

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**DOKTORA PROGRAMI**

**KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ ÜZERİNE  
MODEL DENEMESİ ve EKONOMETRİK BİR ANALİZ**

**DOKTORA TEZİ**

**AYKUT BAŞOĞLU**

**HAZİRAN – 2014**

**TRABZON**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ \* SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ**

**İKTİSAT ANABİLİM DALI**

**DOKTORA PROGRAMI**

**KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK ETKİLERİ ÜZERİNE  
MODEL DENEMESİ ve EKONOMETRİK BİR ANALİZ**

**DOKTORA TEZİ**

**AYKUT BAŞOĞLU**

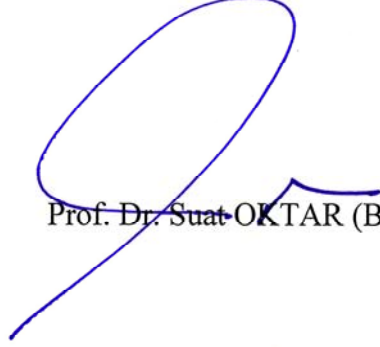
**Tez Danışmanı: Prof. Dr. Haydar AKYAZI**

**HAZİRAN – 2014**

**TRABZON**

## ONAY

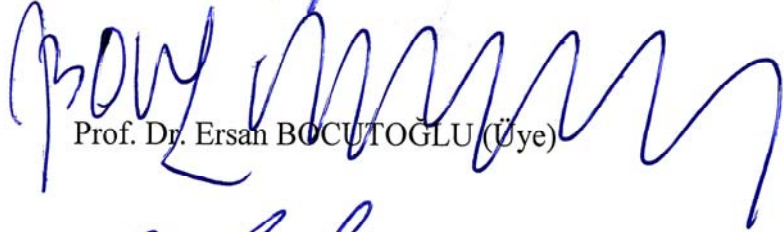
*Aykut Başoğlu* tarafından hazırlanan “*Küresel İklim Değişikliği'nin Ekonomik Etkileri Üzerine Model Denemesi ve Ekonometrik Bir Analiz*” adlı bu çalışma 04.06.2014 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda (*oybirliği /oyçokluğu*) ile başarılı bulunarak jürimiz tarafından İktisat Anabilim dalında **doktora tezi** olarak kabul edilmiştir.



Prof. Dr. Suat OKTAR (Başkan)



Prof. Dr. Haydar AKYAZI (Danışman)



Prof. Dr. Ersan BOCUTOĞLU (Üye)



Prof. Dr. Abdulkadir TOPAL (Üye)



Doç. Dr. Seyfettin ARTAN (Üye)

Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduklarını onaylıyorum. ... / ... /

Enstitü Müdürü

Prof. Dr. Ahmet ULUSOY

## BİLDİRİM

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada orijinal olmayan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını, aksinin ortaya çıkması durumunda her tür yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ediyorum.

  
Aykut BAŞOĞLU

04.06.2014

## ÖNSÖZ

Ülkelerin sanayi devrimi ile başlayan hızlı büyüme yarışı sonrası ortaya çıkan enerji ihtiyacı, doğal dengenin hızla bozulmasına neden olmuş; bu durum dünya nüfusunun artışı ile birlikte çevrenin ekolojik sınırlarının zorlanmasına yol açmıştır. Ortaya çıkan bu durum hava ve su kirliliği, asit yağmurları, ozon tabakasının delinmesi ve benzeri çevre sorunlarına yol açmıştır. Bu çevre sorunlarının yanı sıra sera gazı yoğunluklarının atmosferde giderek artması “Küresel İklim Değişikliği” olarak adlandırılan süreci başlatmıştır.

Küresel iklim değişikliği, sosyal ve siyasi yaşamdan ekonomik yaşama kadar hemen her alanda genellikle olumsuz nitelikte olan pek çok etkiler meydana getirmektedir. Bu çalışmada, küresel iklim değişikliğinin ekonomik yansımaları incelenmiş; bu yansımalar “Çevreye Uyarlanmış IS-LM-EE Modeli” ve panel veri yöntemi ile analiz edilmiştir.

Çalışma konusunun belirlenmesi ve hazırlanması sürecinde değerli bilgi ve zamanını esirgemeyen ve bana her konuda yardımcı olan tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Haydar AKYAZI'ya; çalışmanın her aşamasında bilgi ve tecrübeleriyle desteğini esirgemeyen Sayın Prof. Dr. Ersan BOCUTOĞLU'na; çalışmayla ilgili değerleri görüş ve önerilerini benimle paylaşan Sayın Prof. Dr. Suat OKTAR'a; kıymetli tavsiyeleri ve eleştirileriyle beni yönlendiren ve motive eden Sayın Prof. Dr. Abdulkadir TOPAL'a; başta çalışmanın uygulama kısmı olmak üzere ihtiyaç duyduğum her konuda bilgisine başvurduğum Sayın Doç. Dr. Seyfettin ARTAN'a; her zaman maddi ve manevi desteklerini gördüğüm Sayın Yrd. Doç. Dr. Osman Murat TELATAR ve Sayın Yrd. Doç. Dr. İbrahim AL'a; çalışmaya doğrudan veya dolaylı destek sağlayan herkese ve yaşamım boyunca her zaman yanımda olan aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Trabzon, Haziran 2014

Aykut BAŞOĞLU

## İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ .....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET .....	IX
ABSTRACT .....	X
TABLOLAR LİSTESİ .....	XI
ŞEKİLLER LİSTESİ .....	XIII
GRAFİKLER LİSTESİ .....	XV
KISALTMALAR LİSTESİ .....	XVI
GİRİŞ.....	1-8

## BİRİNCİ BÖLÜM

<b>1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve NEDENLERİ</b> .....	<b>9-54</b>
1.1. Kavramsal Çerçeve.....	9
1.1.1. Hava ve İklim .....	9
1.1.2. İklim Sistemi .....	10
1.1.3. İklim Değişkenliği ve İklim Değişikliği .....	12
1.2. Küresel İklim Değişikliğinin Nedenleri .....	15
1.2.1. İklimsel Zorlama .....	16
1.2.1.1. Doğal Sera Etkisi ve Sera Gazları .....	18
1.2.1.1.1. Doğal Sera Etkisi.....	18
1.2.1.1.2. Sera Gazları .....	21
1.2.1.1.2.1. Karbondioksit .....	22
1.2.1.1.2.2. Metan.....	25
1.2.1.1.2.3. Nitro Oksit .....	26
1.2.1.1.2.4. Florlu Gazlar .....	27

1.2.1.2. Volkanik Faaliyetler .....	29
1.2.1.3. Dünyanın Eksenindeki ve Yörüngesindeki Değişimler.....	30
1.2.1.4. Güneş Etkinlikleri.....	33
1.2.2. İklimsel Geri Besleme .....	34
1.2.3. Küresel Isınma.....	38
1.3. Küresel İklim Değişikliği Üzerine Senaryolar .....	43
1.3.1. SRES Senaryoları .....	44
1.3.2. Temsili Konsantrasyon Rotaları .....	47
1.3.3. İklim Değişikliği ve Türkiye .....	49
1.3.3.1. Türkiye’de Tarihsel Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri.....	49
1.3.3.2. Türkiye İçin İklim Değişikliği Öngörülleri .....	52

## İKİNCİ BÖLÜM

<b>2. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ .....</b>	<b>55-95</b>
2.1. Genel Etkileri.....	55
2.2. İklim Kaynaklı Doğal Afetler ve Etkileri .....	57
2.3. İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri.....	62
2.4. Bölgesel Etkileri .....	64
2.5. Ekonomik Etkiler.....	71
2.5.1. Emek Verimliliği Üzerine Etkileri .....	71
2.5.2. Büyüme Üzerine Etkisi.....	73
2.5.3. Sektörel Etkileri.....	79
2.5.3.1. Tarım .....	80
2.5.3.2. Turizm .....	85
2.5.3.3. Enerji .....	89
2.5.4. İstihdam Üzerine Etkileri.....	91

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

<b>3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK YANSIMALARININ ÇEVREYE UYARLANMIŞ IS-LM MODELİ (IS-LM-EE) YARDIMIYLA ANALİZİ .96-151</b>	
3.1. Çevre ve Çevre Sorunlarının İktisat Bilimindeki Gelişimine Genel Bir Bakış.....	96

3.1.1. Neoklasik İktisat Öncesinde Çevre.....	98
3.1.2. Neoklasik İktisat Yaklaşımında Çevre .....	101
3.1.3. Ekolojik İktisat Yaklaşımında Çevre.....	103
3.2. İklim Değişikliği Etkilerinin Makroekonomik Model Yardımıyla Analizi: Çevreye Uyarlanmış IS-LM Modeli (IS-LM-EE).....	114
3.2.1. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Çevresel Denge Eğrisi.....	117
3.2.2. Tamamlayıcılık İlişkisi Varsayımı Altında Çevresel Denge Eğrisi .....	124
3.2.3. Çevresel Denge Eğrisini Kaydıran Faktörler.....	126
3.2.4. Çevresel Dengesinin Üç Durumu .....	129
3.2.5. Çevresel Denge Altında Maliye ve Para Politikaları.....	131
3.2.5.1. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Maliye Politikası .....	132
3.2.5.1.1. Heyes Yorumu.....	132
3.2.5.1.2. Lawn Yorumu.....	133
3.2.5.2. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Para Politikası .....	136
3.2.5.2.1. Heyes Yorumu.....	136
3.2.5.2.2. Lawn Yorumu.....	137
3.2.5.3. Tamamlayıcılık İlişkisi Varsayımı Altında Maliye ve Para Politikaları .....	139
3.2.5.3.1. Maliye Politikası.....	139
3.2.5.3.2. Para Politikası.....	140
3.2.6. Çevresel Dengeyi Sağlamaya Yönelik Otomatik Mekanizmalar .....	142
3.2.6.1. Maliye Politikası.....	148
3.2.6.2. Para Politikası .....	149
3.2.7. Kurumsal Düzenlemeler Altında Maliye ve Para Politikaları .....	150

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

<b>4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ: PANEL VERİ ANALİZİ .....</b>	<b>152-188</b>
4.1. Literatür Taraması .....	152
4.2. Ekonometrik Yöntem .....	160
4.2.1. Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi.....	161
4.2.2. Sabit Etkiler Modeli .....	162



4.2.3. Tesadüfi Etkiler Modeli.....	163
4.3. Veri Seti .....	165
4.4. Ekonometrik Model ve Analiz Sonuçları .....	167
4.4.1. Tanımlayıcı İstatistikler .....	168
4.4.2. Korelasyon Analizi .....	171
4.4.3. Analiz Sonuçları .....	176
<b>GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER.....</b>	<b>189-201</b>
<b>YARARLANILAN KAYNAKLAR .....</b>	<b>202-228</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>229</b>

## ÖZET

İklim değışikliği, insan faaliyetleri nedeniyle çevrenin ekolojik sınırlarının zorlanması sonucu iklimin kendi doğal değışkenliği dışında yapay bir şekilde değışmesi olarak tanımlanmaktadır. Temelde fosil yakıt tüketilmesi sonucu artan sera etkisi nedeniyle gerçekleşen iklim değışikliği tüm canlılar, ülkeler ve ekonomiler için ciddi tehditler oluşturmaktadır. Bu bakımdan son yıllarda gerek bilimsel gerekse de siyasi çevrelerce iklim değışikliğinin mevcut ve muhtemel etkilerinin ortaya konulması yönündeki çabalar giderek artmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, iklim değışikliğinin mevcut ve muhtemel ekonomik etkilerini ortaya koymaktır. Bu amaçla ekonomi, çevre ve iklim değışikliği ilişkisi çerçevesinde uygulanacak para ve maliye politikalarının etkinliği dışı kapalı IS-LM-EE modeli kapsamında tartışılmıştır. Ayrıca 1980-2011 dönemini kapsayan verilere Panel Veri analizi uygulanarak, iklim değışikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri analiz edilmiştir. Çalışma dünya genelini ve yedi alt bölgeyi kapsamaktadır. Bulgular iklim değışikliğinin etkilerinin bölgelere göre farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen sonuçlara göre dünyanın bazı bölgelerinde ekonomik büyüme iklim değışikliğinden olumlu; diğer bazı bölgelerinde ise olumsuz yönde etkilenmektedir.

**Anahtar Sözcükler:** İklim Değışikliği, Ekonomik Büyüme, IS-LM-EE, Panel Veri Analizi

## **ABSTRACT**

Climate change is defined as a changing of climate factitiously, out of own natural variability with a consequence of forcing the limits at ecological environment by human activities. Basically, by the reason of increasing greenhouse effect which is the result of consuming fossil fuel, climate change creates critical threatening for all creatures, states and economies. In this regard, both scientific groups and political groups' efforts have been increasing for presenting existent and possible effects of climate change for recent years.

The aim of this study is to reveal existent and possible economic effects of climate change. For this purpose, monetary and fiscal policies' effectiveness which is applied within the scope of economy, environment and climate change relation; is discussed with self-enclosed IS-LM-EE model. Furthermore, Panel Data Analysis is applied for the data of 1980-2011 period and climate change's effects are analyzed at economic growth. This research involves world-wide and seven sub-region. Findings reveals that climate change's effects are different for regions. According to the obtained results, economic growth is affected positively by the climate change in the some regions, on the other hand in some other regions this results are negatively in the world.

**Keywords:** Climate Change, Economic Growth, IS-LM-EE, Panel Data Analysis

## TABLolar LİSTESİ

<u>Tablo Nr.</u>	<u>Tablonun Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Işınımsal Zorlama Kaynakları ve Katkıları (1750-2005).....	16
2	Kuru ve Açık Havada Atmosferin Bileşenleri .....	19
3	Sera Gazlarına İlişkin Temel Bilgiler .....	24
4	Çeşitli CO2 Senaryoları Altında Sıcaklık Artışı .....	42
5	Buzullarda Görülen Kayıplar ve Deniz Suyu Seviyesi (1971–2009).....	43
6	Emisyon Senaryoları ve İklim Değişikliği.....	45
7	RCP Türleri, Özellikleri ve Öngörülerini .....	47
8	Küresel Ortalama Sıcaklık Artışlarının Temel Etkileri .....	56
9	Doğal Afetler ve Bölgesel Etkileri (1980-2012).....	59
10	Dünyada Doğal Afetler ve Etkileri (2012).....	60
11	2080’li Yıllarda İklim Değişikliğinin Tarım Sektörüne Etkileri (%) .....	82
12	Veri Seti .....	165
13	Sıcaklık ve Yağış Değişkenlerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler.....	169
14	Korelasyon Matrisi (Avrupa ve Orta Asya).....	171
15	Korelasyon Matrisi (Doğu Asya ve Pasifik).....	172
16	Korelasyon Matrisi (Güney Asya).....	172
17	Korelasyon Matrisi (Kuzey Amerika) .....	173
18	Korelasyon Matrisi (Latin Amerika) .....	174
19	Korelasyon Matrisi (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) .....	174
20	Korelasyon Matrisi (Sahra Altı Afrika) .....	175
21	Korelasyon Matrisi (Dünya Geneli).....	175
22	Analiz Sonuçları (Avrupa ve Orta Asya).....	177
23	Analiz Sonuçları (Doğu Asya ve Pasifik).....	178
24	Analiz Sonuçları (Güney Asya).....	179
25	Analiz Sonuçları (Kuzey Amerika) .....	181
26	Analiz Sonuçları (Latin Amerika) .....	182

27	Analiz Sonuçları (Orta Doğu ve Kuzey Afrika) .....	184
28	Analiz Sonuçları (Sahra Altı Afrika) .....	185
29	Analiz Sonuçları (Dünya Geneli).....	186
30	Uygulama Sonuçlarının Özeti.....	188

## ŞEKİLLER LİSTESİ

<u>Şekil Nr.</u>	<u>Şeklin Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Küresel İklim Değişikliği.....	14
2	Atmosferin Sera Etkisi.....	19
3	Milankovitch Döngüleri.....	31
4	Güneş Lekeleri ve İklim İlişkisi (M.Ö. 3000-M.S. 2000).....	34
5	Pozitif Geri Besleme-Su Buharı.....	36
6	Negatif Geri Besleme-Bulutluluk.....	37
7	Emek Verimliliğinin Üretim Seviyesine Etkisi.....	72
8	İklim Değişikliğinin İstihdama Etki Kanalları.....	92
9	Çevrenin Ekonomi Bilimi İçinde Gelişimi.....	97
10	Geleneksel Yaklaşımda Ekonomik Akım Şeması.....	105
11	Ekolojik Yaklaşımda Ekonomik Akım Şeması.....	106
12	Daly'in Amaçlar ve Araçlar Yelpazesi.....	113
13	Çevresel IS-LM Modeli Heyes Yorumu (IS-LM-EE).....	122
14	Çevresel IS-LM Modeli Lawn Yorumu (IS-LM-EE).....	123
15	Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Modeli.....	125
16	Çevresel Denge Eğrisini Kaydıran Faktörler.....	127
17	Çevrenin Atıl Kapasite Kullanımı.....	129
18	Çevrenin Aşırı Kapasite Kullanımı.....	130
19	Çevrenin Tam Kapasite Kullanımı.....	131
20	IS-LM-EE Maliye Politikası Heyes Durumu.....	132
21	IS-LM-EE Maliye Politikası Lawn Durumu.....	134
22	IS-LM-EE Para Politikası Heyes Durumu.....	137
23	IS-LM-EE Para Politikası Lawn Durumu.....	138
24	Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Maliye Politikası.....	140
25	Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Para Politikası.....	141
26	IS-LM-EE Maliye Politikası Sim Yorumu.....	148

27	IS-LM-EE Para Politikası Sim Yorumu .....	149
28	Kurumsal Düzenlemeler Altında Para ve Maliye Politikası.....	150

## GRAFİKLER LİSTESİ

<u>Grafik Nr.</u>	<u>Grafığın Adı</u>	<u>Sayfa Nr.</u>
1	Sera Gazı Kaynakları .....	22
2	Antropojenik Sera Gazları .....	23
3	1770-2011 Dönemi CO <sub>2</sub> Yoğunluğu.....	23
4	Atmosferik CH <sub>4</sub> Yoğunluğu (ppb).....	26
5	Atmosferik N <sub>2</sub> O Yoğunluğu (ppb).....	27
6	CFCs ve HFCs Gazlarının Yoğunluğu (ppt).....	28
7	Atmosferik SF <sub>6</sub> Yoğunluğu (Mauna Loa, ppt).....	28
8	Küresel Ortalama Sıcaklık Anomalisi (1901-2013) .....	40
9	Küresel, Kara ve Okyanus Yüzey Sıcaklığı.....	41
10	Türkiye’de Yıllık Ortalama Sıcaklıklar (1971-2013) .....	50
11	Türkiye’de 1971-2013 Sıcaklık Anomalisi (Ort: 13,2 °C).....	50
12	Türkiye’de 1971-2013 Yağış Anomalisi (Normali: 643 mm) .....	51
13	Doğal Afetler (1980-2012) .....	57
14	İklimsel Afetlerin Ekonomik Kayıpları (1980-2012) .....	58
15	Doğal Afetler ve Ekonomik Kayıpların Kaynakları .....	59
16	Dünya Gıda Fiyatları Endeksi (1980-2013).....	83



## KISALTMALAR LİSTESİ

°C	:Santigrat
ABD	:Amerika Birleşik Devletleri
Ar	:Argon
CH <sub>4</sub>	:Metan
CO <sub>2</sub>	:Karbondioksit
CRU	:İklimsel Araştırma Birimi (Climatic Research Unit)
ÇKE	:Çevresel Kuznets Eğrisi
ÇŞB	:T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEMO	:Demokrasi İndeksi
DMÖ	:Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization)
DSÖ	:Dünya Sağlık Örgütü (World Health Organization)
EE	:Çevresel Denge Eğrisi
EKK	:En Küçük Karalar (Ordinary Least Squares)
F	:Florlu Gazlar
FAO	:Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organization)
FCGDP	:Sabit Sermaye Yatırımlarının Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya Oranı
FDI	:Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımlarının Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya Oranı
GDPPC	:Kişi Başına Düşen Gelir
GLS	:Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (Generalized Least Squares)
GOVGDP	:Kamu Harcamalarının Gayri Safi Yurtiçi Hasılaya Oranı
GSYİH	:Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
Gt	:Gigaton
H <sub>2</sub> O	:Su Buharı
HC	:Beşeri Sermaye
HFC	:Hidroflorokarbonlar
ILO	:Uluslararası Çalışma Örgütü (International Labour Organization)
IMF	:Uluslararası Para Fonu (International Monetary Fund)

IPCC	:Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change)
KIP	:Küresel Isınma Potansiyeli (Global Warming Potential)
LSDV	:En Küçük Karaler Kukla Değişkeni (Least Squares Dummy Variables)
MAP3	:Yağış Değişkeninin Hareketli Ortalaması
MAT3	:Sıcaklık Değişkeninin Hareketli Ortalaması
MGM	:Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MIT	:Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (Massachusetts Institute of Technology)
mm	:Milimetre
Mt	:Milyon Ton
N <sub>2</sub>	:Nitrojen
N <sub>2</sub> O	:Nitro Oksit
NASA	:Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (National Aeronautics and Space Administration)
NOAA	:Ulusal Okyanus ve Atmosfer Dairesi (National Oceanic and Atmospheric Administration)
O <sub>2</sub>	:Oksijen
O <sub>3</sub>	:Ozon
OPEN	:Dışa Açıklık
PFC	:Perflorokarbonlar
POPGR	:Nüfus Artışı
ppb	:Milyarda Bir Parçacık (Parts Per Billion)
ppm	:Milyonda Bir Parçacık (Parts Per Million)
ppt	:Trilyonda Bir Parçacık ((Parts Per Trillion)
PRE	:Yıllık Toplam Yağış
RPCs	:Temsili Konsantrasyon Rotaları (Representative Concentration Pathways)
SF <sub>6</sub>	:Kükürt Heksaflorür
SO <sub>2</sub>	:Sülfür Dioksit
ppm	:Milyonda Bir Parçacık (Parts Per Million)
ppt	:Trilyonda Bir Parçacık ((Parts Per Trillion)

SPI6	:Standardize Edilmiş Yağış İndeksi (Standardized Precipitation Index)
SRES	:Emisyon Senaryoları Özel Raporu (Special Reports on Emission Scenarios)
TCMB	:Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TEM	:Yıllık Ortalama Sıcaklık
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
TÜROFED	:Türkiye Otelciler Federasyonu
UNEP FI	:The United Nations Environment Programme Finance Initiative
UNFCCC	:Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change)
UNWTO	:Dünya Turizm Örgütü (World Tourism Organization)
W/m <sup>2</sup>	:Vat (Watt)
WASP	:Ağırlıklandırılmış Standardize Yağış Anamolisi (Weighted Anomaly of Standardized Precipitation)

## GİRİŞ

Bugünkü üretim ve tüketim yapılarının temelini sanayi devrimine dayandırmak mümkündür. Bu dönemden sonra Thomas Robert Malthus (1766-1834)'un öngördüğü gibi nüfus hızla artmaya başlamıştır. Sanayi devrimi ile birlikte üretim sahasına makineler girmiş, artan nüfus ve tarımda makine kullanımı kentleşme sürecinin yaşanmasına neden olmuş ve bu gelişmeler kitlesel üretim sürecine zemin hazırlamıştır. Buna paralel olarak 20. yüzyılın başlarında ve özellikle ikinci dünya savaşından sonra ülkelerin hızla büyümesi enerji ve hammadde ihtiyacını gündeme getirmiştir. Bu süreçte enerji ihtiyacının kömür ve petrol gibi fosil yakıtlarla; hammadde ihtiyacının ise, doğanın bilinçsizce kullanılarak tahrip edilmesi pahasına yine doğadan karşılanması ve artan nüfus baskısı su ve hava kirliliği gibi bir takım çevre sorunlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur.

Başlangıçta bölge veya ülke ölçeğinde ortaya çıkan çevre sorunları, pek az kesimin ilgilendiği bir konu olagelmıştır. Bu duruma, doğanın serbest bir mal olduğu ve dolayısıyla da fiyatının olmadığı yönündeki anlayışın yanı sıra teknolojiye yaşanan hızlı gelişimin çevre sorunlarının üstesinden geleceği inancının da yol açtığını söylemek mümkündür. Ayrıca bu dönemde çevre sorunlarının küresel ölçekte hissedilir bir seviyede olmaması çevre konusuna gereken ilginin gösterilmemesinin bir başka nedeni olarak gösterilebilir.

Ancak 1972 yılında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT)'den Jay W. Forrester ve Donella H. Meadows ile arkadaşlarının "*İnsanlığı Tehdit Eden Sorunlar Projesi*" kapsamında Roma Kulübü adına yayınladıkları "*Büyümenin Sınırları*" adlı raporda, üretim ve tüketim süreci ile nüfus artış hızının mevcut trendiyle devam etmesi durumunda, dünyanın ekolojik sınırlarının aşılabileceğini ve önlem alınmazsa 2100 yılında dünyada canlı yaşamının tehlikeye gireceğini ileri sürmeleri dikkatleri bir anda bu raporun sonuçlarına yöneltmiştir. Buna paralel olarak; 1970'lerden sonra ozon tabakasının incelendiğinin hatta delindiğinin ortaya konulması, asit yağmurlarının varlığı, tropikal ormanların tahribatının ciddi boyutlara ulaşıldığının görülmesi, kimyasal atıkların zehirli etkilerinin olduğunun kanıtlanması çevreye ve çevre sorunlarına olan ilgiyi daha da arttırmıştır.

Ne var ki, hiçbir çevresel sorun *iklim değişikliği* kadar gündem oluşturmamıştır. İklim değişikliği bölgesel etkilerinin yanında tüm insanlık üzerinde tehdit oluşturmasıyla küresel bir kimlik kazanmıştır. Bu sebeple kimi çevrelerce insanlığın bugüne kadar karşılaştığı en ciddi kriz olarak görülen bu çevre sorunu “*küresel iklim değişikliği*” olarak adlandırılmaktadır. Bugün gelinen noktada *küresel ısınma* ile birlikte yaşanan *iklim değişikliği* süreci farklı disiplinlerden birçok bilim adamının ilgi duymaya başladığı bir konu; sosyal ve siyasal çevrelerin de tartışmaya başladığı bir gündem maddesi haline gelmiştir.

Küresel iklim değişikliği, başta sıcaklık olmak üzere yağış, rüzgar, bulutluluk ve nemlilik gibi iklim elemanlarının ortalama ve uç durumlarında görülen değişiklikleri ifade etmektedir. Aslında iklim değişikliği dünyanın ilk defa karşılaştığı bir durum olmadığını da belirtmek gerekir. Nitekim dünya geçmiş dönemlerde, ekonomideki konjonktür devrelerine benzer şekilde, soğuma dönemine girerek kartopu; bu dönemi takip eden sürelerde ısınma sürecine girerek ateş topu şekline dönüşmüş ve bu duruma uyum sağlayamayan türlerin yok olmasına neden olmuştur. Buradan hareketle iklimin durağan olmayıp dinamik bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. Bilimsel çalışmalar sonucu, iklim koşullarında geçmişte yaşanan bu değişimlerin tamamen doğal nedenlerden kaynaklandığı ortaya konulmuştur. Bu nedenler; volkanik aktiviteler, kıta hareketleri, güneş etkinlikleri, dünyanın güneşe göre konumunda görülen değişimler ve iklim sisteminin kendi iç dinamikleri olarak sıralanabilir. Doğal nedenler sonucu iklimde görülen değişimler, *iklim değişkenliği* olarak adlandırılmaktadır. Bu değişkenlik çok uzun süreler ve yavaş gelişen süreçler sonunda yaşanmakla birlikte, yapılan bilimsel çalışmalar sanayi devriminden sonra iklimde hızlı bir değişikliğin gerçekleştiğini göstermektedir.

İklim değişikliğinin bilimsel temellerini oluşturmaya yönelik çabalar sonucu 1988 yılında kurulan *Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC)* 5-6 yılda bir yayınladığı iklim değişikliği raporlarının sonuncusunda (2013), sanayi devriminden bu yana yüzey ve deniz suyu sıcaklıklarının küresel ölçekte yaklaşık 0,9 °C arttığını ve bu artışın doğrusal bir trend izlediğini ortaya konulmuştur. Yayımlanan rapora göre 20 yüzyılın ikinci yarısı, son 1400 yılın en sıcak 50 yılı olmuştur ve doğal faktörlerin neden olduğu iklim değişikliği bu ısınmada küçük bir yer teşkil etmektedir. Bu bağlamda iklim bilimciler günümüzde yaşanan iklim değişikliğinin %95 oranında insan kaynaklı olduğunu yüksek bir

güvenle ileri sürmektedirler. Yine gözlemlenen dönemde kutup buzul hacimlerinde fark edilebilir azalmaların yaşandığı, buna paralel olarak da deniz suyu seviyesinin yaklaşık olarak 20 cm yükseldiği görülmüştür.

Büyük ölçüde insan kaynaklı olduğu kabul edilen iklim değişikliği nedeniyle başta sıcaklık ve yağışlar olmak üzere iklim elemanlarında değişimler yaşanmaktadır. İklimin doğal seyrinde görülen bu sapmalar, insanlar ve diğer canlılar üzerinde önemli etkiler meydana getirmektedir. Sıcak hava dalgaları ciddi sağlık problemlerinin yaşanmasına neden olmaktadır. Ayrıca sıcaklık artışları daha önce görülmemiş bulaşıcı hastalıkları ortaya çıkarmakta birçok ölüme sebebiyet vermektedir. Bunun yanı sıra hastalığa neden olan virüslerin yaşam süreleri uzamakta ve etkili oldukları coğrafyaları genişleyerek daha fazla insanı etkilemektedir. Şüphesiz bu olumsuzluklara karşın sıcaklıkların artması özellikle kuzey bölgelerindeki soğuğa bağlı ölümlerin azalmasını sağlayarak olumlu bölgesel etkiler de yaratmaktadır. Süreç, insanlar kadar diğer canlıları da etkilemekte ve yaşam için oldukça önemli olan biyoçeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır.

Yukarıda bahsedilen etkilerinin yanı sıra, iklim değişikliğinin sosyal, siyasal ve ekonomik etkilerinin de olduğu/olacağı muhakkaktır. Bir yandan sıcaklık artışları, diğer yandan yağış rejiminde görülen değişimler kuraklık riskini arttırmaktadır. Ülkemizden örnek vermek gerekirse, sıcaklık artışları ve azalan yağışlar nedeniyle özellikle büyük şehirlerde ciddi su sıkıntısı ve kuraklık riski yaşanmaktadır. Bu bakımdan gelecekte ülkeler, hatta bir ülkenin farklı bölgeleri arasında su sıkıntısı yüzünden ciddi sorunların yaşanacağı, bu bağlamda suyun savaşların bir nedeni (su savaşları) olacağı öngörülmektedir. Kuraklık riski ile yağışlarda görülen ani artışlar ve azalışlar, tarımsal alanlarda ciddi ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu durum bir yandan tarımsal ürünlerin ve diğer malların fiyatlarının artmasına yol açarak enflasyonun kontrolünü güçleştirmekte; diğer yanda da küresel anlamda gıda krizlerin yaşanmasına neden olmaktadır. İklim değişikliğinin popüler turizm bölgelerinde, bu faaliyetlerin aksamasına ve ciddi ekonomik kayıplara yol açacağı öngörülmektedir. Şüphesiz bu olumsuzluklar iklim değişikliğinden etkilenen sektörlerde istihdam kayıplarına yol açacaktır. Ayrıca yağışlarda görülecek ani artışlar, sel ve fırtına gibi doğal afetlerin sayılarını, yaşanma sıklıklarını ve şiddetlerini arttırmaktadır. Nitekim 1980-2012 döneminde dünyada görülen yıkıcı doğal afetlerin yaklaşık %87'si iklim kaynaklı doğal afetler olup, bu afetlerin ekonomik maliyeti 2,8 trilyon \$ olarak

gerçekleşmiştir. İklim değişikliğinin bu trendle devam etmesi durumunda söz konusu maliyetin yıllık 1 trilyon \$ civarında olacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan su seviyesindeki azalmalar enerji üretimini olumsuz etkilemekte ve artan sıcaklıklar enerji tesislerinin etkin kullanılmasını önlemektedir. İklim kaynaklı doğal afetlerin kurulu enerji üretim ve dağıtım tesislerine ciddi zararlar vererek iş kesintilerine de neden olduğu görülmektedir. Ayrıca iklim ortalamalarında yaşanan aşırı oynaklıklar fiziki sermayenin yaşam süresinin kısılmasına ve yıpranmasının hızlanmasına, dolayısıyla da beklenenden önce kullanım dışı kalmasına neden olmaktadır. Bunun yanı sıra sıcaklık artışı, kuraklık, salgın hastalıklar, sel ve fırtınalar gibi doğal afetler üzerinden iklim değişikliğinin etkilerinin hissedilmesi bilgi stokunun da (beşeri sermaye) yıpranmasına ya da göç etmesine zemin hazırlamaktadır. Yine iklim değişikliği, vücudun ısı dengesini bozarak emek verimliliğini olumsuz etkileyebilmektedir. İklim değişikliği nedeniyle üretim girdisi olan doğal sermayede yaşanan/yaşanacak kayıplar da üretim sürecinde sıkıntılar doğmasına sebep olabilecektir. Sıralanan bütün bu etkiler ülkelerin ekonomik büyümeleri ve gelişmeleri üzerinde önemli sonuçlar doğurabilmektedir. Nitekim London School of Economics profesörlerinden Nicholas Stern'in 2006 yılında hazırladığı raporda, önlem alınmadığı takdirde iklim değişikliğinin küresel maliyetinin her yıl dünya GSYİH'nın %5'i kadar olacağını ve iklim değişikliğinin seyrine göre bu oranın %20'lere kadar çıkabileceğini vurgulamaktadır.

Şüphesiz iklim değişikliği her bölge ve ekonomiyi olumsuz etkileyebilecektir. Bu bağlamda alçak enlemlerdeki sıcak ve tropikal bölgeler iklim değişikliğinden en çok etkilenecek yerler olarak öngörülmektedir. Buna karşın ılıman bir iklim değişikliğinden orta ve yüksek enlemlerdeki nispeten soğuk ülkeler kazançlar sağlayabilecektir. Ancak ilerleyen dönemde iklim değişikliğinin mevcut trendi devam eder ve bir önlem alınmazsa, iklim değişikliğinin net etkisinin küresel olarak olumsuz yönde olacağı beklenmektedir.

Bu çalışmanın amacı, "*Küresel İklim Değişikliğinin Önemli Ekonomik Sonuçları Olacaktır*" hipotezi bağlamında, günümüzün en önemli çevre sorunu olarak kabul edilen iklim değişikliğinin ekonomik yansımalarını irdelemektir. Bu amaçla konu öncelikli olarak makro ekonomik boyutta ele alınmış, konunun mikro ekonomik boyutuna ise gerekli görülen durumlarda kısaca değinilmiştir. Ayrıca iklim değişikliğinin küresel bir olgu olduğu düşüncesinden hareketle Türkiye için ayrı bir bölüm açılmamış; ancak iklim

değişikliğinin Türkiye üzerindeki etkilerine ilgili başlıklar altında yeri geldiğince değinilmiştir.

Bu amaçla önce iklim değişikliği konusu ayrıntılı bir şekilde incelenerek, nedenleri açıklanmıştır. Daha sonra iklim değişikliğinin genel ve ekonomik etkileri ortaya konulmuştur. İklim değişikliğinin ekonomik etkileri bağlamında öncelikle emek verimliliği, istihdam ve büyüme üzerindeki etkilerine değinilmiş, diğer ekonomik gösterge ve konulara olan etkilerine ise zaman zaman metin içinde atıf yapılmıştır. Takip eden başlıklarda iklim değişikliğinin tarım, turizm ve enerji sektörlerine olan etkileri ele alınmıştır. Belirtilen üç sektörün, özellikle tarım ve turizm sektörlerinin, iklimle doğrudan ilgili olması ve ana girdilerini iklimin oluşturması nedeniyle böyle bir sınırlamaya gidilmiştir. Öte yandan iklim değişikliğinin enerji arz ve talebini etkileyecek olması yanında, hidroelektrik ve nükleer enerji santrallerinin suya duyduğu ihtiyaç, enerji sektörünün de araştırmaya dahil edilmesini gerekli kılmıştır. Nitekim uluslararası kurumlarca yayınlanan raporlar ve bilim çevrelerince yapılan çalışmalar, iklim değişikliğinden en çok etkilenecek sektörlerin bu üç sektör olduğunu ortaya koymaktadır.

Önemli ekonomik yansımaları olan küresel iklim değişikliğinin *makro ekonomik etkilerini* analiz etmek üzere bu çalışmada bir model analizi yapılmıştır. Bu analiz kapsamında, Heyes (2000) tarafından standart IS-LM modeline, çevrenin bir kısıt olarak ilave edilmesiyle oluşturulan “genişletilmiş” ya da “çevreye uyarlanmış IS-LM-EE” modelinden yararlanılmıştır. Ekonomi literatürüne yeni yeni girmeye başlayan ve üzerinde sınırlı sayıda çalışma bulunan “*IS-LM-EE Modeli*”nin çevresel dengenin gözetilmesi durumunda uygulanacak para ve maliye politikalarının sonuçları veya etkinliği hususunda politika yapıcılara yararlı bir model olacağı beklenmektedir. Model şüphesiz geliştirilmeye açıktır. Modeli geliştiren Heyes bu durumu “*çevrenin makro ekonomik bir modele dahil edilmesi konusunda bütün meseleyi hallettiğimi söyleyemem, ancak bunu başarmak için birilerinin bir yerden başlayarak adım atması ve yol göstermesi oldukça önemlidir*” şeklindeki sözleriyle dile getirmektedir. Zira IS-LM-EE modeli dışa kapalı IS-LM modeli çerçevesinde geliştirilmiştir. Gelecekteki çalışmalarda dışa açık IS-LM modeli kapsamında da IS-LM-EE modelinin geliştirilmesi çabaları olacağı muhakkaktır.



Çalışmaya konu olan IS-LM-EE modeli çerçevesinde genişletici para ve maliye politikalarının çevresel kısıt altında ne gibi sonuçlar doğuracağı ortaya konulmuştur. Ülkelerin ekonomik büyüme çabaları çevrenin taşıma kapasitesinin ya da çalışmada kullanıldığı adıyla çevresel dengenin aşılması pahasına olmaktadır. Bu durum ise birçok çevre sorunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda çalışmada daraltıcı para ve maliye politikaları değil; genişletici para ve maliye politikaları ile analiz yapılmıştır. IS-LM-EE modeli kapsamında literatürdeki ulaşılabilen muhtelif çalışmalar, bu çalışmaların eksikliklerini gidermeye yönelik yapılan diğer çalışmalarla birlikte harmanlanarak bir bütünlük içinde sunulmuştur. Yeni yeni gelişmekte olan IS-LM-EE modeli takip edilebildiği kadarıyla yurtdışı ve özellikle yurtiçi makro ekonomi ders kitaplarına henüz girmemiştir ya da girme aşamasındadır. Bu bakımdan tez çalışmasının, IS-LM-EE modelinin özellikle yurtiçi literatürde tartışılmasına, geliştirilmesine ve ilgili alanda ders kitaplarına girmesine öncülük edeceği umulmaktadır.

Çalışmanın uygulama kısmında iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri “Panel Veri Analizi” kullanılarak araştırılmıştır. İklim değişikliği kabaca on yıllar veya daha uzun sürede iklimin ve iklim elemanlarının ortalama durumunda görülen değişimler olarak tanımlanmaktadır. Dünya Meteoroloji Örgütü’ne göre bu süre en az 30 yıl olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle araştırma 1980-2011 dönemini kapsamaktadır. Araştırma dönemi yeterli ve güvenilir veriye ulaşılamaması nedeniyle genişletilememiştir. İklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar incelendiğinde, bunların birkaç istisna dışında hemen hemen tamamının Sahra Altı Afrika ülkelerini ele aldıkları görülmüştür. Yapılan akademik çalışmaların, uluslararası kuruluşlarca yayınlanan raporların ve projeksiyonların iklim değişikliğinden en çok bu bölgenin etkileneceği gerçeğini ortaya koyması, şüphesiz böyle bir sonucu olağan kılmaktadır. Bu bakımdan literatürde diğer bölgeler için yapılan uygulamalı çalışmaların az sayıda olduğu görülmektedir. Bu sebeple literatürdeki bu boşluğu gidermek adına bu araştırmada yedi bölge ele alınmıştır. Dünya Bankası bölgesel sınıflandırması esas alınarak bu bölgeler şu şekilde gruplandırılmıştır: Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Güney Asya, Kuzey Amerika, Latin Amerika, Orta Doğu ve Kuzey Afrika, Sahra Altı Afrika. Bu bölgelere ilaveten araştırma küresel ölçekte de yapılmıştır. Veri yetersizliği/uyumsuzluğu gibi nedenlerle bölgelerdeki tüm ülkeler analize dahil edilememiştir. Bu bağlamda yedi bölgede toplam 94 ülke araştırmaya dahil edilmiştir.

Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi (NASA) ve IPCC'ye göre; sıcaklık, buzulların erimesi, deniz suyu seviyesindeki yükselmeler, atmosferik sera gazları miktarı ve yağış rejiminde görülen değişimler iklim değişikliğinin göstergesi olarak kabul edilmektedir. Bu değişkenlerden buzulların erimesi ve deniz seviyesinde görülen yükselmelere ait veriler her ülke için mevcut olmamakla birlikte, var olan verilerin de güvenilir ve düzenli olmadığı görülmüştür. Öte yandan sera gazı salınımlarının artmasına neden olan fosil yakıt tüketimi ekonomik büyümenin nedeni; sera gazı salınımları ise ekonomik büyümenin bir sonucudur. Bu bağlamda sera gazları ve ekonomik büyüme arasındaki bu çift yönlü ilişki içsellik (endogeneity) sorunu modelin sağlıklı ve güvenilir sonuç vermesinin önünde engel teşkil etmektedir. Sıralanan nedenlerden dolayı araştırmada, iklim değişikliği göstergesi olarak yıllık toplam yağış miktarı ve yıllık ortalama sıcaklıklar kullanılmıştır. Nitekim konu ile ilgili literatür incelendiğinde, çalışmaların tamamına yakınında yağış ve sıcaklık değişkenleri ile bunların farklı formlarının kullanıldığı görülmektedir.

Tez çalışması dört bölümden oluşmaktadır. Çalışmanın birinci bölümünde, iklime ilişkin kavramsal çerçeveye, iklim değişikliğine, nedenlerine ve iklim değişikliği senaryolarına yer verilmiştir. Bu bağlamda önce iklim, iklim sistemi ile iklim değişkenliği ve değişikliği kavramları açıklanmış; iklim değişikliğinin nedenlerine değinilmiştir. Daha sonra ise iklimsel zorlama ve geri besleme mekanizmaları tanıtılarak sera gazları ve doğal sera etkisi detaylı bir şekilde açıklanmıştır. Buna ilave olarak sera etkisinin iklim değişikliğindeki rolü vurgulanmış; sera etkisinin kuvvetlenmesi nedeniyle ortaya çıkan küresel ısınma hususuna yer verilmiştir. Son olarak da küresel iklim değişikliği üzerine mevcut olan senaryolar hakkında bilgi verilmiştir.

Çalışmanın ikinci bölümünde, iklim değişikliğinin genel ve ekonomik etkileri irdelenmiştir. İklim değişikliğinin etkilerinin bölgelere göre farklılık göstereceği öngörüsüyle, IPCC'nin sınıflandırmasına göre bölgesel etkilere kısaca değinilmiştir. Takip eden kısımlarda iklim değişikliğinin ekonomik etkilerinden bahsedilmiştir. Bu kapsamda; iklim değişikliğinin emek verimliliği, istihdam ve ekonomik büyüme üzerindeki etkileri ve etkileme kanalları açıklanmıştır. Son olarak iklim değişikliğinin sektörel etkileri tarım, turizm ve enerji sektörleri çerçevesinde analiz edilmiştir.

Çalışmanın üçüncü bölümünde, iktisadi düşünceler tarihi içinde farklı iktisat ekollerinin çevre ve çevre sorunlarına ilişkin yaklaşımlarına değinilmiştir. Bu çerçevede neoklasik iktisat öncesi dönem, neoklasik iktisat ve 1970'lerden sonra filizlenmeye başlayan ekolojik iktisat ayrımına gidilmiştir. Daha sonra da, ekonomi, çevre ve iklim değişikliği üçgeninde bir model analizi yapılmıştır. 2000'li yılların başında Heyes tarafından geliştirilen ve çevreye uyarlanarak genişletilmiş IS-LM modeli (IS-LM-EE)'nden faydalanılmıştır. İkame ve tamamlayıcılık ilişkisi altında genişletici para ve maliye politikası uygulamaları standart IS-LM modeli ile karşılaştırılarak bu politikaların IS-LM-EE modelinde etkinlikleri tartışılmıştır.

Dördüncü bölümde, konuyla ilgili uygulamalı literatüre değinildikten sonra iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla 1980-2011 dönemini ve yedi bölge olmak üzere toplam 94 ülkeyi kapsayan verilere panel veri analizi uygulanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, öncelikle araştırmada kullanılacak yöntem olan panel veri analizi açıklanmıştır. Daha sonra kurulan modeller ile veri seti tanıtılmıştır. Ardından kullanılan değişkenlere ilişkin tanımlayıcı istatistiklere yer verilerek korelasyon analizi gerçekleştirilmiştir. Oluşturulan modeller çerçevesinde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri yedi bölge ve dünya geneli için ayrı ayrı test edilmiştir.

Çalışmanın sonuç ve öneriler kısmında, araştırmadan elde edilen bulgular değerlendirilerek, iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri hakkında tespitlere yer verilmiş ve bu tespitler doğrultusunda bir takım politika çıkarımlarında bulunulmuştur. Bu bölümün son kısmında, gelecek çalışmalara yardımcı olması düşüncesiyle bir takım önerilerde bulunulmuştur.

## **BİRİNCİ BÖLÜM**

### **1. KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ: KAVRAMSAL ÇERÇEVE ve NEDENLERİ**

Bu bölümde, küresel iklim değışikliği ile ilgili kavramlar, tartışma ve senaryolar ile küresel iklim değışikliğinin nedenlerine değinilmektedir.

#### **1.1. Kavramsal Çerçeve**

##### **1.1.1. Hava ve İklim**

Tüm atmosfer olayları, süreçleri ve iklim belirli bir zaman süresi ile tanımlanabilmektedir. Bir rüzgar hamlesi birkaç saniye sürebilir; alçak basınçlar ve onlara bağlı kötü hava koşulları birkaç günden on güne kadar etkili olabilir; yüksek basınçlara bağlı iyi hava devreleri haftalar ve kuraklık olayları da aylarca devam edebilir. Buzulların eriyip çekilmesine yol açan sıcaklık değışimleri onlarca/yüzlerce; buzul ve buzullar arası çağlar ise binlerce yıl sürebilir (Türkeş, 2001: 188).

Hava, insan yaşamını ve faaliyetlerini etkileyen rüzgar, sıcaklık, bulutluluk, nem ve basınç gibi olaylarla ilgi atmosferin belli bir an ve yerdeki durumudur (National Oceanic and Atmospheric Administration's [NOAA], National Weather Services, <http://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=w>). Günlük hayatta sık sık duyulan ve kullanılan “dün çok sıcaktı, yarın rüzgar ve yağmur bekleniyor, geçen yıl bu zamanlar daha soğuktu” gibi söylemler hava ve hava durumu ile ilgili söylemlerdir. Herkes havanın nasıl olduğunu anlık, günlük, haftalık, aylık ve yıllık takip edebilir.

Havanın uzun dönemli eğiliminin değeriendirilmesi ise iklim biliminin alanını oluşturur. Uzun dönem kavramı ayları, yüzyılları hatta bin ve milyon yılları kapsayabilir. Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization [DMÖ]) 'ne göre bu

dönem ortalama 30 yıldır (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli [IPCC], 2007a: 96; Alley ve Fitzpatrick, 2009: 25).

İklim, mevsimler veya daha uzun bir süredeki atmosfer, kara ve suyun ortalama durumunu ifade etmektedir. Bu anlamda iklim yüzey sıcaklığı, yağış, rüzgar, nem, bulutluluk, deniz yüzeyi sıcaklığı, buzulların yoğunluğu ve kalınlığı gibi atmosfer ve yeryüzü ile ilgili istatistikler serisi ya da sistemi olarak tanımlanabilir (Cicerone ve diğerleri, 2001: 6). Şüphesiz iklimin tanımı, aşırı olayları, sıklık dağılımlarını, olasılıkları ve değişkenlikleri de içermek zorundadır. Bu istatistiksel yaklaşım, son yıllarda iklim terimiyle bütünleşmiş ve iklim, "belirli bir alandaki hava koşullarının ve atmosferik değişkenlerin varyansları ile ortalama değerleri gibi uzun süreli istatistiklerle karakterize edilen bir sentez" (Türkeş, 1997: 36-37) şeklinde tanımlanmaya başlanmıştır.

Açıklamalardan anlaşılacağı üzere hava ve iklim birbirinden ayrı kavramlardır. Hava ve iklim arasındaki en önemli ayırım "zaman"dır. Bir bölgenin iklimi birkaç saniyeden, birkaç haftaya uzanan zaman ölçeğine sahip havadan farklıdır (Türkeş, 2001: 188). Kısa süreli atmosfer olayları hava olarak nitelendirilirse, bunların uzun süreli ortalamaları ve ortalamadan sapmaları da iklim olarak nitelendirilebilir.

Hava ile iklim arasındaki bir başka fark da, bu süreçlerin tahmin edilebilirliği ile ilgilidir. Örneğin bilim adamları oldukça karışık ve düzensiz bir yapıya sahip olan havanın birkaç hafta sonra nasıl olacağını tahmin edememektedirler. Buna karşın, 50 yıl sonraki iklimi gelişmiş modelleme teknikleri yardımı ile yaklaşık olarak tahmin edebilmektedirler (IPCC, 2007a: 104). Bundan 20 yıl öncesine kadar 2 günlük güvenilir hava durumu tahminleri yapılırken, günümüzde yapılan 5 günlük tahminler güvenilir kabul edilmektedir (DMÖ, [http://www.wmo.int/youth/weather\\_en.html](http://www.wmo.int/youth/weather_en.html)). Hava ile iklim arasındaki bu ilişki, bir insanın ne zaman öleceğinin bilinmemesine rağmen, gelişmiş ülkelerde ortalama insan ömrünün 75 yıl olduğunun tahmin edilmesine benzerdir.

### **1.1.2. İklim Sistemi**

İklim sistemi; atmosferi, karaları, kar ve buzulları, okyanus ve diğer su kaynaklarını ve canlıları içeren karmaşık ve bileşenlerinin birbirini etkilediği bir sistemdir. İklim

sisteminin elemanlarından olan atmosfer ise belirgin bir şekilde iklimi karakterize etmektedir. İklim sistemi zorlama olarak adlandırılan ve yıllar içinde sistemden kaynaklanan iç dinamikler ile sistemin dışındaki faktörlerden kaynaklanan etkilerden dolayı yavaş bir şekilde gelişir. Dışsal zorlamalar güneş değişkenlikleri ve volkanik aktiviteler gibi doğal süreçler olabileceği gibi, insan faaliyetlerinden kaynaklanan ve atmosferin bileşimini değiştiren yapay süreçler de olabilir. Dışsal zorlamalar yerkürenin enerji dengesinin değişmesine neden olur. Temel olarak enerji dengesinin bozulmasına yol açan üç neden vardır (IPCC, 2007a: 96):

- Yeryüzüne gelen güneş enerjisinin değişmesi (Dünyanın yörüngesindeki değişimler veya güneşin kendi dinamiklerinden kaynaklanan),
- Yeryüzünün albedo<sup>1</sup> değişimi (bulutluluk, atmosferik parçacıklar (aerosoller)<sup>2</sup>, buzullarda görülen erimeler ve bitki örtüsündeki değişimlerden kaynaklanan),
- Yeryüzünden uzaya geri yansıyan ısıdaki değişim (sera gazlarındaki değişimlerden kaynaklanan).

Dışsal zorlamaların etkisi olmadan görülen ve iklim sistemi içinde, enerjinin yeniden dağılımına neden olan önemli içsel zorlamalar; tropikal bölgelerde 40-50 günlük süreyle etkili olan rüzgar, bulutluluk ve diğer iklimsel değişimler ya da “Madden-Julian Salınımı”; tropikal iklim değişiminde yıldan yıla baskın olan ve tropikal pasifik deniz suyu yüzey sıcaklığı tarafından karakterize edilen “El Nino Güney Salınımı”; Kuzey Pasifik iklimini 20-30 yıl süre ile değiştiren “Pasifik On Yıllık Salınımı” ve “Kuzey Atlantik Salınımı” olarak sıralanabilir (Duffy, 2008: 545). İklim sistemi, bu değişimlere doğrudan cevap verebileceği gibi geri besleme mekanizmaları (feedback) ile de dolaylı olarak cevap verebilmektedir (Somerville ve diğerleri, 2007: 96).

Geri besleme mekanizmaları, değişen atmosferin yeryüzü enerji dengesine karşı iklim sisteminin verdiği tepkidir. Pozitif ve negatif olarak gerçekleşebilen geri besleme mekanizmaları, iklim değişikliğini artırıcı yönde etki etmektedir. Pozitif geri besleme, bir yandan sera etkisi üzerinde baskı oluşturarak bu etkinin fazlalaşmasına neden olurken bir

---

<sup>1</sup> Bir yüzeyin yansıtma gücü; karaların, suların, buzulların, bulutların üzerlerine gelen enerjiyi geri yansıtma kapasitelerini ifade etmektedir.

<sup>2</sup> Atmosferde bir kaç saatten birkaç güne kadar asılı durabilen oldukça küçük katı ve sıvı parçacıklardır.

yandan da küresel ısınma olgusunun artmasına neden olmaktadır. Negatif geri besleme ise, pozitif geri beslemenin aksine, sıcaklık üzerinde eksi bir etkiye sahiptir.

### **1.1.3. İklim Değişkenliği ve İklim Değişikliği**

İklim değişikliği, nedeni ne olursa olsun iklimin ortalama durumunda ve değişkenliğinde onlarca yıl ya da daha uzun süre boyunca gerçekleşen değişikliklerdir. Dünya tarihi boyunca, yaklaşık 4,5 milyar yıllık bir dönemde, iklim sisteminde milyonlarca yıldan on yıllara kadar tüm zaman ölçeklerinde doğal etmenler ve süreçlerle birçok değişiklik olmuştur. Jeolojik devirlerdeki iklim değişiklikleri, özellikle buzul hareketleri ve deniz seviyesindeki değişimler yoluyla yalnızca dünya coğrafyasını değiştirmekle kalmamış, ekolojik sistemlerde de kalıcı değişiklikler meydana getirmiştir (<http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx>).

Antarktika'daki buz sondajlarından elde edilen veriler, uzun dönemli buzul çağlarının, daha kısa ve daha sıcak dönemlerle kesintiye uğradığını göstermektedir. Buzullararası olarak tanımlanan sıcak dönemlerin yaklaşık 100.000 yılda bir görüldüğü ve dünyanın yörüngesi ve ekseninin eğimine bağlı olarak yaklaşık 10.000 yıl sürdüğü bilinmektedir (O'Neill ve diğerleri, 2007). Dünya yüzeyi günümüzden 3 milyar yıl kadar önce oldukça sıcaktı. Ateş topu olarak adlandırılan bu dönemde sıcaklığın 70 °C olduğu söylenmektedir. Dünya uzun süre sıcak bir küre olarak kaldıktan sonra 2,3 milyar önce yavaş yavaş soğuma eğilimine girmiştir. Ardından milattan önce (MÖ) 760 ile 700 ve 620 ile 590 yılları arasında dünya neredeyse bir kartopuna dönüşerek buzul çağlarını yaşamıştır (Uzmen, 2007: 27–28).

IPCC (2001: 788; 2007a: 943)'e göre, iklim değişikliği, onlarca yıl veya daha uzun sürede devam eden, iklimin ya da iklimin değişkenliğinin ortalama durumunda izlenen istatistiksel olarak anlamlı değişiklik olarak tanımlanabilir. İklim değişikliği iklimin doğal değişkenliğinden olabileceği gibi insan faaliyetlerinden de kaynaklanabilir.

Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change [UNFCCC] 1992: 3)'e göre ise iklim değişikliği, karşılaştırılabilir bir zaman diliminde gözlenen iklimin doğal değişkenliğine ek

olarak, doğrudan ya da dolaylı bir şekilde atmosferin bileşimini değiştiren insan faaliyetleri nedeniyle iklimde meydana gelen değişim olarak tanımlanmaktadır. Bu tanımlarda vurgulanması gereken hususlar bulunmaktadır. Bunlar “iklim değişkenliği” ve “iklim değişikliği” ayrımı ve insan faaliyetlerinin neden olduğu katkılardır.

İklim bilimciler, günümüzde ortalama sıcaklık yükselmelerinin en önemli nedenini insan faaliyetlerinin oluşturduğu konusunda fikir birliğine varmışlardır. Bununla birlikte iklim değişikliği insanların dünyayı değiştirmesinden ve hatta insanoğlu var olmadan önce geçmişte de yaşanmıştır. Geçmişteki iklim değişiklikleri dünyanın yörüngesi, güneş etkinlikleri, büyük volkanik faaliyetler gibi doğal nedenlerden kaynaklanmıştır. Bu değişimlerin bazıları pozitif geri beslemeye neden olarak etkilerinin daha da şiddetlenmesine yol açmıştır. Şüphesiz bu tür doğal süreçlerin tekrarlanması olasıdır (Woodward, 2008: 15).

Geçmişte yaşanan bu süreçler, iklim değişkenliğidir. İklim değişkenliği, tek bir günlük olarak ölçülebilen sıcaklık gibi iklim elemanlarının değişimi olarak algılanmamalıdır. Aksine iklim değişkenliği sıcaklığın uzun yıllar boyunca ölçülen ya da gözlemlenen ortalamalarındaki periyodik veya yarı periyodik döngülerdir. Bu tür döngülerin en önemli özelliği doğal süreçler olmalarıdır. Özetle; iklim değişkenliği, insan faaliyetlerinin etkileri olmaksızın iklim sisteminde görülen ve doğal süreçlerden kaynaklanan değişimlerdir (Duffy, 2008: 545).

İklim değişikliği ise, iklim değişkenliğine ek olarak doğrudan ya da dolaylı biçimde insan faaliyetlerinden kaynaklanan değişiklikleri ifade etmektedir. Özellikle Sanayi Devrimi ile birlikte kullanılmaya başlanan fosil yakıtlar, ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı, tarımsal faaliyetler ve endüstriyel süreçler gibi nedenlerden dolayı atmosferin bileşimi daha önce görülmemiş bir şekilde değişmiştir. Sanayi Devrimi öncesi atmosferdeki sera gazları yoğunlukları hemen hemen sabit iken Sanayi Devrimi ile birlikte sera etki yapan gazların yoğunlukları giderek artmıştır. Örneğin, 1860 öncesi atmosferdeki yoğunluğu 280 ppm<sup>3</sup> olan Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) düzeyi, günümüzde 400 ppm seviyelerine ulaşmıştır. İnsan faaliyetlerinden kaynaklanan ve sera etkisini kuvvetlendiren bu süreçler

---

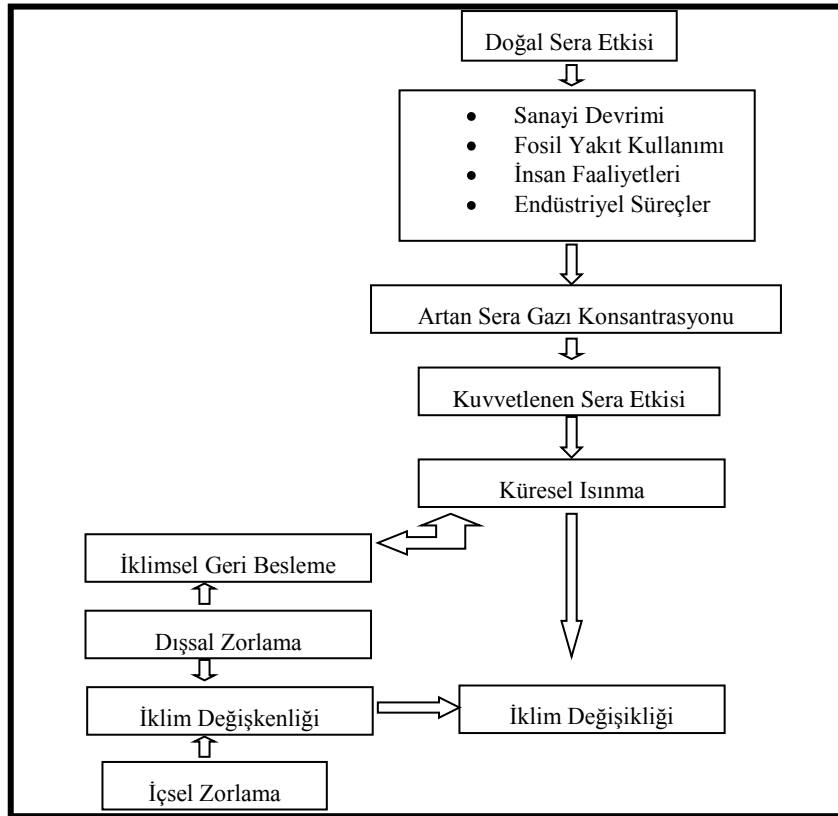
<sup>3</sup> ppm (per parts million); milyonda bir parçacık, ppb (per parts billion); milyarda bir parçacık.



içsel zorlama ve geri besleme mekanizmalarının çalışmasına sebep olarak, doğal dışsal zorlamalarla birlikte iklim değişikliğine neden olmaktadır (Şekil 1). Buradan hareketle iklim değişikliğine neden olan dışsal sebepler şu şekilde sıralanabilir (Ahrens, 2007: 438):

- Gelen güneş ışınımındaki değişiklik,
- Atmosferin kompozisyonunda görülen değişiklik,
- Yeryüzünün şeklinde meydana gelen değişimler.

**Şekil 1: Küresel İklim Değişikliği**



**Kaynak:** Tarafımızca çizilmiştir.

Doğal bir süreç halinde gelişip değişen bu değişimlerin üçü de geçmişte gerçekleşmiştir. Bu değişimlerin bundan sonra da gerçekleşmesi muhtemeldir. İnsan faaliyetleri ise, atmosferin kompozisyonu değiştirmenin yanında yeryüzünün şeklinde değişiklikler de meydana getirerek küresel ısınmaya ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Şüphesiz dışsal zorlamalara ilave olarak içsel nedenlerle de özellikle bölgesel

olarak da iklim değişebilir. Bu içsel nedenlere okyanus ve hava dolaşımlarında meydana gelen değişimler örnek olarak gösterilebilir.

Yukarıda yapılan açıklamalar ışığında iklim değişikliği mekanizması Şekil 1’de gösterilmiştir. Buna göre; doğal bir süreç olan ve dünya için hayati öneme sahip sera etkisi bir takım insan faaliyetleri ve ekonomik süreçler nedeniyle atmosfere daha fazla sera etkisi yaratan gazların salınmasıyla giderek artmaktadır. Doğal değil, fakat insan odaklı yapay bir süreç sonunda kuvvetlenen sera etkisi yeryüzünün giderek ısınmasına yol açarak küresel ısınmanın yaşanmasına neden olmaktadır. Küresel ısınma, iklimsel geri besleme mekanizmalarını çalıştırarak ısınmanın daha da artmasını sağlamaktadır. Sonuç olarak iklimin var olan değişkenliğine ek olarak geri besleme mekanizmaları ile içsel ve dış zorlamaların etkileri iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliğine neden olan bu süreçlere aşağıda değinilmektedir.

## 1.2. Küresel İklim Değişikliğinin Nedenleri

Dünya, güneşten gelen kısa dalga boylu enerjiye (radyasyon) maruz kalmaktadır. Güneşten gelen (yaklaşık  $343 \text{ W/m}^2$ )<sup>4</sup>enerjinin yaklaşık %30’u olan  $103 \text{ W/m}^2$ ’lik bir kısmı atmosfer ve yeryüzünün elemanları olan su kaynakları, karalar ve buzullar tarafından uzaya geri yansıtılır. Geri kalan kısmı ise ( $240 \text{ W/m}^2$ ), yeryüzü ve atmosfer tarafından emilir ve ısıya dönüştürülerek dünyayı ısıtır. Isınan yeryüzü ise uzun dalga boylu ışınım yaparak enerjiyi uzaya geri gönderir. Bu süreç sonunda dünyanın güneşten aldığı ve uzaya geri gönderdiği ortalama enerji arasında bir denge söz konusudur ve net ışınım sıfırdır.

Birçok faktör yüzey sıcaklığını belirlemede ve iklimi etkilemede rol oynamaktadır. İklim bilimciler bu faktörleri temel olarak “İklimsel Zorlama” ve “İklimsel Geri Besleme” şeklinde iki grupta incelemektedirler (IPCC, 1996; Jacop ve diğerleri, 2005: 1; National Academies, 2008: 6-7).

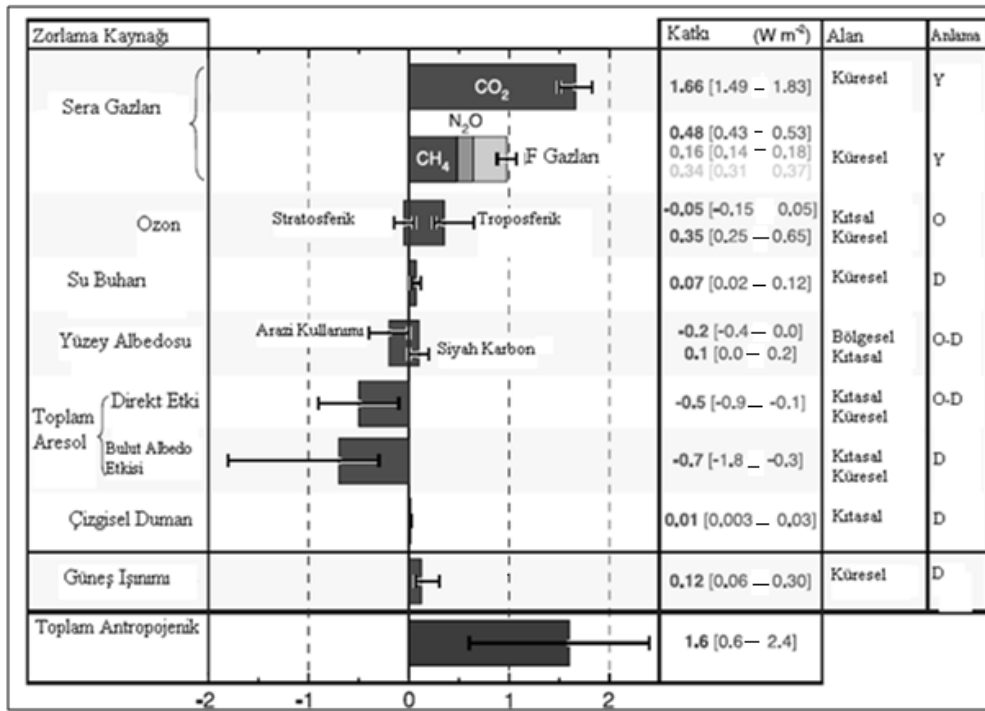
---

<sup>4</sup>  $\text{W/m}^2$  ( watt per square metre); Vat cinsinden metre kareye düşen enerji.

### 1.2.1. İklimsel Zorlama

Kısa dalga boylu güneş ışınımında veya uzun dalga boylu yeryüzü ışınımında meydana gelen değişim nedeni ile dünyanın enerji alış-verişindeki dengesinin bozulması “İklimsel Zorlama” ya da aynı anlama gelen “Işınımsal Zorlama” olarak adlandırılmaktadır (Houghton ve diğerleri, 1995: 15; IPCC, 1996: 49; 2007a: 136; Cicerone ve diğerleri, 2001: 6).

**Tablo 1: Işınımsal Zorlama Kaynakları ve Katkıları (1750-2005)**



**Not:** 0 ile temsil edilen orijin noktasının sağ tarafı, dünya enerjisi dengesine yapılan pozitif katkıları temsil etmekte ve sıcaklığı artırıcı bir rol oynamaktadır. Sol tarafı ise, enerji dengesine yapılan negatif katkıyı göstermekte olup sıcaklığı azaltıcı bir rol oynamaktadır. Alan; ışınımsal zorlamaların etki alanlarını, Anlama; ışınımsal zorlamaların ve katkılarının bilimsel anlamaları düzeyini temsil etmektedir. Y; yüksek, O; orta ve D; düşük.

**Kaynak:** IPCC, 2007a: 131

Işınımsal zorlamalar W/m<sup>2</sup> cinsinden ölçülmekte ve dünyanın enerji dengesine yaptığı pozitif ve negatif katkıları göstermektedir. Tablo 1’den görüleceği üzere, 1750-2005 yılları arasında insan faaliyetlerinden kaynaklanan sera gazları, sıcaklık artışına yol açacak pozitif bir ışınımsal zorlamaya neden olmaktadır. Özellikle, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub> gazları önemli bir etkiye sahiptirler. Belirtilen dönemde CO<sub>2</sub>’in 1,66 W/m<sup>2</sup>’lik değerle pozitif anlamda en fazla ışınımsal zorlamaya neden olduğu görülmektedir. Aerosollerin ve yüzey albedosunun negatif ışınımsal zorlamaya neden olduğu dönemde, doğal nedenlerden

kaynaklanan pozitif etki ise  $0,12 \text{ W/m}^2$ 'dir. Sera gazları ile karşılaştırıldığında güneşten kaynaklanan bu doğal etkinin nispeten düşük olduğu söylenebilir. Nitekim incelenen dönemde insan faaliyetlerinden kaynaklanan toplam ışımsal zorlamanın  $1,6 \text{ W/m}^2$  olduğu görülmektedir. Bu bağlamda Sanayi Devrimi'nden sonra görülen küresel iklim değişikliğinin önemli ölçüde insan faaliyetlerinden kaynaklandığı söylenebilir.

İşimsal zorlama, iklim sistemini değiştiren, fosil yakıt tüketimi ya da volkanik patlamalar gibi insan faaliyetlerinden kaynaklanan veya doğal olarak gelişen dışsal süreçlerdir. Burada etkilerinin yönü bakımından pozitif ve negatif olmak üzere iki tür dışsal zorlamadan bahsedilebilir.

- Pozitif Zorlama; yeryüzünün ısınmasına neden olan bu sürece sera gazlarındaki artış örnek olarak verilebilir.
- Negatif Zorlama; volkanik faaliyetler ve endüstriyel süreçler sonucu açığa çıkan aerosoller negatif zorlamaya örnek olarak verilebilir. Negatif zorlama yeryüzünün soğuma eğilimine girmesine neden olur.

İklimsel zorlamalar, “doğrudan ve dolaylı işimsal zorlama” ve “işimsal olmayan zorlama” olarak da sınıflandırılabilir. Doğrudan işimsal zorlama, dünyanın enerji alış-verişini direkt etkiler. Örneğin atmosferdeki  $\text{CO}_2$  miktarında yaşanan bir artış, yeryüzünden salınan uzun dalga boylu kızıl ötesi ışınımın daha fazla emilmesine neden olacağından enerji dengesini değiştirecektir. Dolaylı işimsal zorlama, ilk olarak iklim sisteminin bileşenlerini değiştirerek işimsal dengesizlik meydana getirmektedir. Aerosollerin, bulutların yağış etkinliğini değiştirmesi ve güneş enerjisindeki değişimlerin stratosferik<sup>5</sup> ozonu ( $\text{O}_3$ ) etkilemesi dolaylı işimsal zorlamaya örnek verilebilir. Tarımsal faaliyetlerde yapılan sulama sonucu buharlaşmanın artması ile oluşan işimsal olmayan zorlama ise işimsal olmayan enerji dengesizliği yaratmaktadır (Jacop ve diğerleri, 2005: 13-15).

---

<sup>5</sup> Stratosfer; atmosferin katmanlarından olup, atmosferin 11-12 km'si ile 50 km'si arasında bulunur. Atmosferin diğer katmanları ve yükseklikleri şu şekildedir: troposfer; yerden yüksekliği 11-12 km, mezosfer; 50 km ile 80-90 km arasında, termosfer; mezosferden itibaren 400-550 km, ekzosfer; 550 km'den binlerce km'ye kadar (<http://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>).

İklim sisteminin dışından kaynaklanan zorlamalar doğal olabileceği gibi antropojenik<sup>6</sup> de olabilmektedir. Işınımsal zorlamaya neden olan bu faktörler şöyle sıralanabilir (Jacop ve diğerleri, 2005: 13; IPCC, 2007: 96; Kadioğlu, 2007a: 7):

- İnsan faaliyetleri sonucu artan-kuvvetlenen sera etkisi,
- Volkanik faaliyetler,
- Dünyanın eksenindeki ve yörüngesindeki değişimler (Orbital Zorlama),
- Güneşten kaynaklanan (güneşteki patlamalar vb) etkinlikler.

Belirtilen doğal nedenlere ilave olarak; kıtaların yer değiştirmesi, levha hareketleri ve dağların yükselmesi de iklim değişikliğine neden olmaktadır (Moffatt, 2004: 30; Kadioğlu, 2007a: 7; Kaya, 2007: 19-20; Uzmen, 2007: 37-43).

### **1.2.1.1. Doğal Sera Etkisi ve Sera Gazları**

Bu kısımda doğal sera etkisi ve sera gazları hakkında bilgi verilecektir.

#### **1.2.1.1.1. Doğal Sera Etkisi**

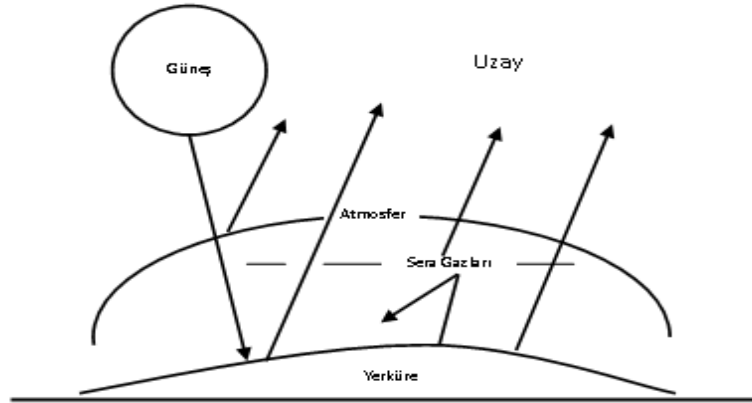
Dünyanın sıcaklığı, güneşten gelen kısa dalga boylu enerji girdisiyle, yeryüzünden uzaya yansıtılan uzun dalga boylu ısı enerjisinin dengesi tarafından belirlenir. Güneşten dünyaya gelen ışınım, morötesi ve kısa dalga boyludur. Atmosferin dış yüzeyinde güneşten gelen ışınım yaklaşık  $1370 \text{ W/m}^2$ 'dir. Ancak bunun dörtte biri ( $342\text{-}343 \text{ W/m}^2$ ) dünya yüzeyine ulaşır (Houghton, 2004: 14). Atmosfere ulaşan ve güneşten gelen bu ışınımın üçte biri atmosferden, bulutlardan ve yeryüzünden doğrudan uzaya geri yansıtılır. Atmosferi geçen güneş enerjisi (%70'i,  $235 - 240 \text{ W/m}^2$ ), okyanuslar, karalar ve atmosfer tarafından yutulur. Yutulan enerji ise ısıya dönüşerek yeryüzünü ısıtır. Isınan yüzey, sürece devam ederek uzun dalga boylu kızılötesi ışınım yayar. Yayılan bu ışınların bir kısmı atmosferden geçerken sera gazları tarafından tutulur ve tekrar yayılır. Bu süreç sonunda atmosfer alt katmanları ve dünya ısınır. Atmosferdeki gazların güneşten gelen ışınımına karşı geçirgen, buna karşılık geri salınan uzun dalgalı yer ışınımına karşı çok daha az

---

<sup>6</sup> İnsan kaynaklı anlamına gelmektedir.

geçirgen olması nedeni ile dünyanın beklenenden daha fazla ısınmasını sağlayan ve ısı dengesini düzenleyen bu doğal süreç “Sera Etkisi (Greenhouse Effect)” olarak adlandırılmaktadır (Türkeş, 2001: 189). Anlatılan bu sürecin şematik gösterimi Şekil 2’de sunulmuştur<sup>7</sup>.

**Şekil 2: Atmosferin Sera Etkisi**



**Kaynak:** Tarafımızca çizilmiştir.

Bu sürece doğal denmesinin nedeni ise, bu etkiyi oluşturan gazların atmosferin bileşiminde doğal olarak bulunmasıdır. Nitekim açık ve kuru havada şartlarında atmosferi oluşturan gazlar Tablo 2’de görülmektedir.

**Tablo 2: Kuru ve Açık Havada Atmosferin Bileşenleri**

Gazlar	Sembol	Hacim (%)	Değişkenlik
Nitrojen (Azot)	N <sub>2</sub>	78.08	Sabit
Oksijen	O <sub>2</sub>	20.95	Sabit
Su buharı	H <sub>2</sub> O	0-4	Değişken
Argon	Ar	0.93	Sabit
Karbondioksit	CO <sub>2</sub>	0.037	Değişken
Metan	CH <sub>4</sub>	0,00017	Değişken
Nitro Oksit	N <sub>2</sub> O	0,00003	Değişken
Diğer Eser Gazlar	-	-	Sabit/değişken

**Kaynak:** <http://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer>

<sup>7</sup> Detaylı bilgi için bakınız; Maslin,2004; IPCC, 2007; Kadioğlu, 2007a; O’Neill ve diğerleri, 2007; Uzmen, 2007.

Sera etkisi, milyonlarca yıldır devam eden doğal bir süreçtir. Güneş sisteminde, Merkür dışındaki bütün gezegenlerin bir atmosferi vardır. Dünyaya en yakın iki gezegen olan Mars'ın CO<sub>2</sub>'den oluşan ince ve soğuk; Venüs'ün ise, CO<sub>2</sub>, N<sub>2</sub>, Sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>) ve su buharı içeren yoğun ve sıcak bir atmosferi vardır. Eğer doğal sera etkisi olmasaydı dünya insanoğlu için yaşanılması mümkün olmayan bir gezegen olurdu. Sera etkisi sonucu dünya yüzey sıcaklığı ortalama 14,5-15 °C civarındadır. Atmosferin doğal sera etkisi olmasaydı, dünya yüzey sıcaklığı ortalama değerin çok altına -18 °C'ye düşerdi.<sup>8</sup>

Sera etkisi sonucu güneşten gelen enerji ile dünyadan salınan ışınım arasında Güneş Enerjisi = Salınan Dünya Işınımı şeklinde bir denge sağlanmaktadır. İklimsel zorlama ve geri besleme mekanizmaları nedeni ile bu eşitlik bozulduğunda, yüzey sıcaklığında değişimler meydana gelmektedir. Günümüzde, özellikle Sanayi Devriminden sonra bu denge durumu, antropojenik<sup>9</sup> sera gazlarındaki artış nedeni ile dünya ışınımı lehine olacak şekilde (Güneş Enerjisi < Salınan Dünya Işınımı) bozulmaktadır.

Sera gazlarının atmosferik yoğunluklarındaki artış, dünyadan ısı halinde uzaya yansıtılan uzun dalga boylu kızılötesi ışınımın atmosferde daha çok tutulmasına (> 240 W/m<sup>2</sup>) ve tekrar yeryüzüne yansıtılarak atmosferin ve dünyanın daha çok ısınmasına neden olmaktadır.

Atmosferdeki insan kaynaklı sera gazlarında Sanayi Devrimi'nden beri artış gözlenmektedir. En önemli sera gazı olan CO<sub>2</sub> yoğunluğu ile diğer önemli sera gazları olan CH<sub>4</sub> ve N<sub>2</sub>O yoğunluklarında önemli artışlar yaşanmıştır. Takip eden başlıklarda bu gazlar ile ilgili detaylı bilgi verilecektir.

Sera gazı birikimlerindeki bu artışlar, yeryüzünün uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini azaltmakta ve yeryüzünü daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlamaktadır. Yeryüzü-atmosfer sisteminin enerji dengesine yapılan bu pozitif katkı, "kuvvetlenen sera etkisi" olarak adlandırılır (Türkeş, 2001: 191).

---

<sup>8</sup> Mars ve Venüs gezegenlerinin ortalama yüzey sıcaklıkları sırasıyla; -47 ve 477 °C'dir (Moffatt, 2004: 31).

<sup>9</sup> İnsan kaynaklı.

### 1.2.1.1.2. Sera Gazları

UNFCCC (1992: 3)'ye göre, sera gazları, atmosferdeki uzun dalga boylu kızıl ötesi ışınımı emen ve onu tekrar yayan gaz oluşumlarıdır. Atmosferin bileşimde bulunmakla beraber insan kaynaklı olarak da ortaya çıkmaktadırlar. Sera gazları, “doğal sera gazları” ve “dolaylı sera gazları” olmak üzere iki gruba ayrılabilir. Su buharı (H<sub>2</sub>O), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), nitro oksit (N<sub>2</sub>O) ve ozon (O<sub>3</sub>) doğal sera gazları olarak adlandırılır. Endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkıp, ozon tabakasının zarar görmesine neden olan ve 1987 Montreal Protokolü'ne göre kullanımı yasaklanan kloroflorokarbonlar (CFC'ler) yerine kullanılan F (Florlu gazlar) gazları (hidroflorokarbonlar [HFCs], perflorokarbonlar [PFCs], kükürt heksaflorür [SF<sub>6</sub>]) dolaylı sera gazlarına örnektir. Bununla beraber UNFCCC ve Kyoto Protokolü<sup>10</sup>'ne göre, sera gazları olarak bilinen başlıca gazlar şunlardır:

- Karbondioksit (CO<sub>2</sub>)
- Metan (CH<sub>4</sub>)
- Nitro Oksit (N<sub>2</sub>O)
- Hidroflorokarbonlar (HFCs)
- Perflorokarbonlar (PFCs)
- Kükürt Heksaflorür (SF<sub>6</sub>)

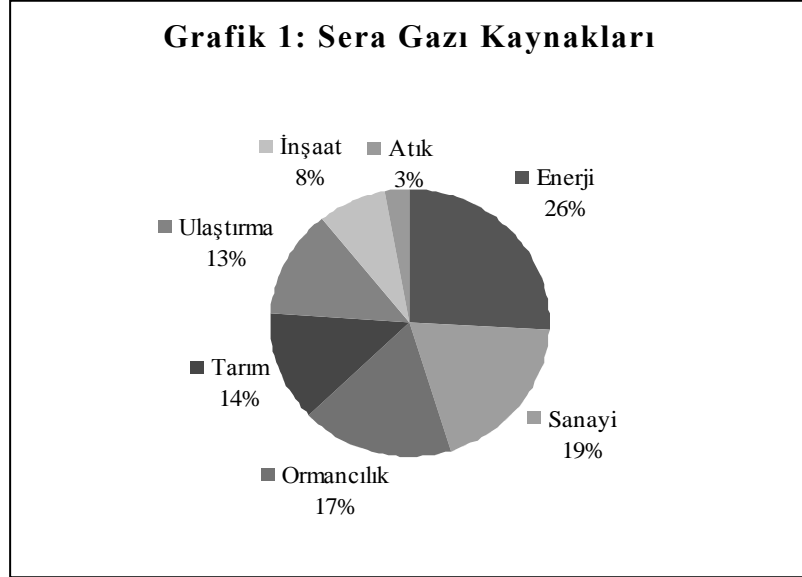
İnsan faaliyetleri ile birlikte sürekli artış eğilimi gösteren sera gazları, daha çok endüstrileşme ile birlikte fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı ve tarımsal faaliyetler gibi nedenlerden açığa çıkmaktadır. IPCC'nin *Dördüncü Değerlendirme Raporu* (AR4)'na göre sera gazı kaynakları Grafik 1'de gösterilmektedir. Buna göre sera gazının yaklaşık olarak %75'i ağırlıklı olarak fosil yakıt kullanımı ve ormansızlaşmadan kaynaklanmaktadır. Bunların en içinde en büyük pay %26 ile enerji sektörüne aittir. Sanayi ve ulaştırma sektörleri diğer önemli sera gazı kaynaklarıdır. Bu sektörlerin payı sırasıyla %19 ve %13'tür. Ormancılık faaliyetleri de %17'lik payı ile önemli bir sera gazı kaynağıdır. Ayrıca ormanların doğal yutak olması ormancılık

---

<sup>10</sup> Aralık 1997'de Kyoto'da gerçekleştirilen BMİDÇS Üçüncü Taraflar Konferansı'nda kabul edilmiştir. 16 Şubat 2005'te yürürlüğe girmiştir. Taraflarının 2008-2012 yılları arasını kapsayan ilk yükümlülük döneminde toplam sera gazı salınımlarını 1990 düzeyinin %5 altına indirmelerini öngören protokoldür. Protokol tam metni için; [http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Mevzuat/kyoto\\_protokol.pdf](http://iklim.cob.gov.tr/iklim/Files/Mevzuat/kyoto_protokol.pdf).



faaliyetlerinin sera gazı emisyonu ve azaltımı konusundaki önemi arttırmaktadır. %14'lük payı ile tarımsal faaliyetler de sera gazı salınımında önemli bir paya sahiptir. Sera gazının diğer önemli kaynakları ise inşaat (%8) ve atık üretimidir (%3) (IPCC, 2007b: 105).

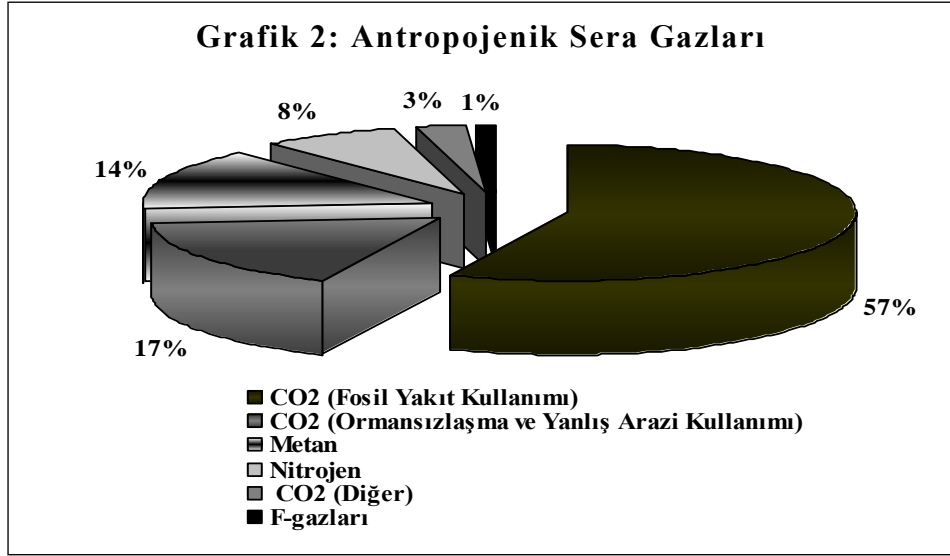


**Kaynak:** <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>

#### 1.2.1.1.2.1. Karbondioksit

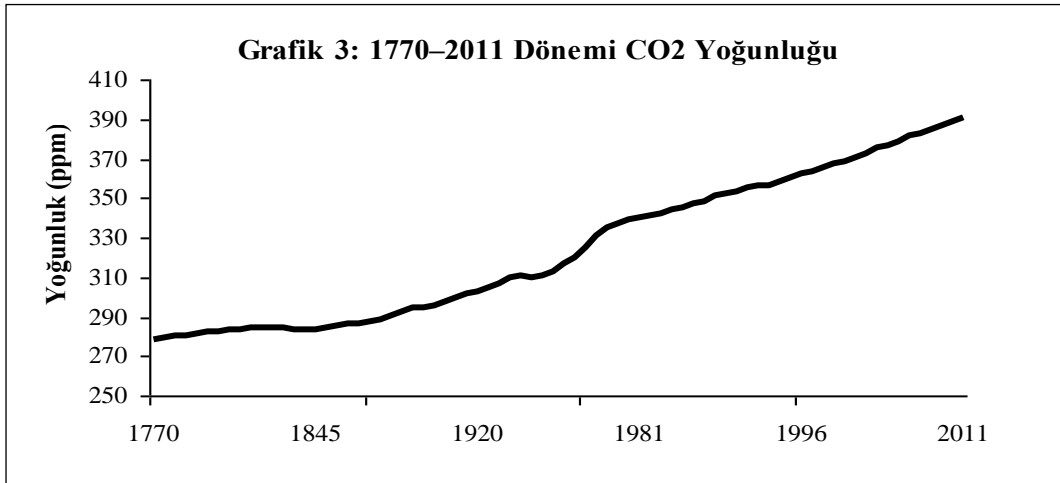
Her türlü yanma<sup>11</sup> sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub>, diğer sera gazlarına göre miktarının fazla olması, sürekli havaya salınması ve uzun ömürlü olmasından dolayı küresel ısınmada en etkin olan insan odaklı gazdır. Modern endüstri toplumlarında ileriye gitme gücü veren enerji kaynakları, iklim değişikliği ve küresel ısınma sorununun da kaynağını teşkil etmiştir. Atmosferde bulunan ve ısıyı tutma özelliğine sahip sera gazlarının yaklaşık %77'si CO<sub>2</sub> gazından; geriye kalan %33'lük kısım ise CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O ve F-gazlarından oluşmaktadır. Atmosferde bulunan CO<sub>2</sub>'nin yaklaşık %75'inden (toplam sera gazlarının %57'si) doğrudan enerji ihtiyacı için fosil yakıt kullanımı sorumlu iken, geriye kalan salınım ise ormansızlaşma ve yanlış arazi kullanımı gibi nedenlerden kaynaklanmaktadır (Grafik 2).

<sup>11</sup> Yanma işlemi ateşli yanma şeklinde olması gerekmemektedir. Canlıların solunum yaparak enerji üretmeleri de bir çeşit yanmadır ve karbondioksit açığa çıkarmaktadır (Uzmen, 2007: 54; Houghton, 2004: 29)



**Kaynak:** <http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html>

Bu bağlamda Grafik 3'ten de görüleceği üzere sanayi devrimden sonra giderek artan fosil yakıt kullanımı, ormansızlaşma ve yanlış arazi kullanımı nedenleri ile CO<sub>2</sub> doğrusal bir artış göstermektedir.



**Not:** Grafikteki eğri “Keeling Eğrisi” olarak da bilinir. Charles Keeling’in 1958’de Antarktika ve Mauna Loa’da atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunu ölçerek bu eğriyi elde etmiştir (Maslin, 2004: 41; Madra, 2007: 31).

**Kaynak:** <http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-co2-ppm-1>

Sanayi devrimi öncesi dönemde ve 19. yüzyıllarda atmosferdeki CO<sub>2</sub> yaklaşık olarak 280 ppm seviyesinde hemen hemen sabitken, Mauna Loa (Hawaii) ölçümlerine göre 1998 yılında 365 ppm, günümüzde ise Sanayi Devrimi öncesi seviyesinin %142 üzerine çıkmış ve yaklaşık olarak 400 ppm olmuştur (Tablo 3). Geçtiğimiz yıla göre 2 ppm/y’lik

bir artış gösteren CO<sub>2</sub>'nin son 10 yıllık ortalama artışı da yine 2 ppm/y'dir. Bu artışlar 1990'lı yıllardaki artışlardan ortalama 1,5 ppm/y daha fazladır (DMÖ, Greenhouse Gas Bulletin, 2012: 2). CO<sub>2</sub> yoğunlukları yıl içinde inişler çıkışlar (mevsimsel salınımlar) göstermesine rağmen sürekli bir artış eğilimindedir. Yıl içinde yaşanan bu mevsimsel salınımların sebebi, CO<sub>2</sub>'nin İlkbaharda bitkilerin gelişmesi, dolayısı ile havadan alınması ve Sonbaharda bitkilerin çürümesi nedeni ile havaya CO<sub>2</sub> salınması ve havadan CO<sub>2</sub> alamamasıdır (Woodward, 2008: 8).

**Tablo 3: Sera Gazlarına İlişkin Temel Bilgiler**

Sera Gazları	Kaynak	Sanayi Devrimi Öncesi	2012 Yılı Yoğunluğu	Atmosferik Ömrü (yıl)	KIP <sup>b</sup>
CO <sub>2</sub>	-Fosil yakıt kullanımı -Ormansızlaşma -Arazi kullanımı	280 ppm	398 ppm	Değişken <sup>a</sup>	1
CH <sub>4</sub>	-Tarımsal üretim -Atıklar -Bataklıklar ve çöplükler -Çiftlik hayvanı üretimi	700 ppb	1813±2 ppb	12±3	21
N <sub>2</sub> O	-Azotlu gübre kullanımı -Çürüyen bitki örtüsü -Endüstriyel süreç -Okyanuslar ve toprak	270 ppb	324.2±0,1 ppb	120	310
HFCs	-Endüstriyel süreç -Elektrik yalıtımı -Soğutucu maddeler	-	Son 50 yıl içinde sürekli artmış ve 2 katına çıkmıştır.	1-270	140-11700
PFCs				800-50000	6500-9200
SF <sub>6</sub>				3200	23900

a: Karbon döngüsündeki depolamaların ve salımların tam olarak bilinmemesi nedeni ile kesin bir atmosfer ömrü söylenememekte; ancak 5-200 yıl arası atmosferde kalabilmektedir. b: Küresel ısınma potansiyeli (KIP) 100 yıllık sürede CO<sub>2</sub>'nin etkisinin 1 olarak kabul edilmesi ile hesaplanmaktadır. Buna göre sera gazlarının nispi olarak ısınmaya etkilerini ya da potansiyellerini göstermektedir. Örneğin N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>'ye göre küresel ısınmada 310 kat daha etkindir.

**Kaynak:** <http://www.iukmk.org/haber/hangi-gazlar-iklimi-degistiriyor-451.html>; <http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/fgases.html>; IPCC, 1996: 22 ve DMÖ Greenhouse Gas Bulletin (2012'den derlenmiştir).

Sera gazlarına ait temel bilgiler Tablo 3'de sunulmuştur. Buna göre CO<sub>2</sub> molekülünün atmosferik ömrü değişkenlik göstermekle beraber, atmosferde 5-200 yıl arası kalabilmektedir. Bu nedenle CO<sub>2</sub> salınımı durdurulsa bile, dünya belirli bir süre daha ısınmaya devam edecektir (O'Neill ve diğerleri, 2007). Hansen ve diğerleri (2008: 217)'ne göre, dünyanın eski halini koruyabilmesi için atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun 350 ppm'nin altında tutulması gerekmektedir. Eğer atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu, kritik seviye olan 350 ppm seviyesine indirilemez ise, yeryüzünde yaşamın sürdürülebilmesine olanak sağlayan hassas denge ve yapı tamamen kaybolacaktır.

CO<sub>2</sub> gazının atmosfer ömrü ve yoğun fosil yakıt kullanımı dikkate alındığında, CO<sub>2</sub> yoğunluğunu azaltmak ve 350 ppm seviyesine indirmek için acil harekete geçilmesi gerekmektedir. Zira, CO<sub>2</sub>'yi azaltmaya yönelik çabalardaki 20 yıllık bir gecikme, kritik seviyenin 2300'lü yıllarda; 40 yıllık bir gecikme ise, 3000'li yıllarda yakalanabilmesine neden olacaktır (Hansen ve diğerleri, 2012: 8).

#### 1.2.1.1.2.2. Metan

Metan, sera gazları içinde ikinci derece önemli bir gazdır. Atmosferin yaklaşık %0,00017'sini oluşturmaktadır. Günlük hayatta yoğun olarak kullanılan doğal gazın ana bileşenidir. Bu gaz havadaki diğer gazlarla tepkimeye girer ve zamanla bozunabilir, canlılarla bir alışverişi yoktur ve CO<sub>2</sub>'nin aksine suda çok az çözünürler (Uzmen, 2007: 63).

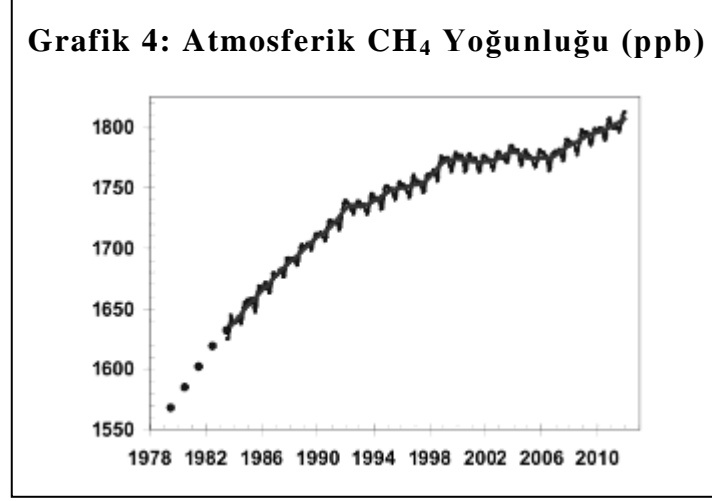
CH<sub>4</sub> yoğunlukla bataklıklardan, çöplüklerden, büyük ve küçükbaş hayvan yetiştiriciliğinden ve çeltik ekiminden kaynaklanmaktadır. Ayrıca, biyokütle<sup>12</sup> yakma, kömür ocaklarından kömür üretimi, petrol sondajları gibi insan faaliyetleri sonucu ve doğal gaz kullanımı esnasında sızmalar ile beraber açığa çıkmaktadır. Bu gazın insan aktiviteleri ile birlikte toplam küresel yıllık üretiminin 135-395 milyon ton/yıl (Mt/y) olduğu tahmin edilmekte olup, bu aralık önemli bir belirsizliğe sahiptir (Kadıoğlu, 2007b: 251). CH<sub>4</sub> gazının yıllık üretiminin %40'ı doğal kaynaklardan %60'ı ise insan faaliyetleri sonucu açığa çıkmaktadır (DMÖ, Greenhouse Gas Bulletin, 2012: 2).

Antarktika ve Grönland buzullarının derinliklerinden alınan hava kabarcıklarından elde edilen kayıtlara göre, buzul devrinde atmosferdeki CH<sub>4</sub> yoğunluğu 400-700 ppb arasında değişmektedir. Vostok buzullarında yapılan ölçümler ise bu değer 770 ppb olduğunu göstermektedir (IPCC, 2007a: 140). Tablo 3'den de görüleceği gibi, Sanayi Devrimi'ne kadar atmosferdeki yoğunluğu 700 ppb civarında olan metan gazı, doğal süreç yanında insan faaliyetleri sonucu %159 artarak günümüzde 1813 ppb seviyelerine ulaşmıştır. Nitekim CH<sub>4</sub> gazının atmosferdeki yoğunluğunun yıllar itibariyle seyrini

---

<sup>12</sup> Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat artıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtları ifade etmektedir (Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin 5346 sayılı kanun 3. Maddesi)

gösteren Grafik 4'de görüleceği üzere göre bu gazın yoğunluğu hızlı bir şekilde artmaktadır.



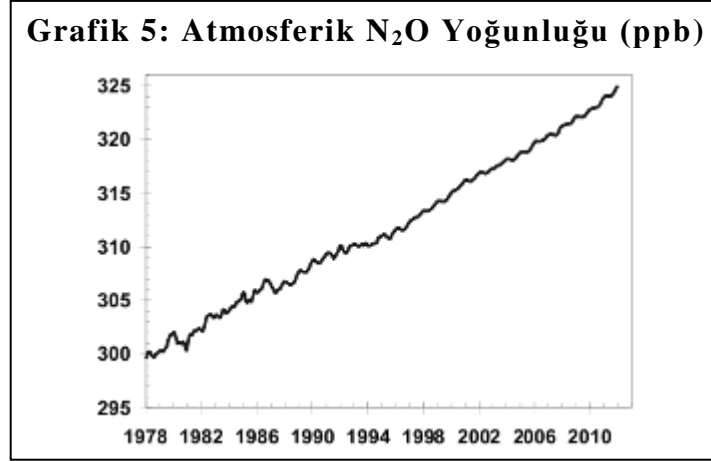
**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>

Günümüzde insan kaynaklı sera gazlarının %14'inden sorumlu olan CH<sub>4</sub> (Grafik 2), atmosferi oluşturan gazlar içinde oldukça küçük bir yüzdeye sahip olmakla beraber KIP bakımından CO<sub>2</sub>'den 21 kat daha etkilidir (Tablo 3). Atmosferik ömrü ortalama 12 yıl olan 1 kilogram (kg) CH<sub>4</sub> gazı, 56 kg CO<sub>2</sub>'nin yarattığı sera etkisine denk bir etkiye sahiptir (Uzmen, 2007: 63).

#### 1.2.1.1.2.3. Nitro Oksit

Halk arasında gülme gazı olarak da bilinen N<sub>2</sub>O, 1970'lerde Joseph Priestly tarafından keşfedilerek anestezilerde kullanılmıştır. N<sub>2</sub>O'nun doğal kaynakları okyanuslar, bataklık olmaya yakın doymuş topraklar<sup>13</sup>, yağmur ormanları, çürüyen bitki örtüsü iken; insan odaklı kaynakları ise tarımda azotlu gübre kullanımı, egzoz dumanı, naylon ve nitrik asit üretimi gibi endüstriyel süreçler olarak sıralanabilir. Ayrıca fosil yakıt kullanımı sonucunda da N<sub>2</sub>O gazı açığa çıkmaktadır. Ancak, miktarı önemsenmeyecek kadar azdır. Nitelim atmosferdeki toplam N<sub>2</sub>O miktarının ancak %1'i fosil yakıt kullanımından kaynaklanmaktadır (Waskey, 2008: 721).

<sup>13</sup> Doymuş toprak, verimli bir toprakta hava içeren gözenekler de dahil olmak üzere su ile dolmuş toprak demektir (Meteoroloji terimleri sözlüğü, <http://www.mgm.gov.tr/genel/meteorolojisozlugu.aspx?>).

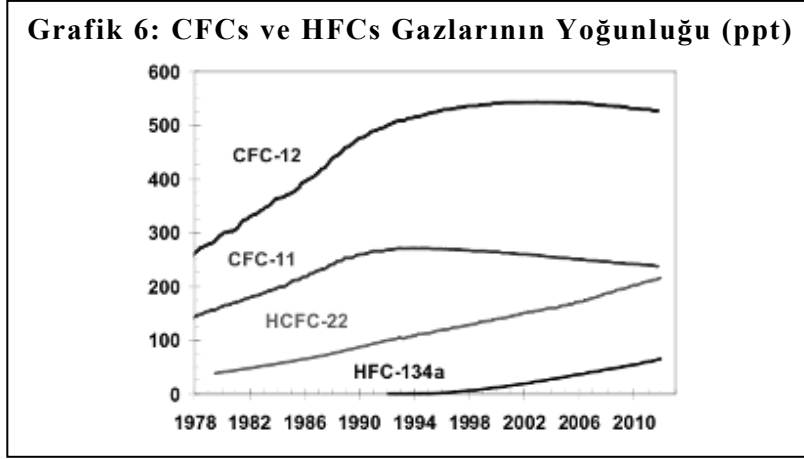


**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>

Sera gazları içinde üçüncü sırada yer alan N<sub>2</sub>O'nun payı %8'dir (Grafik 2). Toplam emisyonun %60 doğal süreçler sonucu açığa çıkarken, %40'lık kısmı ise insan faaliyetleri sonucu açığa çıkmaktadır (DMÖ, Greenhouse Gas Bulletin, 2012: 3). Sanayi Devrimi öncesine kadar atmosferdeki yoğunluğu değişmeden kalan N<sub>2</sub>O, günümüzde diğer sera gazları gibi artmaktadır (Grafik 5). Nitekim bu gaz Sanayi Devrimi öncesi değerinin %120 fazlasına ulaşarak 324 ppb seviyelerine çıkmıştır. Atmosferik ömrünün 120 yıl olması ve KIP'nin CO<sub>2</sub>'den 310 kat daha fazla olması (Tablo 3) nedeni ile N<sub>2</sub>O yoğunluğundaki artış oldukça tehlikelidir.

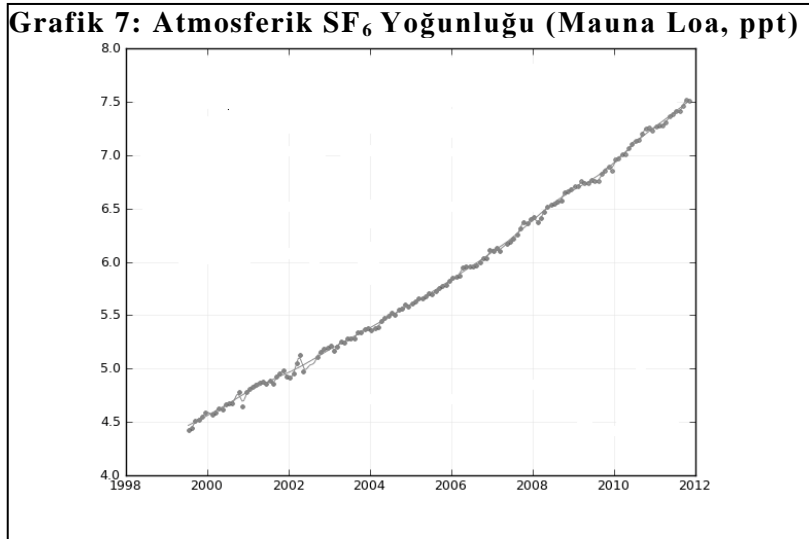
#### 1.2.1.1.2.4. Florlu Gazlar

Sera gazları olarak kabul edilen Florlu gazlar; Hidroflorokarbonlar (HFC<sub>s</sub>), Perflorokarbonlar (PFC<sub>s</sub>), Hidroflorokarbonlar (HFC<sub>s</sub>) ve Kükürt heksaflorür olarak sıralanabilir (SF<sub>6</sub>). Bu gazlar doğada bulunmazlar. Başka bir ifade ile doğal kaynakları olmayan bu sentetik maddeler tamamen insan faaliyetleri sonucu üretilirler. Soğutucularda kullanılan sıvılar, elektrik yalıtımı, alüminyum ve magnezyum üretimi gibi endüstriyel süreçler sonucu florlu gazlar açığa çıkmaktadır. Florlu gazlar, ozon tabakasına zarar verdikleri gerekçesi ile kullanımını 1987 Montreal Protokolü ile sınırlandırılan CFC<sub>s</sub>'ler yerine sanayide kullanılmaya başlanmıştır. CFC<sub>s</sub>'lerin 1990'ların başından sonra salınımı çok az artış gösterirken (hatta azalış eğilimine girmişken), florlu gazların atmosferdeki yoğunluklarında artış eğilimi göze çarpmaktadır (Grafik 6 ve 7).



**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/>

Başta CO<sub>2</sub> olmak üzere diğer sera gazları ile mukayese edildiğinde, florlu gazların atmosferdeki yoğunluklarının düşük düzeyde olduğu dikkat çekmektedir. Günümüzde PFC<sub>s</sub> ve HFC<sub>s</sub>'lerin atmosfer yoğunlukları yaklaşık 300-350 ppt<sup>14</sup> ([http://cdiac.ornl.gov/pns/current\\_ghg.html](http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html)) iken, SF<sub>6</sub> gazının yoğunluğu Kuzey Yarımküre ölçümlerine göre 7,8 ppt ([http://cdiac.ornl.gov/oceans/new\\_atmCFC.html](http://cdiac.ornl.gov/oceans/new_atmCFC.html)) seviyelerindedir.



**Kaynak:** <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/graph.php?code=MLO&program=hats&type=ts>

<sup>14</sup> ppt (per parts trillion); trilyonda bir parçacık.

Bahsedilen sera gazlarına ilave olarak, sera etkisinde etkili olan ancak BMİDÇS'ne göre sera gazları içerisinde sayılmayan su buharının da küresel ısınma üzerinde oldukça önemli yeri olduğu belirtilmelidir. Su buharı sera gazları içerisinde en etkili olanıdır. Yeryüzünden yayılan uzun dalga boylu ışınları tutma özelliği diğer gazlardan daha fazladır. Ayrıca atmosferin bileşimde diğer gazlara nazaran daha fazla miktardadır (Tablo 2). Bulutsuz ve açık bir günde atmosferik sera etkisinin %60-%70'ni tek başına su buharı sağlar (Kadioğlu, 2007b: 252).

Su buharı, CO<sub>2</sub> ve CH<sub>4</sub>'e göre ısıyı daha çok tutmaktadır. Önemli olan su buharının atmosferdeki değişiminin insan faaliyetlerine bağlı olmamasıdır. Dünya yüzeyinin 2/3'ünün sularla kaplı olduğu düşünülürse su buharının atmosferdeki oranının yüzeydeki hava sıcaklığının değişimine bağlı olduğu anlaşılır (Uzmen, 2007: 52).

Her ne kadar insan faaliyetleri su buharının atmosferdeki yoğunluğunu doğrudan etkilemese de dolaylı olarak etkilemektedir. İnsan faaliyetleri sonucu artan sera etkisi yüzey ve deniz suyu sıcaklığının artışına neden olmaktadır. Artan sıcaklık daha fazla buharlaşmayı beraberinde getirerek atmosferdeki su buharı miktarının artmasına neden olmaktadır. Artan su buharı, süreç sonunda küresel ısınmayı da artırmaktadır.

Ayrıca su buharı sürekli olarak atmosferde kalmaz. Yağış olarak yeryüzüne geri döner. Su buharı tek başına oldukça kuvvetli sera etkisi yaratarak yeryüzünü ısıtırken, su buharı taşıyan bulutlar güneşten gelen enerjiyi uzaya geri yansıtarak yeryüzünü soğutucu bir etki yapmaktadır. Bu yüzden su buharının karmaşık ve anlaşılmasız bir yapısı vardır (Cummo, 2008: 29). Anlaşılmasız bu yapı gelecek iklim tahminlerinin önündeki en büyük engel olarak görülmektedir.

### **1.2.1.2. Volkanik Faaliyetler**

Volkanik faaliyetler sonucu yüksek miktarda sülfür dioksit (SO<sub>2</sub>), su buharı, toz ve volkanik küller açığa çıkmakta ve atmosfere yerleşmektedir. Açığa çıkan büyük hacimli bu gaz ve tozlar, atmosferin albedosunu yükselterek yeryüzünü soğutucu bir etki yapmaktadır. Ayrıca volkanik faaliyetler sonucu aerosoller ve insan faaliyetlerine oranla daha az miktarda CO<sub>2</sub> açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan CO<sub>2</sub>, uzun yıllar atmosferde kalarak sera



etkisi yaratmakta ve yeryüzünün ısınmasına pozitif katkı yapmaktadır. Buna karşın aerosoller güneşten gelen kısa dalga boylu ışınları yeryüzüne ulaşmadan uzaya geri yansıttığından, yeryüzüne giren ve çıkan enerji dengesini bozarak soğutucu bir etki oluşturmaktadır.

Genel olarak, sera gazlarının pozitif zorlama meydana getirerek sıcaklığı artırdığı genel kabul görmüşken, aerosollerin iklimsel zorlamadaki rolleri tam anlaşılmamaktadır. Çünkü aerosoller bir yandan yeryüzünden salınan uzun dalga boylu ışınları atmosferde tutarak sera etkisi gösterirken, diğer yandan bulutluluğu ve albedoyu etkileyerek güneşten gelen kısa dalga boylu ışınların bir kısmının yeryüzüne ulaşmadan uzaya geri dönmesine neden olmakta ve yeryüzünü soğutucu etkide bulunmaktadır. Hangi etkinin daha baskın olduğuna dair görüş ayrılıkları olsada aerosollerin iklimi soğutma yönündeki etkisinin daha baskın olduğu kabul edilmektedir (Smith, 2008: 8).

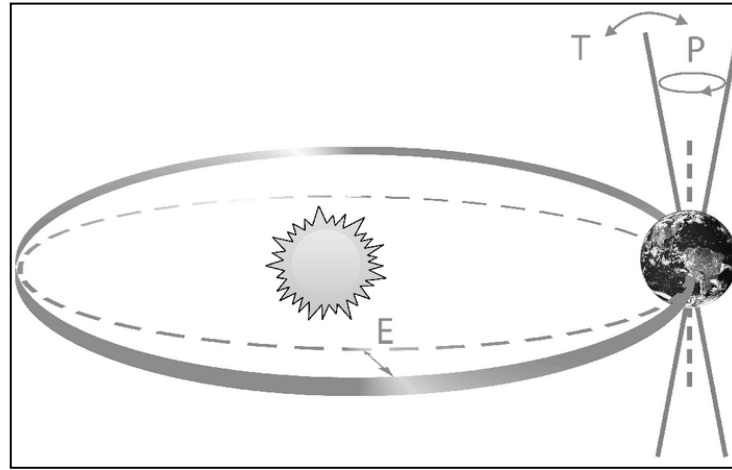
Geçmişte yaşanan yoğun volkanik patlamalar iklimde önemli değişikliklere neden olmuştur. Nitekim Kuzey Yarımküre’de 1300-1800’lü yıllar arasında yaşanan ve 1400’lü yılların ortalarında en soğuk dönemlerinin görüldüğü küçük buzul çağıının nedeni tam olarak bilinmese de şiddetli volkanik faaliyetlerden kaynaklanmış olabileceği ileri sürülmektedir. Buna karşın, yakın zamanlarda yaşanan volkanik faaliyetlerin etkisi geçmiş dönemlerdeki kadar etkili olmamıştır (Woodward, 2008: 15). Nitekim 1991 yılında Filipinler’deki Pinatubo püskürtmesi 20 milyon ton SO<sub>2</sub> ve aerosol açığa çıkarmış (Stenchikov ve diğerleri, 1998: 13837) ve 1982 yılında Meksika El Chichon volkanik faaliyeti ile beraber değerlendirildiğinde 3 yıllık bir süre içinde küresel sıcaklığı 1 °C’nin onda birkaç birimliği (Lane ve diğerleri, 2007: 3) kadar, 0,2-0,5 °C arasında (<http://denali.gsfc.nasa.gov/research/so2/article.html>) düşürdüğü hesaplanmıştır.

### **1.2.1.3. Dünyanın Eksenindeki ve Yörüngesindeki Değişimler**

İklim, dünyanın yörüngesi ve eğimindeki değişimler nedeni ile periyodik ve yarı-periyodik olarak değişir. Uzun sürede ve yavaş gelişen bu değişim süreci iklim üzerinde oldukça etkili olmaktadır.

Dünyanın yörüngesinde ve eğiminde meydana gelen değişimler, bu değişimleri ilk olarak inceleyen Sırp bilim adamına atfen “Milankovitch Döngüleri” olarak adlandırılmaktadır. Milankovitch, dünyanın yörüngesinde periyodik döngülerin olduğunu ve bu döngülerin dünyanın güneşten aldığı ısı enerjisinin miktarını ve bu miktarın dünya üzerindeki dağılımını değiştirdiğini; buna bağlı olarak da buzul ve buzul çağları arasındaki sıcak dönemlerin oluştuğunu açıklamıştır. Her ne kadar buzul ve sıcak dönemlerinin nedenleri tartışılıyor olsa da, dünyanın yörüngesinde meydana gelen oynamaların güneşlenme değişiklikleri oluşturarak geçmişte yaşanan büyük iklimsel değişikliklere neden olduğu kabul edilmektedir (Kadioğlu, 2007b: 187; O’Neill ve diğerleri, 2007; Uzman, 2007: 35). Başka bir ifadeyle, geçmişte yaşanan iklimsel değişiklikler, dünyanın yörüngesinde meydana gelen değişimlerle açıklanmaya çalışılmaktadır. Şekil 3’den görüleceği üzere, Milankovitch Döngüleri, dünyanın güneş çevresindeki yörüngesinin şeklindeki değişiklikler (eksantriklik), eksen eğikliği ve presesyonundaki (devinimindeki) değişiklikleri içerir (Houghton, 2004: 69-70; Türkeş, 2008: 22).

### Şekil 3: Milankovitch Döngüleri



E; Dünya'nın yörüngesindeki, T; eksen eğikliğindeki değişimleri, P; presesyonundaki değişimi, yalpalama hareketini temsil etmektedir.

**Kaynak:** IPCC, 2007: 449.

Milankovitch'in hesaplamalarına göre her 100.000-400.000 yılda dünyanın hemen hemen dairesel olan döngüsü hafif eliptik bir hal almaktadır ve bu durum yıllık sıcaklık aralığını etkilemektedir. Dünyanın güneşe olan uzaklığını etkileyen bu yörünge değişikliği,

dünyanın güneşten aldığı enerjinin yaklaşık olarak %0,1'lik bir değişim göstermesine neden olmaktadır (Jacop ve diğerleri, 2005: 70).

Dünya, 24 saatte kendi eksenini etrafında dönüşünü tamamlar ve gece gündüz oluşumunu sağlar. Dünyanın eksen eğikliği 23,5°'dir ve bu eksen eğikliği yaz ve kış mevsimlerinin oluşmasının nedenidir. Fakat dünya ekseninin eğimi her 42.000 yılda 21,6° ile 24,5° arasında bir değişim göstermektedir. Bu değişim, güneş ışınlarının dünyaya ulaşmadan önce kat ettiği mesafeyi etkileyerek tropikal ve buzul bölgelerinin alanlarını değiştirmekte ve küresel hava dolaşımını etkilemektedir (Woodward, 2008: 14). Örneğin, dünya ekseninin eğimi 9.500 yıl önce 24,2°'di, günümüzde ise 23,5°'dir. Söz konusu rakam 10.200 yıl sonra 22,6° olacaktır (Kadioğlu, 2007a: 8). Eğim arttıkça, daha sıcak yaz daha soğuk kış; tersine eğim azaldıkça daha serin yaz ve daha ılık kış mevsimleri görülmektedir.

Dünyanın kutuplarda basık ve Ekvator'da şişkin olan şekli nedeniyle kendi eksenini etrafında dönerken tıpkı bir topacın dönüşünde olduğu gibi yalpalanmaktadır. Presesyon olarak adlandırılan bu durum gün dönümlerinin ve gece-gündüz eşitliklerinin yörüngedeki oluşum yerlerini değiştirmektedir (Kadioğlu, 2007b: 189-190). Dünyanın bu yalpalanma hareketi, dünyanın yaklaşık 19.000 ve 23.000 yıllık yarı periyodik bir döngüsellikle birlikte, güneşe en yakın olma durumunun gerçekleşme zamanındaki değişimlere karşılık gelmektedir (Türkeş, 2010: 12). Bu değişimler mevsimlerin gün sayılarını ve yoğunluklarını etkilemektedir (Coleman, 2008: 651; Woodward, 2008: 14).

Bu gökbilimsel olayın iklimlere etkisini Milankovitch şöyle açıklamaktadır (Uzmen, 2007: 39): *“Belirli bir zamanda, kuzey yarıküre için kış gündönümü dünyanın güneşten en uzak olduğu gün ötesine denk düşmeye başlarsa kuzey yarıkürenin kışın günümüze göre %20 daha az güneş enerjisi alması söz konusu olacaktır ki, bunun anlamı buzullaşma başlangıcıdır. Çünkü kuzey yarıkürede karalar daha fazla olduğundan yağın karın yerde kalması ve giderek kalınlaşması mümkün olacaktır.”*

20.000 yıl önce sona eren son buzul çağı ile içinde yaşadığımız buzullar arası dönem olan jeolojik zaman arasında sıcaklıklar yaklaşık olarak 9 °C yükselmiştir. Bu değişim muhtemelen dünyanın yörüngesindeki ve eksenlerin eğimindeki değişimlerden

kaynaklanmıştır (Met Office, 2005: 9). Bununla beraber orbital zorlamanın bir sonraki buzul çağına ne zaman sebep olacağı hakkında farklı görüşler mevcuttur. Örneğin Met Office (2005: 69)'a göre yaklaşık 40.000 yıllık, Berger ve Loutre (2002: 87)'e göre ise 50.000 yıllık süre içinde buz çağı görülmecektir.

#### 1.2.1.4. Güneş Etkinlikleri

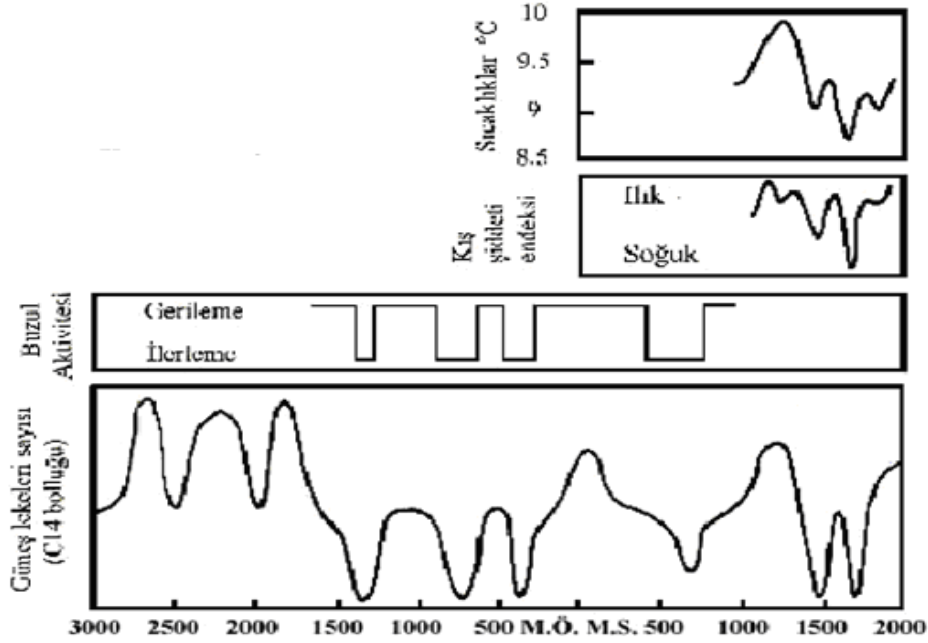
Güneş, iklim sisteminin enerji kaynağı olduğundan, güneş enerjisinde meydana gelen değişimler iklim değişikliği üzerinde yönlendirici olmaktadır. Güneşten gelen bütün elektromanyetik dalgaların toplam ışıma gücü yaklaşık  $1370 \text{ W/m}^2$ 'dir. Güneşte meydana gelen manyetik alan değişikliklerinde oluşan güneş etkinlikleri sırasında yüzeyinde yoğun manyetik alandan dolayı güneş lekeleri<sup>15</sup> meydana gelmektedir (Uzmen, 2007: 43). Diğer ışınım etkinlikleri ile beraber azalan ve çoğalan güneş lekeleri döngülerini minimum 11 yılda tamamlar. 11 yıllık dönem içinde güneş lekelerinin en fazla olduğu zamanda güneş etkinlikleri maksimumudur. Bu süreçte olabilecek güçlü güneş fırtınaları dünya atmosferini etkileyebilecektir (Kadıoğlu, 2007b: 192). Ayrıca, artan güneş fırtınaları atmosferin üst katmanlarında oksijen moleküllerini parçalayarak daha fazla ozon üretilmesine neden olmaktadır. Bu oluşumda atmosferin ısınmasına yol açmaktadır (Koslowsky, 2008: 910) Son üç döngü nedeni ile güneş lekelerinden kaynaklanan ışıma gücündeki artış yaklaşık olarak  $1 \text{ W/m}^2$ 'dir (toplam ışınımın %0,1'i). Dünyanın albedosu nedeniyle bu artışın yaklaşık olarak %30 geri yansıtacağından güneş lekelerinin ışınımsal zorlama etkisi yaklaşık  $0,2 \text{ W/m}^2$ 'dir (Jacop ve diğerleri, 2005: 50).

Şekil 4'den görüleceği üzere, güneş lekeleri sayısının arttığı dönemler; M.Ö. 3000-1600, M.Ö. 100-M.S. 300, M.S. 900-1300 ile günümüze doğru 1850-2000 yılları arasındadır. Bu dönemlerde güneş lekeleri sayısının artmasına bağlı olarak sıcaklıklar artmış, buzullar ise gerilemiş ve incelmıştır. Güneş lekeleri sayısının düştüğü dönemler ise M.Ö. 1600-200, M.S.300-800 ile M.S. 1350-1850 (Küçük Buzul Çağı) yılları arasındadır. Sözü edilen bu dönemlerde sıcaklıklar lekelerin sayısına paralel olarak düşmüş; buzullar ise büyümüş ve kalınlaşmıştır (Özdemir ve Bozyurt, 2004: 93).

---

<sup>15</sup> Güneş lekeleri, güneş yüzeyinde çok güçlü güneş fırtınaları ile güçlü elektromanyetik faaliyetlerin varlığını gösteren siyah noktalara verilen addır (Özdemir ve Bozyurt, 2004: 89).

**Şekil 4: Güneş Lekeleri ve İklim İlişkisi (M.Ö. 3000-M.S. 2000)**



**Kaynak:** Özdemir ve Bozyurt, 2004: 92.

Volkanik faaliyetler, dünya yörüngesinden ve eğiminden kaynaklanan değişimler ve güneş etkinlikleri şüphesiz küresel iklim değişikliğinden tek başlarına sorumlu değildir. Ancak bu gibi zorlamalar, iklim sisteminin diğer elemanları ile sürekli bir ilişki içerisindeyler. Zorlamalar sonucu değişen sıcaklıklar, geri besleme mekanizmalarını çalıştırarak başlangıçta meydana gelen sıcaklık değişiminin şiddetlenmesini veya karşı mekanizmaların çalışıp dengelenmesini ve azalmasını sağlamaktadırlar.

### 1.2.2. İklimsel Geri Besleme

İklimsel geri besleme, iklim sistemi bileşenlerinin, dışsal bir zorlamaya karşı gösterdikleri ve zorlamanın etkisini kuvvetlendiren ya da azaltan bir tepkidir. Geri besleme, iklimsel zorlamaya karşı iklim sisteminin içinde oluşan enerji değişimidir. Yüzey sıcaklığındaki ilk bozulma ya da değişme yeryüzünün fiziksel özelliklerinin değişiminden, atmosferin bileşenlerinden veya iklim sisteminin dışından kaynaklanabilir. Yüzey sıcaklığında bir zorlama yaşandığında, geri besleme mekanizmaları, değişen sıcaklığı ya kuvvetlendirerek (pozitif geri besleme) ya da azaltarak veya dengeleyerek (negatif geri

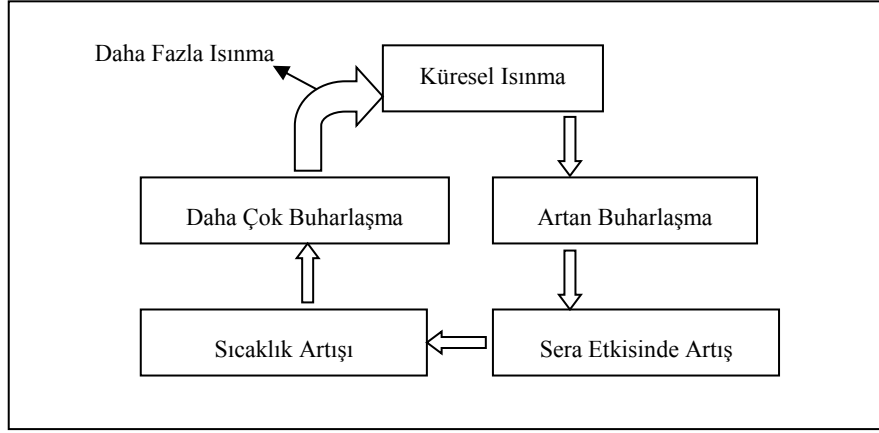
besleme) etkilemektedir (Ahrens, 2007: 42; IPCC, 2007a: 943; Andronova, 2008: 217; National Academies, 2008: 7).

Ayrıca iklimsel geri beslemeler, sıcaklıkla iklimsel değişkenler arasında bire bir ilişkiden kaynaklanan doğrudan geri besleme şeklinde olabileceği gibi, diğer değişkenler tarafından uyarılmış dolaylı bir geri besleme şekilde de olabilir. Çoğunlukla sıcaklığa bağlı olarak, okyanus, kara ve atmosferik süreçlerin doğrudan geri besleme mekanizmaları ile rekabete girmesi ve onların etkilerini attırması sonucu başlangıç değişimi ile birbirlerini etkilemesi dolaylı geri beslemedir (Andronova, 2008: 217). İklim sisteminin içinde tanımlanan birçok geri besleme mekanizmaları vardır (Houghton ve diğerleri, 1995: 34-35). Bunlar; “su buharı geri besleme”, “buzul- kar geri besleme”, “karbon döngüsü geri besleme”, “atmosfer bileşenlerinin yüksekliklerinin neden olduğu geri besleme”, “okyanus döngüsü ve deniz yaşamı geri besleme” ve “bulutların neden olduğu geri besleme” şeklinde sıralanabilir.

Birçok durumda geri beslemeler, yeryüzü sıcaklığı ile ilişkili iklim değişkenlerinin özellikleri nedeniyle bir dizi geri besleme seti olarak genişletilebilir. Örneğin bulut örtüsü, bulut üst yüzey sıcaklığı veya bulut yüksekliği, bulut kalınlığı ve yoğunluğu gibi bulut ile alakalı birçok geri besleme söz konusu olabilir. Böyle bir genişletme işlemi şüphesiz diğer geri besleme mekanizmaları, özellikle de su buharı geri beslemesi için de söz konusudur (Andronova, 2008: 217). Geri besleme döngüsünde, örneğin sıcaklık gibi her hangi bir faktörde oluşan değişim, su buharı gibi başka bir faktörde değişime neden olabilmektedir. Bu döngü sonucunda ilk faktördeki değişim ya kuvvetlenmekte ya da dengelenmektedir.

Şekil 5’de takip edileceği üzere pozitif geri beslemede, yeryüzü atmosfer dengesinin bozulduğu ve dünyanın yavaş bir ısınma sürecine girdiği bir durumda, yüzey sıcaklığı yıllar boyunca artacaktır. Sıcaklık artışı ile birlikte okyanus yüzeyinde ve diğer su kaynaklarında daha fazla buharlaşma olacaktır. Atmosferde artan su buharı, yeryüzünden salınan ısıyı en fazla tutma özelliğine sahip sera gazı olduğundan, sera gazını kuvvetlendirecektir. Kuvvetlenen sera etkisi, hava sıcaklığını daha fazla yükseltecek ve ısınan hava daha çok buharlaşmaya neden olacaktır. Dolayısıyla sürecin başlamasına neden olan sıcaklık artışı yeni bir sıcaklık artışını getirecektir. Başlangıçta artan sıcaklığın tekrar artmasından dolayı bu süreç “pozitif geri besleme” olarak adlandırılır.

### Şekil 5: Pozitif Geri Besleme-Su Buharı



**Kaynak:** Kadioğlu, 2007b: 282’den yararlanılarak çizilmiştir.

Eğer bu süreç kontrolsüz bir şekilde kalırsa, yeryüzü sıcaklığı okyanuslar buharlaşana kadar yükselecektir. Böyle bir zincirleme tepki “kontrolden çıkmış (kaçak) sera etkisi” olarak adlandırılmaktadır (Ahrens, 2007: 439; Renno, 2008: 473).

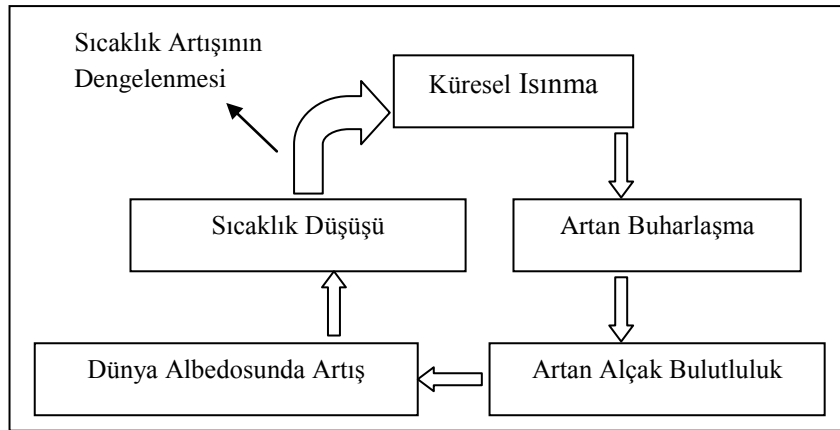
Bir başka pozitif geri besleme mekanizması “kar-buzul geri beslemesi”dir. Buzul örtülerin albedosu oldukça yüksektir. Yeryüzünden uzaya geri yansıtılan güneş enerjisinin büyük bir kısmından buzullar sorumludur. Artan sıcaklık, yüksek enlemlerde karların ve kutup bölgelerinde buzulların erimesine neden olacaktır. Bu erime yeryüzünün albedosunu azaltacağından, yeryüzü daha fazla güneş ışınımına maruz kalacaktır. Böylece aynen su buharı geri beslemesinde olduğu gibi yüzey sıcaklığı giderek artacaktır. Ayrıca, buzulların altında sürekli olarak donmuş olan toprağın, küresel ısınma ile çözülmesi sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub> ve metan gazı (CH<sub>4</sub>), sera etkisini artırarak geri besleme mekanizmalarının kuvvetlenerek tekrarlanmasına neden olacaktır (Choi, 2008: 97). Pozitif geri besleme, sadece ısı artışına yol açan bir mekanizma olarak algılanmamalıdır. Geri beslemeye neden olan başlangıç durumu bir soğuma ise ve döngü sonunda mekanizma daha da fazla soğumaya neden oluyor ise, bu da soğumaya yapılan katkı anlamında pozitif bir geri beslemedir.

Negatif geri besleme mekanizmaları, pozitif geri besleme mekanizmalarının etkilerini dengeleyen ya da azaltan mekanizmalardır. Yüzey sıcaklığı arttığında, yeryüzü

daha çok uzun dalga boylu ışıını yapacaktır. Artan yeryüzü ışıını sıcaklığın yavaşça azalma eğilimine girmesine neden olacaktır. Çünkü “Stefan-Boltzmann Yasası”na<sup>16</sup> göre, yeryüzünden salınan ısı enerjisi, sıcaklık artışının maksimum 4. dereceden kuvveti kadar fazla olabilecektir (Ahrens, 2007: 36). Bu bağlamda, yeryüzünden uzaya kaçan enerji, yüzeydeki sıcaklık artışını yavaşlatarak iklimin dengede kalmasına yardımcı olur (Kadıoğlu, 2007b: 282).

Şekil 6’da görüleceği üzere negatif geri besleme yeryüzünün ısınma eğilimine girdiği varsayımı altında, artan buharlaşma, atmosferin alt kısımlarındaki bulutluluğu, yani alçak bulutluluğu arttıracaktır. Bulutlar, yüksek albedosu nedeni ile daha çok güneş enerjisini uzaya geri yansıtacaktır. Yeryüzü daha az enerjiye maruz kalacağından başlangıçtaki sıcaklık artışı, yavaşça azalış trendine girerek dengelenecektir

**Şekil 6: Negatif Geri Besleme-Bulutluluk**



**Kaynak:** Kadıoğlu, 2007b: 286’den yararlanılarak çizilmiştir.

Ancak burada dikkat edilmesi gereken önemli bir husus, bulutluluğun atmosferin hangi seviyesinde gerçekleştiğidir. Atmosferin alt kısımlarında yaşanan bulutluluk negatif bir geri beslemeye neden olmaktadır. Atmosferin üst kısımlarında oluşan bulutluluk ise, yeryüzünden yayılan uzun dalga boylu ısı ışıını daha çok tutacağından su buharı pozitif

<sup>16</sup> “Stefan-Boltzmann Yasası”, bir kara cismin yaydığı ışıını akısıyla termodinamik sıcaklığı arasında ilişki kuran yasadır. Bu yasaya göre, kara cismin birim alanından yayılan güç, sıcaklığının dördüncü kuvvetiyle orantılıdır ve Stefan sabiti olarak adlandırılan orantı sabitinin değeri de  $5,6697 \times 10^8$  watt/(metre)<sup>2</sup>.(kelvin)<sup>4</sup>tür. (<http://www.kisa-ozet.net/stefan-boltzmann-yasasi-nedir/>).



geri beslemesinde olduğu gibi, sıcaklığı daha da artıracaktır (National Academies, 2008: 8).

Bulutların ışınımsal özellikleri, yüksekliklerinin yanı sıra atmosferdeki su buharı miktarına, sıvı ve buz fazlarına<sup>17</sup> ve aerosollerin miktarına bağlıdır. Bulut geri beslemesi, ışınımsal özelliklerinin karışıklığına ve belirsizliğine rağmen sıcaklık değişiminde oldukça önemlidir. Aynı zamanda iklim tahminlerinin önündeki en önemli engellerdendir. Örneğin 1990 yılında yapılan bir araştırmaya göre, mevcut CO<sub>2</sub> yoğunluğunun iki katına çıkması ile yüzey sıcaklığının 1,5 °C ile 4,5 °C bandında ve en iyi tahminle 2,5 °C artacağı hesaplanmıştır. Tahmin aralığının genişliği işte bu belirsizliklerden kaynaklanmaktadır (Houghton ve diğerleri, 1995: 34).

Bütün geri besleme mekanizmaları aynı anda ve iki yönde çalışır. Dünya yüzler hatta binlerce yıl içinde sonlanacak yavaş bir soğuma eğilimine girdiğinde, düşük sıcaklık, orta ve yüksek enlemlerin daha çok kar örtüsü ile kaplanmasına neden olacaktır. Bu oluşum ise yeryüzünün albedosunu artıracaktır. Albedodaki bu artış güneşten gelen enerjinin daha büyük bir kısmını uzaya geri yansıtacağından soğuma trendi kuvvetlenecektir. Bu bağlamda bu süreç de pozitif bir geri beslemedir. Böyle bir süreç kontrol edilmezse, kontrol edilemeyen kaçak bir buzul çağına neden olabilecektir. Ancak karşı geri besleme mekanizmalarının varlığı nedeni ile böyle bir sürecin yaşanması mümkün gözükmemektedir. Benzer şekilde negatif geri beslemelerin varlığı, kaçak sera etkisinin dünyada daha önce görülmemesinin ve büyük olasılıkla bundan sonra görülmeyecek olmasının da kanıtı olarak kabul edilmektedir (Ahrens, 2007: 439).

### 1.2.3. Küresel Isınma

Küresel ısınma, dünyanın ortalama yüzey sıcaklığında meydana gelen yükselmeyi ifade etmektedir. Yüzey sıcaklığı atmosferin, okyanusların ve karaların sıcaklıklarını kapsamaktadır. Günümüzde küresel ısınma, özellikle insan faaliyetleri sonucu atmosferde artan sera gazlarından kaynaklanmaktadır. Bu ise bizi Sanayi Devrimine, kitlesel üretim ve tüketim artışına ve İkinci Dünya Savaşı sonrası dramatik biçimde artan enerji ihtiyacının

---

<sup>17</sup> Bileşim ve özellikleri her yerinde aynı olan belli sınırlar içerisindeki homojen madde. Maddenin dört temel fazı katı, sıvı, gaz ve plazmadır.

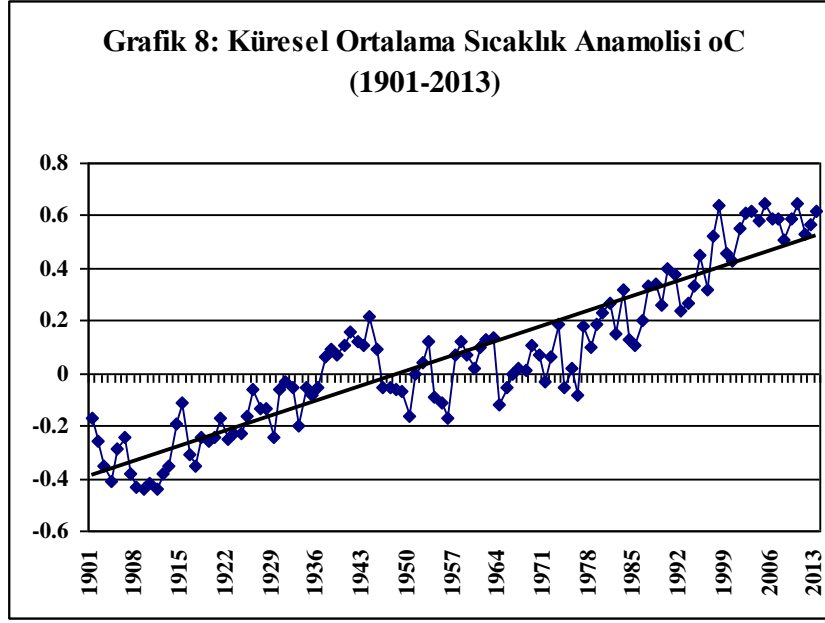
fosil yakıt kullanılarak karşılanmasına götürmektedir. Ayrıca, sera gazlarının artışına neden olan diğer nedenler; ormansızlaşma, yanlış arazi kullanımı, tarımsal faaliyetler ve endüstriyel süreçler olarak sıralanabilir. Sera gazlarında meydana gelen artış, atmosferin yeryüzünden yayılan uzun dalga boylu ısı enerjisini tutma özelliğini arttırarak, dünyanın ısı dengesini değiştirmektedir. Atmosferde tutulan ısı ise daha sonra tekrar yeryüzüne gönderilerek, dünyanın giderek ısınmasına neden olmaktadır.

İklim bilimciler küresel ısınma olgusunu iki hipotezle sorgulamaktadırlar (Black ve Weisel, 2010: 8):

Birinci Hipotez: Günümüz ortalama sıcaklığı sabit mi yoksa değişken mi?

İklim değişikliği, küresel bir soğumadan mı yoksa küresel bir ısınmadan mı kaynaklanıyor? 1970'lerde iklimin bir soğuma yöneliminde olduğuna dair endişeler mevcuttu. Ancak IPCC'nin yaptığı bilimsel çalışmalar sonucu 1980'lerin ortalarından itibaren uluslararası alanda sıcaklıkların artış eğiliminde olduğuna dair bir görüş birliğine varılmıştır.

Küresel ortalama sıcaklık değerleri, iklim değişikliğinin en çok başvurulan göstergesidir. Aletsel ölçümler küresel ortalama yüzey sıcaklığı 20.yy.'ın başlarından itibaren belirgin bir şekilde artma eğiliminde olduğunu göstermektedir 20.yy. başlarından günümüze ortalama küresel sıcaklık yaklaşık olarak 0,85 °C artmıştır. Her ne kadar bir önceki yıla göre her zaman sıcaklık artışı söz konusu olmasa da, Grafik 8'den görüleceği üzere açık bir şekilde uzun dönem bir ısınma eğilimi söz konusudur. Yıldan yıla görülen dalgalanmalar ise El Nino ve volkanik aktiviteler gibi doğal süreçlerin bir sonucudur (IPCC, 2013: 37). Ayrıca, uzun dönemde, sıcaklık artış trendi ile atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğunun artışı arasında yakın bir ilişki de göze çarpmaktadır. Sanayi Devrimi öncesi 280 ppm olan CO<sub>2</sub> yoğunluğu sürekli artarak günümüzde 400 ppm seviyelerine çıkmıştır. Artan CO<sub>2</sub> yoğunluğu sera etkisini kuvvetlendirerek yeryüzünün ısınmasına neden olmuştur.



**Kaynak:** <http://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/anomalies.php>

Yüzyılın başından itibaren yapılan ölçümler her geçmiş 30 yıllık dönemin kendinden önceki 30 yıllık dönemden daha sıcak geçmiş olduğunu ve 2000’li yılların en sıcak dönem olarak kayıtlara geçtiğini göstermektedir. Küresel kara ve deniz suyu sıcaklığı verileri, 1901–2012 döneminde sıcaklıklarda yaklaşık 0,85 °C (0,69–1,08), 1951–2012 döneminde ise yaklaşık 0,72 °C (0,49–0,89) artış yaşandığını ve bu artış eğiliminin doğrusal olduğunu göstermektedir (IPCC, 2013: 37). 100 yıllık periyot içinde ısınma oranı, son 50 yıl içinde hemen hemen 2 katına çıkmıştır (IPCC, 2007: 237).

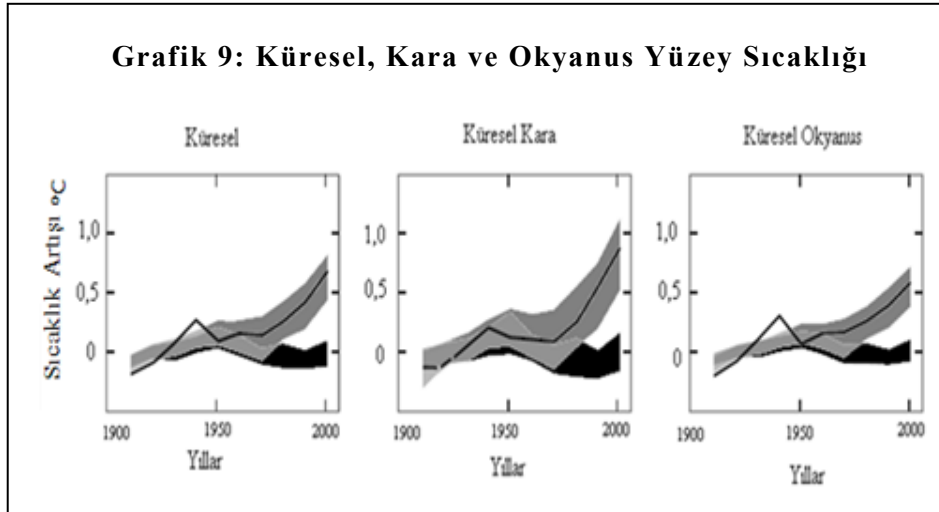
Kuzey Yarımküre’de yıllık sıcaklık ortalamalarına göre 1983–2012 dönemi yüksek bir güvenle son 800 yılın; daha az bir güvenle ise son 1400 yılın en sıcak 30 yılı olmuştur. IPCC 2013 raporuna göre 20 yy. boyuca yaşanan ısınma sürecinin, geçmiş 5 bin yıllık dönemde Kuzey Yarımküre’nin orta ve yüksek enlemlerinde kayıt edilen soğuma eğilimini tersine çevirdiği hususunda yüksek bir güvenle görüş birliği vardır (IPCC, 2013: 37).

İkinci Hipotez: İnsan faaliyetlerinin küresel ısınma sürecinde katkısının olup olmadığıdır.

Dünyadaki yüzey sıcaklığı, yüzyıllarca sürecek, kesin bir küresel iklim değişikliğinin işaretini verecek şekilde hızla artmaktadır. 11.500 yıl önce sona eren Buzul

Çağı gibi önceki dönemsel iklim değişiklikleri, doğal nedenler tarafından tetiklenmiştir. Bu nedenler, gezegeni ısıtan güneş ışınlarının miktarını belirleyen dünya yörüngesindeki periyodik ve yarı-periyodik değişimlerdi. Bu durumlarda soğuma ve ısınma döngüleri yavaş yavaş bin yıllık bir zaman dilimi içinde yaşanmıştır. Günümüzde iklim, öncekilerden çok hızlı değişmektedir. Bunun temel nedeni, fosil yakıt kullanımının atmosferde ısıyı tutan CO<sub>2</sub>'nin ve diğer sera gazlarının birikmesine yol açarak ortalama küresel sıcaklığı artmasıdır (O'Neill ve diğerleri, 2007).

Yapılan gözlemler, troposfer olarak bilinen atmosferin alt kısmının ısındığını, buna karşın atmosferin daha üst katmanı olan stratosferin ise soğuduğunu göstermektedir. Eğer küresel ısınma güneş enerjisindeki artıştan kaynaklanmış olsaydı, hem troposfer hem de stratosferin de ısınmış olması gerekirdi. Böyle bir kanıt, son 60 yılda yaşanan küresel ısınmada diğer doğal dışsal zorlamalardan ziyade insan faaliyetlerinin etkili olduğunu göstermektedir. 20 yy'ın ikinci yarısı, son 1300 yılın en sıcak 50 yılıdır ve doğal faktörlerin neden olduğu iklim değişikliği bu ısınmada küçük bir yer teşkil etmektedir (IPCC, 2007a: 703). Nitekim IPCC'nin yaptığı çalışmalara göre, günümüz küresel ısınmasında insan faktörünün baskın rolü açıkça görülmektedir (Grafik 9).



**Not:** Siyah kalın renk; sadece doğal etki, gri renk; doğal etki ile beraber insan faaliyetlerinin etkisi, siyah ince çizgi; gözlemlenen sıcaklık artışı.

**Kaynak:** IPCC, 2007a: 61

Küresel yüzey, kar ve okyanus yüzey sıcaklıklarında yapılan gözlemler, Grafik 9'dan da takip edileceği üzere, sıcaklığı etkileyen doğal süreçlerin 20.yy. başlarından beri

durağan bir şekilde hareket ettiğini göstermektedir. Buna karşın, doğal ve insan etkileri beraber incelendiğinde gözlemlenen sıcaklık artışına insan faaliyetlerinden kaynaklanan artışın neden olduğu açıkça görülmektedir. Özellikle 1950’li yıllardan sonra sıcaklık artışındaki eğilime insan faaliyetleri yön vermektedir.

IPCC, 1990 yılında yayınlanan Birinci Değerlendirme Raporu’nda insan faaliyetlerinin küresel ısınmaya neden olduğu konusunda güçlü bir konsensüs olduğu vurgulanmıştır. 2007 yılında yayınlanan IPCC AR4’te bu görüşü oldukça yüksek bir güvenle (> %95) belirtmiştir (Black ve Weisel, 2010: 8).

Ayrıca sera gazlarının atmosferik ömürleri dikkate alındığında dünya, sera gazı salınımları bugün ortadan kaldırılrsa bile yavaşlayarak da olsa ısınmaya devam edecektir. Özellikle CO<sub>2</sub> düzeyi dikkate alındığında, salınım hızları sabit tutulsa dahi 2100 yılına gelindiğinde CO<sub>2</sub> yoğunluğu 525 ppm ile Sanayi Devrimi öncesi düzeyinin neredeyse 2 katına çıkacaktır. Eğer herhangi bir önlem alınmaz ise, CO<sub>2</sub> yoğunluğu 800 ppm ve hatta 1000 ppm’nin üzerine ulaşarak ortalama yüzey sıcaklığının 5 °C’ye kadar yükselmesine (Tablo 4) neden olabilecektir (O’Neill ve diğerleri, 2007).

**Tablo 4: Çeşitli CO<sub>2</sub> Senaryoları Altında Sıcaklık Artışı °C**

CO <sub>2</sub> (ppm)	En İyi Tahmin °C	Olasılık (>90%) Üstü Değer °C	Olasılık (>66%) Aralık °C
350	1,0	0,5	0,6-1,4
450	2,1	1,0	1,4-3,1
550	2,9	1,5	1,9-4,4
650	3,6	1,8	2,4-5,5
750	4,3	2,1	2,8-6,4
1000	5,5	2,8	3,7-8,3
1200	6,3	3,1	4,2-9,4

**Kaynak:** IPCC, 2007a: 66

Sıcaklık artışları yanında buzullarda ve deniz suyu seviyelerinde görülen yükselmeler de iklim değişikliğinin diğer göstergelerindedir. Bu bağlamda sıcaklıklarda görülen değişimlere paralel olarak buzullarda ve deniz suyu seviyesinde de değişimler göze çarpmaktadır. Kuzey kutup deniz buzullarının hacminde 1979–2012 döneminde 10

yıllık periyotlarda yıllık %3,5–4,1 bir azalma yaşanmıştır. Bunun yanı sıra IPCC'nin 2007 yılında yayınladığı AR4'ten günümüze buzullarda yapılan uzunluk, alan, hacim ve kütle ölçümlerine göre birkaç bölge dışında dünya genelinde buzullarda görülen azalış devam etmektedir. Son 10 yıllık dönemde Alaska'da, Görland çevresinde, Kanada buzullarında, Asya ve Güney And dağlarındaki buzul tabakalarında önemli azalmalar gözlenmektedir. Dünya genelinde görülen buzul kayıplarının yaklaşık %80'ni bu bölgelerde gerçekleştirmiştir. Dünya ölçeğinde buzullarda (buzullar çevresinde görülen azalmalar hariç) görülen değişimler şu şekilde özetlenebilir (Tablo 5):

**Tablo 5: Buzullarda Görülen Kayıplar ve Deniz Suyu Seviyesi (1971–2009)**

<b>Dönem</b>	<b>Buzul Kütle Kaybı (Gt/yıl)</b>	<b>Deniz Suyu Seviyesindeki Yükselmesi (mm/yıl)</b>
1971–2009	226	0,62
1993–2009	275	0,76
2005–2009	301	0,83

**Kaynak:** IPCC, 2013: 41-46'dan yararlanılarak hazırlanmıştır.

1971–2009 döneminde görülen kütle kaybı yaklaşık olarak 226 (91–361) gigaton (Gt)/yıl, 1993–2009 döneminde 275 (140–410) Gt/yıl ve 2005–2009 döneminde ise 301 (166–436) Gt/yıl olarak gerçekleşmiştir. Buzullarda görülen bu azalmaların deniz suyu seviyesinde neden olduğu yükselme ise sırasıyla 0,62 (0,25–0,99) milimetre (mm)/yıl, 0,76 (0,39–1,13) mm/yıl ve 0,83 (0,46–1,20) mm/yıl olarak gerçekleşmiştir.

### **1.3. Küresel İklim Değişikliği Üzerine Senaryolar**

İklim değişikliği ile mücadelede iklim değişikliğinin gelecekte nasıl bir seyir izleyeceği oldukça önemlidir. Ne var ki, oldukça karmaşık ve birçok geri besleme mekanizmasına sahip iklim sistemine dair sıcaklık ve yağış gibi iklim elamanlarının uzun dönemli tahmini oldukça güçtür. Bu nedenle iklim değişikliğinin gelecekte neden olacağı muhtemel etkileri ortaya koymak, iklim değişikliğine adaptasyon ve emisyon azaltım politikaları oluşturulmasında geleceğe yönelik çeşitli emisyon senaryoları oluşturulmaktadır. Ancak bu senaryolar bir tahmin değildir. Geleceğin resmini çizip,

emisyonların ve iklim elemanlarının nasıl bir seyir izleyebileceğinin ortaya konulması çabalarıdır (IPCC, 2000a: 23).

### 1.3.1. SRES Senaryoları

İklim değişikliğine yönelik birçok senaryo olmasına rağmen IPCC'nin *Üçüncü Değerlendirme Raporu* (2001) için hazırlanan "*Emisyon Senaryoları Özel Raporu*" (Special Reports on Emission Scenarios [SRES], 2000)'da tanımlanan dört temel senaryo ailesi genel kabul görmekte ve iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalarda kullanılmaktadır. Senaryolarda gelecek için sera gazı emisyonları hesaplanırken; nüfus artışı, enerji kullanımı, ekonomik ve teknolojik gelişmeler ile tarım ve arazi kullanımındaki değişiklikler gibi demografik, sosyo-ekonomik, teknolojik ve çevresel değişkenler kullanılmıştır. Bu değişkenler yardımıyla dünyanın gelecekteki durumuna ilişkin farklı öngörüler (Storyline) kapsamında dört temel senaryo ailesi ve bu senaryolara ait 40 kadar alt senaryo üretilmiştir. Dört temel senaryo ailesi A1, A2, B1 ve B2 olarak adlandırılmaktadır. Ayrıca A1 senaryo ailesi enerji kullanım yoğunluğuna göre A1FI, A1T ve A1B alt senaryolarına ayrılmaktadır. SRES'de tanımlanan ve yüzyılın sonunu resmeden bu senaryo ailelerinin öngörülerini aşağıdaki gibi özetlenebilir (IPCC, 2000b: 4-5);

A1 senaryo ailesinde dünya hızlı bir ekonomik büyüme sürecine girmekte, küresel nüfus yüzyılın ortasında zirve yaptıktan sonra düşmeye başlamaktadır. Yeni ve daha verimli teknolojiler hızla kullanıma girmektedir. Kültürel ve sosyal etkileşim ve toplumlar arası paylaşımın en yüksek olduğu senaryo grubudur. Bu senaryoda kişi başı gelir farklılıklarında önemli azalmalar beklenmekte ve bölgelerarası yakınlaşma vurgulanmaktadır. A1 senaryosu enerji sistemlerinde teknolojik gelişmenin yönüne göre üç alt gruba ayrılmıştır. Bunlar; fosil yakıtların yüksek oranda kullanımına devam edildiği öngörüsü ile A1FI, fosil olmayan (yenilenebilir) enerji kaynaklarının daha yoğun olarak kullanıldığı A1T ve bütün enerji kaynaklarının dengeli kullanıldığı A1B senaryo gruplarıdır.

En çok kullanılan senaryolardan biri olan A2 senaryo ailesinde oldukça heterojen bir dünya tasvir edilmektedir. En çok kullanılan modellerden biri olan A2 senaryosunda bugünküne benzer bir dünya tanımlanmıştır. Yerel değerlerin daha fazla korunacağı,

bölgeler arası doğurganlık oranlarının birbirine yakınmasının oldukça yavaş olduğu ve bu farklılıklarının devam edeceği, buna bağlı olarak da nüfusun artacağı öngörülmektedir. Ekonomik gelişmeler daha çok bölgesel odaklı olarak devam edecektir. Yani zengin ve fakir ülkeler arasındaki gelir eşitsizliği devam edecektir. Bu senaryo ailesinde teknoloji ve gelir dağılımında yakınsama en düşük seviyede olacaktır.

B1 senaryo ailesinde bölgelerin birbirine yakınsayacağı homojen bir dünya söz konusudur. Nüfusla ilgili öngörüler A1 senaryo ailesi ile benzer olup yüzyılın ortalarına doğru artış sonrasında ise azalış beklenmektedir. A1 senaryosundan düşük seviyede olmakla beraber hızlı bir ekonomik büyüme beklenmektedir. Bununla beraber ekonomik yapıda hizmet ve bilgi ekonomisine doğru dönüşüm yaşanacaktır. Ayrıca daha verimli ve temiz teknolojilerin ve enerji kaynaklarının kullanımı söz konusudur. Bu senaryoda ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik için küresel çözümler hayata geçirilecektir. Diğer senaryolar dikkate alındığında en çevreci senaryo B1 senaryosu ailesidir.

B2 senaryo ailesi heterojen bir dünyaya ve bölgeselliğe vurgu yapmaktadır. Nüfus bu senaryoda da artmaya devam etmekte ama bu artış A2 senaryosuna göre daha az olmaktadır. Ekonomik büyümenin orta seviyede olduğu bu senaryoda ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlikte yerel çözümler ön plana çıkmaktadır. Teknolojik gelişme A2 senaryo ailesine göre hızlı olmakla beraber A1 ve B1 senaryo ailelerine göre yavaş fakat daha çeşitli ve daha çevre dostu olacaktır.

**Tablo 6: Emisyon Senaryoları ve İklim Değişikliği**

Senaryo	Nüfus (Milyar)		Ekonomik Büyüme(%)		GSYİH (Trilyon \$) <sup>a</sup>		CO <sub>2</sub> (Gt/yıl)			Sıcaklık (°C)	Deniz Suyu (m)
	2050	2100	2050	2100	2050	2100	2050	2100	Toplam <sup>b</sup>	2090-2099 <sup>c</sup>	2090-2099 <sup>c</sup>
A1FI	8,7	7,1	3,6	2,9	164	525	23,9	28,2	2189	4 (2,4-6,4)	(0,26-0,59)
A1B					181	529	16,4	13,5	1499	2,8 (1,7-4,4)	(0,21-0,48)
A1T					187	550	12,3	4,3	1068	2,4 (1,4-3,8)	(0,20-0,45)
A2	11,3	15,1	2,3	2,3	82	243	17,4	31,1	1862	3,4 (2-5,4)	(0,23-0,51)
B1	8,7	7	3,1	2,5	136	328	11,3	4,2	983	1,8 (1,1-2,9)	(0,18-0,38)
B2	9,3	10,4	2,8	2,2	110	235	11	13,3	1164	2,4 (1,4-3,8)	(0,20-0,43)

a, 1990 fiyatları ile; b, 2100 yılı; c, 1980-1999 dönemine göre

**Kaynak:** IPCC, 2000b: 13-20; 2007c: 45



Genel olarak A1 ve B1 senaryo ailelerinde homojen ve bölgelerin birbirine yakınsadığı küreselleşmiş bir dünya öngörülürken; A2 ve B2 senaryo ailelerinde bölgesel farklılıkların devam ettiği heterojen bir dünya vurgulamaktadır. Ayrıca A1 ve A2 senaryo aileleri daha ekonomik odaklı; B1 ve B2 senaryo aileleri ise daha çevre odaklıdır.

Tablo 6’da görüleceği üzere nüfusun en fazla artacağı senaryo A2 senaryo ailesidir. A2’ye göre nüfus sürekli artmakta ve 2100 yılında yaklaşık 15 milyara ulaşmaktadır. Bir başka sürekli artış gösteren senaryo ailesi B2’dir. Bu senaryoya göre nüfus 2100 yılında 10,5 milyara yaklaşacaktır. A1 ve B1 senaryo ailelerine göre ise nüfus 2050 yılında 8,7 milyar ile zirve yaptıktan sonra 2100 yılında 7 milyar civarında olacaktır. Senaryo ailelerine göre A1, en fazla ekonomik büyümenin görüleceği senaryo ailesidir. Bu senaryoya göre Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) 2050 yılında 180 trilyon \$ civarında, 2100 yılında ise 500 trilyon \$’dan fazla olacaktır. Ekonomik büyüme oranları ise sırasıyla %3,6 ve %2,9’dur. En düşük ekonomik büyümenin gerçekleşeceği senaryo aileleri ise A2 ve B2 senaryo aileleridir. GSYİH, 2100 yılında %2,3 büyüme oranı ile A2 senaryosunda 243 trilyon \$; %2,2 büyüme oranı ile B2 senaryosunda 235 trilyon \$’dır. Ekonomik büyüme oranlarına göre CO<sub>2</sub> miktarı en fazla A1 senaryosunda görülecektir. 2100 yılında toplam CO<sub>2</sub> miktarı 2190 Gt civarında olacaktır. En düşük CO<sub>2</sub> miktarı ise yaklaşık 990 Gt olacaktır. Bunlara göre en yüksek sıcaklık artışı A1 senaryo ailesinde ve 1,4-6,4 °C arasında olacaktır. Ortalama en yüksek sıcaklık artışı ise A1FI senaryosunda görülmektedir. Enerji kullanımında fosil yakıtlardan yararlanıldığı varsayıldığı A1FI senaryosuna göre sıcaklık 2100 yılında ortalama 4 °C artacaktır. Sıcaklık artışının yüksek olacağı bir diğer senaryo ailesi A2’dir. Bu senaryoya göre sıcaklık 2100 yılında ortalama 3,4 °C artacaktır. En düşük sıcaklık artışı ortalama 1,8 °C sıcaklık artışı ile B1 senaryosunda öngörülmektedir.

İklim değişikliğinin göstergelerinden biri olan deniz suyu seviyesindeki yükselmeler de SRES senaryolarında öngörülmüştür. Buna göre sıcaklık değişiminde olduğu gibi deniz suyu seviyesinin en fazla yükseleceği senaryo ailesi A1 ailesidir. Bu senaryoya göre 2090’lı yıllarda deniz suyu seviyesinin 0,26-0,59 m yükseleceği beklenmektedir. Deniz suyu seviyesindeki yükselmenin en az olacağı senaryo ailesi ise B1 senaryosudur. B1 senaryosuna göre deniz suyu seviyesindeki yükselme 0,18-0,38 m civarında olacaktır.

### 1.3.2. Temsili Konsantrasyon Rotaları

SRES senaryo aileleri IPCC'nin 3. ve 4. değerlendirme raporlarında (2001 ve 2007) kullanılmıştır. IPCC'nin Eylül 2007'de düzenlediği geniş katımlı "Uzmanlar Toplantısı"nda, 5. Değerlendirme Raporu'nda kullanılacak iklim değişikliği senaryoları için yeni bir süreç yaklaşımı ve bu kapsamda yeni bir emisyon/konsantrasyon senaryo seti oluşturulmaya karar verilmiştir (Akçakaya ve diğerleri, 2013: 1). Bu bağlamda sera gazlarının, aktif kimyasal gazların ve aerosollerin toplam emisyon ve konsantrasyonu ile arazi kullanımına ve örtüsüne ait veri setlerini içeren (Moss ve diğerleri, 2008: 5) "*Temsili Konsantrasyon Rotaları*" (Representative Concentration Pathways [RPCs]) oluşturulmuştur.<sup>18</sup> SRES'de sosyo-ekonomik değişkenlerin detaylı öngörülleri yardımıyla emisyon ve iklim senaryoları oluşturulurken; RCP'lerde ısınımsal zorlama yoluyla iklim senaryoları hazırlanmaktadır (Moss ve diğerleri, 2010: 751).

IPCC'nin *Beşinci Değerlendirme Raporu*'nda (2013) iklim bilimcilerce oldukça geniş kabul gören SRES emisyon senaryoları yanında RCP'ler de dikkate alınmıştır (Collins ve diğerleri, 2013: 1045) AR5 raporunda 4 farklı RCP kullanılmıştır. Bunlar; RCP8.5, RCP6, RCP4.5 ve RCP3-PD isimli konsantrasyon senaryolardır. Bu senaryoların öngörülleri Tablo 7'de özetlenmiştir.

**Tablo 7: RCP Türleri, Özellikleri ve Öngörülleri**

Senaryo	Isınımsal Zorlama (W/m <sup>2</sup> )		Konsantrasyon (ppm) <sup>a</sup>		Isınımsal Zorlama ve Konsantrasyon Yolu	Sıcaklık (°C) <sup>b</sup>	Deniz Suyu (m) <sup>a</sup>
RCP8.5	> 8,5	2100	>~1370	2100	Yükselme	3,7±0,7	0,73
RCP6	~6	2100 sonrası	~850	2100 sonrası	Hedefi geçmeden stabilizasyon	2,2±0,5	0,54
RCP4.5	~4,5	2100 sonrası	~650	2100 sonrası	Hedefi geçmeden stabilizasyon	1,8±0,5	0,52
RCP3-PD <sup>d</sup>	~3	2100 öncesi	~490	2100 öncesi	Hedefi geçmeden zirve ve düşüş	1±0,4	0,43

a, CO<sub>2</sub> eşdeğeri; b, 1986-2005 ortalamasına göre 2081-2100 arası; c, 1986-2005 ortalamasına göre 2100 yılında; d, AR5'de RCP2.6'yı da temsil etmektedir.

**Kaynak:** Moss ve diğerleri, 2008: 13; Collins, 2013: 1055'den derlenmiştir.

<sup>18</sup> Detaylı bilgi için bakınız; Moss ve diğerleri, 2008; Akçakaya ve diğerleri, 2013; IPCC, 2013.

RCP8.5 senaryosuna göre, 2100 yılında ışımsal zorlama  $8,5 \text{ W/m}^2$  geçmektedir. Atmosferdeki sera gazı konsantrasyonu ise 1370 ppm civarında olacağı öngörülmektedir. Bu senaryoya göre atmosferik konsantrasyon ve ışımsal zorlama sürekli artmaktadır. Sabitlenmesi ise 22.yy. ortalarını bulacaktır. RCP8.5, SRES A1FI ve A2 senaryoları ile benzerlik göstermektedir (Akçakaya ve diğerleri, 2013: 10). RCP8.5'e göre yüzyılın sonunda sıcaklıklar yaklaşık  $3,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , deniz suyu seviyesi ise 0,73 m yükselecektir.

RCP6 senaryosuna göre 2100 yılından sonra ışımsal zorlamanın yaklaşık  $6 \text{ W/m}^2$  civarında sabitlenmesi beklenmektedir. Emisyonlarda ise yüzyılın son çeyreğine kadar artış daha sonra azalış öngörülmektedir. Buna göre 2100 yılında emisyonların 850 ppm civarında olması beklenmektedir. Bu senaryoda sıcaklık artışı  $2,2 \text{ }^\circ\text{C}$  civarında, deniz suyu seviyesindeki yükselme ise yaklaşık 0,54 m olacaktır.

ışımsal zorlamanın 2100 yılından sonra hedefi geçmeden yaklaşık  $4,5 \text{ W/m}^2$ 'de sabitleneceği RCP4.5 senaryosunda yüzyılın ortalarından itibaren emisyonlarda azalma beklenmektedir. 2100 yılında emisyon yoğunluğunun yaklaşık 650 ppm olması öngörülmektedir. Bu senaryoya göre sıcaklık yaklaşık  $1,8 \text{ }^\circ\text{C}$  artarken; deniz suyu seviyesindeki yükselme ise 0,52 m civarında olacaktır.

Bir diğer senaryo olan RCP3-PD en düşük konsantrasyon senaryosudur. Bu senaryoya göre ışımsal zorlamanın ve emisyonların 2100 yılından önce zirve yaptıktan sonra düşmesi beklenmektedir. Bu bağlamda ışımsal zorlamanın 2100 yılında  $3 \text{ W/m}^2$  civarında sabitleneceği, emisyonların ise yüzyılın ilk çeyreğinden sonra düşmeye başlayarak 2100 yılında yaklaşık 490 ppm olacağı öngörülmektedir. RCP3-PD senaryosuna göre sıcaklık artışı yaklaşık  $1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; deniz suyu seviyesindeki yükselme ise 0,43 m olacaktır.

SRES ve RCP senaryoları genel olarak değerlendirildiğinde sıcaklık artışının SRES senaryolarında daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 5 ve 6). Bu sonuç, RCP senaryolarında emisyon azaltım ve uyum stratejilerinin etkin bir şekilde uygulanmaya konulması sonucu iklim değişikliği ile mücadeledeki önemli mesafeler alınacağı varsayımından kaynaklanmaktadır.

Belirtmek gerekir ki, gelecekte iklimin ne derece deęiőeęinin tahmin edilmesi mümkün değildir. Çünkü iklim sistemi oldukça karmaőıktır ve birçok geri besleme mekanizmasını içinde barındırmaktadır. Bunların yanı sıra iklim sistemini etkileyen ekonomik, sosyal, çevresel ve teknolojik gelişmelerin ne yönde olacağı da belirsizdir. Bu bağlamda geliştirilen senaryolar yardımı ile iklim modellemeleri yapılarak, gelecekteki muhtemel iklim değişikliği ile mücadelede daha isabetli politikalar uygulanması mümkün olabilecektir.

### **1.3.3. İklım Değişikliği ve Türkiye**

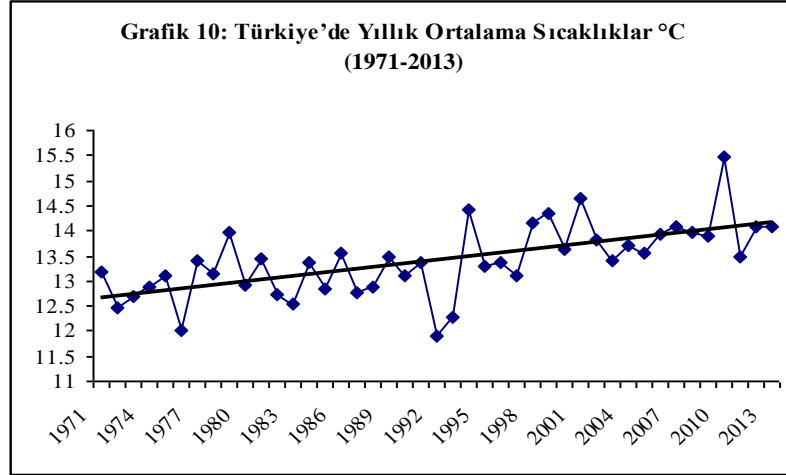
Türkiye, IPCC'nin raporlarına göre iklim değişikliğine karşı duyarlılığı en yüksek bölgelerden biri olan Akdeniz havzasında yer almaktadır. Bu bakımdan iklime ilişkin gelecek senaryolarının ortaya konulması, iklim değişikliğinin muhtemel etkilerinin tahmin edilmesinde ve iklim değişikliğine ile mücadelede önem arz etmektedir.

Son elli yılın sıcaklık verilerinin istatistiksel zmlemesi, Türkiye'nin içinde bulunduğu Doğu Akdeniz ve Orta Doğu Bölgesi'nde günlük ortalama ve en düşük sıcaklıklar artma eğilimi göstermektedir (Yenigün, 2010: 34). Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'nden elde edilen verilerinin analiz edilmesi sonucu Türkiye ortalama sıcaklıklarının yaz mevsiminde önemli miktarda arttığı tespit edilmiştir. Yaz mevsimi kadar olmasa da geçiş mevsimlerinde de sıcaklığın arttığı ancak kiő sıcaklığında önemli bir değişiklik olmadığı belirlenmiştir. Bu bulgu sıcak dönemin geniőledięi anlamına da gelmektedir (Şen, 2013: 3).

#### **1.3.3.1. Türkiye'de Tarihsel Sıcaklık ve Yağış Eğilimleri**

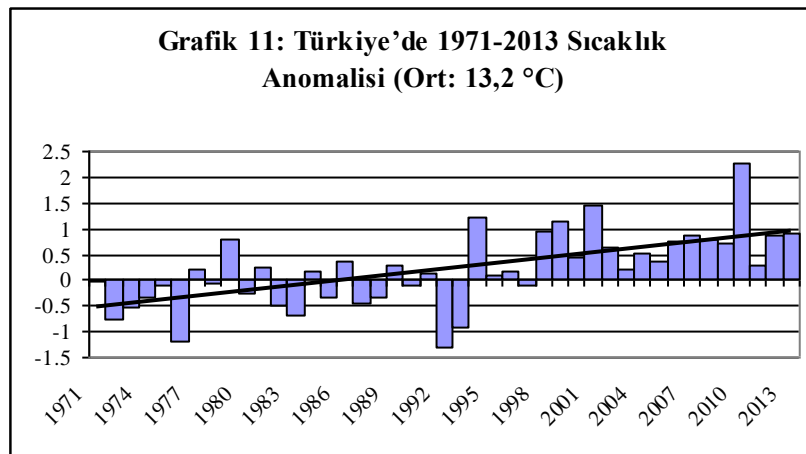
Türkiye'de ortalama sıcaklıklar, küresel ortalama yüzey sıcaklıklarına benzer bir şekilde artış eğilimindedir. Ancak, küresel olarak 1980'li yıllardan bu yana devam eden hızlı sıcaklık artışı, Türkiye'de 1990'lı yıllardan itibaren gözlenmektedir. Kiő mevsiminde genelde zayıf bir azalma eğilimi hakimdir. İlbahar ve yaz mevsimlerinde ortalama sıcaklıklarda artış eğilimi tespit edilmiştir. Yaz sıcaklıkları Türkiye'nin çoğunlukla batı ve güney batı kısımlarında artış göstermektedir (evre ve Orman Bakanlığı, 2007: 167). Sıcaklık artışları yazın kiő mevsimine göre daha baskın olmaktadır. Sonbahar mevsiminde

ise anlamlı olmayan hafif soğuma eğilimi gözlenmektedir (Demir ve diğerleri, 2008b: 78). Grafik 10'dan görüleceği üzere, 1970 yılından bu yana yapılan iklim gözlemlerine göre sıcaklıklar Türkiye genelinde istatistiksel olarak anlamlı seviyelerde yükselmiştir (Şen ve diğerleri, 2013: 3). En sıcak yıl ise 2010 yılında gerçekleşmiştir (MGM, 2013: 4).



**Kaynak:** MGM 2012; 2013; 2014a'daki verilerden yararlanılarak çizilmiştir.

MGM (2012: 3; 2013: 4)'ye göre 1971-2000 döneminde Türkiye'de ortalama sıcaklıklar yaklaşık 13,2 °C civarında gerçekleşmiştir. 2013 yılında ortalama sıcaklıklar yaklaşık 14,1 °C olarak gerçekleşmiştir. 2013 yılında ortalama sıcaklıklar 1970-2000 dönemine göre yaklaşık 0,9 °C yükselmiştir (Grafik 11).

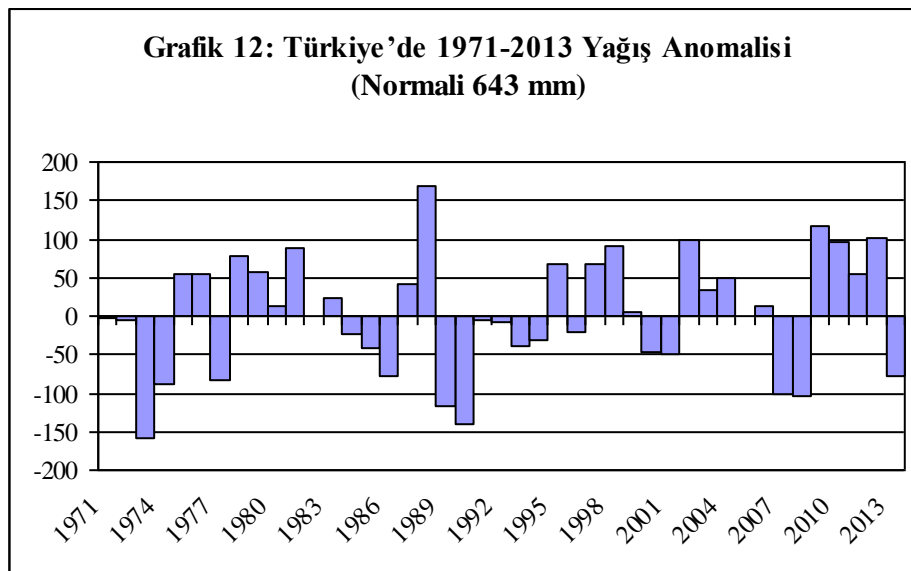


**Kaynak:** MGM 2012; 2013; 2014a'daki verilerden yararlanılarak çizilmiştir.

MGM (2014a: 4)'ye göre, Türkiye ortalama sıcaklıklarında 1970-2000 dönemine göre 1997 yılı hariç 1994 yılından bu yana pozitif sıcaklık anomalileri mevcuttur. En sıcak yıl ise 2,0 °C'lik anomali ile 2010 yılında görülmüştür (Grafik 11).

Türkiye'de, içinde bulunduğu Doğu Akdeniz ve Orta Doğu Bölgesine benzer şekilde, kuzeyden güneye doğru inildikçe azalan bir yağış rejimi söz konusudur. Ülkemiz genelinde yıllık yağış normal 643 mm (1981-2010 ortalaması) civarındadır (MGM, 2014b: 3). Yağışlar genellikle kış aylarında gerçekleşmekte, özellikle Doğu Karadeniz Bölgesi, Kıyı Ege ve Akdeniz Bölgesi daha fazla yağış almaktadır. Yağış miktarı nemli kuzey bölgelerinde 1000 mm'den fazla olmakla beraber, güneye doğru inildikçe azalmakta ve Fırat Nehrinin güneyinde 100 mm civarına düşmektedir (Yenigün, 2010: 34).

Grafik 12'den takip edileceği üzere yağışlarda belli dönemlerde azalışlar ve belli dönemlerde ise artışlar yaşanmaktadır. Son yıllarda yağış eğilimi incelendiğinde, kurak geçen 2006, 2007 ve çok kurak geçen 2008 yıllarından sonra 2009 yılından itibaren yurdumuzun daha yağışlı bir döneme girdiği görülmektedir. 2012 yılında da bu eğilim değişmemiş, ne var ki 2013 yılında yağışlar normale göre %13 oranında (MGM, 2014b: 5) bir önceki yıl yağışına göre ise %24 azalmıştır (MGM, 2014a: 7).



**Kaynak:** MGM 2012; 2013; 2014a 'daki verilerden yararlanılarak çizilmiştir.

1961-1990 yılı ortalamalarına göre yıllık yağışlarda alansal olarak Karadeniz Bölgesi ile Karasal Doğu Anadolu Bölgesinde hafif bir artış eğilimi; Akdeniz, Akdeniz Geçiş ve Karasal Akdeniz bölgelerinde hafif bir azalma eğilimi belirlenmiştir. Türkiye genelinde yağışlarda belirgin değişiklikler özellikle kış mevsiminde kendini göstermektedir. Kış mevsimi yağışlarının uzun yıllar dağılımına bakıldığında, 2009 yılından bu yana yağışlar mevsim normallerinin üzerinde gerçekleşmesine rağmen, 2013-2014 kış mevsiminde normallerine göre %45 azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmaya göre, 2013-2014 kış mevsimi son otuz yılın en az yağış alan kış mevsimi olmuştur. (<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m#sfB>). Türkiye'nin batı illerindeki kış yağışları son elli yılda önemli ölçüde azalmıştır (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007: 166). Akdeniz, Akdeniz Geçiş, Karasal İç Anadolu ve Karasal Akdeniz bölgeleri kış yağışlarında azalma gösteren bölgelerdir. Karasal Doğu Anadolu, Karasal İç Anadolu ve Akdeniz bölgelerinde ilkbahar yağışlarında değişiklikler artış; Karadeniz ve Marmara bölgelerinde ise düşüş yönündedir. Yaz yağışlarının alansal ve zamansal değişim oranlarında zayıf artışlar bulunmaktadır. Öte yandan, Sonbahar mevsiminde yağışların genelde Türkiye'nin büyük bölümünde, özellikle İç Anadolu'nun kuzey kısımlarında bulunan istasyonlarda arttığı görülmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007: 166). Türkiye'de bölgelere göre farklılık gösteren yıllık toplam yağışın yaklaşık %40'ı kış, %27'si ilkbahar, %10'u yaz ve %23'ü sonbahar mevsiminde gerçekleşmektedir. Bundan dolayı da, Türkiye'de kış ve bahar yağışlarında değişimler, su miktarını oldukça etkilemektedir. Yer altı ve yer üstü sularının varlığının devamı için bu dönemlerde meydana gelen yağışın miktarı ve şekli oldukça önemlidir (Demir ve diğerleri, 2008b: 78-79). Bu bakımdan kış yağışlarında görülen azalmalar ciddi su sıkıntılarının yaşanmasına neden olabilecektir (Şen ve diğerleri, 2008: 88). Nitekim içinde bulunduğumuz son dönemde özellikle batıdaki büyük şehirlerde su kaynaklarının kuramaya başladığı ve su seviyesinin kritik eşiklere yaklaştığı kamuoyu gündemini meşgul etmektedir.

### **1.3.3.2. Türkiye İçin İklim Değişikliği Öngörülleri**

AR4'te; değişik emisyon senaryoları için gerçekleştirilmiş küresel sirkülasyon model çıktılarına göre, ülkemizin de içinde bulunduğu Akdeniz Havzası'nda 21. yüzyıl sonlarına doğru yağış azalışıyla beraber sıcaklıklarda artışın görüleceği ve bu bölgenin küresel iklim değişimine karşı en kırılgan bölgelerden biri olacağı belirtilmiştir (Bozkurt

ve Şen, 2013: 40). Kuzey yarım küreyi ele alan makro ölçek iklim modellerinde Türkiye için anlamlı bir tahminde bulunulmamakla birlikte Doğu Akdeniz ve Orta Doğu bölgesinde yüzyılın ortalarında ve özellikle yaz aylarında sıcaklıkların 1,5-2 °C artacağı öngörülmektedir (Yenigün, 2010: 34). Türkiye'nin geneli için bölgelere göre ortalaması alınmış yıllık ortalama sıcaklık artışı yıllık 2-3 °C olarak tahmin edilmektedir (Çevre ve Orman Bakanlığı, 2007: 169).

Türkiye'de iklim değişikliği üzerine yapılan çalışmalarda yukarıdaki öngörülere paralel bazı sonuçlara ulaşılmıştır. Örneğin, Demir ve diğerleri (2008a: 368), A2 senaryosunu baz alarak elde ettiklere sonuçlara göre; 2071-2100'de ortalama sıcaklıkların 1961-1990'a nazaran, Türkiye'nin kıyı sahili boyunca 4-5 °C, iç bölgelerde ise 5-6 °C oranında artacağını hesaplamışlardır. Kış mevsiminde Türkiye'de batıdan doğuya doğru sıcaklık değişiminde bir artış görülmektedir. Nitekim sıcaklık artışı batıda 3-4 °C, doğuda ise 4-6 °C olarak belirlenmiştir. İlkbahar mevsiminde, ülke genelinde 4-5 °C'lik artışlar olacaktır. Artış oranları, Karadeniz kıyılarında 3-4 °C, Doğu Anadolu'nun iç kesimlerinde 5-6 °C şeklinde değişmektedir. Yaz mevsiminde ise kış mevsiminin aksine doğudan başlayan sıcaklık değişimi batı bölgelerinde kendini daha fazla göstermektedir. Güneydoğu Anadolu'da 4-5 °C oranında öngörülen sıcaklık artışı, İç Ege, Göller Bölgesi, Batı Karadeniz'in iç kesimleri kaplayan alanlarda 6-7 °C ye çıkmaktadır. Diğer alanlarda ise 5-6 °C'lik artışlar bulunmaktadır. Sonbahar mevsiminde ise genel olarak sıcaklık artışları 4-5 °C olarak belirlenmiştir.

Bir başka çalışmada, Demir ve diğerleri (2013: 4), RCP4.5 senaryosunu temel almışlar ve 1971-2000 referans periyoduna göre elde edilen sıcaklık değerlerinin genel olarak günümüzden yüzyılın sonuna kadar artış eğiliminde olacağını ortaya koymuşlardır. 2013-2040 yılları arasında özellikle yaz mevsiminde Kuzey Batı ve Güney Doğu Bölgelerimizde 2-3 °C artış beklenirken, kış mevsiminde bu artış miktarı genel olarak 1-1.5 °C'dir. 2041-2070 periyodunda ise sıcaklıkların bir önceki periyoda göre tüm mevsimlerde ortalama 1 °C artacağı öngörülmektedir. Yaz mevsiminde sıcaklık artışı 2-3 °C iken, kış mevsiminde Doğu bölgelerimizde 2-3 °C, ülkemizin diğer bölgelerinde ise 1.5-2 °C'dir. Yüzyılın sonuna doğru ise sıcaklıkların tüm mevsimlerde 2-5 °C artacağı öngörülmüştür.



A2 senaryosuna göre gelecekte Türkiye yağışlarında, azalma yönünde değişiklikler öngörülmektedir ve bu değişimlerde bölgesel farklılıklar söz konusudur. Doğu Karadeniz, Ege, Akdeniz ve Toros Dağları boyunca yıllık toplam yağış miktarında 100-400 mm/yıl oranında düşüşler beklenmektedir. Yağıştaki değişimleri yüzde olarak hesaplandığında ise, doğudan batıya doğru gidildikçe azalma yüzdelerinin büyüdüğü dikkati çekmektedir. Güneydoğu Anadolu'nun bir kısmı ile İç Anadolu, Orta ve Batı Akdeniz, Ege ve Trakya bölgelerinde yağışların %30-40 oranında azalması beklenmektedir. Doğu Anadolu ile Doğu Karadeniz'de bu oran %5 seviyelerinde olacaktır (Demir ve diğerleri, 2008a: 368).

1971-2000 referans periyoduna göre elde edilen günlük yağış değerlerine göre özellikle tüm periyotlarda Güney Bölgelerimizde yağışlarda azalma beklenmektedir. 2013-2040 yılları arasında kış ve sonbahar mevsiminde özellikle Kıyı Ege ve Batı Akdeniz bölgelerimizde günlük 1-1.25 mm civarında yağış artışları, İç ve Doğu bölgelerimizde ise günlük 0.75-1 mm'ye varan yağış azalışları beklenmektedir. 2041-2070 yılları arasında Güney ve Güney Doğu bölgelerimizde günlük 0.5-1.25 mm yağış azalışları öne çıkmaktadır. Bununla beraber tüm mevsimlerde ülkemizin kuzeyinde günlük 0.25-1mm yağış artışları beklenmektedir. Yüzyılın sonunda bir önceki döneme paralel olarak Güney bölgelerimizde yağışlarda günlük 1-1.25 mm civarında azalma göze çarpmaktadır. Ülkemizin Kuzeyinde, özellikle Doğu Karadeniz bölgesinde bu dönemde 0.25-1 mm civarında yağış artışları, İç ve doğu bölgelerimizde ise 0.25-1 mm civarında yağış azalışları beklenmektedir. Genel olarak kış ve sonbahar mevsiminde Doğu Akdeniz'de günlük 1.25 mm'ye varan yağış azalışları, kış ve ilkbahar mevsiminde ise Doğu Karadeniz'de günlük 1.25 mm'ye civarında yağış artışları ön görülmektedir (Demir ve diğerleri, 2013: 5).

Günümüz iklim değişikliği sorununun en önemli belirtisi olan küresel sıcaklık artışları iklim sisteminin diğer elemanlarını etkileyerek içsel zorlamalar yaratacak ve geri besleme mekanizmaları ile beraber iklim değişikliğini şiddetlendirebilecektir. Ayrıca sıcaklık artışı sonucu dağ ve kutup buzullarının erimesi; buna bağlı olarak da deniz suyu seviyesinin yükselmesi beklenmektedir. Bu değişimler göz önünde bulundurulduğunda birçok türün yeni şartlara uyumu imkansız hale gelebilecek; önemli siyasi, sosyal, ekonomik, yaşamsal ve çevresel birçok yansımalar ortaya çıkabilecektir. Bu bağlamda takip eden bölümlerde, bu yansımalar ayrıntılı bir şekilde ele alınmaktadır.

## İKİNCİ BÖLÜM

### 2.KÜRESEL İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN ETKİLERİ

Bu bölümde, küresel iklim değişikliğinin mevcut ve muhtemel etkileri incelenecektir.

#### 2.1. Genel Etkileri

İklim değişikliği doğrudan ve dolaylı olarak insan yaşamını, fiziksel çevreyi ve ekonomiyi her ülke grubu için olumlu ya da olumsuz bir şekilde etkilemektedir. Bu bağlamda, sıcaklık artışları ve yağış rejiminde görülen değişimler bir takım önemli sonuçlar doğurabilmektedir.

İklim değişikliğinin doğrudan etkileri sıcaklık, deniz suyu seviyesi ve su döngüsünde kendini göstermektedir. Örneğin sıcaklık artışları ılıman iklime sahip topraklarda sıcak sezonun uzamasından dolayı, bu topraklarda yetişen ürünlerin miktarında artışa neden olabilecektir. Buna karşın, zaten sıcaklık ve su sorunu çeken dünyanın en fakir ülkeleri, coğrafi koşulları, düşük gelir seviyeleri ve tarım sektörünün önemi gibi nedenlerden dolayı iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenmeleri oldukça yüksek bir ihtimaldir. Bu bağlamda özellikle Sahra Altı Afrika ülkelerinde şu anda yaşanmakta olan kıtlığa ek olarak 10 milyon insanın da kıtlık sorunu ile karşılaşacağı tahmin edilmektedir.

Öte yandan iklim değişikliğinin neden olacağı etkilerin en çok hissedileceği alanları küresel su dengesi, gıda üretimi, sağlık, toprak ve bitki örtüsü ile ekosistem olarak sıralamak mümkündür. Nitekim IPCC (2007d)'ye göre 1 °C ile 5 °C arasındaki sıcaklık artışının neden olabileceği genel etkiler Tablo 8'de özetlenmiştir. Buna göre iklim değişikliğinin su kaynakları, ekosistem, gıda sektörü, kıyı şeridi ve sağlık sektörü üzerinde bazı etkileri olmaktadır. Tablo 8'den görüleceği üzere; 1-2 °C'lik sıcaklık artışı yüksek enlemlerde su arzını ve suya erişimi arttıracak, tarımsal ürünlerin verimliliğinde

yükselme görülebilecek ve soğuğa bağlı ölümlerde azalma gibi olumlu gelişmeler yaşanabilecektir. Ancak sıcaklık artışları devam ettikçe ve yağış rejiminin düzensizliği artıkça bu faydalar ortadan kalkarak iklim değişikliğinin olumsuz etkileri baskın hale gelebilecektir. Nitekim 1-2 °C'lik artışı durumunda su kıtlığı yaşanabilecek, gıda üretiminde azalmalar görülerek beslenme şartları bozulabilecek, ekosistemde geri dönülemez kayıplar yaşanabilecek, deniz suyu seviyesinde görülecek yükselme ve fırtınalar nedeniyle kıyı şeridi ciddi zararlar görülebilecek ve bütün bunlar sonucu sağlık sorunlarında ve harcamalarında önemli artışlar gibi gelişmeler ortaya çıkabilecektir.

**Tablo 8: Küresel Ortalama Sıcaklık Artışlarının Temel Etkileri**

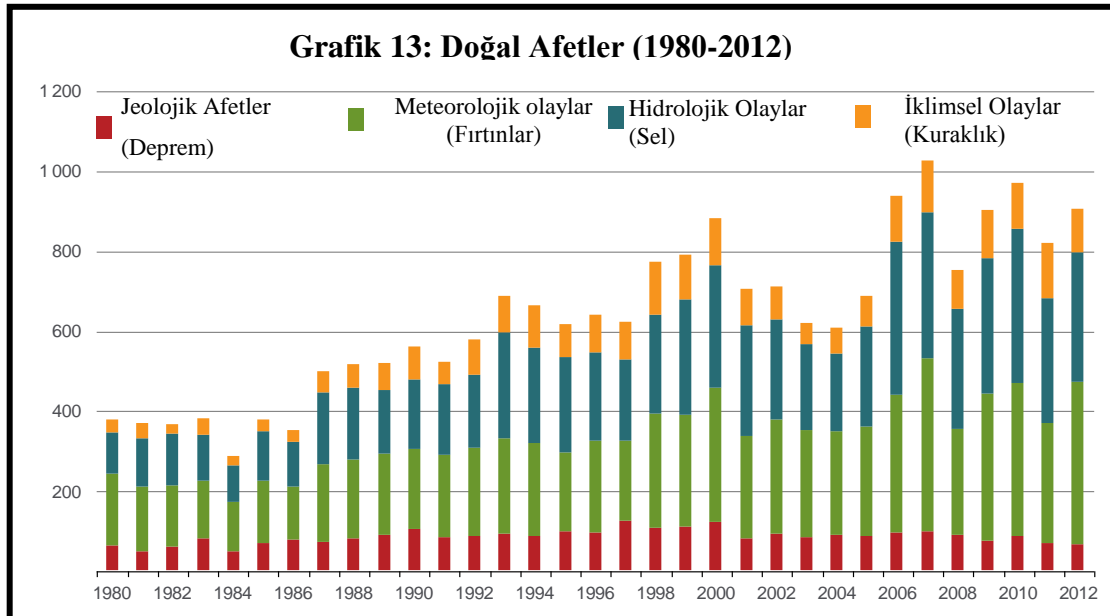
	0	1	2	3	4	5 (°C)
<b>Su Kaynakları</b>	Tropik ve yüksek enlemlerde yükselen suya erişebilirlik -----▶					
	Orta ve alçak enlemlerde düşen su miktarı ve artan kuraklık -----▶					
	Yüz milyonlarca insan su kıtlığına maruz kalacak -----▶					
	Alçak dağ buzullarının erimesi bazı bölgelerde su arzını etkileyecek -----▶					
	Deniz suyu seviyesindeki yükselme birçok şehri tehdit altında bırakacak -----▶					
<b>Ekosistem</b>	*Türlerin %30'dan fazlasının neslinin tükenmesi riski -----▶ Küresel ölçekte önemli soy tükenmeleri					
	*Mercan kayalıklarının zarar görmesi -----▶					
	*Karalar % 15-40 arasında net karbon kaynağı olarak ekosistemin olumsuz etkileyecek					
	*Küresel rüzgar sirkülasyonundaki zayıflama ekosistemi değiştirecek					
<b>Gıda</b>	Bölgesel, küçük toprak sahipleri, çiftçiler ve balıkçılar olumsuz etkilenecek -----▶					
	*Alçak enlemlerde tahıl verimliliğinin düşüş -----▶ Alçak enlemlerde tüm hububat ürünlerinde azalma					
	*Yüksek enlemlerde tahıl verimliliğinde artış -----▶ Bazı gelişmiş ülkelerde tahıl ürünlerinde azalma					
<b>Kıyı Şeridi</b>	Sıklaşan fırtına ve sellerin neden olduğu zararlarda artış -----▶					
	*Kıyı şeridinde sulak alanların yaklaşık %30 yok olacak					
	*Kıyı şeridinde milyonlarca insan her yıl şiddetli sel olaylarına maruz kalacak					
<b>Sağlık</b>	Kötü beslenme, bulaşıcı hastalıklar, kal ve solunum rahatsızlıklarında artış -----▶					
	Sıcak havalar, kuraklık ve sellerin neden olduğu hastalık ve ölümlerde artış -----▶					
	Bulaşıcı hastalıkların dağılımında oluşacak farklılık -----▶					
	Yüksek enlemlerde soğuğa bağlı ölümlerde azalış *Sağlık harcamalarında önemli artış					

**Kaynak:** IPCC, 2007d: 16

Ayrıca sıcaklığın ve yağışların coğrafik dağılımında görülecek önemli değişimler şiddeti doğal afetlerin daha sıklıkla yaşanmasına ve zararlarının beklenenden daha fazla olmasına neden olabilecektir (Auffhammer, 2008: 348). Nitekim 1980–2005 döneminde bu tarz doğal afetlerin sadece Amerika Birleşik Devletleri’ne (ABD) maliyeti 560 milyar dolar olmuştur (Edwards, 2008: 346).

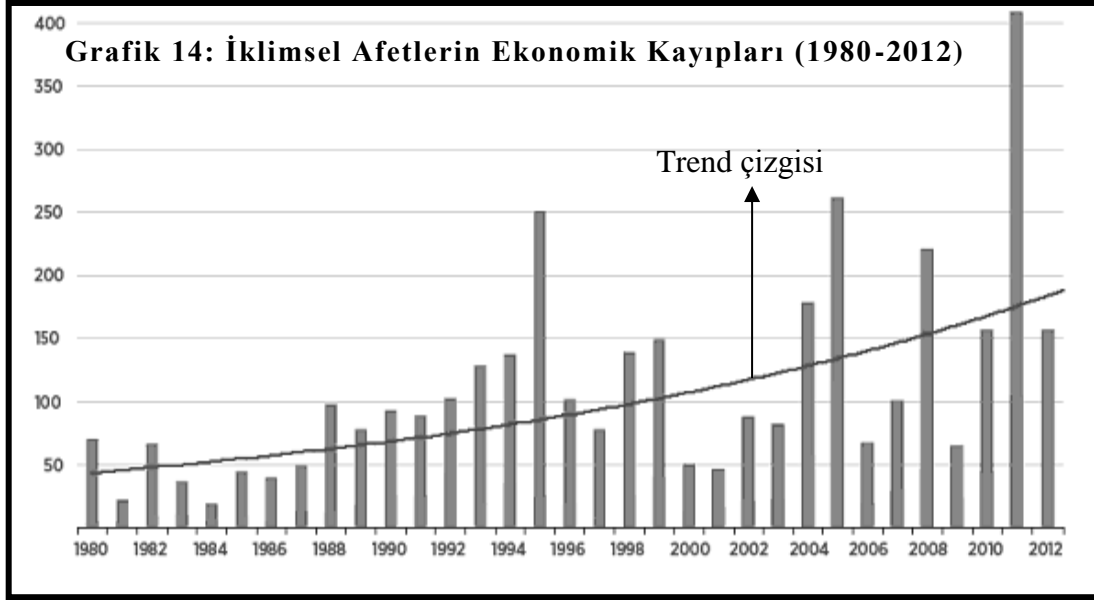
## 2.2. İklim Kaynaklı Doğal Afetler ve Etkileri

İklim değişikliği sıcaklıkları ve yağış rejimini değiştirerek hava olaylarının daha sık ve şiddetli yaşanmasına neden olmaktadır. Bu bağlamda 1980-2012 döneminde dünya genelinde 21 bin hasarlı doğal afet meydana gelmiştir. Grafik 13’den görüleceği üzere bu dönemde iklimle ilişkili olmayan deprem ve volkanik aktiviteler gibi doğal afetler hemen hemen aynı seviyede gerçekleşmişken; iklimle ilişkili olan doğal afetler ise giderek artmıştır. 1980-2012 döneminde meydana gelen doğal afetlerin yaklaşık %87’si (18.200) iklim kaynaklı doğal afetlerdir. Ani gelişebilen bu hava olayları fırtına, sel ve kuraklık gibi doğal afet şeklinde kendi göstermektedir. Bu şiddetli hava olayları insanlara ve ekonomilere ciddi zararlar vermektedir.



**Kaynak:** Munich RE, 2013: 52

Aynı dönemde doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıpların seyri de Grafik 14’de gösterilmiştir. Görüleceği üzere 1980-2012 döneminde iklim kaynaklı doğal afetlerin hem sayılarında hem de bunların neden olduğu ekonomik kayıplarda önemli artışlar yaşanmıştır.



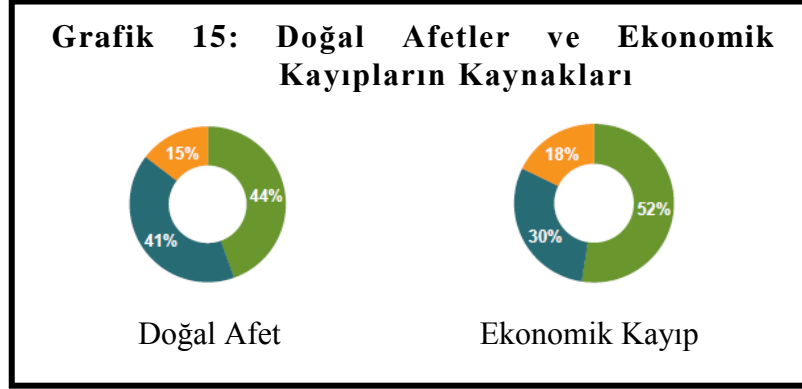
\*2012 fiyatları ile Milyar \$

**Kaynak:** Munich RE, 2013: 53

Bu dönemde doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar yaklaşık olarak 3,8 trilyon \$ civarındadır. Bu rakamın yaklaşık %74’ü (2,8 trilyon \$) iklim değişikliğinin neden olduğu kayıplardır. Önlem alınmaması durumunda, bu kayıplar daha büyük rakamlara ulaşabilecektir. Nitekim 2050 yılına kadar mevcut iklim değişikliğinin yıllık ekonomik maliyetinin ortalama 1 trilyon \$ civarında olacağı tahmin edilmektedir (Hallegatte ve diğerleri, 2013: 802). Anılan bu rakam, 1980-2012 döneminde iklim kaynaklı doğal afetlerin ortalama maliyetinin yıllık 85 milyar \$ civarında olduğu göz önünde alındığında oldukça ciddi boyuttadır.

1980-2012 döneminde iklimsel doğal afetlerin kaynakları incelendiğinde, afetlerin büyük bir kısmının meteorolojik ve hidrolojik kaynaklı olduğu göze çarpmaktadır. Meteorolojik kaynaklı afet olarak nitelendirilen *fırtınaların* ilgili dönemdeki afetlerin yaklaşık %44’ünden sorumlu olduğu rapor edilmiştir. Doğal afetlerin bir diğer büyük kaynağını ise hidrolojik afet olarak gösterilen *seller* oluşturmaktadır. Bu dönemde afetlerin

yaklaşık %41'i sellerden kaynaklanmaktadır. Doğal afetlerin %15'lik kısmı ise aşırı sıcaklar ve kuraklıktan kaynaklanan iklimsel olaylardır.



**Kaynak:** Munich RE, 2013

Grafik 15'den görüleceği üzere 1980-2012 döneminde görülen 2,8 trilyon \$ civarındaki ekonomik kayıpların yaklaşık olarak %52'si fırtınalardan, %30'u sellerden ve %18'i aşırı sıcaklıklardan kaynaklanmıştır. Hem doğal afetlerin kaynakları hem de ekonomik kayıplar dikkate alındığında iklim değişikliğinin daha çok fırtınalar ve seller yoluyla ekonomik kayıplara neden olduğu görülmektedir.

**Tablo 9: Doğal Afetler ve Bölgesel Etkileri (1980-2012)**

Bölge	Doğal Afet	Ekonomik Kayıp*
Kuzey Amerika	6.300	1.400
Latin (Güney) Amerika		110
Avrupa	4.400	500
Afrika	1.900	45
Asya	6.800	1.600
Avustralya	1.600	105

\*2012 fiyatları ile Milyar \$

**Kaynak:** Munich RE, 2013<sup>19</sup>

İklim değişikliği şüphesiz küresel bir olgu olmasına rağmen dünyanın her yerinde aynı etkiyi göstermemektedir. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklık ve yağış gibi iklim

<sup>19</sup>Grafik 15 ve Tablo 9 verileri, [https://www.munichre.com/touch/site/touchnaturalhazards/get/documents\\_E-2127666060/mr/assetpool.shared/Documents/0\\_Corporate%20Website/\\_NatCatService/Focus\\_Analyses/1980\\_2012\\_paket\\_welt\\_fokus\\_analysen\\_touch\\_en.pdf](https://www.munichre.com/touch/site/touchnaturalhazards/get/documents_E-2127666060/mr/assetpool.shared/Documents/0_Corporate%20Website/_NatCatService/Focus_Analyses/1980_2012_paket_welt_fokus_analysen_touch_en.pdf) (28.04.2014)'den alınmıştır.

elemanlarında yaşanan uç durumlar ve aşırı oynaklıkların etkileri bölgelere göre farklılıklar göstermektedir. Nitekim 1980-2012 döneminde doğal afetlerin ve bu afetlerin neden olduğu kayıpların bölgelere göre dağılımının görüldüğü Tablo 9’da, doğal afetlerden en çok etkilenen bölgelerin Asya ve Amerika (özellikle Kuzey Amerika) Bölgeleri olduğu göze çarpmaktadır. Bu dönemde Asya Bölgesi’nde 6.800 civarında doğal afet kaydedilirken, bu afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar 1,6 trilyon \$ civarında gerçekleşmiştir. Benzer şekilde Amerika Bölgesinde yaklaşık 1,5 trilyon \$ ekonomik kayba neden olan 6.300 iklim kaynaklı doğal afet yaşanmıştır. Bu kayıpların hemen hemen tamamı ise Kuzey Amerika Bölgesi’ne aittir.

Asya Bölgesi’nde aşırı yağışların ve sel olaylarının yaygın olarak görülmesi, Kuzey Amerika Bölgesi’nde ise giderek artan şiddette fırtına ve kasırgaların sıklıkla yaşanması, bu bölgelerin doğal afetlerden daha fazla etkilenmesine neden olmaktadır. Nitekim bu durum Grafik 15’de de değinilen 1980-2012 döneminde kaydedilen doğal afetlerin %85’nin fırtınalardan ve sellerden kaynaklandığı bilgisi ile örtüşmektedir.

Benzer şekilde sadece 2012 yılında meydana gelen doğal afetler ve bunların etkileri Tablo 10’da özetlenmiştir. Buna göre 2012 yılında doğal afetlere en fazla maruz kalan bölge, 1980-2012 döneminde olduğu gibi, Asya Bölgesi olmuştur. Bu doğal afetlerden nüfus bakımından en çok etkilenen bölgeler ise Asya ve Afrika Bölgeleri’dir. Doğal afetlerden küresel bazda etkilenen nüfusun %3,4’lük (4,16 Milyon) gibi nispeten az bir kısmı Amerika kıtasında yaşamasına rağmen, ekonomik olarak en fazla zarar %74’lük (102,7 Milyar \$) payıyla Amerika kıtasında gerçekleşmiştir.

**Tablo 10: Dünyada Doğal Afetler ve Etkileri (2012)**

<b>Bölge</b>	<b>Doğal Afet</b>	<b>Ekonomik Kayıp*</b>	<b>Etkilenen Nüfus (Milyon)</b>
<b>Afrika</b>	57	0,93	37,82
<b>Amerika</b>	73	102,7	4,16
<b>Asya</b>	122	25,83	78,81
<b>Avrupa</b>	62	8,4	0,55
<b>Avustralya</b>	11	0,85	0,26
<b>Küresel</b>	325	138,71	121,6

\*Milyar \$

**Kaynak:** Guha-Sapir ve diğerleri, 2013: 27

Doğal afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar, gelişmekte olan ülkelerin bütçelerini gelişmiş ülkelere daha fazla etkilemektedir. Düşük sermaye birikimi ve yetersiz altyapı tesisleri nedeniyle gelişmekte olan ülkelerde doğal afetlerden kaynaklı ekonomik kayıplar parasal olarak gelişmiş ülkelere daha az olabilir. Ancak sıralanan nedenlerden dolayı bu kayıpların ülkelerin GSYİH'larına oranı gelişmekte olan küçük ülkelerde daha büyük olabilmektedir. Nitekim Messy ve diğerleri (2005: 223)'ne göre, 1985–1999 döneminde doğal afetlerden kaynaklanan ekonomik kayıpların gelişmiş ülke GSYİH'larına oranı %2,5 iken, gelişmekte olan ülkelerin GSYİH'larına oranı ise %13,4'dür. Hatta bu kayıplar bazı küçük ülkelerde, bu ülkelerin GSYİH'larının %100'ünü aşabilecek boyutlara kadar ulaşabilecektir (The United Nations Environment Programme Finance Initiative [UNEP FI], 2006: 11).

**Türkiye**; tropikal fırtınalar ve aktif volkanlar hariç dünya genelinde görülen doğal afetlerin büyük bir kısmına açık bir ülke konumundadır. Tüm dünyada olduğu gibi, büyük bir coğrafya ve farklı iklim bölgelerine sahip Türkiye'de de başta kuraklık ve seller olmak üzere meteorolojik ve hidrolojik afetler oldukça sık meydana gelmekte ve ciddi zararlara yol açmaktadır. İklim kaynaklı afetlerden en sık görülenleri ise, fırtına, sel ve kuraklıktır (Kadıoğlu, 2012: 16; Ersoy, 2013: 6; MGM, 2014a: 31).

İstatistikî verilere göre Türkiye'de 1970-2012 döneminde yaklaşık 5000 civarında meteorolojik ve hidrolojik doğal afet meydana gelmiştir (Özşahin 2013: 3-4). Doğal afet sayılarında 2000'li yıllardan sonra önemli artışlar kaydedilmiştir. Bu bağlamda 2010 yılının 555 olay ile 1940 yılından bu yana en fazla ekstrem olay bildiriminin yapıldığı yıl olması dikkate çekicidir. Bu olayların %75'ni seller ve fırtınalar oluşturmaktadır (Kadıoğlu, 2012: 14).

İklim değişikliğinin 1990'lı yıllardan sonra Türkiye'de sıcaklık artışı ve yağış dalgalanmaları şeklinde kendini hissettirmeye başlamasının son yıllarda gözükken şiddetli hava olaylarını tetiklediği söylenebilir. İklim değişikliği senaryolarında Türkiye'de sıcaklıkların hemen hemen tüm yurttan artacağı ve yağışlarda aşırı dalgalanmalar yaşanacağı öngörülmektedir. Bu öngörüler değerlendirildiğinde iklim kaynaklı olayların artması, bu olayların daha şiddetli olması ve ciddi zararlara yol açması oldukça muhtemeldir. Nitekim Dünya Bankası'nca yapılan bir çalışmaya göre Türkiye yüzyılın



sonlarına doğru Rusya ve Arnavutluk'tan sonra Avrupa ve Orta Asya Bölgesi'nde ekstrem iklim olaylarına en çok maruz kalacak üçüncü ülke olarak gösterilmektedir (Fay ve diğerleri, 2010: 5).

Türkiye' de her yıl ortalama 200 kadar sel olayı yaşandığı ve bu olayların ekonomik maliyetinin ortalama 150 milyon Türk Lirası (TL) olduğu (Tolunay, 2011) dikkate alındığında, iklim değişikliğinin neden olacağı afetlerin ülkemizi giderek artan bir şekilde etkileyebileceği yadsınamaz bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır.

### **2.3. İklim Değişikliğinin Sağlık Üzerine Etkileri**

İklim değişikliği sıcaklık, yağış rejimi, deniz suyu seviyesi, temiz hava ve içme suyu, beslenme ve barınma, aşırı doğa olayları ve bulaşıcı hastalıklar riski gibi sağlığın sosyal ve çevresel belirleyicilerini etkileyerek insanlar ve diğer canlılar üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Ayrıca, küresel ısınma nedeni ile buzulların erimesi, deniz suyu seviyesinin yükselmesi, yağış şekil ve miktarının değişmesi sel ve fırtına gibi doğal afetleri daha sıkı ve şiddetli hale getirerek insan sağlığını doğrudan ve dolaylı olarak etkileyebilecektir.

Yüksek sıcaklıklar kalp-damar hastalıkları ile solunum yolu rahatsızlıklarını tetikleyerek bu hastalıklardan kaynaklanan ölümlere doğrudan katkı yapmaktadır. Örneğin Avrupa'da 2003 yazında görülen sıcak hava dalgası 70.000'den fazla insanın ölmesine neden olmuştur (Robine ve diğerleri, 2008: 177). Ayrıca yüksek sıcaklıklar nedeniyle atmosferde ozon ve diğer kirlleticilerin yoğunluklarının artması, sayılan rahatsızlıkları tetiklemekte ve kentsel hava kirliliği nedeniyle her yıl 800.000 insanın ölmesine neden olmaktadır (DSÖ, 2008: 7).

Sıcaklıkların yükselmesi ve düzensiz yağış dağılımı ile bunların tetiklediği seller ve kuraklık hastalığa neden olan virüs ve enfeksiyon gibi tehlikelerin yayılmasını ve yaşam süresini etkilemektedir. İklim değişikliğinden dolayı Kuş Gribi'nden Sarıhummaya kadar bir düzine hastalık yabani hayvanlar yoluyla yayılmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (DSÖ)'nün bilimsel çalışmalarında bu hastalıklar aşağıdaki şekilde sıralanmaktadır (Çelik ve diğerleri, 2008, 11):

- Kuş gribi (as avian flu),
- Kene (tick-borne babesia),
- Kolera (cholera),
- Ebola (ebola),
- Parazitler (parasites),
- Veba (plague),
- Lyme (lyme disease),
- Zararlı deniz yosunları (red tides of algal blooms),
- Kızıl humma, sıtma (red valley fever),
- Uyku hastalığı (sleeping sickness),
- Verem (tüberculosis),
- Sarıhumma, sıtma (yellow fever),
- Dang humması (dengue fever).

Sıralanan bu ve benzeri bulaşıcı hastalıklar dünya üzerinde milyarlarca insanı etkilemektedir. Bu tür hastalıklar gelişmiş ülkeleri de etkilemekle beraber, daha çok kötü beslenme ve çevre koşulları ile yeteriz sağlık hizmetleri ve altyapı tesislerine sahip olan az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeleri etkilemektedir. Bu bağlamda çoğunluğu Afrika'da yaşayan beş yaşın altındaki çocuklar olmak üzere her yıl yaklaşık 1 milyon insan sıtma hastalığından vefat etmektedir (DSÖ, 2008: 10). Ayrıca Hales ve diğerleri (2002: 833) 2055 yılında yaklaşık 3,2 milyar insanın, 2085 yılında ise 3,5 milyar insanın Dang humması nedeniyle ölüm riski altına kalacağını tahmin etmektedirler.

İklim değişikliği her ne kadar ılıman geçen kışlar nedeniyle yüksek enlemlerdeki ülkelerde soğuğa bağlı ölümlerde azalmaya (Benson ve Palmer, 2008: 458 ) ve bazı tarım ürünlerinde artışa neden olsa da, sağlık üzerindeki küresel net etkisi negatif olmaktadır (DSÖ, 2008: 6). Değişen sağlık sorunlarının yanı sıra küresel ısınmanın sağlığı belirleyen tarım, su ve temizlik hizmetleri hariç sağlık alanında doğrudan maliyetinin 2030 yılına kadar yıllık 2-4 milyar dolar arasında olacağı tahmin edilmektedir (<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>).

## 2.4. Bölgesel Etkileri

İklim değişikliği dünyanın farklı bölgelerini farklı şekillerde etkilemektedir. Bu etkinin yönü ve şiddeti; doğal kaynakların dünya üzerindeki eşitsiz dağılımı, bölgelerin farklı coğrafik yapılara ve iklim koşullarına sahip olmaları, ülkelerin gelir seviyeleri, gelişmişlik düzeyleri, siyasal istikrar ve iklim değişikliğine uyum sağlama kabiliyetleri gibi çevresel, ekonomik, sosyal ve siyasal yapılarındaki farklılıktan kaynaklanmaktadır (Stern, 2007: 104).

İklim değişikliği gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarım, ormancılık, enerji ve sahil şeridi gibi birçok sektörü ve üretken çevreyi etkileyebilecektir. Şüphesiz ki az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler iklime diğer ülkelerden daha çok duyarlı olmaları ve yetersiz uyum kabiliyetleri nedeniyle iklim değişikliğinden en fazla etkilenen ülkeler olacaklardır. Ancak unutmamak gerekir ki, iklim değişikliği küresel bir olgudur ve iklim değişikliğinden etkilenmeyecek ülke yoktur (World Bank, 2010: 40). Bu bağlamda aşağıda mevcut küresel ısınma trendi ve buna bağlı olarak iklim değişikliğinin bölgeler üzerindeki olası etkileri genel hatlarıyla özetlenmektedir.

### *Afrika Bölgesi*

Afrika kıtasındaki ülkeler; mevcut ekonomik ve siyasal sorunlar ve iklim değişikliğine uyum bakımından düşük kapasiteye sahip olmalarından dolayı iklim değişikliğinden en çok etkilenen ülkelerin başında gelmektedir.

- Geleceğe dönük yapılan tahminlerde Afrika kıtasında 2020 yılında 75 ile 250 milyon arasında, 2050 yılında ise 350 ile 600 milyon arasında insanın iklim değişikliği nedeniyle artan su sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağı beklenmektedir.
- 2020 yılında bazı ülkelerde yağmur suyu kullanılarak yapılan tarım faaliyetlerinde %50'den fazla azalış yaşanacağı tahmin edilmektedir. Ayrıca gıdaya ulaşım da dahil tarımsal üretim bazı Afrika ülkelerinde oldukça tehlikeli bir sürece girecektir. Bu durum gıda güvenliğini olumsuz yönde etkileyerek mevcut olan açlık sorununu daha da şiddetlendirebilecektir.

- 21.yy. sonlarına doğru deniz suyu seviyesinin yükselmesi, deniz seviyesinin altındaki kıyı şeridinde nüfusun büyük bölümünü etkileyecektir. Böyle bir senaryoda uyum maliyetinin GSYİH'nın %5–10 arasında olacağı tahmin edilmektedir.
- 2080 yılına kadar kurak ve yarı kurak alanlarda %5–8 arasında bir artış görülebilecektir (Boko ve diğerleri, 2007: 444–451).

### ***Asya Bölgesi***

- 2050'li yıllarda Orta, Güney, Doğu ve Güneydoğu Asya bölgelerindeki tatlı su kaynakları ve havzalarında azalma görülecektir. Yaşanacak bu sıkıntısından 1 milyardan fazla insanın etkilenmesi beklenmektedir.
- Kıyı şeridi, özellikle nüfus yoğunluğunun fazla olduğu büyük deltalar, deniz ve nehir taşkınlıkları nedeniyle şiddetli sel felaketlerine maruz kalabilecektir.
- İklim değişikliği hızlı kentleşme, sanayileşme ve ekonomik büyümeye bağlı olarak doğal kaynaklar ve çevre üzerindeki baskıyı şiddetlendirebilecektir.
- Su döngüsünde öngörülen değişiklik nedeniyle Doğu, Güney ve Güneydoğu Asya'da sel ve kuraklık nedeniyle bulaşıcı hastalıklar ve bunlara bağlı ölümlerin artması beklenmektedir.
- 21. yy. ortalarına doğru Doğu ve Güneydoğu Asya'da tahıl üretiminin %20'den fazla artacağı tahmin edilmektedir. Buna karşın Orta ve Güney Asya'da ise tahıl üretiminin %30'dan fazla azalacağı öngörülmüştür. İlgili bölgelerde iklim değişikliğinin olumlu etkisi görülse de genel olarak bu bölgedeki tahıl üretimi üzerindeki net etkisi olumsuz olacaktır (Cruz ve diğerleri, 2007: 479–487).

### ***Avustralya ve Yeni Zelanda Bölgesi***

- 2020 yılına kadar ekolojik olarak zengin olan bölgede önemli biyoçeşitlilik kaybı yaşanması beklenmektedir.
- 2030 yılında Avustralya'nın güneyi ve doğusunda Yeni Zelanda'nın doğu bölgelerinde su güvenliği sorunu giderek artacaktır.

- Artan kuraklık ve orman yangınları nedeniyle 2030 yılında Avustralya'nın doğusu ve güneyi ile Yeni Zelanda'nın doğusunda tarım ve ormancılık faaliyetlerinde önemli azalmalar görülecektir.
- 2050 yılında Avustralya ve Yeni Zelanda kıyı şeritlerinde ekonomik gelişmeye bağlı olarak artan nüfus, deniz suyu seviyesinde görülecek yükselme nedeniyle daha sık ve şiddetli yaşanacak fırtına ve sellere maruz kalabileceklerdir.
- Sıcak hava dalgalarına bağlı olarak ölüm oranları artabilecek ve daha sık elektrik kesintileri yaşanabilecektir (Hennessy ve diğerleri, 2007: 516–524).

### *Avrupa Bölgesi*

- İklim değişikliği var olan bölgesel doğal kaynak farklılığını arttıracaktır.
- Deniz suyu seviyesindeki artışlarla beraber kıyı şeridinde ani su baskınları daha sık görülmeye başlanacaktır.
- Dağlık kesimlerdeki buzullar eriyecek ve kar örtüsü gerileyecektir. Bu durum Avrupa'da kış turizmini ve beklenen erozyon artışları Orta Avrupa'yı olumsuz yönde etkileyecektir. Ayrıca kar örtüsünün geri çekilmesi, mevcut iklim koşullarına uyum sağlamış türlerin yok olma riskini arttıracaktır. Nitekim 2080 yılında, yüksek emisyon senaryosu altında, tür kayıpları oranının %80 civarında olacağı tahmin edilmektedir.
- Güney Avrupa'da görülecek yüksek sıcaklıklar ve kuraklık tehlikesi su kaynakları, hidroelektrik potansiyeli, yaz turizmi ve ürün verimliliği üzerine olumsuz etkileri olacağı beklenmektedir.
- Orta ve Doğu Avrupa'da yaz yağışlarında azalma beklenmekte olup, bu durum yüksek su stresine neden olabilecektir.
- Kuzey Avrupa'da kısa dönemde küresel ısınmadan kaynaklanan kazanımlar görülebilecektir. Bunlar: ısınma talebinde azalış, tarım ve orman ürünlerinde artış şeklinde sıralanabilir. Buna karşın küresel ısınma ve beraberinde iklim değişikliği devam ettikçe olumsuz etkiler daha baskın hale gelecektir. Sık ve şiddetli su baskınları, ekosistemde görülebilecek bozulmalar ve toprak verimliliğinde istikrarsızlıklar bu olumsuzluklara örnek olarak verilebilir (Alcamo ve diğerleri, 2007: 549–557).

### ***Latin Amerika Bölgesi***

- Yüzyılın ortalarında, artan sıcaklık ve toprak neminde görülecek azalma Doğu Amazon Tropikal Ormanları'nın yerini geniş çalılıkların almasına neden olacaktır. Yarı kurak iklim şartlarına uygun tarım ürünlerinin yerini ise kurak iklim tarım ürünleri alacaktır.
- Tarımsal üretimde ve hayvancılık faaliyetlerinde görülecek azalmalar gıda güvenliğini olumsuz etkileyebilecektir. Bu karşın ılıman bölgelerde soya üretiminin artacağı beklenmektedir. Yine de birçok insan açlık tehlikesi ile karşı karşıya kalacaktır.
- Yağış elemanlarında görülecek değişiklik ve buzulların erimesi nihai tüketim, tarım ve enerji sektörü için gerekli olan su kaynaklarını etkileyebilecektir.
- Deniz seviyesinin yükselmesi sel ve erozyon riskini arttırarak tatlı su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyebilecektir. Bu durumun bölgede yoğun göçlerin yaşanmasına neden olacağı öngörülmektedir (Magrin ve diğerleri, 2007: 596–599).

### ***Kuzey Amerika Bölgesi***

- İklim değişikliği ile beraber ekonomik gelişmenin getirdiği artan kirlilik kıyı şeridinde yaşayan canlılar ve bitki örtüsü üzerindeki baskıyı arttırabilecektir.
- Sıcak hava dalgalarında görülecek artış ve sıklık, sağlık sorunlarını tetikleyebilecektir.
- Yüzyılın ilk yarısında yağmur suyuna dayanan tarım faaliyetlerinde, önemli farklılıklar olmasına rağmen, ılımlı iklim değişikliğinin olumlu etkileriyle %5–20 arasında üretim artışı beklenmektedir. Ancak bu durum sıcaklıkların tarımsal faaliyetlerin verimli yapılabilmesi için uygun aralıklarda seyretmesi ve su kaynaklarından yüksek oranda yararlanılabilmesi gerekmektedir.
- Batı bölgelerindeki dağlarda görülecek sıcaklık artışı kar örtüsünü azaltarak kışın görülecek sel riskini arttırabilecektir; yaz su akımlarını ise azaltabilecektir. Bu durum bölgede su kaynaklarının kullanımında rekabeti arttırabilecektir.
- Haşerelerden, hastalıklardan ve orman yangınlarından kaynaklanan olumsuzluklar artabilecektir. Bunların yanı sıra orman yangınlarının görüleceği

dönemlerin uzaması ormanları risk altında bırakabilecektir (Field ve diğerleri, 2007: 627–632).

### ***Kutup Bölgeleri***

- İklim değişikliği yüksek olasılıkla kutup bölgelerindeki buzulların, deniz buzullarının ve buz örtüsünün kalınlığını ve genişliğini azaltacaktır.
- Bu durum doğal ekosistemde yıkıcı etkilere neden olarak göçmen kuşlar, memeliler ve yırtıcı hayvanlar dahil olmak üzere birçok canlı türüne zarar verebilecektir.
- Kuzey kutbunda buzul örtüsünün azalması insan yerleşimlerindeki mevcut altyapıyı, buz balıkçılığını ve buz taşımacılığını olumsuz etkileyebilecektir. Fakat daha önce ulaşılamayan yerlere ulaşım olanaklarının ortaya çıkması denizyolu taşımacılığına imkan vererek bölgeye olumlu katkı sağlayabilecektir.
- Kara buzullarının erimesi deniz suyu seviyesini yükselterek daha güçlü fırtınaların ve şiddetli erozyonların görülmesine neden olabilecektir.
- Her iki kutup bölgesinde de iklimsel engellerin azalması nedeniyle kutup bölgelerindeki habitatın istilacı türlerin etkisi altında kalacağı tahmin edilmektedir (Anisimov ve diğerleri, 2007: 663–672).

### ***Küçük Adalar***

- Beklenen deniz suyu seviyesindeki yükselme; sellerin, gelgitlerin, erozyonların ve diğer kıyı şeridi hasarlarının daha yıkıcı olmasına neden olabilecektir. Yaşanabilecek bu olumsuz gelişmeler ada topluluklarının yaşamsal destek ve altyapı tesisleri ile yerleşim yerlerini olumsuz yönde etkileyebilecektir.
- Plaj erozyonları ve mercan kayalıklarının özelliğini kaybetmesi gibi kıyı şeridinde görülebilecek bozulma, adaların kıyı balıkçılığı ve turizm gibi yerel kaynaklarını olumsuz etkileyebilecektir.
- Yüzyılın ortalarında Pasifik ve Karayip gibi bazı küçük adalarda su kaynaklarının azalacağı öngörülmektedir. Ayrıca bu adalarda yağış dönemlerinin kısalığı su talebinin karşılanmasını sıkıntıya düşürecektir.

- Artan sıcaklıklar özellikle orta ve yüksek enlemelerde bulunan adalarda yerli olamayan türlerin istilasını tetikleyecektir (Mimura ve diğerleri, 2007: 695–702).

### ***Türkiye***

Türkiye iklim değişikliğinin potansiyel etkileri açısından risk grubu ülkeler arasındadır. Türkiye özellikle su kaynaklarının azalması, orman yangınları, kuraklık ve çölleşme ile bunlara bağlı ekolojik bozulmalar gibi iklim değişikliğinin öngörülen olumsuz yönlerinden etkilenecektir. Atmosferdeki sera gazı birikimlerinin artışına bağlı olarak önümüzdeki on yıllarda gerçekleşebilecek bir iklim değişikliğinin, Türkiye'de neden olabileceği çevresel ve sosyoekonomik etkiler şu şekilde özetlenebilir (Türkeş, 1994: 64-71):

- Sıcak ve kurak devrenin uzunluğundaki ve şiddetindeki artışa bağlı olarak, orman yangınlarının sıklığı, etki alanı ve süresi artabilir,
- Tarımsal üretim potansiyeli değişebilir (bu değişiklik bölgesel ve mevsimsel farklılıklarla birlikte, türlere göre bir artış ya da azalış biçiminde olabilir),
- İklim kuşakları, Yerküre'nin jeolojik geçmişinde olduğu gibi, ekvator dan kutuplara doğru yüzlerce kilometre kayabilecek ve bunun sonucunda da Türkiye, bugün Orta Doğu'da ve Kuzey Afrika'da egemen olan daha sıcak ve kurak bir iklim kuşağının etkisinde kalabilecektir. İklim kuşaklarındaki bu kaymaya uyum gösteremeyen fauna ve flora yok olabilir,
- Doğal karasal ekosistemler ve tarımsal üretim sistemleri, zararlılar ve hastalıklardaki artışlardan dolayı hasar görebilir,
- Türkiye'nin tarımsal ve içme amaçlı su gereksinimi daha da artabilir,
- İklimin kendi doğal değişkenliği açısından, Türkiye'de su kaynakları üzerindeki en büyük baskıyı, Akdeniz ikliminin olağan bir özelliği olan yaz kuraklığı ile öteki mevsimlerde yağışlarda görülen yüksek rastgele değişkenlik ve kurak devreler oluşturmaktadır. Bu yüzden, kuraklık riskindeki artış iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkisini şiddetlendirebilir,



- Kurak ve yarı kurak alanların genişlemesine ek olarak, yaz kuraklığının süresinde ve şiddetindeki artışlar, çölleşme süreçlerini, tuzlanma ve erozyonu arttırabilir,
- Sıcak günlerin sayılarındaki artışlar, insan sağlığını ve biyolojik üretkenliği etkileyebilir,
- Özellikle büyük kentlerde, gece sıcaklıkları belirgin bir biçimde arttırabilir; bu da havalandırma ve soğutma amaçlı enerji tüketiminin artmasına neden olabilir,
- Su varlığındaki değişiklikten ve ısı stresinden kaynaklanan enfeksiyonlar, özellikle büyük kentlerdeki sağlık sorunlarını arttırabilir,
- Rüzgar ve güneş gibi yenilenebilir enerji kaynakları üzerindeki etkiler bölgelere göre farklılıklar olmakla birlikte, rüzgar esme sayısı ve kuvveti ile güneşlenme süresi ve şiddeti değişebilir,
- Deniz akıntılarında, denizel ekosistemlerde ve balıkçılık alanlarında, sonuçları açısından aynı zamanda önemli sosyoekonomik sorunlar doğurabilir,
- Deniz seviyesi yükselmesine bağlı olarak, Türkiye'nin yoğun yerleşme, turizm ve tarım alanları durumundaki, alçak taşkın-delta ve kıyı ovaları sular altında kalabilir. Bu bağlamda 1 m'lik su yükselmesi üç milyon ek insanı ve 12 milyar \$ civarında bir değere sahip sermayeyi etkileyebilir (Karaca ve Nicholls, 2008: 295),
- Ormanların ve denizlerin CO2 tutma ve salma kapasitelerindeki değişiklikler, doğal hazne ve (yutakların) zayıflamasına neden olabilir,
- Mevsimlik kar ve kalıcı kar-buz örtüsünün kapladığı alan ve karla örtülü devrenin uzunluğu azalabilir; ani kar erimeleri ve kar çığları artabilir. Bu bağlamda Kaçkar, Süphan ve Nemrut gibi yüksek dağ zirvelerindeki daimi kar örtüsü tamamen ortadan kalkabilir (Ketenoğlu ve Kurt, 2012: 49-51). Kar erimesinden kaynaklanan akışın zamanlamasında ve hacmindeki değişiklik, su kaynaklarını, tarım, ulaştırma ve turizm sektörlerini etkileyebilir.

İklim değişikliğinin ekonomik etkileri, doğrudan etkilenen bölge ile sınırlı kalmayabilecektir. İklim değişikliğinin dünyanın herhangi bir yerindeki etkileri, sanayi ve tarımsal üretim hacminin, ticaret ortaklarının, sermaye akımlarının, gelir seviyelerinin ve maliyetlerin değişmesi gibi nedenlerle dünya geneline yayılabilecektir (Calzadilla ve diğerleri, 2004: 2). Karşılaştırmalı üstünlüklerin ve ticaret hadlerinin değişmesi bazı ülke

ve bölgelere yarar sağlarken; diğer bazılarını olumsuz yönde etki edebilecektir (Eboli ve diğerleri, 2010: 3). Örneğin iklim değişikliğinden etkilenen ülkede mal ve hizmet üretiminin maliyeti artabilecektir. Bu bir yandan iç piyasayı etkilerken, diğer yandan dış alemlerdeki tüketicilerin de daha yüksek fiyattan mal almasına neden olacaktır (Calzadilla ve diğerleri, 2004: 6). Eğer ki, iklim değişikliğinden etkilenen ülke ya da bölge, bir malın önemli ihracatçısı ise ve ihraç malının yurtdışı talep esnekliği düşükse dış ülkelerin maliyet ve fiyat artışlarından etkilenme dereceleri daha da yüksek olabilecektir.

## **2.5. Ekonomik Etkiler**

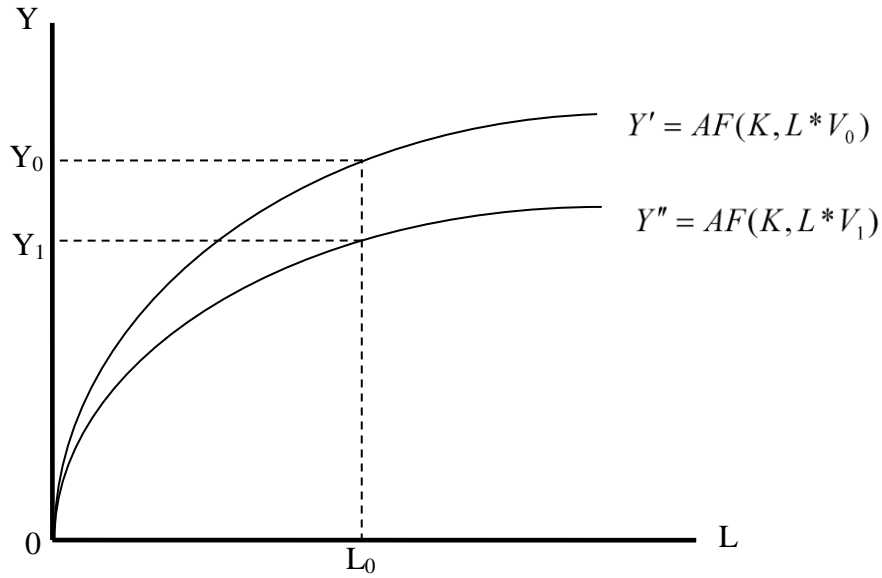
### **2.5.1. Emek Verimliliği Üzerine Etkileri**

Küresel ısınmanın tetiklediği sağlık sorunları ile artan sıcaklığa bağlı olarak oluşan ısı stresi, nemlilik ve diğer aşırı hava olayları emek verimliliği üzerinde etkili olabilmektedir. Yetersiz havalandırma koşulları nedeniyle özellikle düşük ve orta gelirli ülkelerde çalışanlar, sıcaklık etkilerine daha fazla maruz kalmaktadırlar. Küresel ısınma nedeniyle günlük sıcaklıklarda ve nemlilikte görülen artışlar ile yağış rejiminde görülen dalgalanmalar bu etkilerin daha sık ve şiddetli yaşanmasına neden olabilmektedir.

Isı stresi, çalışanların iş kabiliyetlerinin fiziksel ve mental olarak azalmasına ve buna bağlı olarak iş kazalarının artışına neden olabilecektir (Ramsey ve diğerleri, 1983: 110). Şüphesiz bu nedenlerden dolayı emeğin verimliliğinde düşüşler yaşanabilecektir. İşçilerin sıcaklıkla baş edebilmek için içgüdüsel olarak yaptıkları davranışlar çalışma yoğunluklarını azaltmaları veya kısa dinlenme aralarının sıklıklarını arttırmaları şeklinde olmaktadır. Bu durumda çalışanların günlük aktivitelerini ve çalışmalarını yavaşlatmaları olasıdır. Bu şekilde gösterilen davranış değişiklikleri, emek verimliliğini azaltarak çıktı miktarını düşürebilecektir. Ayrıca çalışanların mesleki sağlık hizmetlerine yapılan ilave harcamalar da maliyetleri yükseltebilecektir. Bu iki etken birlikte değerlendirildiğinde çıktının değeri emeğin maliyetinden düşük olabilecektir (Kjellstrom ve diğerleri, 2009: 217-218). Aynı zamanda emeğin marjinal verimliliğinin marjinal maliyetinden küçük olduğunu ifade eden bu durum, bir yandan istihdam edilen emek miktarını azaltırken; diğer yandan da emeğin verimliliğinin azalması, sermaye miktarı ve teknoloji düzeyi sabitken, üretimin ve milli gelirin azalmasına neden olacaktır.

Üretimi arttırmanın iki geleneksel yolu, üretim faktörlerinin verimliliğini veya girdi miktarını arttırmaktır. Verimlilik artışı ile beraber girdi miktarını değiştirmeden de büyüme söz konusu olabilmektedir. Ancak iklim değişikliği özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde çalışanların performanslarını dolayısıyla verimliliklerini olumsuz etkileyerek, mevcut sermaye girdisi ve veri teknoloji seviyesinde üretimin azalmasına neden olabilecektir. Bu durum Şekil 7’i dikkate alınarak açıklanabilir. K; sermaye, L; emek, V; emeğin verimliliği, A; toplam faktör verimliliğini belirleyen etmenler (teknoloji düzeyi) ve Y; üretim seviyesini göstermek üzere üretim fonksiyonu  $Y = AF(K, L * V)$  şeklinde yazılabilir. Buna göre  $L_0$  kadar emek, veri teknoloji seviyesi ve sermaye miktarında,  $Y_0$  kadar çıktı üretmektedir. Küresel ısınmanın olumsuz etkileri nedeniyle emek verimliliğinde görülecek azalış, aynı miktar emek ve sermaye ile veri teknoloji seviyesinde, üretim miktarını  $Y_0$ ’dan  $Y_1$ ’e düşürecektir (Şekil 7). Emek verimliliğinde görülen azalış, verimliliğin  $V_0$ ’dan  $V_1$ ’e düşmesi ile gösterilmiştir ( $V_1 < V_0$ ).

**Şekil 7: Emek Verimliliğinin Üretim Seviyesine Etkisi**



**Kaynak:** Tarafımızca çizilmiştir.

Küresel ısınmadan en çok etkilenecekler mesleklerini açık havda ve/veya yetersiz havalandırma koşulları altında icra edenlerdir. Bu bağlamda; tarım, fırın, inşaat ve fabrika işçileri iklim değişikliğinin etkilerine en fazla maruz kalması beklenen çalışanlardır. Bu etkiler en çok Doğu ve Güney Asya, Latin Amerika ve Avustralya gibi orta enlemler ile

tropikal bölgelerde kendini gösterecektir. Günümüzde sıcaklıkların zirve yaptığı yaz aylarında emek verimliliğinin %90'a varan oranlarda düştüğü görülmüştür. Ayrıca sera gazı emisyonlarında azaltım olsa dahi 2050 yılına kadar sıcaklığın zirve yaptığı aylarda emek verimliliğinin %80'e varan oranlarda azalacağı tahmin edilmektedir (Dunne, 2013, 563).

Günümüzde iklim değişikliğinin emek verimliliği üzerindeki olumsuz etkisinin neden olduğu maliyetin dünya GSYİH'a oranı yaklaşık olarak %0,5 ve yıllık 300 milyar dolar civarındadır. Emek verimliliğindeki düşüşten en çok etkilenen ülkeler, Çin, Hindistan, Endonezya ve Meksika gibi gelişen ekonomiler olmuştur. Bu ülkelerde verimlilikteki düşüş tek başına yıllık 200 milyar dolar kayba yol açarak söz konusu ülkelerin gelişme potansiyellerini etkilemektedir. 2030 yılında bu kaybın Çin ve Hindistan'da her bir ülke için yaklaşık yarım trilyon; sıcaklığın 0,6 °C artacağı varsayımı altında küresel ölçekte ise yaklaşık 2,5 trilyon dolar civarında olacağı tahmin edilmektedir. A2 senaryosu altında 2080 yılına kadar emek verimliliğinde en fazla azalışın Güneydoğu Asya, And Bölgesi ve Orta Amerika, Doğu Sahra Altı Afrika ile Karayip'lerde görülmesi beklenmektedir. Bu ülkelerde verimlilik kaybının %11,4 ile %26,9 arasında olacağı ileri sürülmektedir (DARA, 2012: 139).

### **2.5.2.Büyüme Üzerine Etkisi**

Ekonomik büyümeyi genel anlamda bir ülkenin mal ve hizmet kapasitesindeki ya da çıktı miktarındaki artış olarak tanımlamak mümkündür. Üretim kapasitesindeki artış ise GSYİH veya kişi başına düşen GSYİH'da görülen artışlar ile ölçülmektedir. Bu manada ekonomik büyüme zaman içinde reel GSYİH'da veya reel kişi başı GSYİH'da görülen yıllık artışlar olarak tanımlanabilir.

Ekonomik büyüme reel çıktıda görülen yıllık artışlar olduğundan, ekonomik büyümeyi etkileyen faktörlerin kabaca girdilerin miktarı ve etkinlikleri olduğu söylenebilir.

$$Y = f(A, K, L, E, S) \text{ kapalı üretim fonksiyonunda;} \quad (1)$$

Y, çıktı miktarını (GSYİH); A, toplam faktör verimliliğini; K, fiziksel sermayeyi; L, işgücünü; E, doğal sermayeyi; S, sosyal sermayeyi göstermek üzere, girdi miktarı ve doğal sermayede görülecek artışlar (çevre kalitesinin iyileşmesi), teknolojik gelişme ve güçlü kurumsal yapı çıktısı miktarının artmasına yani ekonomik büyümenin yükselmesine neden olacaktır. Aksi durumda üretim ve büyüme azalacaktır.

Nitekim iklim değişikliği ile beraber sıcaklık ve yağış ortalamalarında görülen değişim ile iklim elemanlarında yaşanan aşırı oynaklığa bağlı beklenmedik şiddetli ve sık hava olayları, üretim faktörlerinin miktarını ve bunların verimliliklerini etkileyerek üretim seviyesi ile üretimin artış trendini değiştirmektedir (World Bank, 2010: 40).

1 nolu denklemde yer alan A, E ve S girdileri ihmal edildiğinde Solow'un temel modelinde eşitliğin her iki tarafı L ile bölünerek işgücü başına düşen çıktı cinsinden yeniden yazmak mümkündür.

$$Y/L = F(K/L, 1) \quad (2)$$

$$y = f(k) \quad (3)$$

Yukarıdaki üretim fonksiyonunda işçi başına çıktı (y), işçi başına sermaye miktarının (k) artan bir fonksiyonudur. Üretim girdilerinden sermaye, üretilmiş makine, teçhizat ve bina gibi fiziksel sermayeyi ifade etmektedir. Nüfusun sabit kabul edilmesi durumunda, fiziksel sermayede görülecek artışlar sermaye stokunu arttıracaktır. Büyüyen sermaye stoku ise çıktı miktarını arttırarak ekonomik büyümeyi gerçekleştirebilecektir. Bir başka deyişle fiziksel sermayede görülecek artış sermaye birikimi arttırarak işçi başına sermaye miktarını ve işçi başına çıktı miktarını arttıracaktır.

Sermaye birikimi ise, sermaye stokuna yapılan yeni yatırımlar ve sermayenin yıpranması tarafından belirlenecektir. Sermayenin yıpranması sermaye birikimini olumsuz etkilemektedir. Bu bağlamda sermaye stokundaki ( $\Delta k$ ) değişme,  $\iota$  kişi başına yatırımları ve  $dk$  kişi başına yıpranmayı göstermek üzere aşağıdaki şekilde yazılabilir:

$$\Delta k = \iota - dk \quad (4)$$

4 nolu denklem, kişi başına sermaye stokunun kişi başına yatırımlara ve kişi başına sermayede görülen yıpranmaya bağlı olduğunu göstermektedir.<sup>20</sup> Bu bağlamda iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri sermaye birikimi hususunda kendini gösterebilecektir.

İklim değişikliğinin neden olduğu fırtınalar, seller, sıcak hava dalgaları ve kuraklık gibi aşırı doğa olayları, fiziksel sermayenin beklenen yaşam süresinden önce kullanım dışı kalmasına neden olabilecektir. Binalar, makineler ve altyapı tesisler gibi sabit sermaye unsurları belli bir ısı ve çevre koşullarında belirlenmiş kullanım ömrüne sahiptirler. Bu bağlamda örneğin sıcaklık artışı, şiddetli sel ve fırtına gibi afetler sermayenin yıpranmasını hızlandıracaktır (Bretschger ve Valente, 2011: 826). Ayrıca süreklilik gösterecek olan iklim değişikliğinin olumsuz etkileri daha sık sermaye yatırımı ayarlamalarını gündeme getirebilecektir (Fankhauser ve Tol, 2005: 4). Böyle bir etki özellikle GSYİH'larının yıllık %20'si civarında sabit sermaye yatırımı yapmakta olan gelişmiş ülkelerde önemli sermaye zararlarına neden olabilecektir (Stern, 2007: 149).

Eğer bir ekonomide tasarruf oranı sabitse, iklim değişikliğinin çıktı üzerindeki negatif etkisi ekonomide toplam yatırım oranı düşebilecektir. Uzun dönemde yatırımların azalması sermaye stokunu eksilterek, daha düşük GSYİH'ya ve kişi başı tüketime neden olabilecektir. Dahası içsel büyüme modeli kapsamında, düşük yatırım düzeyinin teknolojik ilerlemeyi, emek verimliliğini ve emek miktarını azaltma olasılığı durumunda sermaye miktarındaki azalmanın ekonomi üzerindeki etkisi daha da büyük olabilecektir (Fankhauser ve Tol, 2005: 2). Öte yandan ekonomide tasarruf oranları sabit kalmayabilecektir. İklim değişikliğinin negatif etkileri, örneğin birincil üretim kaynaklarının kaybı ve verimliliğinin azalması GSYİH'yı düşürerek yetersiz gelir seviyesi nedeniyle tasarrufların; sermaye talebinin düşmesiyle de yatırımların azalmasına neden olabilecektir. Bu ikisi arasında oluşabilecek herhangi bir fark ise dış borç stokunu ve dış ticaret dengesini değiştirebilecektir (Eboli ve diğerleri, 2010: 6).

İklim değişikliği nedeniyle deniz seviyesinin yükselmesi özellikle kıyı şeridinde altyapı tesislerinin zarar görme risklerini arttıracak ve sermayenin yıpranmasını

---

<sup>20</sup> Net Yatırım=Gayrisafi Yatırım–Yıpranma (Amortismanlar)

hızlandırabilecektir. Ayrıca deniz suyu seviyesindeki yükselme nihai toprak ve doğal sermaye donanımı kaybına da yol açabilecektir (Darwin ve Tol, 2001: 126). Bunların yanı sıra balıkçılık gibi piyasa değerine sahip bazı ekosistem hizmetleri üzerinde ve doğal hayatta da tehditler meydana gelebilecektir. Bu bağlamda deniz suyu yükselmesi sermayenin yıpranma oranını (d) arttırarak denklem 4'e göre yıllık sermaye stoku büyümesi üzerinde olumsuz bir etkiye neden olabilecektir. Toprak ve ekosistem hizmetleri, doğal sermaye (E) ve üretim girdisi olduğu için E'de görülecek azalma çıktı üzerinde negatif etkiye sahip olacaktır. Toplam sermaye stokunda görülecek bu kayıplar ekonomik büyümeyi azaltabilecektir. Nitekim Strobl (2008) çalışmasında, fırtınaların neden olduğu toprak kayıplarının, Amerika'nın sahil eyaletleri seviyesinde, ekonomik büyümeyi ortalama %0,8 azalttığını ortaya koymuştur. Ekosistem hizmetlerinde görülecek bu azalma doğal sermaye değerinin çıktı içinde kaybolmasıyla sonuçlanabilecektir. Doğal sermaye kayıpları fiziksel sermayede görülecek artışlarla karşılanabilir. Böylece ekonomik büyüme doğal sermaye kayıplarından zarar görmeyebilir. Ancak gerekli yatırımların yapılabilmesi için ihtiyaç duyulan kaynaklar tasarruf artışı veya ek vergi yükünü gündeme getirecektir. Bu süreç tüketimin azalmasına ve dolayısıyla refah azalışına sebep olabilecektir (Hallegatte, 2012: 2).

İklim değişikliğinin hastalıklar, yetersiz beslenme, su kıtlığı ve erken ölümler vasıtasıyla nüfusu ve dolayısıyla işgünü etkilemesi, en azından kısa ve orta vadede beşeri sermaye üzerinde etkili olarak ekonomik büyüme üzerinde önemli sonuçlar doğuracaktır. Nüfusun azalması veya etkilenmesi eşanlı olarak beşeri sermayeyi de azaltacaktır. Bu durumda hem fiziksel çıktının hem de yeni beşeri sermayenin artışı sınırlanacaktır. Böylece iklim değişikliğinin nüfus üzerindeki bu etkileri hem neoklasik büyüme modelinde hem de beşeri sermayenin önemli olduğu içsel büyüme modellerine göre ekonomik büyümeyi negatif etkileyecektir. Bir başka husus da iklim değişikliği nedeniyle bazı hastalıkların görülme sıklığının artma ve daha geniş coğrafyalara yayılma hususunun verimliliği etkileme olasılığıdır. Bu yayılma ile birlikte daha önce görülmeyen hastalıkların görüldüğü ülke ve bölgelerde iklim değişikliği toplam faktör verimliliğindeki büyümeyi yavaşlatarak, ekonomik performansı olumsuz yönde etkileyebilecektir. Öte yandan beşeri sermayede görülecek bir kerelik azalmanın uzun dönemde büyümeyi etkilememesi eğitime yapılacak yüksek yatırımlara bağlı olacaktır (Lecocq ve Shazili, 2007: 35–40). Ancak olumsuz iklim koşullarının neden olduğu yetersiz ekonomik performans, hükümetlerin elde

edebileceği muhtemel gelirleri düşürebilecektir. Gelirdeki bu muhtemel düşüşlerin nedeni ise yetersiz ekonomik performans sebebiyle vergi gelirlerinin azalmasıdır. Kamu gelirlerinde görülecek azalma, hükümet harcamalarının azalmasına neden olabilecek bu da özellikle beşeri sermaye yatırımlarına ayrılacak kaynakları azaltabilecektir. Böylelikle yaşam standartlarını yükselten eğitim, beslenme ve sağlık harcamaları gibi hizmetlerde azalmalar meydana gelebilecektir. Bu durum ekonomik büyümenin önemli belirleyicilerinden olan beşeri sermaye ve emek verimliliğini azaltarak ekonomik büyümeyi olumsuz yönde etkileyebilecektir (Bernauer ve diğerleri, 2010: 11).

İklim değişikliği fiziki, beşeri ve doğal sermayeyi etkilediği gibi kurumsal yapıları da etkileyerek istikrarlı büyümenin önünde engel teşkil edebilmektedir. Şöyle ki, iklim değişikliği nedeniyle bazı ülkelerde iklim değişikliğinin özellikle deniz suyu seviyesindeki yükselmelerin etkilerinden korunmak için ilave harcamalar gerekecektir. Bu ilave harcamalar ise sosyal ve siyasi tansiyonu yükseltebilecektir. Bu harcamalarının nüfusun bir kısmı tarafından uygun görülmemesi ve yapılması gereken diğer yatırımların yapılamaması toplumda ayrımcılığa neden olabilecektir (Hallegatte, 2012: 3). Böyle bir gelişme iyi bir ekonomik yapı için gerekli sosyal ve siyasi istikrarı bozarak, daha iyi kurumsal yapıya sahip ülkelere göre daha düşük ekonomik performansa neden olmaktadır (Rodrick, 1998: 407).

İklim değişikliğinin olumsuz etkilerine maruz kalan ülkeler, bazı kaynaklarını iklim değişikliğine uyum sağlamak için harcadıkça alternatif maliyetler ortaya çıkacaktır. İklim değişikliğinden korunma yatırımları talep yoluyla GSYİH'ı arttırabilecektir. Ancak bu yatırımlar korunma amaçlı harcamalar niteliğinde olduğundan büyüme ve refah artışına yol açmayabilecektir. İklim değişikliğinin etkilerinden korunmak için yapılacak büyük miktarlardaki bu harcamalar, diğer üretken yatırım ve AR-GE harcamaları üzerinde bir dışlama (Crowding-Out) meydana getirecektir. Bu dışlama etkisi ilerleyen dönemde verimlilik artışını düşürerek ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilecektir (Hallagatte, 2012: 3-4).

İklim değişikliği nedeniyle ekstrem hava olaylarındaki artma ve azalma olasılığı da doğrudan ekonomik sonuçlar ortaya çıkarabilmektedir. İnsanlar iklim değişikliğinin etkilerini henüz görmeseler bile bu değişikliklerden yüksek zarar görebileceklerinin farkına



varmaları ile birlikte tüketim alışkanlıklarını değiştirebilirler. Örneğin sigorta hizmetlerine daha fazla yönelebilirler. Şüphesiz bireylerin bu davranışları firmalar için de geçerlidir. İhtiyat güdüsüyle para tutarak tasarruflara yönelebilirler ya da devlet sigorta sistemine katılabilirler. Bu gibi davranışların toplam etkisi tasarrufların artması ve bugünkü tüketimin azalması şeklinde olacaktır. İklim değişikliğinin olumsuzlukları ortaya çıkana kadar gelişen bu süreçte, artan tasarruflar yatırıma yönelerek ekonomik büyümeyi teşvik edebilecektir (Calzadilla ve diğerleri, 2004: 2). Ancak böyle bir sürecin uzun dönem sürmesi, sermayenin getirisinin düşmesi ve tasarruf paradoksu olgusu nedeniyle milli geliri ve ekonomik büyümeyi azaltabilecek hatta ekonomiyi durgunluğa sürükleyebilecektir.

Gelecekte görülmesi muhtemel iklim değişikliği, bireylerin ileriye dönük kararlarında tasarruf davranışlarını etkileyebilecektir. Bu durum devamında sermaye birikimini, büyümeyi ve nihayet gelecek GSYİH'yı etkileyebilecektir. Ancak tasarrufların sıralanan büyüklükleri negatif mi yoksa pozitif mi etkileyeceği belirsizdir. Ekonomik birimler bir yandan gelecekte oluşabilecek gelir açıklarını telafi etmek için bugünden tasarruflarını artırma yoluna gidebileceklerdir. Diğer yandan da iklim değişikliği nedeniyle sermayenin ve emeğin verimliliğinde görülecek azalmalar daha düşük gelir ve kar seviyelerine sebebiyet vererek ekonomik birimlerin yatırımlarını düşürmeyi tercih etmelerine ve tüketim seviyelerini arttırmalarına neden olabilecektir (Fankhauser ve Tol, 2005: 2).

İklim değişikliğinin ekonomik büyümeyi genel olarak olumsuz etkileme olasılığına karşın, çevrenin iklim değişikliğinin etkilerinden korunması çabalarının ekonomik büyümeye doğrudan katkı yapmasının da mümkün olduğu savunulmaktadır. Çünkü çevre ya da daha teknik bir ifadeyle doğal sermaye üretim fonksiyonunda girdi olarak yer almaktadır. Çevrenin korunmasıyla çevre kalitesinin iyileştirilmesi doğal sermaye anlamında girdi miktarının artmasına yol açarak, çıktı ve gelir seviyesini yükseltebilecektir (Tol, 2009: 29).

Çevresel varlıkların kullanılması dışsallıklar altında piyasa başarısızlıklarıyla karakterize edilmektedir. Nitekim günümüzdeki küresel ısınma ve iklim değişikliği en büyük dışsallık kaynağıdır. Bu bağlamda piyasa başarısızlıklarının düzeltilmesi, etkin doğal sermaye arzını arttırabilecektir. Böylece üretim fonksiyonunun önemli bir bileşeni

olan doğal sermaye arzının artması çıktı miktarını çoğaltacaktır. Her ne kadar çevre kalitesi geleneksel GSYİH hesaplarında yer almasa da refahın kaynaklarındandır. Çevre kalitesinde görülecek artışlar aynı zamanda hava, su ve toprak kalitesini arttırarak refah üzerinde olumlu bir etkiye neden olacaktır (Hallegatte ve diğerleri, 2011: 3).

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için yapılacak mücadeleler sermayenin, emeğin ve çevrenin verimliliğini arttıracaktır. Çevreyi korumaya yönelik politikalar bir yandan çevre kalitesini arttırırken diğer yandan hava ve su kalitesinde görülecek iyileşmeler çalışanların sağlık durumlarını iyileştirerek emeği ve verimliliğini arttıracaktır. Aynı zamanda çevrenin iyi yönetilmesi doğal felaketlerden kaynaklanan fiziki sermaye yıpranmasını ve kayıplarını azaltabilecektir. Ayrıca iklim değişikliği ile mücadelede kapsamında çevreyi koruma çabaları piyasa başarısızlıklarının düzeltilmesine ve kaynak kullanım etkinliğinin gerçekleşmesine olanak sağlayarak, üretim faaliyetlerinde verimliliğin artmasına zemin hazırlayacaktır. Böylece üretim maliyetlerinin azalmasında, verimlilik ve rekabet edilebilirliğin yükselmesinde teşvik edici bir rol oynayabilecektir. Nitekim Zenghelis (2011: 13) ülkelerin resesyon dönemlerinde ekonomiyi teşvik etmek için çevre koruma politikalarının harekete geçirilmesini önermektedir.

### **2.5.3. Sektörel Etkileri**

İklim değişikliğinin gelecekteki olası etkileri dikkate alındığında, yani iklimsel doğal afetlerin daha sık ve daha yıkıcı hale gelmesi durumunda, halihazırda iklim değişikliğinden etkilenmeyen hatta yarar sağlayan bazı ülkelerin de olumsuz etkilenmesi beklenmektedir. Her ne kadar iklim değişikliğinin ekonomi üzerinde yaratabileceği etkileri açıklayan mekanizma üzerinde uygulamada ve teoride görüş birliği oluşmasa da bazı göstergeler bu etkilerin büyüklüğünü belirlemede öncü rol oynayabilmektedir. Bunlar; iklime duyarlı sektörlerin ekonomi içindeki payı, iklim değişikliğinin iklime duyarlı olmayan sektörlerle olan dolaylı etkileri, üretim faktörlerinin dağılımı/hareketliliği ve fiyat ayarlamalarındaki katılıklar ile kurumsal yapı gibi göstergelerdir (Lecocq ve Shazili, 2007: 41). Bu bağlamda devam eden başlıklarda iklim değişikliğinin iklime duyarlı tarım, turizm ve enerji sektörleri üzerindeki etkileri incelenecektir.

### 2.5.3.1. Tarım

Tarım, iklime ve toprağa sıkı sıkıya bağlı bir ekonomik faaliyet alanıdır. Dolayısıyla iklimde görülecek değişimler tarım sektörünü doğrudan etkileyecektir. Tarımsal faaliyetler bir yandan sera gazları salınımına neden olarak iklim değişikliğine katkı yapmakta, diğer yandan da sıcaklık ve CO<sub>2</sub> artışından etkilenmektedir. Genel olarak yüksek CO<sub>2</sub> oranları ürünlerin büyümelerini olumlu etkileyerek tarımda verimliliği arttırmaktadır. Yüksek sıcaklıklar nispeten soğuk iklim şartlarına sahip orta ve yüksek enlemlerde bulunan ülkelerde ürün sezonunun uzamasından dolayı tarım sektörünü olumlu; alçak enlemlerdeki nispeten sıcak ülkelerde ise olumsuz yönde etkilemektedir (Greiving ve diğerleri, 2013: 64).

İklim, tarımsal üretimin gerçekleşmesini sağlayan birincil faktördür. Bu nedenle, sıcaklık, yağış ve atmosferdeki CO<sub>2</sub> miktarındaki değişimler, ekstrem hava olaylarının tekrarı ve deniz suyu seviyesindeki yükselmeler tarım sektörünü etkilemektedir. Bu etkileri şu şekilde sıralamak mümkündür (Dellal ve McCarl, 2007'den aktaran; Dellal, 2008: 105):

- Sıcaklık, yağış, CO<sub>2</sub> seviyesi ve ekstrem hava olayları bitkilerde verimi, hasat zamanını ve meralar açısından otlatma verimini değiştirmektedir. Kuraklık yada aşırı yağışlar sık ve şiddetli gerçekleştiğinde tarımsal kayıplar artmaktadır. Bu sebeplerle üretim miktarında görülecek değişimler tarımsal ürün fiyatlarını etkilemektedir.
- Bitki gelişimi için sıcaklık ve yağış yanında, toprağın nemi, nem depolama kapasitesi ve toprak verimliliği önemlidir. Toprak nemindeki kayıplar sıcaklıktaki artışla ortaya çıkmaktadır. Herhangi bir sıcaklık artışında topraktaki su seviyesini sabit tutmak için sulama yapılabilen, ancak sıcaklık nedeniyle buharlaşmanın fazla olması bu dengeleme işlemini zorlaştırmaktadır.
- Sıcaklık artışıyla hayvanlarda ısı üretimi ve ısının kullanılması arasındaki denge bozulabilmektedir. Bu da ölüm oranı, yem tüketim oranı, canlı ağırlık artışı, süt üretimi ve gebelik oranı üzerinde etkiler yapabilmektedir.
- Sıcaklıktaki artış buharlaşmayı arttırmakta ve böylece sulama suyu hacminin düşmesine neden olmaktadır. Bunun yanı sıra sıcaklık artışları kar yağış

zamanını ve süresini etkilemekte; böylece yaz döneminde ihtiyaç duyulan su miktarını azaltmaktadır.

Ayrıca iklim değişikliği nedeniyle deniz suyu seviyesinin yükselmesi, sahil şeridinde bulunan tarım alanlarının sel ve tuzlu su baskınlarına maruz kalmasına neden olarak buralardaki verimliliği azaltabilmektedir. Yükselen deniz suyu seviyesi ile artan fırtına ve sel olayları tarıma elverişli toprakların erozyon nedeniyle zarar görmesine sebep olabilmektedir. Yaşanabilecek bu olumsuzluklar yer altı su kaynaklarını olumsuz yönde etkileyebilecektir. Diğer taraftan yüksek sıcaklıklar ve kuraklık orman yangını riskinin artmasını, zararlı haşerelerin türemesini ve tarım alanlarının çölleşmesini tetikleyebilmektedir (Reti, 2007: 54-55).

IPCC (2007d: 11-12) raporuna göre, orta ve yüksek enlemlerde 1-3 °C arasındaki bölgesel sıcaklık artışının tarımsal üretimi olumlu yönde etkilemesi beklenmektedir. Buna karşın, alçak enlemlerde 1-2 °C arasındaki bölgesel sıcaklık artışının tarımsal üretimi olumsuz yönde etkileyeceği tahmin edilmektedir. Yine aynı raporda 1-3 °C arasındaki sıcaklık artışının küresel tarım üretimini arttıracığı, ancak belirtilen değerler aşıldığında tarımsal verimliliğin ve üretimin azalacağı vurgulanmaktadır. Nitekim Cline (2007), 2080'li yıllarda ortalama yüzey sıcaklığının 4,5-5 °C arasında artacağı tahminine göre yaptığı çalışmada, tarım sektöründe verimliliğin tüm dünyada düşeceğini tespit etmiştir.

Cline (2007)'nin araştırma sonuçları Tablo 11'de özetlenmiştir. Buna göre, CO<sub>2</sub>'nin bitkilerin büyümesi ve gelişmesi üzerindeki olumlu etkisi ihmal edildiğinde, 4,5-5 °C sıcaklık artışı küresel tarım verimliliğinin yaklaşık %16 azalmasına neden olacaktır. Sıcaklık artışından gelişmekte olan ülkeler gelişmiş ülkelere göre daha çok etkileneceklerdir. Nitekim gelişmekte olan ülkelerdeki verimlilik kaybı yaklaşık %21 iken, gelişmiş ülkelerde bu oran %6 civarındadır. Bölgeler bazında ise çalışmaya konu olan bölgelerdeki verim kaybı dünya ortalamasının üzerindedir. İklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölge ise yaklaşık %28 verim kaybıyla Afrika bölgesidir.

**Tablo 11: 2080’li Yıllarda İklim Değişikliğinin Tarım Sektörüne Etkileri (%)**

<b>Bölge</b>	<b>Karbon (-)<sup>a</sup></b>	<b>Karbon (+)<sup>b</sup></b>
<b>Dünya</b>	<b>-15,9</b>	<b>-3,2</b>
<b>Gelişmiş (Sanayileşmiş) Ülkeler</b>	<b>-6,3</b>	<b>7,7</b>
<b>Gelişmekte Olan Ülkeler<sup>c</sup></b>	<b>-21</b>	<b>-9,1</b>
<b>Afrika</b>	<b>-27,5</b>	<b>-16,6</b>
<b>Asya</b>	<b>-19,3</b>	<b>-7,2</b>
<b>Orta Asya ve Kuzey Afrika</b>	<b>-21,2</b>	<b>-9,4</b>
<b>Latin Amerika</b>	<b>-24,3</b>	<b>-12,9</b>

a) Karbonun olumlu etkisi dikkate alınmamıştır. b) Karbonun olumlu etkisi dikkate alınmıştır. c) Avrupa ülkeleri hariç.

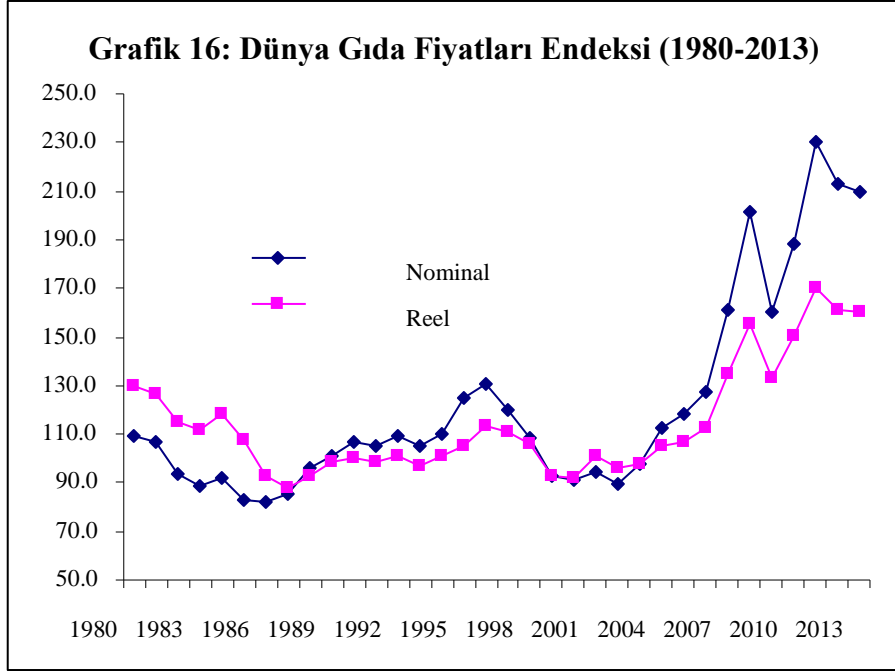
**Kaynak:** Cline, 2007: 96

CO<sub>2</sub>'nin bitkiler üzerindeki olumlu etkisi dikkate alındığında verimlilik kayıpları azalmaktadır. Tablo 11’de görüleceği üzere, karbon etkisi ve sıcaklık artışı beraber değerlendirildiğinde gelişmiş ülkelerde iklim değişikliği verimliliği %8 civarında arttıracaktır. Ancak karbonun bu olumlu etkisine rağmen dünya genelinde ve gelişmekte olan ülkelerde tarım verimliliğinde azalmalar devam edecektir.

Cline (2007) çalışmasına benzer şekilde IPCC’nin 2013 yılında yayınlanan son raporunda da tarımsal fiyat artışlarına vurgu yapılmıştır. Rapora göre CO<sub>2</sub>'nin ürün verimliliği üzerindeki olumlu etkisi dikkate alınmadığında, 2050 yılına kadar iklim değişikliği nedeniyle küresel gıda fiyatlarında %84’e (%3-84) varan artışlar yaşanabilecektir. CO<sub>2</sub> etkisi hesaba katıldığında ise bu artışlar %45 düzeyine gerileyebilecektir (Porter ve diğerleri, 2014: 3).

İklim değişikliği nedeniyle tarımsal verimlilikte ve ürünlerde görülen kayıplar tarımsal fiyatları yukarı yönlü etkilemektedir. Tarım üretiminde yaşanacak kayıplar bir yandan gıda fiyatlarının, diğer yandan da tarım sektörünü girdi olarak kullanan diğer sektörlerdeki maliyetlerin artmasına neden olabilmektedir. Nitekim sıcaklık ve kuraklık nedeniyle düşen tarımsal üretim 2007 yılından sonra gıda fiyatlarını ani bir şekilde yükseltmiştir. Dünya gıda fiyatları endeksinin 1980-2013 döneminde izlediği seyir, nominal ve reel değerler şeklinde Grafik 16’da gösterilmiştir. FAO tarafından oluşturulan ve 2002-2004 yılları ortama fiyatlarının baz alındığı gıda fiyatları endeksi 2007 yılına kadar yatay bir seyir izlerken, bu tarihten sonra hızlı bir artış eğilimine girmiştir. Bu artış

eğiliminde bir yandan artan sıcaklıklar ve azalan yağışların neden olduğu kuraklığın gıda üretimini ve stoklarını azaltması (Boran ve Sevilmiş, 2012: 27), diğer yandan enerji fiyatlarındaki artış nedeniyle biyoyakıt kullanımının artması (Dellal, 2008: 109) etkili olmuştur



**Kaynak:** Birleşmiş Milletler Tarım ve Gıda Örgütü (FAO), 2013

Grafik 16’da görüleceği üzere fiyat endeksi 2000’li yılların başında 90 civarındayken 2008 yılında 201; 2011 yılında ise 230 seviyesine yükselerek (FAO, 2013: 1) dünyada gıda fiyatı krizinin yaşanmasına neden olmuştur. Bu durum tüketim seviyesinin ve beslenme kalitesinin düşmesini tetikleyerek sağlık ve beşeri sermaye üzerinde olumsuzluklar yaratabilmektedir. Ayrıca bu tür gıda fiyatı krizleri, yaşanan ekonomik krizleri besleyerek güçlendirebilmektedir (Kibritçioğlu, 2011: 4).

Tarımsal ürünlerde görülen azalmalar tarımsal ürünlerin ve işlenmiş gıda fiyatlarının yükselmesine neden olabilmektedir. Bu fiyat artışları fiyatlar genel seviyesinin yükselmesiyle ve enflasyon baskısıyla sonuçlanabilmektedir. Gelişmekte olan ülkelere gıda ürünlerinin toplam tüketici harcamalarında yüksek bir paya sahip olması sebebiyle, tüketici enflasyonu gelişmiş ülkelere kıyasla bu ülkelerde daha hızlı bir artış gösterebilmektedir. Bu durum birçok ülkede para otoritelerinin enflasyon üzerindeki

kontrolünü güçleştirmektedir (Başkaya ve diğerleri, 2008: 2-3). Nitekim gıda fiyatlarının dünya enflasyonuna katkısı 2006 yılında %27, gelişmiş ülkelerde %12,4, Asya'da %37,7 ve Avrupa'da %22 iken; bu oranlar 2007 yılında sırasıyla %44, %19,5, %67,5 ve %34,9 düzeyine yükselmiştir (International Monetary Fund [IMF], 2008: 62). İşlenmiş gıda fiyatlarının son dönemde gözlenen yüksek oranlı artışlarında, talep gelişmelerine kıyasla arz yönlü etkenlerin daha belirleyici olduğu görülmektedir (Başkaya ve diğerleri, 2008: 2-3). Gıda fiyatlarında bu arz yönlü etkinin büyüklüğü iklimin ve iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkisini göstermesi bakımından önemlidir.

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de tarım, iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek sektörlerden birisidir. Tarım sektörünün ekonomik ve sosyal açıdan ülke içindeki önemi nedeniyle, iklim değişikliğinin tarım sektörü üzerindeki etkileri açısından Türkiye'nin hassas ülkelere biri olduğu söylenebilir. Türkiye'nin Akdeniz havzasında yer alan yarı-kurak bir ülke olması da bu hassasiyeti arttırmaktadır. Türkiye'de tarım sektörü gıda temini, tarıma dayalı sanayiye hammadde sağlaması, GSYİH, ihracat ve istihdam açısından önemli bir sektördür. GSYİH ve ihracatın %9'u ve istihdamın ise %24'i tarım kaynaklıdır (ÇŞB, 2013: 182). Bu bakımdan iklim değişikliği ile ortaya çıkabilecek tarımsal üretimdeki değişiklikler, geçimini tarımdan sağlayan kesimin ekonomik ve sosyal yapısında olduğu kadar, ülke ekonomisinde de önemli yansımalara neden olabilecektir (ÇŞB, 2012b: 5).

2007 yılında hazırlanan Türkiye'nin *İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi*'nde; iklim değişikliğinin Türkiye'deki etkilerinin; artan yaz sıcaklıkları, batı illerinde azalan kış yağışları, yüzey sularının kaybı, artan sıklıkta kuraklık, toprak bozulması, kıyı erozyonu ve sel şeklinde olacağı belirtilmektedir. Bu durumun; gıda üretimi ve güvencesi için elzem olan su ve toprak kaynaklarının ve kırsal alanda kalkınma öngörülerini üzerinde olumsuz etkiler yaratması ve bu etkilerin şiddetinin giderek artması beklenmektedir (ÇŞB, 2012a: 16).

Türkiye'de tarımsal üretim faaliyeti için ekilen alan 2010 yılı itibarıyla 24,3 milyon hektardır. Ekilen alanın sadece 5,1 milyon hektarı sulanmaktadır. Toplam tarım arazisinin yaklaşık %80 kadar bir bölümünde kuru tarım yapılmaktadır. Bir başka ifadeyle, tarımsal üretim doğrudan yağışa bağlıdır (ÇŞB, 2012b: 7). İklim değişikliği nedeniyle Türkiye

genelinde yağışlarda azalmalar beklenmektedir. Yağışlarda görülecek azalmanın sıcaklık artışları ile beraber düşünüldüğünde tarımsal üretimi ve verimliliği önemli derecede etkileyeceği açıktır. Üretimde görülecek azalmalar ise tarımsal ve tarıma buna bağlı ürünlerin fiyatlarında yukarı yönlü baskı oluşmasına neden olacaktır.

Nitekim Dellal ve diğerleri (2011: 381-382), 2050 yılına yönelik yaptıkları çalışmalarında, buğday, arpa, mısır, pamuk ve ayçiçeği gibi temel tarımsal ürünlerin verimliliklerinde %3,8-10,1 arasında düşüş olacağını ortaya koymuşlardır. Yazarlar bu verimlilik düşüşlerinin, buğday, arpa, mısır ve ayçiçeği fiyatlarını sırasıyla %6,3, 7,1, 12,6 ve 0,1 arttıracığını tahmin etmişlerdir. Bu durum bir yandan toplumun gıdaya ulaşmasına ve beslenme sıkıntılarına yol açabilecek, diğer yandan da tarımsal ürünleri girdi olarak kullanan sektörlerde maliyet artışına neden olabilecektir. Çoğu zaman bu maliyet artışları enflasyonu tetikleyen bir unsur olmaktadır. Nitekim Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) enflasyon ve para politikası raporlarında sık sık gıda fiyatlarının enflasyon üzerindeki baskısı vurgulanmaktadır. Bu bağlamda Türkiye’de gıda fiyatlarının kurak bir yıl olan 2007’de enflasyona katkısı yüzde 41 (Başkaya ve diğerleri, 2008: 3) olarak gerçekleşmiştir. 2008 yılında ise enerji fiyatları ile beraber değerlendirildiğinde bu katkı %62’ye yükselmiştir (TCMB, 2008: 23).

İklim değişikliği nedeniyle tarımsal ürünlerin verimliliklerinde görülecek düşüşler ve buna paralel olarak fiyat dalgalanmaları belirsizlik yaratarak merkez bankasının enflasyonla mücadele esnekliğini azaltmaktadır. Bu durum fiyat istikrarının sağlanmasını güçleştirerek hem merkez bankasının hem de uygulamış olduğu para politikasının güvenilirliğini sorgular hale getirebilecektir.

### **2.5.3.2. Turizm**

Turizm sektörü de tarım sektörü gibi iklimsel değişime yüksek oranda bağlı bir faaliyet alanıdır. Birçok turizm aktivitesi açık havada yapılmaktadır. Ayrıca temiz bir çevre ve elverişli hava koşulları turist memnuniyeti ve turizm bölgesinin devamlılığı için oldukça önemlidir (United Nations World Tourism Organization [UNWTO], 2007: 1). Bu bakımdan turizm sektörü ve bölgeleri iklim değişkenliğine ve değişikliğine oldukça duyarlıdır. İklim, turizm sezonun uzunluğunun ve kalitesinin önemli bir tanımlayıcısı ve



yer seçimi ile turizm harcamalarının büyük bir belirleyicisidir. Birçok yerde çevre koşulları turizm bölgeleriyle yakından ilgilidir. Kış şartları, yaban hayatının verimliliği, biyoçeşitlilik, su seviyesi ve kalitesi gibi turizm faaliyetlerinde önemli etkileri olan birçok doğal kaynak iklimden ve iklim değişikliğinden etkilenmektedir. Diğer yandan iklim değişikliğinin neden olacağı bulaşıcı hastalık riski, orman yangınları, zararlı böcekler ve denizlerin ve doğanın zararlılar tarafından istilası gibi durumlar turistlerin kararlarını ve turizm sektörünü olumsuz etkileyebilecektir (UNWTO, 2008: 28).

Turizm faaliyetleri, tatil imkanı sağlayarak bireylerin yaşam kalitelerinin yükselmesine yardımcı olmanın yanı sıra önemli ekonomik sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Şöyle ki, turizm servetin zengin ülkelerden yoksul ülkelere, kentsel alanlardan kırsal alanlara ve kuzeyden güneye yeniden dağılımında önemli rol oynamaktadır. Ayrıca turizm gelirleri özellikle ada ülkeleri ve gelişmekte olan ülkelerin ödemler dengesi için de büyük bir öneme sahiptir. 50 az gelişmiş ülkenin 46'sı döviz gelirlerini turizm sektöründen elde etmektedir. Bu bakımdan gelişmekte olan ülkelerde turizm, önemli istihdam olanakları ve yoksulluğu önleme potansiyeli sunmaktadır. Gelir kazandırıcı bir faaliyet olarak turizm, dünyanın doğal güzelliklerini ve kültürel miraslarının korunmasını da teşvik etmektedir (UNWTO, 2007: 2)

İklim değişikliği, iki önemli turizm türü olan yaz ve kış turizm faaliyetlerinin yapıldığı günümüz popüler turistik bölgelerini önemli ölçüde etkileyecektir. Özellikle kış turizmi iklim değişikliği ve küresel ısınma nedeniyle potansiyel olarak en çok etkilenecek turizm türü olarak öngörülmektedir (Özdemir, 2008: 146). Buna karşın, konferans ve iş seyahatleri gibi turizm faaliyetleri iklim değişikliğinden en az etkilenecek faaliyetler olarak düşünülmektedir (UNWTO, 2003: 22).

İklim değişikliği nedeniyle tüm dünyada sıcaklık artışları ve yağış rejiminde önemli dalgalanmalar görülmektedir. İklimde görülen bu değişimler yoğun sıcak hava dalgaları, kuraklık, su kıtlığı, salgın hastalıklar, fırtınalar, seller ve deniz suyu seviyesinin yükselmesi gibi olumsuzlukların yaşanması tetikleyerek özellikle yaz turizminin, alçak enlemlerden orta ve yüksek enlemlere; aşırı sıcaklar sebebiyle de aynı bölgede yaz aylarından ilkbahar ve sonbahar aylarına kaymasına neden olabilecektir. Nitekim Akdeniz havzası boyunca yaz turizminin yaz aylarında azlarken bahar aylarında artması beklenmektedir. Kış

turizmde ise kar örtüsünün erimesi nedeniyle önemli düşümler yaşanabilecektir (IPCC, 2007d: 53-58).

Kış ve kış sporları turizmi iklim değışikliğinden dolayı büyük risk altındadır. Kış turizminin yapıldığı bölgelerdeki turizm talebi önemli ölçüde azalabilecektir. Artan sıcaklık nedeniyle sezon kısılacak ve talep daha yüksek enlemelere kayacaktır (UNWTO, 2003: 8). Nitekim 2 °C dereceden az bir sıcaklık artışının Kuzey Alp'lerde kar örtüsünün 5 aylık bir sürede 40 gün kullanılmayacağı ve Almanya Bavariyan Alp'lerinde kış sporu potansiyelinin %60'sının kaybedileceği tahmin edilmektedir (UNWTO, 2007: 7).

Küçük adalar ve deniz seviyesinin altındaki sahil şeridine sahip ülkeler, dağlık ve kar örtüsü ile kaplı bölgeler ile Sahra Altı Afrika Bölgesi iklim değışikliğinden en çok etkilenecek turizm bölgeleri olarak sıralanabilir. Küçük adalar ve deniz seviyesinin altındaki yerler buzulların ermesinin neden olacağı herhangi bir deniz suyu seviyesi yükselmesinde büyük risk altında kalacaklardır. Bilim adamları arasında deniz suyu seviyesinin yükselmesi hakkında bir görüş birliği olmasa da bu yüz yılın sonunda 1 m yükseleceği şeklinde uyarılarda bulunmaktadır. Bu durum turizm gelirleri ile gelişen Maldivler gibi ada ülkelerinin büyük toprak kayıplarına uğramasına; tarihi dokuya sahip Venedik ve Aşağı Manhattan gibi yerlerin sular altında kalmasına ve Avustralya'nın kuzeydoğu sahili boyunca uzanan Büyük Mercan Resif'lerinin bozulma ve yok olma tehlikesine neden olabilecektir. Peru'daki The Chan Arkeolojik Alanı El-Nino'nun neden olduğu erozyon ve sellerden olumsuz etkilenebilecektir. Ayrıca deniz suyu sıcaklığında görülecek yükselme denizanası ve yosun istilasına neden olarak yaz turizmine yönelik faaliyetleri azaltabilecektir. Örneğin Bali Barat Ulusal Parkını 2000 yılında 20000 kişi ziyaret etmişken son yıllarda bu sayı yıllık 3100 civarında gerçekleşmiştir. Su kıtlığının ve düzensiz arzının olduğu Sahra Altı Afrika ve aynı zamanda Orta Asya'da çölleşmenin giderek artması beklenmektedir. Turistlerin kuş popülasyonunu gözlemek için gittikleri Kenya'da bulunan Nakuru Gölü su stresine maruz kalmaktadır. Tanzanya'da ünlü MT. Kilimanjaro karlarının 2020 yılına kadar tamamen kaybolacağı tahmin edilmektedir. Çölleşme ve ormanlarda görülen gerileme yaban hayatını tehdit etmektedir. Afrika'da aslan, fil ve gergedan popülasyonu ciddi derecede azalmıştır ve safari turizmini olumsuz etkilemektedir. Diğer insan kaynaklı faktörlerin yanı sıra iklim değışikliğinin de etkisiyle tropikal Afrika'da, Güney Amerika'da ve Güneydoğu Asya'da tropikal ormanlar yok

olmaktadır. 2004-2007 yıllarında tropikal orman örtüsü %3 civarında azalmıştır. Aynı zamanda her yıl Yunanistan büyüklüğünde 13 hektar ormanlık alan artan yangınlardan dolayı zarar görmektedir. Bu durum bir yandan iklim değişikliğine katkı yaparken diğer yandan yaban hayatını ve doğal bitki örtüsüne zarar vererek bu tür turizm aktivitelerini olumsuz yönde etkilemektedir (UNWTO, 2007: 5-7).

İklim değişikliğinin turizm sektörü üzerindeki etkileri birçok ekonomik ve sosyal gelişmeleri de tetikleyebilecektir. Turizm talebinde yaşanacak azalma, azalan bölgelerde işgücü olan talebin düşmesiyle sektörel işsizliğe yol açabilecektir. Ayrıca, yapılaşma, altyapı tesisleri, ulaşım ağı gibi yatırımlarda azalmalar görülebilecektir. Bu zincirleme etki örneğinin turizm sektörünün tarımsal ürün talebini, bölgesel el ürünlerini, bölgesel küçük işletmeleri etkileyerek daha geniş ekonomik ve sosyal etkiler yaratabilecektir (UNWTO, 2003: 8).

Hizmetler sektörü içinde yer alan turizm faaliyetleri Türkiye ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Şöyle ki, Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) ve Kültür ve Turizm Bakanlığı verilerine göre 2013 yılı itibariyle Türkiye’de turizm faaliyetleri 30 milyar \$’ın üzerinde bir gelir yaratmaktadır. Turizm gelirlerinin GSYİH’ya oranı ise %4 civarındadır. Turizm sektöründe kayıt altında çalışanlar toplam istihdam içinde %7,3 civarında bir paya sahiptir (Türkiye Otelciler Fedarasyonu [TÜROFED], 2014: 26). Turizm faaliyetleri gelir ve istihdam yaratma fonksiyonu yanında ülkelerin cari işlemler dengesine olumlu katkı yaparak cari işlemler açıklarının finanse edilmesine yardımcı olmaktadır. Nitekim Türkiye Seyahat Acenteleri Birliği verilerine göre 1996-2012 döneminde turizm gelirlerinin dış ticaret açıklarını kapatma oranı ortalama %58 civarında gerçekleşmiştir.

Sıcaklık artışının, kuraklık ve yağış rejiminin değişmesinin, elbette ki tüm yerleşkelerde kişisel konfor düzeyi ve iktisadi yaşam üzerinde olumsuz etkilere neden olması beklenmektedir. Ancak öncelikli etkilenecek alanların, yerel iktisadi yapısı deniz-güneş-kum turizmine dayalı kentler olduğu açıktır. Türkiye’de turistik faaliyetlerin genellikle kurak bölgelerde ve çok kurak aylarda yoğunlaştığı düşünüldüğünde artan sıcaklıklar ve su sıkıntısı ile kuraklık Akdeniz Bölgesini turistik çekicilik bakımından tehlikeyle karşı karşıya bırakabilecektir (Kadıoğlu, 2012: 67). Konforlu sıcaklık düzeylerinin sonbahar ve kışa doğru kayması, kıyı yerleşkelerinde turizm sezonunu

değiştirebilecektir. Zengin kuzey ülkelerinde sıcaklık artışının olumlu etkilerinin görülmesi, turizmin akış yönünü değiştirerek tercihlerin bu ülkelere kaymasına neden olabilecektir. Ayrıca diğer Akdeniz ülkeleri gibi Türkiye’de de deniz suyu seviyesindeki yükselmeler turizm yaz turizm faaliyetlerini olumsuz etkileyecektir (Kadioğlu, 2007b: 343). Öte yandan, kış turizmine dayalı merkezler ise kış aylarındaki sıcaklık artışının ve yağış azalmasının tehdidi altında kalabilecektir (ÇŞB, 2013: 218).

Turizm sektörünün ekonomi içinde yüklediği fonksiyonlar dikkate alındığında ilerleyen dönemde iklim değişikliğinin neden olacağı olumsuzluklar, bir yandan istihdam ve gelir kayıplarına yol açabilecek, diğer yandan da turizm gelirlerinin ödemler bilançosuna olan pozitif katkısının giderek azalmasına neden olabilecektir.

### **2.5.3.3. Enerji**

İklim değişikliği nedeniyle artan hava ve su sıcaklığı, yağış rejiminde görülen değişiklik, sıcaklık ve yağış rejimine bağlı olarak bazı bölgelerde görülen su seviyesindeki düşüşler, fırtınaların ve sellerin artan sıklığı ve şiddeti ile deniz suyu seviyesindeki yükselmeler enerji arzı ve talebi üzerinde önemli etkiler yaratabilmektedir. Enerji arzı ve talebini etkilemesi yanında iklim değişikliği enerji kaynaklarını, tesislerini ve transferini de doğrudan etkileyebilmektedir.

Hidroelektrik üretim tesisleri, bir yandan yağış rejiminde görülen değişimler sonucu azalan su seviyesi, diğer yandan artan ortam ve su sıcaklığının suyun soğutma etkinliğini düşürmesi nedeniyle iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenebilmektedir (Cuba ve diğerleri, 1996: 367). Nitekim Cayan ve diğerleri (2006: 32), Kaliforniya’daki hidroelektrik üretimi üzerine yaptıkları çalışmalarında, 4 °C bir sıcaklık artışı senaryosu altında yüzyılın sonuna doğru akarsu akışlarında %28 oranında bir azalma olacağını, bu durumun enerji üretimini %30 düşüreceğini tespit etmişlerdir. Su seviyesindeki düşüşler nedeniyle hidroelektrik üretiminde görülen bu azalmalar Türkiye gibi enerjide dışarıya bağımlı ülkelerin ödemeler bilançosuna da yük getirebilecektir. Şöyle ki; zaten yetersiz enerji arzı olan bu tip ülkeler, mevcut enerji üretim kapasitelerinin azalması sebebiyle oluşacak ilave arz açığını enerji ithal ederek karşılama yoluna gitmektedirler. Bu süreç ise bu ülkelerin cari işlemler dengesine olumsuz yönde etki etmektedir.

Sahil şeridinde kurulu olan enerji tesisleri deniz suyu seviyesinin yükselmesi ve artan fırtınalar nedeniyle risk altında olacağından bu tesislerdeki elektrik, petrol ve gaz üretimi, rafine işlemleri ve dağıtım hizmetleri; değişen yağış rejimine, artan sıcaklığa ve kuraklığa bağlı olarak biyoenerji, güneş ve rüzgar enerjisi ile hidroelektrik gibi yenilenebilir enerji kaynakları olumsuz yönde etkilenebileceklerdir. Çünkü bu enerji türleri doğrudan iklimle alakalıdır (Ebinger ve Vergara, 2011: 26). Elektrik taşıma ve dağıtım tesisleri artan sıcaklıklar dolayısıyla verimliliklerini kaybedebilecek ve fırtınalar ile seller sebebiyle fiziki zararlar görebilecektir (Zamuda ve diğerleri, 2013). Bu durum geniş çaplı ve uzun süreli elektrik kesintileri dolayısıyla iş kesintilerine neden olarak ekonomik aktiviteleri olumsuz bir şekilde etkileyebilmektedir.

Güneş enerjisi üretimi doğrudan iklim değişikliğinden etkilenmemektedir. Ancak artan sıcaklıklar atmosferdeki su buharı yoğunluğunun ve bulutluk seviyesinin artmasına neden olmaktadır. Bulutların yansıtıcı özelliğinden dolayı enerji üretimi için gerekli güneş ışınımında bu yolla azalma olabilecektir. Petrol ve petrol ürünleri de iklim değişikliği ile doğrudan ilişkili olmamakla beraber, petrole ulaşım, işleme ve dağıtım işlemleri ile bunlara ilişkin altyapı tesisleri iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenebilecektir (Ebinger ve Vergara, 2011: 29-30; Zamuda ve diğerleri, 2013: 9).

Nükleer enerji santrallerinde soğutma amacıyla büyük miktarlarda su kullanılmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle su seviyesinde görülen azalmalar bu tip enerji santrallerinin etkin kullanılmasını ve enerji üretimini kesintiye uğratabilecektir (Griffiths ve diğerleri, 2009: 15). Bu tesisler sel, fırtına ve kuraklık gibi olayların tehditlerine maruz kalarak ciddi zararlar da görebilmektedir (Keskin, 2011: 69). Nitekim 2002 yılındaki kuraklık Avustralya Queensland'da elektrik tesislerindeki üretimi, 2003 yılında ise Avrupa'daki sıcak hava dalgasından dolayı nehir sularının ısınması Fransa'daki nükleer enerji üretimini önemli derece azaltmıştır (Stern, 2007: 143).

İklim değişikliği nedeniyle mekanların ısıtma ve soğutma gereksiniminde görülecek değişimler de enerji kullanım yapısını yeniden şekillendirerek enerji talebini etkileyebilecektir. Tüm dünyada artan sıcaklıklar bir yandan ısınma ihtiyacı için enerji talebini azaltacakken, diğer yandan daha fazla soğutma ihtiyacını gündeme getirerek enerji talebini arttıracaktır (Morrison ve Mendelsohn, 2004: 209). Bu bağlamda yüksek

enlemlerdeki ülkelerde ısınma ihtiyacı için enerji talebi azalırken, alçak enlemlerdeki ülkelerde soğutma ihtiyacı için enerji talebi artacaktır (Stern, 2007: 142). Nitekim 1,3-2,9 °C'lik bir sıcaklık artışının, iklim değişikliği sonucu sıcaklık artışı olmayacağı duruma kıyasla, 2050 yılında İngiltere'de doğal gaz kullanımını %7-10 oranında azaltacağı tahmin edilmektedir. Benzer şekilde 0,8 °C'lik bir sıcaklık artışı ABD'nin MINK bölgesinde fosil yakıt talebini %7-16 arasında azaltabilecektir (Cuba ve diğerleri, 1996: 337). İtalya'da ise 3 °C'lik bir sıcaklık artışının 2080 yılında ısınma için enerji talebini %20 azaltacağı, soğutma için enerji talebini ise %50 arttıracığı öngörülmektedir (Hanson ve diğerleri, 2007: 172-173).

Ayrıca su seviyesinde görülecek düşüşler bazı sanayi ve tarım faaliyetlerinde suya ulaşım, soğutma ve sulama çalışmaları için (su pompalama) gerekli olan enerji talebini arttıracaktır; tarımsal ürünlerin kurutulması için gerekli enerji ihtiyacını ise azaltabilecektir (Ebinger ve Vergara, 2011: 37). Nitekim 0,6-0,9 °C'lik sıcaklık artışının ABD'de su pompalama için enerji ihtiyacını %25 arttıracığı, buna karşın ürün kurutma için enerji ihtiyacını ise %10 azaltacağını öngörülmektedir (Cuba ve diğerleri, 1996: 377).

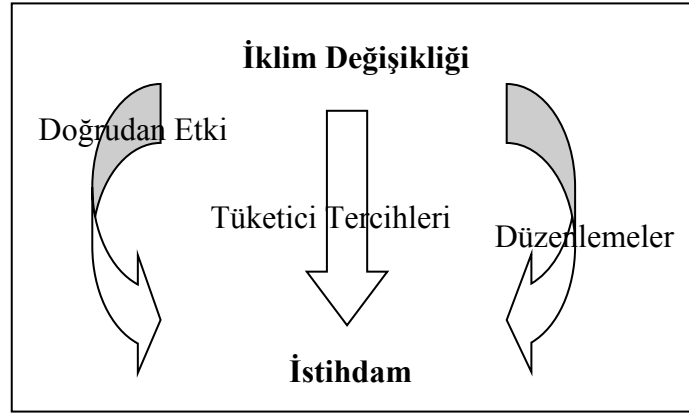
İklim değişikliği enerji arzını ve talebini etkileyerek enerji fiyatları üzerinde de etkili olabilecektir. Katrina Fırtınası'nın ABD'de enerji üretim sürecini ve dağıtımını kesintiye uğratarak en azından kısa dönemde enerji fiyatlarını arttırması bu duruma uygun bir örnektir. Diğer yandan kışın karlılıkta ve bahar aylarında yağışlarda görülebilecek azalma su seviyesini düşürerek nispeten ucuz olan hidroelektrik enerjisi üretiminin yetersiz kalmasına neden olabilecektir. Bundan dolayı enerji fiyatlarının yukarı yönlü baskıya maruz kalması muhtemel gözükmemektedir. Ancak uzun dönemde yeni teknolojilerin ortaya çıkması enerji fiyatlarının üzerindeki baskıyı ortadan kaldıracaktır. Bu bakımdan enerji fiyatlarının ileride nasıl bir seyir izleyeceği belirsizliğini korumaktadır (Bhatt ve diğerleri, 2006: 78).

#### **2.5.4. İstihdam Üzerine Etkileri**

İklim değişikliğinin ekonomik ve sosyal yapı yanında istihdam üzerinde de bir takım etkileri bulunmaktadır. İklim değişikliğinin istihdam üzerindeki etkileri hem doğrudan hem de dolaylı olabilmektedir. İklim şartlarında meydana gelen değişimler

istihdamı doğrudan etkileyebildiği gibi hükümet düzenlemeleri yoluyla dolaylı olarak da etkileyebilmektedir. Ayrıca iklim şartları ve hükümet düzenlemeleri tüketici alışkanlıklarını ve tercihlerini etkileyerek de istihdam üzerinde bir takım etkiler meydana getirmektedir (Şekil 8).

**Şekil 8: İklim Değişikliğinin İstihdama Etki Kanalları**



**Kaynak:** Martinez-Fernandez ve diğerleri, 2010: 7

İklim değişikliğinin emek piyasasına doğrudan etkileri değişen iklim şartları ve yaşanan şiddetli iklim olayları ile ortaya çıkmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle iş çevrelerine ve ekonomik aktivitelerde görülecek kapasite azalışı, işgücü talebini önemli ölçüde azaltacaktır. Belirtilen gelişmeler özellikle iklime karşı yüksek duyarlılığa sahip tarım, turizm ve enerji sektörlerinde görülebilecektir (Medhurst, 2009: 4; Miranda ve Larcombe, 2012: 33).

Hizmetler sektöründen sonra ikinci en büyük istihdam sağlayan tarım sektöründe dünya genelinde 1 milyardan fazla kişi çalışmaktadır (International Labour Office [ILO], 2008: 27-28). Bu istihdamın %70'inden fazlası Asya ülkelerinde; yaklaşık %20'lik kısmı ise Sahra Altı Afrika bölgesindedir. Şiddetli hava olayları, kuraklık, sel, yağışlarda görülen aşırı oynaklık ve marjinal toprak kaybı tarım sektörünü ve tarımsal istihdamı önemli ölçüde olumsuz etkilemektedir. Bu bakımdan belirtilen bölgelerdeki işgücü iklim değişikliğinden daha fazla etkilenebilecektir.

Diğer yandan konaklama, gıda ve turizm sektörleri küresel bazda en hızlı büyüyen sektörlerin başında gelmektedir. Turizm sektörü dünya GSYİH'nın yaklaşık %10'undan fazlasını yaratmaktadır. Bunun yanı sıra turizm sektörü emek yoğun bir faaliyet olduğundan geniş çaplı iş yaratma potansiyeline de sahiptir. Toplam küresel iş gücünün %8'inden sorumludur. Ancak turizm sektörü de tarım sektörü gibi iklim değişikliğine karşı oldukça duyarlıdır. Deniz suyu seviyesindeki yükselme, kıyı erozyonu ve su kıtlığı gibi iklim değişikliğinin neden olduğu olumsuzluklar turizm sektörünü ve bu sektördeki istihdamı olumsuz etkileyebilmektedir (Olsen, 2009: 4-5).

İklim değişikliği ile mücadele kapsamında düzenlemeler ve politika uygulamaları mal ve hizmet arz ve talebini etkileyebilecektir. Bu ise sonraki aşamada emek piyasasına yansımaları olacaktır. Örneğin bir karbon vergisi ya da emisyon ticaret sistemi uygulaması maliyetleri yükselterek piyasalara fiyat sinyali gönderecektir. Karbon vergisi, nispi fiyatlarda önemli değişiklikler yaparak hem nihai ve ara malı hem de emek talebinin bileşimini değiştirebilecektir. Bu bağlamda, enerji ve enerji yoğun mal ve hizmetlerin fiyatları yükselecektir (Chateau, 2011: 6). Fiyat mekanizması sayesinde üretici ve tüketiciler daha çevreci ürünleri üretmeye ve tüketmeye yöneleceklerdir. Bu durum istihdamı olumsuz etkileyecektir. Emek talebinin özelliklerinden dolayı özellikle enerji yoğun ve kirlenici sektörlerde çalışanlar işsiz kalabileceklerdir. Şöyle ki, emek talebi türev talep niteliğindedir. Üretimine katıldığı mallara olan talep emek talebini de belirlemektedir. Bu bağlamda kirlenici ürünlerin üretildiği sektörlerde istihdam seviyesi, bu ürünlere talebin azalmasından dolayı düşebilecektir.

Öte yandan tüketicilerin tercihlerindeki çevre dostu ürünlere dönük değişim sadece kamu düzenlemeleri ile olmayabilecektir. İklim değişikliği konusunda küresel farkındalığın artması piyasa veya hükümet düzenlemelerine bakılmaksızın önemli ölçüde sosyal bilinç yaratabilecektir. Bu sosyal bilinç; politikaları, düzenlemeleri, tüketici tercihlerini, sektörleri ve nihayet emek piyasasını yönlendiren bir faktör olabilecektir (Fernandez ve diğerleri, 2010: 7; Miranda ve Larcombe, 2012: 34-35).

Emek talebi yanında emek arzı da iklim değişikliğinden olumsuz yönde etkilenebilecektir. Elverişsiz iklim koşulları nedeniyle ortaya çıkan yetersiz beslenme ve bulaşıcı hastalıklar riski nüfusun ciddi sağlık sorunlarına maruz kalmasına yol



açabilecektir. Bu durum emek arzını ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyebilecektir (Medhurst, 2009: 4).

Diğer yandan iklim değişikliği, etkilenen bölgelerden ya da etkilenmesi beklenen bölgelerden dışarıya göçlerin yaşanmasına neden olabilecektir. Bu göçler iklim değişikliğinden etkilenen bölgelerde beşeri sermaye kaybına yol açarak iklim değişikliğinin ilk etkilerinin artmasına neden olabilecektir. Bu durum özellikle iklim değişikliğinin negatif ekonomik etkileri hissedilmeye başlandıktan sonra, bu duruma tepki olarak yüksek bilgi ve verimliliğe sahip emeğin göç etmesi nedeniyle olacaktır. Çünkü yüksek beşeri sermayenin mobilitesi de yüksektir (Hallegatte, 2012: 5).

İklim değişikliğinin istihdam üzerindeki olumsuzluklarına karşın yeni iş imkanları da ortaya çıkabilecektir (Miranda ve Larcombe, 2012: 33-34). Bu yeni iş imkanları iklim değişikliğine adaptasyon ve uyum yatırımları, sahil şeridini koruma yatırımları, üst ve alt yapı güçlendirme çabaları, su yönetimi ve emisyon azaltımına yönelik girişimler nezdinde yenilenebilir enerji yatırımları ve düşük karbon teknolojilerine yönelik yatırımlar sonucu ortaya çıkabilecektir. Ancak bu gibi yatırımların istihdama net etkisinin ne yönde olacağı önemli ölçüde belirsizliğini korumaktadır (Martinez-Fernandez ve diğerleri, 2010: 9).

Kısa dönemde iklim değişikliği ile mücadele karbon yoğun sektörlerde iş kaybına neden olabilecektir. Düşük karbonlu sektörlerin geleneksel sektörlerle göre daha emek yoğun olacağı ve yeni iş imkanları sağlayacağı düşünülmektedir (IPCC, 2007b: 47). Ancak düşük karbonlu sektörler daha rekabetçi ve teknolojik oldukça beklenen iş yaratma kapasitesi giderek azalabilecektir. Yoğun ve karmaşık teknolojiler nedeniyle emeğin hareketliliğinin azalması ve bilgi stokunun kullanışsız hale gelerek yıpranması (Bretschger ve Valente, 2011: 834) yanında, gelişen yeni teknolojiye sahip endüstriler için gerekli bilgi ve beceri (Know-How)<sup>21</sup> açığının giderilmesinin zaman alması ekonomide yapısal işsizliğe yol açabilecektir (Martinez-Fernandez ve diğerleri, 2010: 17).

Uzun dönemde ise emek piyasası gelişen ve dönüşen ekonomik yapıya adapte olabilecektir. Ekonomide iklim değişikliğinden etkilenecek sektörlerin büyüklüğü ve

---

<sup>21</sup> Know-How, mevcut teknolojiyi kullanma yeterliliği olarak tanımlanabilir.

olgunluğu, emek piyasasının formel yada enformel örgütlenmesi ile piyasada işverenlerle işçiler arasında aracılık eden kurumların varlığı ve aktifliği emek piyasasının iklim değişikliğine adapte olma süresini belirleyecektir. Buna göre, aktif aracı kurumların olduğu ve örgütlenmiş güçlü emek piyasaları yeni ekonomik yapıya daha çabuk adapte olabilecektir (Miranda ve Larcombe, 2012: 36-37).

## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### 3. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK YANSIMALARININ ÇEVREYE UYARLANMIŞ IS-LM MODELİ (IS-LM-EE) YARDIMIYLA ANALİZİ

Bu bölümde önce geleneksel iktisat ve ekolojik yaklaşımlarında çevresel konu ve sorunlara bakış açısına genel hatları ile değinilmiş; daha sonra IS-LM-EE yardımıyla iklim değışikliğinin ekonomik etkilerinin analizi yapılmıştır.

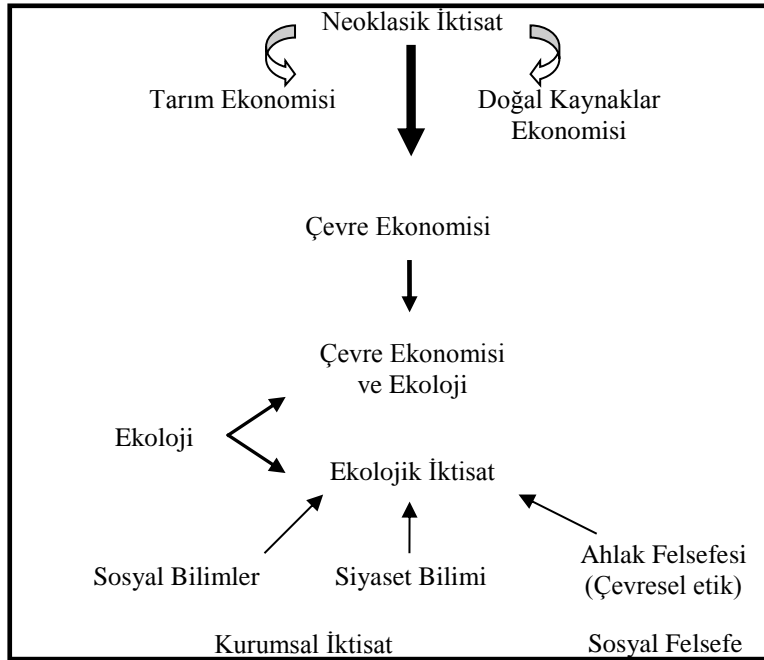
#### 3.1. Çevre ve Çevre Sorunlarının İktisat Bilimindeki Gelişimine Genel Bir Bakış

İnsanlık tarihi boyunca toprak ve doğa insanoğlunun yaşam kaynağı olmuştur. Bu bakımdan çevre konusu da sosyal bilimlerden doğal bilimlere birçok disiplinin çalışma alanını oluşturmuştur. Sanayi öncesi dönemde üretim topraktan sağlanmaktaydı ve toprak verimliliği ülkenin yaşam standartlarının belirleyicisi konumundaydı. Hatta ülke veya devlet kavramının ortaya çıkmasından çok önce avcı ve toplayıcı topluluklarda toprak ve doğa yaşamın ana kaynağı durumundaydı. Bu insanlar kolayca çevreye uyum sağlıyorlar ve kendi yaşam alanlarında kaynaklar tükenince yaşamsal hizmetleri sağlayabilecekleri başka bir alana göç edebiliyorlardı (Edwards-Jones ve diğerleri, 2000: 10–11). Nitekim William Petty (1623-1687) emeği refahın babası olarak lanse ederken, toprağı ise refahın annesi olarak tanımlamaktadır (Hull, 1899: 46). Bu bağlamda, modern iktisat teorisinin ortaya çıkmasından çok önceleri William Petty toprağı doğurganlığın simgesi kadına benzetmiş ve refahın temel kaynağı olduğunu vurgulamıştır. Daha sonraları ortaya çıkan Fizyokratlar Petty'in bu görüşlerinden etkilenerek analizlerini toprak üzerine kurmuşlardır.

Şüphesiz tarih boyunca toprağı ve doğaya farklı açılardan da yaklaşmıştır. Önceleri doğa insanoğlunun devamı için gerekli besin kaynağı olarak düşünülmüş, dünya nüfusuna kıyasla kaynakların kıtlığından ve çevrenin tahribatından endişe edilmemiştir. Daha sonraları özellikle toprağın, büyümenin ve refahın kaynağı olarak görülmesi sonucu

klasikler tarafından nüfus baskısına vurgu yapılarak kaynak kıtlığından dolayı büyümenin sınırının olabileceği fikri ortaya çıkmıştır. 19 yy. sonlarına doğru ekonomik düşünceye hakim olmaya başlayan neoklasik iktisat, teknolojik yeniliklerin ve yeni kaynak keşiflerinin yaşanacağını ileri sürerken, aynı zamanda toprağın fiziki sermaye ile ikame edilebileceği gibi görüşleri ortaya atarak büyümenin sınırları konusunda iyimser bir hava yaratmıştır. Neoklasik iktisat ile birlikte marjinal fayda ilkesi ve yoğun matematiksel modeller ekonomik hayata girmiş bulunmaktaydı. Bu dönemde ekonomide fiziki değerler yerini parasal değerlere bırakmıştır (Hubacek ve van den Bergh, 2006: 15). Toprak ve doğal sermaye değer teorisinden ve büyüme modellerinden çıkartılarak çevresel konular göz ardı edilmiştir. Fakat 1920'lerde tarıma elverişli alanların etkin kullanımı ve korunması ile gelecek üretiminin verimliliği konuları ile ilgilenen Tarım Ekonomisi ve 1950'lerde doğal kaynakların optimal tüketimi üzerine yoğunlaşan Doğal Kaynaklar Ekonomisi (Şekil 9) neoklasik iktisat içinde gelişerek ve neoklasik analiz araçlarını kullanarak (Venkatachlam, 2007: 551) birer alt disiplin olarak ortaya çıkmışlardır (Spash ve Ryan, 2012: 3-4).

**Şekil 9: Çevrenin Ekonomi Bilimi İçinde Gelişimi**



**Kaynak:** Spash, 1999: 431

1960'lı ve 1970'li yıllarda ikinci dünya savaşından sonra artan nüfusun yanında, tüketimde yaşanan hızlanma ile beraber fosil yakıt ihtiyacının artması sonucu çevrede görülen kirliliğe ve tahribatlara çözüm bulmak için çevre politikaları gündeme gelmiş, fayda maliyet analizleri ile optimal kirlilik seviyesinin belirlenmesine yönelik çalışmalar yanında dışsallıkların içselleştirilmesi çabaları Çevre Ekonomisi'nin ortaya çıkmasıyla sonuçlanmıştır. Sıralanan üç alt disiplinin neoklasik iktisat geleneğinden olması, marjinal fayda ilkelerine bağlı kalmaları, çevresel değerleri parasallaştırma çabaları ve tek disiplinli (mono-disciplinary) bir bilim (Spash, 1999: 414) anlayışı içinde olması çoğulculuğu önleyerek çevre sorunları ile mücadelede başarılı olmalarına engel teşkil etmiştir. Ayrıca doğanın büyümeye sınır getirmediği varsayımı altında izlenen ekonomi politikalarıyla, kaynakların tam kullanımı konusunda ciddi başarılar elde edilmesine rağmen, ekolojik dengenin bozulduğunun, fosil yakıtların tükenme noktasına yaklaştığının, ekosistemin çeşitliliğinin azaldığının ve çevre kirlenmesinin doğanın kendini yenilemek noktasındaki sınırlarını aşmaya başladığının görülmesiyle birlikte var olan ekonomik düşünceye güven büyük ölçüde kaybolmuştur (Dağdemir, 2010: 54). Bununla beraber yine aynı dönemde doğal bilimlerin çevre üzerine yaptığı çalışmalar ve ortaya koyduğu bilimsel kanıtlar, çevre sorunlarına daha fazla ilgi gösterilmesi gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda giderek artan çevre sorunları ve küresel ısınma gibi küresel ölçekli çevre sorunlarının tehdidi *Ekolojik İktisat* olarak adlandırılan ve hem doğal bilimlerden hem de sosyal bilimlerden yararlanan ve kurumsal iktisadı da göz önünde bulunduran yeni bir disiplinin ekonomi sahnesine çıkmasına neden olmuştur (Şekil 9).

### 3.1.1. Neoklasik İktisat Öncesinde Çevre

Toprak konusunu sistematik olarak ilk ele alan Dr. Franis Quesnay (1694-1774) ve Turgot (1727-1781) öncülüğünde Fizyokratlar olmuştur. Dr. Quesnay tarafından hazırlanan iktisadi akım şeması "*Tablo Ekonomik*" (Tableau Economique) toprağı (bugünkü anlamıyla doğal sermayeyi) iktisadi faaliyetlerin merkezine oturtmuştur. Dr Quesnay'e göre ekonomik fazlalığın kaynağı topraktan kaynaklanmakta ve ekonominin üretken faktörleri toprak ve emektir. Toplam ekonomik aktivitenin büyüklüğü tarımsal çıktı ile ekonomik fazlalığa (Hubacek ve van der Bergh, 2006: 7); en yüksek çıktı seviyesi ise mevcut teknoloji seviyesinde ülkenin doğal sermayesine (toprağı) bağlıdır (Meek, 1962: 21).

Klasik iktisatçılar, doğal hizmetlerin serbest olarak sağlanmasından dolayı doğal kaynakları ayrı bir analitik mesele olarak görmüşlerdir. Emeğin ve daha sonraları sermayenin yanında, arazi üretim fonksiyonunda ayrı olarak ele alınmıştır. Genellikle değer konusu üzerinden çevreye atıf yapılsa da toprak faktörünün (doğal sermaye) önemi, ikame edilemez üretim girdisi olarak büyüme üzerine fiziki sınırlamalar getirdiği düşünülerek bazı klasik iktisatçılar tarafından bir derece vurgulanmıştır. Bu bağlamda, David Ricardo'nun (1772-1823) toprak üzerine *Azalan Verimler Kanunu*, Thomas R. Malthus'un (1776-1834) *Nüfus Teorisi* ve John S. Mill'in (1806-1873) *Durgun Durum* (Steady State) *Ekonomisi* bu düşüncenin ürünleri olarak gösterilebilir (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1211). Bu üç iktisatçının ortak noktaları nüfusun büyümesidir. Özellikle Malthus (1789) nüfus teorisinde, normal şartlar altında nüfusun üstsel olarak büyüyeceğini, buna karşın gıda üretiminin aritmetik olarak artacağı düşüncesini ortaya atarak doğal sermaye üzerinde nüfus baskısından bahsetmiştir.

Klasiklere göre, üretimin emeğe ve kıt olan toprağa bağımlılığı ve toprağın getirisinin ücrete nispeten azalması ekonomik büyümenin durma noktasına gelmesine neden olacaktır. Bu bağlamda gelirin yeniden dağılımı yoluyla ekonomik sonuçların itici gücü nüfus olarak görülmüştür.<sup>22</sup> Her ne kadar büyümenin sınırları üzerine görüşleri olsa da klasik teori içinde kaynakların mutlak sınırı önemsiz kabul edilmiştir (Spash, 1999: 415).

Geçmiş dönemlerde doğal sermaye bugün bildiğimiz anlamda yenilenebilir ve yenilenemeyen kaynakları da içeren yapıda düşünülüyordu. Arazi formunda doğal sermaye, Malthus'a göre toprak, madenler, su ve su ürünlerinden oluşmaktadır<sup>23</sup>. Bu çeşit doğal sermaye, hammaddelerin ve gıda üretiminin ana kaynağını teşkil etmektedir. Ayrıca Malthus'a göre, servetin kaynağı olarak arazi, emek ve sermaye kabul edilmektedir. Bunlardan arazi ve emek orijinal kaynaklar iken, emek tarafından kullanılan sermaye ise

---

<sup>22</sup> Toprak faktörünün değer yaratmanın tek kaynağı olduğu görüşünü benimseyen fizyokratların aksine klasikler, servet yaratmada emeğin önemini ön plana çıkarmışlardır. Şüphesiz, Klasik iktisat öncesi düşüncenin bu şekilde değişmesinin nedeni olarak, 1776 yılında Adam Smith (1723-1790) tarafından yayınlanan "*Milletlerin Zenginliği*" üzerine yazdığı ve üretimde iş bölümü ile uzmanlaşmayı vurguladığı eseri önemli bir role sahiptir. Örneğin Smith, ormancılık faaliyetlerini sadece mercacılıktan ibaret görmüş ve toprağın verdiği ürünleri ise, doğal üretim (natural production) olarak kabul etmiştir. Bununla beraber Smith, doğanın kendisinden kaynaklanan değerle ilgilenmemiş, toprağın kirası ile ilgilenmiştir.

<sup>23</sup> Malthus kitabında refah kaynağı olarak "land" kelimesini kullanmakta ve "land" "soil" içermektedir. Bu sebepten dolayı çalışmanın bu bölümünde toprak yerine arazi kelimesinin kullanılması yeğlenmiştir.

üretimin süreci için gerekli ve önemli olmasından dolayı bir üçüncü kaynak olarak görülmektedir (Malthus, 1827: 235–236) ve klasik analizdeki temel pozisyonunu sürdürmektedir (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1211).

Jean B. Say (1767–1832), doğanın hizmetleri için bir bedel ödenmeyeceğini söyleyerek, çevrenin serbest bir mal ve doğanın insanlara armağanı olduğu fikrini ortaya atmıştır. David Ricardo (2001: 208); Say'a paralel olarak doğal hizmetlerin mübadele değeri (exchange value) yaratmaya katkısının olmadığını kabul etmektedir. Çünkü Ricardo'ya göre doğa, üretimin bolluğunu arttırarak, insanları zenginleştirerek ve kullanım değerine katkıda bulunarak bizlere hizmet etmektedir. Fakat doğa hizmetlerini karşılıksız olarak yaptığı, yani havaya, güneş ısısına ve suya bir ödeme yapılmadığını söylemektedir. Bu sebeple bizim üretim çabalarımıza yardım etmesine rağmen değişim değerine katkı yapmamaktadır.

Ricardocu iktisatçılar, ekonomik büyümenin kaynakların kıtlığı nedeniyle durma noktasına geleceğini iddia etmektedirler (Blaug, 1964: 6). Buna karşın bu klasik görüşlerde, teknolojik gelişmelerin ve yeni maden keşiflerinin öngörülemediği ve doğal sermayenin insan yapımı sermaye<sup>24</sup> ile ikame edilebileceği ileri sürülerek eleştirilmiştir.

Ricardo ve Malthus'un bu görüşlerine karşın, John Stuart Mill, Stanley Jevons (1835–1882) ve Alfred Marshall (1842–1924) ekonomik teoriyi modern bir zemine taşımaya çalışmışlardır. Mill, yenilenmeyen doğal kaynakların, nüfus baskısından bağımsız olarak ekonomik büyüme üzerinde bir sınırlama getirdiğini fark etmiştir. Mill, ayrıca kontrolsüz ekonomik büyümenin doğal yaşamı ve doğal ekosistemin kendisini yenilemesi üzerinde tehdit oluşturduğundan ve doğal güzelliğin yaşam kalitesi üzerine olan etkisinden (Hubacek ve van der Bergh, 2006: 10) bahsederek bugünkü anlamda çevre sorunlarına değinmiştir. Bunların yanı sıra Mill, Malthus'un eleştirildiği teknoloji konusuna da değinerek teknolojik gelişmenin kaynak kıtlığının neden olduğu sınırlamayı öteleyebileceğini düşünmektedir (Spash, 1999: 415).

---

<sup>24</sup> Doğal sermaye, kompozit çevresel değişkenlerden oluşmaktadır. Hem petrol, doğal gaz, kömür gibi yenilenemeyen fosil yakıtları hem de orman ürünleri, etol üretimi için tahıl, akarsu enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi gibi yenilenebilir kaynakları ifade etmektedir (Decker ve Wohar, 2012: 3). İnsan yapımı sermaye ise üretim faktörleri tarafından daha önce üretilmiş makine teçhizat vb. gibi fiziksel sermayeyi ifade etmektedir.

Karl Marx (1818-1883), değerin emek ve doğa tarafından yaratıldığını söylemektedir. Bunun yanında, emeğin bütün servetin tek kaynağı olmadığını, Ricardo'ya benzer olarak, doğanın da emek kadar kullanım değerinin kaynağı olduğunu ileri sürmektedir. Fakat yine Ricardo tarzı bir düşünce ile mübadele değerini emeğe dayandırarak, mübadele değerinin oluşumunda doğanın rolünün tartışılmasını yorucu bir çaba ve boşa harcanmış zaman olarak atfetmektedir. Marx'a göre mübadele değeri kesin olarak sosyal bir biçimde emek miktarına bağışlanan bir konu olarak ele alındığında, doğanın yapacak fazla bir şeyi yoktur. Böylece doğa, mübadele akışında sabit olarak kalacaktır (<http://marxists.org/archive/marx/works/1867-c1/ch01.htm#S3a2a>). Marks'ın doğanın mübadele değeri içinde sabit kalacağı söylemi, Say'ın doğanın serbest mal olduğu görüşünü benimsemediğinin bir göstergesi olarak düşünülebilir.

### 3.1.2. Neoklasik İktisat Yaklaşımında Çevre

19. yy yaşanan endüstriyel büyüme, öngörülemeyen hızlı teknolojik gelişme ve artan sermaye birikimi klasik ekonomi düşüncesinde bir takım değişiklikler meydana getirmiştir. Yaşanan gelişmeler, klasik iktisat ve öncesi dönemde kabul edilen doğanın ayrı bir analitik temele sahip olması düşüncesinin giderek askıya alınmasına neden olmuştur. Burada üç değişimi vurgulamak gerekmektedir (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1211):

- İktisat biliminde odak noktası toprak ve emekten, emek ve sermayeye doğru yavaşça kaymaya başlamıştır.
- Fiziksel analizlerden parasal analizlere geçiş yaşanmıştır.
- Kullanım değerinden çok mübadele değeri ile ilgilenilmeye başlanmıştır.

Naredo (2003), yaşanan bu gelişmelerin ekonomik düşüncede bir paradigma değişimine neden olduğunu, bu değişimin doğanın mübadele değeri açısından sonraki analitik uygulamalarına ve neoklasik iktisatçıların doğal sermaye ile fiziki sermayenin birbirlerinin ikamesi olduğu hakkındaki teorik görüşlerine zemin hazırladığını savunmuştur (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1211).

Klasik iktisadın düşüğe geçtiği bu dönemde bazı iktisatçılar doğal sermayenin fiziksel boyutu ile ilgilenmeye devam etmişlerdir. Bu anlamda William S. Jevons (1835-



1882) tükenebilir kaynaklardan kömür sorununa değinerek, kömür stoklarının giderek azalacağını ileri sürmüştür. Buhar makineleri sayesinde kömürün daha etkin kullanıldığını fark eden Jevons bu iddiasını birim çıktı başına enerji verimliliği artıkça, bu verimlilik artışının toplam enerji tüketimini arttıracığına dayandırmaktadır<sup>25</sup> (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1211). Bu bağlamda buhar makinesinin kullanılmasında olduğu gibi teknolojik gelişme büyümeyi artırarak daha çok enerji ihtiyacını gündeme getirmektedir. Jevons, karamsar bir tez ortaya atarak kömür stoklarında yaşanan azalma nedeniyle İngiltere’de büyümenin sınırlı kalacağını savunmuştur. Ancak Jevons’un bu felaket öngörüsü, kömüre ikame olarak petrolün kullanılmaya başlaması ve gelişen teknolojiler nedeniyle gözden düşmüştür (Spash, 1999: 416). Yine de, neoklasiklerin genel olarak “*büyüme ve teknolojik gelişme çevresel sorunların kaynağı değil, aksine çözümüdür*” inanışına karşı, Jevons’un bu tezi ileri sürülebilir.

1930’larda doğal sermaye sorunu iktisatçılar nezdinde giderek canlılığını yitirmiştir. Bu dönemde, geleneksel ekonomik düşünce çevresel mallar ve hizmetleri analiz dışı bırakarak, analizlerinin merkezine parasal değerleri yerleştirmişlerdir. Bu bakımdan Alier (1990), Jevons dönemi ile 1940’lar arasında her ne kadar muhtelif çalışmalar yapılsa da bu dönemde çevre konusunda, özellikle enerji ekonomi etkileşimi alanında iktisat yazımında bir boşluk olduğu görüşündedir (Baggethun ve diğerleri, 2010: 1212).

Bu dönemdeki standart istisna Hotteling (1895-1973) ve onun madenler gibi yenilenemeyen kaynakların optimal tüketimi teorisi ile doğal kaynaklar üzerine çalışmalarıdır. Bu dönemde Hotteling öncülüğünde genel eğilim, doğal kaynakların tarım ve ormancılık faaliyetlerinde rasyonel kullanımı ve doğal kaynaklar ekonomisine teorik temel teşkil eden yenilenemeyen kaynakların tüketimi konuları üzerine olmuştur (Spash, 1999: 416-417).

Aynı dönemde neoklasik teori, teknolojik yeniliklerin arazi ve sermaye gibi üretim faktörleri arasındaki ikame ilişkisini nasıl arttırdığının ayrıntıları ile de ilgilenmeye başlamıştır. 20. yy. ikinci yarısında doğal sermaye üretim fonksiyonundan tamamen dışlanmış ve üretim fonksiyonunda topraktan ve diğer doğal girdilerden sermaye ve emeğe

---

<sup>25</sup> Jevons tarafından ortaya atılan enerji verimliliği ile toplam enerji tüketimi arasındaki bu ilişki “Jevons Paradoksu” olarak bilinmektedir.

doğru bir kayma yaşanmaya başlanmıştır. İlgili bütünüyle fiziksel ilişkilerden çok parasal meselelere ve toplam sermayenin ölçülmesine kaymıştır (Hubacek ve van den Bergh, 2006: 15). Ayrıca, piyasa tarafından düzenlenmeyen faaliyetlere sadece atıf yapmakla yetinilmiş ve bütün piyasa dışı olaylar dışsallık başlığı altında topladıktan sonra, birçok iktisatçının önerdiği ikinci aşama da bu etkiler analiz dışı bırakılmıştır (Victor, 1972: 19).

Bu anlamda Arthur Pigou (1877-1759), çevresel zararlarla ilgili dışsallıkların içselleştirilmesi üzerine çalışmalar yapmıştır. Sosyal refahı olumsuz etkileyen böyle bir durumda Pigou, üretim sürecinde kirleten firmalara bir vergi (Pigou Vergisi) uygulanması gerektiğini savunmaktadır. Ancak doğal sermaye üzerinde güçlü bir şekilde tanımlanmamış mülkiyet hakları, Pigocu vergilendirmenin önündeki temel problemlerden biri olmuştur.

Bu noktada çevresel problemlerin analizinde mülkiyet haklarının önemini vurgulayan iktisatçı Ronald Coase (1910-2013) olmuştur. Coase, kendi adı ile anılan teoreminde, mülkiyet haklarının açıkça tanımlanması durumunda kirletenler ile kirlilikten etkileneceklerin bir araya gelerek pazarlık yapabilecekleri ve kabul edilebilir bir kirlilik seviyesi üzerinde anlaşarak Pareto etkin üretim seviyesini gerçekleştirebileceklerini ileri sürmektedir.

Solow'un 1956 yılında yayınlanan "*İktisadi Büyüme Teorisine Bir Katkı*" adlı eserinde, doğal sermaye girdilerinin fiziki sermaye ile ikame edilebileceği örtük varsayımı altında toprak, üretim fonksiyonundaki yerini kaybetmiştir. İkame varsayımının önemini vurgulayan Solow, eğer diğer üretim faktörleri ile doğal sermaye kolayca ikame edilebilirse doğal sermaye kıtlığı konusunda temel bir problem olmayacağını ileri sürmektedir. Solow, doğal kaynak olmaksızın dünyanın ilerleyebileceğini ve kaynakların tükenmesinin felaket değil anlık bir olay olduğunu iddia etmektedir (Solow, 1974: 11).

### **3.1.3. Ekolojik İktisat Yaklaşımında Çevre**

Neoklasik iktisadın uzun yıllar boyunca gelişen analitik araçları çevresel konuları da içeren birçok alanda uygulama alanı bulmuştur. Ne var ki, çevresel parametreler sadece madenler gibi yenilenemeyen kaynakların optimal üretimi ve yenilenebilir kaynakların

büyüme oranlarının belirlenmesi gibi belli durumlarda önem arz etmekteydi. Bunların yanı sıra, neoklasik analizler marjinal optimizasyon tekniklerini geliştirerek çoğunlukla ekonomik büyümenin en yüksek seviyeye çıkarılmasıyla ilgilenmişlerdir.

Ekonomi ve dünya sistemi gibi sistemler, madde, enerji ve bilgi alış verişi bakımından açık ve kapalı olabilirler<sup>26</sup>. Boulding (1966: 3)'e göre günümüz ekonomisi bu üç bileşen için açık bir sistemdir. Dünya ekonomisi, Boulding'in deyiimiyle “*ekonosfer*”, dünyada konuşulması mümkün bütün sistemleri içeren dünya sisteminin (ekosistem) bir alt sistemidir. Malthusyan bir düşünce ile nüfus baskısına değinen Boulding, taşıma kapasite ile sınırlı çevrenin artan nüfus ve tüketim sonucu doğrusal olmayan negatif bir şekilde bozulacağını ve bu durumun kapalı dünya sistemini çöküşe götüreceği kanısındadır (Venkatachalam, 2007: 555). Benzer şekilde Garret Hardin (1915–2003), 1968 yılında yayınladığı “*Ortak Malların Trajedisii*” adlı eserinde herhangi bir türün aşırı nüfusunun doğal kaynakları azaltacağına değinmiştir. Ayrıca Hardin, mülkiyet haklarına da değinerek, mülkiyet haklarının uygulanmadığı ve kullanıcıların tüketimine açık ortak malların, çevrenin kendini yenileme kapasitesinin üzerinde kullanılması nedeniyle kaynakların bütünüyle tükeneceği ve çevrenin tahribata uğrayacağı düşüncesindedir (Nadeau, 2011: 11). Doğal kaynakların tüketimi ise sosyal maliyet dikkate alınmaksızın, özel yarar özel maliyeti aştığı sürece devam edecektir (Barker, 2013: 7). Yine aynı tarihte Paul R. Ehrlich “*Nüfus Bombası*” adlı çalışmasında aşırı nüfusun doğal kaynakları azaltacağını ve kıtlığa neden olacağını öngörmektedir (Anderson ve diğerleri, 2007: 13).

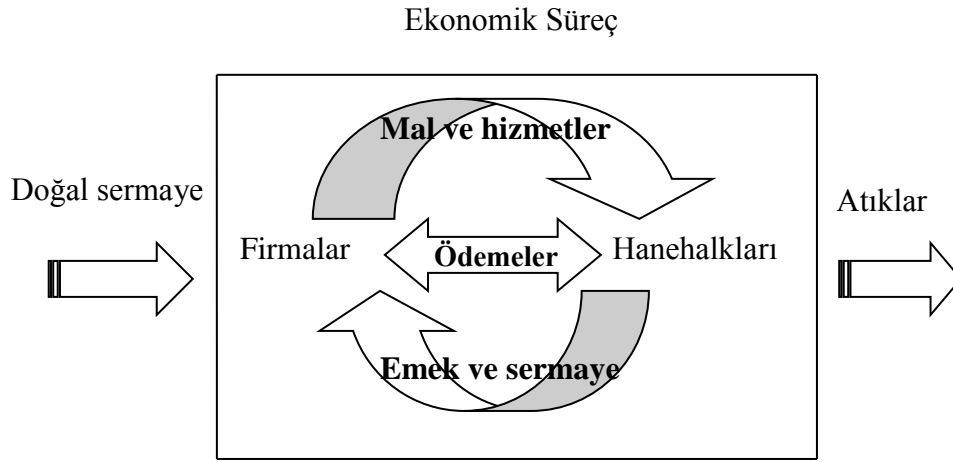
Boulding (1966: 5), kaynakların sınırlı olduğu bir dünyada çevreyle uyumlu, tüketimden kaynaklanan çıktının (atığın) daimi olarak geri dönüşümle tekrardan girdi olarak kullanılmasını mümkün kılacak bir ekonomik sistemden yanadır. Bu bağlamda Boulding'e göre geleneksel ekonomik sistemi kabul etmiş ekonomistler açısından radikal bir dönüşüme ihtiyaç duyulmaktadır (Edwards-Jones ve diğerleri, 2000: 20).

---

<sup>26</sup> Açık sistemden kasıt, bir sistemin kendisini çevreleyen sistem ile madde ve enerji alışverişinde bulunmasıdır. Buna göre ekonomi çevreyle madde ve enerji alışverişinde bulunduğundan dolayı açık bir alt sistemdir. Kapalı sistemde ise madde ve enerji alışverişi söz konusu değildir. Bu bağlamda yerküre güneşten enerji almakla beraber dışarıyla bir madde alışverişi söz konusu olmamaktadır. Çevre anlamında yerküre, meteor düşmelerini ve uzaya fırlatılan roketlerin geri dönüşü ihmal edilirse dışarıdan madde alış verişi içersinde bulunmamasından dolayı hemen hemen kapalı bir sistemdir (Daly ve Farley, 2011: 15).

Ekonomide bir paradigma dönüşümüne ihtiyaç olduğu görüşünde olan Boulding, geleneksel iktisadın ekolojik sınırlara ve çevreye gereken önemi vermediğini vurgulamaktadır.

**Şekil 10: Geleneksel Yaklaşımda Ekonomik Akım Şeması**



**Kaynak:** Edwards-Jones ve diğerleri, 2000: 20'den yararlanılarak çizilmiştir.

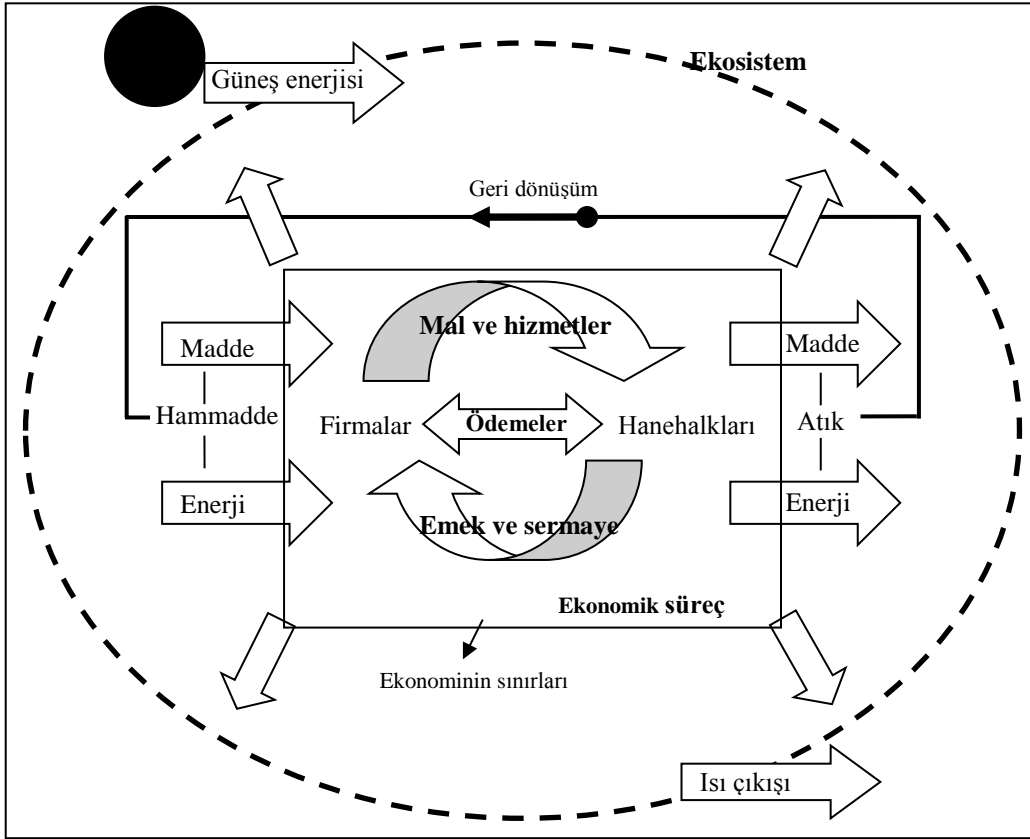
Bu bağlamda geleneksel ekonomik akış şemasının (Şekil 10) ekonomi ve çevre ilişkilerini de dikkate alacak şekilde genişletilmesi gerektiği inancındadır. Çünkü Şekil 10'da görüleceği üzere ekonomik analizin geleneksel çatısı, doğal çevrenin üretimde girdi sağlama ile üretim ve tüketim sonucu ortaya çıkan atığı depolama fonksiyonlarını göz ardı etmekte, sadece ekonomik süreç ve parasal ilişkilerle ilgilenmektedir (Edwards-Jones ve diğerleri, 200: 20). Bu manada Boulding (1966: 7) günümüz ekonomisini, uçsuz bucaksız ovaların simgesi, pervasız, sömürücü ve vahşi davranışın simgesi olarak gördüğü kovboydan ilham alarak “kovboy ekonomisi”<sup>27</sup> olarak adlandırmaktadır.

Buna karşın ekolojik sınırları dolayısıyla kapalı bir sistem olan dünyayı uzay gemisine benzeten Boulding (1966), dünya ekonomisinin gelecekte “uzayadamı ekonomisine (spaceman economy)”<sup>28</sup> dönüşmesinin kaçınılmaz olduğunu ifade etmektedir.

<sup>27</sup> Çünkü kovboy ömrünü, geleceği veya çevresini düşünmeden hareket ederek geçirmektedir. Boulding (1966) bu davranışı itibarıyla açık bir sistemin simgesi olarak gördüğü kovboyu çevreyi göz ardı etmesi bakımından günümüz ekonomik anlayışına benzetmektedir.

<sup>28</sup> Boulding (1966), uzaya giden bir uzay adamını ve uzay gemisini düşünerek, uzay adamının kapalı bir sistem olan uzay gemisinde tüketebileceklerinin ve uzay gemisinin uzay adamının faaliyetleri sonucu ortaya

**Şekil 11: Ekolojik Yaklaşımda Ekonomik Akım Şeması**



**Kaynak:** Edwars-Jones ve diğerleri, 2000: 21'den yararlanılarak çizilmiştir.

Ekolojik iktisatçılar, çevrenin de dikkate alındığı daha geniş bir ekonomik akım şeması önermektedirler (Şekil 11). Böyle bir akım şemasında ekonomik sistem ondan daha büyük olan ekosistemin bir alt sistemi olarak kabul edilmektedir. Yani ekonominin ulaşabileceği sınırları ekosistemin kendi sınırları belirlemektedir. Yeni ekonomik akım şemasında ekosistem kapalı olduğundan, sistem dışı ile madde alış verişi söz konusu değildir. Sisteme dışarıdan sadece güneş enerjisi girmekte ve sistemden dışarıya sadece ısı çıkmaktadır. Böyle bir sistemde tüketim ve üretim sonucu oluşan atıklar sistem içinde birikmekte ve çevre kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir<sup>29</sup>.

çıkacak atıkları taşıma kapasitesinin sınırlarının belli olduğunu ifade etmektedir. Bu bağlamda Boulding ekolojik sınırları olan ekosistemi (dünyayı) uzay gemisine benzetmektedir.

<sup>29</sup> Atıkların yüzde yüz dönüşümü mümkün olmadığından, sürekli olarak biriken atıklar çevre kalitesini giderek düşürmektedir. Örneğin 17 Nisan 2013 tarihi Milliyet gazetesinin haberine göre evlerin elektrik ve ısınma ihtiyaçlarını çöplerin yakıt olarak kullanılması ile karşılanan İsveç'te çöplerin %4'ü geri dönüştürülemez durumdadır.

Kovboy ekonomisi ile uzayadamı ekonomisi arasındaki en belirgin fark, üretim ve tüketim davranışlarında ortaya çıkmaktadır. Kovboy ekonomisinde bireysel çıkarlarını düşünen üreticiler karlarını maksimize etmek için üretimlerini en yükseğe çıkarmak; tüketiciler ise fayda maksimizasyonu amacıyla tüketimlerini en yükseğe çıkarmak eğilimde olmaktadır. Bu tip ekonomilerde sistemin başarısı ise çıktı ile ölçülmektedir. Doğal sermayenin tükenmesi, çevrenin tahrip olması ve ekonomik olmayan diğer konular hesaba katılmamaktadır. Ancak uzayadamı ekonomisinde girdiler ve çevrenin taşıma kapasitesi sınırlıdır. Ekonomik sistemin başarısı sadece çıktıyla ölçülmemekte, aynı zamanda çevre kalitesi, sermaye stokunun karışımı ve canlı sağlığı gibi ekosistemin bütünü gözetilmektedir. Uzayadamı ekonomisine göre geleneksel iktisadın kabul ettiği gibi tüketimi ve üretimi en yükseğe çıkarmak değil, aksine üretim ve tüketimin en aza indirilmesi tercih edilmelidir (Boulding, 1966: 8–9).

Özellikle Hardin ve Ehrlich'in çevre sorunlarının kaynağını hızlı nüfus artışına bağladıkları bu dönemde, Malthus ve Ricardo gibi iktisatçıların uzun dönemli büyüme konusundaki öngörülerini yeniden önem kazanmıştır. Bu bağlamda 1970'li yıllarla birlikte Yeni Malthusçular olarak bilinen “*Roma Kulübü*”<sup>30</sup>, nüfus artışı tehlikesine tekrar dikkat çekerek kantitatif araştırma projelerine öncülük etmiştir (Dağdemir, 2012: 57).

Bu anlamda Roma Kulübünün “*İnsanlığı Tehdit Eden Sorunlar Projesi*” kapsamında Massachusetts Teknoloji Enstitüsü'nden (MIT) Jay W. Forrester'in (1971) geliştirdiği sistem dinamiği, dünya sorunlarının birçoğunu içeren ve bu sorunların açıkça saptanmasına olanak sağlayan bir dünya modeli sunarak bu projenin ilk evresini oluşturmuştur (Meadows ve diğerleri, 1972: XIV). Boulding'in uzay gemisi dünya modeline ilişkin ilk dikkat çekici model olan Forrester'in sistem dinamiği modelinde toplam 43 değişken arasındaki doğrusal ve doğrusal olmayan ilişkiler ortaya konmuştur. Modelde toprak, tükenbilir kaynaklar, nüfus, sermaye stoku ve kirlilik gibi stok; kişi

---

<sup>30</sup> 1968 yılı Nisan ayında, on ülkeden bilim adamları, eğitimciler, iktisatçılar, sanayiciler ile ulusal ve uluslararası devlet görevlilerinden oluşan 30 kişilik bir grup Roma'da Lincei Akademisinde İtalyan iktisatçı ve sanayi yöneticisi olan Dr. Aurelio Peces'i'nin teşvikleri ile bir araya gelmiştir. İnsanlığın bugününü ve yarınını tehdit eden sorunlar toplantısı sonrası bu 30 kişilik grup tarafından Roma Kulübünü kurulmuştur. Resmî olmayan ve kar amacı gütmeyen bir kurumdur. Amaçları içinde dünya sisteminin birbirine bağlı doğal, ekonomik, sosyal ve siyasal öğelerine karşı daha derin ve geniş bir anlayış sağlamak; bu yeni anlayışı dünya politikasına yön verenlerin ve kamuoyunun dikkatine sunmak ve böylece yeni politik eylemleri hazırlamak olan kulübün bugün 30'un üzerinde ülkeden yaklaşık 100 üyesi bulunmaktadır (<http://www.clubofrome.org/?p=324>).

başına olmak üzere gıda üretimi, gıda dışı üretim, sanayi ürünleri tüketimi ve gayrisafi yatırım gibi akım değişkenler kullanılmıştır. Forrester'a göre 1970'lerde ekonomik refah geçmişteki herhangi bir dönemden daha yüksektir ve gelecekteki bir dönemden de yüksek olabilir. Benzer şekilde aynı dönemdeki kirlilik ve yoksulluk gibi sorunların yakın gelecekte ortaya çıkabilecek sorunlara kıyasla oldukça önemsiz olduğunu ileri sürmesine rağmen Forrester, ekonomik büyüme ve nüfus artışı devam ettikçe yaşam kalitesinin giderek azalacağını iddia etmektedir (Kula, 1998: 134-135).

Roma Kulübü projesinin ikinci evresini ise yine MIT'ten Dennis Meadows ve arkadaşlarının 1972 yılında yayınladıkları "*Büyümenin Sınırları*" adlı rapor oluşturmuştur. Raporunda Forrester'ın sistem dinamiği modeli geliştirilerek daha kapsamlı dünya modelleri ortaya konulmuştur. Meadows ve arkadaşları ekonomik büyümeyi belirlediğini ve bunun sonucu olarak da onu sınırladığını düşündükleri nüfus, kişi başına tarımsal üretim, kişi başına endüstriyel üretim, yenilenemeyen kaynaklar, çevre kirlenmesi gibi beş temel değişken üzerinde çalışmışlardır. Ayrıca kaba doğum oranı, kaba ölüm oranı ve kişi başına hizmetler gibi de üç yan değişken de modelde kullanılmıştır (Meadows ve diğerleri, 1972: 144). Çalışmada, 1900 ile 2100 yılları için yukarıda sayılan değişkenlerin birbirleri ile olan ilişkileri birçok bilgisayar simülasyonu yapılarak araştırılmıştır. Raporun sonuçlarına göre dünya nüfusu bugünkü hızıyla artmaya devam ederse; sanayileşme ve ekonomik büyüme hızı artış eğilimini korursa; insanlığı besleyecek yeni gıda kaynakları ile üretim mekanizmasını sürdürmeye olanak sağlayacak yeni doğal kaynaklar bulunmazsa; çevrenin kirlenme ve bozulmasına önlem alınmazsa insanlığın yeryüzündeki ömrü yüzyılla sınırlı kalacaktır (Meadows ve diğerleri, 1972). Bir başka deyişle, bahsi geçen bu beş temel değişkenin göstereceği trend kendi doğal eğilimlerinin önüne geçtiği takdirde, dünya taşıma kapasitesinin çok üstüne çıkacak ve ciddi tehditlerle karşı karşıya kalacaktır (Aksu, 2011: 12).

Ekolojik iktisadın gelişmesine öncülük eden bir diğer iktisatçı Nicholas Georgescu-Roegen (1906–1994) olmuştur. Georgescu-Roegen 1971 yılında yayınladığı "*Entropi Kanunu ve Ekonomik Süreç*" adlı kitabında, Boulding'in (1966) uzaygemisi dünya

benzetmesi ile kapalı bir sistem olarak vurguladığı dünya sisteminde ekonomik aktivitenin fiziki sınırlarına termodinamiğin birinci ve ikinci yasalarına değinerek dikkat çekmiştir<sup>31</sup>.

Georgescu-Roegen (1999: 2)'a göre, neoklasik ekonomi düşüncesinin temel aldığı Newton mekaniği, kaynakların tüketimini dikkate almamaktadır. Kendi geliştirdiği modelde ekonomi termodinamik temellere, esas olarak da ikinci kurala yani entropi<sup>32</sup> kavramına dayanmaktadır. Bu modelde Georgescu-Roegen ekonomik süreçte kullanılabilir serbest enerjinin geri kazanılamaz şekilde yok olduğunu göstermektedir.

Georgescu-Roegen'a göre insanlığın elinde doğal sermaye stoku ve güneş enerjisi olmak üzere düşük entropiye sahip iki tür enerji mevcuttur. Canlıların yaşamlarını sürdürmek için gerekli olan düşük entropiye sahip enerji kullanıldıkça, entropi yasası

---

<sup>31</sup> Termodinamik terimi ilk kez, İngiliz bilim adamı Lord Kelvin tarafından, 1849 yılında yaptığı bir yayında kullanılmıştır. Termodinamik sözcüğü, Latince therme (ısı) ve dynamis (güç) sözcüklerinden türetilmiştir ve eski zamanlardan beri süregelen ısıyı işe dönüştürmeyi ifade etmektedir. Günümüzde bu ad, enerji ve enerji dönüşümlerinin tüm yönlerini kapsayan bir anlam taşımaktadır. Bu bakımdan termodinamik, fiziğin enerji ve enerjinin şekil değiştirmesi ile uğraşan kolu olarak tanımlanabilir Termodinamiğin birinci yasası, "enerjinin korunumu" olarak da bilinir. Buna göre enerji, yoktan var edilemez; var olan enerji de yok edilemez; sadece bir şekilden diğerine dönüşür. Enerjinin niceliği ile ilgilenir (Çengel ve Boles, 2000: 2). Ekonomi ve çevre ilişkisi anlamında bu yasa gereği çevreden alınan enerji ve madde üretim süreci sonunda yok olmamakta, enerjinin ve maddenin başka formları şeklinde tekrardan çevreye geri verilmektedir. Bu bağlamda üretim sonucunda ortaya çıkan atıklar, ekonominin çevreden aldığı madde ve enerjinin dönüşmüş bir şeklidir. Termodinamiğin ikinci yasası entropi olarak bilinir. Enerjinin niceliği yanında niteliğinin de dikkate alınması gerektiğini ortaya koyar.

<sup>32</sup> Termodinamiğin ikinci yasası olarak adlandırılmakla birlikte, fen bilimlerinden sosyal bilimlere birçok alanda kullanılmaktadır. Entropi kelimesi Yunancada ki "entropie (bozulma)" kelimesinden gelmektedir. "Entropi, sistemdeki düzensizliğin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Sistemde düzensizlik arttıkça entropi de artmaktadır. Eğer bir sistem tam olarak düzenli ise, entropisi sıfır olabilir (Eren, 2009: 12-13). Maksimum entropi ise, en düzensiz durumu ifade etmektedir. Entropi yasası, enerjinin bir halden başka bir hale dönüştürülmesinin belli bir ceza gerektirdiği (maliyetinin olduğu) ve bu maliyetin "gelecekte aynı türden bir işin yürütülmesi için elde edilebilir enerji miktarındaki azalma" biçiminde ortaya çıktığını söylemektedir. İlave bir enerji olmaksızın aynı enerji kullanılarak aynı fayda elde edilemez (Rifkin ve Howard, 1980: 15). Dolayısıyla entropi, bir sistemde yeniden kullanılmayacak şekilde bir enerji kaybının ortaya çıkması durumunu ifade etmektedir (Erol, 2001: 128). Bu açıdan bakıldığında entropi, artık işe dönüştürülemeyen enerji miktarının ölçümüdür. Bu suretle, entropi artışı, "elde edilebilir" enerji azalışını ifade eder. Doğal dünyada bir iş görüldüğünde, gelecekte kullanım için bir miktar enerji elde edilemez hale dönüşür. Elde edilemeyen enerji kirlenme denilen haldir. Kirlenme, dünyada elde edilemeyen enerjiye dönüştürülmüş elde edilebilir enerjinin toplamıdır. Dolayısıyla harcanmış enerjidir (Rifkin ve Howard, 1980: 15). Termodinamiğin ikinci yasası, enerji dönüşümlerine sınırlama getirmekte, kendilerinin dönüşümünde olduğu gibi, bir sistemden diğer bir sisteme transferinde, enerjinin kullanılabilir bölümündeki azalmayı ve nitelişleşmesinin boyutunu değerlendirme imkanı vermektedir (Can, 1999: 343). Bir madde ve enerji ne kadar düşük entropiye sahipse o denli yüksek işe dönüşme kabiliyetine sahip demektir. Bu bağlamda üretim sürecinde mümkün olan en düşük entropiye sahip madde ve enerjiler girdi olarak kullanılmakta ya da kullanılmak istenmektedir. Üretim süreci sonucu ise girdi olarak kullanılan madde ve enerji işe (çıktıya) dönüştükten sonra elde edilemeyen enerjiyi ya da kullanılması mümkün olmayan enerjiyi atık olarak doğaya bırakmaktadır.



gereği, zaman içinde entropisi artacak ve kıtlaşacaktır. Güneş enerjisi üzerinde insanlığın bir kontrolü olmadığı için ekonomik sistemin nihai sınırını doğal sermaye miktarı belirleyecektir (Georgescu-Roegen, 1995a: 178). Bu bakımdan nüfus artışı ve ekonomik büyümenin devam etmesi sonucu düşük entropiye sahip doğal sermaye giderek azalarak ekonomik kıtlığın temelini teşkil edecektir (Georgescu-Roegen, 1995b: 141).

Georgescu-Roegen'un görüşüne göre neoklasik iktisat termodinamik yasalarını dikkate almadığı için başarısızdır. Çünkü ekonomik süreçte düşük entropiye sahip madde ve enerji girdileri, mal ve hizmetler ile yüksek entropiye sahip atıklar ve değeri düşürülmüş maddeler olmak üzere iki tür çıktı ortaya çıkarmaktadırlar. Neoklasik iktisat ise sadece mal ve hizmetler ile ilgilenmekte, üretim ve tüketim süreçleri sonucu ortaya çıkan çevresel maliyetleri dikkate almamaktadır. Bu bakımdan ekonomik teorinin bu maliyetleri de içerecek şekilde yeniden tasarlanmasını gerekmektedir (Nadeau, 2011: 9).

Buna rağmen birçok ana akım iktisatçı için ekonomik büyüme birincil hedef olarak durmakta ve teknolojik gelişmelerin kıtlık sorununu çözeceği düşünülmektedirler. Bu iktisatçılara göre, piyasa mekanizması doğal sermayeye erişmede ortaya çıkabilecek herhangi bir problemi çözebilecektir. Piyasa mekanizmasının işlemediği durumlarda ise vergiler ve sübvansiyonlar yoluyla problemlerin üstesinden gelinebileceğine inanmaktadırlar. Ancak geçmiş dönemlerde yaşanan hızlı ekonomik büyümenin itici gücü olan doğal sermayenin aşırı bolluğu ile teknolojik gelişme olmuştur. Böyle bir teknolojik gelişmenin devamı için ise sınırları belirli olan çevrenin sağladığı düşük entropiye sahip doğal sermayeye gerek vardır. Doğal sermaye ise entropi yasası gereği giderek azalmaktadır. Bu bakımdan gelecekte ortaya çıkabilecek doğal sermaye kıtlığı teknolojik gelişmenin ve ekonomik büyümenin önündeki en önemli sınırlamalardan biri olacaktır (Georgescu-Roegen, 1995b: 142).

Yenilenebilir bir kaynak olmasından dolayı güneş enerjisinin düşük entropiye sahip enerji kıtlığına bir çözüm olarak düşünülmektedir. Ancak güneş enerjisinin kullanılması için de yine oldukça büyük miktarda maddeye ihtiyaç duyulacaktır. Bir diğer çözüm yolu ise nükleer enerji kullanımı olabilir; ancak bu tür bir girişimin önünde güvenlik problemlerinin olduğu bilinmektedir. Ayrıca bu tür girişimler yoğunlukla enerji krizlerine bir çözüm olarak görülmektedir. Bu bakımdan düşük entropiye sahip madde ve enerjinin

mutlak olarak azalmasının termodinamik yasaları gereği önüne geçilemeyecektir (Georgescu-Roegen, 1995b: 141). Sonuç itibariyle Georgescu-Roegen, neoklasik iktisat teorisinin piyasa mekanizmasının kapalı bir sistem olduğu, piyasası olmayan doğal sermayelerin piyasa mekanizmasının dışında bırakılması ve çevresel zararların dışsallıklar içerisinde işlenmesi ile büyümenin sınırları olmadığı varsayımlarına karşı çıkmaktadır (Nadeau, 2011: 9-10).

Georgescu-Roegen öğrencisi olan Herman Daly, düşük entropiye sahip doğal kaynakların verimliliğini hesaba katarak neoklasik iktisadı eleştirmiştir (Nadeu, 2011: 10). Bu bakımdan geleneksel iktisadi büyüme paradigmasına bir alternatif sunarak çevre konusunda neoklasik iktisatla yolunu ayırmıştır. Daly, doğal çevrenin kapasitesine bağlı olarak uygun bir ekonomik ölçeğin olmasını kabul ederek “*durağan durum*” ekonomisini savunmaktadır. Aslında *durağan durum* ekonomi modeli, Mill’in 1848’de ortaya attığı “*durgun durum*” düşüncesine benzemektedir. Ancak ondan farklı olarak Daly, kendisinden önce ortaya konulmuş olan ekolojik ve fiziki gerçeklikleri de modeline dahil etmiştir (Aslan, 2010: 40).

Daly, *durağan durum* ekonomisini *sabit nüfus ve sermaye stoku altında çıktının ekosistemin taşıma kapasitesi sınırları içinde düşük bir oranda sürdürülebildiği ekonomi olarak* tanımlamaktadır. Bunun anlamı ise, düşük oranlı doğum oranı ve sermaye yatırımlarının, düşük oranlı ölüm oranı ve sermayenin yıpranmasına eşit olmasıdır. Ayrıca düşük oranlı çıktı yüksek hayat standardını ve üretimin devamlılığını sağlayabilecektir (Daly, 2008: 3).

Ekonomi giderek daha fazla toprak ve fosil yakıt tükettiğinden, aynı zamanda da su ve kara hayvanlarının popülasyonuna zarar verdiğinden dolayı insan yaşamı için hayati öneme sahip bu tür doğal sermaye zarar görecektir (Barker, 2013: 4). Nitekim Daly (1992: 188), ekonomik büyümenin eninde sonunda ekolojik sorunlarla karşı karşıya kalacağını söylemektedir. Artan sera etkisi ve küresel ısınma, ozon tabakasının delinmesi ile asit yağmurları gibi sıralanabilecek birçok küresel ölçekli çevresel sorunlar ekonomi ölçeğinin doğanın taşıma kapasitesinin ötesine hareket ettiğinin kanıtı olarak gösterilebilir. Daha genel bir ifadeyle ekonomik büyüme, toprak ve su kaynaklarını içeren hayati ekosistem hizmetlerinde geri dönülemez zararlara neden olabilecektir. Bu noktadan sonra fiyat

mekanizması bu hizmetleri sağlama işlevini artık yerine getiremeyebilecektir. Bu bağlamda ekonomik ölçek fiyatlar tarafından değil, fakat ekolojik limitler tarafından belirlenecektir

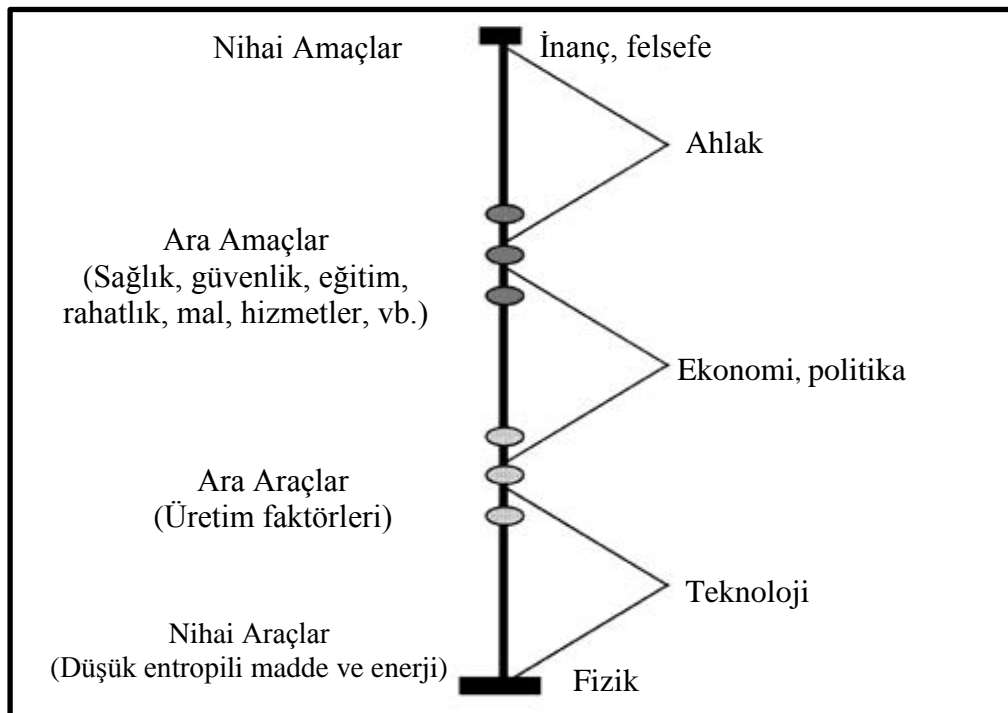
Ekonomi, sınırlı bir ekosistemin alt sistemi olduğundan ekonomik büyüme ekosistemin sınırlarına yaklaştıkça, büyüme ile birlikte fiziki sermayede artış olmasına rağmen, ondan daha hayati olan doğal sermayede kıtlık baş gösterecektir. Böyle bir büyüme ise insanları zenginleştirmeyecek, aksine fakirleştirerek ekonomik olmayan büyüme neden olacaktır (Daly, 2005: 100). Sayısal olarak genişleyen ekonomik sistem çevresel ve sosyal maliyetleri ekonomik büyümenin faydalarının üzerine çıkarabilecektir. Bu durum ise özellikle yüksek tüketim seviyesine sahip olan ülke vatandaşlarını zenginleştirmek yerine giderek fakirleştirecektir. Azalan marjinal fayda kanunu ve artan sosyal maliyetler göz önüne alındığında bu beklenmeyen bir durum değildir (Daly, 2008: 2)

Bir kere ekonominin optimal ölçeğinin üzerine çıkıldığında kısa dönemde büyüme anlamsız olurken, uzun dönemde büyüme trendini sürdürmek imkansız olacaktır. Yaşanması olası böyle bir duruma rağmen bu tür gelişmeden fayda sağlayan insanlar oldukça ve büyümenin maliyetleri milli gelir hesaplarına dahil edilmedikçe ekonomik olmayan büyümeyi fark etmek ve ondan kaçınmak çok kolay olmayacaktır (Daly, 2005: 101).

Daly'e göre büyümeyi sabit bir GSYİH içinde tanımlama çalışmaları sorunlu bir yaklaşımdır. Çünkü ekonominin niteliksel ve niceliksel büyümesi birbirine geçmiştir. Durağan durum ekonomisinde büyüme bazı noktalarda durmaktadır. Ancak bu ekonomin niteliksel olarak büyümesine engel değildir. Beşeri sermayede, kaynak ve gelir dağılımında ve teknolojiye görülecek iyileşmelerle birlikte ekonomik gelişmenin önünde herhangi bir sınır olmayacaktır. Böylece ekonomik süreçte kullanılan kaynakların miktarı artırılmadan GSYİH'yi arttırmak mümkün olabilecektir (Daly, 2005: 102-103). Bu bağlamda durağan durum ekonomisi niteliksel gelişmeye izin veren ancak sayısal büyümeye izin vermeyen bir sistem olarak düşünülebilir (Daly, 2008: 1).

Daly, Neoklasik büyüme eleştirirken ve ekolojik büyüme vurgularken Şekil 12'den yararlanmıştır. Şekilde ekonominin ulaşmak istediği amaçlar ve araçlar ile bunlara ilişkin çalışma alanları sıralanmıştır. Şeklin sağ tarafında disiplinler sol tarafında ise araçların ve amaçların pozisyonları; şeklin en üst kısmında nihai amaçlar, en alt kısmında ise nihai araçlar yer almaktadır. Ulaşılmak istenen nihai amaçların altında hiyerarşik olarak sıralanması beklenen ara amaçlar yer almaktadır. Ara amaçlar nihai araçlara ulaşmada kullanılmaktadır. Genel olarak iktisadi mal ve hizmetler ara amaçları oluşturmaktadır. Ara araçlar ise üretim faktörleridir. Üretim faktörlerinin nihai sağlayıcısı ise, düşük entropiye sahip madde ve enerji çerçevesinde doğadır. Nihai hedefleri tanımlamak kolay olmamakla beraber ilahi ve felsefi meseleler kapsamında ahlak başlığı altında toplanabilir. Ancak, nihai hedef günümüzde ekonomik büyüme olarak görülmektedir. Ekonomik büyüme putlaştırılmakta ve insanlar ona yönlendirilmektedirler. Fakat bir şeye inanmanın sınırı olmadığından bunu toplum içinde formüle etmek kolay değildir (Daly ve Farley, 2011: 49).

**Şekil 12: Daly'in Amaçlar ve Araçlar Yelpazesi**



**Kaynak:** Daly, 1991a: 19

Geleneksel iktisadın çalışma alanı, kıt kaynakların rekabetçi ara amaçların üretimi aşamasında dağılımını gerçekleştirerek, bu amaçların maksimizasyonunu sağlamaktır. Bunu yaparken de nihai araç ve amaçları ihmal etmektedirler. Dikkatlerini bütünüyle ara araçlar olan üretim faktörlerinin dağıtımına ve ara amaçlar olan iktisadi mal ve hizmetlere vermişlerdir (Daly, 1991a: 18). Fiyatlar ve nispi değerler, arz ve talep tarafından belirlenmektedir. Ancak arzın arka planında nihai araçların olduğu unutulmamalıdır. Bunun yanı sıra talep ise nispi faydadan bağımsız olarak nihai amaç algısında, iyi ve kötü düşünce temeline dayanan ahlaki seçimi yansıtmalıdır. Neoklasik iktisatçılar değeri bireysel zevk ve tercihlere indirgemiş ve ahlaki boyutunu tartışma dışı bırakmışlardır (Daly ve Farley, 2011: 43–48).

Daly (1991a: 20), modern iktisatçıları toplam nihai araçların ya da bunların kullanım oranının bir sınırı olduğu hususunda bir çaba göstermedikleri için eleştirmektedir. Teknoloji sayesinde sınırlama olmaksızın nihai araçların ara araçlara dönüştürülebileceğini düşünülmekte ve nihai araçların mutlak kıtlığını önemsememektedirler. Bu tarz iktisatçılara göre şekilde nihai ve ara amaçların limitsiz düşünülmesi ile ekonomik büyüme durmaksızın devam edebilecektir.

Ancak bütün teknolojik dönüşümler öncesinde ve sonrasında kaynakların yoğun ve yüksek enerjili formundan dağınık ve düşük enerjili atıklara doğru bir akım mevcuttur. Bu bakımdan teknolojik dönüşüm sınırlı kaynakları azaltmakta ve dünyanın atıkları depolama kapasitesini sınırına yaklaştırmaktadır. Elbette ki atık maddeler tekrar dönüştürülerek kullanılmaktadır. Dönüşüm işlemi içinde daha fazla enerjinin kullanılması gerekecek ve bu nedenle ekonomik olmayabilecektir. Ayrıca teknolojik gelişme düşük entropiye sahip kaynakların daha etkin kullanılması olanağını sağlarken, düşük entropiden yüksek entropiye doğru olan akışı tersine çevirememektedir (Daly ve Farley, 2011: 38–39).

### **3.2. İklim Değişikliği Etkilerinin Makroekonomik Model Yardımıyla Analizi: Çevreye Uyarlanmış IS-LM Modeli (IS-LM-EE)**

Çevrenin artık kıt ve ekonomik bir mal olduğu görüşünün giderek hakim olmaya başladığı günümüzde, günden güne artan çevre sorunları, özellikle küresel ısınma olgusu ve beraberinde getirdiği iklim değişikliği problemi, çevreyi son 50 yıldır önemli politika

meselesi haline getirmiştir. Disiplinler arası bir konu olması nedeni ile de iklim değişikliği birçok bilim dalının çalışma alanını oluşturmaktadır.

İktisat bilimi mikro ve makro iktisat disiplinleri şeklinde kategorize edildiğinde, geleneksel iktisat öğretiminde çevre sorunları ile ilgili konular yaygın olarak mikro iktisat disiplini ve uygulamaları içinde incelenmektedir. Çevre sorunlarının analizi yapılırken özellikle dışsallıklar<sup>33</sup> ve dışsallıklar nedeniyle ekonomik etkinliğin<sup>34</sup> sağlanamaması mikro iktisat disiplini içinde ele alınan çevre kaynaklı konulardır. Piyasa başarısızlığı<sup>35</sup> da denilen, kaynak dağılımında optimaliteden uzaklaşılması sebebiyle ekonomik etkinliğin sağlanamadığı durumlarda, bu sorunu gidermeye yönelik politikalar<sup>36</sup> yine benzer şekilde mikro iktisadi uygulamaların içinde incelenmektedir. Daha çok bireysel anlam ifade eden dışsallıklara nazaran günümüz çevre sorunları; politika yapımcılarını, siyasetçileri ve bilim dünyasını gerek bireysel gerekse de bölgesel ve küresel ölçekte bir problem ile karşı karşıya getirmektedir.

Bunun yanında iklim değişikliğinin artan ekonomik etkileri, sürdürülebilir büyüme, büyük ölçekli doğal felaketler ve bu felaketlerin neden olduğu maliyetler, ulusal enerji ve su politikaları gibi konular bugün bilim insanlarını ve politika yapımcılarını ilgilendiren makroekonomik konuları teşkil etmektedir. Bununla birlikte geleneksel iktisat yazınının makro iktisat disiplini içinde bu gibi çevre konularına yeterince önem vermediği söylenebilir. Bu sebeple son yıllarda bazı iktisatçıları çevre ekonomisi ile makro iktisadı entegre edecek çalışmalar içinde bulunmaya itmiştir.

Şüphesiz çevre ile makro iktisat arasında ilişki kuran çalışmaların hiç olmadığı da öne sürülemez. Nitekim Perman ve diğerleri (2003) ve Tietenberg (2003) gibi iktisatçılar

---

<sup>33</sup> Dışsallıklar, fiyatlandırma olmaksızın, bir ekonomik karar biriminin başka bir karar birimine sağladığı yarar veya verdiği zararı ifade etmektedir. Üretim ve tüketim sürecinde pozitif ve negatif dışsallıklar söz konusudur. Çalışmada, üretim ve tüketim sonucu çevreye verilen zarar anlamında negatif dışsallıklar dikkate alınmıştır. Detaylı Bilgi için bakınız; Varian, 2005: 627-648, Dinler, 2013: 596.

<sup>34</sup> Ekonomik etkinlik, ekonomideki kıt kaynakların ve üretilen malların yeniden dağılımı sağlandığında, toplum refahını daha iyi konuma getirme imkanının olmadığı durum olarak tanımlanabilir. Böyle bir amacın gerçekleşmesi için ülkedeki kaynakların tamamının toplum refahını en üst düzeye çıkaracak şekilde üretime koşularak üretimde etkinliğin sağlanması ve üretilen malların bireyler arasında adaletli dağıtımı yapılarak bölüşümde etkinliğin sağlanması gerekmektedir.

<sup>35</sup> Piyasa başarısızlığı, piyasa mekanizmasının ekonomik etkinliği sağlayamaması durumudur. Piyasa başarısızlığının en önemli nedenlerinden biri dışsallıklardır.

<sup>36</sup> Bu politikalar arasında, Coase Teoremi, doğrudan kontrol ve Pigou'cu Vergilendirme sayılabilir.

yenilenebilir ve tükenebilir kaynaklar yoluyla çevre ekonomisi ve doğal kaynaklar ekonomisi disiplinleri içinde ekonomik ilişkilere atıf yapmışlardır (Decker ve Wohar, 2012: 3). Benzer şekilde John Hartwick ve diğer akademisyenlerin yeşil muhasebe ya da çevre muhasebesi teknikleri üzerine çalışmaları da çevre ile makro değişkenler arasında ilişkileri açıklamaya yönelik çabalardandır. Bununla birlikte, 1990'lı yıllara kadar iktisat yazımında yer alan ve politika analizlerinde kullanılan temel makro modeller, çevresel amaçlara veya çevresel kısıtlara henüz adapte edilmemişlerdir (Heyes, 2000: 2). Yine ekolojik vergi reformu konusunda genişleyen literatür ve Çevresel Kuznets Eğrisinin (ÇKE)<sup>37</sup> varlığına ilişkin tartışmalar yanında optimal büyüme yolunun analizine yönelik bazı ekolojik süreçleri detaylandıran basit veya karmaşık modeller, çevresel düzenlemelerin makro ekonomik etkileri ve makro ekonomik düzeyde teknolojinin çevresel etkilerini inceleyen çalışmalar da mevcuttur (Lawn, 2003: 31). Ancak, ekonomi ile çevre arasında tek veya çift yönlü ilişkileri araştıran çalışmaların varlığına rağmen ekolojik meseleler her zaman makro ekonomi yazımında ikinci plana itilmiştir (Seely, 2008: 2).

Çevrenin makro iktisat öğretiminde ikincil konumda görülmesi, ekolojik iktisatçıları çevrenin özellikle makro ekonomik modellere ve politikalara dahil edilmesi çabalarına yöneltmiştir. Bu görüşün dayanak noktasını ise ekonominin, yerkürenin açık bir alt sistemi olduğu düşüncesi oluşturmaktadır.

Nasıl ki ekonomideki firma ve hane halkı gibi mikro birimler büyük bir sistem olan makro ekonominin, bir parçası olarak bir takım kararlar alıp uyguluyorlarsa, makro ekonomi de büyük bir sistemin, doğal ekosistemin bir parçası olarak çalışmaktadır. Bu bağlamda makro ekonomi yerkürenin açık bir alt sistemidir ve bütünüyle de yerküreye bağlıdır. Ekonomi ile yerkürenin bu ilişkisi ekonominin düşük entropiye sahip maddeyi ve enerjiyi üretim sürecinde girdi olarak doğadan alması, üretim sonucu ise yüksek entropiye sahip madde ve enerjiyi çıktı olarak doğaya bırakması şeklindedir (Daly, 1991b: 256).

---

<sup>37</sup> Kuznets (1955), gelir seviyesi ile gelir eşitsizliği arasındaki ilişkiyi ters U ilişkisi olarak tanımlamıştır. Buna göre ekonomiler geliştikçe iken gelir dağılımı eşitsizliği artar; ama belirli bir gelir seviyesine ulaşıldıktan sonra gelir dağılımındaki eşitsizlik azalır. Grosman ve Krueger (1991) benzer bir ilişkiyi gelir seviyesi ve çevre kirliliği arasında tespit etmiştir. Daha sonra Panayotou (1993) gelir seviyesi ile çevre kirliliği arasındaki ters U ilişkisini Simon Kuznets'e atfen Çevresel Kuznet Eğrisi olarak adlandırmıştır. Buna göre, ekonomik gelişiminin ilk aşamalarında olan bir ekonomide kişi başı gelir arttıkça kişi başına düşen çevre kirliliği artar; ancak belli bir gelir seviyesine ulaşıldıktan sonra insanların temiz hava ve temiz su gibi taleplerinden dolayı yürütülen politikalar sonucunda, kişi başına çevre kirliliği gelir arttıkça düşmeye başlar.

Ekolojik iktisatçılar geleneksel iktisatçılar ile bazı konularda hemfikir olsalar da, başka konularda görüş ayrılıkları taşımaktadırlar. Bu görüş ayrılıklarının çekirdeğini ise yerküre oluşturmaktadır. Geleneksel iktisatçılar makro ekonomiyi, doğayı da içine alan bütün bir sistem olarak kabul etmektedirler. Bu grup iktisatçılara göre doğa ya da yerküre makro ekonomik sistemin bir parçasıdır. Ormanları, denizleri, meraları, madenleri makro ekonominin bir sektörü olarak görmektedirler. Buna karşın ekolojik iktisatçılar makro ekonomiyi, onu çevreleyen ve besleyen büyük bir sistemin parçası olarak düşünmektedirler. Bu büyük sistem, yerküreden, onun atmosferinden ve ekosisteminden oluşmaktadır. Makro ekonomiyi çevreleyen yerküre; sonlu, büyümeyen, güneş enerjisi dışında madde alış verişi olmayan kapalı bir sistemdir (Daly ve Farley, 2011: 15).

Yukarıdaki açıklamalar ışığında takip eden başlıklarda standart IS-LM modeline çevrenin bir kısıt olarak dahil edilme çabaları ve çabalar sonucu geliştirilen IS-LM-EE modeli analiz edilecektir.

### 3.2.1. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Çevresel Denge Eğrisi

Makro ekonominin, kapalı bir sistem olan çevrenin açık bir alt sistemi olduğu görüşü ve çevrenin sonlu olması, büyüyememesi ve sistem dışından madde alışverişi yapamaması gerçeği, çevrenin makro modellere dahil edilmesi ihtiyacını ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda, *ilk olarak* Heyes (2000), standart IS-LM<sup>38</sup> modelini “*Çevresel Denge Eğrisi*” (EE) ile genişleterek, para ve maliye politikalarının çevresel kısıt altında etkilerini analiz etmeye çalışmıştır. Heyes (2000) çalışmasında, Mundell-Flemming<sup>39</sup> modelindeki ödemeler bilançosu eğrisine benzer üçüncü bir eğri olan EE eğrisini kısıt olarak standart IS-LM modeline dahil etmiştir.

---

<sup>38</sup> IS-LM modeli mal ve para piyasalarındaki faiz oranı ile reel çıktı arasındaki ilişkiyi göstermeye yarayan makroekonomik bir araçtır. IS ve LM eğrilerinin kesişme noktası Genel Denge olarak adlandırılır. IS eğrisi mal piyasasını, LM eğrisi ise para piyasasını temsil etmektedir. Gelir-Harcama Modeli olarak da adlandırılan IS-LM modeli ilk olarak Hicks (1937) tarafından geliştirilmiş, Hansen (1949, 1953) tarafından genişletilmiştir.

<sup>39</sup> IS-LM modelinin dışı açık küçük ekonomiler için geliştirilmiş olanı Mundell-Fleming Modeli olarak adlandırılır. Model, 1960 yılında Robert Mundell and Marcus Fleming tarafından geliştirilmiştir. Model, döviz kuru sistemine; sermaye mobilitesinin eksik veya tam oluşuna göre ayrı ayrı ve ek bir ayırım yapılmadan Dış Açık IS-LM Modelleri kapsamında incelenebilmektedir. Detaylı bilgi için bakınız; Bocutoğlu, 2012.



Heyes (2000: 5)'i takiben Munasinghe (2004: 14) ve (Sim, 2006: 402), ekonomik aktivitenin çevre yoğunluğunu “E” olarak tanımlamaktadırlar. Lawn (2003: 33-35) ise, E’yi üretimde doğal sermaye kullanımının teknik etkinliği olarak tanımlamaktadır. Decker ve Wohar (2012: 4)’e göre ise “E”, enerjiye dönüşmüş doğal sermayedir. Çıktının birim değerini üretmek için kullanılır.

Heyes (2000: 5) çevre yoğunluğunu R ve  $\Lambda$  değişkenlerinin bir fonksiyonu olarak ifade etmektedir:

$$E = E(R, \Lambda) \quad (1)$$

Burada; E, ekonomik aktivitenin çevre yoğunluğunu; R, uzun dönem faiz oranını;  $\Lambda$  parametresi ise, çevresel düzenlemeleri temsil eden kurumsal bir parametreyi temsil etmektedir.  $\Lambda$  parametresi, kirliliğin oluşturduğu maliyetin ne ölçüde kirleten ya da kaynak kullanan tarafından ödendiğini veya ödenmesi gerektiğini göstermektedir. Bir çeşit çevre veya kirlenme vergisi olarak da düşünülebilen bu parametre  $0 \leq \Lambda \leq 1$  değerlerini almaktadır (Heyes, 2000: 5 ve Lawn, 2003: 33). Buna göre,  $\Lambda=0$  olması herhangi bir çevresel düzenlemenin olmadığını,  $\Lambda=1$  olması ise çevre kirliliğinin tamamının doğal sermayeyi kullanan ya da kirleten tarafından yüklenildiğini göstermektedir.

Öte yandan 1 nolu denklemde  $E_R > 0$ ,  $E_\Lambda < 0$  ve  $E_{R\Lambda} < 0$  olduğu kabul edilmektedir. E, R ile doğru;  $\Lambda$  ile ters orantılı ilişkiye sahiptir.  $E_R > 0$  ilişkisinin altında yatan temel neden ise Heyes (2000)’in doğal sermaye ile fiziki sermayenin birbirinin ikamesi olduğu varsayımıdır. Yani, faiz oranında meydana gelen bir artış, sermaye kullanımını pahalı hale getireceğinden üretim sürecinde daha az fiziki sermaye ve daha fazla doğal sermaye kullanımı tercih edilebilecektir. Bu ise, çevrenin daha fazla tahrip edilmesine neden olacaktır. Öte yandan,  $\Lambda$  parametresinde meydana gelecek bir artış, daha doğru bir ifade ile çevresel düzenlemelerde yaşanacak iyileşmeler, üretim sürecinde çevresel zararları azaltıcı yönde etkili olacaktır. Ancak bu düzenlemeler maliyetlerin artmasına ve karlılığın azalmasına sebep olacaktır. Şüphesiz bu durumların tersi de geçerlidir.

Heyes (2000)'in doğal sermaye ve fiziki sermaye arasındaki ikame ilişkisinin var olduğu varsayımına karşın, Lawn (2003: 35) üç sebeple ilişkinin ikame değil, tamamlayıcılık biçiminde olduğunu varsaymaktadır:

- Gerçek bir ikame ilişkisi fiziki sermayenin, doğal sermaye olmaksızın kendini yeniden üretmesini gerektirir. Halbuki doğal sermaye üretim için gerekli düşük entropiye sahip madde ve enerji sağlayan yegane kaynaktır. Bu nedenle, doğal sermayenin olmadığı bir durum, herhangi bir miktar çıktının üretilmesini imkansız kılmaktadır.
- İnsan yapımı sermayede kendini gösteren teknolojik süreç, üretim sonucu ortaya çıkan yüksek entropiye sahip atıkları azaltmaktadır. Termodinamiğin birinci ve ikinci yasaları gereği, bu azaltımın bir sınırı vardır. %100 üretim etkinliği olmayabilir. Maddenin ve enerjinin %100 dönüşümü de asla söz konusu değildir. Bunun anlamı ise, belirli bir üretim miktarı için muhakkak en düşük düzeyde doğal sermayeye ihtiyaç olacaktır.
- Kritik yaşamsal hizmetleri sürdürmek için gerekli olan doğal sermaye miktarı, tek başına ekonomik süreci devam ettirmek için ihtiyaç duyulan miktardan fazladır.

Üretimde çevre yoğunluğu  $E$ , Lawn (2003: 35)'in modelinde üretimde doğal sermaye kullanımının teknik etkinliği olarak tanımlanmaktadır:

$$E = \frac{\text{Çıktı içindeki mevcut enerji}(Y)}{\text{Üretim sürecinde kullanılan kaynak içindeki mevcut enerji}(T)} \quad (2)$$

$Y$ , GSYİH temsil etmektedir.  $E$ 'nin değeri  $0 < E < 1$  ilişkisi ile ifade edilmektedir. Doğal sermaye ve fiziki sermaye arasındaki tamamlayıcılık ilişkisinden dolayı  $E$ , her zaman birden küçük değerler almaktadır.  $E$ , üretim tekniği tercihinin toplamı tarafından belirlenmektedir. Daha fazla doğal sermaye ve/veya üreticiler tarafından kullanılan daha kirletici teknikler, daha düşük  $E$  değerine neden olabilecektir. Modelde  $E$ 'nin  $R$ ,  $\Lambda$ ,  $\gamma$ 'nin fonksiyonu olduğu varsayılmaktadır (Lawn, 2003: 35).

$$E = E(R, \Lambda, \gamma) \quad (3)$$

Eşitlikte  $\gamma$  parametresi, teknolojik gelişmeyi<sup>40</sup> temsil etmektedir ve  $0 \leq \gamma \leq 1$  'dir.

Düşük oranlı R ve yüksek değerli  $\Lambda$ , üreticilerin birçok üretim tekniğinden daha az kirletici üretim tekniğine adapte olmasına neden olabilecektir. Benzer şekilde,  $\gamma$  parametresinin değerinin artması da üreticilere daha ileri derecede çevreci üretim tekniklerinden istifade etme olanağını sunabilecektir. Böylelikle bahsedilen olanaklar veri teknik etkinlik seviyesinde üretimin daha az maliyetle yapılmasına olanak sağlayabilecektir. Sıralanan ilişkilerden dolayı  $E_R < 0$ ,  $E_\Lambda > 0$  ve  $E_\gamma > 0$  olduğu kabul edilmektedir (Lawn, 2003: 35). Doğal sermaye ile fiziki sermayenin ikame edilebilirliği varsayımı altında ekonomik aktivitenin çevre yoğunluğu ile faiz oranı arasında doğru orantılı bir ilişki mevcut iken, tamamlayıcı olduğu varsayımı altında ters orantılı bir ilişki mevcuttur.

Lawn (2003), Heyes (2000)'in klasik modeline  $\gamma$  teknoloji parametresini dahil ederek teknolojinin önemini vurgulamıştır. Heyes (2000), teknolojiyi modeline dahil etmemesine rağmen, E'nin üretim teknolojisinin seçiminde belirleyici olacağını söylemektedir. Heyes (2000: 6)'e göre, ekonomik gelişme hem ulaşılmış çıktı seviyesine hem de üretim teknolojisinin seçimine bağlı olacaktır. Heyes'in temel varsayımı, doğal sermaye ile fiziki sermayenin ikame edilebilir olduğu şeklindedir. Üreticiler, temiz fakat sermaye yoğun ve kirli ama daha az sermaye yoğun üretim teknikleri arasında seçim yapabilecektir. Yüksek R ve/veya düşük  $\Lambda$  değeri, ceteris paribus<sup>41</sup>, ikinci üretim tekniği yönünde bir baskı oluşturacaktır.

Ekonomik süreçte kullanılan doğal sermayenin toplamı "T", (2) nolu eşitlik yeniden düzenlenerek,

$$T = \frac{Y}{E(R, \Lambda, \gamma)} \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (4)$$

<sup>40</sup> Aksi belirtilmedikçe teknolojik gelişmeden kasıt, belli bir üretim miktarının daha az doğal sermaye ile üretilmesini sağlayacak ve bu üretim sürecinin çevreye olan zararlarını en aza indirecek gelişmelerdir. Bu bağlamda, teknolojik gelişme, kaynak tasarruf edici ve kirlilik azaltıcı temiz, çevreci ve yeşil teknoloji kullanımını ifade etmektedir.

<sup>41</sup> Ceteris paribus, Latince bir kelime olup diğer tüm durumlar ya da diğer tüm değişkenler sabitken anlamına gelmektedir. Bir bağımsız değişkenin bir bağımlı değişken üzerindeki etkilerini analiz etmek için diğer bağımsız değişkenlerin sabit kabul edildiğini belirtmek için kullanılır.

Öte yandan, belli bir anda doğal sermayenin fiziksel stoku  $N$  notasyonu ile ifade edilmektedir.  $N_t$ ,  $t$  anındaki doğal sermayenin fiziksel stokudur.

Doğal sermaye stokunun asgari düzeyde yenilenebilir olduğu düşünüldüğünde, doğanın kendini yenileme oranı tabii olarak söz konusu olmaktadır. Doğal sermayenin belli bir  $t$  anında yenilenen kısmı,  $sN_t$  olarak ifade edilmektedir.  $s$ , doğanın kendini yenileme oranını göstermektedir. Fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan çevresel maliyet, doğal sermayenin kalitesini azaltabilecektir. Bu yönü ile doğanın kendini yenileme oranı  $s$ , doğanın çevre kirliliğini absorbe veya yok etme kabiliyeti olarak da düşünülebilir (Heyes, 2000: 7). Doğal sermaye stokunun net büyüme oranı, doğal sermayenin yenilenen kısmı ve üretim sürecinde kullanılan doğal sermaye tarafından belirlenir (Decker ve Wohar, 2012: 4, Heyes, 2000: 6, Lawn, 2003: 36). Formülle ifade edilirse;

$$-\left(\frac{dN}{dt}\right) = T - sN \quad (5)$$

$$-\left(\frac{dN}{dt}\right) = \left[ \frac{Y}{E(R, \Lambda, \gamma)} \right] - sN \text{ eşitliğine ulaşılır.} \quad (6)$$

Çevresel denge EE, “doğal sermaye kullanımı ile doğal sermayenin yenilenmesi eşit olduğunda” sağlanmaktadır. Bu ise,  $\frac{dN}{dt} = 0$  “kararlı denge” koşulunu gerektirmektedir. 6 nolu ifade  $R$  ve  $Y$  alanında  $\frac{dN}{dt} = 0$  koşulu altında EE eğrisini tanımlamaktadır. Bu durumda;

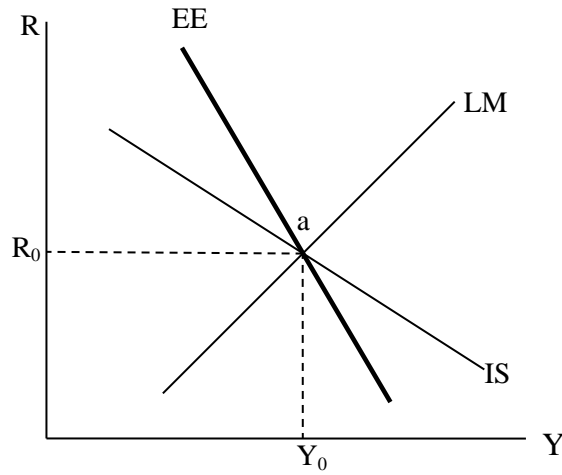
$$0 = \frac{Y}{E(R, \Lambda, \gamma)} - sN \quad (7)$$

olur ve bu eşitlik aynı zamanda EE eğrisinin denklemdir. 6 nolu denklemin türevi alındığında,

$$\frac{dR}{dY} \Big|_{\left(\frac{dN}{dt}=0\right)} = \frac{E}{Y \cdot E_R} \quad (8)$$

8 nolu eşitliğe ulaşılır ve bu ifade EE doğrusunun eğimini vermektedir.  $E_R < 0$  varsayıldığından dolayı EE doğrusu negatif eğime sahiptir (Şekil 13).

**Şekil 13: Çevresel IS-LM Modeli Heyes Yorumu (IS-LM-EE)**

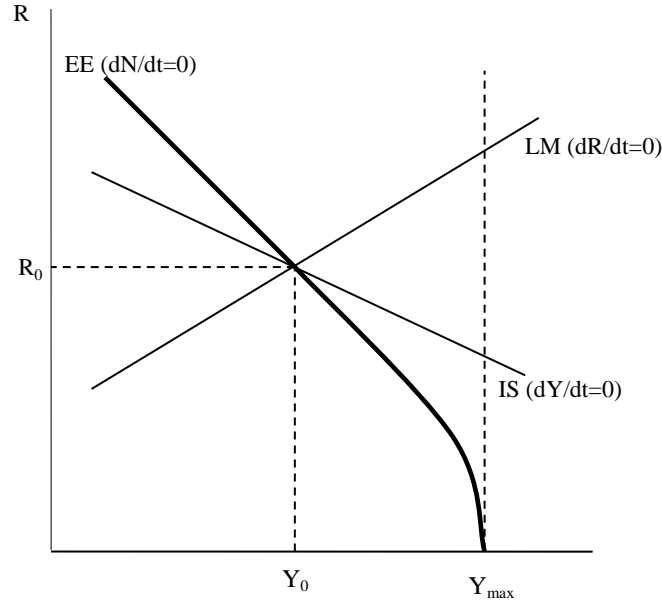


**Kaynak:** Heyes, 2000: 4

Şekil 13’den de görüleceği üzere; mal piyasasını temsil eden IS, para piyasasını temsil eden LM ve çevresel dengeyi temsil eden EE doğrularının kesiştiği a noktasında “çevresel makroekonomik denge” sağlanmaktadır. Dikkat edileceği üzere EE doğrusu, IS doğrusuna nazaran daha dik çizilmiştir. Bunun nedeni, üretimin çevre yoğunluğunun veya üretimin teknik etkinliğinin faize duyarlılığının yatırımların faize duyarlılığından nispeten daha az olmasıdır (Heyes, 2000: 7).

Bununla birlikte, Şekil 14’den de görüleceği üzere eğim ve esneklik eğri boyunca değişebilecektir. Üretimin teknik etkinliğinin faiz oranındaki değişime tepkisinin yani esnekliğinin azalması doğruyu giderek dikleştirecektir. Üretimin teknik etkinliğinin faiz değişimlerine duyarsız hale gelmesi ile EE doğrusu dik bir konuma gelecektir. Bu durum ise, üretim seviyesinin giderek en yüksek çıktı seviyesini gösteren  $Y_{max}$ ’a yaklaşması durumunda olabilecektir (Şekil 14).

Şekil 14: Çevresel IS-LM Modeli Lawn Yorumu (IS-LM-EE)



**Kaynak:** Lawn, 2003: 37

Çıktı seviyesi  $Y_{max}$ 'a yaklaştıkça, kirlilik azaltımının marjinal maliyeti giderek yükselecektir. Bu yüzden temiz üretim teknikleri kullanmanın marjinal maliyeti, üretimin çevre yoğunluğunu ya da üretimin teknik etkinliğini arttıracaktır. Sonuç olarak temiz üretim tekniklerine geçişi sağlamak için reel faiz oranında giderek artan bir azalma gerekecektir. Bir kere  $Y_{max}$ 'a ulaşıldığında ve daha temiz kullanılabilir teknikler istihdam edildiğinde, daha fazla kaynak tasarruf etmek ve kirliliği azaltmak tek başına üretim tekniğindeki değişim vasıtasıyla artık mümkün olmayacaktır. EE doğrusu üzerinde bu nokta, doğrunun eğiminin sonsuz olduğu, yani EE doğrusunun faiz eksenine paralel olduğu noktaya denk gelmektedir (Lawn, 2003: 36-37).

Lawn, Heyes'in aksine doğal sermaye ile fiziki sermaye arasında ikame değil tamamlayıcılık ilişkisinin olduğunu kabul etmesine rağmen, politika uygulamalarında EE eğrisinin aynı Heyes'in modelinde olduğu gibi negatif eğimli olduğunu varsaymaktadır. Bununla birlikte politika uygulamalarındaki fark, çevresel makroekonomik dengeyi sağlamada Heyes'in standart para ve maliye politikalarını<sup>42</sup> tercih etmesidir. Halbuki

<sup>42</sup> Para politikası, belirli amaçlara ulaşmak için Merkez Bankası tarafından piyasadaki para miktarının (para arzı) değiştirilmesi suretiyle uygulanır. Bu bağlamda; para arzının artırılması genişletici, para arzının azaltılması daraltıcı para politikası uygulamasıdır. Benzer şekilde maliye politikası ise, hükümetin belirli

Lawn, “Devredilebilir Kirletici Permileri” sisteminin (kirletme permileri, kirletme izin kuponları)<sup>43</sup>, para ve maliye politikası uygulamalarından daha uygun araçlar oldukları iddiasındadır. Bu sebeple Lawn, “Heyes Durumu (Heyes Position)” ve “Lawn Durumu (Lawn Position)” ayrımına gitmektedir (Lawn, 2003: 40–41).

### 3.2.2. Tamamlayıcılık İlişkisi Varsayımı Altında Çevresel Denge Eğrisi

IS-LM-EE modeline doğal ve fiziki sermayeler arasında tamamlayıcılık ilişkisini vurgulayarak katkıda bulunan Decker ve Wohar (2012), EE eğrisinin negatif eğime değil aksine pozitif bir eğime sahip olduğunu ileri sürmektedir.

Decker ve Wohar (2012: 4), Heyes (2000)’in modelinde kullandığı çevre yoğunlu  $E$ ’yi, faiz oranının basit bir fonksiyonu şeklinde tanımlamaktadır.

$$E(R) = E_0 + \delta R \quad (9)$$

$E_0$ ; üretim için gerekli olan en düşük miktarı,  $\delta$ ;  $E$ ’nin faize duyarlılığını göstermektedir. Üretimde kullanılan toplam çevresel girdi ise  $E(R)Y$  şeklinde yazılabilir.

Çevresel sermaye stokunun net büyüme oranı  $\frac{dN}{dt}$  doğal kaynakların yenilenme oranı ( $sN$ ) ile üretimde kullanılma oranı tarafından belirlenir. Böylece çevresel denge  $\frac{dN}{dt} = 0$  koşulunda aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$\frac{dN}{dt} = sN - (E_0 + \delta R)Y \quad (10)$$

---

ekonomik amaçlara ulaşmak için kamu harcamaları, transfer ödemeleri ve vergi oranlarını değiştirmesidir. Kamu harcamalarının ve transfer ödemelerinin artırılıp vergi oranlarının düşürülmesi genişletici maliye politikası uygulaması iken, kamu harcamalarının ve transfer ödemelerinin azaltılıp vergi oranlarının yükseltilmesi daraltıcı maliye politikası uygulamalarıdır.

<sup>43</sup> Kirletme permileri, kamu otoritelerince belirlenen kirletmemiktarının üreticilere belirli süreler için verilen atmosferi kirletme izinleridir. Kirlilik miktarı yine kamu otoritelerince belirlenmektedir. Ücretsiz veya açık artırma yoluyla ücret karşılığı verilmektedir. Sınırlı sayıda çıkarılan kirlilik permileri sisteminden amaç üreticilere ek bir maliyet getirerek çevreyi daha az kirleten üretim tekniklerine yönelmelerini sağlamaktır. Alınır-satılır kaynak kullanım izinleri, ticareti yapılabilir kirlilik permileri olarak da adlandırılmaktadır.

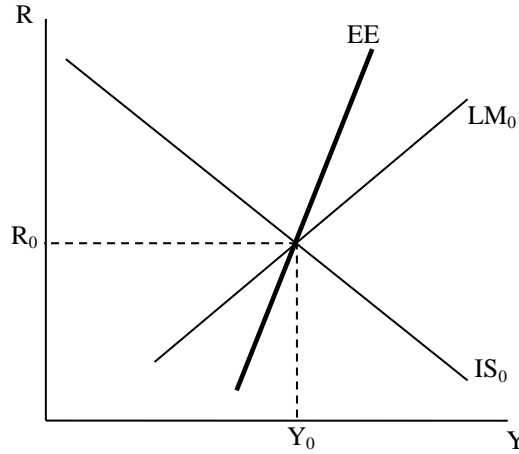
Burada ulaşılan 10 no'lu eşitlik ikame ilişkisi altında çevresel denge eğrisini gösteren 7 nol'lu eşitlikle özdeştir. Heyes (2000)'in standart modelinde E'nin faize duyarlılığını gösteren  $\delta$  parametresinin pozitif olduğu varsayılmıştı. Bu ise doğal sermaye ile fiziki sermaye arasında ikame ilişkisi olduğunu göstermektedir. Ancak, Arnberg ve Bjoner (2007) gibi bazı araştırmacılar yaptıkları ekonometrik analizlerde, girdilerinin üretim fonksiyonunda tamamlayıcı olduğunu göstermişlerdir. Buna göre, fiziksel sermayenin maliyeti olan faiz oranının artması, hem daha az fiziksel sermaye hem de tamamlayıcılık ilişkisinden dolayı da daha az doğal sermaye talep edileceği anlamına gelmektedir.

Tamamlayıcılık ilişkisi varsayımı altında evre yoğunluğu,

$$E(R) = (E_0 - \delta R)Y \text{ şeklinde yazılabilir.} \quad (11)$$

$$\text{Böylece evresel denge; } sN = (E_0 - \delta R)Y \text{ şeklinde ifade edilebilir.} \quad (12)$$

**şekil 15: Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Modeli**



**Kaynak:** Decker ve Wohar, 2012: 6

12 nolu eşitliğin kapalı türevi alındığında,  $\frac{dN}{dt} = sN$  koşulu altında milli gelirdeki artış daha yüksek bir R faiz oranını beraberinde getirecektir. Bunun nedeni ise tamamlayıcılık ilişkisinden dolayı EE eğrisinin negatif değil, aksine pozitif bir eğime sahip



olmasıdır (Şekil 15). Faiz oranındaki bir yükselme ise fiziksel sermayenin maliyetini arttıracığından üretim düşebilecektir. Milli gelir EE eğrisinin solunda yer alacaktır. Bunun anlamı ise, çevrenin kendini yenileme oranının çevresel sermaye kullanım oranından fazla olmasıdır. Bu durumda eğer çevresel denge yeniden sağlamak istenirse yükselen maliyetlere rağmen üretim artırılmalıdır (Decker ve Wohar, 2012: 5).

### 3.2.3. Çevresel Denge Eğrisini Kaydıran Faktörler

IS-LM-EE modelinde çevresel dengeyi temsil eden EE eğrisinin konumu, çeşitli faktörlere bağlı olarak değişebilecektir. Bunlar doğal sermaye stoku (N), çevresel düzenlemeler ( $\Lambda$ ) ve teknolojik gelişme ( $\gamma$ ) olarak sıralanabilir. Bu faktörler ya çevre kalitesini arttırarak daha yüksek milli gelir seviyelerine ulaşmayı mümkün kılabilir; ya da çevre kalitesinin kötüleşmesine olanak sağlayarak milli gelir üzerinde olumsuz bir etki yaratabilecektir (Heyes, 2000:9; Lawn, 2003: 38; Sim, 2006: 404).

*a) Doğal Sermaye Stokundaki Değişimler (N,s);* doğal sermaye stoku bağlamında çevrenin mevcut durumunu temsil eden N,  $s > 0$  için EE doğrusunu kaydıran bir parametredir. Çünkü doğal sermaye stoku ve bir çevresel yutağın özümleme kapasitesi, onun geçmiş kullanımı ile yakından ilgilidir. Geçmişte yapılan faaliyetler çevreyi iyileştirdi mi, yoksa çevrenin tahrip olmasına mı neden oldu? Örneğin, ekonominin EE doğrusunun sağında çalıştığı ve dengeye geldiği her dönemde toplam çevre kalitesi bozulmakta ve EE eğrisi sola kaymaktadır. Bu durum ilginçtir ki, kısa dönemde ekolojik taşıma kapasitesinin ötesinde gerçekleşen ekonomik büyümenin ekonominin uzun dönem gelişme potansiyelini azaltması dolayısıyla, histerezis<sup>44</sup> olasılığını ortaya çıkarmaktadır (Heyes, 2000: 7).

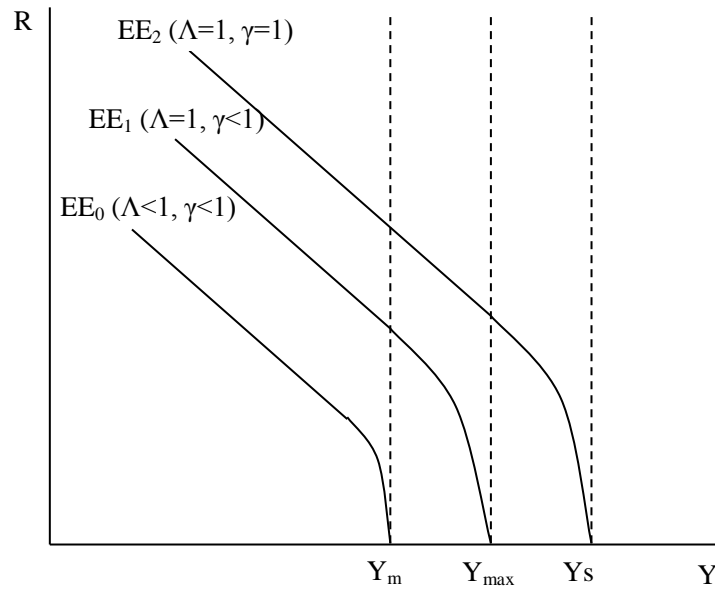
N ve s parametresinde meydana gelecek artışlar EE eğrisini sağa doğru kaydırabilecektir. Ancak bu faktörlerin en yüksek sürdürülebilir çıktı düzeyini arttırması çok yavaş gelişeceğinden, etkisi uzun dönemde görülebilecektir (Noorgaard, 1984:167).

---

<sup>44</sup> Histerezis iktisatçıların fizik biliminden alarak kullandıkları ve kelime anlamı gecikme olan kavramdır. Belli bir andaki özellikleri, yalnız o anı betimleyen parametrelere değil, aynı zamanda önceki tüm gelişimine de bağlı olan bir sistemin gösterdiği özellik olarak ifade edilebilir (Paya, 2001: 372). Benzer şekilde histerezis, bir sistemin durumunun, etken parametrelerde meydana gelen ani değişikliklere bağlı olarak birden değiştirilememesi, sistemin geçmişteki durumuna duyarlı olması şeklinde de tanımlanabilir. Yani bir sistemde kısa dönemde görülecek ani değişimler, sistemin uzun dönem potansiyelini etkilemektedir.

Bunun nedeni olarak da doğal sermaye stoku artışlarının yenilenebilir kaynak büyümesi ile sınırlı olması gösterilebilir. Yeni keşfedilen yenilenmeyen kaynaklar ise, yenilenebilir kaynak miktarını çoğaltmak için kullanılmadıkça en yüksek sürdürülebilir çıktı düzeyini artırmayacaktır (Lawn, 1998). Doğal sermaye stokunun çevresel dengeye olan etkisinin uzun dönemde görülmesi ve yavaş gelişmesi, çevresel dengeyi etkileyen diğer faktörlerin önemini artırmaktadır. Noorgaard (1984) ve Lawn (1998)'ın bu görüşlerine karşın, günümüzde hızla artan yenilenebilir kaynak üretimi ve bunların depolanmasıyla beraber bu tür kaynakları üretmeye yönelik teknolojik gelişmeler doğal sermaye stokunun çevresel dengeyi olumlu etkileme hızını giderek arttırabilecektir.

**Şekil 16: Çevresel Denge Eğrisini Kaydıran Faktörler**



**Kaynak:** Lawn, 2003: 38

b) *Çevresel Düzenlemelerdeki Değişimler (Λ)*; Λ parametresinin değişmesi de EE eğrisini kaydıracaktır (Sim, 2006: 4004). Λ parametresindeki değişimler, kurumsal, hukuki ve diğer düzenlemelerle yapılabilir. Λ parametresinde meydana gelen bir yükselme EE eğrisini sağ tarafa doğru; azalma ise sol tarafa doğru kaydıracaktır (Şekil 16). Örneğin Λ parametresinde bir artış belli bir milli gelir ve faiz bileşiminde, kirlenme maliyetinin görece daha büyük bir kısmının üreticiler tarafından ödenmesini sağlayarak, EE eğrisinin paralel olarak sağa kaymasına neden olur. Bu açıdan (1-Λ) katsayısı, çevreyi girdi olarak

kullanıcılar için bir ad valorem sübvansiyon<sup>45</sup> olarak düşünülebilir. Kurumsal ve hukuki düzenlemeler olarak doğal kaynak kullanımının fiyatlandırılması, elektriğin sosyal maliyetinin fiyatlandırılması, çevre yükümlülüklerinin ve kanunlarının tam uygulanması gibi tedbirler sayılabilir. Bunları çoğaltmak şüphesiz mümkündür. Dünya Bankası gibi kuruluşlar tarafından sürekli tartışılan sıralanmış bu politika önerileri mikro ekonomik araçlarla analiz edilse de, IS-LM-EE analizi bu politikalar ile ekonominin makro ekonomik potansiyeli arasındaki etkileşimi vurgulamaktadır. Bu bağlamda, EE eğrisinin sağa doğru kaymasına neden olacak gelişmeler, çevresel kısıtı gevşetecek ve sürdürülebilir çevre kalitesi ile beraber daha fazla büyüme fırsatları yaratabilecektir (Heyes, 2000: 7-9).

c) *Teknoloji Düzeyindeki Değişimler*( $\gamma$ ); Çevresel denge eğrisi EE'nin kaymasına neden olan bir diğer faktör de teknolojik gelişmelerdir.  $\Lambda=1$  olduğu durumda üretimin dışsal maliyetlerinin tamamı içselleştirilebilir. Bu sayede doğal sermaye kullanarak çevreye verilen zararın tümü kullanıcılara yüklenilebilecektir. Böyle bir durum söz konusu olduğunda, çevreye daha çok zarar veren ve aşırı doğal sermaye gerektiren kirli üretim teknikleri ( $\gamma<1$ ), çevreci üretim tekniklerine göre daha maliyetli hale gelebilecektir. Böylece maliyetlerin uyardığı teknolojik gelişme ( $\gamma=1$ ) çevre kalitesini artırarak EE eğrisinin sağa doğru kaymasına neden olacaktır (Lawn, 2003: 38).

Şekil 16'dan da görüleceği üzere,  $EE_0$  eğrisinin izin verdiği  $Y_m$  milli gelir seviyesinde kirliliğin neden olduğu dışsallıkların tamamı içselleştirilememektedir ( $\Lambda<1$ ). Gerekli kurumsal ve hukuki düzenlemeler yapıp çevre standartları yükseltilebilirse, kirliliğin tamamının kirletenler tarafından karşılanması sağlanabilecektir ( $\Lambda=1$ ). Böylece  $Y_{max}$  düzeyinin temsil ettiği daha büyük milli gelir seviyelerine ulaşılabilir.  $\Lambda=1$  varsayımı altında  $Y_{max}$ , mevcut çevre standartları ve çevre kalitesi ile ulaşılacak milli gelir düzeyi bağlamında, en yüksek izin verilebilir çıktı düzeyi olarak tanımlanmaktadır. Bir kere  $\Lambda=1$  düzeyi sağlandıktan sonra kirli üretim tekniklerinin artan maliyeti, üreticilerin daha temiz üretim tekniklerine geçmesini sağlayacak teknolojik ilerlemeyi uyaracaktır. Teknolojik gelişmeyi gösteren  $\gamma$ , 1'e eşit olduğunda  $Y_s$  en yüksek sürdürülebilir çıktı düzeyini temsil edecektir (Lawn, 2003: 38). Bu yönüyle teknolojik gelişme çevresel dengeyi aşmadan daha büyük milli gelir seviyelerine ulaşılmasına olanak sağlamaktadır.  $Y_s$  ( $\Lambda=1$ ,  $\gamma=1$ )

---

<sup>45</sup> Değer üzerinden yapılan destekleme.

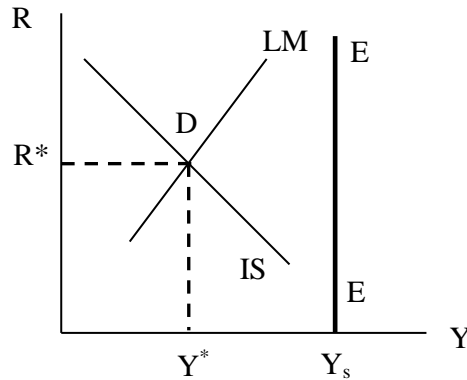
seviyesinden sonra ise, artık doğanın uzun dönem taşıma kapasitesi aşılmadan çıktı seviyesini artırmak mümkün olmamaktadır.

### 3.2.4. Çevresel Dengesinin Üç Durumu

Ekolojik iktisatçıların makro ekonomiyi, sınırlı ve büyüyemeyen ekosistemin bir alt sistemi olarak kabul ettiklerinden daha önce bahsedilmişti. Bu varsayım ekonomi üzerinde ekosistemin biyofiziksel sınırları ile temsil edilen dışsal bir sınırlama oluşturmaktadır. EE eğrisi çevresel dengeyi ifade etmek üzere, işgücünün tam istihdamını temsil eden milli geliri seviyesi ile yakın bir paralellik gösterir. Milli gelir eksenine dikey olarak çizilen ve en yüksek sürdürülebilir çıktıyı ( $Y_s$ ) temsil eden EE eğrisi, çevre yoğun milli gelir çıktısının tam istihdamını göstermektedir. Çevresel dengenin ekonomik dengeye göre üç durumundan bahsedilebilir (Daly ve Farley, 2011: 347-349).

Birinci durum, “Boş Dünya (Empty World)” ya da “Atıl Dünya” olarak adlandırılabilir. Bu durumda çevresel limit etkin kullanılmamaktadır.  $Y^*-Y_s$  aralığındaki fazlalık, arta kalan taşıma kapasitesidir (Şekil 17). İktisatçılar, eğer gerçekten çevresel faktörleri düşünüyorlarsa böyle bir durumun olmasını arzu etmektedirler. Eğer  $Y^*-Y_s$  aralığı yeteri kadar büyükse, kısa dönemli politikalar için EE eğrisinin tasarlanması ve modele dahil edilmesi gerekmemektedir.

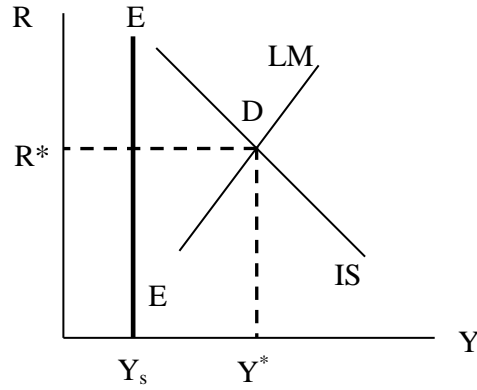
**Şekil 17: Çevrenin Atıl Kapasite Kullanımı**



**Kaynak:** Daly ve Farley, 2011: 349

İkinci durum “Dolu Dünya (Full World)”, aşırı kapasite durumu olarak düşünülebilir. Bu durumda ekonomik denge çevresel dengeyi aşmakta ve çevrenin aşırı istihdamı (kullanımı/tüketimi) söz konusu olmaktadır (Şekil 18).  $Y_s$ - $Y^*$  arasındaki mesafe taşıma kapasitesinin aşıldığı durumu göstermektedir

**Şekil 18: Çevrenin Aşırı Kapasite Kullanımı**



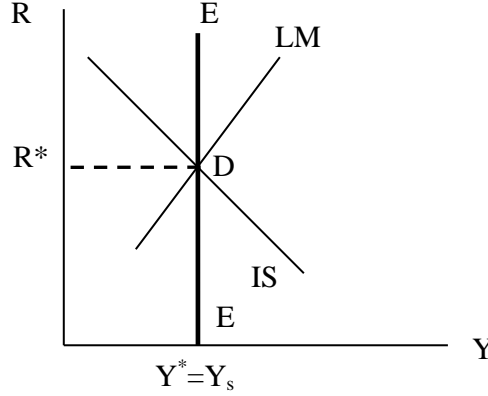
**Kaynak:** Daly ve Farley, 2011: 349

Bu durum iki şekilde yorumlanabilir. Birinci yorum; tamamen parasal olgu olan enflasyon baskısı olarak düşülebilir. Çevre reel sektörün taleplerini karşıladıktan sonra etkin olarak kendi sınırına ulaşmış ve sınırını aşmıştır. Eğer parasal genişleme devam ederse, aynı çıktı düzeyinde sadece fiyat artışları söz konusu olacaktır. İkinci yorum; reel sektörün çıktı üretimini sürdüreceği varsayımdır. Bu durum ise, kısa dönemde enflasyondan kaçmak istenirken, uzun dönemde doğal sermaye stokunun azalmasına neden olacaktır. Böylece  $Y_s$ - $Y^*$  aralığı gelir olarak sayılan doğal sermaye tüketimini temsil edecektir. Doğal sermaye tüketilmeye devam edildikçe, EE doğrusu aşırı kullanımla beraber paralel olarak sola kayacaktır. Ancak politika yapıcıları ve üreticiler mevcut bilgi düzeyi ile EE eğrisinin sağa kaydırılabileceğine yani yeniden boş dünya, atıl kapasite, durumuna geçilebileceğine inanmaktadırlar.

Üçüncü durum, büyük bir rastlantısal durum olarak ifade edilen ekonomik denge ile çevresel dengenin çakışmasıdır (Şekil 19). Bu aşamada çevresel dengenin tam istihdamı söz konusudur ( $Y^*=Y_s$ ). Böyle bir çakışma ancak olağanüstü bir tesadüf ya da bilinçli bir koordinasyon ve planlama ile sağlanabilir. Çevresel makroekonomik dengenin sağlandığı

üçüncü durumda ideal denge hali ortaya çıkmış olduğundan kurumsal ya da davranışsal olarak bir şey yapmaya gerek yoktur.

**Şekil 19: Çevrenin Tam Kapasite Kullanımı**



**Kaynak:** Daly ve Farley, 2011: 349

### 3.2.5. Çevresel Denge Altında Maliye ve Para Politikaları

Ekonomik aktivitelerde çevresel dengeyi göz önünde tutan iktisatçılar, ekonomiyi çevrenin bir alt sistemi olarak kabul etmektedirler. Bu sebeple çevrenin taşıma kapasitesinin ve beraberinde doğal sermayenin ekonomik aktivitenin sınırlarını belirleyeceği görüşündedirler. Bu bağlamda makroekonomik modellere çevreyi bir kısıt olarak dahil etme gereksinimi duymuşlardır. Nitekim çevresel kısıtı da göz önünde bulundurarak bu başlık altında çeşitli politika uygulamalarına değinilecektir. Ekonomi ve çevre arasındaki karşılıklı ilişki dikkate alındığında, daraltıcı maliye ve para politikalarından ziyade, genişletici maliye ve para politikaları sonucu artan ekonomik aktivite çevresel zararlara yol açabilecektir. Ortaya çıkan bu zararlar daha sonra ekonomi üzerinde bir kısıt olarak kabul edilen çevrenin taşıma kapasitesini olumsuz etkileyerek, ekonomik aktivitenin sınırlarını daraltacak ve ulaşılmak istenen politika amaçlarını etkileyebilecektir. Bu hususlar dikkate alındığında, çalışmanın konusunu sadece genişletici maliye ve para politikaları oluşturacaktır. Ayrıca maliye ve para politikalarının etkinliği ikame ve tamamlayıcılık ilişkisi altında ayrı ayrı incelenecektir.

### 3.2.5.1. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Maliye Politikası

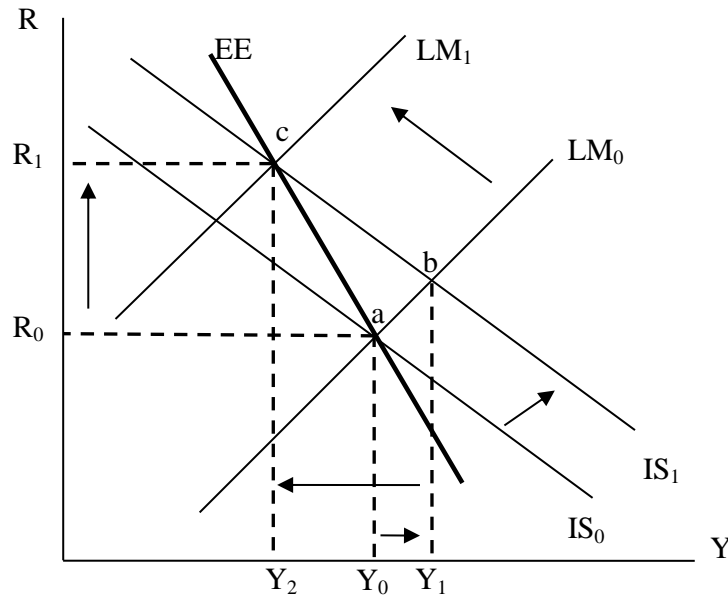
Doğal sermaye ile fiziki sermaye arasında ikame ilişkisi varsayımı altında maliye politikası analizi, Heyes ve Lawn yorumu şeklinde iki alt kısımda ele alınacaktır.

#### 3.2.5.1.1. Heyes Yorumu

Heyes (2000: 8) standart modelini az gelişmiş ülkeler için geliştirmiş olmasına rağmen, genel olarak diğer ülke gruplarına da kolaylıkla uygulanabileceğini ileri sürmektedir. Başlangıçta, çevresel makroekonomik denge,  $R_0$  faiz oranı ve  $Y_0$  milli gelir seviyesinde a noktasında sağlanmaktadır (Şekil 20).

Genişletici bir maliye politikası uygulanması olan kamu harcamalarındaki bir artış sonrası  $IS_0$  eğrisi  $IS_1$  konumuna gelecektir. Geleneksel IS-LM modelinde yeni denge b noktasında  $Y_1$  milli gelir seviyesinde gerçekleşecektir. Bu durumda milli gelir ve faiz oranları artmıştır.

Şekil 20: IS-LM-EE Maliye Politikası Heyes Durumu



Kaynak: Heyes, 2000: 5

Ancak, çevre dengesi dikkate alındığında b noktasındaki denge sürdürülemezdir. Zira bu noktada doğal sermaye kullanımı, çevrenin kendini yenileme kapasitesinden büyüktür ( $sN < T$ ) ve b noktasında çevrenin aşırı istihdamı söz konusudur. Bu durum çevre kalitesinin bozulması ve doğal sermayenin azalması ile sonuçlanacaktır. Çevresel dengeyi yeniden kurmak için daraltıcı maliye politikası uygulanmayacağı varsayımı altında, para otoriteleri daraltıcı para politikası ile ekonomiye müdahale etme yoluna gideceklerdir. Böyle bir politika sonucu  $LM_0$  eğrisi sola kayarak  $LM_1$  konumuna gelecektir. Böylece yeni denge c noktasında sağlanmaktadır. Bu noktada hem makroekonomik denge hem de çevresel denge yeniden sağlanmıştır. Azalan para miktarı faiz oranını artıracaktır. Yatırımların maliyeti artacağından yatırımlar ve dolayısı ile milli gelir azalacaktır ( $R_1$  faiz oranı ve  $Y_2$  milli gelir seviyesi). Şekil 20'den de görüleceği üzere genişletici maliye politikası, çevresel denge de göz önüne alındığında, doğal sermaye ile fiziki sermayenin ikame oldukları varsayımı altında milli gelir seviyesi üzerinde daraltıcı bir etkiye sahiptir.

EE doğrusunun, mümkün olan kaymalarını ihmal edip sabit olduğu varsayıldığında, yüksek faiz oranlarına neden olan herhangi bir politika çevresel kısıt dikkate alındığında daha düşük bir gelir seviyesine neden olacaktır. Yüksek faizler fiziki sermayenin maliyetini artıracığı için daha fazla doğal sermaye ile ikame edilecektir.

### 3.2.5.1.2. Lawn Yorumu

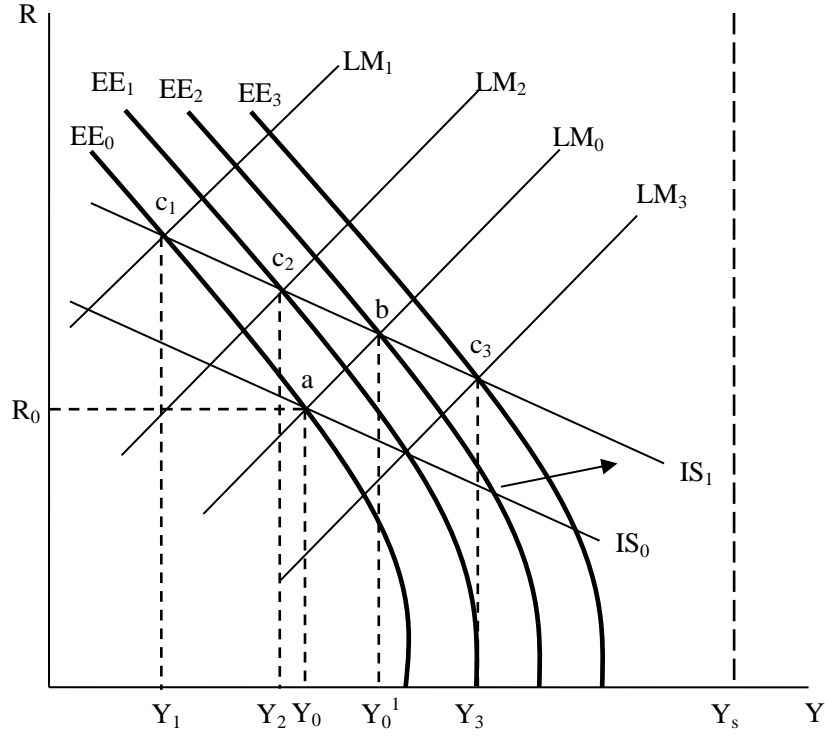
Başlangıçta, çevresel makroekonomik denge,  $R_0$  faiz oranı ve  $Y_0$  milli gelir seviyesinde a noktasında sağlanmaktadır. Kamu harcamalarındaki artış ile genişletici bir maliye politikası uygulanması sonucu  $IS_0$  eğrisi  $IS_1$  konumuna alacaktır. Geleneksel IS-LM modelinde yeni denge b noktasında  $Y_0^1$  milli gelir seviyesinde gerçekleşecektir (Şekil 21).

Çevrenin aşırı istihdamının söz konusu olduğu b noktasında, düşük entropiye sahip madde ve enerjiye olan aşırı talep, kaynak arz edenlerin sınırlı sayıdaki kirlilik permi fiyatlarını yükseltmesi sonucu kaynak fiyatlarını artıracaktır. Bu fiyat artışları üretim sürecinde girdi maliyetlerini yükseltecektir. Maliyet artışlarının mal fiyatlarını ne kadar arttıracığı ise, yüksek kaynak maliyetleri tarafından uyarılmış teknolojik gelişmenin



boyutuna bağlıdır. Eğer herhangi bir teknolojik gelişme söz konusu değilse, iki durum söz konusudur (Lawn, 2003: 44):

**Şekil 21: IS-LM-EE Maliye Politikası Lawn Durumu**



**Kaynak:** Lawn, 2003: 43

- EE eğrisi mevcut konumunu, başka bir ifadeyle  $EE_0$  konumunu koruyacaktır. EE eğrisi konumunu korumaya devam ederse çevresel bozulma söz konusu olabilecektir. Bu da uzun dönem büyüme kapasitesini olumsuz etkileyecektir.
- Daha yüksek girdi maliyeti daha yüksek mal fiyatlarına neden olacaktır. Bu durum  $LM_0$  eğrisinin sola kayarak  $LM_1$  konumuna gelmesine neden olacaktır. Çünkü yükselen mal fiyatları (fiyatlar genel seviyesi), nominal para arzı sabitken reel para arzını düşürecektir. Bu sebeple, yeni çevresel makroekonomik denge  $c_1$  noktasında sağlanacaktır. Yeni denge durumu faiz oranları artmış ve milli gelir  $Y_1$  seviyesine düşmüştür (Şekil 21).

Daha yüksek girdi maliyetlerinin, mal fiyatlarını yükseltmesinin yanında çevreci teknolojilerin gelişmesine de yol açabilecektir. Bu teknolojik gelişmeler ise çevre kısıtını

temsil eden EE eğrisinin sağa kaymasına neden olacaktır. Teknolojik gelişmenin boyutuna bağlı olarak  $EE_0$  sırasıyla  $EE_1$ ,  $EE_2$ ,  $EE_3$  konumlarına gelecektir. Böylece çevrenin taşıma ve kendini yenileme kapasitesi aşılmadan daha büyük milli gelir seviyelerine ulaşılabilecektir. Buna göre en ileri teknolojik gelişme sonucu  $EE_0$  eğrisi  $EE_3$  konumuna gelmektedir. Bunun yanı sıra LM eğrisindeki kaymalar da teknolojik gelişmenin büyüklüğü ile yakından ilgilidir.

Fiyat artışlarının uyardığı teknolojik gelişme sonucu  $EE_0$  eğrisinin  $EE_1$  konumuna ve aynı zamanda  $LM_0$  eğrisinin  $LM_2$  konumuna geldiği varsayıldığında, çevresel makroekonomik denge  $c_2$  noktasında, başlangıç milli gelir seviyesi olan  $Y_0$ 'dan düşük,  $Y_2$  milli gelir seviyesinde gerçekleşecektir (Şekil 21). Yaşanan teknolojik gelişme artan kaynak maliyetlerini belli ölçüde telafi etse de, mal fiyatlarının yükselmesini önlemede etkisiz olacaktır.

Eğer teknolojik gelişme daha ileri bir seviyede gerçekleştirilebilirse artan girdi maliyetlerinin neden olduğu fiyat artışı tamamen telafi edilebilecektir. Hatta yeterli teknolojik gelişme seviyesine ulaşılması mal piyasalarında fiyatların düşmesine bile neden olabilecektir. Şöyle ki; çevreci ileri teknoloji düzeyine geçilmesi, belli bir üretim miktarının daha düşük girdi miktarı ile üretilmesine olanak sağlarken, kirletme nedeniyle katlanılması gereken bazı maliyetlerin azalmasına imkan verecek ve bu yolla mal piyasasında fiyatların düşmesini sağlayabilecektir. Bu bağlamda, nominal para arzı sabitken fiyatlar genel seviyesinin düşmesi, reel para arzını artırarak LM eğrisinin sağa kaymasına neden olacaktır.

Maliyet artışını tamamen telafi edecek teknolojik gelişme sonrası  $EE_0$  eğrisi  $EE_2$  konumunu alırken, mal fiyatlarında herhangi bir değişiklik söz konusu olmadığından  $LM_0$  eğrisi mevcut durumunu koruyacaktır. Bu durumda yeni denge  $IS_1$ ,  $LM_0$  ve  $EE_2$  eğrilerinin kesiştiği b noktasında ve  $Y_0^1$  milli gelir seviyesinde gerçekleşecektir (Şekil 21). Milli gelir artarak, klasik IS-LM modelinde uygulanan genişletici maliye politikası sonrası seviyesine yükselmiştir.

Çevresel denge eğrisinin  $EE_3$  konumuna geldiği durumda ise, ileri bir teknolojik gelişme söz konusudur. Böyle bir gelişme, sadece EE eğrisini sağa kaydırmakla

kalmayacak, aynı zamanda mal fiyatlarının da düşmesine neden olacaktır. Genişletici maliye politikası sonucu artan kaynak fiyatlarının uyardığı teknolojik gelişme  $LM_0$  eğrisinin sağa kaymasına neden olacaktır.  $LM_0$ ,  $LM_3$  konumunu alacak ve çevresel makroekonomik denge  $c_3$  noktasına  $Y_3$  milli gelir seviyesinde gerçekleşecektir (Şekil 21). Sonuç olarak, çevre kısıtı altına IS-LM-EE modelinde, standart IS-LM modelindeki para ve maliye politikası uygulamalarına kıyasla faizler daha da düşmüş ve milli gelir daha fazla artmıştır.

### **3.2.5.2. İkame İlişkisi Varsayımı Altında Para Politikası**

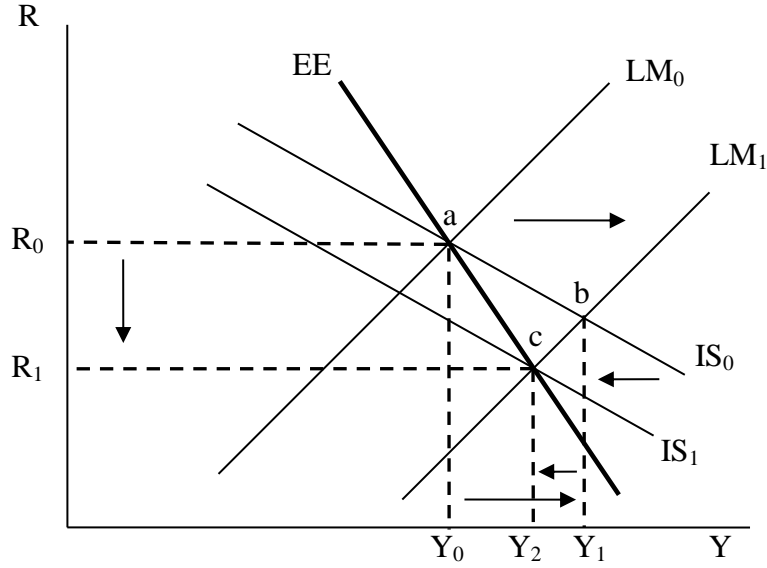
Doğal sermaye ile fiziki sermaye arasında ikame ilişkisi varsayımı altında para politikası analizi, Heyes ve Lawn yorumu şeklinde iki alt kısımda ele alınacaktır.

#### **3.2.5.2.1. Heyes Yorumu**

Başlangıçta, çevresel makroekonomik denge,  $R_0$  faiz oranı ve  $Y_0$  milli gelir seviyesinde a noktasında sağlanmaktadır. Genişletici bir para politikası sonrası  $LM_0$  eğrisi sağa doğru kayarak  $LM_1$  konumunu alacaktır. Faiz oranları düşmüş ve milli gelir artmıştır. Yeni denge b noktasında  $Y_1$  milli gelir seviyesinde oluşmaktadır (Şekil 22).

Ancak, çevresel denge göz önüne alındığında ekonomi bu noktada denge durumunu sürdüremeyecektir. Çünkü doğal sermaye kullanımı çevrenin kendini yenileme kapasitesinden daha yüksektir. Bir başka söylemle, çevrenin aşırı istihdamı söz konusudur. Bunun sonucu olarak toplam doğal sermaye stoku azalmakta ve çevre kalitesi kötüleşmektedir. Çevresel dengeyi yeniden inşa etmek için daraltıcı maliye politikasına ihtiyaç vardır. Daraltıcı maliye politikası sonucu  $IS_0$  eğrisi sola kayarak  $IS_1$  konumu alacaktır. Ekonominin ve çevrenin yeni dengesi c noktasında  $R_2$  faiz oranı ve  $Y_2$  milli gelir seviyesinde sağlanacaktır (Şekil 22).

**Şekil 22: IS-LM-EE Para Politikası Heyes Durumu**



**Kaynak:** Heyes, 2000: 6

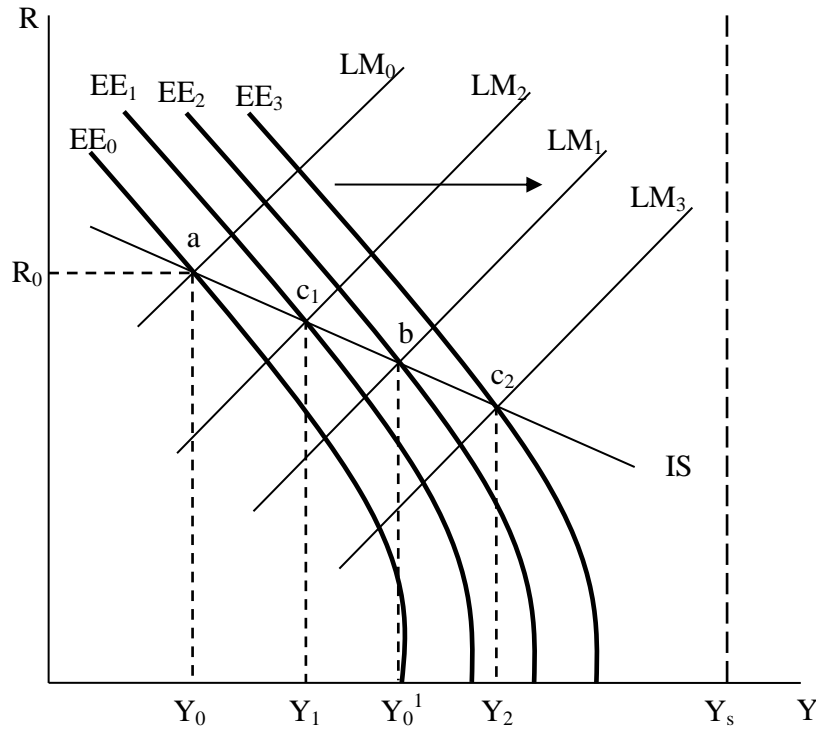
Faizlerin düşmesi doğal sermayeden ziyade fiziki sermayenin kullanılmasını teşvik edecektir. Böylelikle genişletici para politikası ve daraltıcı maliye politikası çevresel kaliteyi bozmadan, milli gelir seviyesinin yükselmesine imkan sağlayacaktır. Ancak, standart IS-LM analizine göre milli gelirdeki artış sınırlı olacaktır. Çünkü çevresel dengenin söz konusu olmadığı durumda denge milli gelir seviyesi  $Y_1$  seviyesinde oluşurken, çevre dengesinin söz konusu olduğu durumda denge, daha düşük ancak başlangıç durumuna göre daha yüksek olan  $Y_2$  milli gelir seviyesinde sağlanmaktadır (Şekil 22). Bu husus dikkate alındığında, çevresel makroekonomik denge sağlandığında para politikasının etkin olduğu söylenebilir.

### 3.2.5.2.2. Lawn Yorumu

Çevresel makroekonomik denge a noktasında  $R_0$  faiz oranı ve  $Y_0$  milli gelir seviyesinde sağlanmıştır. Merkez Bankasının para arzını artırması sonucu,  $LM_0$  eğrisi  $LM_1$  konumuna gelmektedir. Merkez bankasının genişletici para politikası uygulaması sonucu yeni denge b noktasında  $Y_0^1$  milli gelir seviyesinde gerçekleşmektedir (Şekil 23). Faiz oranları düşmüş ve milli gelir artmıştır. Ne var ki, b noktasında çevresel denge söz konusu değildir.

Çevresel sermayenin aşırı istihdamı ve düşük entropiye sahip madde ve enerjiye olan talep artışı, bu tür kaynak fiyatlarının dolayısıyla üretim sürecinde girdi maliyetlerinin artmasına yol açacaktır. Eğer girdi maliyetlerinde görülen artış teknolojik gelişmeyi *teşvik etmede başarısız olursa*, çevresel denge eğrisi mevcut konumunu koruyarak  $EE_0$  konumunda değişmeden kalacaktır. Ayrıca, artan girdi maliyetlerinin mal fiyatlarına yansımaları sonucu reel para arzının azalmasıyla LM eğrisi sola kayacaktır.  $LM_1$  ilk konumu olan  $LM_0$  konumuna gelecektir. Bu süreçler sonucu çevresel makroekonomik denge, ilk denge noktası olan  $a$ 'da gerçekleşecektir ki bunun anlamı milli gelir seviyesinin değişmemesidir (Şekil 23).

**Şekil 23: IS-LM-EE Para Politikası Lawn Durumu**



**Kaynak:** Lawn, 2003: 45

Ancak girdi maliyetlerinde yaşanan artışlar, teknolojik gelişmeyi teşvik edebilecektir. Benzer şekilde girdi maliyetlerindeki artışlar LM eğrisinin konumu üzerinde de belirleyici olabilecektir. Ayrıca teknolojik gelişme ne kadar ileri seviyede gerçekleşirse, milli gelirden yaşanacak artışlar da o derece büyük olabilecektir (Lawn, 2003: 46). Teknolojik gelişmenin büyüklüğüne göre çevresel denge sağa kayarak sırasıyla  $EE_1$ ,  $EE_2$ ,

EE<sub>3</sub> konumlarına gelebilecektir. Bu bağlamda, yaşanan en düşük teknolojik gelişme sonrası çevresel denge eğrisi EE<sub>1</sub> konumuna gelirken, teknolojik gelişmenin artan girdi maliyetlerinin bir kısmını telafi etmesi sonucu para piyasasındaki denge LM<sub>0</sub> eğrisi ile değil de LM<sub>2</sub> eğrisi ile temsil edilmektedir. Yeni çevresel makroekonomik denge c<sub>1</sub> noktasında Y<sub>1</sub> milli gelir seviyesinde gerçekleşmiştir. Yaşanacak teknolojik gelişmenin büyüklüğüne bağlı olarak yeni çevresel makroekonomik dengeler, standart IS-LM modelinde olduğu gibi b noktasında ve hatta b noktasının daha sağında EE<sub>3</sub>, LM<sub>3</sub> ve IS eğrilerinin kesiştiği c<sub>3</sub> noktasında daha büyük milli gelir seviyelerinde gerçekleşebilecektir (Şekil 23).

### 3.2.5.3. Tamamlayıcılık İlişkisi Varsayımı Altında Maliye ve Para Politikaları

Doğal sermaye ile fiziki sermaye arasında ikame ilişkisinin var olduğu varsayımı altında para ve maliye politikalarında Heyes yorumunu kabul eden Decker ve Wohar (2012), IS-LM-EE modeline sermayeler arasında tamamlayıcılık ilişkisini vurgulayarak katkıda bulunmuştur. Ayrıca tamamlayıcılık ilişkisinin kabul edilmesi halinde, EE eğrisinin negatif eğime değil, aksine pozitif bir eğime sahip olacağını ileri sürmektedirler.

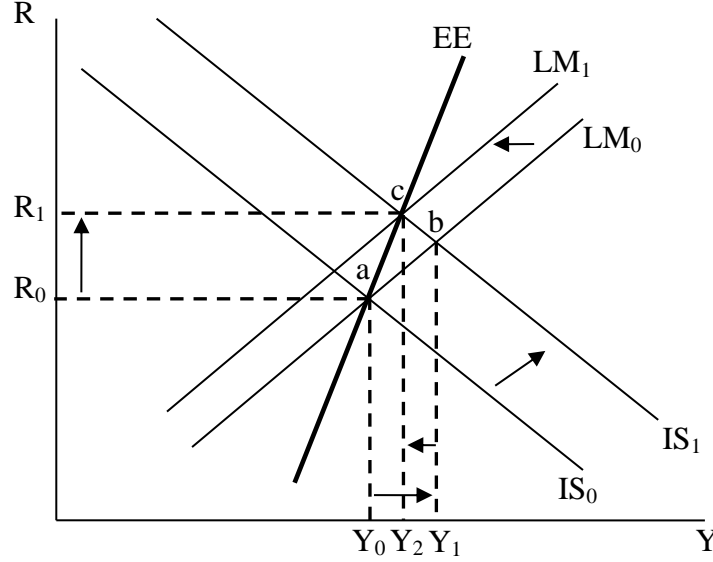
Buna göre, fiziksel sermayenin maliyeti olan faiz oranlarının artması, daha az fiziksel; tamamlayıcılık ilişkisinden dolayı da daha az doğal sermaye talep edileceği anlamına gelir. Böyle bir durumda milli gelir düşecek ve EE eğrisinin solunda yer alacaktır. Çevrenin atıl kapasitede kullanıldığı böyle bir durumda çevresel dengeyi yeniden sağlamak için artan üretim maliyetlerine rağmen üretim artırılmalıdır (Decker ve Wohar, 2012: 5).

#### 3.2.5.3.1. Maliye Politikası

Başlangıçta, çevresel makroekonomik denge, R<sub>0</sub> faiz oranı ve Y<sub>0</sub> milli gelir seviyesinde a noktasında sağlanmaktadır (Şekil 24). Kamu harcamalarını artırarak uygulanan genişletici maliye politikası sonucu IS<sub>0</sub> eğrisi sağa kayarak IS<sub>1</sub> konumunu alacaktır. Ekonominin yeni dengesi Y<sub>1</sub> milli gelir seviyesinde b noktasında sağlanacaktır. Ancak b noktasında çevrenin aşırı istihdamı söz konusudur. Çevresel dengeyi yeniden

sağlamak için para otoritesinin para arzını azaltarak piyasalara müdahale etmesi gerekmektedir.

**Şekil 24: Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Maliye Politikası**



**Kaynak:** Decker ve Wohar, 2012: 6

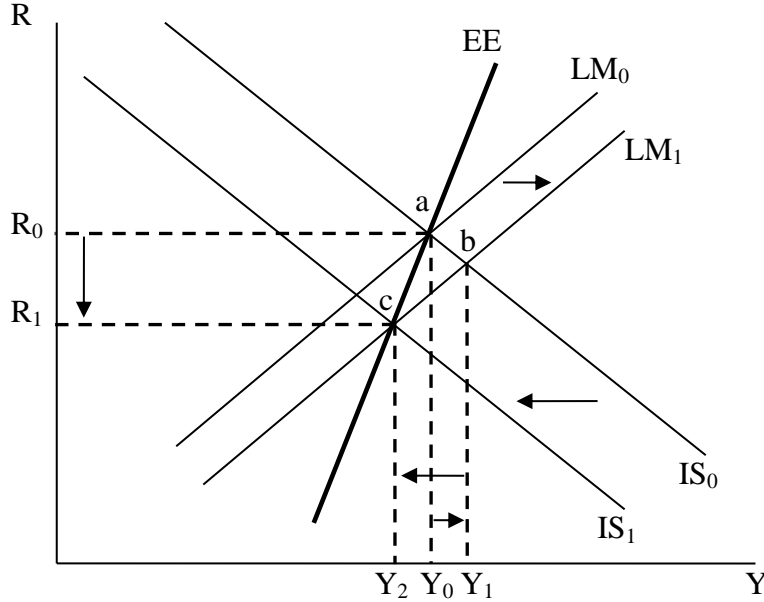
Daraltıcı para politikası sonucu  $LM_0$  eğrisi sola kayarak  $LM_1$  konumunu alacaktır. Yeni çevresel makroekonomik denge, c noktasında  $R_1$  faiz oranı ve  $Y_2$  milli gelir seviyesinde sağlanacaktır (Şekil 24). Artan faizler üretim maliyetini artıracığından milli gelir klasik IS-LM modelindeki b denge noktasına kıyasla azalacaktır. Burada dikkat edilmesi gereken husus, doğal sermaye ile fiziki sermayenin ikame olduğu duruma göre gerçekleşen daraltıcı para politikasından daha yumuşak bir para politikası uygulanıyor olmasıdır. Böyle bir husus milli gelirdeki daralmayı yavaşlatacaktır. Yine de EE eğrisinin pozitif eğimli olduğu durumda maliye politikası etkindir ve milli gelir üzerinde genişletici bir etkiye sahiptir.

### 3.2.5.3.2. Para Politikası

Başlangıçta, çevresel makroekonomik denge,  $R_0$  faiz oranı ve  $Y_0$  milli gelir seviyesinde a noktasında sağlanmaktadır. Genişletici bir para politikası sonrası  $LM_0$  eğrisi sağa doğru kayarak  $LM_1$  konumunu alacaktır. Genişletici para politikası sonrası ekonomik

denge  $Y_1$  milli gelir seviyesinde b noktasında sağlanacaktır (Şekil 25). Faiz oranları düşmüş milli gelir yükselmiştir.

**Şekil 25: Tamamlayıcılık İlişkisi Altında IS-LM-EE Para Politikası**



**Kaynak:** Decker ve Wohar, 2012: 6

Faiz oranlarının düşmesi nedeniyle borçlanmanın maliyeti azaldığından yatırımlar ve milli gelir artmıştır. Daha fazla fiziki sermaye kullanımı ise, daha fazla doğal sermaye tüketilmesine neden olmuştur. Bu sebeple çevresel denge göz önünde bulundurulduğunda b noktası, ekonominin denge noktası değildir. Tekrardan ekonomi ve çevre dengesini sağlamak için daraltıcı maliye politikasına ihtiyaç vardır. Daraltıcı maliye politikası sonucu faiz oranları daha da düşecek ve daha fazla çevresel girdi kullanımı özendirilecektir. Hükümet harcamaları da çevre üzerinde oluşan bu baskıya karşı büyük ölçüde azalabilecektir (Decker ve Wohar, 2012: 6). Sonuçta milli gelir seviyesi düşerek çevresel makroekonomik denge c noktasında  $R_1$  faiz oranı ve  $Y_2$  milli gelir seviyesinde sağlanacaktır (Şekil 25).

Maliye ve para politikalarının etkinliği fiziksel sermaye ve çevresel sermaye arasındaki tamamlayıcılık ya da ikame ilişkisinin var olup olmadığına göre değişmektedir. İkame ilişkisinin var olduğu varsayımı altında, genişletici para politikasının ekonomik büyümeyi teşvik edeceği düşünülmektedir. Buna karşın, tamamlayıcılık ilişkisinin



bulunduğu durumda, maliye politikasının daha etkin olduğu görülmektedir. Benzer şekilde ikame ilişkisi varsayımı altında genişletici maliye politikası etkisizken; tamamlayıcılık ilişkisi varsayımı altında para politikası etkisizdir.

Bununla birlikte standart IS-LM modelinde olduğu gibi çevreye uyarlanmış IS-LM modelinde EE eğrisinin eğiminin değişmesi maliye ve para politikalarının etkinliklerini etkileyecektir. Bu bağlamda, doğal sermaye ile fiziki sermayenin ikame edilebilir olduğu varsayımı altında EE eğrisinin eğimi arttıkça (azaldıkça) çevresel kısıt altında uygulanacak genişletici maliye politikasının etkinliği (standart IS-LM modeline göre daha az olmakla beraber) artacaktır (azalacaktır). Buna karşın, genişletici para politikasının etkinliği (standart IS-LM modeline göre daha az olmakla beraber) EE eğrisinin eğimi azaldıkça (arttıkça) artacaktır (azalacaktır).

Doğal sermaye ile fiziki sermayenin tamamlayıcı olduğu varsayımı altında EE eğrisinin eğimi azaldıkça (arttıkça) genişletici maliye politikasının etkiliği (standart IS-LM modeline göre daha az olmakla beraber) artacaktır (azalacaktır). Genişletici para politikasının etkinliği (standart IS-LM modeline göre daha az olmakla beraber) ise, EE eğrisinin eğimi azaldıkça (arttıkça) azalacaktır (artacaktır).

### **3.2.6. Çevresel Dengeyi Sağlamaya Yönelik Otomatik Mekanizmalar**

Heyes (2000)'e göre, çevre dengesinin de dikkate alındığı durumda makroekonomik denge kendiliğinden otomatik olarak sağlanamamaktadır. Dengenin yeniden inşası için, standart IS-LM modellerinde olduğu gibi para ve maliye politikası araçları ile dışsal bir müdahaleye gerek vardır.

Para ve maliye politikaları yardımıyla çevresel makroekonomik dengeyi sağlamak, politika yapıcılarının çevresel kısıtın ne olduğu hakkında mükemmel bilgiye sahip oldukları varsayımını altında mümkündür. Bu bağlamda, politika yapıcılarının istikrarlı bir çevresel makroekonomik dengeyi sağlamaya yönelik para ve maliye politikalarının büyüklüğünü de tam olarak bilmeleri gerekmektedir. Ne var ki, çevresel kısıt hakkında mükemmel bilgiye sahip olmak ve para ve maliye politikalarının büyüklüğünün tam olarak bilinmesi hemen hemen olanaksızdır (Lawn, 2003: 41; Sim, 2006: 403).

Lawn (2003: 39), dengeyi sağlamaya yönelik politikaların önündeki bu güçlükleri aşmak için öneriler yapmasına rağmen, temel olarak IS-LM-EE modelinde dengeyi kendiliğinden sağlayabilecek doğal süreçler olmadığına inanmaktadır. Ekonominin EE eğrisinin sağında faaliyet gösterdiği varsayıldığında ( $T > sN$ ), dengenin EE eğrisi üzerinde tekrar sağlanması için, üretim faktörleri piyasalarında toplam madde enerji akımı, çevrenin kendini yenileme ve atıkları özümseme kapasitene eşit olacak düzeye kadar azaltılmalıdır. Fakat böyle bir işlemi piyasaların yerine getirmesi güçtür. Çünkü piyasalardaki fiyat sinyalleri nispidir. Fiziki sermayenin göreceli kıtlığı hakkında bilgiler vermektedir. Bu fiyat sinyalleri, kaynakların optimal dağılımının nasıl olacağı hususunda uygun bir veridir. Ancak ekonomik sürecin devamına olanak sağlayan ikame edilemez düşük entropili doğal sermayenin mutlak kıtlığı hakkında verdiği bilgiler muammadır.

Ayrıca arz ve talep güçleri tarafından üretim faktörleri piyasasında belirlenen nispi fiyatların, aslında akım yani arz tabanlı olması da piyasaların kendiliğinden dengeye gelmesinin önündeki temel güçlüklerdendir. Şöyle ki, yenilenemez doğal sermaye arzı belli bir anda, zaman içindeki arzından daha yüksek düzeylere çıkarılabilir. Ancak bu durum belli bir zaman periyodu ile sınırlı kalacaktır. Kısa dönemde, artan doğal sermaye arzı nispi fiyatların düşmesini sağlayacaktır. Fakat bu fiyat düşüşleri doğal sermaye kıtlığının giderildiği ya da bu kıtlıktaki azalmayı ifade etmeyecektir. Böyle bir nispi fiyat sinyali daha yüksek yeni doğal sermaye akımını dolayısıyla nispi kaynak kıtlığındaki azalmaya neden olacaktır. Ancak bu süreç sonrasında mutlak kaynak kıtlığında artışlar yaşanacaktır (Lawn, 2003: 39-40).

Lawn (2003: 40)'a göre, ekolojik sürdürülebilirlik bölüşüm sorunu değil girdi-çıkıtı sorunu olduğundan, makro ekonominin EE eğrisi üzerinde otomatik olarak çalışmasını sağlamak için iki politika amacı gerekmektedir. Bunlar:

- Yeni kaynak akışının ekolojik sürdürülebilirlik oranında sınırlanması,
- Yeni kaynak akışının etkin dağılımının sağlanmasıdır.

Ayrı politika amaçlarının gerçekleşmesi, ayrı uygulamaları gerektirdiğinden, iki farklı politika aracı ihtiyacı ortaya çıkmaktadır. Para ve maliye politikaları ile sigorta teminatları (Assurance Bonds) ve kirletme permileri muhtemel politika araçlarıdır. Sigorta

teminatları ve kirlilik permileri bu politika yaklaşımları için oldukça uygun araçlar olabilecektir. Sınırlı sayıdaki kirlilik permilerinin açık arttırma usulü satışıyla, hükümet yeni kaynak akışını en yüksek sürdürülebilirlik oranında sınırlayabilir. Aynı anda, izinler için yapılan prim ödemeleri, kaynak kullanım vergisi işlevi görerek kaynakların etkin dağılımına da yardım edebilecektir (Lawn, 2003: 40).

Yeni kaynak akışının nicelik olarak sınırlandırılmasının ekonomik süreç sonucu ortaya çıkan atığın nitel yapısı üzerine bir etkisinin olmaması sigorta teminatını gerekli kılacaktır. Sigorta teminatları kontrol edilemeyen atıkların ve zehirli maddelerin neden olduğu potansiyel ekolojik zararları mevcut karar alma alanına getirerek bu sorunun üstesinden gelebilecektir.

Sigorta teminatları ile kirlitici firma en kötü kirlilik senaryosunun maliyetine eşit bir ön ödeme yapmaktadır. Eğer firma sahipleri üretim sonucu ortaya çıkan kirliliğin doğal çevreye herhangi bir zararlı etkisi olmadığını göstermeyi başarabilirlerse, teminat bedellerini ve teminatların devletin elinde bulunduğu sürece işleyen yasal faizlerini tahsil edebileceklerdir. Eğer kirliliğin çevre üzerinde istenmeyen etkileri mevcut ise, bu defa sigorta teminatların tamamına ya da bir kısmına el konulur. Bu ise, kirlilik azaltıcı fiziki sermaye yatırımının hızlanmasını teşvik edecektir. Böylece kirliliğin çevre üzerindeki etkileri en aza indirilebilecektir.

Düşük entropiye sahip madde ve enerjiye olan aşırı talep, kaynak arz edenlerin, açık arttırma usulü yoluyla satılan sınırlı sayıdaki kirlilik permilerinin fiyatlarını ve dolayısıyla kaynak fiyatlarını yükseltecektir. Bu fiyat artışları üretim sürecinde girdi maliyetlerini yükseltebilecektir. Bu maliyet artışlarının tam olarak ne kadarının ürün fiyatlarına yansıtacağı ise, yüksek kaynak maliyetleri tarafından uyarılmış teknolojik gelişmenin boyutuna bağlı olacaktır. Eğer herhangi bir teknolojik gelişme söz konusu değilse, iki durum söz konusudur (Lawn, 2003: 44 ):

- EE eğrisi mevcut konumunu sürdürecektir.
- Daha yüksek girdi maliyeti, daha yüksek mal fiyatlarını neden olacaktır. Bu durum LM eğrisinin paralel olarak sola kaymasına sebebiyet verecektir.

Daha yüksek girdi maliyetlerinin, mal fiyatlarını yükseltmesinin yanında çevreci teknolojilerin gelişmesine de yol açabilecektir. Bu teknolojik gelişmeler ise çevre kısıtını temsil eden EE eğrisinin sağa doğru kaymasına neden olacaktır. Böylece çevrenin taşıma ve kendini yenileme kapasitesi aşılmadan daha büyük milli gelir seviyelerine ulaşılabilecektir.

Bunun yanı sıra teknolojik gelişme, artan kaynak maliyetinin mal piyasasında neden olduğu fiyat yükselişlerini telafi edebilecek düzeyde gerçekleşirse, LM eğrisi sağa doğru kaydırabilecektir. Aksi durumda ise sola kaydırabilecektir.

Lawn (2003), Heyes (2000)'in temel modelini bir adım ileri taşımaya rağmen, çevresel makroekonomik dengeyi sağlamaya yönelik önerilerinin başarıyla uygulanması için, hükümetin kirlilik permi sayılarını bu amaca yönelik olarak uygun şekilde belirlemesi gerekmektedir. Benzer şekilde, etkin bir ihale kurumu ve uygun kurumsal düzenlemeler olmaksızın çevresel makroekonomik dengeye yönelik otomatik ayarlama mekanizmaları söz konusu olmayacaktır (Sim, 2006: 402).

Daha önce bahsedildiği üzere Heyes (2000)'e göre, çevre dengesinin de dikkate alındığı durumda makroekonomik denge kendiliğinden sağlanamamakta ve dengenin yeniden sağlanması için para ve maliye politikası araçları ile bir müdahaleye ihtiyaç duyulmaktadır. Sim (2006), Heyes'in bu görüşünü, içsel ayarlama mekanizmalarının var olabileceğini iddia ederek onaylamamaktadır (Decker ve Wohar, 2012: 6–7).

Yoğun kirliliğe neden olan belli bir seviyedeki ekonomik aktivitenin uzun dönemde sürdürülemez olduğunu iddia eden Sim (2006: 402), böyle bir durumun ciddi sağlık problemleri yaratarak emek üzerinde olumsuz etkileri olacağını ileri sürmektedir. Kan ve Diğerleri (2003: 321–323), yaptıkları çalışmada hava kirliliğinin felce bağlı ölüm artışlarına neden olduğunu bulmuşlardır. Bunun yanı sıra artan çevre kirliliğinin neden olduğu düşük sağlık kalitesi, çalışanların verimliliklerini düşürerek iş çevrelerini olumsuz etkilemektedir. Nitekim 1952 yılında Londra'da yaşanan ve yaklaşık 4-5 gün süren yoğun hava kirliliği 4000'den fazla kişinin ölmesine sebep olmuştur (Bell ve diğerleri, 2004: 6). Bir başka dikkat çekici örnek te 1995 yılında Çin ekonomisinde hava ve su kirliliğinin

neden olduğu ölüm ve verimlilik kaybının GSYİH'nin %8'i seviyesinde olduğu hesaplanmıştır (World Bank, 1997: 2).

Sim (2006), çevre kalitesinde yaşanan bozulmaya tepki olarak tüketicilerin kararlarını gözden geçireceğini ve bu yolla piyasalara müdahale olmaksızın çevresel makroekonomik dengenin kendiliğinden gerçekleşebileceğini ileri sürmektedir.

Çevrenin de hesaba katıldığı makroekonomik dengeyi kendiliğinden sağlayan otomatik ayarlama mekanizması çıktı açığı<sup>46</sup> göz önüne alınarak açıklanmıştır.

$$\Delta=Y-Y_s \quad (13)$$

$\Delta$ , çıktı açığını,  $Y$  fiili çıktıyı ve  $Y_s$  sürdürülebilir en yüksek çıktıyı ifade etmektedir. Çıktı açığının farklı değerleri için farklı çıkarımlar söz konusu olabilecektir (Sim, 2006: 402-403).

Örneğin,  $\Delta>0$  olması halinde cari üretim, sürdürülebilir en yüksek çıktıyı aşmaktadır. Bu durumda çevrenin aşırı istihdamı söz konudur. Bu nedenle çevrenin mevcut kalitesinde azalmalar söz konusu olabilecektir. Zarar gören hava ve su kalitesinin neden olduğu sağlık problemleri, azalan görüş açısı nedeniyle işe gidiş gelişlerde yaşanan zaman kaybı iş hayatını olumsuz etkileyebilecektir.

Fiili çıktı düzeyi sürdürülebilir en yüksek çıktının ne kadar üzerinde gerçekleşirse, kötüleşen çevresel standartların toplum üzerindeki maliyetleri de o ölçüde yüksek olacaktır. Refah kaybı ile sonuçlanan bu gelişmeye tepki olarak insanlar tüketimlerini

---

<sup>46</sup> GSYİH açığı ve çıktı boşluğu olarak da adlandırılan çıktı açığı; fiili üretim ile ekonominin mevcut kaynaklarla tam istihdam halinde üretebileceği çıktı arasındaki boşluğun ölçüsüdür (GSYİH açığı= Potansiyel GSYİH-Fiili GSYİH). Ekonomideki mevcut kaynakların tamamının üretime koşulması durumunu ifade eden tam istihdam üretim seviyesi "potansiyel çıktı veya GSYİH" olarak adlandırılır. Fiili çıktı ise, bir ekonomide bir yılda üretilen nihai malların sabit fiyatlarla değerlendirilmesi sonucu elde edilen değerdir. Çıktı ya da GSYİH kendi trend oranı ile büyüyemez. Konjonktür devrelerinin (iş çevrimleri) varlığından dolayı, ekonomi daralma dönemleri yaşarak dip ve genişleme dönemleri yaşayarak zirve yapar. Bu dönemlerde fiili çıktının potansiyel çıktı trendini temsil eden doğru altında veya üzerinde gerçekleşmesi durumunda çıktığı açı söz konusudur. Yüzde oran olarak ifade edilen çıktı açığının pozitif değerleri konjonktürel işsizliğin üretimde yol açtığı kaybı yansıtır. Sim (2006), çalışmasında çıktı açığını ele alırken potansiyel çıktı yerine sürdürülebilir en yüksek çıktı düzeyini kullanmıştır. Bu bağlamda negatif bir çıktı açığı doğal sermayenin aşırı istihdamını göstermektedir.

azaltmaya gidebileceklerdir. Bu gönüllü olarak kolektif bir rasyonel davranış olabileceği gibi, yaşanan sağlık sorunlarından dolayı bir zorunluluk olarak da gerçekleşebilir. Ayrıca, katı mevzuat düzenlemeleri ve kirlilik kontrolleri, somutlaşmış potansiyel yatırımları önleyebilecek ve hatta şirket küçülmeleri tehdidi ortaya çıkabilecektir.  $\Delta > 0$  oldukça planlanan harcamalar, çevrede ve beraberinde emek üzerinde meydana gelen olumsuzlukları gidermek için azaltılabilecektir.

Öte yandan fiili çıktının sürdürülebilir en yüksek çıktının altında kaldığı durumlarda ( $\Delta < 0$ ), toplam talepte meydana gelecek artışlar çevreye ciddi zararlar vermeyebilecektir. Bu sebeple çevre artan ekonomik aktivite sonucu ortaya çıkacak ek kirliliğe uyum sağlayabildiği sürece, planlanan harcamalarda görülecek artışlar çevresel makroekonomik açıdan kabul edilebilir olacaktır. Çıktı açığı sıfırdan küçük olduğu müddetçe uzun dönem toplam talep artış eğiliminde olacaktır. Bu artışların kaynağı hükümetin ekonomiyi teşvik etmesi olabileceği gibi, yabancı yatırımlar ve otonom tüketim ve yatırım harcamalarındaki artışlar da olabilir.

Genişletici maliye politikası sonrası IS eğrisi sağa kayarak, ekonominin çevresel dengenin ötesinde dengeye gelmesine neden olacaktır. Doğal sermayenin aşırı istihdamının söz konusu olduğu böyle bir durumda, Heyes (2000)'e göre çevresel dengeyi yeniden sağlamak için daraltıcı bir para politikasına ihtiyaç vardır. Sim (2006)'ya göre böyle bir durumda para politikasından ziyade içsel nedenlerle denge kendiliğinden sağlanacaktır. Çünkü çevresel girdilerin artışı çevre kalitesini bozacaktır. Hava ve su kalitesinde yaşanan olumsuzluklar ciddi sağlık sorunları yaratabilecek ve insanların yaşam kalitesini düşürecektir. Refah kaybı ile sonuçlanan bu gelişmeye tepki olarak insanlar tüketimlerini azaltmaya gidecektir<sup>47</sup>. Bu tepki nedeniyle IS eğrisi tekrar eski denge noktasına geri gelecektir. IS eğrisinin tekrar eski konumuna gelmesi ile birlikte maliye politikasının daraltıcı bir etkisinin olmadığı görülecektir. Ancak, maliye politikası ekonomi üzerinde olumlu herhangi bir etki de meydana getirmemektedir.

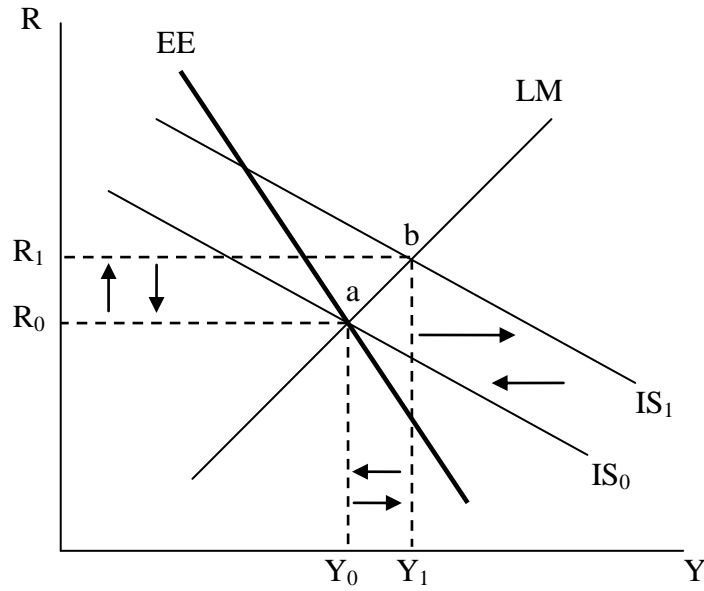
---

<sup>47</sup> Şüphesiz çevre kalitesinde görülen düşüşler neticesinde bireylerin yaşanabilecek refah kayıplarına tüketimlerini azaltarak tepki vermeleri ve çevresel kaliteyi tekrardan yükseltme çabaları gelir ve refah seviyeleri yüksek gelişmiş ülkelerde geçerli olabilecektir. Bu yönüyle düşünüldüğünde çevresel makroekonomik dengeyi sağlamaya yönelik bu tarz içsel otomatik mekanizmanın kabulü, ÇKE'nin geçerliliğinin de kabulü anlamına gelmektedir.

### 3.2.6.1. Maliye Politikası

Sim (2006)'e göre, maliye politikası uzun dönem dengesi üzerinde tek başına bir etkiye sahip değildir. Böyle bir görüş Heyes (2000)'in maliye politikasının çevresel makroekonomik dengeyi etkilediği yönündeki görüşüne karşıdır. Çünkü Heyes (2000)'in modelinde uygulanacak genişletici bir maliye politikası beraberinde bağımsız bir daraltıcı para politikası yardımıyla çevresel makroekonomik denge üzerinde etkiye sahip olabiliyordu.

**Şekil 26: IS-LM-EE Maliye Politikası Sim Yorumu**



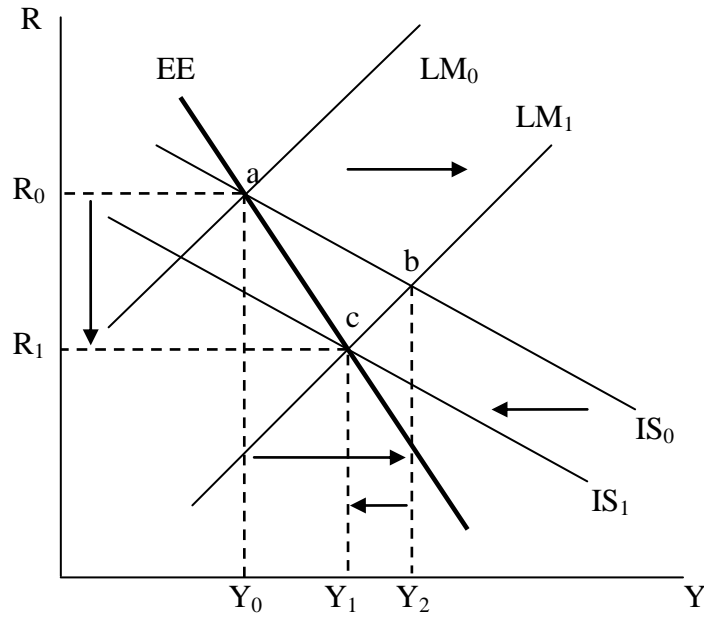
**Kaynak:** Tarafımızca Çizilmiştir.

Uygulanacak genişletici bir maliye politikası sonucu  $IS_0$  eğrisi  $IS_1$  konumuna gelerek ekonomik denge, çevresel dengenin ötesinde gerçekleşecektir (Şekil 26).  $Y > Y_s$  durumunu ifade eden bu milli gelir seviyesi, yoğun kirlilik ve azalan çevre kalitesi nedeniyle toplumsal maliyeti artıracaktır. Kötü çevre kalitesinin sonucu olarak artan sağlık sorunlarına ve yaşam kalitesindeki düşümlere, bireylerin tüketimlerini azaltarak tepki vermeleri, planlanan harcamaları düşürerek IS eğrisinin tekrar eski konumuna gelmesine neden olacaktır. Böylece genişletici maliye politikasının çevresel makroekonomik denge üzerinde herhangi bir etkisi olmayacaktır (Sim, 2006: 403).

### 3.2.6.2. Para Politikası

Genişletici maliye politikasının etkisiz olduğu Sim (2006) yorumunda, uygulanacak genişletici bir para politikası sonrası  $LM_0$  eğrisi sağa kayarak  $LM_1$  konumuna gelecektir. Dolayısıyla ekonominin dengesi a noktasından b noktasına hareket edecektir (Şekil 27).

Şekil 27: IS-LM-EE Para Politikası Sim Yorumu



**Kaynak:** Sim, 2006: 403

Çevresel kısıt göz ardı edildiğinde, standart IS-LM modelinde ekonominin b noktasındaki dengesini sürdürmesi beklenmektedir. Ancak, çevresel denge dikkate alındığında b noktasına karşılık gelen fiili çıktının sürdürülebilir çıktıdan büyük olması söz konusudur ( $Y > Y_s$ ). Negatif çıktı açığının söz konusu olduğu böyle bir durumda, artan kirlilik, kalitesiz çevre koşulları ve düşen yaşam standartları nedeniyle planlanan harcamalar azalma eğilimine girecektir. Bunun sonucu olarak  $IS_0$  eğrisi dışsal bir müdahale olmaksızın kendiliğinden sola kayarak  $IS_1$  konumuna gelecektir. Yeni çevresel makroekonomik denge c noktasında sağlanacaktır. Milli gelir, genişletici para politikası öncesi ilk denge noktasına göre artmış, buna karşın standart IS-LM modelinde ulaşılabilecek seviyeye göre azalmıştır (Şekil 27).

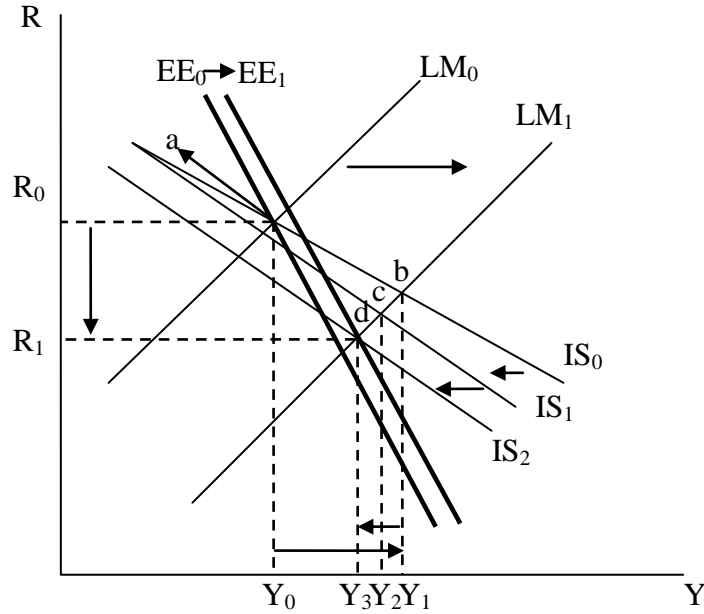


### 3.2.7. Kurumsal Düzenlemeler Altında Maliye ve Para Politikaları

Buraya kadar yapılan maliye ve para politikası uygulamalarında kurumsal parametrenin değişmediği varsayıldı. Kurumsal parametre  $\Lambda$  'de yaşanacak bir iyileşme EE eğrisini sağa doğru kaydırarak çevresel denge aşılmadan daha büyük milli gelir seviyelerine ulaşılmasına olanak sağlayabilecektir (Sim, 2006: 404).

Genişletici para politikası uygulaması sonucu  $LM_0$  sağa kayarak  $LM_1$  konumunu aldığı durumda, hükümetin daha iyi kurumsal düzenlemeleri gerçekleştirmek için gerekli geliri sağlamak amacıyla çıktı üzerine vergi koyabilecektir. Vergi ile birlikte  $IS_0$ , eğrisi önce eğimi artarak  $IS_1$  ve nihayet kötüleşen yaşama standartları nedeniyle bireylerin tüketimlerini azaltmaları sonucu  $IS_2$  konumunu alacaktır (Şekil 28).

**Şekil 28. Kurumsal Düzenlemeler Altında Para ve Maliye Politikası**



**Kaynak:** Sim, 2006: 404'den yararlanılarak çizilmiştir.

Uygulanan genişletici para ve maliye politikaları sonucu ekonomik denge sırasıyla b, c ve d noktalarında gerçekleşecektir. Ulaşılan milli gelir seviyesi ise sırasıyla  $Y_1$ ,  $Y_2$  ve  $Y_3$  olarak gerçekleşecektir. b ve c noktalarına karşılık gelen milli gelir seviyeleri d noktasına karşılık gelen milli gelir seviyesinden daha büyük olmasına rağmen ( $Y_1 > Y_2 > Y_3$ ), çevresel denge göz ardı edilmektedir (Şekil 28).

Bu bağlamda, eğer bir ülke ekonomik genişleme ile beraber yüksek çevre standartları geliştirmez ve yeterli kurumsal düzenlemeleri sağlayamazsa ya da sağlamak istenmezse, kısa dönem üretim seviyesi yüksek düzeylere ulaşabilir. Ancak, böyle bir durumda çevresel denge aşılabacağından, kötüleşen çevresi kalitesi ve düşük verimlilik nedeniyle uzun dönemde ekonomi düşük gelir seviyeleriyle karşı karşıya kalabilecektir. Çevresel denge dikkate alındığında kısa dönem üretim seviyesi düşebilecektir. Buna karşın, uzun dönemde iyileşen çevre koşullarıyla beraber ortaya çıkacak yüksek yaşam standartları toplumun refahını arttırabilecektir.

Uzun dönemde refah üzerinde olumlu bir teşhis ortada olmasına rağmen, büyüme ve kalkınma stratejilerinde genellikle çevre konusu göz ardı edilmektedir. Siyasal tercihler bu konuda önemli bir belirleyici olabilmektedir. Yüksek büyüme ve istihdam seviyelerine ulaşma hedefi kısa dönemde politik sonuçlar verebilecek politikalardır. Ancak çevresel düzenlemeler ve çevre kalitesinin iyileştirilmesi zahmetli ve sonuçları uzun dönemde ortaya çıkan politikalardır. Bu sebeple hükümetler tarafından çevre konusunu ikincil plana itilebilmektedir (Sim, 2006: 404).

## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### 4. İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN EKONOMİK BÜYÜME ÜZERİNE ETKİLERİ: PANEL VERİ ANALİZİ

Bu bölümde iklim değişikliğinin ekonomik büyümeyi ne yönde etkilediği Panel Veri yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmada 1980-2011 dönemine ait veriler kullanılmış olup, çalışma dünya genelini ve 7 alt bölgeyi kapsamaktadır. Araştırmaya geçmeden önce iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini inceleyen çalışmalar literatür taraması altında ayrıntılı olarak sunulmuştur.

#### 4.1. Literatür Taraması

Miguel ve diğerleri (2004), iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini 41 Afrika ülkesi için panel regresyon yöntemi ile analiz etmişlerdir. 1981–1999 dönemini kapsayan çalışmada, iklim değişikliği göstergesi olarak cari (t) yılı yağış büyümesi ile bir önceki yıl (t-1) yağış büyümesi, ekonomik büyüme göstergesi olarak da kişi başına gelir kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca demokrasi, etnik ve dinsel ayrım, petrol ihracatı ve nüfus gibi açıklayıcı değişkenler kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, cari ve bir önceki yıl yağış büyümelerinin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Benzer sonuçlara diğer açıklayıcı değişkenlerin dahil edildiği modellerde de rastlanmıştır. Beş farklı modelin tahmin edildiği çalışmada, bütün modellerde cari yıl yağış büyümesi katsayısının, bir önceki yıl yağış büyümesi katsayısından daha yüksek olduğu görülmüştür.

Dell ve diğerleri (2008), 1950-2003 döneminde iklimsel dalgalanmalar ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 136 ülke için incelemişlerdir. Panel regresyon yönteminin kullanıldığı çalışmada yoksul ve zengin ülke ayrımına gidilmiştir. Veri setinin

ilk yılında medyan değerinin altında kişi başı gelire<sup>48</sup> sahip olan ülkeler yoksul ülkeler olarak tanımlanmıştır. Çalışmada iklim değişikliği nedeniyle görülen iklimsel şokların, yoksul ülkelerde önemli etkilere sahip olduğunu ortaya koyulmuştur. Yapılan hesaplamalar yüksek sıcaklıkların üretim seviyesinden (level of output) ziyade ekonomik büyümeyi etkilediğini göstermektedir. Analiz sonucu elde edilen bulgular yoksul ülkelerde sıcaklıklarda görülecek 1°C'lik bir artışın ekonomik büyümeyi %1,1 azaltacağı yönündedir. Çalışmada yoksul ülkelerde sıcaklığın, ekonomik büyümenin yanı sıra tarımsal ve endüstriyel üretim, yatırımlar, inovasyonlar ve politik istikrar üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu vurgulanmıştır. Elde edilen bulgular, sıcaklıkta on yıl veya daha uzun süreçte görülecek artışların yoksul ülkelerin büyümesi üzerinde önemli derecede negatif etkilere neden olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca yazarlar iklim değişikliği trendinin devam etmesi durumunda fakir ülkelerle zengin ülkeler arasındaki gelir farkının ciddi boyutlarda açılacağını ileri sürmektedirler.

Barrios ve diğerleri (2010), 1960–1990 dönemini kapsayan çalışmalarında yağışların gelişmekte olan ülkelerin ekonomik büyümesi üzerindeki etkisini panel regresyon yöntemi ile analiz etmişlerdir. Analizlerinde 22'si Sahra Altı Afrika ülkeleri olmak üzere toplam 60 ülke kullanılmış ve Sahra Altı Afrika ülkeleri ile bu ülkelerin dışında kalan diğer gelişmekte olan ülkelerin karşılaştırılması yapılmıştır. Çalışmada iklim değişikliği göstergesi olarak yağış anomalisi, ekonomik büyüme göstergesi olarak da kişi başına gelir kullanılmıştır. Tahminlerden elde edilen bulgular, Sahra Altı Afrika ülkelerinde yağışların bu ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığını göstermektedir. Buna karşın, Sahra Altı Afrika dışında kalan gelişmekte olan ülkelerde ise yağışların ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı görülmüştür. Yazarlar Sahra Altı Afrika ülkelerinde 1960 yılındaki yağış trendinin değişmeyeceği varsayımı altına yaptıkları tahminlerinde, yağışların ekonomik büyüme üzerinde önemli katkılar sağlayacağı sonucuna ulaşmışlardır. Aynı çalışmada yağış trendinin değişmediği durumda, Sahra Altı Afrika ülkelerinin diğer gelişmekte olan ülkelerle olan bugünkü kişi başı gelir farklarının da %15–40 arasında azalacağı tespit edilmiştir. Bu sonuç, iklim değişikliğinin ülkelerin ekonomik performansları üzerindeki etkisini ortaya koyması bakımında önemlidir. Çünkü iklim değişikliğinin hissedilebilir

---

<sup>48</sup> Satınalma Gücüne Paritesine göre düzeltilmiş kişi başına gelir (PPP adjusted per capita GDP).

etkileri şiddetli ve sık hava olayları yanında, özellikle dünyanın alçak enlemlerinde artan sıcaklık ve azalan yağış olarak özetlenmektedir. Bu bağlamda yağışlarda görülecek düşüşler, özellikle ekonomileri iklime duyarlı ülke ve bölgelerde ciddi gelir düşüşlerine neden olarak diğer ülkelerle aralarındaki gelişmişlik farkının giderek açılması ile sonuçlanabilecektir.

Bernauer ve diğerleri (2010), iklim değişikliğinin ekonomik büyüme etkisini inceledikleri çalışmalarında, 1950–2004 yıllarını veri dönemi olarak seçmişlerdir. Çalışmada iklim değişikliğinin etkileri dünya geneli ve Afrika ülkeleri özelinde panel regresyon yöntemi ile analiz edilmiştir. Ampirik analiz kısmında demokrasi, nüfus, nüfus artışı, etnik ayrımcılık, kişi başına gelir ve arazi yapısı gibi açıklayıcı değişkenler kullanılmıştır. Ayrıca iklim değişikliği göstergesi olarak yağış ve sıcaklık değişkenlerinin farklı biçimleri modele dahil edilmiştir. Bunlar; standardize edilmiş yağış indeksi SPI6, sıcaklık ve yağışın otuz yıllık hareketli ortalaması ile sıcaklık ve yağışın yıllık büyüme oranlarıdır. Analizden elde edilen bulguların neticesinde, SPI6 indeksinin gerek dünya geneli gerekse de Afrika ülkelerinde ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna varılmıştır. Benzer şekilde yağışın hareketli ortalamasının ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin iki grup için istatistiksel olarak anlamsız olduğu tespit edilmiştir. Analiz sonuçları, sıcaklığın hareketli ortalamasının Afrika’da ekonomik büyümeyi olumsuz etkilediğini, dünya genelinde ise ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir etki meydana getirmediğini ortaya koymaktadır. Bu bağlamda yüksek sıcaklıklar Afrika ülkelerinde düşük ekonomik büyümeye neden olmaktadır. Yazarlar farklı iklim verilerinin, bölgelerde farklı sonuçlar verdiğine değinerek, iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin analizinde, iklim değişikliğinin nasıl tanımlandığının, hangi dönemler için ve hangi örneklem grubuyla çalışıldığının önemini vurgulamışlardır.

Brown ve diğerleri (2010), 181 ülkeyi kapsayan çalışmalarında 1961-2003 dönemi için iklimsel değişkenlerin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini panel regresyon yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına gelir, iklimsel değişkenler olarak sıcaklık, sıcaklığın gecikmeli değeri, yağış miktarını temsilen ağırlıklandırılmış standardize yağış anomalisi WASP indeksi ve WASP indeksinin gecikmeli değeri kullanılmıştır. Yazarlar ayrıca çalışmada iklim değişikliğinin

endüstriyel ve tarımsal çıktılar üzerindeki etkilerini de analiz etmişlerdir. Sonuçlar, iklim değişikliğinin ülkelerin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğunu ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgulara göre, yağışla ilgili yaşanan ekstrem durumların (aşırı yağış-WASP+1 ve kuraklık-WASP-1) ekonomik büyüme üzerinde sıcaklıktan daha baskın iklimsel değişken olduğunu göstermiştir. Bu bağlamda ortalama yağıştan düşük (WASP-1) ve yüksek yağış (WASP+1) miktarları, ekonomik büyüme üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkiye sahiptir. Benzer şekilde WASP değişkenlerinin gecikmeli değerleri de ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve negatif bir etkiye sahiptir. Analizden elde edilen sonuçlar WASP+1'in ekonomik büyüme üzerindeki olumsuz etkisinin WASP-1'in ekonomik büyüme üzerindeki olumsuz etkisinden daha fazla olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum sellerin mevcut alt yapıya ciddi zararlar vererek bunun gelecek dönemlerde de ekonomik büyümeyi negatif etkilediğini göstermektedir. Sıcaklık değişkeninin kendisi ve gecikmeli değerleri ise ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur.

Brown ve diğerleri (2011), Sahra Altı Afrika ülkelerinde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 1962-2003 yılları için yatay kesit regresyon ve 1975-2003 yılları için ise panel regresyon yöntemiyle analiz etmişlerdir. İklim değişikliği göstergesi olarak sıcaklık, yağış ve WASP kullanılmıştır. Ekonomik büyüme göstergesi olarak ise kişi başına gelir kullanılmıştır. Her iki modelde de sıcaklığın ekonomik büyüme üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi tespit edilmişken, yağışın ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisine rastlanmamıştır. Öte yandan sıcaklık ve yağış verilerinin birlikte kullanıldığı modelde her iki değişken de istatistiksel olarak anlamsız bulunmuştur. WASP (-1) ve WASP (-2) değişkenlerinin ise ekonomik büyüme üzerinde negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. WASP'ın pozitif değerleri ise istatistiksel olarak anlamsızdır. Panel regresyon analizi sonuçları göre sıcaklığın, yağışın ve WASP'ın negatif değerlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi yatay kesit regresyon sonuçları ile uyumludur. Buna karşın WASP (+1) değişkeninin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Mobolaji ve diğerleri (2011), 2006-2007 yıllarına ait verileri kullanarak panel veri yöntemi ile iklim değişikliğinin 45 Sahra Altı Afrika ülkesinde ekonomik gelişme

üzerindeki etkisi incelenmişlerdir. 2006–2007 dönemine ait verilerin kullanıldığı çalışmada ekonomik gelişme göstergesi olarak kişi başına gelirin büyüme oranı, iklim değişikliği göstergesi olarak da CO<sub>2</sub> emisyonları kullanılmıştır. Analiz sonuçlarına göre, CO<sub>2</sub> emisyonlarının ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Artan endüstriyel büyümenin ekonomik büyümeyi arttıracaklarını savunan araştırmacılar endüstriyel büyümenin daha fazla enerji girdisi kullanımına sebep olduğunu ve bunun da CO<sub>2</sub> emisyonlarını arttırdığını ileri sürmüşlerdir. Burada belirtilmesi gereken nokta, CO<sub>2</sub> emisyonlarının insan kaynaklı iklim değişikliğinin en önemli nedeni olduğu göz önüne alındığında, bu emisyonların ekonomik büyüme üzerindeki pozitif etkisi iklim değişikliği bağlamında bir çelişki oluşturduğudur.

Akram (2012), 1972–2009 döneminde 10 Asya ülkesi için sıcaklık ve yağış değişkenlerini kullanarak iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini analiz etmiştir. Beşeri sermaye, nüfus artışı ve şehirleşme gibi diğer açıklayıcı değişkenlerin kullanıldığı panel veri analizinde, sıcaklık değişkeninin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif bir etkisinin olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın yağış değişkeninin ekonomik büyüme üzerinde pozitif ve istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olduğu görülmüştür. Sıcaklık ve yağış değişkenlerinin beraber ele alındığı modelde, sıcaklık katsayısının yağış değişkeni katsayısından daha büyük olduğu sonucuna ulaşan Akram, yağışın pozitif etkisine rağmen 10 Asya ülkesinde iklim değişikliğinin, ekonomik büyüme üzerinde olumsuz bir etki meydana getirdiğini belirtmektedir.

Ali (2012), 1961–2008 dönemi için Etiyopya’da iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini Johansen- Jeselius eşbütünleşme yöntemi ile analiz etmiştir. Ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına gelirin kullanıldığı çalışmada, açıklayıcı değişkenler olarak yıllık yağış, yıllık yağışın karesi ve yağışın yıllık sapması gibi iklim değişkenlerinin yanında emek sermaye oranı ve emek toprak oranı modele dahil edilmiştir. Analiz bulguları uzun dönemde değişkenler eşbütünleşik olduğunu göstermektedir. Elde edilen uzun dönem katsayılarına göre, yıllık yağış miktarı ekonomik büyümeyi pozitif; yağışın karesi ve yağış sapması ise negatif yönde etkilemektedir. Kısa dönemde ise yağış ile ekonomik büyüme arasında pozitif; yağışın karesi ve sapması ile ekonomik büyüme arasında negatif yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Sonuç olarak normalden

sapmalar yani aşırı ve/veya normalin altındaki yağış miktarları ekonomik büyümeyi negatif yönde etkilemektedir.

Dell ve diğerleri (2012), panel regresyon yöntemini kullanarak 1950–2003 dönemi için 125 ülkede iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini analiz etmişlerdir. İklim değişikliği göstergesi olarak yıllık yağış ve sıcaklık verilerinin kullanıldığı çalışmada, yoksul ve zengin ülke ayrımına gidilmiştir. Veri setinin ilk yılında medyan değerinin altında kişi başı gelire sahip olan ülkeler yoksul ülkeler olarak tanımlanmıştır. Ayrıca alternatif modellerde Sahra Altı Afrika ve Sahra Altı Afrika ülkeleri dışındaki ülkeler karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Analizden elde edilen bulgular, 125 ülke için sıcaklığın ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmadığını, buna karşın yoksul ülkelerde sıcaklığın istatistiksel olarak anlamlı olduğunu ve ekonomik büyümeyi negatif etkilediğini göstermektedir. Yoksul ülkelerde istatistiksel olarak anlamsız bulunan yağış değişkeninin diğer ülkelerin ekonomik büyümesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif yönde etkisi olduğu tespit edilmiştir. Sahra Altı Afrika ülkelerinde ise sıcaklık ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Sıcaklık değişkenine ait katsayılar incelendiğinde, Sahra Altı Afrika ülkelerinde sıcaklığın ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisinin, bu ülkeler dışındaki yoksul ülkelere daha büyük olduğu görülmüştür. Bu durum bölgenin iklim değişikliğine duyarlılığının yüksek, buna karşın iklim değişikliğine uyum kapasitesinin düşük olmasının bir sonucudur. Ayrıca analiz sonuçları Sahra Altı Afrika bölgesinin iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölge olacağı görüşünü desteklemektedir. Yıllık yağış miktarının ise Sahra Altı Afrika ülkelerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi bulunmamıştır.

Oduola ve Abidoye (2012), panel regresyon analizi ile 34 Afrika ülkesinde iklim değişikliği ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi incelemiştir. İklim değişikliği göstergesi olarak sıcaklık değişkeninin kullanıldığı analizde; kişi başına gelir, nüfus artışı, yatırımların GSMH içindeki payı, okullaşma oranı ve hayat beklentisi de diğer açıklayıcı değişkenler olarak kullanılmıştır. 1961–2000 ve 1961-2009 dönemlerine ait verilerin kullanıldığı çalışmada, iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak anlamlı ve negatif olduğu tespit edilmiştir. Buna göre, 1961–2000 döneminde sıcaklıklardaki 1 °C'lik artış ekonomik büyümeyi %41 azaltırken, 1961–2009 dönemi için ise %27 seviyesinde azaltmaktadır. Araştırmacılar dönemler arasında ortaya



çıkan bu farklılığın, 2000’li yıllardan sonra Sahra Altı Afrika bölgesinin iki büyük ekonomisine sahip Güney Afrika ve Nijerya ülkelerinin iklim değişikliği alanındaki çabaları ile açıklamaktadırlar.

Fairbrother ve Dixon (2013), 1950-2009 dönemi için iklim değişikliği nedeniyle nispeten daha soğuk ülkelerin sıcak ülkelere göre yüksek bir ekonomik performans gösterdiğine yönelik literatürde var olan görüşü test etmişlerdir. Ayrıca çalışmada ülkelerin nispeten soğuk ve sıcak bölgeleri arasında ekonomik performans açısından bir farklılığın olup olmadığı da araştırılmıştır. Çalışmada 164 ülkeye ait sıcaklık ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki panel regresyon analizi ile test edilmiştir. Elde edilen bulgular, sıcak ülkelerin daha sıcak ve daha soğuk bölgeleri arasındaki büyüme oranlarında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark bulunamamıştır. Buna karşın, 1990 yılından sonra soğuk ülkelerin sıcak bölgelerinin soğuk bölgelerine göre daha hızlı bir oranda büyüdüğü tespit edilmiştir. Ancak elde edilen bu bulgu, toplam GSYİH ve nüfus açısından geçerli iken, kişi başına gelir açısından geçerli değildir. Soğuk ülkelerde nüfus artışının sıcaklıktan pozitif yönde etkilenmesinin böyle bir sonuca yol açtığı söylenebilir. Öte yandan küresel ısınma süreci ile birlikte iklim değişikliği devam ettikçe soğuk ülkelerdeki sıcak ve soğuk bölgeler arasındaki büyüme performansları tersine dönebilecektir. Şöyle ki; iklim değişikliği süreci devam ettikçe sıcak bölgeler daha sıcak ve soğuk bölgeler ise daha ılıman bölgelere dönüşerek bugün sıcak olan bölgelerdeki büyüme oranları soğuk bölgelere göre azalabilecektir. Sonuçlar, daha sıcak ortalama sıcaklık değerlerinin soğuk ülkelere bazı katkılar sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak yazarlara göre, zaman içinde iklim değişikliğinin diğer maliyetleri göz önüne alındığında bu katkılar nispeten önemsiz kalabilecektir.

Waldinger (2013), çalışmasında uzun dönemli iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini panel veri yöntemi ile analiz etmek için “*Küçük Buzul Çağı*” Avrupa’sını ele almıştır. 1500–1750 dönemini kapsayan çalışmada, nüfusu 5000’den fazla olan 2115 şehir için analiz yapılmıştır. İklim değişikliğinin göstergesi olarak sıcaklık değişkeni kullanılmış olup, ekonomik büyümeyi temsilen şehir büyüklüğü seçilmiştir. Analiz sonuçlarına göre Avrupa’nın günümüze göre soğuk olduğu 1500-1750 döneminde sıcaklıklar ile şehir büyüklüğü yani ekonomik büyüme arasında istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Yazar, iklim değişikliğinin etkilerinin farklı iklim

kuşaklarına göre değişebileceğinden hareketle, şehirleri sıcak ve soğuk iklim bölgelerine ayırmıştır. Buna göre; Avrupa'nın güneyindeki kurak ve sıcak şehirlerdeki ekonomik büyüme iklim değişikliğinden negatif, kuzeyindeki soğuk ve serin şehirler ise pozitif yönde etkilenmektedir. Ayrıca çalışmada, ticaret merkezlerine uzak ve ekonomisi tarıma dayalı küçük şehirlerin iklim değişikliğinden daha çok etkilendiği ortaya konulmuştur. Çalışmada elde edilen bulguların IPCC'nin iklim değişikliği öngörülleri ile uyumlu olduğu vurgulanmıştır.

Alagidede ve diğerleri (2014), 27 Sahra Altı Afrika ülkesinde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini 1960–2009 dönemi için panel ARDL yöntemi ile analiz etmişlerdir. Çalışmada ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başı gelir, iklim değişikliği göstergeleri için ise yağış ve sıcaklık değişkenleri kullanılmıştır. Çalışmada ayrıca toplam işgücü, yatırım oranları, açıklık, finansal gelişmişlik ve doğrudan yabancı sermaye yatırımları gibi açıklayıcı değişkenler de kullanılmıştır. Analizlerden elde edilen bulgular sonucunda, kısa dönemde ekonomik büyüme ile sıcaklıklar arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilirken, yağışların kısa dönemde ekonomik büyüme üzerinde bir etkisinin bulunmadığı saptanmıştır. Uzun dönemde ise yağışların ekonomik büyüme üzerinde anlamlı ve negatif bir etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Araştırmacılar ayrıca, iklim değişkenleri ile ekonomik büyüme arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğu ve “muhtemel eşik etkisi (threshold effect)” varsayımından hareketle sıcaklık ile yağış değişkenlerinin karesel formlarını da modele dahil ederek doğrusal olmayan bir analiz gerçekleştirmişlerdir. Analizden elde edilen bulgular, uzun dönemde sıcaklıkla ekonomik büyüme arasında “ters U” şeklinde bir ilişki olduğu yönündedir. Buna göre; sıcaklıklar belli bir eşığe kadar ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken, belli bir sıcaklık değerinden sonra negatif etkilemektedir.

Lanzafame (2014), 32'si Sahra Altı Afrika ve 4'ü de Kuzey Afrika ülkeleri olmak üzere toplam 36 ülke için panel ARDL yöntemi ile sıcaklık ve yağış değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini kısa ve uzun dönem için analiz etmiştir. 1962–2000 döneminin incelendiği çalışmada, ekonomik büyüme göstergesi olarak kişi başına gelir kullanılmıştır. Çalışmada başlıca dört tahmin yöntemi uygulanmıştır. Bu yöntemler; ortalama grup tahmincisi (MG), ortak ilişkili etkiler tahmincisi (CCE), ortak ilişkili etkiler ortalama grup tahmincisi (CEMG), genişletilmiş ortalama grup tahmincisi (AMG). MG

tahmin yöntemine göre, 36 Afrika ve Sahra Altı Afrika ülkelerinde sıcaklığın büyüme üzerinde istatistiksel olarak herhangi bir anlamlı etkisine rastlanılmamıştır. Buna karşın yağışın kısa ve uzun dönemde ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. CCEP ve AMG tahmin yöntemi sonuçlarına göre, 36 Afrika ülkesinde sıcaklığın ekonomik büyüme üzerinde kısa ve uzun dönemde istatistiksel olarak anlamlı ve negatif etkisi olduğu tespit edilirken, yağışların ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. CCEMG tahmin yöntemi sonuçlarına göre ise sıcaklığın ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin diğer tahmin yöntemleri ile elde edilen sonuçlarla uyumlu olduğu, yağışın ise ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Sahra Altı Afrika ülkelerinde ise CCEP ve AMG tahmin yöntemi sonuçlarına göre sıcaklığın kısa ve uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde negatif etkisi olduğu, yağışın kısa dönemde anlamsız uzun dönemde ise ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4.2. Ekonometrik Yöntem

İklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisini test etmeyi amaçlayan bu araştırmada birden fazla ülke ve bu ülkelere ait yıllık veriler bulunduğundan panel veri analizi kullanılmıştır. Panel veri analizi, kısaca ülkeler, firmalar ve hane halkları gibi yatay-kesit birimlerinin çeşitli zamanlara ait gözlem değerlerinin bir araya getirilmesini ifade etmektedir (Baltagi, 2008: 1). Bu nedenle panel veri seti, serilerin hem yatay kesit hem de zaman boyutunu içermektedir. Panel veri denklemi en basit şekliyle şöyle ifade edilebilir (Baltagi, 2008: 13):

$$Y_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \varepsilon_{it} \quad (1)$$

$i:1,\dots,N; \quad t=1,\dots,T$

(1) numaralı denklemde  $i$ , ülkeleri, firmaları ya da bireyleri yani panelin yatay-kesit kısmını;  $t$  ise zamanı yani panelin zaman serisi kısmını göstermektedir. (1) numaralı denklemde;

$Y_{it}$  :  $i$ 'nci ekonomik birimin  $t$  dönemindeki bağımlı değişkeninin değeri,

$X'_{it}$  : i'nci ekonomik birimin t dönemindeki bağımsız değişkenin değerleri,  
 $\varepsilon_{it}$  : normal dağılım ve standart hata özelliği gösteren i'nci ekonomik birimin t dönemindeki hata terimidir [ $\varepsilon_{it} \sqcup \text{iid} (0, \sigma^2)$ ].

Bir panelde N sayıda ekonomik birim ve her birime ait T sayıda zaman gözlemi bulunmaktadır. Yatay-kesit ve zaman boyutlarının paneli oluşturabilmesi için  $N > 1$  ve  $T > 1$  koşulu sağlanmalıdır. Her yatay-kesit biriminin aynı gözlem sayısı söz konusu iken dengeli panelden, farklı gözlem sayıları söz konusu ise dengesiz panelden söz edilmektedir. Ayrıca, panelin yatay-kesit boyutu zaman boyutundan daha büyük ( $N > T$ ) ise kısa panel, zaman boyutu yatay-kesit boyutundan büyük ise ( $T > N$ ) uzun panel söz konusudur (Gujarati ve Porter, 2009: 593).

Asteriou ve Hall (2007: 345)'a göre, basit doğrusal panel veri modelleri üç farklı modelle tahmin edilebilir. Birincisi, Havuzlanmış En Küçük Kareler (EKK) yöntemi (Pooled OLS) diye de adlandırılan ortak sabit yöntemidir. İkincisi, Sabit Etkiler Modeli'dir. Bu model, ülkelerin bireysel etkilerinin bağımsız değişkenlerle ilişkili olduğunu varsaymaktadır. Üçüncüsü ise, Tesadüfi Etkiler Modeli'dir. Bu model ise, ülkelerin bireysel etkilerinin bağımsız değişkenlerle ilişkili olmadığını varsaymaktadır.

#### 4.2.1. Havuzlanmış En Küçük Kareler Yöntemi

Havuzlanmış EKK, verilerin yatay-kesit ve zaman boyutunu ihmal ederek EKK yöntemiyle tahmin yapmakta ve bütün yatay-kesitler için tek bir ortak sabit katsayı tahmin etmektedir (Gujarati ve Porter, 2009: 593). Bu yöntem, tahmin edilen yatay kesitler arasında farkın olmadığını varsaymakta ve veri setinin analizin başında homojen olduğu kabul edildiğinde uygulanabilmektedir. Bu nedenle ülkelerin bireysel farklılıklarını test etmeye imkân vermemektedir. Bu yöntem, birim veya zaman etkilerinin olmadığı, sabit ve eğim parametrelerinin sabit olduğu varsayımları altında tahmin yapmaktadır (Tatoğlu, 2012: 40). Basit bir Havuzlanmış EKK Modeli şöyle yazılabilir (Gujarati ve Porter, 2009: 594):

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + u_{it} \quad (2)$$

$$i=1,\dots,N; \quad t=1,\dots,T$$

Bu denkleme göre NxT sayıda gözlem hep birlikte bir araya getirilerek havuzlanır. Bütün yatay kesit birimleri için regresyon katsayılarının aynı olduğu varsayılmaktadır. Bu varsayıma göre, N tane yatay kesit birimi arasında hiçbir fark yoktur.

#### 4.2.2. Sabit Etkiler Modeli

Sabit Etkiler Modeli, ülkeler, firmalar ya da bireyler arasındaki bireysel farklılıkların, sabit terimdeki farklılıklardan yakalanabileceğini varsaymaktadır. Böylece her bir yatay kesitin “bireyselliklerini” dikkate almak amacıyla her bir birim için sabit katsayıların farklı, buna karşılık eğim katsayılarının aynı olmasına izin verilmektedir. Yani modelde N kadar sabit terim söz konusudur. K değişkenli bir Sabit Etkiler Modeli şöyle yazılabilir (Asteriou ve Hall, 2007: 345).

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \varepsilon_{it} \quad (3)$$
$$i=1,\dots,N; \quad t=1,\dots,T$$

Bu eşitlikte yalnızca sabit terim ( $\alpha_i$ ) değişmekte ve sabit terim zamana göre değil, kesit bazında farklılıklar göstermektedir. Her bir grup için farklı sabitlere izin verebilmek amacıyla modele kukla değişkenler eklendiğinden, sabit etkiler tahmincisine kukla değişkenli EKK (Least Squares Dummy Variables-LSDV) yöntemi de denilmektedir. Kukla değişkeni eklendiğinde K değişkenli Sabit Etkiler Modeli şu şekilde yazılabilir (Asteriou ve Hall: 2007: 346) :

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \gamma_2 D_{2i} + \gamma_3 D_{3i} + \dots + \gamma_n D_{ni} + \varepsilon_{it} \quad (4)$$
$$i=1,\dots,N; \quad t=1,\dots,T$$

Bu denklemde, her bir ülkenin bireysel etkileri  $D_2, D_3, \dots, D_n$  gibi kukla değişkenler tarafından temsil edilmekte olup,  $\alpha_i$  denklemin ortak sabit terimini göstermektedir. Denklemdaki kukla değişken sayısı, çoklu doğrusal bağlantı sorununa yol açmaması için (N-1) tane olmalıdır.

### 4.2.3. Tesadüfi Etkiler Modeli

Sabit Etkiler Modeli, bireysel farklılıkların ölçümünde kullanışlı bir temel model olmasına rağmen, yatay kesit sayısının (N) çok büyük olması durumunda her bir birey için ( $\alpha_i$ )'lerin hesaplanması modelin serbestlik derecesini azaltmaktadır. Tesadüfi Etkiler Modeli ise, sabit etkiler modelinin aksine bireysel ve zaman etkilerinin bağımsız değişkenlerle ( $X_i$ ) ilişkili olmadığını varsaydığından, denklemde ( $\alpha_i$ )'ler her bir birey için hesaplanmamakta ve serbestlik derecesi de yüksek çıkmaktadır. Bu modelde ülkelerin, firmaların veya bireylerin bireysel etkileri birbirinden farklıdır. Çünkü modelde yer alan bireyler büyük bir ana küleden tesadüfi seçilmişlerdir. Dolayısıyla bireysel farklılıklar da tesadüfi olacaktır. Tesadüfi etkiler modeli şu şekilde ifade edilmektedir (Asteriou ve Hall, 2007: 348):

$$Y_{it} = \alpha_i + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + \varepsilon_{it} \quad (5)$$
$$\alpha_i = \alpha + \mu_i \text{ ve } \mu_i \sim iid(0, \sigma_\mu^2)$$

Tesadüfi etkiler modelinin hata terimi sabit etkiler modelinin hata teriminden farklı olarak ( $\varepsilon_{it} + \mu_i$ ) şeklindedir. Burada  $\varepsilon_{it}$  tüm hataları gösterirken,  $\mu_i$  bireysel farklılıklar nedeniyle ortaya çıkan hataları göstermektedir. Dolayısıyla denklem şu şekilde yeniden yazılabilir:

$$Y_{it} = \alpha + \beta_1 X_{1it} + \beta_2 X_{2it} + \dots + \beta_K X_{Kit} + (\varepsilon_{it} + \mu_i) \quad (6)$$

Panel veri analizinin çözümünde sabit etkiler ya da tesadüfi etkiler modellerinin hangisinin kullanılacağına karar vermede teorik ve ampirik açıdan farklı yaklaşımlar ortaya konulmuştur. Teorik yaklaşıma göre, belirli bir grubun tüm üyelerinin modele dahil edildiği durumlarda örneğin, OECD ülkelerinin tamamının yer aldığı bir modelde sabit etkiler modeli kullanılmalıdır. Bunun dışındaki durumlar için ise örneğin OECD ülkelerinden bazılarının rastgele seçilerek analize dâhil edilmesi durumunda tesadüfi etkiler modeli kullanılmalıdır (Baltagi, 2008: 14-21).

Ampirik yaklaşım göre ise, her iki model arasında tercih yapabilmek için Hausman Testi kullanılmaktadır. Hausman (1978), sabit etkiler modeli parametre tahminçileri ile tesadüfi etkiler modelinin parametre tahminçileri arasındaki farkın istatistiksel açıdan anlamlı olup olmadığını incelemektedir. Hausman test istatistiği, “Tesadüfi Etkiler Tahminçisi Doğrudur” sıfır hipotezi altında k serbestlik dereceli ki-kare dağılımının göstermektedir.

$$H_0 : cov(\mu_i, X_i) = 0$$

$$H_1 : cov(\mu_i, X_i) \neq 0$$

Hausman Testi sonucunda  $H_0$  hipotezi reddedilirse tesadüfi etkiler modelinin GLS tahminçisi tutarsız, sabit etkiler modelinin LSDV tahminçisi ise tutarlı ve etkindir. Bu nedenle modelde LSDV tahminçisi kullanılır.  $H_0$  hipotezi reddedilemezse tesadüfi etkiler modelinin GLS tahminçisi tutarlı, etkin ve yansızdır. Bu durumda LSDV tahminçisi de tutarlı, ancak etkin değildir. Bu nedenle modelde GLS tahminçisi kullanılır (Wooldrige, 2002: 450).

Teorik yaklaşımı savunanlar, Hausman testinin bir içsellik sınaması olduğunu ve bireysel etkilerle açıklayıcı değişkenler arasında ilişki olmadığını test ettiğini ifade etmektedirler. (Maddala ve Lahiri, 2009: 589)’a göre, Hausman testi genellikle modelin sabit etkilere göre mi yoksa tesadüfi etkilere göre mi çözülmesi gerektiğine karar vermekte kullanılmaktadır. Oysaki bu test, bu hipotezi sınamamaktadır. Sabit etkiler modelinde  $\mu_i$ ’lerde rastsallık olmadığından içsellik problemi ortaya çıkmaz. Hausman testi, modelin tesadüfi etkiler modeli olarak belirlenmesinden sonra, sabit etkiler tahminçisi LSDV ya da tesadüfi etkiler tahminçisi GLS arasında karar vermek için yapılır. Bu durumda model hala tesadüfi etkiler modelidir. Ancak tahminci,  $H_0$  hipotezinin reddedilmesine veya reddedilememesine göre sabit veya tesadüfi etkiler tahminçisi olabilmektedir. Çalışmada kullanılan yöntemin belirlenmesinde gerek teorik gerekse de ampirik bulgulardan yararlanılmıştır.

### 4.3. Veri Seti

Araştırmada iklim değişikliğinin ülkelerin ekonomik büyümelerine etkisinin olup olmadığı analiz edilmiştir. Bu bağlamda kurumsal, ekonomik ve iklimsel değişkenler araştırmada kullanılmıştır. Araştırma 1980–2011 dönemini ve 7 farklı bölgede 94 ülkeyi kapsamaktadır. Araştırmada kullanılan değişkenler ve bu değişkenlerin alındığı kaynaklar Tablo 12’de sunulmuştur.

Modellerde bağımlı değişken olan ekonomik büyümeyi temsilen kişi başına düşen gelir (GDPPC); açıklayıcı değişkenler olarak ise sabit sermaye yatırımlarının GSYİH’ya oranı (FCGDP), kamu harcamalarının GSYİH’ya oranı (GOVGDP), doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının GSYİH’ya oranı (FDI), nüfus büyümesi (POPGR), ihracat ve ithalat toplamının GSYİH’ya oranı (OPEN), kişi başına beşeri sermaye (HC), demokrasi endeksi (DEMO), yıllık toplam yağış miktarı (PRE), yıllık ortalama sıcaklık (TEM), sıcaklık oynaklığı (MAT3) ve yağış oynaklığı (MAP3) kullanılmıştır.

**Tablo 12: Veri Seti**

Değişken	Açıklama*	Temin Edilen Kaynak
GDPPC	Kişi Başına Gelir	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
FCGDP	Sabit Sermaye Yatırımlarının GSYİH’ya Oranı	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
GOVGDP	Kamu Harcamalarının GSYİH’ya Oranı	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
FDI	Doğrudan Yabancı Sermaye Yatırımlarının GSYİH’ya Oranı	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
POPGR	Nüfus Büyüme Oranı	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
OPEN	İhracat ve İthalat Toplamının GSYİH’ya Oranı	Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)
HC	Kişi Başına Beşeri Sermaye	Penn World Table Version 8.0 (PWT8.0)
DEMO	Demokrasi Endeksi	INSCR Data Page Polity IV Datasets
PRE	Yıllık Toplam Yağış	Climatic Research Unit (CRU) CRU_CY_3.21
TEM	Yıllık Ortalama Sıcaklık	Climatic Research Unit (CRU) CRU_CY_3.21
MAT3	Sıcaklık Oynaklığı	Yazar Tarafından Hesaplanmıştır
MAP3	Yağış Oynaklığı	Yazar Tarafından Hesaplanmıştır

\*GDPPC, 2005 fiyatlarıyla bin USA \$. LFCGDP, LGOVGDP, FDI GSYİH’ya %oran şeklindedir.

GDPPC, FDI, LGOVGDP, LFCGDP, LOPEN ve POPGR değişkenlerinin Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI)’ ndan temin edildiği araştırmada LHC değişkeni, PWT8.0 veri setinden alınmış olup, Feenstra ve diğerleri (2013) tarafından hesaplanmıştır.



LDEMO değişkeni, Polity IV Project veri setinden temin edilmiştir. Demokrasi göstergesi 1–10 arasında değerler almaktadır. 10 çok güçlü bir demokratik sistemin mevcut olduğunu belirtmektedir. Veri setinde bulunan -66, -77 ve -88 değerleri sırasıyla yönetim sisteminin kesintiye uğradığı dönem, hükümetin olmadığı anarşi dönemini ve sistemler arası geçiş dönemlerini göstermektedir.

Amerika Ulusal Havacılık ve Uzay Dairesi'ne (National Aeronautics and Space Administration [NASA]) ve Uluslararası Jeosfer ve Biosfer Programı'na (International Geosphere and Biosphere Programme [IGBP]) göre atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu, ortalama yüzey sıcaklığı, deniz suyu seviyesi ile deniz ve kara buzullarının kalınlığı; IPCC göre ise sıralanan değişkenlere ek olarak yağış rejimi iklim değişikliğinin göstergeleri olarak kabul edilmektedir. Bu değişkenlerden deniz suyu seviyesi ile buzul kalınlığı, kıyı şeridi olmayan ülkeler için mevcut olmaması nedeniyle araştırma dışında bırakılmıştır. Ayrıca atmosferdeki CO<sub>2</sub> yoğunluğu ekonomik büyümenin nedeni ve sonucu olması nedeniyle araştırmaya dahil edilmemiştir. Böylelikle muhtemel içsellik (endogeneity) sorunundan kaçınılmak istenmiştir. Bu doğrultuda literatürdeki mevcut çalışmalar dikkate alınarak yıllık ortalama yüzey sıcaklığı ile yıllık ortalama yağış miktarı iklim değişikliği göstergesi olarak kullanılmıştır.

Yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık toplam yağış verileri Climatic Research Unit (CRU) of University of East Anglia CRU\_CY\_3.21 veri setinden temin edilmiştir. Veri seti 1901–2012 dönemini kapsamaktadır. Ancak araştırmada 1980–2011 dönemi verileri kullanılmıştır. CRU\_CY\_3.21 veri seti 289 ülkeyi içermektedir. Her bir ülkeye ait sıcaklık ve yağış verileri aylık, mevsimlik ve yıllık olarak verilmektedir. Yıllık sıcaklık verisi aylık sıcaklık verilerinin ortalaması alınarak hesaplanmıştır. Yıllık yağış miktarı ise aylık yağış miktarlarının toplanmasıyla oluşturulmuştur. İklimsel veriler 0,5\*0,5<sup>49</sup> derecelik iki enlem ve boylam arasındaki karesel alan için hesaplanmaktadır. Sıcaklığın ölçü birimi santigrat derece (°C), yağışın ölçü birimi milimetre (mm)'dir. Yıllık sıcak ve yağış değişiklerinin 3'er yıllık hareketli ortalaması alınarak MAT3 ve MAP3 serileri elde edilmiş olup, ilgili değişkenlerin oynaklığındaki değişmelerin etkisini ölçmek için modele dahil edilmiştir.

---

<sup>49</sup> Yaklaşık 55km\*55km sayısal nokta aralığını ifade etmektedir.

#### 4.4. Ekonometrik Model ve Analiz Sonuçları

İklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerinin belirlenmesinde bölgelere ait birçok ülke ve ülkelere ait birçok yıllık değişken bulunduğundan panel veri analizi kullanılmıştır. İklim değişikliği kısaca iklim elemanlarının on ve daha uzun yıllar içinde ortalama değerlerinde görülen değişimler olarak ifade edilmektedir. DMÖ'ne göre bu zaman aralığı 30 yıl kabul edilmektedir. Bu nedenle araştırma 32 yıllık 1980–2011 dönemini kapsamaktadır. İklim değişikliğinin etkilerinin dünyanın farklı bölgelerinde farklı olacağı varsayımından hareketle ülkeler bölgelere ayrılarak analiz edilmiştir. Bu bağlamda araştırmada 7 farklı bölge ve dünya geneli analize dahil edilmiştir. Ülkelerin sınıflandırılmasında Dünya Bankası Veri Tabanı (WDI) bölgesel sınıflandırması esas alınmıştır. WDI sınıflandırmasına göre ülkeler şu bölgelere ayrılmıştır; Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Güney Asya, Kuzey Amerika, Latin (Güney) Amerika, Orta Doğu ve Sahra Altı Afrika. 132 ülke araştırmaya konu edilmiş, ancak veri eksikliği nedeniyle 94 ülke analizlerde kullanılmıştır. Araştırmada Bernauer ve diğerleri (2010) ve Akram (2012) tarafından kullanılan modeller esas alınarak araştırmaya uygun 6 model oluşturulmuştur. Modeller bütün bölgeler için ayrı ayrı çözülmüştür. Araştırmada Eviews 5 ve 7 paket programı kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan modeller şöyledir:

$$LGDPPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} + \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 LPRE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (7)$$

$$LGDPPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} + \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 TEM_{it} + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

$$LGDPPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} + \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 LPRE_{it} + \beta_9 TEM_{it} + \varepsilon_{it} \quad (9)$$

$$LGDPPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} + \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 MAT3_{it} + \varepsilon_{it} \quad (10)$$

$$LGDPPC_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} + \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 MAP3_{it} + \varepsilon_{it} \quad (11)$$

$$\begin{aligned}
LGDPPC_{it} &= \alpha_{it} + \beta_1 LHC_{it} + \beta_2 LDEMO_{it} + \beta_3 FDI_{it} + \beta_4 LGOVGDP_{it} \\
&+ \beta_5 LFCGDP_{it} + \beta_6 LOPEN_{it} + \beta_7 POPGR_{it} + \beta_8 MAT3_{it} + \beta_9 MAP3_{it} + \varepsilon_{it} \\
i &= 1, \dots, N; \quad t = 1, \dots, T \quad \varepsilon_{it} \sim iid(0, \sigma^2)
\end{aligned} \tag{12}$$

7-12 numaralı denklemlerde değişken isimlerinin önündeki “L” harfi ilgili değişkenin doğal logaritmasının alındığını göstermek üzere;

$LGDPPC_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki kişi başına geliri,  $LHC_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki beşeri sermaye değerinin logaritmasını,  $LDEMO_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki demokrasi endeks değerinin logaritmasını,  $FDI_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki doğrudan yabancı sermaye yatırımlarının GSYİH’ya oranını,  $LGOVGDP_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki kamu harcamalarının GSYİH’ya oranını,  $LFCGDP_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki sabit sermaye yatırımlarının GSYİH’ya oranını,  $LOPEN_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki ithalat ve ihracat toplamının GSYİH’ya oranının,  $POPGR_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki nüfusun büyüme oranını,  $LPRE_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki yıllık toplam yağış miktarını,  $TEM_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki yıllık ortalama sıcaklık değerini,  $MAT3_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki yıllık ortalama sıcaklık değerinin 3’er yıllık hareketli ortalamasını ve  $MAP3_{it}$ ; i’nci ülkeye ait t yılındaki yıllık ortalama yağış miktarının 3’er yıllık hareketli ortalamasını göstermektedir.

#### 4.4.1. Tanımlayıcı İstatistikler

Araştırmada kullanılan iklimsel değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri özet halinde Tablo 13’de sunulmuştur. Tanımlayıcı istatistik olarak 1980–2011 dönemi yıllık toplam yağış ile ortalama sıcaklık değişkenlerine ait minimum, maksimum ve ortalama değerlerine yer verilmiştir.

*Avrupa ve Orta Asya Bölgesi’nde*; 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 816 mm’dir. Bu bölgede en düşük yağış miktarı 244 mm ile 2008 yılında Güney Kıbrıs’ta, en yüksek yağış miktarı 1916 mm ile 1999 yılında İsviçre’de görülmüştür. Aynı dönemde bölgenin yıllık ortalama sıcaklığı, 9,4 °C olarak gerçekleşmiştir. En düşük

sıcaklık 1985 yılında Finlandiya’da -0,3 °C; en yüksek sıcaklık da 20,4 °C ile Güney Kıbrıs’ta 2010 yılında kaydedilmiştir.

*Doğu Asya ve Pasifik Bölgesi’nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 2106 mm iken, yıllık ortalama sıcaklık 21,6 °C’dir. En düşük yağış miktarı 371 mm ile 2002 yılında Avustralya’da, en yüksek yağış miktarı ise 3830 ile 2010 yılında Brunei’de tespit edilmiştir. İlgili bölgede en düşük ortalama sıcaklık 6,7 °C 1984 yılında Çin’de kaydedilmiştir. En yüksek sıcaklık da 27,8 °C olarak 1997, 1998 ve 2002 yıllarında Singapur’da gerçekleşmiştir.

**Tablo 13: Sıcaklık ve Yağış Değişkenlerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler**

	Avrupa ve Orta Asya		Doğu Asya ve Pasifik		Güney Asya		Kuzey Amerika	
	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)
<b>Ortalama</b>	816	9.4	2106	21.6	1449	18.9	641	2.2
<b>Minimum</b>	244	-0.3	371	6.7	176	6.9	506	-6.4
<b>Maksimum</b>	1916	20.4	3830	27.8	3314	27.9	827	9.7
<b>Gözlem</b>	832	832	512	512	192	192	64	64

**Tablo 13 (Devamı): Sıcaklık ve Yağış Değişkenlerine Ait Tanımlayıcı İstatistikler**

	Latin Amerika		Orta Doğu		Sahra Altı Afrika		Dünya	
	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)	PRE (mm)	TEM (°C)
<b>Ortalama</b>	1933	23.8	199	21.4	998	24.5	1260	19.9
<b>Minimum</b>	458	8.1	25	16.5	46	11.1	25	-6.4
<b>Maksimum</b>	4747	28.2	665	29.1	3334	29.8	4747	29.8
<b>Gözlem</b>	1024	1024	384	384	1184	1184	4224	4224

*Güney Asya Bölgesi’nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 1449 mm iken, yıllık ortalama sıcaklık 18,9 °C olarak kayıtlara geçmiştir. En düşük yağış miktarı 176 mm ile Pakistan’da 2000 yılında tespit edilmiştir. Buna karşın en yüksek yağış miktarı ise 3314 mm ile 1988 yılında Bangladeş’te görülmüştür. En düşük sıcaklık 1983 ve 1992 yıllarında Bhutan’da kayıtlara geçmiş olup 6,9 °C’dir. En yüksek sıcaklık 27,9 °C ile 1998 yılında Sri Lanka’da kaydedilmiştir.

*Kuzey Amerika Bölgesi'nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 641 mm, yıllık ortalama sıcaklık ise 2,2 °C'dir. Bu dönemde en düşük yağış miktarı 1989 yılında Kanada'da; en yüksek yağış miktarı da 1983 yılında Amerika Birleşik Devletleri (ABD)'nde görülmüştür. En düşük sıcaklık -6,4 °C ile 1982 Kanada, en yüksek sıcaklık 9,7 °C ile 1998 ve 2006 yıllarında ABD'de kaydedilmiştir.

*Latin Amerika Bölgesi'nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 1933 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 23,8 °C'dir. Bu dönemde en düşük yağış miktarı 458 mm olup 1988 yılında Arjantin'de, en yüksek yağış miktarı 2004 yılında 4747 mm ile Dominik'te görülmüştür. En düşük sıcaklık 8,1 °C, 2007 yılında Şili'de, en yüksek sıcaklık ise 1998 yılında Saint Vincent ve Grenadinler'de kaydedilmiştir.

*Orta Doğu Bölgesi'nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 199 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık ise 21,4 °C'dir. En düşük yağış miktarı 1994 yılında Bahreyn'de 25 mm; en yüksek yağış miktarı ise 665 mm olarak 1992 yılında İsrail'de kaydedilmiştir. En düşük sıcaklık 16,5 °C ile 1992 yılında İran; en yüksek sıcaklık 29,1 °C ile 2010 yılında Bahreyn'de yaşanmıştır.

*Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 998 mm ve yıllık ortalama sıcaklık 21,4 °C'dir. Bu dönemde en düşük yağış miktarı 46 mm olup, 1983 yılında Moritanya'da görülmüştür. En yüksek yağış miktarı ise 3334 ile mm ile Morityus'da görülmüştür. En düşük sıcaklık 1981 yılında Lesoto'da kaydedilmiş olup, değeri 11,1 °C'dir. En yüksek sıcaklık 29,8 °C olup, 2005 yılında Mali'de kaydedilmiştir.

*Dünya Genelinde;* 1980–2011 döneminde yıllık ortalama yağış miktarı 1260 mm, yıllık ortalama sıcaklık 19,9 °C'dir. En düşük yağış miktarı Orta Doğu'da 1994 yılında, en yüksek yağış miktarı ise Latin Amerika'da 2004 yılında görülmüştür. En düşük sıcaklık 1982 yılında Kuzey Amerika'da, en yüksek sıcaklık ise 2005 yılında Sahra Altı Afrika'da görülmüştür.

Tablo 13'deki bilgiler ışığında, Avrupa ve Orta Asya, Kuzey Amerika, Orta Doğu ile Sahra Altı Afrika bölgelerinde yıllık ortalama yağış miktarının dünya ortalamasının

altında olduğu görülmektedir. En az ortalama yağış alan bölge Orta Doğu bölgesidir. Buna karşın Doğu Asya ve Pasifik, Güney Asya ve Latin Amerika dünya ortalamasından üstünde yağış alan bölgelerdir. En fazla ortalama yağış alan bölge Güney Asya ve Pasifik bölgesidir. Diğer yandan Avrupa ve Orta Asya, Güney Asya ve Kuzey Amerika yıllık ortalama sıcaklık bakımından dünya ortalamasının altında; Doğu Asya ve Pasifik, Latin Amerika, Orta Doğu ve Sahra Altı Afrika ise dünya ortalamasının üstündedir. En soğuk bölge Kuzey Amerika bölgesidir. En sıcak bölge ise Sahra Altı Afrika bölgesidir.

#### 4.4.2. Korelasyon Analizi

Korelasyon analizi, iki veya daha çok değişken arasında var olan doğrusal ilişkinin yönünü ve derecesini belirlemede kullanılan istatistiksel bir yöntemdir. Korelasyon analizi sonuçları değişkenler arasında olan sebep sonuç ilişkisine dair bilgiler vermemektedir. Bununla beraber analizden elde edilen bulgular, değişkenler arasındaki ilişkinin boyutu hakkında öncel bilgiler vermektedir. Bu bağlamda araştırmada kullanılan değişkenlere ait korelasyon matrisleri Tablo 14-21’de sunulmuştur.

**Tablo 14: Korelasyon Matrisi (Avrupa ve Orta Asya)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPPC	1.000											
LHC	0.241	1.000										
LDEMO	0.622	0.274	1.000									
FDI	0.023	0.226	0.027	1.000								
LGOVGDP	0.427	0.346	0.379	0.011	1.000							
LFCGDP	0.039	-0.104	0.209	0.022	-0.206	1.000						
LOPEN	0.013	0.597	0.180	0.457	0.183	0.015	1.000					
POPGR	0.395	-0.235	0.085	0.052	-0.113	0.078	-0.103	1.000				
LPRE	0.407	0.133	0.159	0.006	-0.049	0.030	-0.014	-0.042	1.000			
TEM	-0.267	-0.311	-0.071	0.036	-0.278	0.104	-0.094	0.186	-0.309	1.000		
MAP3	0.423	0.135	0.172	0.009	-0.130	0.045	0.005	0.018	0.921	-0.315	1.000	
MAT3	-0.270	-0.312	-0.075	0.029	-0.276	0.095	-0.094	0.186	-0.311	0.994	-0.317	1.000

Araştırmada kullanılan değişkenlere ait korelasyon matrisinin verildiği Tablo 14’ten görüleceği üzere, *Avrupa ve Orta Asya Bölgesi’nde* sıcaklık değişkenleri hariç diğer değişkenler ile LGDPPC arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur. Sıcaklık değişkenleri ile LGDPPC arasında ise negatif bir korelasyon söz konusudur. Pozitif ilişkiye sahip değişkenlerden LDEMO ile LGDPPC arasında kuvvetli bir ilişki olduğu görülürken, LGDPPC ile LFCGDP ve LOPEN arasında ise oldukça zayıf bir ilişki vardır. İklim

değişkenlerinden yağışın LGDPPC ile olan pozitif ilişkisi, sıcaklığın LGDPPC ile olan negatif ilişkiden daha kuvvetlidir.

**Tablo 15: Korelasyon Matrisi (Doğu Asya ve Pasifik)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
<b>LGDPPC</b>	1.000											
<b>LHC</b>	0.727	1.000										
<b>LDEMO</b>	0.131	0.531	1.000									
<b>FDI</b>	0.192	-0.153	-0.665	1.000								
<b>LGOVGDP</b>	0.527	0.689	0.498	-0.238	1.000							
<b>LFCGDP</b>	0.130	-0.289	-0.343	0.128	-0.289	1.000						
<b>LOPEN</b>	-0.230	-0.402	-0.788	0.693	-0.457	0.132	1.000					
<b>POPGR</b>	-0.300	-0.395	-0.496	0.413	-0.397	0.163	0.527	1.000				
<b>LPRE</b>	-0.468	-0.472	-0.439	0.256	-0.478	-0.104	0.564	0.287	1.000			
<b>TEM</b>	-0.629	-0.696	-0.567	0.373	-0.553	0.056	0.615	0.569	0.293	1.000		
<b>MAP3</b>	-0.486	-0.478	-0.490	0.307	-0.497	-0.115	0.636	0.421	0.940	0.451	1.000	
<b>MAT3</b>	-0.630	-0.696	-0.566	0.373	-0.553	0.054	0.615	0.568	0.294	0.999	0.451	1.000

*Doğu Asya ve Pasifik Bölgesi'ne* ait korelasyon matrisi Tablo 15'de verilmiştir. Buna göre; LGDPPC ile LHC, LDEMO, FDI, LGOVGDP ve LFCGDP arasında pozitif bir korelasyon söz konusudur. LHC değişkeni ile LGDPPC arasındaki ilişkinin diğer pozitif yönlü değişkenlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Öte yandan LOPEN, POPGR ve iklim değişkenleri arasında negatif bir korelasyon bulunmaktadır. İklim değişkenleri dikkate alındığında, bu bölgede sıcaklık değişkenlerinin yağış değişkenlerine kıyasla LGDPPC ile daha kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir.

**Tablo 16: Korelasyon Matrisi (Güney Asya)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
<b>LGDPPC</b>	1.000											
<b>LHC</b>	0.850	1.000										
<b>LDEMO</b>	0.405	0.221	1.000									
<b>FDI</b>	0.717	0.519	0.213	1.000								
<b>LGOVGDP</b>	0.481	0.169	0.219	0.250	1.000							
<b>LFCGDP</b>	0.471	0.507	0.292	0.398	0.058	1.000						
<b>LOPEN</b>	0.543	0.699	-0.127	0.440	0.059	0.379	1.000					
<b>POPGR</b>	-0.582	-0.725	-0.087	-0.371	-0.009	-0.550	-0.525	1.000				
<b>LPRE</b>	-0.098	0.300	-0.124	-0.182	-0.590	0.445	0.203	-0.430	1.000			
<b>TEM</b>	0.672	0.673	0.586	0.407	0.020	0.446	0.091	-0.378	0.185	1.000		
<b>MAP3</b>	-0.094	0.286	-0.095	-0.139	-0.749	0.297	0.182	-0.343	0.918	0.275	1.000	
<b>MAT3</b>	0.672	0.673	0.586	0.405	0.020	0.447	0.091	-0.378	0.188	0.999	0.276	1.000

Tablo 16'da sunulan korelasyon matrisinden görüleceği üzere *Güney Asya Bölgesi'nde* LGDPPC ile LHC, LDEMO, FDI, LGOVGDP, LFCGDP, LOPEN ve iklim

değişkenlerinden sıcaklık arasında pozitif bir korelasyon söz konusudur ve LHC değişkeni ile LGDPPC arasındaki ilişkinin diğer pozitif yönlü değişkenlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Diğer yandan POPGR ve iklim değişkenlerinden yağış ile LGDPPC arasında negatif bir korelasyon mevcuttur. Tüm değişkenler dikkate alındığında, bu bölgede yağış değişkeninin LGDPPC ile arasında oldukça zayıf bir ilişki olduğu dikkat çekmektedir. Yağış değişkenine kıyasla sıcaklık değişkeninin LGDPPC ile arasındaki ilişki oldukça güçlüdür.

*Kuzey Amerika Bölgesi* korelasyon analiz sonuçları Tablo 17’de sunulmuştur. Buna göre, Kuzey Amerika Bölgesi’nde LGDPPC ile LHC, LDEMO, FDI, LFCGDP ve iklim değişkenleri arasında pozitif yönlü bir korelasyon söz konusudur. LHC değişkeni ile LGDPPC arasındaki ilişkinin diğer pozitif yönlü değişkenlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Buna karşın LFCGDP ile LGDPPC arasında ise oldukça zayıf bir ilişki mevcuttur. Öte yandan LGOVGDP, LOPEN ve POPGR ile LGDPPC arasında negatif bir korelasyon söz konusudur. İklimsel değişkenler dikkate alındığında, bu bölgede sıcaklık ve yağış değişkenlerinin LGDPPC ile hemen hemen aynı derece pozitif ilişkili olduğu görülmekle beraber sıcaklık değişkeninin LGDPPC ile ilişkisi daha büyüktür.

**Tablo 17: Korelasyon Matrisi (Kuzey Amerika)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LFCGDP	LGOVGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPPC	1.000											
LHC	0.866	1.000										
LDEMO	0.214	0.200	1.000									
FDI	0.244	0.026	-0.038	1.000								
LFCGDP	0.008	0.197	-0.149	-0.037	1.000							
LGOVGDP	-0.645	-0.844	-0.133	0.061	-0.356	1.000						
LOPEN	-0.290	-0.636	-0.087	0.447	-0.411	0.810	1.000					
POPGR	-0.284	-0.311	-0.157	-0.177	0.138	0.252	0.071	1.000				
LPRE	0.471	0.764	0.097	-0.319	0.261	-0.888	-0.932	-0.182	1.000			
TEM	0.555	0.817	0.131	-0.270	0.310	-0.932	-0.935	-0.232	0.964	1.000		
MAP3	0.465	0.770	0.108	-0.321	0.277	-0.901	-0.947	-0.174	0.987	0.978	1.000	
MAT3	0.558	0.819	0.140	-0.263	0.303	-0.934	-0.938	-0.224	0.967	0.997	0.980	1.000

Tablo 18’de sunulan sonuçlara göre *Latin Amerika Bölgesi’nde* LGDPPC ile LHC, LDEMO, FDI, LGOVGDP ve LFCGDP arasında pozitif bir korelasyon söz konusudur. LHC değişkeni ile LGDPPC arasındaki ilişkinin diğer pozitif yönlü değişkenlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmektedir. LDEMO ile LGDPPC arasında ise oldukça zayıf bir ilişki söz konusudur. Öte yandan LOPEN, POPGR ve iklim değişkenleri arasında negatif



bir korelasyon bulunmaktadır. İklimsel değişkenler dikkate alındığında, bu bölgede sıcaklık ve yağış değişkenlerinin LGDPPC ile hemen hemen aynı derece negatif ilişkili olduğu görülmektedir.

**Tablo 18: Korelasyon Matrisi (Latin Amerika)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPPC	1.000											
LHC	0.345	1.000										
LDEMO	0.008	0.366	1.000									
FDI	0.250	0.486	0.237	1.000								
LGOVGDP	0.121	0.259	0.230	0.150	1.000							
LFCGDP	0.246	0.116	-0.066	0.305	0.094	1.000						
LOPEN	-0.067	0.313	0.286	0.396	0.019	0.136	1.000					
POPGR	-0.492	-0.536	-0.205	-0.330	-0.099	0.115	0.003	1.000				
LPRE	-0.140	-0.307	0.191	0.013	0.220	0.021	0.241	0.295	1.000			
TEM	-0.130	-0.405	-0.018	-0.090	0.129	-0.046	0.218	0.246	0.703	1.000		
MAP3	-0.084	-0.258	0.196	0.044	0.237	0.042	0.253	0.328	0.950	0.637	1.000	
MAT3	-0.129	-0.404	-0.016	-0.086	0.128	-0.047	0.220	0.246	0.706	0.998	0.639	1.000

*Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi'ne* ait değişkenler için yapılan korelasyon analizi sonuçları Tablo 19'da verilmiştir. Bulgular LHC, LDEMO, LGOVGDP ve iklim değişkenleri ile LGDPPC arasında pozitif bir korelasyonun varlığını göstermektedir. Sıcaklık değişkenlerinin diğer değişkenlere nazaran LGDPPC ile aralarında oldukça zayıf bir ilişki olduğu görülmektedir. Buna karşın yağış değişkenlerinin LGDPPC ile kuvvetli bir ilişkileri olduğu söylenebilir. Diğer yandan FDI, LFCGP, LOPEN ve POPGR değişkenleri ile LGDPPC arasında negatif bir korelasyon vardır. Bunlardan POPGR değişkeninin LGDPPC ile var olan ilişkisi oldukça zayıftır.

**Tablo 19: Korelasyon Matrisi (Orta Doğu ve Kuzey Afrika)**

	LGDPPC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPPC	1.000											
LHC	0.841	1.000										
LDEMO	0.858	0.880	1.000									
FDI	-0.216	0.025	-0.221	1.000								
LGOVGDP	0.668	0.699	0.697	-0.195	1.000							
LFCGDP	-0.542	-0.522	-0.425	0.016	-0.324	1.000						
LOPEN	-0.127	0.010	-0.274	0.309	0.377	0.116	1.000					
POPGR	-0.025	0.116	0.030	-0.158	0.261	0.156	0.320	1.000				
LPRE	0.672	0.315	0.558	-0.396	0.489	-0.218	-0.201	-0.179	1.000			
TEM	0.040	-0.033	-0.253	0.069	-0.426	-0.339	-0.153	-0.126	-0.342	1.000		
MAP3	0.784	0.421	0.627	-0.410	0.536	-0.341	-0.223	-0.211	0.924	-0.180	1.000	
MAT3	0.060	-0.016	-0.249	0.110	-0.421	-0.373	-0.132	-0.133	-0.334	0.970	-0.166	1.000

**Tablo 20: Korelasyon Matrisi (Sahra Altı Afrika)**

	LGDPCC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPCC	1.000											
LHC	0.674	1.000										
LDEMO	0.320	0.029	1.000									
FDI	-0.126	0.018	0.094	1.000								
LGOVGDP	0.364	0.253	0.355	0.041	1.000							
LFCGDP	0.314	0.156	0.412	0.294	0.375	1.000						
LOPEN	0.313	0.360	0.313	0.304	0.358	0.493	1.000					
POPGR	-0.462	-0.556	-0.055	0.023	-0.040	0.027	-0.296	1.000				
LPRE	-0.248	0.093	-0.204	0.140	-0.391	-0.136	0.034	-0.140	1.000			
TEM	-0.450	-0.495	-0.245	-0.119	-0.535	-0.187	-0.320	0.458	0.058	1.000		
MAP3	-0.204	0.047	-0.115	0.198	-0.417	-0.129	0.059	-0.118	0.912	0.108	1.000	
MAT3	-0.452	-0.497	-0.247	-0.117	-0.537	-0.189	-0.322	0.461	0.061	0.998	0.108	1.000

*Sahra Altı Afrika Bölgesi'ne* ait korelasyon matrisi Tablo 20'de görülmektedir. Analiz sonuçlarına göre araştırmada kullanılan değişkenlerden LGDPCC ile LHC, LDEMO, LGOVGDP ve LOPEN arasında pozitif bir korelasyon mevcuttur. LHC değişkeni ile LGDPCC arasındaki ilişkinin diğer pozitif yönlü değişkenlere nazaran daha kuvvetli olduğu görülmektedir. Öte yandan LGDPCC ile FDI, POPGR ve iklim değişkenleri arasında negatif bir korelasyon söz konusudur. İklim değişkenleri dikkate alındığında, bu bölgede sıcaklık değişkenlerinin yağış değişkenlerine kıyasla LGDPCC ile iki kat daha yüksek bir ilişkiye sahip olduğu görülmektedir.

**Tablo 21: Korelasyon Matrisi (Dünya Geneli)**

	LGDPCC	LHC	LDEMO	FDI	LGOVGDP	LFCGDP	LOPEN	POPGR	LPRE	TEM	MAP3	MAT3
LGDPCC	1.000											
LHC	0.762	1.000										
LDEMO	0.448	0.413	1.000									
FDI	0.044	0.104	-0.019	1.000								
LGOVGDP	0.437	0.373	0.282	0.053	1.000							
LFCGDP	0.214	0.216	0.099	0.177	0.103	1.000						
LOPEN	0.082	0.200	-0.052	0.400	0.203	0.260	1.000					
POPGR	-0.567	-0.610	-0.423	0.002	-0.249	-0.096	-0.014	1.000				
LPRE	-0.069	-0.039	0.054	-0.007	-0.406	-0.061	-0.003	0.036	1.000			
TEM	-0.612	-0.540	-0.391	-0.016	-0.429	-0.109	0.016	0.610	0.313	1.000		
MAP3	-0.031	0.085	0.016	0.012	-0.296	0.059	-0.046	0.057	0.443	0.143	1.000	
MAT3	-0.424	-0.382	-0.324	0.020	-0.262	-0.112	0.036	0.548	0.105	0.613	0.369	1.000

*Dünya* geneli için araştırmada kullanılan değişkenlere ait korelasyon matrisinin verildiği Tablo 21'de görüleceği üzere, LGDPCC ile LHC, LDEMO, LGOVGDP, LFCGDP ve LOPEN değişkenleri arasında pozitif yönlü bir korelasyon mevcuttur. FDI ve LOPEN ile LGDPCC arasında zayıf bir ilişki söz konusudur. Buna karşın, LHC ile

LGDPCC arasında diğer değişkenlere oranla kuvvetli bir ilişki vardır. Öte yandan POPGR ve iklim değişkenleri ile LGDPCC arasında negatif bir korelasyon söz konusudur. Sıcaklık değişkenleri, yağış değişkenleri ile karşılaştırıldığında LGDPCC ile oldukça kuvvetli bir ilişkiye sahiptir.

#### 4.4.3. Analiz Sonuçları

1980-2011 döneminde iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkileri incelemek üzere dünya geneli ve 7 alt bölge için yapılan bu çalışmada kullanılan modeller Hausman test sonuçlarına göre havuzlanmış EKK, sabit etkiler ve tesadüfi etkiler yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Çalışmada sıcaklık ve yağış değişkenlerinin tekil ve birlikte olan etkilerini test etmek üzere her bir bölge için altı farklı model oluşturulmuştur. Farklı bölgeler ve dünya geneli için elde edilen sonuçlar Tablo 22-29'da sunulmuştur.

*Avrupa ve Orta Asya Bölgesi'ne* ilişkin panel regresyon analizi sonuçları Tablo 22'de sunulmuştur. Modellere ekonomik büyümenin açıklayıcıları olarak dahil edilen bütün sosyo-ekonomik değişkenlerin katsayı işaretleri beklentiler doğrultusunda ve istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. İncelenen dönemde bütün açıklayıcı değişkenler büyümeyi pozitif olarak etkilemektedir. Bu bağlamda Model 4'de ve Model 6'da LOPEN değişkeninin anlamlılığı hariç diğer açıklayıcı değişkenler %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. LOPEN değişkeni ise Model 4'de %5 ve Model 6'da %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır.

Modellere dahil edilen iklim verileri LPRE ve TEM, diğer sosyo-ekonomik değişkenler gibi büyümeyi pozitif etkilemektedir. Ayrıca LPRE'nin katsayısı %10, TEM'in katsayısı ise %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. LPRE ve TEM'in etkilerinin ayrı ayrı tahmin edildiği 1. ve 2. modellerde iklim değişkenlerinin büyüme üzerindeki etkileri hemen hemen aynıdır. LPRE ve TEM değişkenlerinin birlikte kullanıldığı Model 3'ün tahmin sonuçlarına göre LPRE değişkeninin büyüme üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. TEM değişkeni ise istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlı ve büyümeyi pozitif etkilemektedir.

**Tablo 22: Analiz Sonuçları (Avrupa ve Orta Asya)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	1.7215* (0.0888)	1.5265* (0.0889)	1.5233* (0.0888)	1.2801* (0.0860)	1.7234* (0.0880)	1.2893* (0.0858)
LDEMO	0.1373* (0.0469)	0.1417* (0.0311)	0.1440* (0.0448)	0.1590* (0.0417)	0.1447* (0.0465)	0.1643* (0.0416)
FDI	0.0029* (0.0008)	0.0023* (0.0008)	0.0022* (0.0008)	0.0024* (0.0007)	0.0028* (0.0008)	0.0023* (0.0007)
LGOVGDP	0.1146* (0.0390)	0.1239* (0.0373)	0.1215* (0.0373)	0.0953* (0.0346)	0.1246* (0.0387)	0.1002* (0.0346)
LFCGDP	0.2009* (0.0325)	0.2027* (0.0311)	0.2000* (0.0311)	0.2346* (0.0289)	0.1965* (0.0323)	0.2292* (0.0289)
LOPEN	0.1125* (0.0366)	0.1028* (0.0351)	0.1006* (0.0351)	0.0716** (0.0327)	0.0984* (0.0366)	0.0628*** (0.0328)
POPGR	0.1105* (0.0159)	0.1048* (0.0152)	0.1057* (0.0152)	0.0961* (0.0141)	0.1094* (0.0157)	0.0964* (0.0141)
LPRE	0.0578*** (0.0353)		0.0524 (0.0338)			
TEM		0.0577* (0.0075)	0.0574* (0.0075)			
MAT3				0.1321* (0.0102)		0.1288* (0.0102)
MAP3					0.0003* (8.16E-05)	0.0002** (7.34E-05)
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
F-istatistiği	1466.07	1599.93	1553.54	1862.08	1491.46	1818.05
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hausman Test	136.31	113.04	164.82	145.53	113.97	176.93
Hausman Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin kullanıldığı Model 4, 5 ve 6'da ise iklim değişkenleri hem tek hem de birlikte kullanıldıkları modellerde istatistiksel olarak anlamlı olup, büyümeyi pozitif etkilemektedir. 4. ve 5. modellerde MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin anlamlılığı %1 iken sadece Model 6'da yağış değişkeninin anlamlılığı %5'dir. Aynı modelde sıcaklık değişkeninin anlamlılığı ise %1'dir. İlgili değişkenlere ilişkin katsayılar incelendiğinde MAT3 değişkeninin büyümeyi MAP3 değişkeninden daha fazla etkilediği görülmektedir.

*Doğu Asya ve Pasifik Bölgesi'ne* ait analiz sonuçları Tablo 23'de sunulmuştur. Buna göre, açıklayıcı değişkenlerden LGOVGDP ile POPGR, bütün modellerde istatistiksel olarak anlamsızdır. Yine benzer şekilde Model 6 hariç diğer modellerde LOPEN'in büyüme üzerinde anlamlı bir etkisi bulunamamıştır. Diğer açıklayıcı değişkenler LHC, LDEMO, FDI ve LFCGDP bütün modeller için %1 seviyesinde

istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Sıralanan değişkenlerin işaretleri beklentiler doğrultusunda olup büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

**Tablo 23: Analiz Sonuçları (Doğu Asya ve Pasifik)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	3.1750* (0.1231)	3.1244* (0.1259)	3.0862* (0.1262)	3.0284* (0.1293)	3.1314* (0.1277)	2.9368* (0.1346)
LDEMO	0.2214* (0.0297)	0.2210* (0.0296)	0.2171* (0.0294)	0.2121* (0.0294)	0.2202* (0.0298)	0.2065* (0.0292)
FDI	0.0067* (0.0025)	0.0070* (0.0025)	0.0070* (0.0025)	0.0069* (0.0025)	0.0075* (0.0025)	0.0078* (0.0025)
LGOVGDP	-0.0070 (0.0582)	-0.0081 (0.0580)	-0.0098 (0.0576)	-0.0218 (0.0573)	-0.0068 (0.0582)	-0.0239 (0.0569)
LFCGDP	0.1261* (0.0406)	0.1201* (0.0403)	0.1262* (0.0401)	0.1246* (0.0398)	0.1289* (0.0407)	0.1343* (0.0397)
LOPEN	0.0508 (0.0378)	0.0557 (0.0376)	0.0556 (0.0374)	0.0602 (0.0372)	0.0543 (0.0378)	0.0643*** (0.0369)
POPGR	0.0151 (0.0104)	0.0150 (0.0104)	0.0162 (0.0103)	0.0163 (0.0103)	0.0136 (0.0104)	0.0158 (0.0102)
LPRE	0.0858*** (0.0498)		0.1080** (0.0499)			
TEM		0.0427** (0.0186)	0.0495* (0.0187)			
MAT3				0.0992* (0.0281)		0.1062* (0.0280)
MAP3					7.80E-05*** (4.36E-05)	9.59E-05** (4.27E-05)
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
F-istatistiği	2577.32	2600.40	2491.30	2672.83	2579.69	2564.43
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hausman Test	46.51	32.73	6682.66	39.73	139.70	7261.58
Hausman Anlamlılık	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

Model 1'de LPRE değişkeni %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olup, büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. TEM değişkeninin tek başına kullanıldığı Model 2'de bu değişken %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve LPRE gibi büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Her iki değişkenin birlikte kullanıldığı Model 3'te TEM değişkeni %1, LPRE değişkeni ise %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu değişkenler Model 3'te büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. İlgili değişkenlerin katsayıları dikkate alındığında bölgede LPRE'nin büyüme üzerindeki etkisinin TEM'in büyüme üzerindeki etkisinden 2 kat daha fazla olduğu göze çarpmaktadır.

MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin kullanıldığı Model 4 ve 5’de sırasıyla MAT3 değişkeninin %1 seviyesinde, MAP3 değişkeninin ise %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı oldukları görülmektedir. Her iki değişken büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Ancak MAP3 değişkeninin katsayı oldukça düşük bir değere sahiptir. MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin birlikte kullanıldığı Model 6’da MAT3 değişkeni %1, MAP3 değişkeni %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olup büyümeyi pozitif yönde etkilemektedirler. Model 5’te MAP3 değişkeninin katsayısı dikkate alındığında Model 3’te olduğu gibi büyüme üzerindeki etkisinin oldukça zayıf olduğu dikkati çekmektedir. Genel olarak, elde edilen bulgular bu bölgede MAT3 değişkeninin MAP3 değişkenine oranla büyümeyi oldukça yüksek bir düzeyde ve pozitif yönde etkilediğini göstermektedir.

**Tablo 24: Analiz Sonuçları (Güney Asya)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	1.7273* (0.1449)	1.8054* (0.1720)	1.7702* (0.1723)	1.6818* (0.2063)	1.7254* (0.1433)	1.5829* (0.2055)
LDEMO	-0.0310 (0.0233)	-0.0317 (0.0235)	-0.0308 (0.0234)	-0.0325 (-0.0325)	-0.0251 (0.0232)	-0.0255 (0.0232)
FDI	0.0590* (0.0173)	0.0607* (0.0175)	0.0580* (0.0175)	0.0646* (0.0180)	0.0543* (0.0173)	0.0581* (0.0178)
LGOVGDP	0.5997* (0.0597)	0.6000* (0.0609)	0.5954* (0.0606)	0.6150* (0.0631)	0.5622* (0.0620)	0.5758* (0.0636)
LFCGDP	-0.0499 (0.0971)	-0.0625 (0.0977)	-0.0484 (0.0975)	-0.0673* (0.0978)	-0.0334 (0.0966)	-0.0322 (0.0967)
LOPEN	0.2549* (0.0488)	0.2577* (0.0493)	0.2544* (0.0490)	0.2585* (0.0494)	0.2537* (0.0483)	0.2518* (0.0483)
POPGR	-0.0188 (0.0242)	-0.0143 (0.0243)	-0.0189 (0.0243)	-0.0131 (0.0244)	-0.0218 (0.0240)	-0.0211 (0.0241)
LPRE	0.1193*** (0.0697)		0.1128 (0.0713)			
TEM		-0.0216 (0.0276)	-0.0130 (0.0280)			
MAT3				0.0176 (0.0485)		0.0473 (0.0489)
MAP3					0.0002** (9.91E-05)	0.0003** (0.0001)
R <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97	0.97
F-istatistiği	394.45	386.43	361.64	384.75	403.27	372.11
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1’de, \*\* %5’de ve \*\*\* %10’da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

*Güney Asya Bölgesi* analiz sonuçları Tablo 24’de yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre POPGR, LDEMO ve Model 4 hariç LFCGDP değişkenleri istatistiksel olarak anlamlı bulunamamıştır. Diğer açıklayıcı değişkenler LHC, FDI, LGOVGDP ve

LOPEN bütün modellerde %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Değişkenlere ilişkin işaretler beklentiler doğrultusunda tahmin edilmiş olup büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

İklim değişkenleri dikkate alındığında sadece LPRE ve MAP3 değişkenlerinin kullanıldığı modellerde istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. İncelenen dönemde Güney Asya Bölgesi'nde sıcaklık değişkenlerinin büyümeyi etkilediğine dair bir sonuca ulaşılamamıştır. Tahmin edilen bütün modellerde TEM ve MAT3 değişkenleri istatistiksel olarak anlamsızdır. Model 1'de LPRE değişkeni %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve büyümeyi pozitif etkilemektedir.

Model 5'de MAP3 değişkeni büyümeyi pozitif etkilemekte olup, istatistiksel olarak %5 seviyesinde anlamlıdır. Yağış değişkenlerinin katsayıları incelendiğinde MAP3 değişkeninin katsayı oldukça küçüktür. Bu bağlamda büyüme yağışlarda görülen dalgalamalardan çok yıllık toplam yağış miktarından pozitif yönde etkilenmektedir. Güney Asya bölgesine ilişkin analiz sonuçları genel olarak değerlendirildiğinde Akram (2012) çalışması ile kısmen örtüştüğü söylenebilir.

*Kuzey Amerika Bölgesi'nde* ilişkin Analiz sonuçları Tablo 25'te verilmiştir. Bu analizlerden elde edilen bulgular LDEMO, FDI, LGOVGDP ve LFCGDP değişkenlerinin bütün modellerde istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir. Diğer açıklayıcı değişkenlerden LHC ile LOPEN bütün modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. POPGR ilk dört modelde %5, Model 5 ve 6'da ise %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. LHC, LOPEN ve POPGR değişkenlerinin katsayıları incelendiğinde her üç değişkenin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği görülmektedir. Bu bağlamda analizler sonucu elde edilen sonuçlar beklentiler ile uyumludur.

İklim değişikliğinin etkilerini ortaya koyan değişkenlerden LPRE Model 1 ve 3'de istatistiksel olarak %10 seviyesinde anlamlı iken, TEM Model 2 ve 3'de istatistiksel olarak anlamsızdır. LPRE değişkeninin katsayıları incelendiğinde her iki modelde de negatif işaret aldığı görülmektedir. Katsayı işaretlerinin negatif olması, LPRE ile ekonomik büyüme arasında ters yönlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

**Tablo 25: Analiz Sonuçları (Kuzey Amerika)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	2.4360* (0.2901)	2.3710* (0.2967)	2.4276* (0.2931)	2.2699* (0.2962)	2.4596* (0.2617)	2.3653* (0.2651)
LDEMO	0.5857 (0.6774)	0.7683 (0.6869)	0.5685 (0.6841)	0.3669 (0.7143)	0.4407 (0.6109)	0.0999 (0.6403)
FDI	0.0006 (0.0070)	0.0011 (0.0072)	0.0007 (0.0071)	-0.0036 (0.0075)	0.0005 (0.0063)	-0.0033 (0.0067)
LGOVGDP	0.1819 (0.2078)	0.2412 (0.2107)	0.1834 (0.2095)	0.2522 (0.2058)	0.0858 (0.1898)	0.1010 (0.1875)
LFCGDP	0.1205 (0.1676)	0.1845 (0.1719)	0.1019 (0.1753)	0.1124 (0.1700)	0.0119 (0.1535)	-0.0576 (0.1578)
LOPEN	0.4859* (0.1062)	0.5175* (0.1098)	0.4750* (0.1105)	0.4632* (0.1107)	0.4241* (0.0973)	0.3730* (0.1013)
POPGR	0.1287** (0.0497)	0.1288** (0.0513)	0.1309** (0.0504)	0.1214** (0.0499)	0.1443* (0.0452)	0.1392* (0.0447)
LPRE	-0.3786*** (0.2168)		-0.3800*** (0.2185)			
TEM		0.0058 (0.0160)	0.0063 (0.0157)			
MAT3				0.0616*** (0.0369)		0.0519 (0.0329)
MAP3					-0.0017* (0.0004)	-0.0017* (0.0004)
R <sup>2</sup>	0.91	0.90	0.91	0.91	0.92	0.93
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.89	0.88	0.89	0.89	0.91	0.91
F-istatistiği	57.54	54.29	50.99	57.25	71.51	66.37
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

MAT3 değişkenin kullanıldığı Model 4 sonuçlarına göre bu değişken %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olup, ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. MAT3 değişkenin MAP3 değişkeni ile kullanıldığı Model 6'da MAT3 değişkeni istatistiksel olarak anlamsız olup, ekonomik büyüme üzerinde bir etkisi tespit edilememiştir. Öte yandan bir diğer iklim değişkeni MAP3'ün kullanıldığı Model 5 ve 6'da bu değişken istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. MAP3 değişkenin katsayıları incelendiğinde her iki modelde ekonomik büyümeyi negatif etkilediği görülmektedir.

*Latin Amerika Bölgesi'ne* ait analiz sonuçları Tablo 26'da özetlenmiştir. Analizler sonucu elde edilen bulgulara göre LDEMO, LGOVGDP ve LOPEN değişkenlerinin büyüme üzerinde herhangi bir etkisine rastlanılamamıştır. Ayrıca belirtilen bu değişkenler bütün modellerde istatistiksel olarak anlamsızdır. Diğer açıklayıcı değişkenler LHC, FDI ve LFCGDP bütün modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. Katsayıların işaretleri ise beklentiler doğrultusunda olup, her üç değişken altı modelde de büyümeyi



pozitif etkilemektedir. Öte yandan POPGR değişkeni ilk 5 modelde %5 seviyesinde, Model 6'da ise %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. POPGR'ye ait katsayı işaretleri beklentiler doğrultusunda gerçekleşmiş olup, diğer anlamlı açıklayıcı değişkenlerin aksine büyümeyi negatif etkilemektedir.

**Tablo 26: Analiz Sonuçları (Latin Amerika)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	0.8455* (0.1253)	0.8862* (0.1279)	0.8762* (0.1262)	0.9036* (0.1290)	0.8498* (0.1229)	0.9141* (0.1245)
LDEMO	0.0132 (0.0171)	0.0148 (0.0173)	0.0145 (0.0170)	0.0156 (0.0173)	0.0165 (0.0168)	0.0196 (0.0167)
FDI	0.0089* (0.0029)	0.0085* (0.0029)	0.0086* (0.0029)	0.0087* (0.0029)	0.0093* (0.0028)	0.0092* (0.0028)
LGOVGDP	0.0087 (0.0251)	0.0162 (0.0255)	0.0121 (0.0251)	0.0161 (0.0254)	-0.0045 (0.0248)	-0.0009 (0.0247)
LFCGDP	0.1661* (0.0325)	0.1718* (0.0329)	0.1680* (0.0324)	0.1696* (0.0328)	0.1590* (0.0319)	0.1579* (0.0317)
LOPEN	0.0285 (0.0318)	0.0262 (0.0322)	0.0316 (0.0318)	0.0292 (0.0323)	0.0291 (0.0312)	0.0379 (0.0312)
POPGR	-0.0652** (0.0296)	-0.0697** (0.0299)	-0.0636** (0.0296)	-0.0672** (0.0299)	-0.0573** (0.0291)	-0.0509*** (0.0290)
LPRE	0.1680* (0.0427)		0.1686* (0.0427)			
TEM		-0.0272*** (0.0147)	-0.0275*** (0.0147)			
MAT3				-0.0378*** (0.0196)		-0.0518* (0.0192)
MAP3					0.0002* (3.72E-05)	0.0002* (3.74E-05)
R <sup>2</sup>	0.52	0.51	0.52	0.51	0.54	0.54
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.51	0.50	0.52	0.50	0.53	0.54
F-istatistiği	68.49	65.43	61.54	65.50	73.05	66.57
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hausman Test	9.78	8.32	8.25	9.68	13.37	11.63
Hausman Anlamlılık	0.2810	0.4028	0.5092	0.2881	0.0998	0.2351

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

Çok çeşitli iklim yapısına sahip *Latin Amerika Bölgesi*'nde analiz sonuçları iklim değişkenlerinden LPRE'nin Model 1'de %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve büyümeyi pozitif etkilediği yönündedir. Benzer şekilde MAP3 değişkeninin kullanıldığı Model 5 sonuçlarına göre, MAP3 istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlı olup büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir. Yağış değişkenlerine ait katsayılar incelendiğinde yağış dalgalanmalarından ziyade yıllık yağış miktarının ekonomik büyüme üzerinde daha büyük bir etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Diğer yandan Model 2'ye göre TEM değişkeni %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı ve katsayısı negatif işaretlidir. Bu ise yıllık ortalama sıcaklıkla büyüme arasında incelenen dönemde ters yönlü bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda küresel ısınma sürecinin devam etmesi durumunda, bu sürecin bölgedeki ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyeceği söylenebilir. MAT3 değişkeninin kullanıldığı Model 4, Model 2 ile benzer sonuçlar vermektedir. MAT3 istatistiksel olarak %10 seviyesinde anlamlı ve ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Sıcaklık değişkenlerine ait katsayılar incelendiğinde sıcaklık dalgalanmalarının ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisi yıllık sıcaklıklara göre daha büyüktür. Benzer sonuçlar sıcaklık ve yağış değişkenlerinin birlikte kullanıldığı Model 3 ve 6 içinde söylenebilir. Model 3'de LPRE %1 ve TEM %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olup, LPRE ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken TEM negatif etkilemektedir. Model 6'da ise MAT3 ve MAP3 istatistiksel olarak %1 de anlamlıdır. MAT3 ekonomik büyümeyi negatif etkilemekte iken, MAP3 pozitif etkilemektedir.

*Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi* analiz sonuçları Tablo 27'de yer almaktadır. Analiz sonuçlarına göre bütün modellerde FDI ve LOPEN değişkenleri istatistiksel olarak anlamsız tespit edilmiştir. Diğer değişkenlerden LGOVGP Model 3'te, LFCGDP ile POPGR Model 1 ile Model 3'te istatistiksel olarak anlamsızdır. Bu bakımdan bu değişkenlerin ekonomik büyümeyi etkilediğine dair bir sonuç bulunamamıştır. LHC ile LDEMO bütün modellerde %1 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olmakla beraber, LHC ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken LDEMO negatif etkilemektedir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika Bölgesi'nde uzun yıllardır süren iç karışıklıklar ve demokratik olmayan yönetim şekilleri nedeniyle demokrasi seviyesi bu bölgelerdeki ülkeler için oldukça düşüktür. Bu sebepten dolayı LDEMO değişkeninin katsayı işareti beklentiler ile uyumludur. Diğer yandan LGOVGDP Model 3, LFCGDP ve POPGR Model 1 ve 3 hariç diğer modellerde istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu değişkenlerden LGOVGDP ve POPGR ekonomik büyümeyi negatif etkilerken, LFCGDP ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Genel olarak değerlendirildiğinde sonuçlar beklentiler doğrultusundadır.

**Tablo 27: Analiz Sonuçları (Orta Doğu ve Kuzey Afrika)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	2.2452* (0.1435)	2.1743* (0.1542)	2.1813* (0.1549)	2.0565* (0.1659)	2.2534* (0.1397)	2.1135* (0.1676)
LDEMO	-0.3055* (0.0630)	-0.3065* (0.0625)	-0.3015* (0.0630)	-0.3041* (0.0612)	-0.3217* (0.0611)	-0.3138* (0.0608)
FDI	-0.0010 (0.0021)	-0.0004 (0.0021)	-0.0006 (0.0021)	-0.0004 (0.0020)	-0.0016 (0.0020)	-0.0011 (0.0020)
LGOVGDP	-0.6850* (0.0694)	-0.6732* (0.0705)	-0.6684 (0.0709)	-0.6388* (0.0719)	-0.6652* (0.0681)	-0.6319* (0.0712)
LFCGDP	0.0748 (0.0540)	0.0947*** (0.0554)	0.0903 (0.0558)	0.1388** (0.0599)	0.0951*** (0.0529)	0.1358** (0.0593)
LOPEN	-0.0424 (0.0517)	-0.0287 (0.0535)	-0.0260 (0.0537)	-0.0208 (0.0517)	-0.0411 (0.0501)	-0.0230 (0.0511)
POPGR	-0.0107 (0.0070)	-0.0118*** (0.0066)	-0.0102 (0.0070)	-0.0118*** (0.0065)	-0.0129** (0.0065)	-0.0122*** (0.0064)
LPRE	-0.0234 (0.0262)		0.0132 (0.0264)			
TEM		0.0143 (0.0121)	-0.0201 (0.0122)			
MAT3				0.0428** (0.0204)		0.0315 (0.0213)
MAP3					-0.0003** (0.0002)	-0.0003*** (0.0002)
R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99	0.99
F-istatistiği	2274.17	2292.99	2127.89	2385.89	2402.06	2278.91
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

İklim değişkenlerinden LPRE ve TEM'in hem ayrı ayrı hem de birlikte kullanıldığı Model 1, 2 ve 3'te ilgili değişkenler istatistiksel olarak anlamsızdır. Elde edilen bu bulgular Lanzafame (2014) çalışmasıyla kısmen örtüşmektedir. Bu bağlamda LPRE ve TEM değişkenlerinin ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisine ulaşılamamıştır. Bununla birlikte MAT3 Model 4'te %5 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı iken, Model 6'da istatistiksel olarak anlamsızdır. MAP3 değişkeni ise Model 5'te %5 seviyesinde Model 6'da ise %10 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Değişkenlerin katsayıları incelendiğinde Model 4'te MAT3 değişkeni ekonomik büyümeyi pozitif etkilemekte, MAP3 değişkeni ise Model 5 ve Model 6'da ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir.

*Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde* analiz sonuçlarının sunulduğu Tablo 28'den görüleceği üzere açıklayıcı değişkenlerden LDEMO ve FDI değişkenleri bütün modellerde istatistiksel olarak anlamlı değildir. Diğer açıklayıcı değişkenlerden LHC, LGOVGDP, LFCGDP ve LOPEN değişkenleri bütün modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlı iken, POPGR değişkeni Model 6'da %5 diğer Modellerde ise %10 seviyesinde

istatistiksel olarak anlamlıdır. İlgili değişkenlerin katsayı işaretleri incelendiğinde sonuçlar beklentiler doğrultusunda çıkmıştır. Bütün modellerde LHC, LGOVGDP ve LFCGDP değişkenleri ekonomik büyümeyi pozitif etkilemektedir. Öte yandan LOPEN ve POPGR değişkenleri ise bütün modellerde ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir.

**Tablo 28: Analiz Sonuçları (Sahra Altı Afrika)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	1.1600* (0.1001)	1.0619* (0.1104)	1.0484* (0.1123)	0.8607* (0.1245)	1.1821* (0.0980)	0.8920* (0.1229)
LDEMO	-0.0018 (0.0187)	0.0014 (0.0014)	0.0006 (0.0187)	0.0099 (0.0185)	0.0052 (0.0184)	0.0157 (0.0183)
FDI	0.0012 (0.0016)	0.0014 (0.0016)	0.0014 (0.0016)	0.0015 (0.0015)	0.0018 (0.0016)	0.0020 (0.0015)
LGOVGDP	0.1267* (0.0319)	0.1304* (0.0316)	0.1330* (0.0319)	0.1422* (0.0314)	0.1143* (0.0313)	0.1305* (0.0311)
LFCGDP	0.0832* (0.0265)	0.0798* (0.0264)	0.0788* (0.0265)	0.0761* (0.0261)	0.0865* (0.0260)	0.0793* (0.0257)
LOPEN	-0.1532* (0.0380)	-0.1620* (0.0379)	-0.1610* (0.0380)	-0.1782* (0.0377)	-0.1617* (0.0373)	-0.1847* (0.0372)
POPGR	-0.0246*** (0.0145)	-0.0245*** (0.0144)	-0.0242*** (0.0145)	-0.0268*** (0.0143)	-0.0254*** (0.0143)	-0.0274** (0.0141)
LPRE	0.0113 (0.0470)		0.0314 (0.0477)			
TEM		0.0477** (0.0231)	0.0508** (0.0236)			
MAT3				0.1390* (0.0355)		0.1333* (0.0350)
MAP3					-0.0003* (7.95E-05)	-0.0003* (7.83E-05)
R <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98
F-istatistiği	655.23	661.93	642.16	679.58	678.33	680.61
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Hausman Test	23.02	20.90	25.52	29.82	15.99	26.30
Hausman Anlamlılık	0.0033	0.0074	0.0024	0.0002	0.0425	0.0018

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

Elde edilen bulgular neticesinde Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde LPRE değişkenin ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkisi bulunamamıştır. LPRE değişkenin kullanıldığı Model 1 ve 3'te bu değişken istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Bu sonuçlar Bernauer ve diğerleri (2010) ile Brown ve diğerleri (2010; 2011)'nin çalışmaları ile örtüşmektedir. TEM değişkeni ise Model 2 ve 3'te istatistiksel olarak %5 seviyesinde anlamlıdır. TEM değişkenine ait katsayılar incelendiğinde Model 2 ve 3'te ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği görülmektedir. Bu sonuç, literatürdeki diğer çalışmalarla örtüşmese de Alagidede ve diğerleri (2014)'nin çalışmasını destekler niteliktedir.

MAT3 ve MAP3 değişkenleri hem ayrı ayrı hem de birlikte kullanıldığı modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. Model 4'te MAT3 ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken, Model 5'te MAP3 ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Benzer sonuçlar MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin birlikte kullanıldığı Model 6 için de geçerlidir. Yine bu modelde MAT3 ekonomik büyümeyi pozitif etkilerken, MAP3 değişkeni ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Sahra Altı Afrika Bölgesi'nde yağışlarda görülen dalgalanmalar özellikle tarım sektörü üzerinde olumsuzluklar doğurarak ekonomik büyümeyi negatif etkilemektedir. Bu bağlamda araştırmada MAP3 değişkenine ilişkin elde edilen bulgular Brown (2010)'nun çalışması ile paralellik göstermektedir.

**Tablo 29: Analiz Sonuçları (Dünya Geneli)**

Değişken	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6
LHC	3.7462* (0.1148)	3.5179* (0.1134)	3.4321* (0.1133)	3.7712* (0.1143)	3.8590* (0.1179)	3.8030* (0.1186)
LDEMO	0.2813* (0.0406)	0.2632* (0.0389)	0.2093* (0.0395)	0.2453* (0.0409)	0.2655* (0.0409)	0.2495* (0.0411)
FDI	-0.0001 (0.0041)	-0.0022 (0.0040)	-0.0020 (0.0040)	-0.0007 (0.0041)	-0.0007 (0.0041)	-0.0007 (0.0041)
LGOVGDP	0.7575* (0.0651)	0.4724* (0.0597)	0.6167* (0.0635)	0.6736* (0.0596)	0.6494* (0.0632)	0.6531* (0.0630)
LFCGDP	0.4972* (0.0745)	0.4553* (0.0724)	0.4770* (0.0719)	0.3890* (0.0795)	0.4271* (0.0796)	0.3964 (0.0799)
LOPEN	-0.2629* (0.0426)	-0.1774* (0.0417)	-0.1932* (0.0414)	-0.2253* (0.0425)	-0.2468* (0.04245)	-0.2289* (0.0427)
POPGR	-0.1707* (0.0243)	-0.0522** (0.0256)	-0.03901 (0.0255)	-0.1284* (0.0266)	-0.1654* (0.0248)	-0.1293* (0.0267)
LPRE	0.0756* (0.0319)		0.1985* (0.0322)			
TEM		-0.0393* (0.0034)	-0.0457* (0.0035)			
MAT3				-0.0133* (0.0030)		-0.0119* (0.0033)
MAP3					-7.82E-05* (2.83E-05)	-3.12E-05 (3.11E-05)
R <sup>2</sup>	0.64	0.66	0.67	0.64	0.64	0.64
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.64	0.66	0.67	0.64	0.64	0.64
F-istatistiği	489.91	534.14	487.03	489.01	484.84	434.79
F-Anlamlılık	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

\* İlgili katsayının %1'de, \*\* %5'de ve \*\*\* %10'da istatistiksel olarak anlamlı olduğunu, parantez içindeki değerler ise standart hataları göstermektedir.

Tablo 29'da Dünya geneli için yapılan analiz sonuçlarından elde edilen bulgular verilmiştir. Buna göre; açıklayıcı değişkenlerden FDI bütün modellerde POPGR ise Model 3'te istatistiksel olarak anlamsızdır. Diğer açıklayıcı değişkenler LHC, LDEMO, LGOVGDP ve LOPEN bütün modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. POPGR değişkeni Model 3 hariç, Model 1'de %5 seviyesinde diğer modellerde ise %1

seviyesinde istatistiksel olarak anlamlıdır. İlgili değişkenlerin katsayıları incelendiğinde, LHC, LDEMO, LGOVGDP ve LFCGDP değişkenlerinin ekonomik büyümeyi pozitif etkilediği buna karşın LOPEN ve POPGR değişkenlerinin ekonomik büyümeyi negatif etkilediği görülmektedir. Genel olarak analiz sonuçlarının beklentiler doğrultusunda çıktığı söylenebilir.

İklim değişkenleri LPRE, TEM ve MAT3 bütün modellerde, MAP3 ise Model 6 hariç diğer modellerde istatistiksel olarak %1 seviyesinde anlamlıdır. MAP3 Model 6'da istatistiksel olarak anlamsızdır. İklim değişkenlerinin katsayıları incelendiğinde, katsayı işaretleri beklentiler doğrultusunda bulunmuştur. Tablo 28'den görüleceği üzere Model 1 ve 3'te LPRE'nin katsayısı pozitif işaretli olup ekonomik büyümeyi olumlu etkilemektedir. Buna karşın TEM ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. TEM'in kullanıldığı Model 2 ve 3'te bu değişkenin katsayı işareti negatiftir. Bu bağlamda dünya üzerinde çeşitli bölgelere olumlu veya olumsuz farklı etkileri olan küresel ısınmanın ekonomik büyüme üzerinde genel etkisinin negatif olduğu söylenebilir.

MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin kullanıldığı Model 4, 5 ve 6'da her iki değişkeninde ekonomik büyümeyi negatif etkilediği görülmektedir. Katsayılar incelendiğinde MAT3'ün ekonomik büyüme üzerindeki negatif etkisinin MAP3'den büyük olduğu görülmektedir. Nitekim sıcaklıklarda ve yağışlarda görülen dalgalanmalar tüm dünyada görülen hava olaylarının şiddetini ve sıklığını doğrudan etkilemektedir. Bu durum ise gıda, turizm, enerji, ulaşım ve haberleşme gibi sektörleri olumsuz etkilemektedir. Ayrıca fırtınaların ve kasırgaların alt ve üst yapılar ile çevreye verdiği tahribatlar nedeniyle ekonomik kayıplar meydana gelmektedir. Bütün bu faktörler ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Bu bakımdan MAT3 ve MAP3 değişkenlerinin katsayıları beklentiler doğrultusunda gerçekleşmiştir.

Araştırma sonucu iklim değişikliğinin ekonomik büyüme üzerindeki etkilerine yönelik elde edilen bulgular iklim değişikliği göstergeleri kapsamında Tablo 30'da özetlenmiştir.

**Tablo 30: Uygulama Sonuçlarının Özeti**

Bölgeler	Yağış	Sıcaklık	Yağış	Sıcaklık Oynaklığı	Yağış Oynaklığı	Sıcaklık Oynaklığı
			Sıcaklık			Yağış Oynaklığı
Avrupa ve Orta Asya	+	+	0	+	+	+
			+			+
Doğu Asya ve Pasifik	+	+	+	+	+	+
			+			+
Güney Asya	+	0	0	0	+	0
			0			+
Kuzey Amerika	-	0	-	+	-	0
			0			-
Latin Amerika	+	-	+	-	+	-
			-			+
Orta Doğu ve Kuzey Afrika	0	0	0	+	-	0
			0			-
Sahra Altı Afrika	0	+	0	+	-	+
			+			-
Dünya	+	-	+	-	-	-
			-			-

**Not:** (+), ilgili değişkeninin olumlu yönde etkisini; (-) olumsuz yönde etkisini; 0 değeri ise istatistiksel olarak anlamsız olduğunu göstermektedir.

## GENEL DEĞERLENDİRME, SONUÇ ve ÖNERİLER

Sanayi devrimi ile başlayan ve ikinci dünya savaşı ile hız kazanan fosil yakıt tüketimi, hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve büyük boyutlara ulaşan üretim ve tüketim seviyelerinin atmosferdeki sera gazı yoğunluklarını daha önce görülmemiş bir şekilde artırdığı bilimsel araştırmalarla ortaya konulmuştur. Nitekim IPCC'nin kuruluşundan bu yana 5-6 yılda bir yayınladığı iklim değişikliğinin bilimsel temellerine ilişkin raporlarında, CO<sub>2</sub> gazının atmosferdeki yoğunluğunun sanayi devrimi öncesine göre yaklaşık 1,5 kat artarak 400 ppm (milyonda bir parçacık) seviyesine çıktığı ifade edilmektedir. CO<sub>2</sub> gazının sanayi devrimine kadar olan sürede atmosferik yoğunluğunun 280 ppm seviyelerinde durağan olduğu dikkate alındığında bu artış oldukça dikkat çekicidir. Bir başka dikkat çekici husus da CO<sub>2</sub> gazının nispeten kısa sürede artması ve bu artışın doğrusal bir trend izlemesidir. Bugün bu trend yapılan bilimsel çalışmalar sonucu ortaya konan gerçeklere ve uyarılara rağmen maalesef değişmemiştir. Söz konusu dönemde, diğer sera gazlarının da atmosferik yoğunluğu artış trendine girerek sanayi devrimi öncesi değerlerinin yaklaşık iki katı seviyelerine ulaşmıştır. Sera gazlarında görülen bu artışlar doğal sera etkisinin kuvvetlenmesine yol açmış ve sıcaklık, yağış, bulutluluk, rüzgar, nemlilik gibi iklim elemanlarının doğal seyrinden sapmasına ve iklimin değişmesine sebep olmuştur. Günümüzde küresel ısınma olarak ifade edilen ortalama sıcaklıkların artması ve buna bağlı olarak da iklimin değişmesine neden olan süreç sera gazlarındaki artıştan kaynaklanmaktadır.

Küresel ortalama sıcaklıkların 19 yüzyıl (yy)'ın ikinci yarısından günümüze kadar olan sürede yaklaşık 0,9 °C arttığı bilimsel olarak kabul edilmiş bir gerçektir. Başlangıçta bu sıcaklık artışının küçük bir miktarlarda olduğu düşünülebilir. Ancak bu derece bir sıcaklık artışı bile iklim sisteminin karmaşık yapısı içinde daha büyük sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Örneğin sıcaklık artışı buzulların erimesine, deniz suyu seviyesinin yükselmesine ve sıcaklıkların daha fazla artmasına neden olmaktadır. Ayrıca hidrolojik döngünün ve rüzgar dolaşımının, okyanus akıntılarının değişmesi, yağışların uç durumlarında görülen aşırılıkların ve dalgalanmaların sıklaşması yine sıcaklıkların



artmasından kaynaklanmaktadır. Bu değişimler sel, fırtına ve kasırga gibi iklimsel doğal afetlerin sıklığında ve şiddetinde artışlara neden olmaktadır.

İklim sisteminde görülen bu gelişmeler, sanayi devrimden bugüne temelde insan aktiviteleri sonucu ortaya çıkan küresel iklim değişikliğinden kaynaklanmaktadır. Bugün gelinen noktada küresel iklim değişikliğinin varlığı kaçınılmazdır. Hatta iklim bilimciler bu durumu “*yarın öleceğimiz nasıl gerçek ve kesinse, iklim değişikliği de o kadar gerçek ve kesindir*” sözleriyle dile getirmektedirler. Nitekim iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının atmosferik ömürleri dikkate alındığında, iklim değişikliği ile mücadelede sera gazlarının salınımları bugün durdurulsa bile, bu süreç içinde bulunduğumuz yüzyılın sonuna kadar devam edebilecektir. Çeşitli parametreler kullanılarak yapılan iklim senaryolarında atmosferdeki CO<sub>2</sub> eviyesinin 450-500 ppm seviyelerine yükseleceği ve bununla sıcaklıkları 2 °C arttıracığı öngörülmektedir.

Uzun süreçler sonunda gerçekleşen iklim değişikliğinin etkileri iklimin yapısı gereği uzun yıllar sonunda ortaya çıkabilecektir. Ancak iklim değişikliğinin etkileri sıcaklık, yağış ve bunlara bağlı olarak kuraklık, sel fırtına gibi olaylarda kısa sürelerde de hissedilebilmektedir. Bu etkileri genel olarak şu şekilde özetlemek mümkündür:

- Küresel iklim değişikliğinin en önemli belirtilerinden biri olan ortalama yüzey ve deniz suyu sıcaklıkları en azından 21. yy.’ın sonuna kadar artmaya devam edecektir. Nitekim IPCC raporlarına göre her 30 yıllık dönem kendinden önceki 30 yıllık dönemden daha sıcak olmaktadır. Küresel ısınma ve iklim değişikliği ile mücadeleye bağlı olarak 2090-2099 yıllarında yıllık ortalama sıcaklıkların 1,1 °C ile 6,4 °C arasında artması beklenmektedir.
- Sıcaklıklardaki artış kutup buzullarının erimesine neden olmakta, bu süreç ise deniz suyu seviyesinin yükselmesi ile sonuçlanmaktadır. Yapılan araştırmalar 20. yy. boyunca deniz suyu seviyesinin yaklaşık 20 cm yükseldiğini göstermektedir. IPCC’nin Emisyon Senaryoları Özel Raporu ile Temsili Konsantrasyon Yolu senaryolarına göre 2100 yılına doğru bu yükselmenin 1 m’ye yaklaşacağı öngörülmektedir.

- İklim değişikliğinin etkilerini sıcaklık artışları ve deniz suyu seviyesindeki yükselme ile hissettirmesi, iklimde görülen değişikliğe uyum sağlayamayan birçok türün yok olmasına ve biyoçeşitliliğin azalmasına neden olmaktadır. Kutup buzullarının erimesi sonucu daha önce tanımlanmayan bakteri ve virüsler ortaya çıkabilir. Ayrıca istilacı türlerin daha geniş coğrafyalara yayılması fauna ve floraları tehdit edecektir. Doğal döngünün devam etmesi yanında sağlık sektörü içinde önemli olan birçok türün yok olması, iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan Kırım Kongo Kanamalı Ateşi ve Dang Humması gibi bulaşıcı hastalıklarla mücadeleyi de güçleştirmektedir.
- Seller, deniz suyu seviyesinin yükselmesi ve çevre kalitesinde düşüşler temiz su kaynaklarını azaltabilecektir. Ayrıca sıcaklık artışlarına bağlı kuraklık ve yağış rejiminin düzensizliği su kıtlığına neden olacaktır. Bu durum ülkeler hatta aynı ülkenin farklı bölgeleri arasında su problemlerinin yaşanmasını tetikleyebilecektir.
- Deniz suyu seviyesinin yükselmesi siyasi sınırların değişmesine sebep olabilecektir. Örneğin, 2100 yılında Danimarka ve Hollanda'nın büyük bir kısmının sular altında kalacağı ve Danimarka'nın İsveç'ten; Hollanda'nın ise Almanya'dan toprak satın alacağı öngörülerinde bulunmaktadır.

İklim değişikliğinin yukarıda özetlenen etkilerinin yanı sıra ekonomi üzerinde de önemli etkileri olacaktır. Bunları şu şekilde özetlemek mümkündür:

- İklim değişikliğinin doğrudan etkileri, ilk olarak iklim sistemi elamanlarının değişmesi sonucu, yıkıcı doğal afetlerin sıklık ve şiddetlerinin artması şeklinde olmaktadır. Kuraklık, sel, fırtına, kasırga vb. olarak sayılabilecek doğal afetler ciddi ekonomik kayıplara neden olarak üretken yatırımların istenilen düzeyde olmasını engellemektedir. Nitekim 1980-2012 döneminde iklim kaynaklı doğal afetlerin sayısında belirgin bir atış yaşanmıştır. Bu dönemde 18.200 ciddi hasarlı doğal afet meydana gelmiş ve bu afetlerin küresel maliyeti 2,8 trilyon \$ olarak gerçekleşmiştir. İklim değişikliğinin neden olduğu bu doğal afet

artışından en çok etkilenen bölgeler Asya ve Kuzey Amerika bölgeleri olmuştur.

- İklim değişikliği, sağlık sorunları ve sıcaklık artışına bağlı olarak ortaya çıkan ısı stresi vasıtasıyla emek verimliliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Emek verimliliğinde görülecek düşüşler veri teknoloji seviyesinde aynı miktar emek ile daha düşük üretim seviyesine neden olmaktadır. Günümüzde iklim değişikliği nedeniyle emek verimliliğinde görülen kayıpların yıllık maliyeti 300 milyar \$ civarındadır. Sıcaklık artışının devam etmesi durumunda bu rakam 21. yy.'ın ortalarına gelmeden yaklaşık olarak 2,5 trilyon \$ olacağı tahmin edilmektedir.
- İklim, tarım; turizm ve enerji sektörü gibi bazı sektörlerin önemli girdisi durumundadır. Tarımsal faaliyetler doğrudan iklime bağlıdır. İklim değişikliği nedeniyle sıcaklık artışları ve yağışlarda görülen aşırı oynaklıklar tarımsal üretimi önemli ölçüde olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak yüksek bölgelerde tarımsal üretimde ve ürün çeşitliliğinde makul bir sıcaklık artışına bağlı olarak artış yaşanacaktır. Buna rağmen ilerleyen dönemde iklim değişikliğinin küresel net etkisinin olumsuz olması beklenmektedir. Nitekim 2080'li yıllarda sıcaklığın ortalama 4,25 °C artacağı varsayımına dayalı olarak Cline (2007) yaptığı çalışmada, dünya tarım üretiminin %3-%15 arasında azalacağı tahmin edilmiştir. Çalışmaya göre Afrika ve Latin Amerika iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerdir.
- Tarımsal üretimde görülecek azalışlar dünya gıda fiyatlarının artmasına yol açmaktadır. 2007-2008 dünya tahıl üretimi düşerek, küresel gıda krizinin yaşanması ile sonuçlanmıştır. Bu bağlamda 2000'li yılların başında 90 seviyesinde olan dünya gıda fiyatları indeksi 2008 yılında yaklaşık 200 seviyesine yükselmiştir. Bu gelişmenin temel nedeni sıcaklıkların artması ve yetersiz yağış sonucu oluşan kuraklıktır. Bir başka neden olarak dünya petrol fiyatlarının yükselmesi sonucu, alternatif enerji kaynaklarından olan biyoyakıt talebinin artması gösterilebilir. IPCC'in 2013 yılında yayınladığı son raporuna göre, 2050 yılına kadar küresel gıda fiyatlarında %84'e varan artışlar

yaşanabilir. Türkiye için yapılan bir çalışmada, iklim değişikliği nedeniyle 2050’li yıllarda buğday, arpa, mısır, pamuk ve ayçiçeği gibi temel tarımsal ürünlerin verimliliklerinde %10’na varan kayıplar yaşanacağı vurgulanmaktadır. Bu durum, fiyatların %13 civarında artmasına neden olacaktır.

- İklim değişikliğine bağlı olarak gıda fiyatlarında yaşanacak artışlar zincirleme olarak diğer mal fiyatlarının artışını tetiklemektedir. Bu iki husus beraber değerlendirildiğinde gıda fiyatlarındaki artış enflasyonist bir baskı oluşturabilir. Nitekim IMF tarafından yayınlanan Dünya Ekonomik Görünümü 2008 raporunda, 2007 yılında gıda fiyatlarının artmasının dünya enflasyonuna katkısının %47 civarında olduğu belirtilmektedir. Bu oran Avrupa’da yaklaşık %34, Asya’da ise %67 olarak hesaplanmıştır. Aynı dönemde gıda fiyatlarının Türkiye’de enflasyon oranına katkısı ise %47 dolaylarında olmuştur.
- İklim değişikliği nedeniyle, iklimde öngörülemeyen aşırıliklar, tarımsal üretimde beklenmeyen dalgalanmaların yaşanmasına ve buna bağlı olarak fiyatların beklentiler doğrultusunda gerçekleşmemesine neden olmaktadır. Öngörülemeyen bu tür üretim dalgalanmaları, merkez bankalarının enflasyonla mücadele başarısını olumsuz yönde etkilemektedir. Nitekim TCMB yayınladığı enflasyon raporlarında bu soruna sık sık atıf yapmaktadır. Bu durum sonuç itibariyle merkez bankalarının güvenilirliklerinin sorgulanmasını gündeme getirebilmektedir.
- İklimle iç içe olan bir diğer ekonomik faaliyet alanı turizm sektörüdür. Sıcaklık artışları bir yandan kış turizmini etkilerken, bir yandan da kuraklık ve su sıkıntısı nedeniyle yaz turizmini olumsuz yönde etkileyecektir. Dağ buzullarının giderek erimesi kış turizmi için gereken uygun ortamın yok olması anlamına gelmektedir. Nitekim Dünya Turizm Örgütü’nün çalışmaları, 2 °C’den az bir sıcaklık artışının Kuzey Alp’lerde kar örtüsünün 5 aylık bir sürede 40 gün kullanılmayacağı ve Almanya Bavariyan Alp’lerinde kış turizmi potansiyelinin %60’sının kaybedileceği sonucunu ortaya koymaktadır. Bu durum turizm faaliyetlerinin ve tesislerinin mevcut tesislerden daha yüksek noktalara

taşınmasını gerekli kılabacak dolayısıyla ilave maliyetler gündeme gelecektir. Öte yandan kuraklık, su sıkıntısı ve bulaşıcı hastalıklar riskinin artması turist konforunu olumsuz yönde etkileyebilir. Alçak enlemlerdeki yaz turizm alanlarının tercih edilebilirliği azalacak ve turizmin akış yönü değişebilecektir. Şöyle ki; bu günün özellikle yaz turizmini talep eden nispeten soğuk kuzey ülkeleri, yarının arz edicisi konuma gelecektir. Böylece kuzeydeki zengin ülkelerden güneydeki görece yoksul ülkelere doğru olan gelir akışı kesintiye uğrayacak, bu yolla ekonomilerinde turizmin önemli yer tuttuğu ülkeler olumsuz yönde etkilenecektir.

- Turizm faaliyetleri Türkiye ekonomisi içinde önemli yer tutmaktadır. Türkiye’de turizm sektörü %7 civarında istihdam ve 30 milyar \$ civarında gelir yaratan bir faaliyet alanıdır. Turizm faaliyetlerinin yaz aylarında ve ülkenin Akdeniz Havzası’nda kalan sıcak bölgelerinde yoğunlaştığı dikkat çekmektedir. IPCC’nin raporlarına göre iklim değişikliğinden en çok etkilenecek bölgelerden birinin Akdeniz Havzası olduğu düşünüldüğünde ilerleyen dönemlerde yaz turizmi bölgelerimizin kuraklık ve su sıkıntısı ile karşı karşıya kalacağı tahmin edilmektedir. Türkiye’de yaz turizminin yaz aylarından bahar aylarına ve güney bölgelerinden kuzey bölgelerine doğru kayacağı; yayla ve doğa turizminin giderek önem kazanacağı beklenmektedir.
- Enerji sektörü iklim değişikliğinden etkilenmesi beklenen bir diğer sektördür. İklim değişikliği enerji arz ve talebini etkilemektedir. Sıcaklık artışlarına bağlı olarak yüksek enlemlerde ısınma ihtiyacı için enerji talebinde azalmalar; alçak enlemlerde ise soğutma ihtiyacı için enerji talebinde artışlar yaşanması beklenmektedir. Nitekim muhtelif çalışmalar, 1,3-2,9 °C’lik bir sıcaklık artışının; 2050 yılında İngiltere’de doğal gaz kullanımını önceki duruma göre %7-10 oranında arttıracaklarını ileri sürmektedir. Öte yandan 0,8 °C’lik bir sıcaklık artışının ABD’nin MINK bölgesinde fosil yakıt talebini %7-16 arasında; 3 °C’lik bir sıcaklık artışının 2080 yılında İtalya’da ısınma için enerji talebini %20 azaltacağı öngörülmektedir.

- Su enerji sektörü için oldukça önemlidir. Su hem hidroelektrik enerjisi üretiminde hem de nükleer enerji santrallerinde reaktörleri soğutmak amaçlı kullanılmaktadır. İklim değişikliği nedeniyle yaşanması oldukça muhtemel kuraklık hidroelektrik enerjisi üretimini ciddi şekilde etkilemektedir. Bu durum enerjide dışa bağımlı olan ülkelerin halihazırda yetersiz olan enerji üretim kapasitelerini etkin kullanabilmelerini önlemektedir. Enerji açığını karşılamak için ithalata gitmek durumunda olan ülkelerin cari açıkları bu sebeple artmaktadır. Diğer yandan su sıcaklığının artması nükleer enerji santrallerinde suyun soğutma kabiliyetini azaltarak enerji üretimini olumsuz etkileyecektir.
- İklim değişikliği küresel işgücünün %8'inin istihdam edildiği turizm sektörü ve 1 milyar civarında kişinin çalıştığı tarım sektöründe istihdamı olumsuz yönde etkileyecektir. Bunun yanı sıra iklim değişikliği kapsamında hükümet politika ve düzenlemeleri de istihdamı etkileyebilecektir. Örneğin kirli üretim teknikleri kullanan sektörlerde vergi uygulaması üretimin maliyetini, dolayısıyla ürünün fiyatını arttıracaktır. Talep kanunu gereği fiyatı artan ürünün talebi azalacaktır. Emek talebi türev talep niteliğinde olduğundan, vergi uygulanan sektörlerde üretilen ürünlere olan talebin azalması bu sektörlerdeki istihdamı azaltacaktır.
- İklim değişikliğinin istihdam üzerindeki olumsuzluklarına karşın, iklim değişikliği ile mücadele yeni iş imkanları da yaratabilecektir. Bu yeni iş imkanları; emisyon azaltımı, atık yönetimi, iklim değişikliğinden korunma yatırımları kapsamında ortaya çıkabilecektir. Ancak bu gibi istihdam olanaklarının iklim değişikliğinin istihdam üzerindeki olumsuz etkilerini bertaraf edip edemeyeceği belirsizliğini korumaktadır.
- İklim değişikliği şüphesiz ekonomik büyüme üzerinde de bir takım sonuçlar doğuracaktır. Geniş anlamda üretim girdileri, veri teknoloji seviyesinde, fiziki sermaye, doğal sermaye, beşeri sermaye ve sosyal sermaye olarak düşünülebilir. İklim değişikliği üretim fonksiyonunda girdi olarak bulunan bu faktörleri etkileyerek ekonomik büyümeyi de etkilemektedir. Şöyle ki, sel ve fırtına gibi doğal afetler ile artan sıcaklıklar fiziki sermayenin yıpranmasını hızlandırmaktadır. Belli iklim şartlarına göre ortalama yaşam süresi olan

makine, bina ve teçhizat gibi fiziki sermaye unsurları, değişen iklim şartları nedeniyle beklenenden önce kullanım dışı kalabilmektedir. Bu durum fiziki sermayenin hızla yıpranmasına; net yatırımların ve dolayısıyla fiziki sermaye stokunun azalmasına neden olmaktadır. Bu süreç ise şüphesiz ülkelerin büyüme performanslarını olumsuz etkileyebilecektir.

- İklim değişikliğine neden olan süreçte çevrenin kirletilmesi; tahrip edilmesi ve sınırlarının zorlanması düşük entropiye sahip doğal sermayenin kıtlaşmasına neden olarak, çevrenin doğal sermaye arzını nitelik ve nicelik olarak azaltabilecektir. Ayrıca seller, deniz suyu seviyesinin yükselmesi, kuraklık ve istilacı türlerin tehditleri verimli toprakları geçici ve kalıcı olarak kullanılamaz hale getirebilecektir. İstilacı türler biyoçeşitliliği de etkileyerek, ormanlara zarar verebilecek, bu yolla doğal sermayenin yıpranmasına yol açabilecektir.
- Yetersiz beslenme, su kıtlığı, sağlık sorunları ve göçler beşeri sermaye kalitesinin düşmesine neden olabilecektir. Ayrıca iklim değişikliği ile mücadelede yoğun ve karmaşık teknolojilerin kullanılması mevcut bilgi stokunun (know-how) kullanışsız hale gelmesine neden olabilecektir. Bu durum ise emeğin hareketliliğini ve verimliliğini düşürerek ekonomik büyüme yi olumsuz yönde etkileyebilecektir.
- İklim değişikliği nedeniyle yetersiz ekonomik performans kamu gelirlerinin azalmasına yol açabilecektir. Gelirleri azalan hükümet sağlık, beslenme ve eğitim gibi yaşam standartlarını ve beşeri sermayeyi yükselten harcamalarını istenilen düzeyde gerçekleőtiremeyecektir. Bu durum beşeri sermaye ve emek verimliliği üzerinden ekonomik büyüme yi olumsuz yönde etkileyebilecektir. Ayrıca kamunun iklim değişikliği ile mücadele kapsamında yapacağı korunma yatırımları diğer üretken yatırım ve Ar-Ge harcamalarını dışlayabilecektir.

Neoklasik iktisadın iklim değişikliği bağlamında çevre sorunlar ile mücadelede başarılı olamadığı veya çevre sorunlarına gereken önemi vermediği söylenebilir. Bu gruptaki iktisatçılar, ekonomiyi çevreden daha büyük bir sistem olarak görmüş ve çevrenin ekonominin bir alt sistemi olduğunu kabul etmişlerdir. Neoklasik üretim ve tüketim yapısı

çevrenin dışlanması ve böylece çevre sorunlarına yol açmıştır. Bu düşüncenin ürünü olarak refahın parasallaştırılması ülkeleri sürekli olarak ekonomik büyümeye itmiştir. Bu yaklaşım çevrenin taşıma kapasitesinin zorlanmasına neden olarak günümüzün en önemli krizi olarak gösterilen küresel iklim değişikliği ile sonuçlanmıştır.

Ekolojik iktisatçılar ekonominin çevreyi kapsayan ve ondan daha büyük bir sistem olduğu görüşünü kabul etmemektedirler. Bu iktisatçılara göre ekonomi (ekonosfer), dünyada konuşulması mümkün bütün sistemleri (yapıları) içeren dünya sisteminin (çevre) bir alt sistemidir. Yani ekonominin uzun dönem sınırları çevrenin ekolojik sınırları tarafından belirlenmektedir. Kısa dönemde ekolojik sınırlar zorlanarak/aşılarak büyümek mümkün olabilecektir. Ancak bu çabalar küresel iklim değişikliği gibi çevre sorunlarına yol açarak uzun dönemde büyümenin sürdürülebilir olmasını engelleyebilecektir.

Çevre ve ekonomi birlikte düşünüldüğünde, para ve maliye politikalarını içeren geleneksel makroekonomik modeller yerine, Heyes (2000) tarafından önerilen ve çevrenin ekonomiye bir sınırlama (kısıt) getirdiği çevreye uyarlanmış/genişletilmiş IS-LM-EE modeli veya buna benzer modellerin makroekonomik analizlerde kullanılması daha uygun olacaktır.

IS-LM-EE modeline göre, çevresel dengenin (ekolojik sınırlar) gözetilmesi durumunda genişletici para ve maliye politikalarının etkinliği, standart IS-LM modeline göre düşük seviyede olmaktadır. Ancak çevre kalitesinin iyileştirilmesi ile ekolojik sınırlar genişletilebilecek; para ve maliye politikalarından beklenen etkiler artabilecek ve çevrenin ekolojik sınırları aşılmadan ekonomik büyüme gerçekleşebilecektir. Bu bağlamda politika yapıcılar yeşil alanlar, su havzaları, atık bertaraf ve depolama kapasitesi, doğal sermaye stoku ile bunların yenilenme süresi gibi çevresel kısıtı belirleyebilecek bir dizi parametreyi göz önünde bulundurarak ekonomi politikalarının ekonomik ve çevresel sonuçlarını daha iyi öngörebilirler.

İklim değişikliğinin ekonomik büyümeye olan etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılan panel veri analizi sonucunda elde edilen sonuçlar şu şekilde özetlenebilir:



- Yıllık toplam yağış miktarı (LPRE) değişkeninin, Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Güney Asya ve Latin Amerika bölgeleri ile küresel ölçekte ekonomik büyümeyi olumlu; Kuzey Amerika bölgesinde ise olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir. Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile Sahra Altı Afrika bölgelerinde ise ekonomik büyüme ile yıllık toplam yağış miktarı arasında istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki tespit edilememiştir.
- Yıllık ortalama sıcaklık (TEM) değişkeninin, Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik ve Sahra Altı Afrika bölgelerinde ekonomik büyümeyi olumlu; Latin Amerika ve küresel ölçekte olumsuz yönde etkilediği ve diğer bölgelerde ise istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmüştür.
- TEM'in hareketli ortalamaları alınarak elde edilen (MAT3) değişkeninin, Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Kuzey Amerika, Orta Doğu ve Kuzey Afrika ile Sahra Altı Afrika bölgelerinde ekonomik büyümeyi olumlu; Latin Amerika bölgesinde ve küresel ölçekte ise olumsuz yönde etkilediği sonucuna ulaşılmıştır. Güney Asya bölgesinde MAT3 değişkeninin ekonomik büyüme üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi tespit edilememiştir.
- LPRE'nin hareketli ortalamaları alınarak elde edilen yağış değişkeninin MAP3, ekonomik büyümeyi Avrupa ve Orta Asya, Doğu Asya ve Pasifik, Güney Asya ve Latin Amerika bölgelerinde olumlu; Kuzey Amerika, Orta Doğu ve Kuzey Afrika, Sahra Altı Afrika bölgeleri ile küresel ölçekte ise olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir.

Araştırmanın bulguları Sahra Altı Afrika bölgesinde sıcaklığın ekonomik büyümeyi olumlu etkilediğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, literatürdeki Miguel ve diğerleri (2004), Barrios ve diğerleri (2010), Brown ve diğerleri (2011), Dell ve diğerleri (2012), Odusola ve Abidoye (2012) ve Lanzafame (2014)'nin çalışmalarıyla örtüşmemekte; buna karşın, Bernauer ve diğerleri (2010), Brown ve diğerleri (2010; 2011) ve Alagidede ve diğerleri (2014)'nin çalışmalarında elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. İklim değişikliğinin ekonomik etkileri kapsamında yapılan uygulamalı çalışmaların farklı sonuç vermesini, Bernauer ve diğerlerinin (2010) de ifade ettiği gibi, iklim değişikliğinin nasıl

tanımlandığı, iklimsel verilerinin hangi formlarda kullanıldığı, çalışmanın dönemi ve örneklem grubu gibi faktörlere bağlanabilir.

Araştırmada küresel düzeyde yapılan analiz sonucu elde edilen bulgular; IPCC, Dünya Bankası, Dünya Tarım ve Gıda Örgütü gibi uluslararası kuruluşların raporlarında yer alan tahminleri destekler niteliktedir. Buna göre yıllık toplam yağış miktarı ekonomik büyümeyi olumlu; yıllık ortalama sıcaklık ise olumsuz yönde etkilemektedir. Sıcaklık ve yağış değerlerinde görülecek dalgalanmalar ise, ekonomik büyüme üzerinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir. İklim değişikliği sonucu sıcaklıkların arttığı/artacağı ve dolayısıyla kuraklığa neden olduğu/olacağı göz önüne alındığında, araştırmada elde edilen sonuçlar beklentiler doğrultusundadır.

Araştırmada elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, iklim değişikliğinin her bölge ve ülkeyi aynı yönde ve derecede etkilemediği/etkilemeyeceği sonucuna ulaşılabilir. Orta ve yüksek enlemlerde bulunan nispeten soğuk ülkelerin iklim değişikliğinden göreceli olarak daha az olumsuz etkileneyeceği; hatta birtakım yararlar sağlayabilecekleri söylenebilir. Ancak iklim değişikliğinin mevcut trendiyle devam etmesi durumunda, bu faydalar ortadan kalabilir ve iklim değişikliğinin olumsuz etkileri baskın hale gelebilir. Buna karşın, alçak enlemlerde bulunan sıcak ve tropikal ülkelerin iklim değişikliğinden daha fazla olumsuz etkilenmesi beklenmektedir. Bu etkilerin boyutu şüphesiz ülkelerin, gelişmişlik düzeyleri, ekonomik, sosyal ve siyasi yapıları ile iklim değişikliği ile mücadele kapasitelerine göre değişebilecektir.

İklim değişikliği sorunu ve bu sorunun neden olduğu olumsuz genel ve ekonomik etkiler, bugün bazı ülke ve bölgelerde ciddi düzeylerde hissedilmektedir. İlerleyen süreçte bu olumsuz etkilerin, bütün dünyada önemli sonuçlara neden olması kaçınılmazdır. Bu tablo iklim değişikliği ile etkin ve acil bir mücadelenin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Elbette iklim değişikliği ile mücadelenin başarılı olması, hukuki bağlayıcılığı olan kararlı ve samimi bir uluslararası işbirliğini zorunlu kılmaktadır. Ne var ki iklim değişikliği ile mücadelede gerek ulusal gerekse de uluslararası boyutta atılan adımların istenilen düzeyde olduğunu söylemek güçtür. Küresel iklim değişikliği ile mücadelede bağlayıcılığı olan tek uluslararası sözleşmenin “*Kyoto Protokolü*” olması bu noktada düşündürücü bir durumdur. Dahası 2013 yılında Polonya’nın başkenti Varşova’da yapılan 19. Taraflar Toplantısında

Kyoto Protokolü'nden sonrası için kesin bir anlaşmaya varılamamış, bu protokol sonrası acilen uygulamaya geçmesi beklenen yeni emisyon hedeflerinin ise ancak 2020 yılında hayata geçirilmesi kararlaştırılmıştır. Alınan bu gibi kararlar ülkelerin iklim değişikliği ile mücadele konusundaki samimiyet ve kararlılıklarının sorgulanmasına neden olmaktadır.

İklim değişikliği ile mücadelede, bu soruna neden olan sera gazları salınımının yarısından fazlasının sorumlusu olan Çin, ABD, Avrupa Birliği, Hindistan ve Rusya gibi ülkelerin rolü oldukça önemlidir. Ancak özellikle Çin ve ABD'nin ekonomik kaygıları, iklim değişikliği konusunda samimi ve ciddi bir mücadelenin içinde olmalarını engellemektedir. Öte yandan gelişmekte olan ülkelerin, iklim değişikliğinin bugünün gelişmiş ekonomilerinin doğayı aşırı kullanarak tahrip etmelerinin sonucu olduğu ve bunun bedelini kendi kalkınmalarını durdurarak ödemek istememeleri yönündeki düşünceleri de iklim değişikliği ile mücadeleyi zorlaştırmaktadır. Bu engeller gelişmiş ülkelerin emisyonlarını sınırlamaları, daha çevreci teknolojilere yatırım yapmaları ve gelişmekte olan ülkelerin kalkınmalarına destek olmaları ile aşılabılır. Bu yönde yavaş da olsa bazı çalışmaların olduğunu da belirtmek gerekir.

Uluslararası işbirliğinin yanı sıra iklim değişikliği ile mücadelede var olan/uygulamaya konulacak idari ve mali çevresel düzenlemelerin etkili bir şekilde uygulanması da önem arz etmektedir. Ayrıca iklim değişikliğine karşı bilinç oluşturma çabaları da talep yanlı etkili bir politika olabilir. Bu manada bireylere çevre bilinci kazandırılması adına kamu ve/veya sivil toplum örgütlerinin daha aktif olması ve çevre konusunun eğitim müfredatlarına yaygın olarak girmesi gerekmektedir.

Bunların yanı sıra iklim değişikliği ile mücadele, “çevrenin ekonominin bir alt sistemi olduğu” düşüncesinin terk edilerek, “ekonominin çevrenin bir alt istemi olduğu ve ekonominin sınırlarının ekolojik taşıma kapasitesi tarafından belirdiği” düşüncesinin kabul edilmesi yönünde zihinsel bir değişimin de yaşanmasını zorunlu hale getirmektedir. Buna göre çevrenin doğal sermaye arz fonksiyonu yanında, atıkları depolama fonksiyonu da dikkate alınarak ekonomi politikaları şekillendirilmelidir.

Boulding (1966)'in deyimiyle, vahşi üretim ve tüketim yapısını yansıtan “Kovboy Ekonomisi”nin iklim değişikliğinin temel nedeni olduğu ve bu yapının sürdürülmesi

durumunda ekolojik taşıma kapasitesinin aşılabacağı düşünölmektedir. Bu bağlamda yine Boulding (1966)'in ifadesiyle, üretim ve tüketim yapısını nicel olarak sınırlayan ancak nitelik olarak sürdürülebilmesine olanak sağlayan “*Uzayadamı Ekonomisi*”ne geçilmesi gerekmektedir.

Son olarak, ileride yapılacak çalışmalar için şu tavsiyelerde bulunabiliriz:

- Yıllık toplam yağış miktarı ile ortalama sıcaklık değişkenlerinin anomali, kuraklık ve aşırı yağışlılık gibi formları da araştırmada kullanılabilir.
- Araştırmalar farklı bölge veya ülke sınıflandırmasına göre de yapılabilir. Bu durumda güvenilir ve düzenli veri sorunu ile karşılaşma olasılığına dikkat edilmelidir.
- Bölge bazında yapılacak çalışmalar, Orta Avrupa, Kuzey Avrupa ve Güney Avrupa gibi alt kısımlar şeklinde detaylandırılabilir.
- İklim değişikliğinin sektörler üzerindeki etkileri küresel ve bölgesel ölçekte uygulamalı olarak araştırılabilir.

## **YARARLANILAN KAYNAKLAR**

Ahrens, C. Donald (2007), **Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environmet**, 8th. Ed., Belmont: Thomson Brooks/Cole.

Akçakaya, Alper ve diğlerleri (2013), “İklim Değişikliği Senaryolarında Yeni Dönem: Paralel Yaklaşım ve Temsili Konsantrasyon Rotaları (RCPs)”, **6th Atmospheric Science Symposium-ATMOS 2013**, İstanbul, <http://www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/iklim-degisikligi-senaryolari.pdf> (25.04.2014).

Akram, Naeem (2012), “Is Climate Change Hindering Economic Growth of Asian Economies?”, **Asia-Pacific Development Journal**, 19 (2), 1-17.

Aksu, Ceren (2011), **Sürdürülebilir Kalkınma ve Çevre**, Güney Ege Kalkınma Ajansı, <http://geka.org.tr/yukleme/dosya/f6574f6e6b0a8d70a27fbde52c53a47.pdf> (29.04.2011).

Alagidede, Paul ve diğlerleri (2014), “The Effect of Climate Change on Economic Growth: Evidence from Sub-Saharan Africa”, **United Nations University World Institute for Development Economics Research Working Paper**, 17, 1-15.

Alcamo, Joseph ve diğlerleri (2007), “Europe”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (542-580), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

Ali, Nuru Seis (2012), “Climate Change and Economic Growth in a Rain-fed Economy: How Much Does Rainfall Variability Cost Ethiopia?”, **Ethiopian Economics Association Working Paper Series**, 03, 1-37.

Alley, Richard ve Fitzpatrick, Joan (2009), “Paleoclimate Concepts”, Amber Swallow ve Mary-Margaret Coates (Ed), **Past Climate Variability and Change in The Arctic and at High Latitudes içinde** (22-76), Virginia: Geological Survey.

Anderon, Dawn M. ve diğlerleri (2007), **Environmental Economics**, 1, Washinton D.C.: Environmental Literacy Council, <http://enviroliteracy.org/pdf/EnviroEcon-vol1.pdf> (30.04.2014).

Andronova, Natalia (2008), “Climate Feedback”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (217-218), California: Sage Publications.

Anisimov, Oleg A. ve diğlerleri (2007), “Polar Regions (Arctic and Antarctic)”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (663-672), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

Arnberg, Søren ve Bjørner, Thomas B (2007), “Substitution Between Energy, Capital and Labour within Industrial Companies: A Micro Panel Data Analysis”, **Resource and Energy Economics**, 29 (2), 122-136.

Aslan, Funda (2010), **İktisadi Büyümenin Ekolojik Sınırları ve Kalkınmanın Sürdürülebilirliği**, Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Asteriou, Dimitrios ve Hall, Stephan (2007), **Applied Econometrics: A Modern Approach Using Eviews and Microfit**, Revised Ed., New York: Palgrave Macmillian.

Auffhammer, Maximilian (2008), “Economics, Impact From Climate Change”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (346-350), California: Sage Publications.

- Baggethun, Erik Gomez ve diğeri (2010), “The History of Ecosystem Services in Economic Theory and Practice: from Early Notions to Market and Payment Schemes”, **Ecological Economics**, 69, 1209-1218.
- Balgati, Badi H. (2008), **Econometric Analysis of Panel Data**, 4th Ed., West Sussex: John Wiley and Sons Ltd.
- Barker, Terry (2013), **What is Ecological Economics, as Distinct from the Neoclassical Environmental Economics?**, University of Cambridge, 1-10, [http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable\\_Files/Ecological\\_Economics-Barker2013.sflb.ashx](http://www.camecon.com/Libraries/Downloadable_Files/Ecological_Economics-Barker2013.sflb.ashx) (29.04.2014).
- Barrios, Salvador ve diğeri (2010) “Trends in Rainfall and Economic Growth in Africa: A Neglected Cause of the African Growth Tragedy”, **The Review of Economics and Statistics**, 92 (2), 350-366.
- Başkaya, Yusuf Soner ve diğeri (2008), “Küresel Isınma, Küreselleşme ve Gıda Krizi- Türkiye’de İşlenmiş Gıda Fiyatları Üzerine Ampirik Bir Çalışma”, **Central Bank Review**, 2, 1-32.
- Bell, Michelle L., ve diğeri (2004), “A Resrospective Assessment of Mortality from the London mog Episode of 1952: The Role of Influenza and Pollution”, **Environmental Health Perspectives**, 112 (1), 6-8.
- Benson, Nsikak ve Palmer, Rob (2008), “Global Warming”. **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (456-460), California: Sage Publications.
- Berger, Andre ve Loutre, Marie-France (2002), “An Exceptionally Long Interglacial Ahead?”, **Science**, 297 (5585), 1287-1288.

- Bernauer, Thomas ve diğlerleri (2010), “ Climate Change, Economic Growth, and Conflict”, **The Conference on Climate Change and Security, Royal Norwegian Society for Science and Letters**, [http://ncgg.princeton.edu/IPES/2010/papers/S1115\\_paper1.pdf](http://ncgg.princeton.edu/IPES/2010/papers/S1115_paper1.pdf) (26.04.2014).
- Bhatt, Vatsal ve diğlerleri (2006), “Possible Indirect Effects of Climate Change on Energy Production and Use in The United States”, **Effects of Climate Change on Energy Production and Use in The United States Synthesis and Assessment Product 4.5 içinde** (63-80), [http://web.ornl.gov/sci/sap\\_4.5/energy\\_impacts/sap4.5draft.pdf](http://web.ornl.gov/sci/sap_4.5/energy_impacts/sap4.5draft.pdf) (27.04.2014).
- Blaug, Mark (1964), **Ricardian Economics: A Historical Study**, 8, New Haven: Yale Studies in Economics.
- Black, Brian C. ve Weisel, Gary J. (2010), **Historical Guides to Controversial Issues in America: Global Warming**, 1st. Ed., California: Greenwood.
- Bocutoğlu, Ersan (2012), **Makro İktisat Teoriler ve Politikalar**, 9. Baskı, Trabzon: Murathan Yayınevi.
- Boko, Michek ve diğlerleri (2007), “Africa”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. *inde* (434-467), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Boran, Şebnem ve Sevilmiş, Güzde (2012), “Küresel Gıda Krizi Korkutuyor”, **İzmir Ticaret Odası Ar&Ge Bülten Aralık Sayısı**, 27-31, <http://www.izto.org.tr/portals/0/argebulten/2kureselgidakrizi.pdf> (27.04.2014).
- Boulding, Kenneth E. (1966), “The Economics of the Coming Spaceship Earth”, **Environmental Quality in a Growing Economy**, 2, 3-14.



- Bozkurt, Deniz ve Şen, Ömer Lütfü (2013), “Değişik Model ve Senaryolara Göre İklim Değişikliğinin Fırat-Dicle Havzasına Olan Etkileri”, **III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013**, (39-46), İstanbul, [http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2012/11/Tikdek\\_2013\\_Bozkurt\\_OLS.pdf](http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2012/11/Tikdek_2013_Bozkurt_OLS.pdf) (23.04.2014).
- Bretschger, Luca ve Valente, Simone (2011), “Climate Change and Uneven Development”, **The Scandinavian Journal of Economics**, 113 (4), 825-845.
- Brown, Casey ve diğerleri (2010), “An Empirical Analysis of the Effects of Climate Variables on National Level Economic Growth”, **Background Paper to the 2010 World Development Report, The World Bank Policy Research Working Paper**, 5357, 1-27.
- Brown, Casey ve diğerleri (2011), “Hydroclimatic Risk to Economic Growth in Sub-Saharan Africa”, **Climatic Change**, 106 (4), 621-647.
- Calzadilla, Alvaro ve diğerleri (2004), “Climate Change and Extreme Events: An Assessment of Economic Implications”, **2nd International Workshop on Integrated Climate Models: An Interdisciplinary Assessment of Climate Impacts and Policies**, 1-15, <http://users.ictp.it/~eee/workshops/smr1579/roson.pdf> (27.04.2014).
- Can, Ahmet (1999), “Enerjinin Etkin Kullanımı için Termodinamiğin İkinci Yasasına Göre Kullanılan Yöntemler ve Uygulama ile İlgili Ekstrem Şartlar”, **IV Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi**, 1, 343-350.
- Cayan, Dan ve diğerleri (2006), “Scenarios of Climate Change in California: An Overview”, **A Report From: California Climate Change Center**, 1-47, <http://www.energy.ca.gov/2005publications/CEC-500-2005-186/CEC-500-2005-186-SF.PDF> (27.04.2014).

- Chateau, Jean ve diğ erleri (2011), “Employment Impacts of Climate Change Mitigation Policies in OECD: A General - Equilibrium Perspective”, **OECD Environment Working Papers**, 32, 1-31.
- Choi, Jun-ki ve Bakshi, Bahavik R. (2008), “Attribution of Global Warming”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (95-99), California: Sage Publications.
- Cicerone, Ralph J. ve diğ erleri (2001), **Climate Change Science: An Analysis of Some Key Question**, 1st. Ed., Washington, D.C: National Academy Press.
- Cline, William R. (2007), **Global Warming and Agriculture: Impact Estimates by Country**, 1st Ed., Washington D.C.: Peterson Institute.
- Coleman, Jill S.M (2008), “Milankovitch Cycles”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (650-651), California: Sage Publications.
- Collins, Matthew ve diğ erleri (2013), “Long-term Climate Change: Projections, Commitments and Irreversibility”, **Climate Change 2013: The Physical Science Basis Working Group I Contribution to the IPCC Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** 1st Ed.  *içinde* (1029-1136), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Cruz, Rex Victor ve diğ erleri (2007), “Asia”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed.  *içinde* (469-506), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Cuba, Roberto A. M. ve diğ erleri (1996), “Industry, Energy, and Transportation: Impacts and Adaptation”, **Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific-Technical Analyses**, 1st Ed.  *içinde* (365-398), New York: Cambridge University Press.

Cumo, Christopher (2008), "Climate", **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (202-208), California: Sage Publications.

Çelik, Seyfullah ve diğerleri (2008), **Küresel İklim Değişikliği ve İnsan Sağlığına Etkileri**, <http://www.dmi.gov.tr/files/genel/saglik/iklimdegisikligi/kureseliklimdegisikligietkileri.pdf> (28.04.2014).

Çengel, Yunus A. ve Boles, Michael A. (2000), **Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik**, (Çev. Taner Derbentli), 3rd Ed, California: McGraw-Hill.

Çevre ve Orman Bakanlığı (2007), **Türkiye İklim Değişikliği Birinci Ulusal Bildirimi**, Ankara: Ritüel Ajans.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı (2012a), **Türkiye'nin İklim Değişikliği Uyum Stratejisi ve Eylem Planı**, 2. Baskı, Ankara: BMS Matbaacılık.

\_\_\_\_\_ (2012b), **Türkiye'de İklim Değişikliğinin Tarım ve Gıda Güvencesine Etkileri: Türkiye'nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi**, Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

\_\_\_\_\_ (2013), **Türkiye İklim Değişikliği 5. Bildirimi**, Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı.

Dağdemir, Özcan (2010), **Çevre Sorunlarına Ekonomik Yaklaşımlar ve Optimal Politika Arayışları**, 2. Baskı, Ankara: Gazi Kitabevi.

Daly, Herman (1991a), **Steady-State Economics**, 2nd Ed., Washington, D.C.: Island Press.

\_\_\_\_\_ (1991b). "Towards an Environmental Macroeconomics" **Land Economics**, 67 (2), 255-259.

\_\_\_\_\_ (1992), “Allocation, Distribution, and Scale: Towards an Economics that is Efficient, Just, and Sustainable”, **Ecological Economics**, 6 (3), 185-193.

\_\_\_\_\_ (2005), “Economics in a Full World”, **Scientific American**, 293, 100-107.

\_\_\_\_\_ (2008), “A Steady-State Economy”, **Sustainable Development Commission, UK**, 1-13, [http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/Herman\\_Daly\\_thinkpiece.pdf](http://www.sd-commission.org.uk/data/files/publications/Herman_Daly_thinkpiece.pdf) (29.04.2014).

Daly, Herman ve Farley, Joshua (2011), **Ecological Economics: Principles and Applications**, 2nd Ed., Washington, D.C.: Island Press.

DARA (2013), **Climate Vulnerability Monitor: A Guide to the Cold Calculus of a Hot Planet**, 2nd Ed., Madrid: DARA International.

Darwin, Roy F. ve Tol, Richard S. J. (2001), “Estimates of the Economic Effects of Sea Level Rise”, **Environmental and Resource Economics**, 19, 113-129.

Decker, Christopher S. ve Wohar, Mark E. (2012), “Substitutability or Complementarity? Re-visiting Heyes’ IS-LM-EE”, **Ecological Economics**, 74, 3-7.

Dell, Melissa ve diğerleri (2008), “Climate Change and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century”, **National Bureau of Economic Research Working Paper**, 14132, 1-40.

\_\_\_\_\_ (2008), “Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century”, **American Economic Journal: Macroeconomics**, 4 (3), 66-95.

Dellal, İlkay (2008), “Küresel İklim Değişikliği ve Enerji Kısılcısında Tarım ve Gıda Sektörü”, **İGEME’den Bakış**, 35, 103-111.

Dellal, İlkey ve diğerleri (2011), “The Economic Assessment of Climate Change on Turkish Agriculture”, **Journal of Environmental Protection and Ecology**, 12 (1), 376-385.

Demir, İsmail ve diğerleri (2008a), “Precis Bölgesel İklim Modeli ile Türkiye İçin İklim Öngörürleri: HaDAMP3 SRES A2 Senaryosu”, **IV. Atmosfer Bilimleri Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, (365-373), İstanbul: İTÜ Uçak ve Uzay Bilimleri Fakültesi Meteoroloji Mühendisliği Bölümü.

\_\_\_\_\_ (2008b), “Türkiye’de Maksimum, Minimum ve Ortalama Hava Sıcaklıkları ile Yağış Dizilerinde Gözlenen Değişiklikler ve Eğilimler”, **Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği (TMMOB) İklim Değişimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, (65-81), Ankara: TMMOB Adına Meteoroloji Mühendisleri Odası.

Demir, Ömer ve diğerleri (2013), “RCP4.5 Senaryosuna Göre Türkiye’de Sıcaklık ve Yağış Projeksiyonları” **III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013**, İstanbul, <http://www.dmi.gov.tr/FILES/iklim/rcp-45.pdf> (21.04.2014).

Dinler, Zeynel (2013), **Mikro Ekonomi**, 24. Basım, Bursa: Ekin Yayınevi.

DSÖ (2008), **Protecting Health from Climate Change**: World Health Day 2008, Geneva: World Health Organization.

Duffy, Philip B. (2008), “Internal Climate Variability”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (545-546), California: Sage Publications.

Dunne, John P. ve diğerleri (2013), “Reductions in Labour Capacity from Heat Stress under Climate Warming”, **Nature Climate Change**, 3, 563-567.

- Ebinger, Jane ve Vergara, Walter (2011), **Climate Impacts on Energy Systems: Key Issues for Energy Sector Adaption**, 1st Ed., Washington D.C.: World Bank Publications.
- Eboli, Fabio ve diğeri (2010), “Climate Change Feedback on Economic Growth: Explorations with a Dynamic General Equilibrium Model”, **The Center for Research on Energy and Environmental Economics and Policy at Bocconi University Working Paper**, 29, 1-32.
- Edwards-Jones, Gareth ve diğeri (2000), **Ecological Economics: An Introduction**, 1st Ed., Oxford: Blackwell Publishing.
- Edwards, Richard Milton (2008), “Economics, Cost of Affecting Climate Change”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (344-346), California: Sage Publications.
- Eren, Ercan (2009), ““Yeni” İktisatta Ortak Noktalar”, **İktisatta Yeni Yaklaşımlar Çalıştayı**, <http://kisi.deu.edu.tr/selim.sanlisoy/yeni%20iktisatta%20Ortak%20noktalar.pdf> (26.04.2014).
- Erol, Metin (2001), “Sosyal Entropi’nin Verimlilik Üzerindeki Etkileri”, **Cumhuriyet Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, 2 (1), 127-143.
- Ersoy, Şükrü (2013), “2013 Afet Raporu Dünya ve Türkiye”, **Yıldız Teknik Üniversitesi Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi**, 1-22, [http://www.yildiz.edu.tr/images/images/2013%20AFET%20RAPORU\\_v2.pdf](http://www.yildiz.edu.tr/images/images/2013%20AFET%20RAPORU_v2.pdf) (28.04.2014).
- Fairbrother, Malcolm ve Dixon, Adam (2013) “Temperature and Economic Growth: Across and within-Country Evidence”, <http://seis.bris.ac.uk/~ggmhf/FairbrotherDixon.Jan2013.pdf>, (25.04.2014).
- Fankhauser, Samuel ve Tol, Richard S.J. (2005), “On Climate Change and Economic Growth”, **Resource and Energy Economics**, 27, 1-17.

FAO (2013), **Food Outlook: Biannual Report on Global Food Markets**, Caracalla: FAO Publications.

Fay, Marianne ve diğeri (2010), **Adapting to Climate Change in Europe and Central Asia**, 1st Ed., Washington D.C.: World Bank Publications.

Feenstra, Robert C. ve diğeri (2013), **The Next Generation of the Penn World Table**, <http://www.rug.nl/research/ggdc/data/penn-world-table> (05.05.2014).

Field, Christopher B. ve Diğeri (2007), "North America", **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (627-632), Cambridge New York: Cambridge University Press.

Georgescu-Roegen, Nicholas (1995a), "The Entropy Law and the Economic Problem", Krishnan ve diğeri (Ed.), **A Survey of Ecological Economics**, 1st Ed. içinde, (177-179), Washington: Island Press.

\_\_\_\_\_ (1995b), "The Entropy Law and the Economic Process in Retrospect", Krishnan ve diğeri (Ed.), **A Survey of Ecological Economics**, 1st Ed. İçinde (177-179), Washington: Island Press.

\_\_\_\_\_ (1999), **The Entropy Law and the Economic Process**, 2nd Ed., Lincoln: iUniverse.

Griffiths, James ve diğeri (2009), "Water, Energy and Climate Change: A Contribution from the Business Community", **World Business Council for Sustainable Development**, [http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world\\_water\\_council/document/programs\\_hydropolitics\\_sdgs/WaterEnergyandClimateChange.pdf](http://www.worldwatercouncil.org/fileadmin/world_water_council/document/programs_hydropolitics_sdgs/WaterEnergyandClimateChange.pdf) (28.04.2014).

- Greiving, Stefan ve diğerleri (2013), “ESPOON CLIMATE-Climate Change and Territorial Effects on Regions and Local Economies”, **Applied Research Project**, 1 (4), [http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPOON\\_Climate\\_Final\\_Report-Part\\_C-ScientificReport.pdf](http://www.espon.eu/export/sites/default/Documents/Projects/AppliedResearch/CLIMATE/ESPOON_Climate_Final_Report-Part_C-ScientificReport.pdf) (27.04.2014).
- Guha-Sapir, Debatari ve diğerleri (2013), **Annual Disaster Statistical Review 2012:The Numbers and Trends**, Brussels: CRED; 2013.
- Gujarati, Domador N. ve Porter Dawn C. (2009), **Basic Econometrics**, 5th Ed. Singapore: McGraw Hill.
- Hales Simon ve diğerleri (2002), “Potential Effect of Population and Climate Changes on Global Distribution of Dengue Fever: An Empirical Model”, **The Lancet**, 360, 830-834.
- Hallegatte, Stephane (2012), “A Framework to Investigate the Economic Growth Impact of Sea Level Rise”, **Environmental Research Letters**, 7, 1-7.
- Hallegatte, Stephane ve diğerleri (2011), “From Growth to Green Growth: A Framework”, **World Bank Policy Research Working Paper**, 5872, 1-37.
- Hallegatte, Stephane ve diğerleri (2013), “Future Flood Losses in Major Coastal Cities”, **Nature Climate Change**, 3 (9), 802-806.
- Hansen, James ve diğerleri (2008), “Target Atmospheric CO<sub>2</sub>: Where Should Humanity Aim?”, **The Open Atmospheric Science Journal**, 2, 217-231.
- Hansen, James ve diğerleri (2012), “Scientific Case for Avoiding Dangerous Climate Change to Protect Young People and Nature”, Proceedings of the **National Academy of Sciences** (Submitted paper), <http://arxiv.org/ftp/arxiv/papers/1110/1110.1365.pdf> (23.04.2014).



- Hanson, C.E. ve diğerleri (2007), “Modelling the Impact of Climate Extremes: An Overview of the MICE Project”, **Climatic Change**, 81 (1), 163-177.
- Hennessy, Kevin ve diğerleri, (2007), “Australia and New Zealand”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (507-540), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Heyes, Anthony (2000), “A Proposal for the Greening of Textbook Macro: IS-LM-EE”, **Ecological Economics**, 32, 1-7.
- Houghton, John ve diğerleri (1995), **Climate Change 1994: Radiative Forcing of Climate Change and An Evaluation of the IPCCIS92 Emission Scenarios. A Report of Working Group I of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- Houghton, John (2004), **Global Warming**, 3rd. Ed., Cambridge: Cambridge University Press.
- Hubacek, Klaus ve Van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2006), “Changing Concepts of ‘Land’ in Economic Theory: From Single to Multi-disciplinary Approaches”, **Ecological Economics**, 56, 5-27.
- Hull, Charles Henry (1899), **The Economic Writings of Sir William Petty, Together with Observations upon the Bills of Mortality, More Probably by Captain John Graunt**, 2, Cambridge: Cambridge University Press, [http://if-oll.s3.amazonaws.com/titles/1680/Petty\\_0605-02\\_EBk\\_v6.0.pdf](http://if-oll.s3.amazonaws.com/titles/1680/Petty_0605-02_EBk_v6.0.pdf) (28.04.2014).
- ILO (2008), **Promotion of Rural Employment for Poverty Reduction**, 1st Ed., Geneva: ILO.

IMF (2008), **World Economic Outlook April 2008: Housing and the Business Cycle**, Washington D.C.: IMF.

IPCC (1996), **Climate Change 1995: The Science of Climate Change. Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge: Cambridge University Press

\_\_\_\_\_ (2000a), **Emissions Scenarios, A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2000b), **Emissions Scenarios, Summary for Policymakers. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2001), **Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press

\_\_\_\_\_ (2007a), **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2007b), **Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2007c), **Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2007d): **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

\_\_\_\_\_ (2013), **Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

Jaccard, Mark ve Rivers, Nic (2007), “Heterogeneous Capital Stocks and the Optimal Timing for CO2 Abatement”, **Resource and Energy Economics** 29(1), 1-16

Jacop, Daniel J. ve diğlerleri (2005), **Radiative Forcing of Climate Change: Expanding the Concept and Addressing Uncertainties**, Washington D.C.: The National Academies Press, [http://www.nap.edu/catalog.php?record\\_id=11175](http://www.nap.edu/catalog.php?record_id=11175) (24.04.2014).

Kadioğlu, Miktat (2007a), **Küresel İklim Değişimi**, 1. Basım, İstanbul: Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları.

\_\_\_\_\_ (2007b), **Küresel İklim Değişimi ve Türkiye**, 2. Basım, İstanbul: Güncel Yayıncılık.

\_\_\_\_\_ (2012), **Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi**, Ankara: Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, [https://www.academia.edu/5182715/TURKIYEDE\\_IKLIM\\_DEGISIKLIGI\\_RISK\\_YONETIMI](https://www.academia.edu/5182715/TURKIYEDE_IKLIM_DEGISIKLIGI_RISK_YONETIMI) (27.04.2014).

Karaca, Mehmet ve Nicholls, Robert J. (2008), “Potential Impact of Accelerated Sea-Level Rise for Turkey”, **Journal of Coastal Research**, 24 (2), 288-298.

Kaya, Turan (2007), **Küresel Isınma Etkileri ve Önlemleri**, İstanbul: Ferman Yayınları.

Keskin, Tülün (2011), “İklim Değişikliği ve Enerji Sektörü”, **Mühendis ve Makine**, 52 (617), 64-69.

Ketenoğlu, Osman ve Kurt, Latif (2012), “Küresel Isınma-İklim Değişikliği ve Türkiye'nin Biyolojik Çeşitliliği Üzerine Etkileri”, **Ankara Sanayi Odası Büyüteç**, Eylül/Ekim, 47-52.

Kibritçioğlu, Aykut (2011), “2006-2011 Küresel Ekonomik Krizinin Bileşenleri ve Karmaşıklığı”, **Munich Personal RePEc Archive**, 33515, 1-8, [http://mpra.ub.uni-muenchen.de/33515/1/MPRA\\_paper\\_33515.pdf](http://mpra.ub.uni-muenchen.de/33515/1/MPRA_paper_33515.pdf) (27.04.2014).

Kjellstrom, Tord ve diğerleri (2009), “The Direct Impact of Climate Change on Regional Labor Productivity”, **Archives of Environmental & Occupational Health**, 64 (4), 217-227.

Koslowsky, Robert (2008), “Solar Wind”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (909-910), California: Sage Publications.

Kula, Erhun (1998), **History of Environmental Economic Thought**, 17, London: Routledge Studies in the History of Economics.

Lane, Lee ve diğerleri (2007), **Workshop Report on Managing Solar Radiation**, NASA, <http://event.arc.nasa.gov/main/home/reports/SolarRadiationCP.pdf> (24.04.2014).

Lanzafame, Matteo (2014) “Temperature, Rainfall and Economic Growth in Africa”, **Empirical Economics**, 46 (1), 1-18.

Lawn, Philip A (1998). “In Defence of the Strong Sustainability Approach to National Income Accounting” **Environmental Taxation and Accounting**, 3 (1), 29-47.

\_\_\_\_\_ (2003), “On Heyes’ IS-LM-EE Proposal to Establish an Environmental Macroeconomics”, **Environment and Development Economic**, 8, 31-56.

- Lecocq, Franck ve Shazili, Zmarak (2007), “How Might Climate Change Affect Economic Growth in Developing Countries?: A Review of the Growth Literature with a Climate Lens”, **World Bank Policy Research Working Paper**, 4315, 1-52.
- Maddala, Gangadharrao S ve Lahiri, Kajal (2009), **Introduction to Econometrics**, 4th Ed., West Ssex: Wiley.
- Magrin, Graciela ve diğeri (2007), “Latin America”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (582-615), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Malthus, Thomas Robert (1827), **Definition in Political Economy**, London: William Cloves.
- Martinez-Fernandez, Cristina ve diğeri (2010), “Green Jobs and Skills: The Local Labour Market Implications of Addressing Climate Change”, **OECD Working Document**, <http://www.oecd.org/regional/leed/44683169.pdf> (27.04.2014).
- Maslin, Mark (2004) **Global Warming**, (Çev. Sinem Gül), London: Oxford University Press.
- Meadows, Donella H. ve diğeri (1972), **Ekonomik Büyümenin Sınırları**, (Çev. Kemal Tosun ve diğeri), 1st Ed., New York: The New American Library.
- Medhurst, James (2009), **The Impacts of Climate Change on European Employment and Skills in the Short to Medium-Term: A Review of the Literature Final Report**, 2, <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=2863&langId=en> (27.04.2014).
- Meek, Ronald L. (1962), **The Economics of Physiocracy: Essay and Translations**, 1st Ed., London : G. Allen and Unwin.

Messy, Flore-Anne ve diğeri (2005), **Catastrophic Risks and Insurance, Policy Issues in Insurance**, 8, Paris: OECD Publishing.

Met Office (2005), **Climate Change and the Greenhouse Effect: A Briefing from the Hadley Centre**, [http://reefrelief.org/wp-content/uploads/climate\\_greenhouse2.pdf](http://reefrelief.org/wp-content/uploads/climate_greenhouse2.pdf) (25.04.2014).

Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2012), **Türkiye 2011 Yılı İklim Değerlendirmesi**, Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr/FILES/iklim/2011-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf> (21.04.2014).

\_\_\_\_\_ (2013), **2012 Yılı İklim Değerlendirmesi**, Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr/FILES/iklim/2012-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf> (21.04.2014).

\_\_\_\_\_ (2014a), **2013 Yılı İklim Değerlendirmesi**, Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr/FILES/iklim/2013-yili-iklim-degerlendirmesi.pdf> (21.04.2014).

\_\_\_\_\_ (2014b), **2013 Yılı Yağış Değerlendirmesi**, Ankara: Araştırma Dairesi Başkanlığı, <http://www.meteor.gov.tr/FILES/arastirma/yagis-degerlendirme/2013-yagis-degerlendirmesi.pdf> (21.04.2014).

Miguel, Edward ve diğeri (2004), “Economic Shocks and Civil Conflict: An Instrumental Variables Approach”, **Journal of Political Economy**, 112 (4), 725-753.

Mimura, Nobuo ve diğeri (2007), “Small Island”, **Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed. içinde (695-702), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.

- Miranda, Gabriela ve Larcombe, Graham (2012), “Enabling Local Green Growth: Addressing Climate Change Effects on Employment and Local Development”, **OECD Local Economic and Employment Development Working Papers**, 01, <http://www.oecd-ilibrary.org/docserver/download/5k9h2q92t2r7.pdf?expires=1398603225&id=id&accname=guest&checksum=71CA5ECB214FD43A7530FA0D35F3A428> (27.04.2014).
- Mobolaji, Hakeem Ishola ve diğ erleri (2011), “Climate Change and Economic Development in Sub-Saharan African Countries: A Panel Econometric Approach”, **Journal of Economics and Sustainable Development**, 2 (7), 19-34.
- Moffatt, Ian (2004), “Global Warming: Scientific Modelling and Its Relationship to the Economic Dimensions of Policy”, Owen Anthony D. ve Hanley Nick (Ed.), **The Economics of Climate Change** 1st Edition *iç inde* (26-54), London: Routledge.
- Morrison, Wendy N. ve Mendelsohn, Robert (2004), “The Impact of Global Warming on US Energy Expenditure”, Robert Mendelsohn ve James E. Neumann (Ed.), **The Impacts of Climate Change on the United States Economy**, 1st Ed. *iç inde* (209-236), Cambridge: Cambridge University Press.
- Moss, Richard H. ve diğ erleri (2008), **Towards New Scenarios for Analysis of Emissions, Climate Change, Impacts, and Response Strategies, Technical Summary, Intergovernmental Panel on Climate Change**, 1st Ed., Geveva: IPCC.
- Moss, Richard H. ve diğ erleri (2010), “The Next Generation of Scenarios for Climate Change Research and Assessment”, **Nature**, 463 (7282), 747-756.
- Munasinghe, Mohan (2004), “Environmental Macroeconomics Basic Principles”, **International Society for Ecological Economics Internet Encyclopaedia**, [http://cbey.yale.edu/uploads/File/Munasinghe\\_4.pdf](http://cbey.yale.edu/uploads/File/Munasinghe_4.pdf) (26.0.2014).

- Munich Re (2013), “Natural Catastrophes 2012 Analysis, Assessments, Positions”, **NatCatService Topics Geo 2013 Issue**, 49-55.
- Nadeau, Robert (2011), “Environmental and Ecological Economics”, **The Encyclopedia of Earth**, 1-4, <http://www.eoearth.org/view/article/152604> (29.04.2014).
- National Academies (2008), **Understanding and Responding to Climate Change Highlights of National Academies Reports 2008 Edition**, Washington D.C.: National Academies Press, [http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-on-reports/booklets/climate\\_change\\_2008\\_final.pdf](http://dels.nas.edu/resources/static-assets/materials-based-on-reports/booklets/climate_change_2008_final.pdf) (24.04.2014).
- Norgaard, Richard B. (1984), “Coevolutionary Development Potential, **Land Economics**, 60 (2) ,160-173.
- Odusola, Ayodele F. ve Abidoye, Babatunde O. (2012), “Climate Change and Economic Growth in Africa: An Econometric Analysis”, **In African Economic Conference**, <http://www.afdb.org/fileadmin/uploads/afdb/Documents/Knowledge/AEC2012%20-%20Climate%20Change%20and%20Economic%20Growth%20in%20Africa-%20An%20Econometric%20Analysis.pdf> (25.04.2014).
- Olsen, Lene (2009) “The Employment Effects of Climate Change and Climate Change Responses: A Role for International Labour Standards?”, **International Labor Office Discussion Paper**, 12, 1-28.
- O’Neill, Tom ve diğ erleri (2007), “Değ iş en İklim”, **National Geographic**, Ekim Eki.
- Özdemir, M. Ali ve Bozyurt, Okan (2004), “Son 5000 Yıllık Dönemde Meydana Gelen Sıcaklık Salınımları İle Güneş Lekeleri Arasındaki İlişkiler”, **Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, 6 (1), 87-102.
- Özdemir, Erkan (2008), “Küresel Isınmanın Etkilerine Karşı Bir Önlem: Hava Türevleri ve Pazarlama Stratejilerinde Yardımcı Olarak Kullanımı”, **Gazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 10 (1), 141-162.



- Özşahin, Emre (2013), “Türkiye’de Yaşanmış (1970-2012) Doğal Afetler Üzerine Bir Değerlendirme”, **2. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı**, 1-8, <http://www.tdmd.org.tr/TR/Genel/pdf/TDMSK046.pdf> (27.04.2014).
- Paya, Merih (2001), **Makro İktisat**, 2. Basım, İstanbul: Filiz Kitabevi.
- Porter, John R. ve diğerleri (2014), “Food Security and Food Production Systems”, **Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change IPCC 2014 içinde** (1-82), [http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-Chap7\\_FGDall.pdf](http://ipcc-wg2.gov/AR5/images/uploads/WGIAR5-Chap7_FGDall.pdf) (29.04.2014).
- Ramsey, Jerry D. ve diğerleri (1983), “Effects of Workplace Thermal Conditions on Safe Work Behavior”, **Journal of Safety Research**, 4, 105-114.
- Renno, Nilton O. (2008), “Greenhouse Gases”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (472-473), California: Sage Publications.
- Reti, Muliagatele Joe (2007), “An Assessment of the Impact of Climate Change on Agriculture and Food Security in the Pacific: A Case Study in Vanuatu”, **FAO SAPA**, <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0530e/i0530e02.pdf> (27.04.2014).
- Ricardo, David (2001), **On the Principles of Political Economy and Taxation**, Ontario: Batoche Books, <http://socserv.mcmaster.ca/econ/ugcm/3ll3/ricardo/Principles.pdf> (29.04.2014).
- Rifkin, Jeremy ve Howard, Ted (1980), **Entropi: Dünyaya Yeni Bir Bakış**, (Çev. Hakan Okay), New York: Viking Press.
- Robine, JM. ve diğerleri (2008), “Death Toll Exceeded 70,000 in Europe During the Summer of 2003”, **Comptes Rendus Biologies**, 331, 171-178.

- Rodrick, Dani (1998), "Where Did All the Growth Go? External Shocks, Social Conflict, and Growth Collapses", **Journal of Economic Growth**, 4 (4), 385-407.
- Seeley, Karl (2008), "A Macro-environmental Synthesis: Grafting Textbook Macroeconomics onto an Ecological Rootstock", **Department of Economics Hartwick College** [http://147.205.135.190/documents/ECON/EcologicalMacro\\_Feb2008.pdf](http://147.205.135.190/documents/ECON/EcologicalMacro_Feb2008.pdf) (26.04.2014).
- Sim, Nicholas C.S. (2006), "Environmental Keynesian Macroeconomics: Some Further Discussion", **Ecological Economics**, 59, 401-405.
- Solow, Robert M. (1974), "The Economics of Resources or the Resources of Economics", **The American Economic Review**, 64 (2), 1-14.
- Smith, James N. (2008), "Aerosols", **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (8-9), California: Sage Publications.
- Somerville, Richard ve diğerleri (2007), "Historical Overview of Climate Change Science", **Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change** 1st Ed. *çinde* (93-127), Cambridge ve New York: Cambridge University Press.
- Spash, Clive L. (1999), "The Development of Environmental Thinking in Economics", **Environmental Values**, 8, 413-435.
- Spash, Clive L. ve Ryan, Anthony (2012), "Economic Schools of Thought on the Environment: Investigating Unity and Division", **Cambridge Journal of Economics**, 1-31.
- Stenchikov, Georgiy L. ve diğerleri (1998), "Radiative Forcing from the 1991 Mount Pinatubo Volcanic Eruption", **Journal of Geophysical Research**, 103 (D12), 13837-13857.

Stern, Nicholas (2007), **The Economics of Climate Change: The Stern Review**, 1st. Ed., Cambridge: Cambridge University Press.

Strobl, Eric (2008), “The Economic Growth Impact of Hurricanes Evidence from US Coastal Counties”, **Institute for the Study of Labor Discussion Paper Series**, 3619, 1-41, <http://ftp.iza.org/dp3619.pdf> (27.04.2014).

Şen, Ömer Lütfü (2013), “Türkiye’de İklim Değişikliğinin Bütünsel Resmi”, **III. Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK 2013**, (1-7), İstanbul, [http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2012/11/Tikdek\\_2013\\_bildiri\\_OLS.pdf](http://ipc.sabanciuniv.edu/wp-content/uploads/2012/11/Tikdek_2013_bildiri_OLS.pdf) (23.04.2014).

Şen, Ömer Lütfü ve diğerleri (2008), “Küresel Isınma ve Türkiye: İyimser Senaryo”, **Yeşil Atlas**, (11), 79-89, [http://web.itu.edu.tr/bozkurtd/AT\\_YES\\_senaryo.pdf](http://web.itu.edu.tr/bozkurtd/AT_YES_senaryo.pdf) (23.04.2014).

\_\_\_\_\_ (2013), “Türkiye’de İklim Değişikliği ve Olası Etkileri”, **3. Ulusal Taşkın Sempozyumu**, İstanbul, [http://ipc.sabanciuniv.edu/en/wp-content/uploads/2012/10/Bildiri\\_Omer\\_L\\_Sen\\_vd\\_2013.pdf](http://ipc.sabanciuniv.edu/en/wp-content/uploads/2012/10/Bildiri_Omer_L_Sen_vd_2013.pdf) (23.04.2014).

Tatoğlu, Ferda Yerdelen (2012), **Panel Veri Ekonometrisi: Stata Uygulamalı 1. Basım**, İstanbul: Beta.

TCMB (2008), **Enflasyon Raporu IV**, Ankara.

Tol, Richard S. J. (2009), “The Economic Effects of Climate Change”, **Journal of Economic Perspectives**, 23 (2), 29-51.

Tolunay, Doğanay (2011), **Ekonomi Gazetecileri 4. Küresel Isınma Kurultayı Sonuç Bildirgesi**, [http://www.tescokipa.com.tr/pdf/sonuc\\_bildirgesi.pdf](http://www.tescokipa.com.tr/pdf/sonuc_bildirgesi.pdf) (28.04.2014).

Türkeş, Murat (1994) “Artan Sera Etkisinin Türkiye Üzerindeki Etkileri, **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**, 321, 64-71.

\_\_\_\_\_ (1997), “Hava ve İklim Kavramları Üzerine”, **TÜBİTAK Bilim ve Teknik Dergisi**, 355, 36-37.

\_\_\_\_\_ (2001), “Hava, İklim, Şiddetli Hava Olayları ve Küresel Isınma”, **T.C. Başbakanlık Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü 2000 Yılı Seminerleri, Teknik Sunumlar Seminerler Dizisi**, 1, 187-205.

\_\_\_\_\_ (2008), “İklim Değişikliği ve Küresel Isınma Olgusu: Bilimsel Değerlendirme”, **Küresel Isınma ve Kyoto Protokolü: İklim Değişikliğinin Bilimel, Ekonomik ve Politik Analizi**, 1. Basım içinde (21-57), Ankara: Bağlam Yayınları, 308.

\_\_\_\_\_ (2010), “Küresel İklim Değişikliği: Başlıca Nedenleri, Gözlenen ve Öngörülen Değişiklikler ve Etkileri”, **Çağrılı Bildiri, Uluslararası Katılımlı 1. Meteoroloji Sempozyumu Bildiri Kitabı**, (9-38) Ankara: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü.

Türkiye Otelciler Federasyonu (2014), **Turizm Raporu 2013**, 3 (7), [http://www.turofed.org.tr/PDF/DergiTr/Turizm\\_Raporu-TUR%C4%B0ZM%20RAPORU%20%C5%9EUBAT%202014.pdf](http://www.turofed.org.tr/PDF/DergiTr/Turizm_Raporu-TUR%C4%B0ZM%20RAPORU%20%C5%9EUBAT%202014.pdf) (28.04.2014).

UNEP FI (2006), **Adaptation and Vulnerability to Climate Change: The Role of the Finance Sector: A Document of the UNEP Finance Initiative Climate Change Working Group**, Paris: UNEP.

UNFCCC (1992), **United Nations Framework Convention on Climate Change**, <http://unfccc.int/resource/docs/convkp/conveng.pdf> (26.04.2014).

United Nations World Tourism Organization (2003), “Climate Change and Tourism”, **1st International Conference on Climate Change and Tourism, Tunisia**, [http://sdt.unwto.org/sites/all/files/pdf/tunisia\\_finrep\\_en.pdf](http://sdt.unwto.org/sites/all/files/pdf/tunisia_finrep_en.pdf) (28.04.2014).

---

(2007), **Tourism and Climate Change Confronting the Common Challenges**, <http://sdt.unwto.org/sites/all/files/docpdf/docuconfrontinge.pdf> (28.04.2014).

---

(2008), **Climate Change and Tourism Responding to Global Challenges**, Madrid: World Tourism Organization.

Uzmen, Reşat (2007), **Küresel Isınma ve İklim Değişikliği İnsanlığı Bekleyen Büyük Felaket mi?**, 2.Basım, İstanbul: Bilge Kültür Sanat.

Varian, Hal R. (2005), **Intermediate Microeconomics: A Modern Approach**, 7th Ed., New York: WW Norton & Company.

Venkatachalam, Lakshmi (2007), “Environmantal Economics and Ecological Economics: Where They Can Convege?”, **Ecological Economics**, 61, 550-558.

Victor, Peter A (1972), **İktisadi Açıdan Çevre Kirlenmesi**, (Çev. Ömer Faruk Batırel), 1st Ed., London: Macmillian.

Waldinger, Maria (2013), “The Long Term Effects of Climate Change on Economic Growth: Evidence from the Little Ice Age”, 1500-1750”, <http://www.lse.ac.uk/economicHistory/seminars/EH590Workshop/EH590MT2013/Waldinger.pdf> (26.04.2014).

Waskey, Andrew J. (2008), “Nitrous Oxide”, **Encyclopedia of Global Warming and Climate Change içinde**, 1-3, (720-722), California: Sage Publications.

Woodward, John (2008), **Eyewitness Climate Change**, 1st Ed., New York: DK Publishing.

Wooldridge, Jeffery M. (2002), **Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data**, USA: MIT Press.

World Bank (1997), **Clear Water, Blue Skies: China's Environment in the New Century**, 1st. Ed., Washington D.C.

\_\_\_\_\_ (2010), **World Development Report 2010: Development and Climate Change**, Washington D.C.: World Bank Publications.

World Meteorological Organization (2012), **Greenhouse Gas Bulletin The State of Greenhouse Gases in the Atmosphere Based on Global Observations Through 2011**, No.8. Geneva: WMO Press.

Yenigün, Orhan (2010), "Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye Üzerine Etkileri", **Günce**, (40), 33-35.

Zamuda, Craig ve diğerleri (2013), **U.S. Energy Sector Vulnerabilities to Climate Change and Extreme Weather**, US Department of Energy's Office of Policy and International Affairs, <http://energy.gov/sites/prod/files/2013/07/f2/20130710-Energy-Sector-Vulnerabilities-Report.pdf> (27.04.2014).

Zenghelis, Dimitri (2011), "A Macroeconomic Plan for a Green Recovery", **Policy paper, Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment**, [http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/publications/Policy/docs/PP\\_macro\\_economic-green-recovery\\_Jan11.pdf](http://www.lse.ac.uk/GranthamInstitute/publications/Policy/docs/PP_macro_economic-green-recovery_Jan11.pdf) (28.04.2014).

<http://www.clubofrome.org/?p=324> (11.05.2014).

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/aggi/> (11.05.2014).

<http://www.ncdc.noaa.gov/indicators/> (11.05.2014).

[http://cdiac.ornl.gov/pns/current\\_ghg.html](http://cdiac.ornl.gov/pns/current_ghg.html) (11.05.2014).

[http://www.wmo.int/youth/weather\\_en.html](http://www.wmo.int/youth/weather_en.html) (11.05.2014).

[http://cdiac.ornl.gov/oceans/new\\_atmCFC.html](http://cdiac.ornl.gov/oceans/new_atmCFC.html) (11.05.2014).

<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/gases.html> (11.05.2014).

<http://www.mgm.gov.tr/genel/sss.aspx?s=atmosfer> (11.05.2014).

<http://w1.weather.gov/glossary/index.php?letter=w> (11.05.2014).

<http://denali.gsfc.nasa.gov/research/so2/article.html> (11.05.2014).

<http://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim-degisikligi.aspx> (11.05.2014).

<http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/> (11.05.2014)

<http://epa.gov/climatechange/ghgemissions/gases/fgases.html> (11.05.2014).

<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html> (11.05.2014).

<http://marxists.org/archive/marx/works/1867-c1/ch01.htm#S3a2a> (11.05.2014).

<http://www.ncdc.noaa.gov/monitoring-references/faq/anomalies.php> (11.05.2014).

<http://www.dmi.gov.tr/veridegerlendirme/yagis-raporu.aspx?b=m#sfB> (11.05.2014).

<http://www.iukmk.org/haber/hangi-gazlar-iklimi-degistiriyor-451.html> (11.05.2014).

<http://www.esrl.noaa.gov/gmd/dv/iadv/graph.php?code=MLO&program=hats&type=ts> (11.05.2014).

<http://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-co2-ppm-1>(11.05.2014).

## ÖZGEÇMİŞ

Aykut BAŞOĞLU, 1981 yılında Giresun'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini İstanbul'da tamamladı. 2001 yılında İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Meslek Yüksekokulu Dış Ticaret Bölümü'nden mezun oldu. 2001 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi (KTÜ) İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi İktisat Bölümü'nde başladığı lisans öğrenimini 2004 yılında tamamladı. 2005 yılında KTÜ Yabancı Diller Yüksekokulundan mezun oldu. 2007-2008 öğretim yılında KTÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü (SBE) İktisat Anabilim Dalı Doğrudan Doktora programına başladı. 2009 yılında Erasmus öğrenci değişim programı kapsamında beş ay süreyle Halmstad Üniversitesi (İsveç)'nde bulundu. Kasım 2005'te KTÜ SBE İktisat Anabilim Dalı'na araştırma görevlisi olarak atandı.

BAŞOĞLU, bekar olup İngilizce bilmektedir.