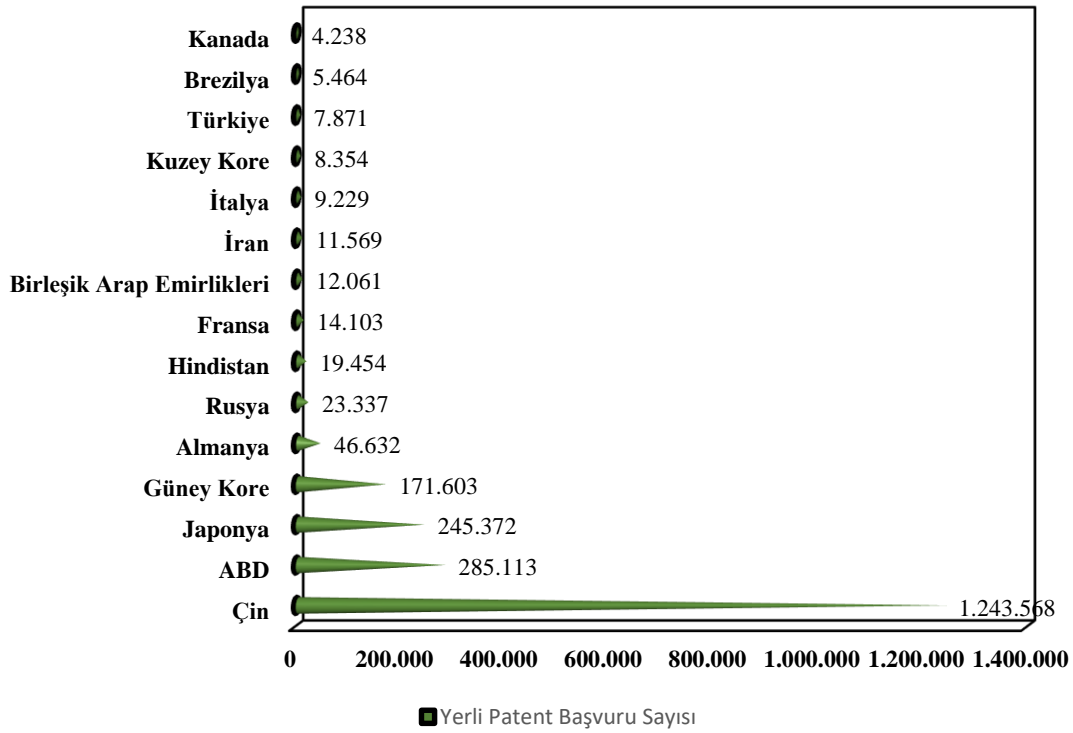
**Radikal İnovasyon:** Yeni endüstriler oluşturarak devrim yaratacak teknolojiler üretilmesini içermektedir. Örneğin; uçak bulunmadan önce farklı türlerde ulaşım şekilleri bulunmaktaydı, ancak uçakların icadı hava yolları pazarının oluşmasına neden olmuştur.



**Artan İnovasyon:** İnovasyonun en yaygın şeklidir. Mevcutta yer alan ürün ve hizmetlere yeni özellikler eklenerek geliştirilmesidir. Örneğin; e-posta sisteminin geliştirilmesi ile zamanlayıcı ve daha kullanışlı ara yüzlerinin eklenmesi sonucunda e-posta sistemlerinin pazara daha uygun hale getirilmesidir.

**Yıkıcı İnovasyon:** Gizli inovasyon olarak ta bilinmektedir. Mevcut pazara yeni teknoloji uygulamalar eklenmesi sürecini içerir. Bu açıdan daha pahalı olabilmektedir. Örneğin; Apple markasının telefonlara dokunmatik ekran özelliği getirerek kaydırmalı ve tuşlu telefon üretici firmalarının pazarının bozulmasına sebep olmuştur.

Her türlü fikir, buluş, yenilik, geliştirme ve hizmet inovasyon sayılmaktadır. İnovasyon yeterli kaynaklarla geliştirilebilirse ülke ekonomisini büyütebilecek bir anahtardır. Bu anahtar kullanım şekli bakımından birçok çeşite sahiptir. İnovasyon çeşitlerini kurumsal, hizmet, ürün ve teknoloji gibi sıralamak mümkün olmaktadır. Ülkelerin rekabet üstünlüğü kurmaları ve söz sahibi olmaları sürekli inovasyon ile sağlanarak ülke ya da kurumların henüz rekabet oluşmamış alanlara adım atması ile pazar oluşturma bilinecektir (Günay ve Çalık, 2019). Pazar oluşturma inovatif tarafı teknolojiyi kullanarak daha yeni ve gelişmiş ürünler üretmekten geçmektedir. Tam da bu noktada teknolojik inovasyon devreye girmektedir. Teknolojik inovasyon, fikrin ya da ürünün üretilmesinde farklılık oluşturarak gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin daha iyi teknolojiye sahip olmaları beraberinde yüksek inovasyonu getireceği için ticaret hacmine olumlu katkı sağlayacaktır (Çakmak ve Yıldız, 2018). Teknolojik inovasyon değerlerinin ölçümü için yapılan endeks hesaplamalarında çoğunlukla yerli patent başvuruları, ARGE faaliyetleri, internete erişim sağlayabilen kullanıcıların sayısı gibi temsili değişkenler kullanılmaktadır (Çakmak ve Yıldız, 2018). Teknolojik inovasyon endeks değerlerinin kullanımında önem arz eden üç kriter bulunmaktadır. Desai vd. (2002) tarafından oluşturulan teknolojik yaratıcılık endeksi, teknolojik altyapı endeksi ve beşeri altyapı endeksi kriterleridir. Archibugi ve Coco (Ar-Co) (2002) çalışmalarından oluşturulan endeksler ve teknoloji başarı endeksi (TAI) ile literatüre katkı sağlamışlardır (Çakmak ve Yıldız, 2018). Teknolojik inovasyon hesaplamalarında temsili değişken olarak kullanılan yerli patent başvurusu sayısının 2019'da en yüksek olduğu ülkeler Şekil 15'te gösterilmektedir.



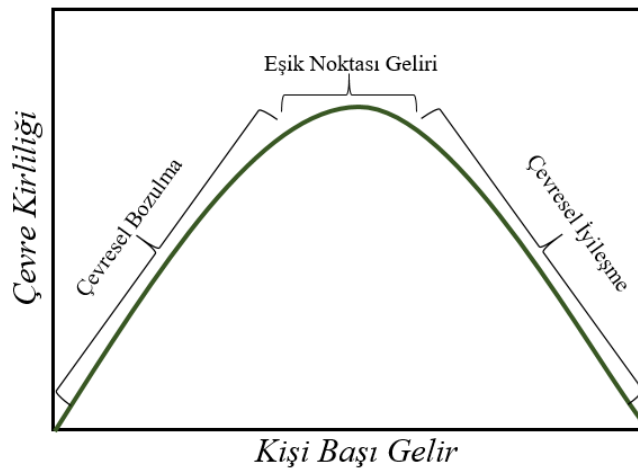
**Şekil 15: Ülkelere Ait Yerli Patent Başvuru Sayısı**

**Kaynak:** Dünya Bankası Veri Tabanı, 2022

Şekil 2.6’da verilen yerli patent başvuru sayısı ülkeler arasında en çok patent başvuru sayısına sahip olan ülkeleri göstermektedir. Teknolojik olarak gelişmiş ülkeler arasında yer alan Çin, yerli patent başvuru sıralamasında en yüksek değere sahip olan ülkedir. Ayrıca sıralamanın devamında ABD gelirken sonrasında Japonya ve Güney Kore ile asya ülkelerinin teknolojiye söz sahibi olduğu göze çarpmaktadır. İleri teknoloji beraberinde inovasyonda getirerek rekabet üstünlüğü oluşturmaktadır. Rekabet üstünlüğü küreselleşmeyle uluslararası pazarlar yüksek teknolojiye sahip olan gelişmiş ülkelere avantaj sağlamaktadır (Gormus ve Aydın, 2020). Ülkelerin yerli patent sayıları ülkede araştırma ve geliştirmeye yönelik çalışmaların ne kadar etkin kullanıldığının bir göstergesidir. Ayrıca patent başvuruları yapılan icat ve buluşun verisini sunduğundan ülkenin yeniliklere açıklığını göstermektedir. Yüksek büyüme hızına sahip olan ülkelerin teknoloji ve inovasyon ikilisini etkin kullanan Avrupa ve Asya ülkelerinin diğer ülkelere kıyasla daha gelişmiş olduğu görülmektedir.

### BÖLÜM 3: ÇEVRESEL KUZNETS EĞRİSİ (ÇKE) HİPOTEZİ

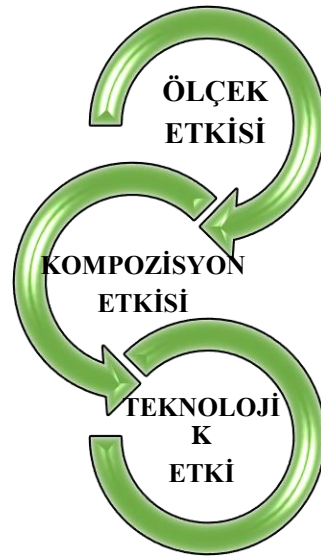
Ekonomik faaliyetlerin hız kazanması sanayileşmeyi getirirken beraberinde fosil yakıt kullanımını ve çevre kirliliğini ortaya çıkarmıştır. Dünya genelinde büyümenin artmasıyla ortaya çıkan çevresel bozulmalar bu konuyu oldukça dikkat çekici hale getirmiştir (Saatçi ve Dumrul, 2015). Ekonomik büyümeye bağlı olarak kişi başına düşen gelirin artacağı öngörülmektedir. Fakat Simon Kuznets (1955) ekonomi büyümeye devam ederken gelir eşitsizliğinin ortadan kalkacağı düzeleceği fakat bir süre sonra artan ekonomik büyüme ile gelirin eşitsizliğinin azalacağı yönünde bir hipotez ortaya çıkartmıştır. Ekonomik büyüme ve gelir eşitsizliğinin ters yönlü bir ilişkiye sahip olduğunu varsayan bu hipotez “Çan Eğrisi” ya da “Ters U” olarak tanımlamıştır. Gelir dağılımı ve gelir eşitsizliğini ilişkilendiren bu çalışma Kuznets eğrisi yaklaşımı olarak adlandırılmıştır. Gelir dağılımı konu alan Kuznets eğrisi, ekonomi ve çevrenin ilişkilendirilmesiyle farklı bir boyuta evrilmiştir. Kuznets (1955) çalışmasından esinlenen Grossman ve Krueger (1991) ise ekonomik büyüme ve çevre kirliliği arasında bir ilişki tespit ederek literatüre yeni bir hipotez kazandırmışlardır. Daha sonra bu ilişki Panayotou (1993) tarafından Çevresel Kuznets Eğrisi (ÇKE) hipotezi olarak tanımlanmıştır. Tanımlanan ÇKE hipotezi ile ekonomik büyüme artarken başlangıçta çevre kirliliğinin artış gösterdiği fakat daha sonra gelir seviyesinde belli bir eşik seviyesi aşıldığında çevre kirliliğinin azalarak eğrinin ters U şeklini aldığı gözlenmiştir. ÇKE hipotezine ait işleyiş Şekil 16’da verilmiştir.



Şekil 16: Çevresel Kuznets Eğrisi

**Kaynak:** Yandle vd. (2004)

Şekil 16’da ÇKE hipotezine göre başlangıçta gelirin artması ile eşik değerin aşılmasına kadar geçerli sayılan ölçek etkisidir ve çevre kirliliği oluşturmaktadır. Gelir düzeyinin düşmesi ekonomik büyümeyi sağlasa da kirlilik seviyesini artırmaktadır. Fakat gelir düzeyinin artışı yaşanan çevre kalitesinin artırma isteği oluşturduğundan tüketimde daha fedakâr davranışlar gözlemlenmektedir (Şahin ve Durmuş, 2018). ÇKE hipotezinin kirlilik ve gelir ilişkisi sürecinde etkili olan faktörler Grossman ve Krueger (1993) tarafından üçe ayrıştırılarak incelenmiştir (Şekil 17).

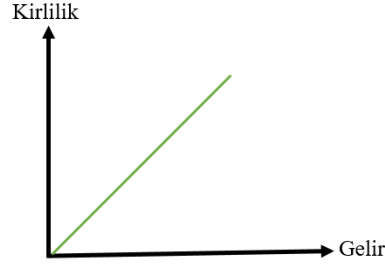


**Şekil 17:** Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Etkileri

**Kaynak:** Grossman ve Krueger (1993)

Şekil 17’de ÇKE’nin uzun vadede gerçekleşmesinde etkili olan faktörler ölçek etkisi, kompozisyon etkisi ve teknolojik etki olarak verilmiştir (Grossman ve Krueger, 1991). ÇKE’nin artan bölümünü ölçek etkisi, azalan kısmını ise kompozisyon etkisi ve teknolojik etki göstermektedir (Başar ve Temurlenk, 2007).

**Ölçek Etkisi:** Ölçek etkisi, üretimlerin artması ve pazarın ulaşılabilir olması ile birlikte ekonomik büyümenin oluşturabileceği düşünülen kirlilik artışıdır (Cole, 2004). Üretimin artması ile doğal kaynakların kullanımını çevreye kirlilik olarak geri dönmektedir. Yani ekonomik büyüme arttıkça üretimden kaynaklı çevre kirliliğinden kaynaklı oluşan zararların artışı ölçmektedir. Ortaya çıkan ölçek etkisi Şekil 18’te gösterilmektedir.

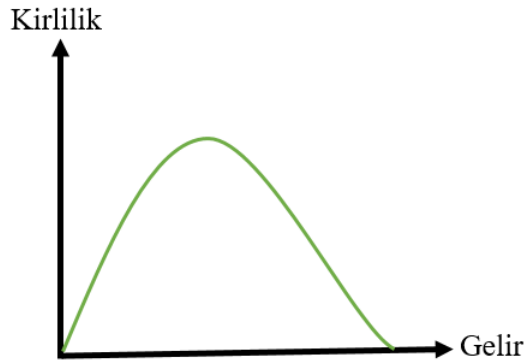


**Şekil 18:** Ölçek Etkisi

**Kaynak:** Başar, 2007

Şekil 18’te ölçek etkisine ait durum incelendiğinde çevre kirliliği ve kişi başına düşen gelir arasında pozitif korelasyon tespit edilerek, geliri artırıcı faaliyetlerin çevre kirliliğini de arttırdığı gözlemlenmektedir. Büyüme faaliyeti sonucu oluşan atıklar ve emisyonlar, belirli gelir seviyesi aşıldıktan sonra ortaya diğer etkileri çıkartmaktadır (Atıcı ve Kurt, 2007).

**Kompozisyon Etkisi:** Kompozisyon etkisi, belli bir eşik noktasına kadar ekonomik büyüme ile ticarete uzmanlaşmış bir ekonomi dönemini içermektedir (Beşer vd., 2018) Faaliyetler sonucu elde edilen tecrübe, bilgi ve uzmanlık ile çevreye daha zarar verilen kısma geçiş yapılmaktadır. Ölçek etkisinden sonra dönüm noktası aşıldığından ve ekonomik büyümenin artışı çevre kirliliğini azaltıcı etki oluşturmaktadır. Gelir artıkça ekonomide bilişim hizmetlerine ve teknolojiye olan yatırımın artması ile daha az çevreye zarar veren faaliyetler ile üretim sürdürülür (Pirinç, 2019). Kompozisyon etkisi Şekil 19’da gösterilmektedir.

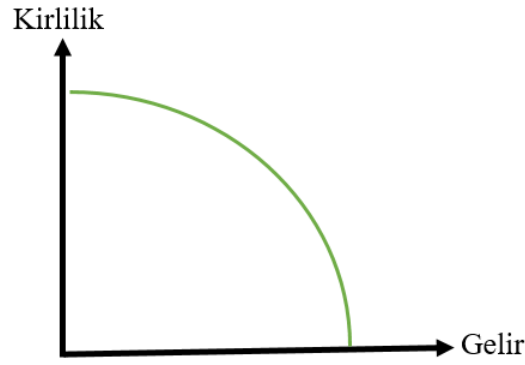


**Şekil 19:** Kompozisyon Etkisi

**Kaynak:** Başar, 2007

Şekil 19’da gösterilen kompozisyon etkisi, gelirin artması çevre kirliliğini ilk aşamada olumsuz etkileyerek attırmaktadır. Fakat ikinci kısımda aralarında negatif ilişki bulunan gelir ve kirlilik gelirin artması durumunda sanayi faaliyetlerinin çevreye uyumlu teknolojik üretimlere doğru esnemesi ile olumlu etkilere sahip olabilmektedir. Yani belli bir gelişmişlik durumuna sahip olan ülkelerin ARGE faaliyetleri sonucu gelir, kirliliği azaltıcı etki oluşturmaktadır (Şahinöz ve Fotourehchi, 2013).

**Teknolojik Etki:** Teknolojik etki, ekonomik büyümenin sağlanması ile refah durumunun düzelmesi ARGE faaliyetlerine olan bütçenin artmasına sebep olmaktadır (Başar, 2007). Ekonomik büyümenin artması çevreye duyarlı teknolojiden yeşil teknolojiye geçişi sağlamaktadır. İktisadi büyümenin sağlanması ARGE çalışmalarına daha önem verilmesine neden olarak üretimde çevre dostu ve temiz teknolojinin kullanıldığı aşamaya geçişi göstermektedir. Ekonomik büyüme sonrası gerçekleşen teknolojik etki, gelir ve çevre ilişkisini olumlu etkilemektedir. Teknolojik etki Şekil 20’de gösterilmektedir.



**Şekil 20:** Teknolojik Etki

**Kaynak:** Başar, 2007

Şekil 20’de teknolojik etki ile çevreye duyarlı üretimler vasıtasıyla azalan yönlü eğilime sahip olmaktadır. ÇKE ‘de ölçek etkisi ile negatif yönlü bir eğri ortaya çıkarken çevre kirliliği olumsuz etkilenmekteydi fakat ekonomi büyüdükçe yerini daha iyi gelir ve teknolojik ile birlikte kompozisyon ve teknolojik etkiye bırakarak çevre kirliliğini azaltan ters U şeklini almaktadır (Bo, 2011).

Ekonomik büyümenin sağlanmaya çalışıldığı başlangıç aşamalarında ölçek etkisi, tarımsal faaliyetler ile büyümeye çalışırken sanayi devrimi ve üretim sonucu doğal kaynakların aşırı kullanımının doğaya verdiği zarar sürecini ifade etmektedir. Sürecin

devamında kompozisyon etkisi ile iktisadi yapının gelişmesinden kaynaklı hizmetler ve doğa dostu teknolojiye geçildiği evredir. Bu evreden sonra gelen teknolojik etki, ekonominin iyileşmesiyle çevre bilincinin oluşması ve çevre adına üretim sürecinde yapılacak revizeler ile doğanın korunması sürecine geçilmiştir. Teknolojik etki refahın yükselmesinden dolayı toplumun çevreci anlayışı benimseyerek bağışlar yaptığı ve çevre adına sivil toplum örgütlerinin kurulmasını sağladıkları bir evredir (Sezen, 2021). Özetle, ekonomik büyüme sonucu ölçek etkisi ile çevre kirliliği artarken, ekonomik büyümenin ilerleyen safhalarında kompozisyon etkisi ve teknolojik etki ile çevre kirliliği azalacaktır (Artan vd., 2015). Hipotez, gelişmekte olan ülkelerin çoğunlukla tarım ekonomisi ile büyümeye çalıştıklarını dolayısıyla çevre kirliliğine sahip olmadıklarını göstermektedir (Gormus ve Aydın, 2020). Fakat sanayileşmenin ortaya çıkması ile üretimde hızlı ve sadece gelir odaklı kaynak kullanımının artması, çevrenin tahrip edilmesi, karbon emisyonu ve birçok çevre sorunu yaşanmaktadır. ÇKE hipotezine göre, bir süre sonra ekonomik büyüme çalışmalarını eşik noktasına ulaşıyor yani belli bir gelir seviyesine sahip olduğunda çevre kirliliğinin azalışına geçmesine neden olarak eğrinin ters U şeklini almasını sağlamaktadır. Ters U şeklini alan ÇKE hipotezi aşağıdaki şekilde formüle edilmektedir (Artan vd., 2015).

$$E = f(Y, Y^2) \quad (9)$$

Formül (9)'da, çevreyi, geliri ifade etmektedir. Formülde yer alan çevre ve gelir ifadeleri arasında pozitif yönlü bir ilişki olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla gelir arttıkça çevre kirliliği azalarak ile arasında negatif bir ilişki beklenmektedir. Ekonomik büyüme ve çevre ilişkisinden doğan ÇKE hipotezi, eşik noktasına erişilmeden önce çevre ve ticareti üretimi pozitif yönlü bir ilişkiye sahipken daha sonra negatif yönlü bir ilişkiye sahip olmaktadır. Yani ticari büyüme arttıkça çevre kirliliği önce artacak eşik seviyesi aşıldıktan sonra ülkeler için çevreye olan ilgi artacağından kirlilik azalacaktır. ÇKE hipotezinde ekonomik büyümenin yanı sıra kullanılan bir çok açıklayıcı değişken bulunmaktadır. Bunlar enerji tüketimi, inovasyon, finansal gelişme, ekonomik karmaşıklık endeksi vb.'dir. Ayrıca hipotezi test etmek için enerji ile bağlantılı olan çevrenin araştırılmasında karbon emisyonları vekil değişken olarak kullanılmaktadır. ÇKE hipotezini sınamak için yapılan testin işler olması için bağımlı değişkeninin çevreyi temsil edebilecek göstergeler arasında seçilmesi gerekmektedir. Çevreyi temsilen kullanılan pek çok alternatif değişken bulunmaktadır. Bu alternatif göstergeler atmosferik göstergeler, toprak Göstergeleri,

okyanus, kıyılar, denizler ve biyoçeşitlilik göstergeleri ve tatlısu göstergeleri olarak dört gruba ayrılmaktadır (Sarkodie ve Strezov, 2019). Bu alternatif değişkenler Şekil 21’de gösterilmektedir:



**Şekil 21:** Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Alternatif Göstergeleri

**Kaynak:** Sarkodie ve Strezov, 2019

Şekil 21’de ÇKE hipotezine ait analizin işler olması için bağımlı değişkeninin çevreyi temsil edebilecek göstergeler arasında seçilmesi gerekmektedir. Bu şekilde iklim değişikliği ve küresel ısınmaya sebep olan çevresel göstergelerin etkileri ölçülebilmektedir. Bağımlı değişkenin seçilmesinin ardından kişi başına gelir, karesi ve kübik formu kullanılarak açıklayıcı değişken belirlenmektedir.

### 3.1. Ekolojik Ayak İzi ve Teknolojik İnovasyon

Çevre kaynaklı oluşan tüm sorunlar insanların üretim ve tüketim hareketlerinden kaynaklanmaktadır. Üretim yaptıkça gelişen uluslar büyümenin bedeli çevre kirliliği ile ödemektedir. Büyüeyebilmek için üreten toplumların nasıl üretim yaptıkları önem arz etmektedir. Gelişmiş ülkelerin çevreyi tahrip etmesi daha çok gelişmeye ihtiyaç duymaları gerektiğini göstermektedir (Özkoç vd.,2017) Yeterince gelişen ülkeler ise çevreyi daha az kirletecek üretim teknolojilerine sahiptir. Teknoloji kullanımının artması ve gelişmesiyle üretim sırasında kullanılacak kaynaklar daha bilinçli tüketilebilmektedir.



Ayrıca tüketim sonrasında oluşan atıkların geri dönüşümü ile çevreye kazandırılması yine ileri teknolojiye sahip ülkelerde mümkün olacaktır (Kılınç,2021). Ekonomik boyut açısından çevreyle uyumlu ve geri dönüşüme uygun ürünlerin üretimi sürdürülebilir kalkınmayı sağlayabilmektedir. Bu kavram ile pratikte kullanılan üretim ve tüketim anlayışlarının değiştirilmesi, çevresel politikaların geliştirilmesi ve uygulanması gerekmektedir (Yıldırım ve Göktürk, 2004).Teknolojik inovasyonun artması doğanın kaynaklarının zararını en aza indireceğinden ekolojik ayak izi değerlerinde azalış görülmesi muhtemeldir (Yiğit, 2014). Kaynakların sınırlı olduğunu unutan toplumlar büyümek için tüketmeye devam ettikçe büyümenin sağlanmasına büyük katkı sağlayan teknolojinin geliştirilmesi bir gün bitecek olan kaynakların ömrünü uzatacak etkiye sahip olacaktır.

Geleneksel büyüme modeli teknolojik inovasyonun sağlanması durumunda büyümeyi engelleyecek bir sınırlamanın olmadığını göstermiştir (Sarıçoban ve Yıldırım, 2015) . Sınırsız büyümek isteyen ülkeler ancak teknoloji katkısıyla bu büyümeye erişebilmektedirler. Yenilenme hızından daha hızlı tüketimin gerçekleşmesi tüm dünyada ciddi etkilere neden olacaktır (Yiğit, 2018). Dolayısıyla mevcut üretim ve tüketim yöntemlerinin değiştirilmesi gerekmektedir. Çevreye zarar vermeyen alternatif üretim seçenekleri geliştirilmelidir. Teknolojik inovasyon da bu noktada buluşlar, teknolojik gelişmeler ve etkin kaynak kullanımı ile ülkelerin sahip olmakta geç kaldığı bir anahtardır. Sürdürülebilir çevrenin anahtarı olan teknolojik inovasyon, mal ve hizmet üretimindeki enerji kullanımının eksiklerini gidermesi halinde çevreye zarar veren fosil yakıtlar değil de yenilebilir enerjiye sahip olunacaktır (Aydın, 2019b). Ekosistemden sağlanan yenilenebilir enerji kaynakları teknolojik bilgi birikimiyle dünyaya kazandırılabilir.

Ekolojik denge çevre adına yenilik içeren kararların alınması ile korunmaktadır. Çevre korunurken kalkınmayı da olumlu yönde etkileyen çevresel yenilikçilik kavramı ürünün atık halinden yok edilmesine kadar olan ürün döngüsünün çevreye karşı olumsuz etkilerini azaltan ve yok eden yenilikçi faaliyetlerin tümünü kapsamaktadır (Büyükkeklik vd.,2010). Çevresel yenilikçilik alt başlıklarında teknolojik çevresel yeniliği de barındırmaktadır. İşletmelerin teknolojik bilgi ve çevresel ürün üretiminde tecrübeli elemanlara sahip olması oldukça önemlidir. Çevre dostu ürünlerin üretimi sayesinde atıkların doğru yöntemlerle imha edilmesi, geri dönüştürülmesi farklı yenilebilir enerji

kaynaklarının kullanılması, hava ve su kirliliğın azaltılması gibi olumlu adımlar atılmaktadır (Aydın, 2022). Uluslararası ticarete başarılı olmak isteyen ülkelerin teknolojik inovasyon ve teknolojik ürünler üretimi alanına önem verdikleri görülmektedir. Bu teknolojiye sahip olan ülkeler arasında rekabet oluşmaktadır. (Şahbaz vd., 2014). Teknolojik inovasyonun ekolojik ayak izi üzerinde etkileri olduğu bilinmektedir. İnsanların refahını attırmak ve büyümeyi sağlamak için ekolojik çevrenin önemsenmesi gerekli hale gelmiştir (Aydın ve Turan, 2020). Bu amaç için yenilebilir enerji kaynaklarının kullanımı, geri dönüşüm ve çevreye yönelik teknolojik inovasyonların iyileştirilmesi dünyamız için oldukça önemlidir.

### **3.2. Ekolojik Ayakizi ve Ekonomik Karmaşıklik Endeksi**

Günümüzde ülkeler daha az verimli alanlardan daha yüksek verimliliği olan alanlara yönelerek büyüme hızlarını artırmaya çalışmaktadırlar. Ülkelerin büyüme hızlarına katkı sağlayan üretim, ihracat ve ithalat önemli rol oynamaktadır. Ülkeler uluslararası ticarete söz sahibi olmaları ve ekonomik olarak gelişmeleri için bilgi ve teknoloji içeren spesifik ürünler üretmesi gerekmektedir. Bilgi ve beceri yoluyla üretilerek teknolojik inovasyon ile geliştirilen eşsiz ürünler ekonomik karmaşık olarak adlandırılmaktadır (Ersungur vd.,2022). Ekonomik karmaşıklik bilginin teknolojiyle sentezlenerek uygulanması olarak da tanımlanmaktadır (Bucak, 2021). Teknolojik inovasyon ile bilgi birikiminin artması ülkelerin daha verimli çalışmasına ve teknolojiye sahip yeni ürünlerin üretilmesine katkı sağlamaktadır (Yıldırım ve Kesikoğlu, 2012). Ayrıca teknolojik bilgiye sahip ürünlerin üretiminin artması durumunda ihracat kazancına olumlu etkileri olabilecektir. Böylece teknoloji içeren üretimin artması ekonomik karmaşıklik endeksi değerini de artıracaktır (Şeker, 2019). Ekonomik karmaşıkliğin büyümenin önemli bir adımı olduğu düşünülürse büyüme sırasında üretimden kaynaklı doğaya karşı tutumu da önem kazanmaktadır. Karmaşık ürünlerin üretimi ülkelerin gelişimi üzerinde olumlu etkiler gösterirken çevre üzerinde de olumlu etki yansıtıp yansıtmadığı merak edilmektedir. Karmaşık ürün üretimi aşamasında fosil yakıtların ve kaynakların yanlış kullanımı karbon miktarını artırarak küresel ısınma, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi dönüşü olmayan çevre olaylarına yol açmıştır (Bucak, 2021). İnsan faaliyetleri sonucu ortaya çıkan çevre kirliliğinin hesaplanmış hali olan ekolojik ayak izi, karbon emisyonunu içerdiğinden doğrudan olumsuz etkilenmiştir. Dolayısıyla ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşıklik

endeksi ilişkinin en önemli noktası gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin üretim yaparken çevreye verdikleri zarardır. Ekonomik karmaşıklık endeksi düşük olan ya da olmayan ülkeler özel ürünler yerine tarımsal faaliyetler ile hammaddesi işlenmemiş üretimler yaptığından doğaya daha az verir durumdadırlar (Yılancı ve Pata, 2020). Doğanın korunması açısından ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşık ilişkisi politik kararlar ile düzenlenerek gelecek nesillere temiz ve yaşanabilir çevre bırakmak oldukça önem arz etmektedir. Bilgi birikimi ile üretilen özel ürünler çevreye zarar vermeyen doğa dostu ürünler olabilirken, amacı sadece farklı bir mal üretmek olduğundan çevreye zarar veren uluslar olduğu da bilinmektedir. Ekolojiye zarar vermeden üretilen kompleks ürünler karmaşıklık endeksi değerini artıracığından ülkeyi de pozitif etkileyecektir (Şahin ve Durmuş, 2020). Aslında hedef ekolojik ayak izi azaltılırken ekonomik karmaşıklık endeksinin artırılarak yeni teknolojik yöntemler sayesinde çevrenin daha az kirletilmesi ve büyümenin sağlanmasıdır. Kaynakların zaman içerisinde yanlış kullanımı havayı ve suyu kirleterek doğaya zarar vermiştir. Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak için kaynakların doğru kullanımı gerekmektedir.

### **3.3. Ekolojik Ayak İzi ve Ekonomik Büyüme**

Ekonomik büyüme üretim ve tüketim ile sağlanırken beraberinde çevreyi tahrip etme sorununu getirmektedir. Ülkelerin ekonomilerini büyütmelelerinde sanayileşme etkin rol oynamaktadır. Sanayileşmenin artmasının bedelini doğal kaynakların tüketimi ve çevre kirliliği ödemektedir. Doğal kaynakların büyüme için dengesiz tüketilmesi sonucu oluşan baskı ekolojik Ayak izini ortaya çıkartmaktadır (Aydın ve Turan, 2020) . Kaynakların dengesiz tüketimi gelecekte kıtlık oluşabilme ihtimalini de artırmaktadır. Çevre ve ekonomik büyüme ilişkisi literatür de yıllar boyunca ilişkilendirilmiştir. Çevrenin özelinde ekolojik ayak izi ve ekonomik büyüme de birbiri ile yakından ilişkilidir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin büyümeleri sonucu çevreye verdikleri tahribat farklı şekillerde yansımaktadır. Örneğin, gelişmiş ülkelerde hayatı tehdit edici kimyasal atıklar ve zehirli asitler oluşurken gelişmekte olan ülkelere ise kıtlık, kuraklık ve erozyon oluşmaktadır. Sonuç olarak ekonomik büyümenin beraberinde getirdiği küresel ısınmanın etkileri, ani ve şiddetli yağışlar, buzulların erimesi, bitki ve hayvan türlerinin tükenmesi hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelere yansımaktadır. Ayrıca küresel ısınmadan kaynaklanan bu sorunlar ülkelerin büyüme doğrularını sekteye uğratmakta ve ekonomik

olarak bir çıkmaza sokmaktadır (Özsoy ve Dinç,2016). Gelişmiş ülkelerde yüksek ekolojik ayak izine rastlanırken, az gelişmiş ülkelerde yetersiz gelişmeden kaynaklı yüksek değerler almaktadır. Ülkelerin istikrarlı bir gelişim sağlamaları için sağlıklı toplumlara ihtiyaçları vardır. Sağlıklı toplumlar ve insan refahı için temiz çevre gerekmektedir. Dolayısıyla ekonomik kalkınmalarını devam ettirmek isteyen her ülke, büyürken çevreye verdiği zararı göz artı etmemelidir. Bütünde hedef üretimin kaynakları plansızca kullanmadan dengeli üretimler yapmasını sağlamaktır. Daha sürdürülebilir çevre için de sürdürülebilir kalkınma kavramı ortaya çıkmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma adına atılan ilk adım 1972 yılında Stockholm’de gerçekleşen Birleşmiş Milletler İnsan Çevresi Konferansı’nda (Stockholm Konferansı) çevre ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi gündeme getirmiştir. Benzer şekilde 1972 yılında Roma Klubü tarafından yayınlanan “Ekonomik Büyümenin Sınırları” isimli çalışma fiziksel ve sosyal gereksinimlerin sağlanabilmesi için model değişikliğine gidilmesi gerektiğini öngörmüştür. Büyüme sağlanırken kimyasalların geri dönüşümü ve ekolojiye zarar vermeden sanayileşmenin devam etmesinin önemini açıklamaktadır (Özsoy ve Dinç,2016). Çevreye zarar vermeden büyüme kavramı Burndtland raporu ile birlikte 1987’de “Bugünün ihtiyaçlarını gelecek nesillerin ihtiyaçlarından ödün vermeden karşılanmasını sağlayan kalkınma” açıklaması ile sürdürülebilir kalkınma ilk kez tanımlamıştır. Sürdürülebilir yaşamın devamlılığı için problemlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. Çevresel problemlerin kaynaklarının saptanması sonucu bu problemlerle başa çıkmak mümkün olacaktır. Çevresel problemler ekonomik büyümeye dayalı bazı sebepleri bulunmaktadır. Bu sebepler Tablo 2’de verilmektedir.

**Tablo 2: Çevresel Problemlerin Ekonomik Sebepleri**

<b>PROBLEM</b>	<b>EKONOMİK SEBEPLER</b>
<b>Kirlilik</b>	
Sera Gazı Etkisi / İklim Değişikliği	Sera gazı yayan üretim süreçlerinin artırılması; fosil yakıtların kullanımlarının genişlemesi
Ozon Tükenmesi (Küresel)	Aerosoller ve soğutucu gaz üreticileri tarafından kloroflorokarbonların emisyonu
Asitlenme (Kıtasal)	Fosil yakıtlı ile elektrik üreten santrallerin oluşturduğu emisyonlar; ulaşımda araç kullanımının artması
Toksik Kirlenme (Kıtasal)	Sanayileşme de farklı üretim süreçleri
<b>Yenilenebilir Kaynak Tükenmesi</b>	
Tür Kaybı (Küresel)	Çiftçilerin ekim yaptığı alanların alınması ile yaşanan doğa kaybı; nüfus artışından kaynaklı arazide baskı oluşması
Ormansızlaşma (Küresel,Bölgesel)	Hayvancılık veya ormanlık Arazilerin üretim de kullanılması
Toprak Bozulması / Toprak Verimlilik Kaybı (Bölgesel, Ulusal)	Kırsaldan şehirlere göç ve çiftçilerin azalmasıyla geleneksel tarımda yaşanan azalış
Balıkçılık Tahribatı (Bölgesel, Ulusal)	Yanlış dönemlerde aşırı yapılan balıkçılık ve sanayileşmeden kaynaklı su kirliliği
Su Tükenmesi (Bölgesel, Ulusal)	Modern yaşam ile tüketimin değişmesi ve sanayileşme dolayısıyla üretimde kullanılan su miktarı
Peyzaj Kaybı	Nüfusun artması ve ekim yapacak çiftçi kalmayışı
<b>Yenilenemeyen Kaynak Tükenmesi</b>	
Çeşitli Kaynakların Tükenmesi	Üretimde kaynak olarak kullanılması
<b>Diğer Çevresel Problemler</b>	
Sınırlılık (Ulusal)	Kaynakların aşırı kullanımı

**Kaynak:** Cato, Molly Scott, 2011. Environment and Economy, s.6

Büyüme çoğunlukla gayri safi yurtiçi hasıla ile ölçülen ve kalkınmayı gösteren bir değişken iken çevresel göstergeleri ihmal etmektedir (Aydın, 2022). Dolayısıyla bu durum büyümenin çevresel değerleri de içinde bulunduracak şekilde revize edilmesi gereğini ortaya çıkarmıştır. Büyümenin çevresel açıdan düzenlenmesi ile ekolojik ayak izi çevresel sürdürülebilir değerini ölçebilen bir gösterge olmaktadır (WWF, 2012). Sürdürülebilir kalınma ile ekolojik ayak izi hesaplamaları ve sahip olunan kaynakların kapasitesi belirlenerek oluşan ekolojik açığını kapatan toplumlar gelecekte daha sürdürülebilir çevre ve ekonomiye sahip olabilirler.

## **BÖLÜM 4: LİTERATÜR ÖZETİ**

Literatürde Çevresel Kuznets eğrisi (ÇKE) hipotezi kullanılarak yapılan araştırmalar son zamanlarda sıklıkla görülmektedir. Çevre kirliliğinin temsil eden değişken olarak ekolojik ayakizi ve türevleri ile karbon emisyonları ve farklı emisyon çeşitleri kullanılmaktadır. Çevre kirliliği ile ilişkisi araştırılan diğer değişkenlerden bazıları ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık endeksi ve teknolojik inovasyondur. Literatürde çevre kirliliği ile ekonomik karmaşıklık ve teknolojik inovasyon ilişkisini inceleyen kısıtlı çalışma bulunmaktadır. ÇKE hipotezini inceleyen çalışmalardan elde edilen sonuçlar analiz aşamasında kullanılan yöntem ve veri içeriğine göre pozitif ya da negatif farklılık gösterebilmektedir. Çalışmalarda bölgeler, ülke ve ülke gruplarında farklılık olduğu gözlemlenmektedir.

### **4.1. ÇKE Hipotezi ile Ekolojik Ayakizi**

Çevresel kirliliği temsil eden ekolojik ayak izi verisine çalışmasında yer veren Bagliani vd. (2008), 2001 dönemine ait verileri 144 ülke için kullanarak gelir ve çevresel kirlilik arasındaki ilişkiyi ÇKE hipotezi ile analiz etmişlerdir. Sonuçlar ekonomik büyümeye bağlı gelir artıca çevresel bozulmaların da arttığı fakat ÇKE hipotezinin lehine kanıt bulunamadığıdır. ÇKE hipotezinin var olmayışı gelişmiş ülkelerin üretim aşamasını daha az gelişmiş ülkelerde sürdürdüğünden ekolojik ayak izine verilen hasarın uzaklaştırılmasına sebep olmaktadır. Al-Mulali vd. (2015), 1980-2008 yılları arasında 93 ülkenin çevresel bozulmaları incelenmiştir. Bulgular sonucu orta ve yüksek gelire sahip ülkelerin ekolojik ayak izi ile ekonomik büyümeleri arasında ters U şeklinde bir ilişkinin olduğu fakat düşük gelirli ülkelerde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı bilgisine varılmıştır. Ulucak ve Bilgili (2018) çalışmalarında, yüksek, düşük ve orta gelirli ülkeler için ekolojik ayak izi ile ÇKE hipotezinin geçerliliğini sınamaktadır. 1961-2013 yılları arasında üç farklı gelir grubunu test eden çalışmada ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu gözlemlemişlerdir. Aydın vd. (2018), ÇKE hipotezinin geçerliliğini sınamak amacıyla 80 ülkeye ait 1975-2013 döneminde ekolojik ayakizi ve reel gelir arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Analizin sonuçları reel gelir artıca ekolojik ayakizinin de arttığı ve eşik değere ulaştıktan sonra dahi artmaya devam ettiği görülmektedir. Fakat örneklemin tamamı incelendiğinde ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı belirlenmiştir. Çevre kirliliğini

inceleyen bir başka çalışma Ulucak ve Koçak (2018), tarafından ÇKE hipotezi kapsamında OECD için 1970-2014 dönemine ait verilerle incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar OECD için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını göstermektedir. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini 26 Avrupa Birliği (AB) ülkesi için inceleyen Aydın vd. (2019) , çalışmalarında 1990-2013 dönemini incelemiştir. Çalışmada panel STR yöntemi kullanılarak ekolojik ayak izinin alt bileşenlerini test edildiğinde ÇKE hipotezinin geçersiz olduğu sonucu elde edilmiştir.

Mikayilov vd. (2019), 1996-2014 dönemi için Azerbaycan'da turizm gelişimini ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini araştırmaktadır. Araştırmanın sonuçları turizm ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerinde etkileri olduğu ve ÇKE hipotezinin Azerbaycan için geçersiz olduğunu göstermektedir. Doğan vd. (2019) tarafından 1971-2013 yılları arasında Endonezya, Meksika, Türkiye ve Nijerya (MINT) için çevresel bozulmaların ölçüsünü ÇKE hipotezi ile araştıran ilk çalışmadır. Çevresel bozukluğun temsili olarak ekolojik ayak izi kullanılan çalışmada enerji tüketimi, fosil yakıt kullanımı, finansal gelişme, şehirleşme gibi değişkenler ile sınılandığında ÇKE hipotezinin MINT ülkeleri için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Öcal vd. (2020), enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve çevre kirliliğini ARDL sınır testi yöntemiyle analiz etmişlerdir. 1968-2016 dönemini inceleyen çalışmanın sonuçları enerji tüketiminin ekolojik ayak izinin arttırdığını gösterirken ekonomik büyüme ve çevresel bozulmanın ters U şeklinde bir ilişkiye sahip olarak Türkiye bölgesinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir. Yılcı ve Pata (2020) tarafından yapılan ampirik bir çalışma Çin'in ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık, enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi değişkenleri arasındaki ilişkiyi Fourier ARDL prosedürü ile 1965-2016 yılları için araştırmışlardır. Kısa ve uzun vadeli ilişkileri test eden bu çalışma, ekonomik karmaşıklık ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izini arttırdığı sonucunu göstermektedir. Ayrıca ÇKE hipotezinin Çin için geçerli olmadığını tespit etmişlerdir.

Çevre ve ekonomik kalkınma arasındaki ilişkiyi araştıran bir başka çalışma Altıntaş ve Kassouri (2020) tarafından 14 Avrupa ülkesine ait veriler ile incelenmiştir. ÇKE hipotezi 1990-2014 dönemi için sınanarak çevre adına atanan vekil değişkenler ile geçersiz olduğu gözlemlenmiştir. Doğan vd. (2020) ÇKE hipotezini ekolojik ayak izi değişkeni ile BRICST (Çin, Brezilya, Rusya, Güney Afrika, Türkiye, Hindistan) için 1980-2014 tarihleri aralığında test etmiştir. Çalışmanın sonuçları Rusya haricindeki ülkelerde ÇKE

hipotezinin geçerli olmadığı ve enerji yoğunluğunun çevre kirliliği üzerinde etkileri olduğuna varmıştır. Aydın ve Turan (2020) tarafından BRICS ülkeleri ele alınarak 1996-2016 dönemini kapsayan çalışma ÇKE hipotezi çerçevesinde incelenmiştir. Çalışmada enerji yoğunluğu, ekonomik büyüme, ticari açıklık, finansal açıklık ve ekolojik ayak izi değişkenleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular BRICS için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını ortaya koymaktadır. Mehmood (2021), 1990-2016 tarihlerinde Güney Asya Bölgesel İşbirliği Teşkilatı (SAARC) ülkelerine ait ekolojik ayak izi ve biyoenerji tüketimi ilişkisini ÇKE hipotezi kapsamında incelemektedir. Çalışmada ÇKE hipotezi doğrulanamazken, ekolojik ayak izi, GSYH ve biyoenerjiden etkilenecek artmakta olduğu sonucuna varmıştır. Ajmi ve Inglesi-Lotz (2021) çalışmalarında, çevresel bozulmaları temsil etmesi adına karbon emisyonları ve ekolojik ayak izini kullanarak 1965-2013 yıllarında Tunus ülkesi için ÇKE hipotezini sınamayı amaçlamaktadır. Yapılan çalışmada karbon emisyonları vekil değişken olarak kullanıldığında ÇKE hipotezinin geçersiz olduğu, ekolojik ayak izi değişkeni kullanıldığında ise Tunus için ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucu elde edilmiştir.

Çevresel kalitenin incelenmesini amaçlayan Ünal ve Aktuğ (2021), enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve doğurganlık oranının ekolojik ayak izi üstündeki etkilerini ARDL yöntemi ile araştırmışlardır. Çevresel kalite ve ekonomik büyümenin 1970-2016 dönemi için yapılan çalışmada ÇKE hipotezini Türkiye için geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini Türkiye için test eden Özsoy (2021), 1995-2016 dönemini kamudaki yolsuzluk ile çevre kirliliğini temsil eden ekolojik ayak izi aracılığıyla ARDL sınır testini kullanarak araştırmıştır. Ekolojik ayak izinin ekonomik büyüme ile arasında kısa dönemde ters N şeklinde bir ilişkiye rastlanırken, dışa açıklık ile aralarında negatif bir ilişki olduğu ve yolsuzluğun artmasının ekolojik ayak izini arttırdığı gözlemlenmiştir. Ekolojik ayak izinin uzun dönemde ekonomik büyüme ile aralarında ters N şekli oluşturan bir ilişki olduğu tespit edilmiştir. Karasoy (2021), 1980-2016 döneminde Türkiye bölgesi için küreselleşme, sanayileşme ve şehirleşme gibi bir çok küresel değişkenin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışmada çevre kirliliğini temsilen ekolojik ayak izi kullanılmıştır. Analizin bulguları Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı, enerji tüketimi ve sanayileşmenin ekolojik ayak izini arttırdığı gözlemlenmiştir. Pata ve Çağlar (2021) Çin için 1980-2016 yıllarında karbon emisyonu ve ekolojik ayak izinin çevre kirliliği vekil değişkeni olarak kullanıldığı



çalışmalarında, yenilenebilir enerji, insan sermayesi, küreselleşme ve ticaret açıklığı ile ÇKE hipotezini araştırmaktalar. Elde edilen bulgular, karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi için ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı sonucuna varmıştır. Murshed vd. (2022) çalışmalarında Güney Asya'da yer alan Nepal, Bangladeş, Pakistan, Hindistan ve Sri Lanka'da çevresel kaliteyi ölçmek için karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenlerini kullanarak ÇKE hipotezinin geçerliliğini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Elde edilen sonuçlar 1995-2015 yıllarını kapsayan çalışmada Pakistan hariç diğer ülkelerde ÇKE hipotezini doğrulamaktadır. Lee vd. (2022), resmi ve gayri resmi düzenlenmelerin ekolojik ayak izi üzerindeki etkilerinin incelenmesini amaçlamaktadır. Araştırmalardan elde edilen bulgular gelişmekte olan ülkelerde ÇKE hipotezinin geçersiz olduğunu göstermektedir.

Liu vd. (2022) çalışmalarında ekolojik ayak izi için turizm gelişimi, ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve ticari açıklığın önemini Pakistan için incelemekteler. 1980-2017 dönemlerinde Pakistan'da ÇKE hipotezinin geçerliliğini sınavan bu çalışmanın sonuçları ters U şeklini aldığını tespit etmiştir. Gupta vd. (2022) tarafından 1990-2016 yılları arasında Bangladeş'te ekolojik ayak izi ve hava kalitesini araştırmaktadır. Sonuçlar ÇKE hipotezinin geçerliliğini doğrulayan kanıtlar sağlamaktadır. Sürdürülebilir çevre ve çevresel bozulmayı konu alan Lee vd. (2022), çalışmalarında ekolojik ayak izinin ekonomik karmaşıklık, ülke güvenliği ve turizm gelişimleri arasındaki ilişki incelemiştir. 99 farklı ülkeden 2006-2017 yılları için elde edilen veriler üç farklı modelin ÇKE hipotezini desteklediğini göstermektedir. Pata ve Samour (2022) çalışmalarında, 1977-2017'ye kadar Fransa için ÇKE hipotezinin geçerliliğini sınamaktadır. Çalışmada nükleer ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izi ve karbon emisyonları üzerindeki etkileri de incelenmektedir. Sonuçlar ters U şeklinde bir ilişkinin olmadığı ve ÇKE hipotezinin Fransa için geçersiz olduğunu tespit etmiştir. Ahmed vd. (2022) tarafından yapılan bir başka çalışmada ise Pakistan için demokrasi ve ekolojik ayak izi ilişkisini inceleyerek ÇKE hipotezini sınamayı hedeflemişlerdir. Sonuçlar ÇKE hipotezinin desteklendiğini göstermektedir.

#### **4.2. ÇKE Hipotezi ile Karbon Emisyonları**

Karbon emisyonlarının ÇKE hipotezi ile incelendiği Arı ve Zeren (2011) tarafından yapılan çalışmada 2000-2005 döneminde Akdeniz ülkelerinin durumu analiz edilmiştir.

Yapılan analiz sonuçları göstermektedir ki CO<sup>2</sup> emisyonları ile kişi başına gelirin arasında N şeklinde bir ilişki bulunmaktadır. Bu ilişki CO<sup>2</sup> emisyonlarının daha yüksek ekonomik büyümenin olduğu standartlarda artacağını tespit etmiştir. ÇKE hipotezinin sınındığı Shahbaz, Mutascu ve Azim (2013) tarafından Romanya'nın 1980-2010 dönemlerini test eden çalışmaları bulunmaktadır. Çalışmada değişken olarak ekonomik büyüme, CO<sup>2</sup> emisyonu ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin durumu ARDL sınır testi ile araştırılmıştır. ARDL sınır testi ve ÇKE hipotezinin Romanya için geçerli olduğu sonucuna varılmıştır. Wang vd. (2013) tarafından 1980-2010 dönemi için Çin'in Guangdong eyaletinin karbon emisyonlarını etkileyen faktörlerin analiz edilmesi amaçlanmıştır. ÇKE hipotezi sonuçlarına göre Guangdong eyaletinin ters U şeklinin sol tarafında yer aldığı gözlemlenerek ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı saptanmıştır. Saboori ve Sulaiman (2013) tarafından yapılan çalışmada enerji tüketimi ve karbon emisyonu değişkenleri kullanılarak ASEAN ülkeleri araştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar enerji tüketiminin karbon emisyonlarını uzun ve kısa dönemde artırıcı etkiye sahip olduğu ve ÇKE hipotezinin Sinagapur ve Tayland ülkelerinde geçerli olduğunu göstermektedir. Erdoğan vd. (2015) aynı ilişkiye sahip çalışmayı 1975-2010 döneminde Türkiye için ÇKE hipoteziyle test etmişlerdir. Yapılan ARDL sınır testi sonucuna göre gelir ve çevresel kirliliği temsil eden karbon emisyonları arasında uzun dönemli ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca ekonometrik veriler göstermektedir ki Türkiye için ÇKE hipotezi geçerli değildir. Ekonometrik açıdan katsayı değerlerinin anlamsız olduğu ve eğrinin ters N şeklini aldığı gözlemlenmiştir.

Bir başka çalışmada ise Gökmenoğlu ve Taşpınar (2016) tarafından Türkiye'de 1974-2010 dönemi için karbon emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi test edilerek nedensel bir ilişkiye sahip olmadıkları belirlenmiştir. Lebe (2016) tarafından ÇKE hipotezini test etmek eden ve Türkiye'nin 1960-2010 dönemlerini kapsayan çalışmanın sonucunda ÇKE hipotezinin finansal gelişme, dışa açıklık ve enerji tüketiminin karbon emisyonlarını artırıcı etkisinin olduğu saptanmıştır. Güney (2018), gelir ve karbon emisyonları arasındaki ilişkinin varlığını test etmek amacıyla ÇKE hipotezi kapsamında test etmiştir. Türkiye için yapılan çalışma 1960-2016 dönemlerini baz almaktadır. Ortaya çıkan sonuçlar Türkiye'de uzun ve kısa dönemli ilişkilere sahip olan sanayi, enerji ve finansal gelişmelerin karbon emisyonunu artırdığını göstermektedir. ÇKE hipotezi sonuçları kişi başına düşen karbon emisyonlarının artması başlangıçta geliri artırırken belli bir dönüm

noktasından sonra gelirin artışına rağmen karbon emisyonunun azalışa geçtiği gözlemlenmiştir. Moghadam ve Dehbashi (2018) , ÇKE hipotezini İran için test ederek hipotezin geçerli olmadığı sonucuna varmışlardır. Çevre kirliliğinin finansal gelişmenin artması durumunda artarken, ticari açıklık artması durumunda azaldığı görülmüştür. Çetin ve Saygın (2019), ters U şeklini alan ÇKE hipotezini Türkiye bölgesinde 1960-2014 dönemi test etmişlerdir. Çalışmada karbon emisyonu, kişi başına gelir, dışa açıklık ve enerji değişkenleri kullanılmıştır. Değişkenler ARDL sınır testi ile analiz edildiğinde uzun ve kısa dönemli ilişkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Ayrıca oluşturulan modellerde uzun dönemde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu sonucu elde edilmiştir. Son yıllarda yapılan bir başka çalışma Özbek ve Oğul (2021) tarafından 1990-2018 dönemine ait verilerle Türkiye ekonomisi için ÇKE hipotezinin geçerliliğini araştırmışlardır. Değişken olarak enerji tüketimi, gelir ve karbon emisyonlarını kullanan bu çalışma ve uzun ve kısa dönemde ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ortaya koymaktadır. Alataş (2021) tarafından ÇKE hipotezinin 28 OECD ülkesi ile 1971-2018 döneminde incelendiği çalışma, farklı sektörleri içermektedir. Sonuçlar sektörler arası farklılıklar olduğunu, ÇKE hipotezinin enerji ve ulaştırma sektörü için geçerli olduğu ve enerjinin karbon emisyonlarını artırdığını göstermektedir. Türkiye’de karbon emisyonu, ekonomik büyüme ve lojistik arasındaki ilişkiyi incelemeyi amaçlayan çalışma Yurtkuran (2021) tarafından 1995-2016 dönemi için araştırılmıştır. Elde edilen analizler sonucu ÇKE hipotezinin geçerli olduğu görülmüştür.

### **4.3. ÇKE Hipotezi ile Teknolojik İnovasyon**

Balın ve Akan (2015), 27 gelişmiş ülke için 1997-2009 dönemine ait veriler ile panelde ÇKE hipotezi test edilmiştir. Çalışmada karbon emisyonu ve GSYH ilişki incelenirken aynı zamanda inovasyon etkileri de incelenmektedir. Sonuçlara göre ekonomik büyüme ve karbon emisyonları arasında N şeklinde ilişki olduğu ve bu veri seti tarafından desteklenmediğini göstermektedir. İnovasyon ve karbon emisyonlarının yakın ilişkisi göz önünde bulundurulduğunda daha çevre dostu üretimlere teşvik edilmelidir. Balsalobre-Lorente ve Álvarez-Herránz (2016) tarafından 25 OECD ülkesinin 1992-2012 dönemine ait verileri enerji inovasyonunun çevre kirliliği ile ilişkisini ÇKE hipoteziyle araştırmıştır. Bulgular enerji inovasyonun çevre kirliliğini azaltarak çevre kalitesini arttırdığı gözlemlenmiştir. Cheng vd. (2019) tarafından araştırılan bu çalışma yenilenebilir enerji

ve inovasyonun karbon emisyonları üzerindeki etkisini OECD ülkeleri için 1996-2015 dönemine ait veriler ile incelenmiştir. Bu çalışmada inovasyonu temsil etmesi adına patent gelişimi verisi kullanılırken panel kantil regresyon yöntemi ve EKK ile analiz edilmiştir. Sonuçlar ise ÇKE hipotezinin geçerli olmadığı ve yenilenebilir enerji ile karbon emisyonları üzerinde farklı kantil seviyelerinde ters U ilişkisi olduğu gözlemlenmiştir. İnovasyon verisi olan patent gelişimi sonuçları ise farklı nicelik durumlarında önemsiz ve olumlu olarak belirlenmiştir. Gormuş ve Aydın (2020) tarafından en iyi 10 yenilikçi ülke için 1990-2015 dönemlerini inceleyerek inovasyonun çevre kirliliğini nasıl etkilediği ve değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı panel eşbütünleşme testi ile araştırılmaktadır. Analizden elde edilen bulgular ÇKE hipotezinde değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket ettiği ve Finlandiya, İsrail, ve bütün panel de inovasyonun çevre kirliliğini azaltıcı etkisi bulunduğu gözlemlenmiştir. Chien vd. (2021), Pakistan'da çevresel bozulmayı azaltmada teknolojik inovasyonun, küreselleşmenin ve yenilenebilir enerjinin rolünü 1980'den 2018'e kadar incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerjinin çevresel bozulma ile aralarında negatif yönlü bir ilişki olduğu ve GSYH, inovasyon, yenilenebilir enerjiden karbon emisyonlarına doğru çift yönlü nedensellik olduğu tespit edilmiştir. Ek olarak Pakistan için ÇKE hipotezinin geçerli olduğu belirlenmiştir.

İnovasyon, ekonomik büyüme, verimlilik ve yenilenebilir enerji tüketiminin çevre kirliliği üzerindeki etkilerini Türkiye bölgesi için inceleyen Aydın ve Değirmenci (2021), çalışmalarında 1980-2018 yılları arasında ÇKE hipotezi kapsamında araştırılmaktadır. Çalışmada değişkenler arasında uzun dönemli ilişkiyi tespit etmek için Bootstrap ARDL yöntemi uygulanmaktadır. Elde edilen bulgular, Türkiye'de ÇKE hipotezinin bu dönem için geçerli olmadığı yönündedir. Ayrıca yenilenebilir enerjiden çevre kirliliğine doğru çevre kirliliğinden inovasyona doğru tek yönlü ilişkinin olduğu sonucu ortaya konmaktadır. Benzer şekilde An vd. (2021), 2003'ten 2018'e kadar Çin'de ait insanların bağlanabilirliği, teknolojik inovasyon ve çok değişkenli gelir kaynaklarını incelemiştir. Bulgular karbon emisyonunun düşük ve orta olduğu ülkelerde ÇKE hipotezini doğrulamaktadır. Ayrıca inovasyonun karbon emisyonuun azalttığı ve aralarında tek yönlü nedensel ilişkisine rastlanırken insanların bağlanabilirliklerinin emisyonu arttırdığı sonucu elde edilmiştir. Yang vd. (2021) 1990-2016 yılları arasında Brezilya, Çin,

Hindistan ve Güney Afrika ( BICS) ülkelerinin ekonomilerindeki hava girişlerinin, teknolojik inovasyonların ve finansal gelişmelerin çevresel kalite üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Mevcut çalışmanın sonuçları göre havale girişleri ve finansal gelişmişliğin çevresel kaliteye zarar vererek bozduğu, teknolojik inovasyonun ise ekolojik ayak izinin azalması için önemli bir etken olduğunu çevresel kaliteyi desteklediğini belirtmiştir. Ek olarak ÇKE hipotezinin BICS ülkeleri için geçerli olduğu gözlemlenmiştir. Naveed ve Ghulam (2021), teknolojik inovasyonun çevresel bozulmayı azaltma üzerindeki etkisini incelemek amacıyla 1960-2020 dönemini kapsayan ÇKE hipotezinin test edildiği çalışmayı araştırmışlardır. Çalışmada teknolojik inovasyon, çevresel bozuma ve büyüme değişkenleri arasındaki nedensel bağlantıyı ortaya koymaktadır. Çalışma çevresel bozulma ile teknolojik inovasyon arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığı ve karbon emisyonu ile teknolojik inovasyon arasında ters U şeklinde bir ilişkinin varlığını tespit etmiştir.

Mughal vd. (2022) tarafından Güney Asya ekonomilerinden Bangladeş, Butan, Hindistan, Pakistan, Sri Lanka' ait teknolojik inovasyonun çevre kirliliği, enerji tüketimi ve sürdürülebilir ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin araştırıldığı çalışma 1990-2019 yılları arasında nedensel ilişkiyi incelemektedir. Çalışma teknolojik inovasyon aracılığıyla Güney Asya bölgesindeki karbon emisyonlarının nasıl azaltacağı sorusuna da cevap vermektedir. Bağımsız ülke Bangladeş karbon emisyonları pozitif olarak anlamlı etki göstermektedir. Bu çalışmanın sonuçları ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu ve ekonomik büyüme ile enerji arasında çift yönlü ilişkinin varlığını ortaya koymaktadır.

Zhao vd. (2022), eko-inovasyon ve güneş enerjisi varlığı altında ÇKE hipotezinin işlerliğini anlamak adına G7 ülkelerinin 1995-2018 dönemi ekonomilerinin analiz etmeyi amaçlamaktadır. Analizden elde edilen bulgular güneş enerjisi ve inovasyonun karbon emisyonlarına uzun vadede olumsuz etkileri olduğunu tespit etmiştir. Çevresel bozulma, teknolojik inovasyon ve düşük karbon emisyonu ilişkisini ÇKE hipotezi ile test eden Wang vd. (2022), Çin'e ait 1995-2017 dönemi verilerini kullanmıştır. Çalışmanın sonuçları Çin ülkesinde ÇKE hipotezinin geçerli olduğu, teknoloji inovasyon geliştikçe ve teşvik edildikçe daha temiz enerjiler kullanılacağından daha temiz çevreye sahip olunacağı belirlenmiştir. Kövendi ve Nagy (2021) tarafından teknoloji ve inovasyonun girişimcilik üzerindeki etkilerini 2006-2016 verileri kullanarak ÇKE hipotezi ile incelemektedir. Çalışmalar genelde ekonomik büyüme ve karbon emisyonları ya da

ekonomik büyüme ve ticari faaliyetlere odaklanmaktadır. Bu çalışma her iki akışı birden inceleyerek ekonomik faaliyetleri daha sürdürülebilir hale getirmeyi amaçlamaktadır. Analizin sonuçları ÇKE hipotezinin gelişmiş ülkelerde N şeklini alırken gelişmekte olan ülkelerde ters N şeklinde olduğunu göstermektedir. Daha yeşil iş faaliyetleri yapılması gerektiği, gelişmiş ülkelerin girişimciliğinin karbon emisyonlarını artırdığı gözlemlenmiştir. Ayrıca inovasyonun gelişmekte olan ülkelerde karbon emisyonunu artırırken gelişmiş ülkelerde azalttığı sonucu elde edilmiştir. Haldar ve Sethi (2022) çalışmalarında 2000'den 2018 yılına kadar 16 gelişmekte olan ülke üzerinde Driscoll-Kraay Panel testini uygulayarak Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT) çevresel etkileri ve yenilenebilir enerji, inovasyon, finansal etkileşimin etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen bulgular artan internet kullanımı, yenilenebilir enerji tüketimi ve ticaretinin karbon emisyonunu azalttığını göstermektedir. İnovasyon ve internet kullanımı karbon emisyonunu azaltırken ÇKE hipotezinin internet ve mobil kullanımlarda geçerli olduğunu doğrulamıştır. Suki vd. (2022), Malezya'da ekolojik ayak izi ve karbon emisyonlarının teknolojik inovasyon ve yenilenebilir enerji ile olan bağlantısının incelendiği çalışma BARDL yöntem ile analiz edilmiştir. Sonuçlar göstermektedir ki teknolojik inovasyon karbon emisyonu ve ekolojik ayak izini azaltıcı etkiye sahip ve ÇKE hipotezi çevresel bozulmayı temsil eden her iki değişken içinde geçerli olup ters U şeklini almaktadır.

#### **4.4. ÇKE Hipotezi ile Ekonomik Karmaşıklık Endeksi**

Can ve Gozgor (2016) tarafından enerji tüketimi ve ekonomik karmaşıklığın karbon emisyonları üzerindeki etkisini Fransa için 1964-2011 dönemlerine ait veriler ile analiz edilmiştir. Öncelikle ÇKE hipotezi Fransa için geçerli olduğu bulgusu elde edilirken ekonomik karmaşıklığın uzun dönemde karbon emisyonlarını baskılayıcı etkisi olduğu gözlemlenmiştir. Bilgi ve üretime dayalı ekonomik karmaşıklık kavramının CO<sup>2</sup> üzerindeki etkilerini inceleyen Doğan vd. (2019), 1971-2014 yılları arasında 55 ülke için ÇKE hipotezinin varlığını test etmiştir. 55 ülkenin seçildiği grubu yüksek gelirliler, orta yüksek gelirliler ve düşük orta olarak üçe ayırmıştır. Bulgulardan elde edilen sonuçlara göre ekonomik karmaşıklık düşük orta ve orta yüksek gelirli ülkelerde çevresel bozulmayı artırdığı, yüksek gelirli ülkelerde azalttığı ve ÇKE hipotezinin yüksek gelirli ülkelerde geçerli olurken orta yüksek gelirli ülkelerde göreceli olarak geçerli olduğu bilgisi elde edilmiştir. Neagu (2019) tarafından 25 Avrupa Birliği (AB) ülkesinin

ekonomik karmaşıklık ve karbon emisyonları arasındaki bağlantının incelenmesini amaçlamıştır. 1995-2017 dönemine ait verilerin analizi için ÇKE hipotezi uygulanarak ekonomik karmaşık ve karbon emisyonları ilişkisini n ters U şeklini aldığı belirlenmiştir. Bu doğrultuda ilk aşamada ülkeler tarafından ihraç edilen ürünler çevre kirliliğini artırırken dönüm noktasından sonraki aşamalarda ekonomik karmaşıklığın artması karbon emisyonlarını azaltığı gözlemlenerek uzun dönemde ilişkiliye sahip olduğu tespit edilmiştir. ÇKE hipotezinin test edildiği ve Fourier ARDL yönteminin uygulandığı çalışma Yılcı ve Pata (2020) tarafından Çin için 1965-2016 dönem ait verileri ile sınınanmıştır. Çalışmada ekonomik büyüme, ekolojik ayak izi, ekonomik karmaşıklık ve enerji tüketimi değişkenleri kullanılmıştır. Analizin sonuçları ekonomik karmaşık ve enerji tüketiminin ekolojik ayak izini uzun ve kısa dönemde arttırıcı etki gösterdiği , ÇKE hipotezinin Çin için geçerli olmadığı ve ekonomik büyümenin çevre kirliliğinden kaynaklı oluşan sorunlara karşı tepki vermediği gözlemlenmiştir. Çalışma ekonomik karmaşıklığın belli dönemlerde ekolojik ayak izinin oluşumuna neden olduğunu belirlemiştir. Ahmad vd. (2021) tarafından 1984-2017 yılları arasında yükselen ülkelerin incelendiği çalışmada CS-ARDL yöntemi esas alınmıştır. Çalışmada ekonomik karmaşıklık, enerji tüketimi, kurumsal kalite ve ekonomik büyümenin çevre kirliliğine olan etkisi araştırılmıştır. ÇKE hipotezinin sınıandığı çalışma ekonomik büyüme ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkinin ters u şeklini aldığı, ekonomik karmaşık ve yenilenebilir olmayan enerjinin ekolojik ayak izini arttırıcı etkisi gözlemlenirken kurumsa iyileşme ve yenilenebilir enerjinin ekolojik ayak izini azalttığı sonucuna varılmıştır. Çalışmada tek yönlü nedensellik ekonomik karmaşıklıktan ekolojik ayakizine doğru tespit edilmiştir. Alkan ve Bulut (2021) tarafından Türkiye’de ÇKE hipotezinin geçerliliğini araştırmak amacıyla oluşturulan bu çalışma, 1990-2015 dönemlerini incelemiştir. Çalışmada kontrol değişken olarak Ekonomik Karmaşıklık Endeksi (ECI) ve Çevre Politikası Katılık Endeksi (EPS) eklenmiştir. Analiz sonuçlarının doğrultusunda ÇKE hipotezi Türkiye için desteklenememiştir ve ekonomik karmaşıklık çevresel bozulmasını uzun vadede azaltırken, çevre politikası katılık endeksi için yeterli bulgu sağlanamamıştır.

Pata (2021) tarafından ABD için ÇKE hipotezinin sınıandığı çalışmada ekonomik karmaşıklık endeksi, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerjilerin tüketimi, küreselleşme değişkenlerinin karbon emisyonları ve ekolojik ayak izi üzerindeki etkisi araştırılmıştır.

1980-2016 yıllarının araştırıldığı bu çalışma da ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında uzun dönemli bir ilişki gözlemlenmiştir. Ayrıca ABD için ÇKE hipotezinin geçerli olduğu ve ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulmayı önce arttırdığı fakat sonraki aşamalarda azaltıcı etkisinin olduğu belirlenmiştir. Son yıllarda ekonomik karmaşıklığı çalışan bir başka çalışmada Özbek ve Naimoğlu (2022) tarafından çevre kalitesi ve ekonomik karmaşıklık bağlantısını araştırmayı amaçlamıştır. Yapılan çalışmada ülke olarak Türkiye seçilerek 1964-2018 dönemlerine ait ekonomik büyüme, ekonomik karmaşıklık, enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi değişkenlerinden yararlanılmıştır. Yöntem olarak Fourier ADL tercih eden bu çalışmada, ekonomik karmaşıklığın uzun dönemde ekolojik ayak izini azalttığı kısa dönemde ise arttırdığı sonucu elde edilmiştir. ÇKE hipotezinin Türkiye’de geçerli olduğu belirlenmiştir. Han vd. (2022), G7 ülkelerinin kapsamında 1996-2019 yılları arasında ekonomik karmaşıklık ve ekolojik ayak izi arasında ilişkinin durumunu inceleyerek, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerjinin tüketimdeki rolünü ve ÇKE hipotezinin test edilmesini amaçlamışlardır. Çalışmada Fully-Modify OLS ve Dynamic-OLS modelleri kullanılarak yapılan analizin sonuçlarına göre ekonomik karmaşıklık ekolojik ayak izini artırarak çevresel bozulmaya sebep olurken yenilenebilir enerji ekolojik ayak izini azaltarak çevre kirliliğini azaltmaktadır. Fakat ekonomik karmaşıklık endeksinin (ECI) belli bir eşik seviyesini aştıktan sonra çevre kirliliğini azaltmaya başladığı dolayısıyla ekolojik ayak izi ile aralarında olan ilişkinin ters U şeklini alarak ÇKE hipotezinin geçerli olduğunu göstermektedir.

Literatürde yapılan tüm çalışmalar incelendiğinde birçok ekonomik göstergenin çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin araştırıldığı görülmektedir. Bu tez çalışması diğer çalışmalardan farklı olarak karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi değişkenlerinin etkilerini karşılaştırmaktadır. Ayrıca ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ilk 10 ülkenin incelendiği ülke grubu ile 1998-2018 yılları aralığında daha önce yapılmış herhangi çalışma bulunmamaktadır. İkinci nesil testlerin kullanıldığı bu tez çalışmasının bu özelliği ile literatüre katkı sağlaması beklenmektedir.



## BÖLÜM 5: VERİ, MODEL VE EKONOMETRİK METODOLOJİ

### 5.1. Veri

Bu tez çalışmasında ekonomik karmaşıklık endeks değeri en yüksek olan 10 ülkenin 1998-2018 döneminde teknolojik inovasyon, ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklığın çevresel bozulmayı temsil eden ekolojik ayak izi ve karbon emisyonları üzerindeki etkilerinin incelenmesi amaçlanmaktadır. Ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ülkeler ise sırasıyla şunlardır: Japonya, Çin, İsviçre, Almanya, Güney Kore, Singapur, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Avusturya, ABD. Çalışmada teknolojik inovasyon (Tİ) değişkeni Dünya bankası veri tabanından elde edilen yerli patent başvuru sayısı ile ölçülmekte iken, çevresel bozulmayı temsil eden ekolojik ayak izi (EA) Küresel Ayak İzi Ağı (Global Foodprint Network) veri tabanından kişi başına küresel hektar, karbon emisyonu (KE) ise Dünya bankası veri tabanından kişi başına düşen CO2 emisyonu ile temsil edilmektedir. Ekonomik büyüme (EB) için Dünya bankası veri tabanında kişi başına Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) (sabit 2015 \$) verileri kullanılırken ekonomik karmaşıklık endeksi (EK) Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi (OEC World) veri tabanından elde edilmektedir. Tezde kullanılan veriler ekonomik karmaşıklık endeksi hariç logaritmik forma dönüştürülerek analize dahil edilmektedir. Analizlerin uygulama aşamasında E-views 9, Gauss 16 ve Stata 14.2 paket programlarından yararlanılmaktadır.

### 5.2. Model

Analizde kullanılacak değişkenler ile iki farklı model oluşturulmaktadır. Karbon emisyonu ve ekolojik ayak izinin bağımlı değişken olduğu modeller tercih edilmiştir. Modellere ilişkin bilgi eşitlik 10'da gösterilmektedir.

$$\text{Model 1 : } LNKE = a_{0i} + a_{1i}LNTI + a_{2i}LNGDP + a_{3i}LNGDP2 + a_{4i}ECI + \varepsilon_{it}$$

$$\text{Model 2 : } LNEA = a_{0i} + a_{1i}LNTI + a_{2i}LNGDP + a_{3i}LNGDP2 + a_{4i}ECI + \varepsilon_{it}$$

$$(i=1,\dots,10) \text{ ve } (t=1998,\dots,2018) \quad (10)$$

Yukarıdaki eşitlikler kullanılarak uygulanacak metodolojiler aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır:

- i. Yatay kesit bağımlılığı ve homojenlik testi.
- ii. CIPS panel birim kök testi.
- iii. Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi.
- iv. AMG uzun dönem katsayı tahmincisi.
- v. Emirmahmutoglu ve Köse panel nedensellik testi.

CIPS panel birim kök testi yapıldıktan sonra Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testinin bazı kısıtları bulunmaktadır. Ön koşulu olan Durbin-Hausman testi, modelde yer alan bağımlı değişkenin  $I(1)$ 'de yani birinci farkı alınmış hali ile durağan olmasını istemektedir. Modelde yer alan bağımlı değişkenin birinci seviyede durağan olmama durumunda eşbütünleşme testi yapılamayacaktır. Eşbütünleşik olan model ile AMG uzun dönemli katsayı tahmini yapılarak ÇKE hipotezinin geçerliliği sınanacaktır. Ayrıca değişkenler arasındaki nedenselliği test etmek amacıyla Emirmahmutoglu ve Köse (2011) panel nedensellik testi kullanılacaktır.

### **5.3. Ekonometrik Metodoloji**

#### **5.1.1. Yatay Kesit Bağımlılığı**

Serilerin öncelikli olarak yatay kesit birimleri arasındaki ilişkilerinin varlığının araştırılması analizden elde edilen bulgular için oldukça önem arz etmektedir (Pesaran, 2004). Yatay kesit bağımlılığı, modeli oluşturan birimlerin etkilenmiş oldukları şokun birbiri ile olan ilişkilerini de etkileyerek analizde yanıltıcı sonuçlara sebep olabilmektedir. Yatay kesit bağımsızlığı ise ülkelerin herhangi birinden oluşacak şokun diğer ülkeleri etkilemediği düşüncesinden hareket etmektedir. Dolayısıyla yatay kesit bağımlılığının test edilmediği durumlarda analizin bulguları yanıltıcı sonuçlar oluşturabileceğinden analizin ilk aşamasında birim kök ve eşbütünleşme testlerinden önce yatay kesit bağımlılığı testi uygulanmalıdır.

Yatay kesit bağımlılığı test edilirken panele ait zaman boyutunun yatay kesit boyutundan büyük olduğu durumlarda ( $T > N$ ) Breusch ve Pagan(1980) tarafından geliştirilmiş olan Lagrange Multiplier (LM) testi, panele ait zaman ve yatay kesitin her ikisinin de büyük

olduğu ( $T > N$ ,  $N > T$ ) durumlarda ise Pesaran (2004) tarafından oluşturulan Cross-Section Dependence (CD) testi ile analiz edilir. Yatay kesit bağımlılığı testlerinden ilki olan LM testine ait formül (11) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (11)$$

(11) nolu eşitlikte yer alan  $\hat{\rho}$  örnek tahmini ifadesi kalıntıların ikili korelasyonuna aitken T zaman ve N yatay boyutunu temsil etmektedir.(11) nolu eşitlikte ise Pesaran (2004) tarafından zaman ve yatay boyunun her ikisinin birden büyük olduğu analizler de uygulanmaktadır.

$$CD_{LM} = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 - 1) \quad (12)$$

(12) nolu denklemde  $T \rightarrow \infty$  ve  $N \rightarrow \infty$  olduğu durumda yatay kesit bağımlılığının olmadığı fakat  $N > T$  olduğu durumlarda  $CD_{LM}$  testi bozulduğundan N ifadesi sapmalar göstermektedir. Pesaran (2004), bu noktada oluşan bozulmaların düzelterek  $N > T$  durumuna uygun olarak CD testini geliştirmiştir. CD testine ait denklem eşitlik (13)'de gösterilmektedir.

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij} \quad (13)$$

(13) nolu denklemde yer alan CD testi, yatay kesitin kalıntıları ile arasındaki korelasyonun katsayılarının toplamından oluşmaktadır. Yatay kesit bağımlılığını test eden bir diğer çalışma yine Pesaran (2008) tarafından sapması düzenlenen  $LM_{adj}$  testidir.  $LM_{adj}$  testine ait denklem (14) nolu eşitlikte verilmektedir.

$$LM_{adj} = \sqrt{\left(\frac{2T}{N(N-1)}\right)} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N T \hat{\rho}_{ij} \frac{(T-k) \hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}} \quad (14)$$

(14) nolu denklemde k regresöre ait numarayı gösterirken,  $\mu_{Tij}$  ifadesi  $(T-k) \hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin ortalamasını vermektedir. Asimptotik normal dağılım gösteren test istatistiğinde,  $v_{Tij}^2$

ifadesi ise  $(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin varyansını sağlamaktadır (Pesaran vd., 2018). Yatay kesit bağımlılığı testlerine ilişkin hipotez şu şekilde kurulmaktadır:

$H_0$ : Yatay kesit bağımlılığı yoktur.

$H_1$ : Yatay kesit bağımlılığı vardır.

Hipotez ışığında test sonuçları incelendiğinde  $H_0$  hipotezinin reddedilemez olması durumunda yatay kesit bağımlılığının olmadığı belirlenerek birinci nesil panel birim kök testleri ile analize devam edilmektedir. Fakat  $H_0$  reddedilir ise yatay kesit bağımlılığının olduğu varsayımı geçerli olduğundan ikinci nesil panel birim kök testlerinin kullanılması gerekmektedir.

### 5.1.2. Homojenlik Testi

Panel veri analizi yapılan çalışmalarda sahte regresyon ile karşılaşma durumuna karşın öncelikli olarak serinin durağanlık durumu incelenmektedir. Panel birim kök testlerinden uygun olan testin seçilmesi serilerin homojenlik ve heterojenlik durumuna göre belirlenmektedir (Gormus ve Aydın, 2020). Homojenlik testi, panelde yer alan ülkelerin birinde oluşan etkilerin diğer ülkelerde de etki oluşturup oluşturmadığının araştırıldığı bir testtir. Panelin bir bütün halinde ele alındığı benzer ekonomilere sahip ülkelerin olduğu çalışmalarda homojenlik var iken panelde ki birimlerin ayrı ayrı düşünüldüğü farklı ülke ekonomileri için heterojenlik bulunmaktadır. İlk çalışmaların Swamy (1970) ile başladığı homojenlik testi denklemi (15) nolu eşitlikte gösterilmiştir.

$$\hat{S} = \sum_{i=1}^N (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}) \frac{X_i' M_\tau X_i}{\sigma_i^2} (\hat{\beta}_i - \hat{\beta}_{WFE}) \quad (15)$$

Swamy (1970) çalışmalarının ardından Pesaran ve Yamagato (2008) tarafından geliştirilen eğim katsayılarının homojenliğinin test edildiği Slope Homogeneity Test (Delta test) literatüre kazandırılmıştır. Delta testi ( $\tilde{\Delta}$ ) büyük örneklem için kullanılırken, Delta<sub>adj</sub> küçük örneklemde kullanılmaktadır. Delta testine ait denklem (16) ve (17) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$\text{Büyük örneklem için : } \hat{\Delta} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\bar{S} - k}{\sqrt{2k}} \quad (16)$$

$$\text{Küçük örneklem için : } \hat{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \frac{N^{-1}\bar{S} - k}{\nu(T, k)} \quad (17)$$

Denklem (16)'da verilen S, Swamy(1970)'nin önerdiği test istatistiğini temsil etmektedir. Modelde ki açıklayıcı değişkeni k,  $\nu(T, k)$  standart hatayı ve yatay kesit sayısını ise N göstermektedir. Delta testine ilişkin hipotez şu şekilde kurulmaktadır:

$H_0$  : Eğim katsayıları homojendir.

$H_1$  : Eğim katsayıları heterojendir.

Kurulan hipoteze ait test sonuçları incelendiğinde  $H_0$  hipotezinin reddedilemez olduğu durumda eğim katsayılarının homojen olduğu, reddedilmesi durumunda ise eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır.

### 5.1.3. CIPS Panel Birim Kök Testi

Panel veri analizinde birimler arası yatay kesit bağımlılığının olması halinde değişkenlerin durağanlık mertebelerinin bu dikkate alabilecek birim kök testleri ile araştırıldığı yöntem arayışına girilmiştir. Pesaran (2007) tarafından geliştirilen yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Yatay Kesitli Geliştirilmiş Dickey-Fuller (Cross-Sectionally Augmented Dickey Fuller (CADF) testi, ADF testi genişletilerek literatüre kazandırılan ikinci nesil panel birim kök testidir. Yatay kesit bağımlılığını dikkate alarak genişletilen CIPS testi (18) nolu denklemdeki gibidir.

$$\Delta y_{it} = a_i + b_i y_{i,t-1} + c_i \bar{y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{y}_t + e_{it}$$

(18)

(18) nolu eşitlik incelendiğinde  $\bar{y}_t$  ve  $\Delta \bar{y}_t$ , sırasıyla  $N^{-1} \sum_{i=1}^N y_{it}$  ve  $N^{-1} \sum_{i=1}^N \Delta y_{it}$  olarak

tanımlanmaktadır. CADF test istatistiklerinden elde edilen aritmetik ortalama ile Yatay Kesitli Geliştirilmiş IPS (Cross-Sectionally Augmented IPS (CIPS)) olarak nitelendirilen

CIPS testi, asimptotik olarak standart normal dağılır. ADF testi ile genişletilmiş yatay kesit bağımlılığını dikkate alan CIPS testine ait her birim ve panel için istatistikler (19) nolu denklem ile hesaplanmaktadır.

$$CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T) \quad (19)$$

Denklem (19)'te  $t_i(N, T)$  için hesaplanan CADF, her yatay kesit birimine ait istatistikleri hesaplamaktadır. CIPS testine dair hipotez ise şu şekilde kurulmaktadır:

$H_0$  : Her bir yatay kesit birimi durağan değildir.

$H_1$  : Bazı yatay kesit birimleri durağandır.

CIPS testi sonucu elde edilen istatistikler değerlendirilerek  $H_0$  sınanır, reddedilemez olması halinde panelin genelinde durağan olmadığı sonucuna ulaşılırken reddedilmesi durumunda bazı yatay kesit birimlerinin durağan olduğu sonucuna varılır.

#### 5.1.4. Durbin-Hausman Panel Eşbütünleşme Testi

Geleneksel panel eşbütünleşme testlerinin yatay kesit bağımlılığını dikkate almaması yapılan analizlerde yanlış sonuçlar elde edilmesine sebep olabilmektedir. Westerlund (2008) tarafından literatüre kazandırılan Durbin-Hausman eşbütünleşme testi, durağan olmayan serilerde, yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil bir testtir. Değişkenler arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını test etmek için kullanılmaktadır. Durbin-Hausman testine ilişkin eşitlik (20) ve (21) nolu denklemde verilmiştir.

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i (\tilde{\phi}_i - \hat{\phi}_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (20)$$

$$DH_p = \hat{S}_n (\tilde{\phi} - \hat{\phi})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (21)$$

Denklem (20)'da yer alan panelin ayrı birim istatistiklerinin toplanmasından elde edilerek heterojendir. Denklem (21)'de ise panelin tamamından elde edilen grubun ortalama istatistiğini temsil ederek çarpım ve çeşitli terimler eklenmesi ile oluşturulur,

homojendir. Durbin-Hausman testinin uygulanabilir olması için bazı gereklilikleri bulunmaktadır.

- i. Modelde yer alan bağımlı değişken durağan olmamalı, I(1) olmalıdır.
- ii. Modelde yer alan bazı bağımsız değişkenlerin durağan olması halinde dahi kullanılmaktadır.
- iii. Testin sonucunda panelin homojen ve heterojen olma durumuna bağlı hipotez farklılıkları için iki istatistik hesaplanmaktadır (Westerlund, 2008).

Durbin-Hausman eşbütünleşme testi, panelin heterojen olmasına bağlı olarak elde edilmiştir. Ülke birimleri spesifik olarak sabit ve trend tercih edilebilirken, hipotezi şu şekilde kurulmaktadır:

$H_0$  : Tüm birimler için eşbütünleşme yoktur.

$H_1$  : Bazı birimler için eşbütünleşme vardır.

Test istatistiğinin hesaplanmasında sabit ve trend değişken dahil edilebilmektedir. Panelin homojen olması halinde ise hipotezin sınaması aşağıdaki şekilde yapılmaktadır:

$H_0$  : Bütün panelde eşbütünleşme yoktur.

$H_1$  : Panel için eşbütünleşme vardır.

Durbin-Hausman eşbütünleşme testi yapılan panelin sonuçlarına göre hipotezi reddedilir ise eşbütünleşme olduğu gerekçesiyle uzun dönemli katsayı tahmini yapılabilmektedir.

### **5.1.5. Uzun Dönem Katsayılarının Tahmini**

Uzun dönemde birlikte hareket eden eşbütünleşmeye sahip seriler için uzun dönemli katsayı tahmini yapmak mümkündür. Uzun dönem katsayıları tahminine uygun olarak yöntem geliştiren Eberhardt ve Bond (2009), yatay kesit bağımlılığını da dikkate alarak AMG (Arttırılmış Ortalama Grup Tahmincisi, Augmented Mean Group Estimator) testini geliştirmişlerdir. Modelin herhangi ön koşulu olmamak ile birlikte serilerde aynı dereceden durağanlık şartı aramadan, yatay kesit bağımlılığını da dikkate alarak ülkelere

ve panelin geneline ilişkin eşbütünleşme katsayılarını hesaplamaktadır (Torun vd., 2019). Uzun dönem katsayıları, ülkelerin eşbütünleşme katsayılarından elde edilen aritmetik ortalama ile tahmin edilmektedir. Dolayısıyla bu özellik ile Pesaran(2006) tarafından oluşturulan CCE (Common Correlated Effects: Ortak Grup Etkisi) yöntemine göre daha güvenilir sonuçlar sağlanmaktadır. AMG tahmincisinin bir diğer olumlu yönü ise panelin dengesiz olmasından ve hata teriminden kaynaklı içsellik sorunu ile karşılaşılması durumunda bulgular etkisini kaybetmemektedir (Eberhardt ve Bond, 2009). AMG tahmincisi değişkenleri aşağıdaki denklem (22) oluşturmaktadır.

$$Y_{it} = \beta_j^i X_{it} + u_{it} \cdot u_{it} = \alpha_i + \lambda_t^i f_t + \varepsilon_{it} \quad (i = 1 \dots N, t = 1 \dots N, m = 1 \dots k)$$

$$x_{mit} = \pi_{mi} + \delta_{migmt}^2 + P_{1mif1mt} + \dots + P_{nmifnmt} + U_{it}$$

$$f_t = t^2 f_{t-1} + \varepsilon_{it} \quad \text{ve} \quad g_t = \psi^2 g_{t-1} + \Omega_{it}$$

$$Y_{it} = \alpha_0 + \beta_L(L_{it}) + \alpha_K(K_{it}) + \alpha_R(R_{it}) + u_{it} \quad (22)$$

Denklemlerde yer alan  $X_{it}$  gözlemlenen ortak değişken vektörü,  $f_t$  ve  $g_t$  gözlemlenmeyen ortak faktörü,  $\lambda_t$  ise ülkeye özgü faktör yükünü temsil etmektedir (Eberhardt ve Bond, 2009).

### 5.1.6. Emirmahmutoğlu ve Köse Panel Nedensellik Testi

Panelde yer alan değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek için yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) testi kullanılabilir. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) tarafından geliştirilen bu testin avantajı heterojen panelde ve eşbütünleşme olmaması halinde dahi işler olmasıdır. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011), Toda ve Yamamoto (1995) Granger Nedensellik testine dayalı olup, paneldeki serilerin farklı düzeyde durağan olmaları halinde sorun oluşturmamaktadır. Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testi VAR modeli aşağıda yer alan denklem (23)'teki gibidir.

$$x_{i,t} = \mu_i^x + \sum_{j=1}^{k_i d \max_i} A_{11,ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i d \max_i} A_{12,ij} y_{i,t-j} + u_{i,t}^x$$



$$y_{i,t} = \mu_i^y + \sum_{j=1}^{k_i d \max_i} A_{21,ij} x_{i,t-j} + \sum_{j=1}^{k_i d \max_i} A_{22,ij} y_{i,t-j} + u_{i,t}^y \quad (23)$$

Denklemlerinde  $d \max$  ifadesi , her  $i$  birimi yatay kesit için en yüksek durağanlık mertebesini göstermektedir (Emirmahmutoğlu ve Köse, 2011). Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) nedensellik testine ait hipotez aşağıdaki şekilde kurulmaktadır:

$H_0$  : Panelde nedensellik ilişkisi yoktur.

$H_1$  : Panelde nedensellik ilişkisi vardır.

$H_0$  hipotezinin reddedilmesi halinde panelde nedensellik ilişkisinin var olduğu, reddedilemez olması halinde ise nedensellik ilişkisinin var olmadığı sonucuna ulaşılır.

## BÖLÜM 6: AMPİRİK SONUÇLAR

Tez çalışmasında 1998-2018 tarihleri arasında ilgili değişkenlerin öncelikli olarak yatay kesit bağımlılığının varlığının sınanması ve homojenlik testleri uygulanacaktır. Sonuçlara göre uygun birim kök testleri tercih edilecektir. Birim kök testlerinin uygulaması sonrasında değişkenlerin durağanlık mertebelerine göre uygun eşbütünleşme testleri ile uzun dönemdeki hareketleri incelenecek ve eşbütünleşme ilişkisi bulunması halinde uzun dönem katsayı tahmini yapılacaktır. Yatay kesit bağımlılığı testinden elde edilen sonuçlar Tablo 3'te gösterilmektedir.

**Tablo 3:** Yatay Kesit Bağımlılığı Test Sonuçları

Değişkenler	CD <sub>LM1</sub> /Breusch-Pagan	CD <sub>LM2</sub> / Pesaran	CD/ Pesaran
<b>ln<sub>ea</sub></b>	396.7394* (0.0000)	37.07659* (0.0000)	14.80634* (0.0000)
<b>ln<sub>ke</sub></b>	498.9649* (0.0000)	47.85211* (0.0000)	5.270488* (0.0000)
<b>ln<sub>gdp</sub></b>	866.9255* (0.0000)	86.63856* (0.0000)	29.43433* (0.0000)
<b>ln<sub>ti</sub></b>	530.9974* (0.0000)	51.22862* (0.0000)	-1.152195 (0.2492)
<b>eci</b>	414.9748* (0.0000)	38.99877* (0.0000)	11.66266* (0.0000)
<b>Model</b>	472.1226* (0.0000)	45.02268* (0.0000)	20.74320* (0.0000)

*Not:*\* , %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 6.1'de yer alan yatay kesit bağımlılığı analizi sonuçları incelendiğinde değişkenlerin %1 anlamlılık düzeyinde bütün testlerde temel hipotezi reddederek yatay kesit bağımlılığının olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Paneldeki birimlerin ve modelin yatay kesit bağımlılığına sahip olduğu gözlemlenmiştir. Dolayısıyla modelde yer alan değişkenlerin herhangi birinin etkilenmesi paneldeki diğer değişkenlerde farklılıklara sebep olabilmektedir.

Eşbütünleşme testine ait eğim katsayılarının homojenliğinin test edilmesi için Delta testi uygulanmıştır. Pesaran ve Yamamoto (2008) tarafından geliştirilen delta testin sonuçları Tablo 4'te verilmektedir.

**Tablo 4:** Homojenlik Testi Sonuçları

Eğim Homojenliği	Test İstatistiği	Olasılık Değeri
$\hat{\Delta}$	12.703	0.000*
$\hat{\Delta}_{adj}$	14.508	0.000*

*Not:\**, %1 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Delta testinin sonuçlarının yer aldığı Tablo 6.2 incelendiğinde eğim katsayılarının homojen olduğu hipotez %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmiştir. Dolayısıyla eğim katsayılarının heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Yatay kesit bağımlılığına sahip olan ve heterojen olan model için ikinci nesil testler kullanılacaktır. Paneli oluşturan değişkenlerin yatay kesit bağımlılığı olmasından kaynaklı Pesaran (2007) tarafından geliştirilen ikinci nesil birim kök testi olan CIPS testi tercih edilmiştir. CIPS testinden elde edilen bulgular Tablo 5’te gösterilmektedir.

**Tablo 5:** CIPS Testi Sonuçları

Değişkenler	CIPS Testi			
	Düzy Değeri I(0)		1.Fark Değeri I(1)	
	Sabitli	Sabitli+Trendli	Sabitli	Sabitli+Trendli
<b>lna</b>	-3.025*	-3.700*	-	-
<b>lnke</b>	-1.320	-2.429	-3.924*	-3.957*
<b>lngdp</b>	-2.451**	-2.235	-3.053*	-3.150*
<b>lngdp2</b>	-2.367**	-2.189	-3.088*	-3.131**
<b>lnti</b>	-2.270 * **	-2.506	-4.426*	-4.735*
<b>eci</b>	-3.289*	-2.881***	-	-

*Not:\**, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir. Pesaran (2006) makalesinde yer alan kritik değerler sırasıyla sabitli (-2.57, -2.33, -2.21) , sabitli ve trendli (-3.1, -2.86, -2.73) olarak temin edilmiştir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 5’te CIPS testi sonuçları incelendiğinde sabitli ve trendli lnke, lngdp, lngdp2 ve lnti değişkenlerinin birinci farkı alındığında %1 anlamlılık düzeyinde durağanlaştırıldığı sonucu elde edilmiştir. Fakat modelin bağımlı değişkeni lnea düzey değerinde durağan bulunup Durbin-Hausman (2008) testinin gerekliliğini yerine 2 numaralı modelin analiz dışında tutulmasına karar verilmiştir. Model 1 için değişkenler uzun dönemde beraber hareket etme durumlarını test etmek için yatay kesit bağımlılığını da dikkate alan Durbin-Hausman eşbütünlüşme testi uygulanmıştır. Durbin-Hausman testi ön koşulunu yerine

getirerek düzeyde durağan olmayan değişkenler ile oluşturulan modele ilişkin analiz sonuçları Tablo 6’da gösterilmektedir.

**Tablo 6:** Durbin-Hausman Panel Eşbütünleşme Testi Sonuçları

<b>Durbin-Hausman</b>	<b>D-H İstatistiği</b>	<b>Olasılık Değeri</b>
<b>Durbin-Hausman Grup</b>	1.321***	<b>0.093</b>
<b>Durbin-Hausman Panel</b>	0.910	0.181

*Not:*\*\*\*, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 6’da yer alan Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testi sonuçlarına göre heterojen olması dolayısıyla grup istatistiği dikkate alınarak %10 anlamlılık düzeyinde kurulan modelde eşbütünleşme ilişkisi bulunmaktadır. Uzun dönemde birlikte hareket eden değişkenlerin aralarında eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmesi uzun dönemli katsayısı tahmini yapılabileceğini göstermektedir. Uzun dönem katsayıları tahmincisi olarak yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Eberhardt ve Bond (2009) tarafından geliştirilen AMG ve Pesaran (2006) tarafından geliştirilen CCE tahmincisi kullanılmıştır. Panel ve panelin tamamına ait uzun dönemli eşbütünleşme katsayıları aşağıda verilen Tablo 7’de gösterilmektedir.

**Tablo 7:** Uzun Dönem Katsayı Tahmin Sonuçları

Ülkeler		lngdp	lngdp2	lnti	eci	EKC
Japonya	AMG	139.33 (-0.122)	-6.66275 (-0.123)	-0.20144 (-0.536)	-0.05559 (-0.725)	Geçersiz
Çin	AMG	0.627605 (-0.552)	0.0074 (-0.897)	-0.01886 (-0.803)	<b>0.853585*</b> <b>(0.000)</b>	Geçersiz
İsviçre	AMG	<b>128.1859**</b> <b>(0.021)</b>	<b>-5.68847**</b> <b>(0.022)</b>	-0.18182 (0.27)	<b>-0.25592**</b> <b>(0.02)</b>	<b>Geçerli</b>
Almanya	AMG	-19.2308 (0.276)	0.927697 (0.267)	-0.03049 (0.866)	-0.13703 (0.107)	Geçersiz
Güney Kore	AMG	4.837991 (0.604)	-0.20708 (0.673)	-0.00431 (0.966)	<b>-0.32013*</b> <b>(0.000)</b>	Geçersiz
Singapur	AMG	<b>-30.7186*</b> <b>(0.000)</b>	<b>1.457852*</b> <b>(0.000)</b>	<b>0.307807*</b> <b>(0.000)</b>	0.119935 (0.153)	Geçersiz
Çek Cumhuriyeti	AMG	6.305568 (0.396)	-0.29394 (0.449)	<b>-0.11233**</b> <b>(0.012)</b>	-0.10509 (0.396)	Geçersiz
İsveç	AMG	-26.1036 (0.198)	1.220969 (0.198)	-0.116 (0.111)	-0.06021 (0.764)	Geçersiz
Avusturya	AMG	-10.0523 (0.84)	0.496821 (0.832)	0.163962 (0.181)	<b>0.467777**</b> <b>(0.046)</b>	Geçersiz
ABD	AMG	9.149699 (0.728)	-0.37233 (0.758)	-0.03245 (0.769)	<b>0.14661***</b> <b>(0.069)</b>	Geçersiz
Model	AMG	20.23315 (0.298)	-0.91138 (0.313)	-0.02259 (0.647)	0.036072 (0.752)	Geçersiz

Not: \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 7’de AMG tahmincisi ile elde edilmiş uzun dönemli katsayılar bulunmaktadır. Değişkenlerin kişi başına gelir üzerindeki etkileri ve modele ait uzun dönemli katsayılar ülke bazlı incelendiğinde İsviçre için EKC hipotezinin geçerli olduğu sonucuna ulaşılmıştır. ÇKE hipotezinde ön koşulu olan lngdp katsayısının pozitif, lngdp2 katsayısının negatif ve anlamlı olması koşulunu yerine getirmiştir. Yani ekonomik büyümenin artması halinde karbon emisyonunun artarak çevre kirliliğini artırdığı fakat eşik değer aşıldığında ekonomik büyümenin çevre kirliliğini azalttığı görülmektedir. Ayrıca Singapur’da teknolojik inovasyonun karbon emisyonunu artırdığı, Çek Cumhuriyeti’nde ise teknolojik inovasyonun karbon emisyonunu azalttığı gözlemlenmektedir. Ekonomik karmaşıklık endeksindeki Çin ve Avusturya da karbon emisyonunu artırdığı, ABD ve Güney Kore’de ise karbon emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşılmaktadır. Değişkenler

arasındaki nedenselliği analiz etmek için ikinci nesil testlerden Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) tarafından geliştirilen panel ve ülke bazlı sonuç veren panel nedensellik testi tercih edilmiştir. Heterojen olan panel için Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel nedensellik testine dair sonuçlar aşağıdaki Tablo 8 - Tablo 9 - Tablo 10 - Tablo 11’de verilmektedir.

**Tablo 8:** Karbon Emisyonu ve Teknolojik İnovasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	Inke →Inti		Inti → Inke	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
<b>Japonya</b>	1.07	0.301	1.514	0.219
<b>Çin</b>	5.553	<b>0.062***</b>	1.942	0.379
<b>İsviçre</b>	11.597	<b>0.009*</b>	3.453	0.327
<b>Almanya</b>	0.102	0.95	3.514	0.173
<b>Güney Kore</b>	4.098	0.251	1.135	0.769
<b>Singapur</b>	0.035	0.852	0.105	0.745
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	22.437	<b>0.000*</b>	68.291	<b>0.000*</b>
<b>İsveç</b>	7.627	<b>0.054***</b>	4.68	0.197
<b>Avusturya</b>	14.868	<b>0.001*</b>	5.652	<b>0.059***</b>
<b>ABD</b>	4.592	<b>0.032**</b>	0.007	0.933
<b>Panel</b>	67.846	<b>0.000*</b>	85.38	<b>0.000*</b>

*Not:* \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 8’de karbon emisyonu ve teknolojik inovasyon arasındaki nedensellik analizi sonuçlarına göre Çin, İsviçre, İsveç ve ABD için karbon emisyonundan teknolojik inovasyona doğru tek yönlü nedensellik ilişkisine tespit edilmiştir. Ayrıca Çek Cumhuriyeti ve Avusturya için karbon emisyonu ve teknolojik inovasyon arasında çift yönlü ilişki olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Panelin geneline ilişkin karbon emisyonu ve teknolojik inovasyon arasında çift yönlü nedensellik ilişkisinin mevcut olduğu görülmektedir.

**Tablo 9:** Karbon Emisyonu ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	Inke → eke		eke → Inke	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
<b>Japonya</b>	4.052	0.256	4.059	0.255
<b>Çin</b>	12.078	<b>0.002*</b>	0.877	0.645
<b>İsviçre</b>	0.109	0.741	0.623	0.43
<b>Almanya</b>	2.171	0.338	0.341	0.843
<b>Güney Kore</b>	2.024	0.155	0.606	0.436
<b>Singapur</b>	2.098	0.147	0.724	0.395
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	0.007	0.935	0.731	0.393
<b>İsveç</b>	3.966	<b>0.046**</b>	0.44	0.507
<b>Avusturya</b>	0.162	0.687	0.87	0.351
<b>ABD</b>	0.003	0.956	1.913	0.167
<b>Panel</b>	32.250	<b>0.041**</b>	18.060	0.583

*Not:*\* ve \*\* sırasıyla %1 ve %5 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 9'de Emirmahmutoğlu ve Köse (2011) panel nedensellik testi bulguları göstermektedir ki Çin ve İsveç için karbon emisyonundan ekonomik karmaşıklık endeksine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi gözlemlenmektedir. Panelin geneline ait istatistikler karbon emisyonundan ekonomik karmaşıklık endeksine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

**Tablo 10:** Karbon Emisyonu ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	Inke → lngdp		lngdp → Inke	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
Japonya	1.03	0.31	0.783	0.376
Çin	2.41	0.3	1.69	0.43
İsviçre	0.301	0.583	2.648	0.104
Almanya	2.937	0.087***	0.866	0.352
Güney Kore	0.047	0.829	0.01	0.92
Singapur	2.159	0.142	0.523	0.47
Çek Cumhuriyeti	3.955	0.266	2.352	0.503
İsveç	0.096	0.757	8.704	<b>0.003*</b>
Avusturya	1.83	0.608	14.005	<b>0.003*</b>
ABD	1.623	0.203	0.334	0.563
Panel	22.395	0.319	37.660	<b>0.010*</b>

Not:\* ve \*\*\* sırasıyla %1 ve %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 10’da verilen karbon emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi sonuçları incelendiğinde İsveç ve Avusturya için ekonomik büyümeden karbon emisyonuna tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır. Panelin geneline ait analiz sonuçları ekonomik büyümeden karbon emisyonuna doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit etmiştir.

**Tablo 11:** Ekonomik büyüme ve Ekonomik Karmaşıklık Endeksi Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	lngdp → eci		eci → lngdp	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
Japonya	0.361	0.548	0.68	0.41
Çin	1.012	0.603	0.19	0.909
İsviçre	0.228	0.633	0.267	0.605
Almanya	1.365	0.714	12.493	<b>0.006*</b>
Güney Kore	0.564	0.453	1.491	0.222
Singapur	0.166	0.683	0.393	0.531
Çek Cumhuriyeti	0.169	0.681	0.186	0.666
İsveç	0.654	0.419	1.428	0.232
Avusturya	34.233	<b>0.000*</b>	1.187	0.756
ABD	0.152	0.697	0.09	0.764
Panel	40.478	<b>0.004*</b>	0.68	0.41

Not:\*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

Kaynak: Yazar tarafından oluşturulmuştur.



Tablo 11’de ekonomik büyüme ve ekonomik karmaşıklıkla nedensellik ilişkisine ait bulgular incelendiğinde Almanya için ekonomik karmaşıklık endeksinden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Avusturya’da ekonomik büyümede yaşanacak değişimler ekonomik karmaşıklık endeksini artmakta ve tek yönlü nedensellik ilişkisine sahiptir. Panelin genelinde ise ekonomik büyümeden ekonomik karmaşıklığa doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

**Tablo 12:** Ekonomik büyüme ve Ekolojik Ayaz İzi Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	Ingdp → Inea		Inea → Ingdp	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
<b>Japonya</b>	9.555	<b>0.002*</b>	2.518	0.113
<b>Çin</b>	6.766	<b>0.034**</b>	3.462	0.177
<b>İsviçre</b>	0.58	0.446	0.76	0.383
<b>Almanya</b>	1.514	0.219	1.44	0.23
<b>Güney Kore</b>	0.276	0.599	10.163	<b>0.001*</b>
<b>Singapur</b>	3.711	<b>0.054***</b>	3.985	<b>0.046**</b>
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	2.569	0.109	0.01	0.921
<b>İsveç</b>	2.454	0.117	0.056	0.813
<b>Avusturya</b>	1.944	0.163	0.062	0.804
<b>ABD</b>	2.597	0.107	1.538	0.215
<b>Panel</b>	9.555	<b>0.002*</b>	2.518	0.113

*Not:* \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 12’deki veriler incelendiğinde Japonya ve Çin’de ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine karşı tek yönlü ilişki gözlemlenirken Singapur’da çift yönlü nedensellik ilişkine rastlanılmıştır. Güney Kore’de ekolojik ayak izinden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik sağlamaktadır. Panelin genel incelendiğinde ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine doğru tek yönlü nedensellik ilişki tespit edilmiştir.

**Tablo 13:** Ekonomik büyüme ve Teknolojik İnovasyon Arasındaki Nedensellik İlişkisi

Ülkeler	Ingdp → Inti		Inti → Ingdp	
	Wald İst.	Olasılık Değeri	Wald İst.	Olasılık Değeri
<b>Japonya</b>	4.489	<b>0.034**</b>	3.306	<b>0.069***</b>
<b>Çin</b>	4.539	0.103	2.825	0.243
<b>İsviçre</b>	0.128	0.988	21.631	<b>0.000*</b>
<b>Almanya</b>	2.323	0.508	6.816	<b>0.078***</b>
<b>Güney Kore</b>	7.997	<b>0.046**</b>	2.498	0.476
<b>Singapur</b>	7.17	<b>0.067***</b>	17.996	<b>0.000*</b>
<b>Çek Cumhuriyeti</b>	1.465	0.226	0.387	0.534
<b>İsveç</b>	3.631	<b>0.057***</b>	8.5	<b>0.004*</b>
<b>Avusturya</b>	0	0.987	0.969	0.325
<b>ABD</b>	0.108	0.743	0.028	0.868
<b>Panel</b>	4.489	<b>0.034**</b>	3.306	<b>0.069***</b>

*Not:* \*, \*\*, \*\*\* sırasıyla %1 , %5, %10 düzeyinde anlamlılığı ifade etmektedir.

**Kaynak:** Yazar tarafından oluşturulmuştur.

Tablo 13'te Japonya, Singapur ve İsveç'te ekonomik büyüme ve teknolojik inovasyon arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi olduğu sonucu elde edilmiştir. İsviçre ve Almanya teknolojik inovasyondan ekonomik büyümeye doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi vardır. Ayrıca panelin genelinin sonuçları göstermektedir ki ekonomik büyüme ve teknolojik inovasyon arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmaktadır.

## SONUÇ

Yeryüzünde sanayi devrimden sonra hız kazanan üretim ve ekonomik büyümenin sonuçlarından kaynaklı bio kapasitenin azalması, çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Artan üretim faaliyetleri fosil yakıt kullanımını ve beraberinde sera gazlarını getirmektedir. Üretim sonucunda ortaya çıkan sera gazlarında küresel ısınmaya sebep olmaktadır. Küresel ısınmanın gerekli önlemler alınmadığı takdirde ülkelerin ekonomik büyümelerine olumsuz etkileri olabilmektedir. Çevre kirliliği ile ekonomik büyüme arasında oluşan bu ayrılmaz bağ bir çok çalışmanın inceleme konusu olmuştur. Bu çalışmalardan ekonomik büyüme ve çevre kirliliğini konu alan Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi ekonomik büyümenin artması durumunda çevre kirliliğinin artacağı fakat bir noktadan sonra çevre kirliliğinin azalacağını öne sürmektedir. Bu nedenle ekonomik büyüme çevre kirliliği üzerindeki etkilerinin araştırılmasında ÇKE hipotezi oldukça önemlidir.

Bu tez çalışmasında, ekonomik karmaşıklık endeksi en yüksek olan ilk 10 ülke (Japonya, Çin, İsviçre, Almanya, Güney Kore, Singapur, Çek Cumhuriyeti, İsveç, Avusturya, ABD) için 1998-2018 yılları arasında ÇKE hipotezinin geçerliliğininin sınanması, ekonomik büyüme, teknolojik inovasyon ve ekonomik karmaşıklık endeksinin çevre kirliliği üzerindeki etkisinin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu ülkelerin 21 yıllık ekonomik büyüme, teknolojik inovasyon, ekonomik karmaşıklık endeksi ve çevre kirliliğini temsil eden karbon emisyonu ve ekolojik ayak izi verileri Dünya Bankası , Küresel Ayak İzi Ağı ve Ekonomik Karmaşıklık Gözlemevi'nden elde edilmiştir. Elde edilen değişkenler ile ilk aşamada yatay kesit bağımlılığı ve homojenite testi yapılarak panele dair bilgiler edinilmiştir. Panelin yatay kesit bağımlılığına sahip ve heterojen olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Değişkenlerin durağanlık sınavında yatay kesit bağımlılığını dikkate alan ikinci nesil CIPS panel birim kök testi kullanılmıştır. CIPS panel birim kök testi sonuçlarına göre ekolojik ayak izi ve ekonomik karmaşıklık endeksi düzeyde durağan iken diğer tüm değişkenlerin düzeyde durağan olmadığı ve fark alınarak I(1) seviyesinde durağanlaştırıldığı sonucuna ulaşılmıştır. CIPS birim kök testinin ardından model 2 ekolojik ayak izinin durağanlık seviyesi uygun olmadığı için test edilemeyerek, durağanlık koşulunu sağlayan karbon emisyonunun bağımlı olduğu model 1 tercih edilmiştir. Durağanlık ön koşuluna sahip ve yatay kesit bağımlılığını dikkate alan Durbin-

Hausman panel eşbütünleşme testi yapılmıştır. Eşbütünleşme testinin bulguları göstermektedir ki panelin genelinde eşbütünleşme vardır ve uzun dönemde birlikte hareket etmektedirler. ÇKE hipotezinin şartı olan eşbütünleşme de sağlandıktan sonra uzun dönemli AMG tahmincisi kullanılarak uzun dönemli katsayılar tahmin edilmiştir. Tahmin edilen katsayılar panelde yer alan İsviçre için ÇKE hipotezi geçerli olduğu ve ters U şeklini aldığı sonucuna ulaşılmıştır. Ekonomik büyüme artarken çevre kirliliğinin arttığı kişi başına düşen GSYH değeri 78205,870\$ olarak dönüm noktasını aşarak çevresel iyileşmesi sürecine geçtiği gözlemlenmiştir. Ayrıca araştırmanın sonuçları diğer 9 ülkede ÇKE hipotezinin geçerli olmadığını destekler niteliktedir. Çalışmanın son aşamasında yapılan Emirmahmutoğlu ve Köse panel nedensellik testine ait bulgular incelenerek çevre kirliliğinden ekonomik karmaşıklık endeksi ve teknolojik inovasyona doğru nedensellik ilişkisi belirlenmiştir. Ek olarak teknolojik inovasyondan çevre kirliliği ve ekonomik büyümeye doğru nedensellik bulunurken, ekonomik büyümeden çevre kirliliği, ekonomik karmaşıklık ve teknolojik inovasyona doğru nedenselliğe de rastlanılmıştır. Ayrıca Çek Cumhuriyeti ve Avusturya için çevre kirliliğinin inovasyonu arttırırken, inovasyon çalışmalarının da çevre kirliliğini arttırdığı sonucuna ulaşılmıştır. Singapur ve İsveç için ekonomik büyüme teknolojik inovasyonu artırırken, inovasyonun artması ekonomik büyümeyi arttırmaktadır. Singapur, liman şehri olması dolayısı ile ülkeye gelen uluslararası gemilerin ekonomik büyümeyi sağlarken çevre kirliliğine sebep olduğu nedensellik testi sonuçları ile doğrulanmaktadır. Singapur gibi ekonomileri sanayi ve taşımacılığa bağlı ülkelerin, kapasitenin altında kaynakları ile çevre kirliliğini arttırmaktadır. Sanayi sektöründen hizmetler sektörüne geçiş yapılması halinde çevreye daha az zarar veren ekonomik faaliyetler ile doğal kaynak kullanımının azalması mümkün olabilmektedir.

Tez çalışmasından elde edilen sonuçlar ışığında, ekonomik büyümenin çevresel kirlilik arasında tek yönlü ilişki bulunan Japonya, Çin ve Güney Kore için ekonomik büyümenin çevre kirliliğini arttırdığını göstermektedir. Bu etkilerin en aza indirgenmesi için ekonomik büyüme sağlanırken yeşil politikalar uygulanması halinde olumsuz etkilerin azalacağı düşünülmektedir. Yine Çek Cumhuriyeti ve Avusturya için çevre kirliliği ve teknolojik inovasyon arasında çift yönlü ilişkiye rastlanması inovasyonun çevre kirliliği ile ilişkili olduğu ve çevreci teknolojilerle bu ilişkiyi pozitif anlamda değiştirebileceği öngörülmektedir.

## KAYNAKÇA

- Acaravcı, A., Bozkurt, C., & Erdoğan, S. (2015). Mena Ülkelerinde Demokrasi-Ekonomik Büyüme İlişkisi. *İşletme Ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 3(4), 119-129.
- Ahdi Noomen Ajmi & Roula Inglesi-Lotz (2021) Revisiting The Kuznets Curve Hypothesis For Tunisia: Carbon Dioxide Vs. Ecological Footprint, *Energy Sources, Part B: Economics, Planning, And Policy*, 16:5, 406-419.
- Ahmad, M., Ahmed, Z., Majeed, A., & Huang, B. (2021). An environmental impact assessment of economic complexity and energy consumption: Does institutional quality make a difference? *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106603.
- Ahmed, Z., Caglar, A. E., & Murshed, M. (2022). A Path Towards Environmental Sustainability: The Role Of Clean Energy And Democracy In Ecological Footprint Of Pakistan. *Journal Of Cleaner Production*, 358, 132007.
- Alataş, S. (2021). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Sektörel Analizi: OECD Ülkeleri Örneği. *JOEEP: Journal Of Emerging Economies And Policy*, 6 (1) , 124-136.
- Alkan, B. & Bulut, N. (2022). Searching For The Existence Of Ekc Hypothesis In Turkey: An Approach Using Elasticities In The Presence Of Multicollinearity. *Hacettepe Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 40 (2) , 232-248.
- Altıntaş, H., & Kassouri, Y. (2020). Is The Environmental Kuznets Curve In Europe Related To The Per-Capita Ecological Footprint Or CO2 Emissions. *Ecological Indicators*, 113, 106187.
- Amjad, N., & Shabbir, G. (2021). Environmental Stability, Technological Innovation And Sustainable Development: *An Empirical Analysis Under Ekc Hypothesis Framework*.
- An, H., Razzaq, A., Haseeb, M., & Mihardjo, L. W. (2021). The Role Of Technology Innovation And People's Connectivity In Testing Environmental Kuznets Curve And Pollution Heaven Hypotheses Across The Belt And Road Host Countries: New Evidence From Method Of Moments Quantile Regression. *Environmental Science And Pollution Research*, 28(5), 5254-5270
- Archibugi, D. ve Coco, A. (2002). A New Indicator Of Technological Capabilities For Developed And Developing Countries (Arco). *The World Development*, 32(4), 629-654.
- Arı, A. & Zeren, F. (2011). CO2 Emisyonu Ve Ekonomik Büyüme: *Panel Veri Analizi. Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 18 (2) , 37-47.
- Arpacı, İ. (2011). Kamu kurumlarında teknolojik inovasyon ve inovasyon politikası.

- Artan, S. , Hayaloğlu, P. & Seyhan, B. (2015). Türkiye’de Çevre Kirliliği, Dışa Açıklık Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Journal Of Management And Economics Research*, 13 (1) , 308-325.
- Atabey, T. (2013). Karbon ayak izinin hesaplanması: Diyarbakır örneği/The calculation of the carbon footprint: The city of Diyarbakır.
- Atıcı, C., Kurt, F. (2007). “Türkiye’nin Dış Ticareti Ve Çevre Kirliliği: Çevresel Kuznets Eğrisi Yaklaşımı”. *Tarım Ekonomi Dergisi*, 13(2), Ss. 61-69.
- Aydın, C., Darıcı, B., & Kutlu, ř.ř. (2018) Ekolojik Ayakizi İle Reel Gelir Arasındaki İlişi: Panel Yumuşak Geçişli Regresyon Modelinden Kanıtlar.
- Aydın, M. (2020a). Askeri Harcamalar, Ekonomik Büyüme Ve Çevre Kirliliği Arasındaki İlişi: Türkiye İçin Yapısal Kırılmalı Nedensellik Testinden Kanıtlar. *Ekonomi Politika Ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 261-275.
- Aydın, M. (2020b). Seçilmiş Oecd Ülkelerinde Çevre Vergilerinin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkileri: Yapısal Kırılmalı Nedensellik Testinden Kanıtlar. *Uluslararası İktisadi Ve İdari İncelemeler Dergisi*, (28), 137-154.
- Aydin, C., Esen, Ö., & Aydin, R. (2019). Is the ecological footprint related to the Kuznets curve a real process or rationalizing the ecological consequences of the affluence? Evidence from PSTR approach. *Ecological Indicators*, 98(November 2018), 543–555.
- Aydin, M. (2019a). The effect of biomass energy consumption on economic growth in BRICS countries: A country-specific panel data analysis. *Renewable Energy*, 138, 620-627.
- Aydin, M. (2019b). Renewable and non-renewable electricity consumption–economic growth nexus: evidence from OECD countries. *Renewable energy*, 136, 599-606.
- Aydin, M. (2022). The impacts of political stability, renewable energy consumption, and economic growth on tourism in Turkey: New evidence from Fourier Bootstrap ARDL approach. *Renewable Energy*, 190, 467-473.
- Aydin, M., & Turan, Y. E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 43233-43245.
- Aydin, M., & Turan, Y. E. (2020). The influence of financial openness, trade openness, and energy intensity on ecological footprint: revisiting the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICS countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 43233-43245.
- Bagliani, M., Bravo, G., & Dalmazzone, S. (2008). A consumption-based approach to environmental Kuznets curves using the ecological footprint indicator. *Ecological Economics*, 65(3), 650–661.

- Balin, B. E., & AKAN, D. M. (2015). EKC hypothesis and the effect of innovation: A panel data analysis. *Journal of Business Economics and Finance*, 4(1).
- Başar, S., Temurlenk, M.S., (2007). “Çevreye Uyarlanmıs Kuznets Eğrisi: Türkiye Üzerine Bir Uygulama “, *İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, Cilt: 21, Sayı: 1, Ss. 1-12.
- Başar, S. (2007). İktisadi Büyümenin Çevresel Etkileri (Birinci Baskı). Ankara: *İmaj Yayınevi*, ss. 5, 68, 70, 72.
- Batmaz, T. , Bayraç, H. N. & Güllü, M. (2019). Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Büyüme Ve Karbon Emisyonu İlişkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6 (3), 645-658. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/asead/issue/44114/540197>
- Bayramoğlu, A. T., & Yurtkur, A. K. (2016). Türkiye’de Karbon Emisyonu Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Doğrusal Olmayan Eşbütünleşme Analizi. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 16(4), 31-46.
- Beşer, M. K., Acaroğlu, H., & Güllü, M. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi: İnsani Gelişim Endeksi Etkili Mi?. *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (31), 189-201.
- Bo, S. (2011). A Literature Survey On Environmental Kuznets Curve. *Energy Procedia*, 5, 1322–1325.
- Bozkurt, A. U. (2008). Yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji verimliliği açısından değerlendirilmesi (Doctoral dissertation, *DEÜ Sosyal Bilimleri Enstitüsü*).
- Breusch, T.S ve Pagan, A.R. (1980), “The Lagrange Multiplier Test and Its Applications to Model Specification Tests in Econometrics”, *Review of Economic Studies*, 47, 239-53.
- Bucak, Ç. Ab15 Ülkelerinde Ve Türkiye’de Ekonomik Karmaşıklık Endeksi, İnsani Gelişme Endeksi Ve Karbon Emisyonu: Panel Veri Analizi. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 12(1), 71-88.
- Büyükkeklik, A. G. A., Toksarı, M., & Bülbül, H. (2010). Çevresel Duyarlilik Ve Yenilikçilik Üzerine Bir Araştırma. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 15(3), 373-393.
- Can, M. (2016). Ekonomik Küreselleşme Sofistike Mamül Üretimini Etkiler mi? : Güney Kore Örnekleminde Ampirik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(3), 21-38.
- Can, M., & Gozgor, G. (2016). Dynamic relationships among CO2 emissions, energy consumption, economic growth, and economic complexity in France. MPRA, 70373, 1-21.

- Can, M., Doğan, B. (2018). Ekonomik Kompleksite ve Finansal Gelişme İlişkisi: Türkiye Örneğinde Ampirik Bir Analiz. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 55(638), 6-16.
- Cheng, C., Ren, X., & Wang, Z. (2019). The Impact Of Renewable Energy And Innovation On Carbon Emission: An Empirical Analysis For Oecd Countries. *Energy Procedia*, 158, 3506-3512.
- Chien, F., Ajaz, T., Andlib, Z., Chau, K. Y., Ahmad, P., & Sharif, A. (2021). The Role Of Technology Innovation, Renewable Energy And Globalization In Reducing Environmental Degradation In Pakistan: A Step Towards Sustainable Environment. *Renewable Energy*, 177, 308-317.
- Cole, M. A. (2004). Trade, the pollution haven hypothesis and the environmental Kuznets curve: examining the linkages. *Ecological economics*, 48(1), 71-81.
- Çağlar, A. E. & Mert, M. (2017). Türkiye'de Çevresel Kuznets Hipotezi ve Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Karbon Salımı Üzerine Etkisi: Yapısal Kırımlı Eşbütünleşme Yaklaşımı. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 24 (1) , 21-38. DOI: 10.18657/yonveek.307485.
- Çakmak, E. G., Doğan, T., & Hilmioğlu, B. (2017). İklim Değişikliği Süresinde Paris Anlaşması'nın Rolü ve Türkiye'nin Konumu. *Akdeniz Üniversitesi Hava Kirlenmesi Araştırmaları ve Denetimi Türk Milli Komitesi, VII. Ulusal Hava Kirliliği ve Kontrolü Sempozyumu*, 1(3).
- Çakmak, E., & YILDIZ, G. (2018). Teknolojik İnovasyonun İhracat Üzerindeki Etkisi: Türkiye-Ab 15 Ülkeleri Örneği. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 19(2), 1-16.
- Çetin, M. & Saygın, S. (2019). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin Ampirik Analizi: Türkiye Ekonomisi Örneği. *Yönetim Ve Ekonomi Dergisi*, 26 (2) , 529-546.
- Çoban, M. N. (2020). Ekonomik Kompleksite Ve İnsani Gelişmişlik İlişkisi: E7 Ülkeleri İçin Bir Analiz. *Ahi Evran Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 6 (2) , 467-479.
- Çoban, O. (2015). Yenilenebilir enerji tüketimi karbon ve emisyonu ilişkisi: TR örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1(38), 195-208.
- Çiftçi, C. & Aykaç, G. (2011). İçsel Büyüme Modelleri ve Küreselleşme Sürecinde Gelişmekte Olan Ülkelerin Konumları. *Sosyoekonomi*, 14 (14).
- Çoban, O. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi Karbon Ve Emisyonu İlişkisi: Tr Örneği. *Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 1 (38) , 195-208.
- Demir, İ. (2006). Kyoto Protokolü Amaçlarına Ulaşabilme Yolunda Dünya Enerji Kullanımında Meydana Gelebilecek Değişiklikler. *Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(2), 241-251.



- Desai, M., Fukuda-Parr, S., Johansson C. ve Sagasti, F. (2002). Measuring The Technology Achievement of Nations and The Capacity to Participate In The Network Age. *Journal of Human Development*, 3(1), 95-122.
- Destek, M. A. (2018). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Türkiye İçin İncelenmesi: STIRPAT Modelinden Bulgular. *Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 19(2), 268-283.
- Dogan, E., Taspınar, N., & Gokmenoglu, K. K. (2019). Determinants Of Ecological Footprint İn MINT Countries. *Energy & Environment*, 30(6), 1065–1086.
- Dogan, E., Ulucak, R., Kocak, E., & Isik, C. (2020). The use of ecological footprint in estimating the environmental Kuznets curve hypothesis for BRICST by considering cross-section dependence and heterogeneity. *Science of the total environment*, 723, 138063.
- Doğan, B., Saboori, B., & Can, M. (2019). Does economic complexity matter for environmental degradation? An empirical analysis for different stages of development. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(31), 31900-31912.
- Dölek, M. (2020). Ekonomik Büyüme Ve Çevre İlişkisi: Çevresel Kuznets Yaklaşımı, Yüksek lisans Tezi, İstanbul: *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*
- Erden Özsoy, C. & Tosunoğlu, B. T. (2017). Gsyh'nin Ötesi: Ekonomik Gelişmenin Ölçümünde Alternatif Metrikler. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26 (1) , 285-301.
- Erdoğan, İ., Türköz, K., & Görüş, M. Ş. (2015). 11. Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Türkiye Ekonomisi İçin Geçerliliği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (44).
- Ersungur, Ş. M., Tığtepe, E., & Kılıç, F. Ekonomik Karmaşıklık Ve Ekolojik Ayak İzi İlişkisi: Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi. *İşletme Ekonomi Ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(2), 46-55.
- Gormus, S., Ve Aydın, M. (2020). Revisiting The Environmental Kuznets Curve Hypothesis Using İnnovation: New Evidence From The Top 10 İnnovative Economies. *Environmental Science And Pollution Research International*.
- Göçer, İ., Mercan, M., & Hotunluoğlu, H. (2012). Seçilmiş OECD ülkelerinde cari işlemler açığının sürdürülebilirliği: Yatay kesit bağımlılığı altında çoklu yapısal kırılmalı panel veri analizi. *Maliye dergisi*, 163, 449-470.
- Gökmenoğlu, K. and Taşpınar, N. (2016). The relationship between CO2 emissions, energy consumption, economic growth and FDI: The case of Turkey. *The Journal of International Trade & Economic Development*, 25(5), 706-723.
- Grossman, Gene M. Ve Krueger, Alan B. (1991). “Environmental Impacts Of A North American Free Trade Agreement”, *Nber Working Paper Series*, No: 3914.

- Gupta, M., Saini, S., & Sahoo, M. (2022). Determinants Of Ecological Footprint And PM2. 5: Role Of Urbanization, *Natural Resources And Technological Innovation. Environmental Challenges*, 7, 100467.
- Günay, D. (2017b, 6-7 September). İnovasyon, *Teknoloji ve Bilim. 2. Ar-Ge İnovasyon Zirvesi ve Sergisi*, İstanbul: MMG.
- Günay, D., & Çalık, A. (2019). İnovasyon, icat, teknoloji ve bilim kavramları üzerine. *Üniversite Araştırmaları Dergisi*, 2(1), 1-11.
- Güney, A. (2018). Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisinin Türkiye İçin Yeniden Değerlendirilmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 32 (3), 745-761.
- Haldar, A., & Sethi, N. (2022). Environmental Effects Of Information And Communication Technology-Exploring The Roles Of Renewable Energy, Innovation, Trade And Financial Development. *Renewable And Sustainable Energy Reviews*, 153, 111754.
- Hotunluoğlu, H. & Tekeli, R. (2007). Karbon Vergisinin Ekonomik Analizi Ve Etkileri: Karbon Vergisinin Emisyon Azaltıcı Etkisi Var Mı? . *Sosyoekonomi*, 6 (6) .
- İnançlı, S. , Altıntaş, N. & İnal, V. (2016). Finansal Gelişme ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: D-8 Örneği. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14 (4) , 36-49.
- İsmail, K. Ö. S. E. (2018). İklim Değişikliği Müzakereleri: Türkiye'nin Paris Anlaşması'ni İmza Süreci. *Ege Stratejik Araştırmalar Dergisi*, 9(1), 55-81.
- Kahraman, G. (2019). Türkiye'de Kentleşmenin Enerji Tüketimi Ve Karbon Salınımı Üzerine Etkisi. *Journal of The Institute of Science And Technology*, 9(3), 1559-1566.
- Kar, M., Ağır, H. & Türkmen, S. (2019). Seçilmiş Gelişmekte Olan Ülkelerde Elektrik Tüketiminin Ekonomik Büyümeye Etkisinin Panel Ekonometrik Analizi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5 (3) , 37-48.
- Karasoy, A. (2021). Küreselleşme, Sanayileşme Ve Şehirleşmenin Türkiye'nin Ekolojik Ayak İzine Etkisinin Genişletilmiş Ardl Yöntemiyle İncelenmesi. *Hitit Sosyal Bilimler Dergisi*, 14 (1) , 208-231.
- Khan, S., Yahong, W., & Chandio, A. A. (2022). How does economic complexity affect ecological footprint in G-7 economies: the role of renewable and non-renewable energy consumptions and testing EKC hypothesis. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-14.
- Kılınç, E. C. (2021). Ekolojik Ayak İzi-Enerji Ar-Ge Harcamaları İlişkisi: Oecd Ülkeleri Örneği. *Ömer Halisdemir Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 14(2), 527-541.

- Koçbulut, Ö., & ALTINTAŞ, H. (2016). İkiz açıklar ve Feldstein-Horioka Hipotezi: OECD ülkeleri üzerine yatay kesit bağımlılığı altında yapısal kırılmalı panel eşbütünleşme analizi. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, (48), 145-174.
- Korkmaz, S., & Aydın, A. (2015). Türkiye’de dış ticaret-ekonomik büyüme ilişkisi: Nedensellik analizi.
- Kövendi, E., & Nagy, O. (2021). The Effect Of Entrepreneurship, Technology, And Innovation On The Environmental Kuznets Curve: An Investigation Of The N-Shaped EKC And Its Relation To Business Activities In Developed And Developing Countries.
- Kuznets, Simon, (1955), “Economic Growth and Income Inequality”, *The American Economic Review*, 45(1),ss.1-28.
- Lebe, F. (2016). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi: Türkiye İçin Eşbütünleşme Ve Nedensellik Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17 (2) , 177-194.
- Lee, C. C., Chen, M. P., & Wu, W. (2022). The Criticality Of Tourism Development, Economic Complexity, And Country Security On Ecological Footprint. *Environmental Science And Pollution Research*, 29(24), 37004-37040.
- Lee, C. C., Chen, M. P., & Xu, W. (2022). Assessing The Impacts Of Formal And Informal Regulations On Ecological Footprint. *Sustainable Development*.
- Liu, Y., Sadiq, F., Ali, W., & Kumail, T. (2022). Does Tourism Development, Energy Consumption, Trade Openness And Economic Growth Matters For Ecological Footprint: Testing The Environmental Kuznets Curve And Pollution Haven Hypothesis For Pakistan. *Energy*, 245, 123208.
- Lopez, J. (2015). Types of Innovation, <http://techblog.constantcontact.com/software-development/types-of-innovation/> .
- Meadows D.H., Meadows D.L., Randers J., Behrens W.W., (1972), The Limits to growth, New York, 102, 27.
- Mehmood, U. (2022). Biomass energy consumption and its impacts on ecological footprints: analyzing the role of globalization and natural resources in the framework of EKC in SAARC countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(12), 17513-17519.
- Mercan, M. (2014). Feldstein-Horioka Hipotezinin AB-15 ve Türkiye Ekonomisi için Sınanması: Yatay Kesit Bağımlılığı Altında Yapısal Kırılmalı Dinamik Panel Veri Analizi. *Ege Academic Review*, 14(2).
- Mızık, E. T., & Avdan, Z. Y. (2020). Sürdürülebilirliğin Temel Taşı: Ekolojik Ayak İzi. *Doğal Afetler Ve Çevre Dergisi*, 6(2), 451-467.

- Mikayilov, J.I., Mukhtarov, S., Mammadov, J. Et Al. Re-Evaluating The Environmental Impacts Of Tourism: Does EKC Exist?. *Environ Sci Pollut Res* 26, 19389–19402 (2019).
- Moghadam, Hadi Esmaeilpour ve Dehbashi, Vahid, (2018), “The Impact of Financial Development and Trade on Environmental Quality in Iran”, *Emprical Economics*, 54(4), ss.1777-1799.
- Mughal, N., Arif, A., Jain, V., Chupradit, S., Shabbir, M. S., Ramos-Meza, C. S., & Zhanbayev, R. (2022). The Role Of Technological İnnovation İn Environmental Pollution, Energy Consumption And Sustainable Economic Growth: Evidence From South Asian Economies. *Energy Strategy Reviews*, 39, 100745.
- Muhsin, K. A. R., Hüseyin, A. Ğ. I. R., & TÜRKMEN, S. (2020). Seçilmiş gelişmekte olan ülkelerde elektrik tüketiminin ekonomik büyümeye etkisinin panel ekonometrik analizi. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 37-48.
- Murshed, M., Haseeb, M., & Alam, M. (2022). The Environmental Kuznets Curve Hypothesis For Carbon And Ecological Footprints İn South Asia: The Role Of Renewable Energy. *Geojournal*, 87(3), 2345-2372.
- Neagu, O. (2019). The Link Between Economic Complexity And Carbon Emissions İn The European Union Countries: A Model Based On The Environmental Kuznets Curve (Ekc) Approach. *Sustainability*, 11, 1-27.
- Öcal, O. , Altınöz, B. & Aslan, A. (2020). The Effects Of Economic Growth And Energy Consumption On Ecological Footprint And Carbon Emissions: Evidence From Turkey. *Ekonomi Politika Ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 5 (3), 667-681.
- Örnek, İ., & Türkmen, S. (2019). Gelişmiş Ve Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi'nin Analizi. *Journal of The Cukurova University Institute Of Social Sciences*, 28.
- Özbek, S. & Naimoğlu, M. (2022). Çevre Kalitesi-Ekonomik Karmaşıklık İlişkisi: Türkiye Ekonomisi Üzerine Fourier Eşbütünleşme Analizi. *İstanbul İktisat Dergisi*, 72 (1) , 407-431.
- Özbek, S. & Oğul, B. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Akademik Araştırmalar Ve Çalışmalar Dergisi (AKAD)* , 14 (26) , 35-46.
- Özel, H. A. (2012). Ekonomik büyümenin teorik temelleri. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 2(1), 63-72.
- Özkoç, H., Yıldırım, A., & Kudubeş, E. (2017). Çevresel Kuznets Eğrisinin Geçerliliğinin Düşük Ve Üst Orta Gelirli Ülkeler İçin Sınanması: 1964-2009 Dönemi-Testing Environmental Kuznets Curve Validity For The Lower And Upper Middle Income Countries: 1964-2009 Period. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(22), 327-340.

- Özsoy, C. E. (2015). Düşük karbon ekonomisi ve Türkiye'nin karbon ayak izi. *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.
- Özsoy, F. (2021). Türkiye'de Yolsuzluk Ve Ekolojik Ayak İzi Arasındaki İlişkinin İncelenmesi. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9 (2), 353-361.
- Özşahin, Ş., Mucuk, M., & Gerçeker, M. (2016). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: BRICS-T ülkeleri üzerine panel ARDL analizi. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 4(4), 111-130.
- Panayotou, T. (1993). Empirical tests and policy analysis of environmental degradation at different stages of economic development.
- Pata, U. K. (2018). Renewable energy consumption, urbanization, financial development, income and CO2 emissions in Turkey: Testing EKC hypothesis with structural breaks. *Journal of Cleaner Production*, 187, 770-779.
- Pata, U. K. (2021). Renewable and non-renewable energy consumption, economic complexity, CO2 emissions, and ecological footprint in the USA: testing the EKC hypothesis with a structural break. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 846–861.
- Pata, U. K., & Caglar, A. E. (2021). Investigating The EKC Hypothesis With Renewable Energy Consumption, Human Capital, Globalization And Trade Openness For China: Evidence From Augmented ARDL Approach With A Structural Break. *Energy*, 216, 119220.
- Pata, U. K., & Samour, A. (2022). Do Renewable And Nuclear Energy Enhance Environmental Quality In France? A New EKC Approach With The Load Capacity Factor. *Progress In Nuclear Energy*, 149, 104249.
- Paul B.D., (2008), A history of the concept of sustainable development: *literature review*, *The Annals Of The University Of Oradea*, 17(2), 581.
- Pesaran, M. H., Yamagata, T. (2008) Testing slope homogeneity in large panels, *Journal of Econometrics*, 142(1), pp. 50–93.
- Pesaran, M.H. (2004), “General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels”, *Cambridge Working Papers in Economics*, 435.
- Pesaran, M. Hashem (2007). “A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence”. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265–312.
- Pirinç, S. (2019). Çevresel Kuznets Eğrisi Bağlamında Ekonomik Büyüme Ve Enerji Tüketiminin CO2 Salınımı Üzerindeki Etkisi (*Master's Thesis, Namık Kemal Üniversitesi*).
- Saatçi, M. & Dumrul, Y. (2015). Çevre Kirliliği Ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Çevresel Kuznets Eğrisinin Türk Ekonomisi İçin Yapısal Kırılmalı Eş-Bütünleşme

Yöntemiyle Tahmini. *Erciyes Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 0 (37) , 65-86.

Saboori, Behnaz ve Sulaiman, Jamalludin (2013), “CO2 Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in Association of Southeast Asian Nations (ASEAN) Countries: A cointegration Approach”, *Energy*, 55, ss.813-822.

Said, T. A. Ş. (2017). İnovasyon, eğitim ve küresel inovasyon endeksi. *Bilge Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 1(1), 99-123.

Sarıçoban, K., & Yildirimci, E. Çevre Politikaları Bağlamında Sürdürülebilir Kalkınma Ve Çevresel Harcamalar: Ab Üyesi Ülkeler İle Bir Karşılaştırma. *Assam Uluslararası Hakemli Dergi*, 2(3), 7-24.

Sarkodie, S. A., & Strezov, V. (2019). A review on environmental Kuznets curve hypothesis using bibliometric and meta-analysis. *Science of the total environment*, 649, 128-145.

Schumpeter, J. A. (1934) The Theory of Economic Development. Boston: *Harvard University Press*.

Schumpeter, J. A. (1947). The Creative Response in Economic History, *The Journal of Economic History*, 7(2), 149-159.

Seyidoğlu, Halil (2006), İktisat Biliminin Temelleri, İstanbul, *Güzem Can Yayınları* No:21.

Sezen, K. (2021). Gelişmiş ve yükselen ekonomilerde genişletilmiş çevresel kuznets eğrisi hipotezinin sınanması (*Master's thesis, ESOGÜ, Sosyal Bilimler Enstitüsü*).

Shahbaz, M., Mutascu, M. and Azim, P. (2013). Environmental Kuznets curve in Romania and the role of energy consumption. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 18, 165-173.

Soyyigit, S. (2018). Oecd Kurucu Ülkelerinde Ekonomik Kompleksite Düzeyi İle Kişi Başına Düşen Gsyh Arasındaki İlişki: Panel Eşbütünleşme Analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21 (2) , 374-392.

Soyyigit, S. (2018). Oecd Kurucu Ülkelerinde Ekonomik Kompleksite Düzeyi İle Kişi Başına Düşen Gsyh Arasındaki İlişki: Panel Eşbütünleşme Analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 21 (2) , 374-392.

Suki, N. M., Suki, N. M., Sharif, A., Afshan, S., & Jermisittiparsert, K. (2022). The Role Of Technology İnnovation And Renewable Energy İn Reducing Environmental Degradation İn Malaysia: A Step Towards Sustainable Environment. *Renewable Energy*, 182, 245-253.

Swamy, P.A.V.B. (1970), “Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model”, *Econometrica*, 38(2), 311-323.

- Şahbaz, A., Adıgüzel, U., Bayat, T., & Kayhan, S. (2014). Relationship between oil prices and exchange rates: the case of Romania. *Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research/Academy of Economic Studies*, 48(2), 245-256.
- Şahin, D., & Durmuş, S. (2020). Yeni sanayileşen ülkelerde ekonomik kompleksite düzeyinin belirleyicileri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 334-351.
- Şahin, D., & Durmuş, S. (2020). Yeni sanayileşen ülkelerde ekonomik kompleksite düzeyinin belirleyicileri. *Ordu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, 10(2), 334-351.
- Şahinöz, Ahmet Ve Fotourehchi, Zahra (2013). “Çevresel Kuznets Eğrisi: İndirgenmiş Ve Ayrıştırılmış Modellerle Ampirik Bir Analiz”, *H.Ü. İktisadi Ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, Cilt: 31, Sayı: 1, Ss. 199-224.
- Şeker, A. (2019). Teknolojik gelişme ve yüksek teknoloji ihracatının ekonomik karmaşıklık endeksi üzerindeki etkisi: Türkiye örneği. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 26(2), 377-395.
- Şimşek, Salih ve Aydın, Kemal (2010), İktisat Bilimine Giriş, *Değişim Yayınları*.
- Tosunoğlu, B. Tuğberk; (2014), “Sürdürülebilir Küresel Refah Göstergesi Olarak Ekolojik Ayak İzi”, *Hak İş Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 3(5), ss. 154-171.
- Türker, M. T. (2015). İçsel Büyüme Teorilerinde İçsel Büyümenin Kaynağı Ve Uluslararası Ticaret Olgusuyla İlişkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (25).
- U. Al-Mulali, I. Öztürk, L. Sheau-Ting, A.H. Mohammed (2015), MENA (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) bölgesindeki çevresel bozulma üzerinde enerji tüketimi, kentleşme, ticari açıklık, endüstriyel üretim ve siyasi istikrarın etkisi, *Enerji*, 84, s.382 - 389
- Ulucak, R., & Bilgili, F. (2018). A reinvestigation of EKC model by ecological footprint measurement for high, middle and low income countries. *Journal of cleaner production*, 188, 144-157.
- Ulucak, R., & Koçak, E. (2018). Economic Growth And Environment: Econometric Analysis For OECD Countries. *Dünya Enerji Kongresi 2018*.
- Ünal, H. & Aktuğ, M. (2022). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi Kapsamında Türkiye’de Çevre Kalitesinin Değerlendirilmesi. *İnsan Ve Toplum*, 12 (1) , 113-136.
- Wang, P., Wu, W., Zhu, B. and Wei, Y. (2013). Examining the impact factors of energy-related CO2 emissions using the STIRPAT model in guangdong province, China. *Applied Energy*, 106, 65-71.

- Wang, X., Zhang, T., Nathwani, J., Yang, F., & Shao, Q. (2022). Environmental Regulation, Technology Innovation, And Low Carbon Development: Revisiting The EKC Hypothesis, Porter Hypothesis, And Jevons' Paradox In China's Iron & Steel Industry. *Technological Forecasting And Social Change*, 176, 121471.
- WCED S.W.S., (1987), World Commission On Environment And Development, *Our Common Future*, 17, 1-91.
- Westerlund, J. (2008). "Panel Cointegration Tests of the Fisher Effect". *Journal of Applied Econometrics* 23(2), 193-223.
- Yandle, B., Bhattarai, M., Vijayaraghavan, M. (2004). Environmental Kuznets Curves: A Review of Findings, Methods and Policy Implications. *Research Study*, 2, 1-16.
- Yang, B., Jahanger, A., & Ali, M. (2021). Remittance Inflows Affect The Ecological Footprint In Bics Countries: Do Technological Innovation And Financial Development Matter?. *Environmental Science And Pollution Research*, 28(18), 23482-23500.
- Yıldırım U., Göktürk, (2004). Sürdürülebilir Kalkınma, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik Ve Yönetimsel Perspektifler, Ed.M. C. Marın-U.Yıldırım, *Istanbul, Beta Yayınları*.
- Yıldırım, E., & Kesikoglu, F. (2012). İthalat-İhracat-Doviz Kuru Bagimlilik: Bootstrap ile Duzeltilmis Nedensellik Testi Uygulamasi. *Ege Academic Review*, 12(2), 137-148.
- Yıldız, G. (2018). Teknolojik İnovasyonun Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Türkiye-AB (15) Ülkeleri Örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 41-58.
- Yiğit, S. (2014). İnovasyonun Çevreci Yüzü ve Türkiye. *Yönetim ve Ekonomi Dergisi*, 21 (1), 251-265.
- Yiğit, S. (2018). Türkiye'nin Ulusal İnovasyon Ekosistemi. *Girişimcilik İnovasyon ve Pazarlama Araştırmaları Dergisi*, 2(4), 125-144.
- Yilanci, V., & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 32683-32694.
- Yilanci, V., & Pata, U. K. (2020). Investigating the EKC hypothesis for China: the role of economic complexity on ecological footprint. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 32683-32694.
- Yilanci, V., Pata, İngiltere Çin İçin EKC Hipotezini Araştırmak: Ekonomik Karmaşıklığın Ekolojik Ayak İzi Üzerindeki Rolü. *Environ Sci Pollut Res* 27, 32683–32694 (2020).



- Yurtkuran, S. (2020). N11 Ülkelerinde Ekolojik Ayak İzi Yakınsaması: Fourier Durağanlık Testinden Yeni Kanıtlar. *Uluslararası Ekonomi Ve Yenilik Dergisi*, 6(2), 191-210.
- Yurtkuran, S. (2021). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliği Ve Yeşil Lojistik: Türkiye Örneği. *Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24 (45) , 171-201.
- Yücesan, M., Yağış, O. & Torun, M. (2019). Ekonomik Büyüme Ve Enerji Tüketiminin Co2 Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Seçilmiş Mena Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi. *Journal of Management and Economics Research*, 17 (4) , 351-368.
- Zhao, W., Liu, Y., & Huang, L. (2022). Estimating environmental Kuznets Curve in the presence of eco-innovation and solar energy: An analysis of G-7 economies. *Renewable Energy*, 189, 304-314.
- [https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?end=2018&most\\_recent\\_year\\_desc=true&start=2018](https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PC?end=2018&most_recent_year_desc=true&start=2018) (Erişim Tarihi, 18.05.2022)
- <https://oec.world/en/rankings/eci/hs6/hs96> (Erişim Tarihi, 18.05.2022)
- <https://www.footprintnetwork.org/> (Erişim Tarihi, 18.05.2022)
- <https://www.independentturkish.com/node/459881/t%C3%BCrki%C3%87yeden-sesler/karbon-%C3%A7iftli%C4%9Fi-ve-mal%C3%A7-uygulamas%C4%B1> (Erişim Tarihi, 26.06.2022)
- <https://www.wallstreetmojo.com/economic-growth/> (Erişim Tarihi, 22.07.2022)

## ÖZGEÇMİŞ

<b>Ad Soyad: Büşra CEYHUNLU</b>	
<b>Eğitim Bilgileri</b>	
<b>Lisans</b>	
<b>Üniversite</b>	Sakarya Üniversitesi
<b>Fakülte</b>	Siyasal Bilgiler Fakültesi
<b>Bölümü</b>	Ekonometri
<b>Makale ve Bildiriler</b>	
1. Ceyhunlu, B., Aydın, M. (2022). <b>Ekonomik Büyüme, Teknolojik İnovasyon ve Çevre Kirliliği İlişkisi: Türkiye İçin Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezinin Geçerliliğinin Sınanması</b> . 3. <i>International Scientific Research And Innovation Congress</i> . (665-673).	