İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLER EKSENİNDE AYRIŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duygu PAPUR

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

OCAK 2012

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLER EKSENİNDE AYRIŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Duygu PAPUR
(504091045)

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU

OCAK 2012

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504091045 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Duygu PAPUR**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **"ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLER EKSENİNDE AYRIŞTIRILMASI"** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Y. Doç. Dr. Ömer GÜL** .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Prof. Dr. Burç ÜLENGİN .....
İstanbul Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : 19 Aralık 2011
Savunma Tarihi : 24 Ocak 2012

ÖNSÖZ

Üniversite sınavı sonucunda ilk tercihim olan İ.T.Ü. Elektrik-Elektronik Fakültesi, Elektrik Mühendisliği Bölümü'nde üçüncü sınıftan itibaren çeşitli çalışmaları birlikte gerçekleştirdiğimiz, yüksek lisans tezi kapsamında disiplinlerarası nitelikte ve hacimli bir konu başlığı seçerek, enerji-ekonomi-çevre temel denklemini bölgeler ile ülkeler ayrımında, küresel ölçekte inceleyebilmeme olanak tanıyan, elektrik mühendisliğinin diğer bilim alanlarıyla dolaysız/dolaylı ilişkilerini, geniş, derin ve çok boyutlu algılama, irdeleme, yorumlama sürecinde, yapıcı değerlendirme ve uyarılarıyla çalışmalarıma yön veren Hocam Sayın Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU'na, İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü başta olmak üzere, İ.T.Ü. İşletme Mühendisliği ile İ.T.Ü. Endüstri Mühendisliği Lisans / Lisansüstü Programlarındaki derslerine aktif katılma, bilgi ve deneyimlerini paylaşma imkanlarını esirgemeyen Değerli Hocalarıma, beni her şeyimle var eden sevgili aileme yürekten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunmak isterim.

Aralık 2011 Duygu PAPUR

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ONAY SAYFASI iii
ÖNSÖZ v
İÇİNDEKİLER vii
KISALTMALAR ix
ÇİZELGE LİSTESİ xi
ŞEKİL LİSTESİ xiii
SEMBOL LİSTESİ xv
ÖZET xvii
SUMMARY xix
1. GİRİŞ 1
1.1 Tezin Amacı 1
1.2 Literatür Araştırması 1
1.3 Yöntem 2
1.4 Veri Kümesi 3
2. ENERJİ-ÇEVRE ETKİLEŞİMİ 5
2.1 Küresel Isınma ve İklim Değişikliği 5
2.2 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde Öne Çıkan Sera Gazları 7
2.3 Enerji Sektörünün Küresel Toplam Karbondioksit Salımındaki Rolü 10
3. KARBONDİOKSİT SALIMLARINI ETKİLEYEN ANA UNSURLAR 13
3.1 Toplam Birincil Enerji Arzı 13
3.1.1 Bölgelere göre kaydedilen gelişmeler 13
3.1.2 Birincil kaynaklara göre saptanan eğilimler 15
3.2 Toplam Nihai Enerji Tüketimi 19
3.3 Gayri Safi Yurtiçi Hasıla 21
3.4 Nüfus 24
3.5 Ana Unsurlar Kapsamında Genel Görünüm 26
4. ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ EĞİLİMLER 29
4.1 Bölgelere göre Eğilimler 29
4.2 Birincil Kaynaklara göre Eğilimler 32
4.3 Nihai Tüketim Sektörlerine göre Eğilimler 34
5. ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARININ AYRIŞTIRILMASI 37
5.1 Ayrıştırma Analizinde Temel Yaklaşımlar 37
5.2 Logaritmik Ortalamalı Divisia Endeks Yöntemi 39
5.3 Matematik Model ve Belirleyici Etmenler 40
5.3.1 Karbon yoğunluğu etkisi 41
5.3.2 Çevrim etkinliği etkisi 42
5.3.3 Enerji yoğunluğu etkisi 42
5.3.4 Gelir düzeyi etkisi 42
5.3.5 Nüfus büyüklüğü etkisi 43
6. VERİ KÜMELERİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER 45
6.1 Gelişmişliğe göre Saptanan Genel Sonuçlar 46
6.2 Bölgeler için Elde Edilen Sonuçlar 48
6.3 Ülkeler Ayrımında Belirlenen Sonuçlar 51
7. SONUÇ VE ÖNERİLER 61
KAYNAKLAR 63

ÖZGEÇMİŞ 69

KISALTMALAR

10^9 : giga (G)
10^{12} : tera (T)
AB : Avrupa Birliği (European Union)
ABD : Amerika Birleşik Devletleri
AMDI : Arithmetic mean Divisia index method
(aritmetik ortalamalı Divisia endeks yöntemi)
AR4 : Fourth Assessment Report (Dördüncü İlerleme Raporu)
AR5 : Fifth Assessment Report (Beşinci İlerleme Raporu)
CFCs : Klorofluorokarbonlar
CH_4 : Metan
CO_2 : Karbondioksit
ÇEE : Çevrim etkinliği etkisi (conversion efficiency factor)
ESTAT : Eurostat
Eurostat : The Statistical Office of the European Union
(Avrupa Birliği İstatistik Kurumu)
EYE : Enerji yoğunluğu etkisi (energy intensity effect)
FAR : First Assessment Report (Birinci İlerleme Raporu)
Gcal : Gigakalori (gigacalorie)
= $4{,}1868 \times 10^{-3}$ TJ = 10^{-7} Mtoe = $1{,}163 \times 10^{-3}$ GWh
GDE : Gelir düzeyi etkisi (income effect)
GSMH : Gayri Safi Milli Hasıla
GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh : Gigavat saat (gigawatt hour)
= 3,6 TJ = 860 Gcal = $8{,}6 \times 10^{-5}$ Mtoe
HCFCs : Hidroklorofluorokarbonlar
HFCs : Hidrofluorokarbonlar
IEA : International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
IEO : International Energy Outlook (Uluslararası Enerji Görünümü)
IPCC : Intergovernmental Panel on Climate Change
(Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
KYE : Karbon yoğunluğu etkisi (carbon intensity effect)
LMDI : Log mean Divisia index method
(logaritmik ortalamalı Divisia endeks yöntemi)
Mtoe : Milyon ton petrol eşdeğeri (million tonnes of oil equivalent)
= $4{,}1868 \times 10^4$ TJ = 10^7 Gcal = 11.630 GWh
N_2O : Diazotmonoksit
NBE : Nüfus büyüklüğü etkisi (population effect)
NFS : Nüfus
O_3 : Ozon
OECD : Organisation for Economic Co-operation and Development
(Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
OKSFG : Gaz için küresel ortalama karbon salım faktörü
(56.100 kg CO_2 / TJ, 2,35 ton / toe)
OKSFK : Kömür için küresel ortalama karbon salım faktörü
(94.600 kg CO_2 / TJ, 3,96 ton / toe)
OKSFP : Petrol için küresel ortalama karbon salım faktörü
(73.300 kg CO_2 / TJ, 3,07 ton / toe)

PFCs : Perfluorokarbonlar
PPP : Purchasing Power Parity (Satınalma Gücü Paritesi)
SAR : Second Assessment Report (İkinci İlerleme Raporu)
SF_6 : Sülfürheksafluorid
SGP : Satınalma Gücü Paritesi
SSCB : Sovyet Sosyalist Cumhuriyetler Birliği (Former Soviet Union)
TAR : Third Assessment Report (Üçüncü İlerleme Raporu)
TBEA : Toplam Birincil Enerji Arzı
TJ : Terajoule = 238,8 Gcal = $2{,}388 \times 10^{-5}$ Mtoe = 0,2778 GWh
TKDS : Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları
TNET : Toplam Nihai Enerji Tüketimi
toe : ton petrol eşdeğeri (tonne of oil equivalent = 41,868 GJ = 10^7 kcal)
U.S. EIA : U.S. Energy Information Administration
(Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bilgi İdaresi)
Udht : Uluslararası deniz ve hava taşımacılığı
(International marine bunkers and international aviation bunkers)
UN : United Nations (Birleşmiş Milletler)
UNECE : United Nations Economic Commission for Europe
(Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi)
UNEP : United Nations Environment Programme
(Birleşmiş Milletler Çevre Programı)
UNFCCC : United Nations Framework Convention on Climate Change
(Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi)
USD : US Dollar (ABD Doları)
WEO : World Energy Outlook (Dünya Enerji Görünümü)
WMO : World Meteorological Organization (Dünya Meteoroloji Örgütü)

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 3.1 : Bölgelerin toplam birincil enerji arzında kaynakların payları 16
Çizelge 3.2 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler 18
Çizelge 3.3 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam nihai enerji tüketimindeki gelişmeler 20
Çizelge 3.4 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin gayri safi yurtiçi hasılasındaki gelişmeler 23
Çizelge 3.5 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin nüfusundaki gelişmeler 25
Çizelge 3.6 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam karbondioksit salımları ile temel enerji büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı ……..... 27
Çizelge 3.7 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam karbondioksit salımları ile temel sosyo-ekonomik büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı 28
Çizelge 4.1 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki gelişmeler 31
Çizelge 6.1 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları …..... 47
Çizelge 6.2 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları …..... 47
Çizelge 6.3 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları …..... 47
Çizelge 6.4 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları …..... 48
Çizelge 6.5 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları …..... 49
Çizelge 6.6 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları 50
Çizelge 6.7 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları 53
Çizelge 6.8 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları 54
Çizelge 6.9 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları 55
Çizelge 6.10 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1971-1990 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%) 57
Çizelge 6.11 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1990-2008 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%) 58
Çizelge 6.12 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1971-2008 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%) 59

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımında tarihsel süreçte kaydedilen gelişmeler 11
Şekil 3.1 : Küresel toplam birincil enerji arzında bölgelerin payları 14
Şekil 3.2 : Bölgelere göre toplam birincil enerji arzındaki büyüme 14
Şekil 3.3 : OECD üyesi ülkelerin toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme 17
Şekil 3.4 : OECD dışında kalan ülkelerin toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme 17
Şekil 3.5 : Küresel toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme 17
Şekil 3.6 : Küresel toplam nihai enerji tüketiminde bölgelerin payları 19
Şekil 3.7 : Bölgelere göre toplam nihai enerji tüketimindeki büyüme 19
Şekil 3.8 : Küresel toplam gayri safi yurtiçi hasılada bölgelerin payları 22
Şekil 3.9 : Bölgelere göre toplam gayri safi yurtiçi hasıladaki büyüme 22
Şekil 3.10 : Küresel toplam nüfusta bölgelerin payları 24
Şekil 3.11 : Bölgelere göre toplam nüfustaki büyüme 24
Şekil 4.1 : Küresel toplam karbondioksit salımında bölgelerin payları 29
Şekil 4.2 : Bölgelere göre toplam karbondioksit salımındaki büyüme 30
Şekil 4.3 : Kaynaklara göre küresel toplam karbondioksit salımındaki eğilimler .. 32
Şekil 4.4 : Kaynaklara göre küresel toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme 33
Şekil 4.5 : Kaynaklara göre OECD üyesi ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme 34
Şekil 4.6 : Kaynaklara göre OECD dışında kalan ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme 34
Şekil 4.7 : Küresel toplam karbondioksit salımında nihai sektörlerin payları 35

SEMBOL LİSTESİ

- : İlgili büyüklük yoktur
.. : Veri belirsizdir
0,00 : Veri ihmal edilebilecek düzeydedir
0,000 : Kalan herhangi bir terim bulunmamaktadır
ÇEE : Çevrim etkinliği etkisi (conversion efficiency factor)
D_t : Çarpım modeline göre toplam değişim
D_{xn} : Çarpım modeline göre belirleyici etmendeki değişim
EYE : Enerji yoğunluğu etkisi (energy intensity effect)
GDE : Gelir düzeyi etkisi (income effect)
GSYH : Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
KYE : Karbon yoğunluğu etkisi (carbon intensity effect)
$L(\cdot)$: Logaritmik ortalama operatörü
ln : Doğal logaritma operatörü
NBE : Nüfus büyüklüğü etkisi (population effect)
NFS : Nüfus
TBEA : Toplam Birincil Enerji Arzı
TKDS : Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları
TNET : Toplam Nihai Enerji Tüketimi
V : Enerji ile ilişkili temel büyüklük
V_i : Enerji ile ilişkili temel büyüklüğü oluşturan bileşen
V^{Y1} : Analiz döneminin başındaki temel büyüklük
V^{Y2} : Analiz döneminin sonundaki temel büyüklük
x : Veri işleme uygun olmadığından hesaplanamamıştır
x_n : Temel büyüklük üzerinde belirleyici olan etmen
Y1 : Analiz döneminin başı
Y2 : Analiz döneminin sonu
ΔÇEE : Çevrim etkinliği etkisindeki değişim
ΔEYE : Enerji yoğunluğu etkisindeki değişim
ΔGDE : Gelir düzeyi etkisindeki değişim
ΔKLN : Kalan terim (residual term)
ΔKYE : Karbon yoğunluğu etkisindeki değişim
ΔNBE : Nüfus büyüklüğü etkisindeki değişim
ΔTKDS : Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki değişim
ΔV_t : Toplam modeline göre toplam değişim
ΔV_{xn} : Toplam modeline göre belirleyici etmendeki değişim

ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ DEĞİŞİMLERİN BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLER EKSENİNDE AYRIŞTIRILMASI

ÖZET

Ayrıştırma analizi, enerji ile ilişkili temel büyüklükler üzerinde belirleyicilik taşıyan etmenlerdeki değişimin, göz önüne alınan temel büyüklükteki değişime olumlu ya da olumsuz yöndeki etkilerinin irdelenebilmesine, saptanan sonuçlar çerçevesinde ilgili politika ve stratejilerin bilimsel verilere dayalı sorgulanabilmesine, geçmiş, güncel ve gelecek ekseninde değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır. Birbirinden çok farklı yaklaşımlara dayanan çeşitli ayrıştırma analizi yöntemlerinin bulunmasına karşın, açıklanamayan herhangi bir kalan terim bırakmaması, işlem hacminin ve bellek gereksiniminin diğerleriyle karşılaştırıldığında daha düşük olması, elde edilen sonuçların konunun uzmanı olmayan kişiler tarafından da rahatlıkla anlaşılabilirliği vb. diğer üstünlükleri nedeniyle logaritmik ortalamalı Divisia Endeks yaklaşımı, sunulan tez çalışmasında tercih edilmiştir. Sunulan tez çalışmasında, enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarının ayrıştırılarak analizinde, konuya ilişkin diğer çalışmalarda da dikkate alınan toplam birincil enerji arzı, gayrisafi yurtiçi hasıla ve nüfusa ek olarak, toplam nihai enerji tüketimi açıklayıcı ana etmenlerden birisi olarak modele dahil edilmiştir. Kömür, petrol, gaz ve diğer olarak sınıflandırılabilen enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarında kaydedilen değişimler, bölgeler ile ülkeler ayrımındaki toplam birincil enerji arzı, satınalma gücü paritesine göre hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla ile nüfus büyüklüklerinin yanı sıra, kullanılan matematik modele ayrıca eklenen toplam nihai enerji tüketimi ile tanımlı veri anakümesi kapsamında, temel enerji göstergelerine dayalı belirlenen, karbon yoğunluğu etkisi, çevrim etkinliği etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, gelir düzeyi etkisi ve nüfus büyüklüğü etkisi olarak tanımlanan temel etmenler ekseninde, inceleme dönemlerinde kaydedilen bütün gelişmeler ve eğilimler ile birlikte küresel ölçekte, bölgeler ile ülkeler için kalansız halde ayrıştırılmıştır. Modelin işletilmesine ve saptanan sonuçların sunumuna yönelik uygulama anlayışı, literatürdeki benzerlerinden oldukça farklı olup, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler toplamına dayalı veri kümesi, bölgeler ayrımına dayalı veri kümesi, veritabanında yer alan tüm ülkelere ilişkin veri kümesi için analizler gerçekleştirilmiştir. Tüm Dünya ülkeleri için elde edilen sonuçlar, sunum etkinliğini artırabilmek amacıyla, karşılaştırmalı halde özetlenerek sunulmuştur. Enerji ilişkili karbondioksit salımlarının, iklim değişikliği sorununa yaptığı olumsuz etkilerin azaltılabilmesi için farklı stratejilerin kullanılması söz konusu olduğundan, fosil yakıt tüketiminin yol açtığı karbondioksit salımlarının temel sosyo-ekonomik büyüklükler ile ilişkilendirilerek ülkeler ayrımında karşılaştırmalı halde değerlendirilmesini, elde edilen sonuçlara bağlı olarak ülkeler ayrımında en uygun seçeneğin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır.

DECOMPOSITION OF CHANGES IN ENERGY-RELATED CARBON-DIOXIDE EMISSIONS ALONG MAIN DRIVERS

SUMMARY

The climate system evolves in time under the influence of its own internal dynamics and due to changes in external factors that affect climate. External forcings include natural phenomena such as volcanic eruptions and solar variations, as well as human-induced changes in atmospheric composition. Solar radiation is the energy source of the climate and there is an equilibrium between solar radiation and the atmospheric radiation. The disturbance on this balance, which can be either natural or anthropogenic cause the climate change. The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC) defines climate change as: a change of climate which is attributed directly or indirectly to human activity that alters the composition of the global atmosphere and which is in addition to natural climate variability observed over comparable time periods. The greenhouse effect is a process by which thermal radiation from a planetary surface is absorbed by atmospheric greenhouse gases, and is re-radiated in all directions. Since part of this re-radiation is back towards the surface, energy is transferred to the surface and the lower atmosphere. Natural greenhouse effect provides the temperature on Earth's surface in the appropriate interval that organisms can live. The major greenhouse gases are water vapor, carbon-dioxide (CO_2), methane (CH_4), nitrous-dioxide (NO_2) and ozone (O_3), which naturally exist in the atmosphere, perfluorocarbons (PFCs), hydrochlorofluorocarbons (HFCs), and sulphurhexafluorid (SF_6), which release due to direct consequence of human activities. The level of greenhouse gases determines the amount of the radiation and as a consequence the temperature.

Since the Industrial Revolution, the concentration of the greenhouse gases has been rapidly increasing and the increasing level of these anthropogenic emissions cause net warming by strengthening the natural greenhouse effect. Among many human activities that produce greenhouse gases, the use of energy represents by far the largest source of emissions. Smaller shares correspond to agriculture, producing mainly methane and nitrogen-dioxide from domestic livestock and rice cultivation, and to industrial processes not related to energy, producing mainly fluorinated gases and nitrogen-dioxide. Greenhouse gas emissions from the energy sector are dominated by the direct combustion of fuels. Carbon-dioxide from energy represents about 65% of global emissions. This percentage varies greatly by country, due to diverse national energy structures and socio-economic features such as gross domestic product and population. Consequently for the sustainable development, the link between energy and greenhouse gases must be determined completely. In this thesis, it is studied to analyse the major indicators on the change in the energy-related carbon-dioxide emissions using the decomposition method.

Decomposition method is used for decomposing the changes in the energy-related base quantity by the changes in main drivers and the positive or negative effect of the main drivers on the decomposed quantity. Moreover, the decomposition results provide creating policies and strategies due to scientific norms, assessing the past and present situation and proposing future developments. Although there are many decomposition methods based on different approachs, such as Laspeyres index

method, Pasche index method, arithmetic mean decomposition method etc. log mean Divisia index method is chosen for the analysis in the thesis, which is analysing the changes in carbon-dioxide emissions along main drivers, due to its advantages. If ithe advantages are specified, log mean Divisia index method do not leave residual term, the mathematical method is simply understandable, the memory need is lower than the other methods, the results are easily interpreted not only by experts but also the others. For decomposing the changes in the energy-related carbon-dioxide emissions, the main drivers are selected as total primary energy supply, total final consumption, gross domestic product, population, and the parameters using for asserting the changes in the emissions are generated from main drivers.

Log mean Divisia index method is developed through the logarithmic mean operator $L(\cdot)$, which is shown in Equation **(1)**.

$$L(a,b)=\frac{a-b}{\ln\left(\frac{a}{b}\right)} \quad \textbf{(1)}$$

The method has presented in two froms, multiplicative and additive, which have their own merits. For instance, relative changes are concise, while absolute changes provide information that can be more easily understood. If the decomposed quantity is given in the ratio measure, multiplicative form, if it is a physical quantity, additive form give more effective, efficient and meaningful results. In the thesis, the additive form of the log mean Divisia is chosen for analysing the changes in energy-related carbon-dioxide emissions along main indicators.

Let V be an energy-related aggregate. Assume that there are n factors contributing to changes in V over time and each is associated with a quantifiable variable whereby there are n variables $x_1, x_2, \ldots, x_n$. Let subscript i be a sub-category of the aggregate for which structural change is to be studied. At the sub-category level the relationship $V_i = x_{1,i}, x_{2,i}, \ldots, x_{n,i}$ holds. The general index decomposition analysis identity is given by Equation **(2)**.

$$V=\sum_{i=1} V_i = \sum_{i=1} x_{1,i}, x_{2,i}, x_{3,i} \ldots x_{n,i} \quad \textbf{(2)}$$

In multiplicative decomposition, the ratio (D_t) which is the ratio of the last and the first year of the total energy-related carbon-dioxide emissions, is decomposed as in the Equation **(3)**.

$$D_t=\frac{V^{Y2}}{V^{Y1}}=D_{X_1} D_{X_2} D_{X_3} \ldots D_{X_n} \quad \textbf{(3)}$$

In additive decomposition, difference (ΔV_t), which is the difference between the last and the first year of the total energy-related carbon-dioxide emissions, is decomposed as in the Equation **(4)**.

$$\Delta V_t = V^{Y2} - V^{Y1} = \Delta V_{x_1} + \Delta V_{x_2} + \Delta V_{x_3} + \ldots + \Delta V_{x_n} \quad \textbf{(4)}$$

In the mathematical model used in the analysis, total energy-related carbon-dioxide emissions from fossil fuel combustion (*TKDS*), is represented in Equation **(5)**, as a total of the energy-related carbon-dioxide emissions of each region or country, where subscript i indicates country or region, n denotes the number of the countries or regions.

$$TKDS = \sum_{i=1}^{n} (TKDS)_i \quad \textbf{(5)}$$

In the previous studies, the changes in the total energy-related carbon-dioxide emissions from fossil fuel combustion is decomposed as the multiplication of the changes in the carbon intensity (*TKDS/TBEA*), the energy intensity (*TBEA/GSYH*), income per capita (*GSYH/NFS*) and the population (*NFS*), shown in Equation **(6)**.

$$(TKDS)_i = \left(\frac{TKDS}{TBEA}\right)_i \left(\frac{TBEA}{GSYH}\right)_i \left(\frac{GSYH}{NFS}\right)_i (NFS)_I \quad \textbf{(6)}$$

The mathematical model for decomposing total energy related carbon-dioxide emissions of a country or region is proposed as in Equation **(7)**, where *TKDS*, *TBEA*, *TNET*, *GSYH* and *NFS* represent the energy-related total carbon-dioxide emissions, total primary energy supply, total final energy consumption, the gross domestic product and the population.

$$(TKDS)_i = \left(\frac{TKDS}{TBEA}\right)_i \left(\frac{TBEA}{TNET}\right)_i \left(\frac{TNET}{GSYH}\right)_i \left(\frac{GSYH}{NFS}\right)_i (NFS)_i \quad \textbf{(7)}$$

The difference (*ΔTKDS*) between the total energy-related carbon-dioxide emissions in the last year of the analysis period ($TKDS^{Y2}$) and the first year of the analysis period ($TKDS^{Y1}$) is the total of the carbon intensity effect (*ΔKYE*), conversion efficiency factor (*ΔÇEE*), energy intensity effect (*ΔEYE*), income effect (*ΔGDE*) and population effect (*ΔNBE*), which are shown in Equation **(8)** and Equation **(9)**.

$$\Delta TKDS = TKDS^{Y2} - TKDS^{Y1} \quad \textbf{(8)}$$

$$\Delta TKDS = \Delta KYE + \Delta ÇEE + \Delta EYE + \Delta GDE + \Delta NBE \quad \textbf{(9)}$$

If the result of an effect is positive, the change in the quantity and the driver are the same direction, if the result of an effect is negative, the change in the quantity and the driver are the opposite direction.

The log mean operator *L(a,b)*, which is the essential part of the method, is used in the analysis as represented in Equation **(10)**.

$$L\left(TKDS_i^{Y2}, TKDS_i^{Y1}\right) = \frac{TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1}}{\ln\left(\frac{TKDS_i^{Y2}}{TKDS_i^{Y1}}\right)} \quad \textbf{(10)}$$

Carbon intensity effect: The carbon intensity of energy supply is a measure of the amount of carbon dioxide associated with each unit of energy used. It directly links changes in carbon dioxide emissions levels with changes in energy usage. Carbon emissions vary by energy source, with coal being the most carbon-intensive fuel, followed by oil and natural gas. As changes in the fuel mix alter the share of total energy demand met by more carbon-intensive fuels relative to less carbon-intensive or “carbon-free” energy sources, overall carbon intensity changes. Carbon intensity effect is calculated as Equation **(11)** and Equation **(12)**.

$$\Delta KYE = \sum_{i=1}^{n} \Delta KYE_i \quad \textbf{(11)}$$

$$\Delta KYE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1}\right) \ln\left(\frac{KYE_i^{Y2}}{KYE_i^{Y1}}\right) \right] \quad \textbf{(12)}$$

Conversion efficency factor: It represents the amount of primary energy required to deliver energy for final consumption and reflects both conversion efficiency and the fuel mix. The share of electricity in final consumption is the main influence. It is calculated as shown in Equation **(13)** and Equation **(14)**.

$$\Delta \text{ÇEE} = \sum_{i=1}^{n} \Delta \text{ÇEE}_i \quad \textbf{(13)}$$

$$\Delta \text{ÇEE} = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{\text{ÇEE}_i^{Y2}}{\text{ÇEE}_i^{Y1}} \right) \right] \quad \textbf{(14)}$$

Energy intensity effect: The energy intensity of economic activity is a measure of energy consumption per unit of economic activity as measured by gross domestic product. It relates changes in energy consumption to changes in economic activity. As a country's energy intensity changes, so does the influence of a given level of economic activity on carbon dioxide emissions. Increased energy use and economic growth generally occur together, although the degree to which they are linked varies across regions and stages of economic development. Equation **(15)** and Equation **(16)** show the calculation of the energy intensity effect.

$$\Delta EYE = \sum_{i=1}^{n} \Delta EYE_i \quad \textbf{(15)}$$

$$\Delta EYE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{EYE_i^{Y2}}{EYE_i^{Y1}} \right) \right] \quad \textbf{(16)}$$

Income effect: Income per capita is the most important determinant of carbon dioxide emissions per capita, but other factors also affect the calculation. Reducing growth in per-capita output may have a mitigating influence on emissions, but governments generally pursue policies to increase rather than reduce output per capita in order to advance objectives other than greenhouse gas mitigation. It is calculated as shown in Equation **(17)** and Equation **(18)**.

$$\Delta GDE = \sum_{i=1}^{n} \Delta GDE_i \quad \textbf{(17)}$$

$$\Delta GDE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{GDE_i^{Y2}}{GDE_i^{Y1}} \right) \right] \quad \textbf{(18)}$$

Population effect: It measures the influence of the population growth alone. Population growth is also an important determinant of emissions increases. However, the population effect is less pronounced than the effect of output per capita. Equation **(19)** and Equation **(20)** illustrate the energy intensity effect.

$$\Delta NBE = \sum_{i=1}^{n} \Delta NBE_i \quad \textbf{(19)}$$

$$\Delta NBE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{NBE_i^{Y2}}{NBE_i^{Y1}} \right) \right] \quad \textbf{(20)}$$

The analysis is performed for three periods, which are 1971-1990, 1990-2008 and 1971-2008, because 1990 is the determined as reference year in Kyoto Protocol. The results show that total energy-related carbon-dioxide emissions grow more rapidly in 1990-2008 period than 1971-1990. In the developed countries the growth rate is much more smaller than the developing countries as a result of urbanisation, economic and population growth in developing countries. The influences of the effects are varied by region, by country as a result of national energy structure, socio-economic structure and fuel mix in both total primary energy supply and total electricity generation. For the policies and strategies to mitigate carbon-dioxide emissions, the developing countries, especially China, India etc. have great importance, due to their share in the raise of the total carbon-dioxide emissions in the globe.

In conclusion, the link between climate change and energy is a part of the larger challenge of sustainable development. The socio-economic and technological characteristics of development paths will strongly affect emissions, the rate and magnitude of climate change, climate change impacts, the capability to adapt and the capacity to mitigate the emissions themselves.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, toplam birincil enerji arzı (TBEA), satınalma gücü paritesine göre hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) ve nüfus (NFS) büyüklüklerinin yanısıra, matematik modele ayrıca eklenen toplam nihai enerji tüketimi (TNET) ile tanımlı veri anakümesi kapsamında, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki (TKDS) değişimlerin, temel enerji göstergelerine dayalı belirlenen, karbon yoğunluğu etkisi (KYE), çevrim etkinliği etkisi (ÇEE), enerji yoğunluğu etkisi (EYE), gelir düzeyi etkisi (GDE) ve nüfus büyüklüğü etkisi (NBE) olarak tanımlanan temel etmenler ekseninde, küresel ölçekte, bölgeler ile ülkeler ayrımında ayrıştırılması, dönemler itibariyle ulaşılan sonuçların karşılaştırmalı halde sunulması amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

1973 ve 1974 yıllarında yaşanan Petrol Krizlerinin ardından, sanayi sektörü nihai enerji talebi üzerinde belirleyici olan etmenlerin sınai faaliyet alanlarına ilişkin yapısal özellikler çerçevesinde irdelenebilmesine, dolayısıyla sanayi sektöründeki petrol egemen enerji tüketimi mekanizmasının yeniden düzenlenebilmesine yönelik çalışmalara ilgi artmıştır. Buna koşut olarak, enerji yoğun sınai faaliyet alanlarının nihai enerji tüketimindeki etkilerinin ayrıştırılarak incelenmesi ve yapısal değişiklik önerilerinin bilimsel esaslar ekseninde ortaya konabilmesi amacıyla, 1970'li yılların sonuna doğru endeks ayrıştırma yöntemi (index decomposition methodology) [1,2,3] geliştirilmiştir. İzleyen yıllarda yöntem, nihai tüketim sektörlerinin toplam enerji yoğunluğundaki etkisinin saptanabilmesi, dolayısıyla enerji yoğunluğunun azaltılmasına yönelik sektörel ayrımdaki politika ve stratejilerin üretilebilmesi vb. amaçlar gözetilerek sıkça kullanılmıştır [4,5,6,7,8,9,10]. Ancak, ayrıştırılan temel büyüklüğün bütün bileşenleri ile birlikte eksiksiz olarak açıklanabilmesi mümkün kılınamamış, ekonomik analizler için kullanılan temel yaklaşımların matematik modellere dahil edilmesiyle, yöntemin geliştirilmesine çalışılmıştır [6,7,11]. Bu kapsamda, Divisia, Laspeyres, Pasche vb. diğer endeks yaklaşımları, tekil ya da bütünleşik halde, önerilen matematik modellere katılmış, bu modellerde açıklayıcılık gücünün artırılmasının hedeflenmesine karşın, açıklanamayan nitelikteki kalan terim

sorunu çözülememiştir [6,7,8,9,12]. İzleyen yıllarda, Laspeyres ve Divisia endeks yaklaşımlarını temel alan ayrıştırma yöntemlerinin etkinliğinin artırılmasına çalışılmış, Geliştirilmiş Laspeyres endeks yöntemi (Refined Laspeyres index method) [13,14] ve Aritmetik ortalamalı Divisia endeks yöntemi (Arithmethic mean Divisia index method, AMDI) [11] ortaya konmuş, anılan yöntemler kapsamında açıklanamayan nitelikteki kalan terim sorunu tamamen giderilebilmiştir. Yöntemin daha da geliştirilmesine yönelik girişimler [13,14,15,16,17,18,19] çerçevesinde, 1997 yılında Ang ve Choi [20] tarafından logaritmik ortalamalı Divisia endeks yöntemi (log mean Divisia index method, LMDI) geliştirilmiştir. Konuya ilişkin diğer yöntemlerle karşılaştırıldığında [21,22], daha az bellek ve işlem hacmi gerektiren LMDI yöntemi ile ayrıştırılması istenen temel büyüklüğün bütün bileşenleri ile eksiksiz halde açıklanabilmesi sağlanmıştır.

Ayrıştırma yöntemleri, 1990'lı yılların ortalarından itibaren enerji-çevre etkileşimine yönelik çalışmalarda da [13,15,20-30,31-39] ağırlıklı olarak tercih edilmeye başlanmış, karbondioksit başta olmak üzere sera gazı salımlarının dönemsel değişimlerinde belirleyicilik üstlenen toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus ile ilişkili göstergelerin katkılarının ortaya konabilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmalarda, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları birincil kaynaklar [13,23,25-28,31,32,36-39] ve/veya sektörler [21,25,30,31,33,37,39] ayrımında tek bir ülke [25,27,30,31,32,37,39] ya da belirli bir bölgede yer alan sınırlı sayıdaki ülke [13,15,21,23,26,28,29,34,35,38] için ayrıştırılmıştır.

1.3 Yöntem

Ayrıştırma analizi, enerji ile ilişkili temel büyüklükler üzerinde belirleyicilik taşıyan etmenlerdeki değişimin, göz önüne alınan temel büyüklükteki değişime olumlu ya da olumsuz yöndeki etkilerinin irdelenebilmesine, saptanan sonuçlar çerçevesinde ilgili politika ve stratejilerin bilimsel verilere dayalı sorgulanabilmesine, enerji-ekonomi-çevre ilişkilerindeki uyumun ya da uyumsuzlukların, geçmiş, güncel ve gelecek ekseninde, karşılaştırmalı halde değerlendirilebilmesine olanak tanımaktadır.

Birbirinden çok farklı yaklaşımlara dayanan çeşitli ayrıştırma analizi yöntemlerinin bulunmasına karşın, açıklanamayan nitelikte herhangi bir kalan terim bırakmaması, işlem hacminin ve bellek gereksiniminin diğerleriyle karşılaştırıldığında daha düşük olması, elde edilen sonuçların konunun uzmanı olmayan kişiler tarafından da rahatlıkla anlaşılabilirliği vb. diğer üstünlükleri nedeniyle logaritmik ortalamalı Divisia Endeks yaklaşımı, tez çalışmasında tercih edilmiştir.

Sunulan tez çalışmasında, enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarının ayrıştırılarak analizinde, konuya ilişkin diğer çalışmalarda da dikkate alınan toplam birincil enerji arzı, gayrisafi yurtiçi hasıla ve nüfusa ek olarak, toplam nihai enerji tüketimi açıklayıcı ana büyüklüklerden birisi olarak modele dahil edilmiştir.

Modelin işletilmesine ve saptanan sonuçların sunumuna yönelik uygulama anlayışı, literatürdeki benzerlerinden oldukça farklı olup, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler toplamına dayalı veri kümesi, bölgeler ayrımına dayalı veri kümesi ve oluşturulan veritabanında yer alan tüm ülkelere ilişkin veri anakümesi için analizlerin eksiksiz gerçekleştirilmesine karşın, sunum etkinliğinin sağlanabilmesi amacıyla, tüm Dünya ülkeleri için elde edilen sonuçların, belirli bir mantık temelinde özetlenerek verilmesi yoluna gidilmiştir. Bu bağlamda, veri anakümesinin sonu olan 2008 yılındaki enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları büyükten küçüğe doğru sıralanmış, ülkelere göre saptanan ayrıştırma analizi sonuçları; Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya Federasyonu, Hindistan, Japonya, Almanya, Kanada, İngiltere, İran ve Güney Kore'nin bulunduğu ilk 10 ülke toplamı, ilk 10 ülkeyi izleyen İtalya, Meksika, Avustralya, Suudi Arabistan, Endonezya, Fransa, Brezilya, Güney Afrika, İspanya ve Ukrayna'nın yer aldığı ilk 20 ülke toplamı, ilk 20 ülkeyi izleyen Polonya, Tayvan, Türkiye, Tayland, Kazakistan, Malezya, Hollanda, Mısır, Arjantin ve Birleşik Arap Emirlikleri'nin dahil olduğu ilk 30 ülke toplamı ile ilk 30 dışındaki ülkeler toplamı şeklinde, karşılaştırmalı halde ayrıntılandırılmıştır.

1.4 Veri Kümesi

Tez çalışması kapsamında gereksinim duyulan ve 1971 ile 2008 yıllarını içeren döneme ilişkin tüm veriler, oluşturulan genel bir veritabanı üzerinden işlemlere katılmıştır. Veritabanında yer alan temel büyüklüklerin tüm bileşenlerini, çalışmada öngörülen bütünlükte ve birarada sunabilen herhangi başka bir kurum ya da kuruluş bulunmadığından, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü/Uluslararası Enerji Ajansı (Organisation for Economic Co-operation and Development/International Energy Agency, OECD/IEA) tarafından yayınlanan veriler [42-51] kullanılmıştır. Ana verikümesine dahil edilen tüm büyüklüklerin, Birleşmiş Milletler (United Nations, UN), ABD Enerji Bilgi İdaresi (U.S. Energy Information Administration, U.S. EIA), Avrupa Birliği İstatistik Kurumu (The Statistical Office of the European Union, Eurostat, ESTAT), Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) vb. diğer veritabanlarında ayrık halde yer alan veriler ile karşılaştırmalar yapılarak kullanılmasına özen gösterilmiştir.

Çalışmada sunulan matematik model çerçevesinde oluşturulan ve 1971-2008 dönemini kapsayan veritabanında; fosil yakıtlar ayrımındaki karbondioksit salımları ile toplam karbondioksit salımlarına, toplam birincil enerji arzı, toplam nihai enerji tüketimi, 2000 yılı döviz kurlarına göre ABD doları cinsinden hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla, 2000 yılı satınalma gücü paritesine göre ABD doları cinsinden hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklüklerine ilişkin tüm veriler, bölgeler ile ülkeler için yıllık olarak yer almaktadır. Anılan veritabanı çerçevesinde farklı veri kümeleri oluşturulmuş, İ.T.Ü. Bilgi İşlem Daire Başkanlığında lisanslı Matlab Release 2009b (Windows için) yazılımı ile gerçekleştirilen ayrıştırma analizi sonuçları, ilgili bölümde ardıl halde sunulmuştur.

2. ENERJİ-ÇEVRE ETKİLEŞİMİ

2.1 Küresel Isınma ve İklim Değişikliği

Küresel iklim sistemi, Dünyanın oluşumundan beri, tüm zaman ve alan ölçeklerinde değişme eğilimi içinde olmuştur. Bu durum, iklimin kendi doğal değişkenliğinden kaynaklanmaktadır ve doğrudan güneşteki, atmosferdeki ya da yerküre/atmosfer birleşik sisteminin diğer bileşenlerindeki doğal değişikliklerle ilişkilidir. Küresel iklim sistemini ya da sistemdeki herhangi bir değişikliği belirleyen etmenler doğal ya da insan kaynaklı olabilmekte, küresel iklim sistemi üzerinde belirleyicilik üstlenen doğal etmenler arasında güneş ışınımı öne çıkmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş ışınımının üçte biri atmosferden yansırken, geriye kalan üçte ikilik kısım atmosfer, okyanus, buzullar vb. tarafından emilmekte, yerküre/atmosfer sisteminde tutulan güneş ışınımı uzun dalgalı yer ışınımı olarak atmosfere geri verilmektedir. Ortalama koşullarda, yerküre/atmosfer sistemine giren kısa dalgalı güneş enerjisi ile geri salınan uzun dalgalı yer ışınımı dengededir. Söz konusu dengenin bozulmasına yol açacak herhangi bir değişiklik, ışınımsal zorlama (radiative forcing) olarak adlandırılmaktadır. Işınımsal zorlamaya yol açan doğal etmenler arasında, Güneşten Dünyaya ulaşan enerji miktarındaki artış ya da azalış ilk sırada yer almaktadır. Yerkürenin kendi ekseni ve Güneş etrafındaki yörüngesinde meydana gelen sapmalar, güneş ışınımının mevsimsel ve enlemsel dağılımını etkileyebilmekte, söz konusu bu durum buzul çağları vb. diğer doğal iklim döngülerinin nedeni olarak kabul edilmektedir. Ayrıca, volkanik olaylar da doğal etmenler arasında sayılmaktadır [52].

Doğal sera etkisi, iklim değişikliğine yol açan doğal etmenlerden bir diğeridir. Kısa dalgalı güneş ışınımına karşı atmosfer tam geçirgen davranmakta, yerküre/atmosfer sistemi tarafından emilen güneş ışınımı uzun dalgalı yer ışınımı olarak atmosfere geri verilmekte, ancak atmosferin uzun dalgalı yer ışınımına karşı yarı geçirgen olması sebebiyle geri yansıyan söz konusu yer ışınımı sayesinde yerküre sıcaklığı canlıların yaşayabileceği seviyeye ulaşabilmektedir. Doğal sera etkisine atmosferin yapısında bulunan ve sera gazı olarak adlandırılan su buharı, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve ozon (O_3) neden olmaktadır. Anılan gazların yanısıra, beşeri faaliyetler sonucu ortaya çıkan hidrofluorokarbonlar (HFC'ler, HFCs),

perfluorokarbonlar (PFC'ler, PFCs) ve sülfürheksafluorid (SF_6) vb. diğer sera gazları da bulunmaktadır. Söz konusu sera gazlarının atmosferdeki yoğunluklarında meydana gelen doğal ve/veya beşeri kaynaklı değişimler, ışınımsal zorlamaya, dolayısıyla Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki dengenin bozulmasına yol açabilmektedir [52-58].

Güneş ışınımı ile yer ışınımı arasındaki dengeyi ya da enerjinin atmosferdeki ve atmosfer ile kara ve deniz arasındaki dağılışını değiştiren herhangi bir etmen, iklimi de değiştirebilmektedir. Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC)'nde iklim değişikliği (climate change), "karşılaştırılabilir bir zaman periyodunda gözlenen doğal iklim değişikliğine ek olarak, doğrudan ya da dolaylı yollarla küresel atmosferin bileşimini bozan insan etkinlikleri sonucunda iklimde oluşan bir değişiklik" biçiminde tanımlanmıştır [59].

Sanayi devriminden sonra, doğal süreçlerle meydana gelen iç ve dış etkilerden ayrı olarak, küresel iklim sistemi üzerinde insan kaynaklı faaliyetlerin giderek daha fazla baskı yarattığı yeni bir döneme girilmiştir. Sera etkisinin doğal bir olgu olmasına karşın, 20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren ekonomik, sosyal vb. diğer alanlarda kaydedilen köklü gelişmeler ile değişimler, insan kaynaklı sera gazlarının atmosferdeki birikimlerini hızlandırmış, doğal sera etkisini (greenhouse effect) güçlendirerek, zaman içinde yerkürenin ortalama yüzey sıcaklıklarında yükselme eğilimi gözlenmesine yol açmıştır. Küresel ısınma (global warming), atmosferin yerküre yüzeyine yakın kısımlarında ortalama sıcaklığın doğal olarak ya da insan etkisiyle artması şeklinde tanımlanmakta [52-59], son yıllarda küresel ısınmada gözlenen hızlı artış eğilimi ise ciddi bir sorunun varlığını açıkça işaret etmektedir.

Atmosferdeki birikimleri artmaya devam eden sera gazları nedeniyle kuvvetlenen sera etkisinin oluşturduğu küresel ısınma, özellikle 1980'li yıllardan sonra daha da belirgin hale gelmiş ve izleyen dönemde yüksek sıcaklık rekorları kırılmıştır. Küresel hava ve okyanus ortalama sıcaklıklarındaki artış, buzulların erimesi ve ortalama deniz seviyesinin yükselmesi ile küresel ısınma, yadsınamaz bir olgu haline gelmiş, 1995 ile 2006 yıllarını kapsayan dönem, hem kuzey ve güney yarımküreler için hem de küresel olarak hesaplanan yıllık ortalama yüzey sıcaklıkları açısından, güvenilir aletli gözlemlerin yapılmaya başladığı 1850 yılından beri yaşanan en sıcak 12 yıl olarak kayda geçmiştir. Isınmayla birlikte havanın su buharı taşıma kapasitesinin artması, atmosferdeki su buharı yoğunluğunda olduğu kadar, karalar ile okyanuslardaki su buharı yoğunluğunda da belirgin artışlar gözlenmesine, küresel ortalama okyanus sıcaklığının artması ise her iki yarımkürede de buzulların

erimesine, buna koşut olarak deniz seviyesinde yükselmeye yol açmaktadır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) tarafından farklı varsayımlara bağlı olarak geliştirilen çeşitli iklim modellerinde [56-58], küresel ortalama yüzey sıcaklığında 2100 yılına kadar 1990'a oranla 1°C ile 3,5°C arasında bir artış kaydedileceği, anılan artışa bağlı olarak da iklimde gözlenen değişikliklerin süreceği öngörülmektedir.

Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin, hidrolojik döngüde önemli değişiklikler yaratması, kar örtüsünün, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesinin yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, ani ve aşırı hava olaylarının, taşkınların ve sellerin daha sık oluşması, etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, çölleşme, salgın hastalıklar, tarım zararlıları gibi, insan yaşamını, sosyo-ekonomik yapıyı ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı yollarla etkileyebilecek önemli sonuçları beraberinde getirmesi beklenmektedir. Küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişikliği, günümüzde tüm ekosistemi kapsayan, yaşam zincirinin geleceğini tehdit eden, başta Avrupa Kıtası olmak üzere, tüm Dünya ülkelerini doğrudan veya dolaylı yollarla etkileyen en önemli küresel sorunlardan birisi durumundadır. Sera gazı salımlarının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliği, sürekli, fakat yavaş ilerleyen bir süreçtir. Buna karşın, geçtiğimiz yıllarda etkilerinin somut halde görülmeye başlanması, konu hakkında oldukça karamsar raporların yayımlanması, değerlendirmeler yapılması, iklim değişikliği sorununu üzerinde çokça tartışılan güncel konulardan biri haline getirmiştir.

2.2 Hükümetlerarası İklim Değişikliği Panelinde Öne Çıkan Sera Gazları

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC), iklim değişikliğinin bilimsel ve teknik boyutlarıyla tanımlanması, olası çevresel ve sosyo-ekonomik sonuçlarının belirlenmesi, söz konusu olumsuz sonuçların azaltılması ve sınırlandırılması amacıyla Birleşmiş Milletler Çevre Programı (United Nations Environment Programme, UNEP) ve Dünya Meteoroloji Örgütü (World Meteorological Organization, WMO) tarafından 1988 yılında kurumsallaştırılan, tüm Dünya ülkelerindeki araştırmacıların katkılarda bulunduğu, nesnel yaklaşımı esas almayı hedefleyen bilimsel bir oluşumdur.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin 1988 yılında oluşturulmasının ardından ilki 1990 sonuncusu 2007 yılında olmak üzere sırasıyla,

- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Birinci İlerleme Raporu (1990) (IPCC First Assessment Report 1990, FAR) [52]

- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Tamamlayıcı Raporlar (1992) (1992 Supplementary Reports) [53]
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli İkinci İlerleme Raporu (1995) (IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995, SAR) [54]
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Üçüncü İlerleme Raporu (2001) (IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001, TAR) [55]
- Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli Dördüncü İlerleme Raporu (2007) (IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007, AR4) [56-58]

yayınlanmıştır. Beşinci İlerleme Raporu (Fifth Assessment Report, AR5)'na ilişkin çalışmalar devam etmekte olup, 2014 yılı sonunda tamamlanması planlanmaktadır. Belirtilen ilerleme raporlarında, küresel ısınma, iklim değişikliği ve sera gazları ile ilgili güncel temel veriler ortaya konmakta, anılan olguların birbirleriyle etkileşimleri çok boyutlu ele alınmakta, konuya yönelik alt başlıklardaki mevcut durum çerçevesinde geleceğe yönelik tahminlerde bulunularak, çözüm önerilerinin geliştirilmesi amaçlanmaktadır.

Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Dördüncü İlerleme Raporu'nda [56-58], sera gazı salımları ile iklim değişikliği arasındaki ilişkinin Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin Üçüncü İlerleme Raporu'nda belirtilene göre çok daha güçlü olduğu hususu, bilim adamları tarafından geniş ölçekte kabul görmüştür. Bu kapsamda Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nde öne çıkan sera gazları; atmosferin doğal yapısında bulunan su buharı, karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve ozon (O_3) ile beşeri faaliyetlerden kaynaklanan hidrofluorokarbonlar (HFCs), perfluorokarbonlar (PFCs), sülfürheksafluorid (SF_6), klorofluorokarbonlar (CFCs) ve hidroklorofluorokarbonlar (HCFCs) olarak sıralanmaktadır. İnsan kaynaklı sera gazlarının küresel ısınmaya, dolayısıyla iklim değişikliği sorununa yaptıkları olumsuz katkılar birbirinden çok farklı olup, karbondioksit, metan, diazotmonoksit, hidrofluorokarbonlar, perfluorokarbonlar ve sülfür heksafluorid, atmosferdeki varlıklarını uzun süre korumaları nedeniyle, Kyoto Protokolünde en önemli sera gazları olarak ifade edilmektedir [60].

Küresel ısınmaya yol açan sera gazlarının artmasına temel olarak, fosil yakıtların yakılması (enerji ve çevrim amaçlı), sanayi (enerji ilişkili ve kimyasal süreçler, çimento üretimi vb. enerji dışı), ulaştırma (kara ve hava taşıtları, deniz taşımacılığı vb.), arazi kullanımı değişiklikleri, ormansızlaşma, katı atık yönetimi, tarımsal (enerji ilişkili ve anız yakma, çeltik ekimi, hayvancılık, gübreleme vb. enerji dışı) ve benzeri diğer insan etkinliklerinden kaynaklanan olumsuzluklar yol açmaktadır.

Küresel toplam sera gazı salımlarının yaklaşık dörtte üçünü karbondioksit (CO_2) oluşturmakta, karbondioksiti sırasıyla metan (CH_4), diazotmonoksit (N_2O) ve diğer sera gazları takip etmektedir. Küresel toplam sera gazı salımları sektörler ayrımında irdelendiğinde, yaklaşık üçte ikilik payıyla enerji sektörü öne çıkmakta, geriye kalan üçte birlik kısma tarım ve sanayi sektörleri neden olmaktadır.

Küresel toplam metan salımının yaklaşık yarısı tarımdan kaynaklanmakta, başta kömür ve gaz üretimi ile iletimi olmak üzere enerji sektörü toplam metan salımının yaklaşık üçte birine yol açmaktadır. Küresel toplam metan salımı bölgelere göre irdelendiğinde, Çin, Asya, Latin Amerika, Eski SSCB ve Kuzey Amerika öne çıkmaktadır. Latin Amerika ve Asya'da ağırlıklı olarak tarım kaynaklı metan salımı söz konusuyken, Çin, Eski SSCB ve Kuzey Amerika'da kömür ve gaz üretimi ile iletimi sürecinde ortaya çıkan metan salımı diğer sektörlere oranla daha yüksektir.

1980'li yıllarda metan salımında gözlenen artışın temel gerekçesini Eski SSCB ülkelerindeki gaz üretimi ile iletimi oluştururken, 1990'lı yıllara gelindiğinde SSCB'nin dağılmasıyla birlikte metan salımındaki artış yavaşlamıştır. 1990'lı yıllardan günümüze metan salımında gözlenen artışta, Ortadoğu ve Kuzey Amerika'daki gaz üretimi, Latin Amerika ve Güney Asya'daki katı atık sahaları, gelişmekte olan ülkelerde temel enerji kaynağı olarak kullanılan biyokütle ve Çin'deki kömür üretimi önemli roller üstlenmektedir.

Küresel toplam diazotmonoksit salımının üçte ikisi sentetik gübre, hayvansal gübre ve tarımsal atıkların yakılması başta olmak üzere tarım sektöründen kaynaklanırken, enerji sektörü ile sanayi sektörü ve diğer sektörler geriye kalan üçte birlik kısma neden olmaktadır. Küresel diazotmonoksit salımının yaklaşık üçte ikisini; Asya, Çin, Latin Amerika ve Afrika gerçekleştirmekte, Avrupa ile Kuzey Amerika ise yaklaşık dörtte birine yol açmaktadır.

Florlu gazlar olarak adlandırılan hidrofluorokarbonlar, perfluorokarbonlar ve sülfürheksafluorid, yirminci yüzyıldan önce atmosferde doğal olarak bulunmazken, Sanayi Devrimi ile birlikte endüstriyel süreçler sonucunda atmosfere salınmaktadır. Son yirmi yıllık süreçte, anılan sera gazlarındaki artışa ağırlıklı olarak soğutucu özelliği ile öne çıkan hidrofluorokarbonlar yol açmıştır. Perfluorokarbonların salımında azalış gözlenirken, sülfürheksafluorid salımında kısmen artış kaydedilmiştir [42,43].

Doğal süreçler dışında, sera gazları değişik sektörlerden kaynaklanmakla birlikte, küresel ısınma ve iklim değişikliği sorununda enerji sektörü önemli bir rol oynamakta, enerjiye yönelik faaliyetlerden kaynaklanan sera gazlarının toplamdaki

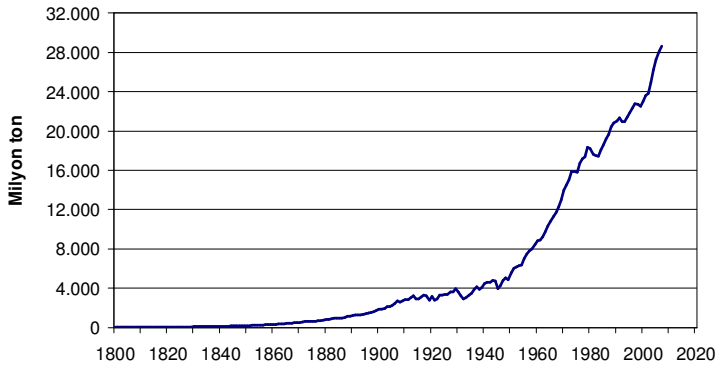
payının yüksek olması, enerji sektörünü öne çıkarmaktadır. Diğer sera gazları ile karşılaştırıldığında karbondioksit, küresel ısınmada daha düşük potansiyele sahip olmakla birlikte, enerji zinciri kapsamındaki tüm halkalarda, fosil yakıtların yanması ile çok büyük miktarlarda atmosfere salımı ve birikimi diğerlerine göre fazla olduğundan, önemi artmaktadır.

2.3 Enerji Sektörünün Küresel Toplam Karbondioksit Salımındaki Rolü

Günümüzde küresel iklim sistemine olumsuz etkileri nedeniyle insan kaynaklı sera gazı salımlarının öncelikle belirli düzeyde tutulmasına, sınırlandırılmasına ve azaltılmasına yönelik bölgesel, uluslararası ve ulusal girişimler hızla yoğunlaşmakta, enerji-çevre etkileşimi ekseninde sera gazı salımları ile küresel ısınma ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiler giderek daha fazla sorgulanmakta, enerji sektörünün sera gazı salımlarındaki payının azaltılmasına çalışılmaktadır.

Halen, kömür, petrol ve gazın küresel toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 80 düzeyinde olup, enerji sektörünün küresel toplam sera gazı salımındaki payı yüzde 70'e yaklaşırken, toplam karbondioksit salımındaki payı ise yüzde 85'e çıkmakta, elektrik ve ısı üretimi ile ulaştırma sektörü küresel toplam karbondioksit salımının yaklaşık üçte ikisini üstlenmektedir [42,43]. Geçtiğimiz son kırk yıllık süreçte, karbondioksit salımına yol açmayan kaynakların enerji sektöründeki payının arttırılmasına, buna koşut olarak fosil kaynakların toplam birincil enerji arzındaki payının azaltılmasına yönelik çabalar etkili sonuçların alınabilmesine yetmemiş, fosil yakıtların elektrik ve ısı sektörü ile ulaştırma sektöründeki baskınlığı giderilememiş, dolayısıyla küresel toplam karbondioksit salımındaki güçlü büyüme eğilimi artarak devam etmiştir.

Atmosferdeki karbondioksit yoğunluğu, 1800'lü yıllardan günümüze kadar, I. ve II. Dünya Savaşları ile 1930'lardaki küresel ekonomik buhranın neden olduğu durağanlık dönemlerinin dışında, özellikle Sanayi Devrimi'nden sonra, güçlü büyüme eğilimleri sergilemiştir. II. Dünya Savaşı'nın ardından hızlanan artış eğilimi, 1973 ile 1974 Petrol Krizlerinin sonucunda yavaşlamış, 1979 ile 1985 yılları arasındaki göreli durağanlığın ardından hızlı büyüme eğiliminin egemen olduğu yeni bir döneme girilmiş, küreselleşme sürecinin hız kazandığı 1990'lı yılların sonundan günümüze kadar geçen son on yıllık süreçte, en yüksek artış eğilimleri gözlenmiş, bağlı olarak küresel ısınma ve iklim değişikliği üzerinde en çok konuşulan, tartışılan ve üzerinde çalışılan alanlardan biri haline gelmiştir. 1800'lü yıllardan bugüne kadar, enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımında kaydedilen gelişmeler [61], Şekil 2.1'de gösterilmiştir.



Şekil 2.1 : Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımında tarihsel süreçte kaydedilen gelişmeler.

Günümüzde egemen olan enerji eğilimleri ile politikalarının benzer şekilde sürdürülmesi ve iklim değişikliği konusunda yeni girişimlerin yaşama geçirilememesi durumunda, enerji ile ilişkili küresel toplam karbondioksit salımının 2030 yılında 2005'teki düzeyinin yaklaşık yüzde 50 üzerinde gerçekleşeceği tahmin edilmektedir. Dolayısıyla, önümüzdeki yirmi yıllık süreçte, fosil tabanlı birincil enerji kaynaklarının küresel kullanımında gerçekleşecek artışların, enerji ile ilişkili karbondioksit salımlarının büyümesinde belirleyicilik üstlenmeye devam etmesi söz konusudur.

3. KARBONDİOKSİT SALIMLARINI ETKİLEYEN ANA UNSURLAR

3.1 Toplam Birincil Enerji Arzı

Bir ülke ya da bölge sınırları içinde tüketilen enerji dengesinde yer alan kaynaklara bağlı olarak her bir bölge ya da ülke için "Toplam birincil enerji arzı (TBEA) = Özkaynaklara dayalı üretim + Diğer kaynaklardan elde edilen dolaylı kullanım + İthalat – İhracat – Uluslararası deniz taşımacılığı – Uluslararası hava taşımacılığı ± Stoklardaki değişimler" temel bağıntısıyla hesaplanmakta ve arz bileşenlerine ilişkin ayrıntıların tümünü birlikte kapsamaktadır [44-51].

3.1.1 Bölgelere göre kaydedilen gelişmeler

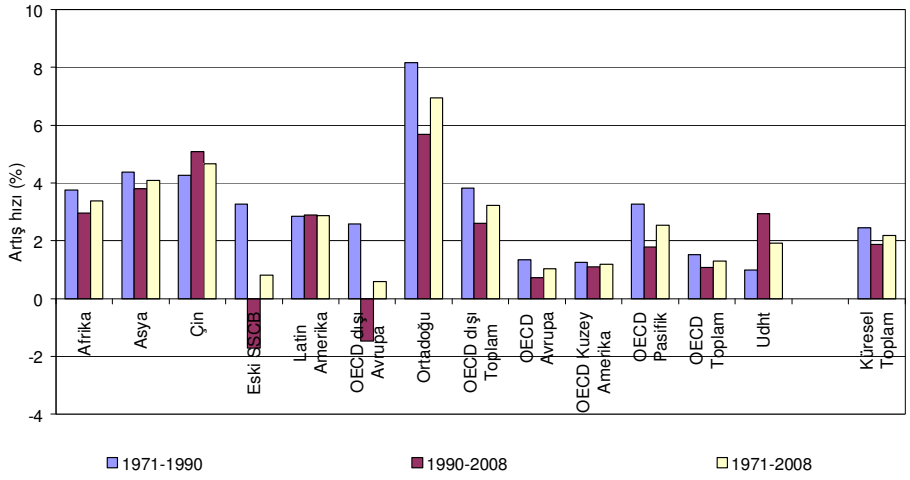
1971 yılında 5.534 Mtoe olan küresel toplam birincil enerji arzı, yaklaşık 2,2 kat artışla, 2008 yılında 12.267 Mtoe düzeyine çıkmıştır. Çoğunluğu gelişmiş ekonomilerden meydana gelen OECD yapısının küresel toplam birincil enerji arzındaki payı 1971 yılında yüzde 60,7 iken, 2008 yılında yüzde 44,2'ye gerilemiştir. OECD dışında kalan ülkelerde ise, 1971 yılındaki toplam birincil enerji arzı 2.011 Mtoe iken, 3,2 kat artarak, 2008 yılında 6.510 Mtoe'ye ulaşmıştır. Çalışma kapsamında göz önüne alınan 1971-2008 döneminde ortalama yıllık artış hızı, OECD üyesi ülkeler ile OECD dışında kalan ülkeler için sırasıyla, yüzde 1,3 ve yüzde 3,2 olmuştur. Güney Kore, Türkiye ve Meksika hariç OECD üyesi ekonomiler görece daha olgunlaşmış tüketim yapıları ile dikkati çekerken, OECD yapısı dışında kalan diğer ekonomilerdeki durum ise tam aksi yöndedir [44-51].

Genellikle, gelişmiş dünya ülkelerinin toplumları, çağdaş altyapı olanakları ile desteklenen, enerji etkinliğine ve verimliliğine ilişkin kazanımların kurumsallaştırıldığı, kentleşme sürecinin tamamlandığı, düşük nüfus artışlarıyla uyumlu, belirli tüketim olgunluğuna ve doygunluğa ulaşmış enerji tüketim yapısı ile nitelendirilebilmektedir. Ayrıca gelişmiş ülkelerde, enerji yoğun sınai faaliyet alanlarından uzaklaşılması, demir-çelik, kimya, rafineri, çimento vb. diğer üretimlerin gelişmekte olan ülkelere kaydırılması, teknoloji yoğun hafif sanayi kolları ile hizmetler sektörü kapsamındaki alanlara odaklanılması söz konusudur [62,63,64]. Bölgelerin küresel toplam birincil enerji arzındaki payları, 1971 ve 2008 yılları için Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1 : Küresel toplam birincil enerji arzında bölgelerin payları.

Küresel toplam birincil enerji arzında, 1971 ile 2008 yılları arasını kapsayan dönemde, Ortadoğu, Çin ve Asya, güçlü büyüme oranlarıyla dikkati çekmiş, anılan bölgelerin ortalama yıllık artış hızları, sırasıyla yüzde 6,95, yüzde 4,66 ve yüzde 4,10 olarak gerçekleşmiştir. Bölgelerin toplam birincil enerji arzındaki büyüme eğilimleri, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemleri için karşılaştırmalı olarak, Şekil 3.2'de sunulmuştur.



Şekil 3.2 : Bölgelere göre toplam birincil enerji arzındaki büyüme.

Ülkelere göre küresel toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler incelendiğinde, güçlü ve kararlı büyüme eğilimleriyle, OECD dışında kalan ülkelerde Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan ve İran; OECD ülkelerinde ise Güney Kore, Türkiye ve Meksika dikkati çekmektedir. 1971 yılında küresel toplam birincil enerji arzından yaklaşık yüzde 7,08 pay alan Çin Halk Cumhuriyeti, toplam birincil enerji arzının yaklaşık 5,4 kat artmasıyla birlikte, 2008 yılında küresel toplam birincil enerji arzında yaklaşık altıda bir paya sahiptir. 2008 yılında küresel toplam nüfusun yüzde 12'sini barındıran Hindistan'ın toplam birincil enerji arzı, 1971 ile 2008 yılları arasında yaklaşık dört kat artarken, küresel toplamdaki payı yaklaşık iki katına çıkmıştır. İnceleme döneminde yüksek büyüme oranıyla öne çıkan İran'ın toplam birincil enerji arzı, 1971 ile 2008 yılları arasında 12,6 kat artarak 202 Mtoe'ye yükselmiştir [44-51].

3.1.2 Birincil kaynaklara göre saptanan eğilimler

1971 ile 2008 yıllarını kapsayan inceleme döneminde, ekonomik, siyasi ve çevresel kaygılar nedeni ile toplamdaki paylarının azaltılmasına yönelik tüm girişimlere rağmen, fosil yakıtların küresel toplam birincil enerji arzındaki payında belirgin bir gerileme kaydedilememiş, 1971 yılında küresel toplamın yüzde 86,27'sini oluşturan fosil kaynaklar, 2008 yılında toplamdan yaklaşık beşte dörtlük bir pay almaktadırlar.

Fosil yakıtlar kömür, petrol ve gaz ayrımında irdelendiğinde, kömürün küresel toplamdaki payı inceleme döneminde önemli bir değişme göstermemiş, 1971 yılında yüzde 26,06 olan payı ufak bir artışla, 2008 yılında yüzde 27,02'ye yükselmiştir. 1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin sonrasında, enerji güvenliğine yönelik kaygılar başta olmak üzere, petrol piyasalarındaki ani ve aşırı fiyat değişimlerinin etkisini sınırlandırabilmek amacıyla yeni kaynak yaratma arayışlarına gidilmiştir. Dolayısıyla 1971'de petrolün küresel toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 44,04 iken, 2008 yılında yüzde 33,09'a gerilemiştir. Doğalgazın 1971 yılında küresel toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 16,17 olmuş, ortalama yıllık yüzde 2,91 artışla, 2008 yılında yüzde 21,12'ye yükselmiştir. Fosil yakıtlar arasında gaz, büyüme hızıyla dikkati çekmektedir [44-51].

Petrol krizlerinin etkisiyle özellikle gelişmiş ülkelerde ulusal kaynaklara yönelmeyle birlikte, ekonomik hidrolik potansiyelin sınırına yaklaşılmış, 38 yıllık süreçte hidrolik enerji önemli bir değişiklik göstermeyerek 2008 yılında küresel toplam birincil enerji arzı içinde yaklaşık yüzde 2,25 paya sahip olmuştur. Biyokütlenin payı da incelenen dönemde önemli bir farklılık göstermeyerek küresel toplam birincil enerji arzının onda birini oluşturmuştur. Petrol krizleri ve yüksek petrol fiyatları nedeniyle yeni kaynak arayışına yönelen ülkeler için nükleer enerji bir çözüm niteliği taşımış, 1971 yılında küresel toplam birincil enerji arzının yüzde birini bile oluşturmayan nükleer enerji, 1971-1990 yılları arasında kaynaklar arasında en hızlı artışı göstererek yıllık ortalama yüzde 16,48'lik artışla küresel toplam birincil enerji arzında 1990 yılında yüzde 6'lık bir paya sahip olmuştur. 1990-2008 yılları arasında toplumsal kaygılar ve radyoaktif atıkların depolanmasında karşılaşılan sorunlar nedeniyle özellikle gelişmiş ülkelerde nükleer karşıtlığı hız kazanmış, nükleer enerjinin büyüme oranı ortalama yıllık yüzde 1,70'e gerilemiş; ancak 1971-1990 arasında gerçekleşen hızlı artış nedeniyle 1971-2008 yılları arasında küresel ölçekte en yüksek büyümeye sahip kaynak niteliğini korumuştur [44-51]. Bölgelerin toplam birincil enerji arz bileşiminde yer alan kaynakların toplamdaki payları, 1971, 1990 ve 2008 için ayrıntılandırılarak Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

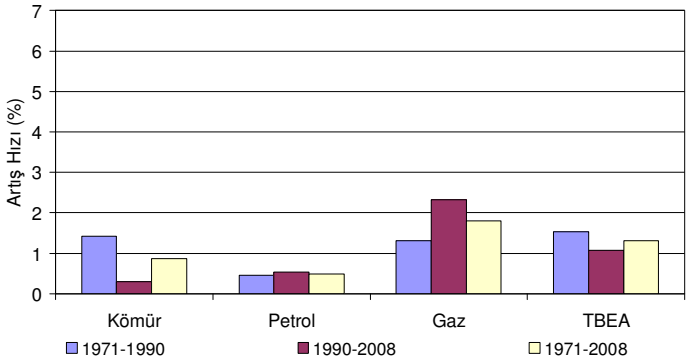
Çizelge 3.1 : Bölgelerin toplam birincil enerji arzında kaynakların payları.

1971 yılı verileri	TBEA	Kömür	Petrol	Gaz	Nükleer	Hidrolik	Diğer
Bölgeler	(Mtoe)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Afrika	192,23	18,76	17,57	1,21	0,00	1,00	61,45
Asya	319,18	18,42	21,65	1,51	0,11	1,44	56,87
Çin	394,71	48,64	10,82	0,79	0,00	0,65	39,09
Eski SSCB	768,33	39,85	33,00	22,98	0,21	1,41	2,62
Latin Amerika	201,21	3,22	53,13	9,18	0,00	3,13	31,35
OECD dışı Avrupa	85,60	29,04	37,07	27,61	0,00	2,31	4,28
Ortadoğu	49,38	0,49	75,39	22,42	0,00	0,65	1,05
OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*2.010,65*	*31,06*	*28,60*	*11,94*	*0,10*	*1,42*	*26,91*
OECD Avrupa	1.243,04	35,08	51,52	7,47	1,07	2,24	2,62
OECD Kuzey Amerika	1.771,80	16,75	46,25	31,43	0,66	2,14	2,78
OECD Pasifik	343,03	24,64	69,12	1,52	0,61	2,76	1,36
OECD Üyesi Ülkeler Toplam	*3.357,86*	*24,34*	*50,54*	*19,50*	*0,80*	*2,24*	*2,58*
Udht	165,03	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Küresel Toplam	***5.533,54***	***26,06***	***44,04***	***16,17***	***0,52***	***1,87***	***11,33***

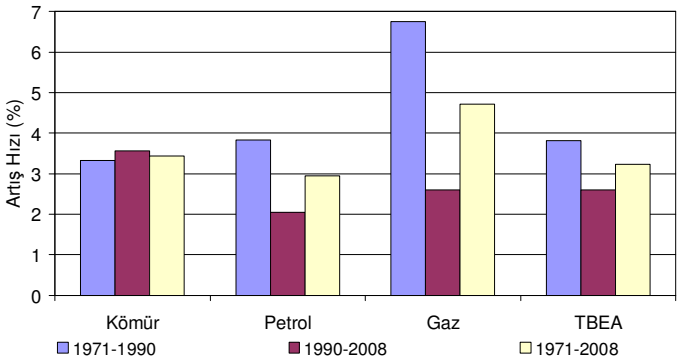
1990 yılı verileri	TBEA	Kömür	Petrol	Gaz	Nükleer	Hidrolik	Diğer
Bölgeler	(Mtoe)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Afrika	387,51	19,12	22,26	7,62	0,57	1,25	49,17
Asya	720,52	22,61	27,47	8,14	1,42	1,77	38,58
Çin	871,70	61,25	13,03	1,47	0,00	1,25	23,00
Eski SSCB	1.417,08	23,52	30,53	39,79	3,93	1,41	1,02
Latin Amerika	343,92	4,94	45,56	15,51	0,72	9,08	24,19
OECD dışı Avrupa	139,15	29,28	32,62	29,00	3,61	2,22	3,25
Ortadoğu	219,15	1,37	64,26	33,32	0,00	0,47	0,58
OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*4.099,04*	*28,42*	*28,63*	*20,29*	*1,84*	*2,05*	*18,77*
OECD Avrupa	1.602,83	27,55	37,52	16,10	12,72	2,38	3,73
OECD Kuzey Amerika	2.244,94	21,74	40,70	22,99	8,00	2,27	4,31
OECD Pasifik	631,33	21,90	53,04	10,39	10,53	1,81	2,32
OECD Üyesi Ülkeler Toplam	*4.479,10*	*23,84*	*41,30*	*18,75*	*10,05*	*2,25*	*3,82*
Udht	198,92	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Küresel Toplam	***8.777,05***	***25,44***	***36,71***	***19,04***	***5,99***	***2,10***	***10,72***

2008 yılı verileri	TBEA	Kömür	Petrol	Gaz	Nükleer	Hidrolik	Diğer
Bölgeler	(Mtoe)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
Afrika	655,44	15,92	21,30	12,77	0,52	1,24	48,24
Asya	1.410,39	28,90	27,82	14,58	1,06	1,52	26,13
Çin	2.130,57	66,34	17,30	3,33	0,84	2,36	9,84
Eski SSCB	1.038,20	18,72	19,16	52,44	6,70	1,96	1,14
Latin Amerika	575,18	4,24	43,94	20,28	0,96	10,07	20,51
OECD dışı Avrupa	106,75	30,46	30,86	19,93	8,14	3,87	6,73
Ortadoğu	593,65	1,61	51,16	46,75	-	0,13	0,36
OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*6.510,17*	*33,58*	*25,94*	*20,28*	*1,84*	*2,50*	*15,85*
OECD Avrupa	1.821,50	17,16	34,82	25,11	13,19	2,46	6,26
OECD Kuzey Amerika	2.731,10	21,22	38,51	24,49	8,98	2,14	4,66
OECD Pasifik	869,83	27,12	40,18	16,63	12,26	1,12	2,69
OECD Üyesi Ülkeler Toplam	*5.422,43*	*20,80*	*37,54*	*23,44*	*10,92*	*2,08*	*5,21*
Udht	334,78	0,00	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Küresel Toplam	***12.267,38***	***27,02***	***33,09***	***21,12***	***5,81***	***2,25***	***10,71***

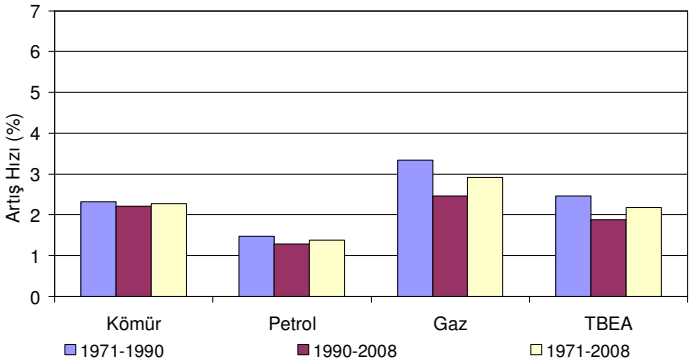
Toplam birincil enerji ile fosit yakıt arzında kaydedilen gelişmeler karşılaştırmalı halde, OECD üyesi ülkeler toplamı için Şekil 3.3'te, OECD dışında kalan ülkeler toplamı için Şekil 3.4'te ve küresel toplam için Şekil 3.5'te gösterilmiştir.



Şekil 3.3 : OECD üyesi ülkelerin toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme.



Şekil 3.4 : OECD dışında kalan ülkelerin toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme.



Şekil 3.5 : Küresel toplam birincil enerji ve fosil yakıt arzındaki büyüme.

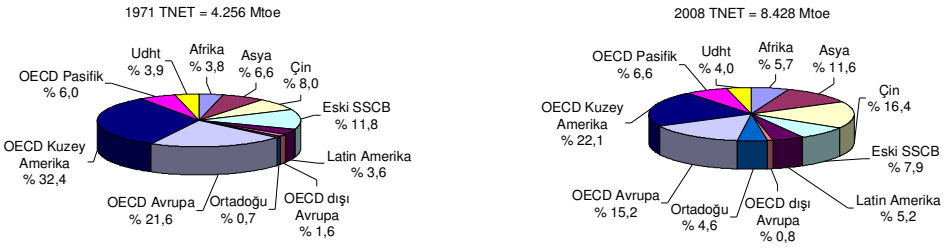
Tez çalışmasının sunumuna dahil edilen ilk otuz ülke ile bölgelerin toplam birincil enerji arzına ilişkin veriler, 1971, 1990 ve 2008 yılları için özetlenmiş, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerindeki artışlarla birlikte, Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler.

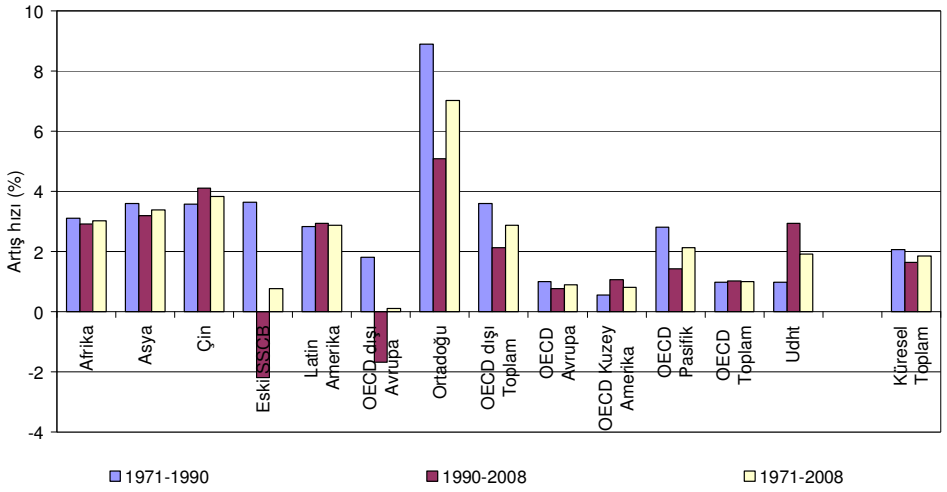
Sıra	Ülkeler	Toplam Birincil Enerji Arzı (Mtoe)			Artış hızı (%)		
No		1971	1990	2008	71-90	90-08	71-08
1	Çin Halk Cumhuriyeti	391,71	862,96	2.116,43	4,24	5,11	4,66
2	Amerika Birleşik Devletleri	1.587,47	1.915,00	2.283,72	0,99	0,98	0,99
3	Rusya Federasyonu	..	879,19	686,76	x	-1,36	x
4	Hindistan	156,22	318,90	620,97	3,83	3,77	3,80
5	Japonya	267,53	439,32	495,84	2,64	0,67	1,68
6	Almanya	305,05	351,40	335,28	0,75	-0,26	0,26
7	Kanada	141,35	208,68	266,77	2,07	1,37	1,73
8	İngiltere	208,68	205,92	208,45	-0,07	0,07	0,00
9	İran	16,71	68,33	202,05	7,69	6,21	6,97
10	Güney Kore	16,97	93,09	226,95	9,37	5,08	7,26
	İlk 10 ülke toplamı	3.091,68	5.342,78	7.443,22	2,92	1,86	2,40
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	2.441,86	3.434,27	4.824,16	1,81	1,91	1,86
11	İtalya	105,40	146,56	176,03	1,75	1,02	1,40
12	Meksika	42,98	121,27	180,61	5,61	2,24	3,96
13	Avustralya	51,61	86,23	130,11	2,74	2,31	2,53
14	Suudi Arabistan	7,55	59,04	161,60	11,43	5,75	8,63
15	Endonezya	36,10	103,92	198,68	5,72	3,67	4,72
16	Fransa	158,57	223,89	266,50	1,83	0,97	1,41
17	Brezilya	69,77	140,25	248,53	3,74	3,23	3,49
18	Güney Afrika	45,15	90,86	134,49	3,75	2,20	2,99
19	İspanya	42,60	90,09	138,79	4,02	2,43	3,24
20	Ukrayna	..	251,76	136,14	x	-3,36	x
	İlk 20 ülke toplamı	3.651,42	6.656,63	9.214,70	3,21	1,82	2,53
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	1.882,12	2.120,42	3.052,68	0,63	2,05	1,32
21	Polonya	86,12	103,10	97,88	0,95	-0,29	0,35
22	Tayvan	10,08	48,24	105,49	8,59	4,44	6,55
23	Türkiye	19,54	52,76	98,50	5,37	3,53	4,47
24	Tayland	13,69	42,03	107,20	6,08	5,34	5,72
25	Kazakistan	..	72,75	70,92	x	-0,14	x
26	Malezya	5,89	21,99	72,75	7,18	6,87	7,03
27	Hollanda	50,87	65,67	79,68	1,35	1,08	1,22
28	Mısır	7,77	31,83	70,71	7,70	4,53	6,15
29	Arjantin	33,66	46,07	76,36	1,67	2,85	2,24
30	Birleşik Arap Emirlikleri	1,01	19,88	58,44	16,97	6,17	11,59
	İlk 30 ülke toplamı	3.880,06	7.160,95	10.052,63	3,28	1,90	2,61
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	1.653,48	1.616,11	2.214,75	-0,12	1,77	0,79
	Afrika	192,23	387,51	655,44	3,76	2,96	3,37
	Asya	319,18	720,52	1.410,39	4,38	3,80	4,10
	Çin	394,71	871,70	2.130,57	4,26	5,09	4,66
	Eski SSCB	768,33	1.417,08	1.038,20	3,27	-1,71	0,82
	Latin Amerika	201,21	343,92	575,18	2,86	2,90	2,88
	OECD dışı Avrupa	85,60	139,15	106,75	2,59	-1,46	0,60
	Ortadoğu	49,38	219,15	593,65	8,16	5,69	6,95
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*2.010,65*	*4.099,04*	*6.510,17*	*3,82*	*2,60*	*3,23*
	OECD Avrupa	1.243,04	1.602,83	1.821,50	1,35	0,71	1,04
	OECD Kuzey Amerika	1.771,80	2.244,94	2.731,10	1,25	1,09	1,18
	OECD Pasifik	343,03	631,33	869,83	3,26	1,80	2,55
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*3.357,86*	*4.479,10*	*5.422,43*	*1,53*	*1,07*	*1,30*
	Udht	165,03	198,92	334,78	0,99	2,93	1,93
	Küresel Toplam	***5.533,54***	***8.777,05***	***12.267,38***	***2,46***	***1,88***	***2,17***

3.2 Toplam Nihai Enerji Tüketimi

Toplam birincil enerji arzı (TBEA) ile toplam nihai enerji tüketimi (TNET) arasındaki fark, çevrim ile dönüşüm işlemlerine bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Birincil enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi süreci çevrime, başta petrol rafinajı olmak üzere birincil enerji kaynaklarının başka formlara evrilmesi veya ham petrol ürünlerinden elektrik üretimi dönüşüme örnek teşkil etmektedir [44-51]. Enerji üretimi alanındaki faaliyetler kapsamında iç ihtiyaçlar için kullanılan enerji ile dönüşüm süreçlerinde tüketilen enerji hariç, konutlar, sanayi, ulaştırma, hizmetler vb. diğer alt sektörler ile enerji dışı kullanım olarak sınıflandırılabilecek nihai sektörlerde tüketilen kömür, petrol, gaz, biyoyakıtlar ve atık ile elektrik enerjisinin toplamı, toplam nihai enerji tüketimi olarak adlandırılmaktadır. Enerji üretimi için gerekli iç ihtiyaçlarda olduğu gibi, birincil kaynakların taşınmasında ve dağıtımında, elektrik enerjisinin üretiminde, iletiminde ve dağıtımında ortaya çıkan kayıplar, toplam nihai enerji tüketimine dahil edilmemektedir. Küresel toplam nihai enerji tüketiminde bölgelerin payları Şekil 3.6'da, bölgelere göre kaydedilen gelişmeler Şekil 3.7'de gösterilmiş, seçilmiş ülkeler ile bölgelere yönelik ayrıntılı veriler ise, Çizelge 3.3'te sunulmuştur.



Şekil 3.6 : Küresel toplam nihai enerji tüketiminde bölgelerin payları.



Şekil 3.7 : Bölgelere göre toplam nihai enerji tüketimindeki büyüme.

Çizelge 3.3 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam nihai enerji tüketimindeki gelişmeler.

Sıra	Ülkeler	Toplam Nihai Enerji Tüketimi (Mtoe)			Artış hızı (%)		
No		1971	1990	2008	71-90	90-08	71-08
1	Çin Halk Cumhuriyeti	339,86	662,90	1.370,73	3,58	4,12	3,84
2	Amerika Birleşik Devletleri	1.228,61	1.293,50	1.542,25	0,27	0,98	0,62
3	Rusya Federasyonu	..	625,00	435,52	x	-1,99	x
4	Hindistan	142,88	251,16	407,56	3,01	2,73	2,87
5	Japonya	199,26	300,08	318,81	2,18	0,34	1,28
6	Almanya	218,23	240,99	235,67	0,52	-0,12	0,21
7	Kanada	116,60	159,07	202,26	1,65	1,34	1,50
8	İngiltere	134,43	137,79	142,85	0,13	0,20	0,16
9	İran	12,70	55,32	154,76	8,05	5,88	6,99
10	Güney Kore	13,60	64,91	147,54	8,57	4,67	6,66
	İlk 10 ülke toplamı	2.406,17	3.790,72	4.957,95	2,42	1,50	1,97
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	1.849,88	2.499,29	3.470,46	1,60	1,84	1,71
11	İtalya	86,29	114,94	133,40	1,52	0,83	1,18
12	Meksika	34,33	82,89	115,40	4,75	1,86	3,33
13	Avustralya	36,08	56,56	76,71	2,39	1,71	2,06
14	Suudi Arabistan	2,26	38,27	98,86	16,06	5,41	10,75
15	Endonezya	32,08	79,37	145,41	4,88	3,42	4,17
16	Fransa	125,61	143,00	165,55	0,68	0,82	0,75
17	Brezilya	62,54	111,57	195,38	3,09	3,16	3,13
18	Güney Afrika	33,21	50,37	64,09	2,22	1,35	1,79
19	İspanya	32,81	60,74	99,07	3,29	2,76	3,03
20	Ukrayna	..	150,15	78,66	x	-3,53	x
	İlk 20 ülke toplamı	2.851,38	4.678,58	6.130,48	2,64	1,51	2,09
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	1.404,67	1.611,43	2.297,93	0,73	1,99	1,34
21	Polonya	55,91	61,83	65,52	0,53	0,32	0,43
22	Tayvan	7,38	30,17	62,77	7,69	4,15	5,96
23	Türkiye	16,17	40,07	74,38	4,89	3,50	4,21
24	Tayland	9,52	28,89	71,09	6,02	5,13	5,58
25	Kazakistan	..	59,62	50,17	x	-0,95	x
26	Malezya	4,47	13,77	43,25	6,10	6,56	6,33
27	Hollanda	37,57	49,13	61,04	1,42	1,21	1,32
28	Mısır	6,59	22,91	48,30	6,78	4,23	5,53
29	Arjantin	23,28	30,18	55,32	1,38	3,42	2,37
30	Birleşik Arap Emirlikleri	0,96	15,71	34,08	15,85	4,40	10,13
	İlk 30 ülke toplamı	3.013,23	5.030,86	6.696,40	2,73	1,60	2,18
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	1.242,82	1.259,15	1.732,01	0,07	1,79	0,90
	Afrika	161,34	288,85	484,08	3,11	2,91	3,01
	Asya	282,67	552,81	973,77	3,59	3,20	3,40
	Çin	341,97	668,20	1.378,79	3,59	4,11	3,84
	Eski SSCB	501,63	989,53	665,94	3,64	-2,18	0,77
	Latin Amerika	153,19	260,15	438,61	2,83	2,94	2,88
	OECD dışı Avrupa	66,05	92,95	68,67	1,81	-1,67	0,11
	Ortadoğu	31,41	158,70	387,90	8,90	5,09	7,03
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*1.538,26*	*3.011,19*	*4.397,75*	*3,60*	*2,13*	*2,88*
	OECD Avrupa	919,17	1.113,60	1.280,49	1,02	0,78	0,90
	OECD Kuzey Amerika	1.379,54	1.535,46	1.859,91	0,57	1,07	0,81
	OECD Pasifik	254,05	430,84	555,48	2,82	1,42	2,14
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*2.552,76*	*3.079,90*	*3.695,88*	*0,99*	*1,02*	*1,01*
	Udht	165,03	198,92	334,78	0,99	2,93	1,93
	Küresel Toplam	***4.256,05***	***6.290,01***	***8.428,41***	***2,08***	***1,64***	***1,86***

3.3 Gayri Safi Yurtiçi Hasıla

1990'ların başından itibaren, küreselleşmenin tüm kurum ve kurallarıyla ivme kazanıp, başta sermaye olmak üzere üretim faktörlerinin, ülke sınırlarının dışına taşması sonucunda, makroekonomik analizlerde ilgi, bir ülkenin yurttaşlarının gelirini ifade eden Gayri Safi Milli Hasıla (GSMH) yerine, ülke sınırları içerisinde yaratılan toplam geliri ifade eden Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYH) üzerine yoğunlaşmıştır. Ekonominin temel kavramlardan birisi olan, üretim, gelir ve harcama yöntemleri ile hesaplanan GSYH, uluslararası karşılaştırmalarda kullanılan en önemli gelişme göstergelerinden birisi durumundadır. Üretim yöntemi ile GSYH hesaplaması, bir ekonomideki yerleşik üretim birimlerinin yurtiçi faaliyetleri sonucunda ilgili yılda yaratmış oldukları tüm mal ve hizmetlerin değerleri toplamından, bu mal ve hizmetlerin üretiminde kullanılan girdiler toplamının çıkarılmasına dayanmakta, ulusal para ve döviz kurlarına bağlı olarak yabancı para birimleri cinsinden ifade edilebilmektedir.

Uluslararası gelişmişlik karşılaştırmalarında döviz kuru kullanımının, önemli bazı sakıncaları bulunmaktadır. Spekülasyonlar, faiz oranlarındaki değişimler vb. diğer nedenlerden kaynaklanan kur dalgalanmaları, döviz kuru ile hesaplanan GSYH değeri temel alındığında, ülkenin ekonomik büyüklüğünde kur dalgalanmalarına bağlı olarak ani değişiklikler yaratabilmektedir. Döviz kurundaki dalgalanmalar, mal ve hizmet hacminde bir değişiklik olmamasına karşın, ilgili ülkenin bir anda daha zengin veya daha yoksul görünmesine yol açabilmekte, ortaya çıkan değişiklikler ekonomik faaliyetlerle ilişkilendirilmediği için ekonomik büyümeyi yansıtmamaktadır. Döviz kuru kullanımının diğer bir sakıncası ise, bir ülkede üretilen mal veya hizmetin fiyat düzeyini yansıtmamasıdır. Döviz kuru, ticarete konu olan mal ve hizmetlerin yanısıra faiz oranları, sermaye akışı gibi faktörlerden de etkilenmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde döviz kurunun idari kararların etkisinde olması, resmi ve serbest piyasa kurları arasındaki farklılıklar da uluslararası karşılaştırmalarda döviz kuru kullanımını sakıncalı hale getirmektedir. Dolayısıyla, uluslararası karşılaştırmalarda döviz kuru uygun bir değişim oranı olarak nitelendirilmemektedir.

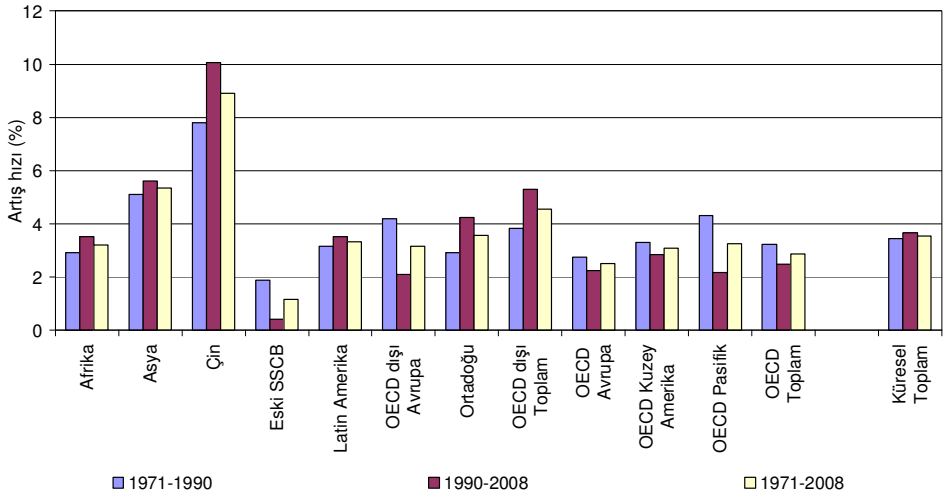
Döviz kuru kullanılarak ortak bir para birimine dönüştürülen harcamalar, sadece satın alınan mal ve hizmetin hacmini değil, aynı zamanda ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farklılıklarını da yansıtmaktadır. Satınalma Gücü Paritesi (Purchasing Power Parity, PPP), ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farkını gidererek reel mal ve hizmet hacminin karşılaştırılmasına yönelik yöntem arayışlarının sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Satınalma Gücü Paritesi (SGP), ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farklılıklarını

ortadan kaldırarak, farklı para birimlerinin satınalma gücünü eşitlemeyi hedefleyen, piyasada yer alan tüm mal ve hizmetlerin genelini kapsayan GSYH ve harcama bileşenlerinin uluslararası reel karşılaştırmasını sağlamaya yönelik bir değişim oranıdır. SGP, belirli bir mal ve hizmet sepetinin satın alınabilmesi için gereken ulusal para tutarlarının oranı şeklinde hesaplanmakta, bu oran kullanılarak farklı para birimlerine dönüştürülen harcamalar, satın alınan mal ve hizmet hacmindeki farklılıkları yansıtarak, ülkeler arasındaki karşılaştırılabilirliğe daha sağlıklı veriler sunmaktadır. SGP, ülkeler arasındaki fiyat düzeyi farklılıklarını gidererek GSYH ve bileşenlerinin uluslararası ölçekte karşılaştırılabilmesine olanak veren ortak bir değişim oranı olduğundan, tez çalışması kapsamında, ABD Doları cinsinden Satınalma Gücü Paritesine göre hesaplanan GSYH değerleri kullanılmıştır [44-51].

Küresel toplam gayri safi yurtiçi hasılada bölgelerin payları Şekil 3.8'de, bölgelere göre toplam gayri safi yurtiçi hasıladaki gelişmeler Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Tez çalışmasının sunumuna dahil edilen ilk otuz ülke ile bölgelerin gayri safi yurtiçi hasılasına ilişkin veriler, 1971, 1990 ve 2008 yılları için özetlenmiş, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerindeki artışlarla birlikte, Çizelge 3.4'te verilmiştir.



Şekil 3.8 : Küresel toplam gayri safi yurtiçi hasılada bölgelerin payları.



Şekil 3.9 : Bölgelere göre toplam gayri safi yurtiçi hasıladaki büyüme.

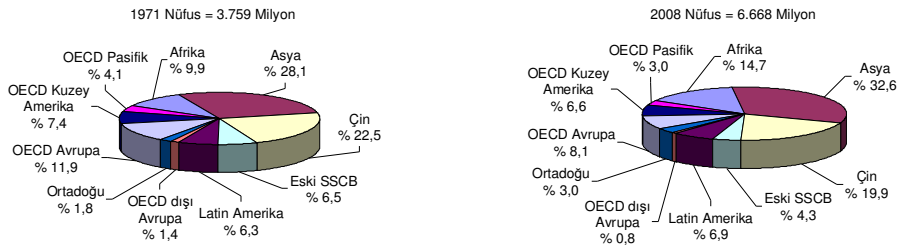
Çizelge 3.4 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin gayri safi yurtiçi hasılasındaki gelişmeler.

Sıra	Ülkeler	Gayrisafi Yurtiçi Hasıla (milyar USD)			Artış hızı (%)		
No		1971	1990	2008	71-90	90-08	71-08
1	Çin Halk Cumhuriyeti	444,50	1.845,63	10.803,84	7,78	10,32	9,01
2	Amerika Birleşik Devletleri	3.867,09	7.063,99	11.742,29	3,22	2,86	3,05
3	Rusya Federasyonu	..	1.523,63	1.651,17	x	0,45	x
4	Hindistan	621,69	1.411,90	4.310,30	4,41	6,40	5,37
5	Japonya	1.319,56	2.870,68	3.597,63	4,18	1,26	2,75
6	Almanya	1.066,93	1.732,21	2.351,80	2,58	1,71	2,16
7	Kanada	347,65	655,51	1.049,49	3,39	2,65	3,03
8	İngiltere	770,56	1.195,36	1.842,30	2,34	2,43	2,38
9	İran	169,98	256,54	585,04	2,19	4,69	3,40
10	Güney Kore	104,54	448,59	1.139,38	7,97	5,32	6,67
	İlk 10 ülke toplamı	8.712,50	19.004,05	39.073,25	4,19	4,09	4,14
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	8.827,85	14.352,97	24.792,60	2,59	3,08	2,83
11	İtalya	688,31	1.245,38	1.562,23	3,17	1,27	2,24
12	Meksika	322,46	701,59	1.192,56	4,18	2,99	3,60
13	Avustralya	214,86	370,03	679,00	2,90	3,43	3,16
14	Suudi Arabistan	78,79	214,80	375,69	5,42	3,15	4,31
15	Endonezya	107,17	396,38	897,80	7,13	4,65	5,91
16	Fransa	729,09	1.261,93	1.751,04	2,93	1,84	2,40
17	Brezilya	410,46	968,41	1.647,85	4,62	3,00	3,83
18	Güney Afrika	207,48	321,98	531,82	2,34	2,83	2,58
19	İspanya	357,59	651,50	1.095,37	3,21	2,93	3,07
20	Ukrayna	..	456,90	339,52	x	-1,64	x
	İlk 20 ülke toplamı	11.828,71	25.592,95	49.146,11	4,15	3,69	3,92
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	5.711,63	7.764,07	14.719,73	1,63	3,62	2,59
21	Polonya	210,54	278,94	560,54	1,49	3,95	2,68
22	Tayvan	53,64	261,44	637,10	8,69	5,07	6,92
23	Türkiye	175,33	411,11	831,16	4,59	3,99	4,30
24	Tayland	63,75	251,14	564,09	7,48	4,60	6,07
25	Kazakistan	..	93,16	131,77	x	1,95	x
26	Malezya	28,69	103,05	303,78	6,96	6,19	6,59
27	Hollanda	211,06	342,86	546,32	2,59	2,62	2,60
28	Mısır	49,99	155,89	345,79	6,17	4,53	5,37
29	Arjantin	263,05	286,10	620,81	0,44	4,40	2,35
30	Birleşik Arap Emirlikleri	8,72	45,84	121,96	9,13	5,59	7,39
	İlk 30 ülke toplamı	12.893,48	27.822,47	53.809,42	4,13	3,73	3,94
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	4.646,87	5.534,55	10.056,43	0,92	3,37	2,11
	Afrika	775,19	1.340,61	2.499,13	2,92	3,52	3,21
	Asya	1.270,71	3.279,40	8.760,12	5,12	5,61	5,36
	Çin	471,29	1.964,86	11.053,70	7,80	10,07	8,90
	Eski SSCB	1.665,55	2.376,26	2.563,70	1,89	0,42	1,17
	Latin Amerika	1.169,33	2.114,60	3.936,66	3,17	3,51	3,34
	OECD dışı Avrupa	174,82	380,87	554,55	4,18	2,11	3,17
	Ortadoğu	446,22	769,50	1.629,72	2,91	4,26	3,56
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*5.973,11*	*12.226,10*	*30.997,57*	*3,84*	*5,30*	*4,55*
	OECD Avrupa	5.347,33	8.960,14	13.366,94	2,75	2,25	2,51
	OECD Kuzey Amerika	4.537,20	8.421,08	13.984,34	3,31	2,86	3,09
	OECD Pasifik	1.682,70	3.749,69	5.517,00	4,31	2,17	3,26
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*11.567,23*	*21.130,92*	*32.868,27*	*3,22*	*2,48*	*2,86*
	Udht	-	-	-	x	x	x
	Küresel Toplam	***17.540,34***	***33.357,02***	***63.865,84***	***3,44***	***3,67***	***3,55***

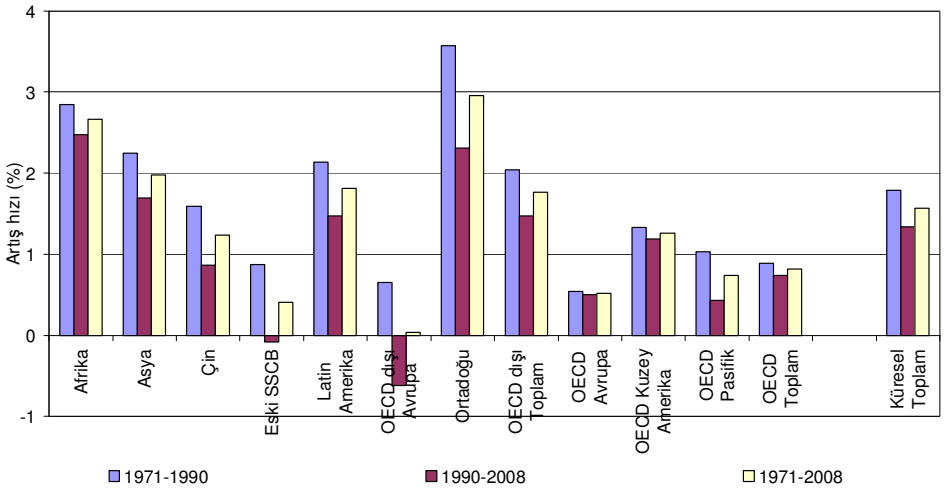
3.4 Nüfus

Nüfusun büyüklüğü ve yapısı ile artış hızı, fosil yakıt tüketimi ile ilişkili karbondioksit salımlarının miktarı, yapısal özellikleri ve büyüme düzeyi üzerinde doğrudan ve dolaylı belirleyicilikler üstlenmektedir. Günümüzde, küresel toplam nüfusun yarısı kentlerde diğer yarısı kırsal alanlarda yaşamaktadır. Önümüzdeki yıllarda, küresel nüfustaki artışın kentsel alanlara dayalı gerçekleşmesi ve Afrika hariç coğrafi bölgelerin tamamında kırsal nüfusun azalması beklenirken, küresel nüfustaki artışın büyük bölümünün, özellikle Asya ve Afrika kıtasındakiler olmak üzere gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanacağı öngörülmektedir. Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı kentleşme eğiliminin, çağdaş enerji hizmetlerine erişimi kolaylaştırması ve talebi artırması, karbondioksit salımlarındaki büyümenin güçlenmesine yol açmaktadır.

Küresel toplam nüfusta bölgelerin payları Şekil 3.10'da, bölgelere göre toplam nüfustaki gelişmeler Şekil 3.11'de gösterilmiştir. Tez çalışmasının sunumuna dahil edilen ilk otuz ülke ile bölgelerin gayri safi yurtiçi hasılasına ilişkin veriler, 1971, 1990 ve 2008 yılları için özetlenmiş, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerindeki artışlarla birlikte, Çizelge 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.10 : Küresel toplam nüfusta bölgelerin payları.



Şekil 3.11 : Bölgelere göre toplam nüfustaki büyüme.

Çizelge 3.5 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin nüfusundaki gelişmeler.

Sıra	Ülkeler	Nüfus (milyon)			Artış hızı (%)		
No		1971	1990	2008	71-90	90-08	71-08
1	Çin Halk Cumhuriyeti	841,11	1.135,19	1.325,64	1,59	0,87	1,24
2	Amerika Birleşik Devletleri	207,69	250,18	304,53	0,98	1,10	1,04
3	Rusya Federasyonu	..	147,97	141,79	x	-0,24	x
4	Hindistan	560,27	849,52	1.139,97	2,21	1,65	1,94
5	Japonya	104,98	123,61	127,69	0,86	0,18	0,53
6	Almanya	78,35	79,36	82,12	0,07	0,19	0,13
7	Kanada	21,96	27,69	33,33	1,23	1,03	1,13
8	İngiltere	55,93	57,24	61,35	0,12	0,39	0,25
9	İran	29,35	54,40	71,96	3,30	1,57	2,45
10	Güney Kore	32,88	42,87	48,61	1,41	0,70	1,06
	İlk 10 ülke toplamı	1.932,52	2.768,02	3.336,97	1,91	1,04	1,49
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	1.826,71	2.497,22	3.350,92	1,66	1,65	1,65
11	İtalya	54,07	56,72	59,89	0,25	0,30	0,28
12	Meksika	49,88	81,25	106,57	2,60	1,52	2,07
13	Avustralya	13,20	17,17	21,51	1,39	1,26	1,33
14	Suudi Arabistan	5,99	16,38	24,65	5,44	2,30	3,90
15	Endonezya	120,39	178,23	228,25	2,09	1,38	1,74
16	Fransa	52,41	58,17	64,12	0,55	0,54	0,55
17	Brezilya	98,36	149,57	191,97	2,23	1,40	1,82
18	Güney Afrika	22,60	35,20	48,69	2,36	1,82	2,10
19	İspanya	34,33	39,01	45,59	0,67	0,87	0,77
20	Ukrayna	..	51,89	46,26	x	-0,64	x
	İlk 20 ülke toplamı	2.383,75	3.451,62	4.174,47	1,97	1,06	1,53
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	1.375,49	1.813,63	2.513,43	1,47	1,83	1,64
21	Polonya	32,80	38,03	38,12	0,78	0,01	0,41
22	Tayvan	14,92	20,28	22,92	1,63	0,68	1,17
23	Türkiye	36,22	55,12	71,08	2,24	1,42	1,84
24	Tayland	38,20	56,67	67,39	2,10	0,97	1,55
25	Kazakistan	..	16,35	15,68	x	-0,23	x
26	Malezya	11,13	18,10	26,99	2,59	2,24	2,42
27	Hollanda	13,19	14,95	16,44	0,66	0,53	0,60
28	Mısır	36,36	57,79	81,53	2,47	1,93	2,21
29	Arjantin	24,35	32,58	39,88	1,54	1,13	1,34
30	Birleşik Arap Emirlikleri	0,27	1,87	4,48	10,80	4,99	7,93
	İlk 30 ülke toplamı	2.591,18	3.763,35	4.558,97	1,98	1,07	1,54
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	1.168,05	1.501,89	2.128,93	1,33	1,96	1,64
	Afrika	371,82	633,59	984,25	2,84	2,48	2,67
	Asya	1.057,85	1.613,42	2.182,97	2,25	1,69	1,98
	Çin	845,15	1.140,89	1.332,62	1,59	0,87	1,24
	Eski SSCB	244,89	288,79	284,57	0,87	-0,08	0,41
	Latin Amerika	237,67	354,85	462,03	2,13	1,48	1,81
	OECD dışı Avrupa	52,50	59,41	53,13	0,65	-0,62	0,03
	Ortadoğu	67,53	131,56	198,50	3,57	2,31	2,96
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*2.877,40*	*4.222,51*	*5.498,08*	*2,04*	*1,48*	*1,77*
	OECD Avrupa	448,37	496,47	543,28	0,54	0,50	0,52
	OECD Kuzey Amerika	279,53	359,12	444,42	1,33	1,19	1,26
	OECD Pasifik	153,93	187,14	202,12	1,03	0,43	0,74
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*881,83*	*1.042,73*	*1.189,82*	*0,89*	*0,74*	*0,81*
	Udht	-	-	-	x	x	x
	Küresel Toplam	***3.759,23***	***5.265,24***	***6.687,90***	***1,79***	***1,34***	***1,57***

Enerji ve çevre politikalarındaki gelişmelere koşut olarak toplam birincil enerji arzı, ekonomideki yapısal değişimler ile ekonomik büyüme, kentleşme düzeyindeki artış vb. diğer unsurların yanısıra beşeri kaynakların büyüklüğü ve nüfus artış hızı, fosil yakıt tüketimine dayalı karbondioksit salımları üzerindeki belirleyici unsurlar arasından öne çıkmaktadır. Ağırlıkla gelişmiş ekonomilerden meydana gelen OECD yapısının aksine, gelişmekte olan ülkelerdeki nüfusun hızlı artışlar kaydetmesi ve bu artışın ağırlıklı olarak kent kaynaklı gerçekleşmesi beklenmektedir.

Küresel enerji tüketimindeki kaydedilen önemli artışlara rağmen, gelişmekte olan ülke toplumlarının içinde yer aldığı küresel toplam nüfusun beşte birinden fazlası, fakirliğe bağlı olarak halen çağdaş enerji hizmetlerine erişme olanağından yoksundur. Elektrik hizmetlerinden yoksun insan sayısı ise küresel toplam nüfusun beşte ikisi düzeyinde olup, gündelik temel ihtiyaçların karşılanması sürecinde geleneksel biyokütle kullanılmaktadır. Uzun dönemli enerji tahminlerinde, 2030 yılına gelindiğinde elektrik enerjisi hizmetlerine hiç ulaşamayan insan sayısının 1,2 milyar kişi düzeyine ancak geriletilebileceği ve bunların beşte dördünden fazlasının kırsal alanlarda yaşayacağı öngörülmektedir [44-51,62-66].

3.5 Ana Unsurlar Kapsamında Genel Görünüm

Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımları; toplam birincil enerji arzı, toplam nihai enerji tüketimi, satınalma gücü paritesine göre gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus olarak sıralanabilecek temel büyüklükler ile birlikte ele alındığında, ilgili büyüklükler arasında doğrudan ve/veya dolaylı ilişkilerin varlığı dikkati çekmektedir. Anılan ilişkiler, gelişme evresinin başındaki gelişmekte olan ülkelerde çok daha güçlü gözlenirken, gelişmişlik düzeyi yükseldikçe zayıflamaktadır. Küresel toplam karbondioksit salımlarında öne çıkan Çin Halk Cumhuriyeti ile Amerika Birleşik Devletlerinin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları ile temel enerji ve sosyo-ekonomik büyüklükleri karşılaştırıldığında, çok çarpıcı sonuçlarla karşılaşılmaktadır.

Tez çalışmasının sunumuna dahil edilen ilk otuz ülke ile bölgelerin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları ile temel enerji büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı Çizelge 3.6'da, toplam karbondioksit salımları ile temel sosyo-ekonomik büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı Çizelge 3.7'de, 2008 yılı verileri ile hesaplanarak, sunulmuştur. Küresel toplam karbondioksit salımlarının yaklaşık beşte dördünden daha fazlasına yol açan ve küresel nüfusun üçte ikisini barındıran ilk otuz ülke, küresel toplam birincil enerji arzı, küresel toplam nihai enerji tüketimi ve küresel katma değerin yaklaşık beşte dördüne sahiptir [42-51].

Çizelge 3.6 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam karbondioksit salımları ile temel enerji büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı.

Sıra No	Ülkeler	TKDS (milyon ton)	Pay (%)	TBEA (Mtoe)	Pay (%)	TNET (Mtoe)	Pay (%)
1	Çin Halk Cumhuriyeti	6.508,24	22,15	2.116,43	17,25	1.370,73	16,26
2	Amerika Birleşik Devletleri	5.595,92	19,05	2.283,72	18,62	1.542,25	18,30
3	Rusya Federasyonu	1.593,83	5,42	686,76	5,60	435,52	5,17
4	Hindistan	1.427,64	4,86	620,97	5,06	407,56	4,84
5	Japonya	1.151,14	3,92	495,84	4,04	318,81	3,78
6	Almanya	803,86	2,74	335,28	2,73	235,67	2,80
7	Kanada	550,91	1,88	266,77	2,17	202,26	2,40
8	İngiltere	510,63	1,74	208,45	1,70	142,85	1,69
9	İran	505,01	1,72	202,05	1,65	154,76	1,84
10	Güney Kore	501,27	1,71	226,95	1,85	147,54	1,75
	İlk 10 ülke toplamı	19.148,45	65,17	7.443,22	60,67	4.957,95	58,82
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	10.232,98	34,83	4.824,16	39,33	3.470,46	41,18
11	İtalya	430,10	1,46	176,03	1,43	133,40	1,58
12	Meksika	408,30	1,39	180,61	1,47	115,40	1,37
13	Avustralya	397,54	1,35	130,11	1,06	76,71	0,91
14	Suudi Arabistan	389,16	1,32	161,60	1,32	98,86	1,17
15	Endonezya	385,38	1,31	198,68	1,62	145,41	1,73
16	Fransa	368,23	1,25	266,50	2,17	165,55	1,96
17	Brezilya	364,61	1,24	248,53	2,03	195,38	2,32
18	Güney Afrika	337,42	1,15	134,49	1,10	64,09	0,76
19	İspanya	317,63	1,08	138,79	1,13	99,07	1,18
20	Ukrayna	309,58	1,05	136,14	1,11	78,66	0,93
	İlk 20 ülke toplamı	22.856,39	77,79	9.214,70	75,12	6.130,48	72,74
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	6.525,05	22,21	3.052,68	24,88	2.297,93	27,26
21	Polonya	298,69	1,02	97,88	0,80	65,52	0,78
22	Tayvan	264,29	0,90	105,49	0,86	62,77	0,74
23	Türkiye	263,53	0,90	98,50	0,80	74,38	0,88
24	Tayland	229,47	0,78	107,20	0,87	71,09	0,84
25	Kazakistan	201,63	0,69	70,92	0,58	50,17	0,60
26	Malezya	180,87	0,62	72,75	0,59	43,25	0,51
27	Hollanda	177,86	0,61	79,68	0,65	61,04	0,72
28	Mısır	174,03	0,59	70,71	0,58	48,30	0,57
29	Arjantin	173,80	0,59	76,36	0,62	55,32	0,66
30	Birleşik Arap Emirlikleri	146,95	0,50	58,44	0,48	34,08	0,40
	İlk 30 ülke toplamı	24.967,49	84,98	10.052,63	81,95	6.696,40	79,45
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	4.413,95	15,02	2.214,75	18,05	1.732,01	20,55
	Afrika	889,93	3,03	655,44	5,34	484,08	5,74
	Asya	3.022,85	10,29	1.410,39	11,50	973,77	11,55
	Çin	6.550,49	22,29	2.130,57	17,37	1.378,79	16,36
	Eski SSCB	2.426,48	8,26	1.038,20	8,46	665,94	7,90
	Latin Amerika	1.068,22	3,64	575,18	4,69	438,61	5,20
	OECD dışı Avrupa	268,56	0,91	106,75	0,87	68,67	0,81
	Ortadoğu	1.492,25	5,08	593,65	4,84	387,90	4,60
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*15.718,78*	*53,50*	*6.510,17*	*53,07*	*4.397,75*	*52,18*
	OECD Avrupa	3.991,22	13,58	1.821,50	14,85	1.280,49	15,19
	OECD Kuzey Amerika	6.555,13	22,31	2.731,10	22,26	1.859,91	22,07
	OECD Pasifik	2.083,26	7,09	869,83	7,09	555,48	6,59
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*12.629,61*	*42,98*	*5.422,43*	*44,20*	*3.695,88*	*43,85*
	Udht	1.033,05	3,52	334,78	2,73	334,78	3,97
	Küresel Toplam	***29.381,43***	***100,00***	***12.267,38***	***100,00***	***8.428,41***	***100,00***

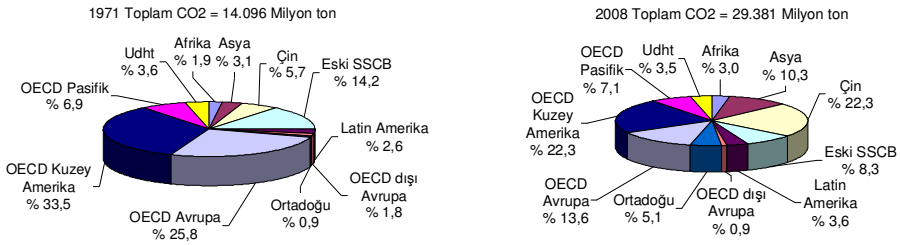
Çizelge 3.7 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin toplam karbondioksit salımları ile temel sosyo-ekonomik büyüklüklerinin küresel sistemdeki payı.

Sıra No	Ülkeler	TKDS (milyon ton)	Pay (%)	GSYH (milyar USD)	Pay (%)	NFS (milyon)	Pay (%)
1	Çin Halk Cumhuriyeti	6.508,24	22,15	10.803,84	16,92	1.325,64	19,82
2	Amerika Birleşik Devletleri	5.595,92	19,05	11.742,29	18,39	304,53	4,55
3	Rusya	1.593,83	5,42	1.651,17	2,59	141,79	2,12
4	Hindistan	1.427,64	4,86	4.310,30	6,75	1.139,97	17,05
5	Japonya	1.151,14	3,92	3.597,63	5,63	127,69	1,91
6	Almanya	803,86	2,74	2.351,80	3,68	82,12	1,23
7	Kanada	550,91	1,88	1.049,49	1,64	33,33	0,50
8	İngiltere	510,63	1,74	1.842,30	2,88	61,35	0,92
9	İran	505,01	1,72	585,04	0,92	71,96	1,08
10	Kore	501,27	1,71	1.139,38	1,78	48,61	0,73
	İlk 10 ülke toplamı	19.148,45	65,17	39.073,25	61,18	3.336,97	49,90
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	10.232,98	34,83	24.792,60	38,82	3.350,92	50,10
11	İtalya	430,10	1,46	1.562,23	2,45	59,89	0,90
12	Meksika	408,30	1,39	1.192,56	1,87	106,57	1,59
13	Avustralya	397,54	1,35	679,00	1,06	21,51	0,32
14	Suudi Arabistan	389,16	1,32	375,69	0,59	24,65	0,37
15	Endonezya	385,38	1,31	897,80	1,41	228,25	3,41
16	Fransa	368,23	1,25	1.751,04	2,74	64,12	0,96
17	Brezilya	364,61	1,24	1.647,85	2,58	191,97	2,87
18	Güney Afrika	337,42	1,15	531,82	0,83	48,69	0,73
19	İspanya	317,63	1,08	1.095,37	1,72	45,59	0,68
20	Ukrayna	309,58	1,05	339,52	0,53	46,26	0,69
	İlk 20 ülke toplamı	22.856,39	77,79	49.146,11	76,95	4.174,47	62,42
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	6.525,05	22,21	14.719,73	23,05	2.513,43	37,58
21	Polonya	298,69	1,02	560,54	0,88	38,12	0,57
22	Tayvan	264,29	0,90	637,10	1,00	22,92	0,34
23	Türkiye	263,53	0,90	831,16	1,30	71,08	1,06
24	Tayland	229,47	0,78	564,09	0,88	67,39	1,01
25	Kazakistan	201,63	0,69	131,77	0,21	15,68	0,23
26	Malezya	180,87	0,62	303,78	0,48	26,99	0,40
27	Hollanda	177,86	0,61	546,32	0,86	16,44	0,25
28	Mısır	174,03	0,59	345,79	0,54	81,53	1,22
29	Arjantin	173,80	0,59	620,81	0,97	39,88	0,60
30	Birleşik Arap Emirlikleri	146,95	0,50	121,96	0,19	4,48	0,07
	İlk 30 ülke toplamı	24.967,49	84,98	53.809,42	84,25	4.558,97	68,17
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	4.413,95	15,02	10.056,43	15,75	2.128,93	31,83
	Afrika	889,93	3,03	2.499,13	3,91	984,25	14,72
	Asya	3.022,85	10,29	8.760,12	13,72	2.182,97	32,64
	Çin	6.550,49	22,29	11.053,70	17,31	1.332,62	19,93
	Eski SSCB	2.426,48	8,26	2.563,70	4,01	284,57	4,26
	Latin Amerika	1.068,22	3,64	3.936,66	6,16	462,03	6,91
	OECD Dışı Avrupa	268,56	0,91	554,55	0,87	53,13	0,79
	Ortadoğu	1.492,25	5,08	1.629,72	2,55	198,50	2,97
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*15.718,78*	*53,50*	*30.997,57*	*48,54*	*5.498,08*	*82,21*
	OECD Avrupa	3.991,22	13,58	13.366,94	20,93	543,28	8,12
	OECD Kuzey Amerika	6.555,13	22,31	13.984,34	21,90	444,42	6,65
	OECD Pasifik	2.083,26	7,09	5.517,00	8,64	202,12	3,02
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*12.629,61*	*42,98*	*32.868,27*	*51,46*	*1.189,82*	*17,79*
	Udht	1.033,05	3,52	-	x	-	x
	Küresel Toplam	***29.381,43***	***100,00***	***63.865,84***	***100,00***	***6.687,90***	***100,00***

4. ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARINDAKİ EĞİLİMLER

4.1 Bölgelere göre Eğilimler

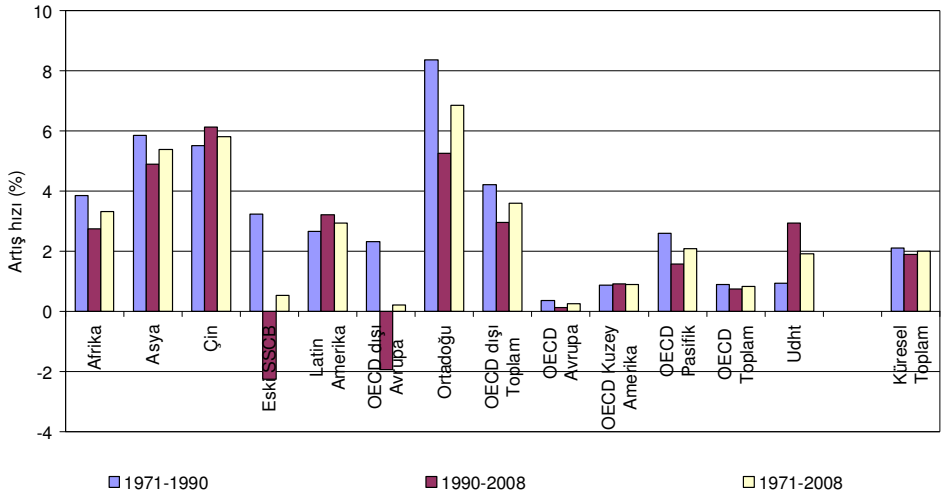
Fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarında bölgeler ile ülkeler ayrımında saptanan eğilimler, ekonomik gelişmişlik düzeylerine ve toplam birincil enerji arzı ile toplam elektrik enerjisi üretimindeki kaynak bileşimlerine bağlı olarak derin farklılıklar göstermektedir. 1971 yılında 14.096 milyon ton olan küresel toplam karbondioksit salımı, ortalama yıllık yüzde 2,11 büyüme oranıyla 1990 yılında 20.965 milyon tona ulaşmış, 2008 yılında ise ortalama yıllık yüzde 1,89 artış hızıyla 29.381 milyon ton olmuş, inceleme döneminde yaklaşık iki kat artmıştır. Ağırlıkla gelişmiş ekonomilerden meydana gelen OECD yapısının küresel toplam karbondioksit salımındaki payı, 1971 yılında yüzde 66,22 iken, gelişmekte olan ekonomilerde görülen hızlı nüfus artışı, kentleşme, güçlü tüketim ve büyüme eğilimlerinin etkisiyle 2008 yılında yüzde 42,99'a gerilemiş, 2008 yılı itibariyle, gelişmekte olan ülkeler tarafından tüketilen fosil yakıtların yol açtığı toplam karbondioksit salımı, gelişmiş ülkelerin üzerine çıkmıştır. 1971 yılında gelişmekte olan ülkelerin toplam karbondioksit salımı 4.248 milyon ton iken, ortalama yıllık yüzde 3,60 büyüme oranıyla 2008 yılında 15.718 milyon tona ulaşmış, ilgili dönemde anılan artış hızı gelişmiş ülkelerde, yüzde 0,82 ile sınırlı kalmıştır [42-51]. Küresel toplam karbondioksit salımında bölgelerin paylarında kaydedilen gelişmeler, Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Küresel toplam karbondioksit salımında bölgelerin payları.

1971 ile 2008 yıları arasında fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımları, Eski SSCB ile OECD dışı Avrupa dışında kalan bütün bölgelerde artış göstermiş, gelişmekte olan ülkelerde söz konusu artışlar gelişmiş ülkelere göre çok

daha yüksek gerçekleşmiş, ilgili dönemde karbondioksit salımındaki en yüksek büyüme oranları, Ortadoğu, Çin, Asya ve Latin Amerika'da, sırasıyla yüzde 6,84, yüzde 5,81, yüzde 5,39 ve yüzde 2,93 olarak gözlenmiştir. Bölgelerin toplam karbondioksit salımındaki büyüme oranları, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemleri için özetlenerek, Şekil 4.2'de gösterilmiştir. Gelecek yirmi yılı kapsayan dönemde de, gelişmekte olan ekonomilerdeki hızlı nüfus artışının, kentleşmenin, güçlü tüketim ve büyüme eğilimlerinin, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan küresel toplam karbondioksit salımlarındaki artışın önemli gerekçelerini oluşturacağı öngörülmektedir.



Şekil 4.2 : Bölgelere göre toplam karbondioksit salımındaki büyüme.

2008 yılındaki karbondioksit salımlarının üçte ikisi, Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya Federasyonu, Hindistan, Japonya, Almanya, Kanada, İngiltere, İran ve Güney Kore'nin arasında yer aldığı ilk on ülkenin sorumluluğunda olup, ilk otuz ülke küresel toplamın yüzde 85'ini üstlenmektedir. Küresel toplam nüfusun yaklaşık yirmide birine sahip Amerika Birleşik Devleri, küresel toplam karbondioksit salımlarının yaklaşık beşte birinden tek başına sorumluyken, benzer salım miktarıyla Çin Halk Cumhuriyeti, küresel nüfusun beşte birini barındırmaktadır. Bunun yanı sıra küresel toplam nüfusun yaklaşık altıda birinin yaşadığı Hindistan, küresel karbondioksit salımının yalnızca yirmide birini gerçekleştirmekte, dolayısıyla kişi başına düşen sera gazı salım miktarları, ülkeden ülkeye büyük değişiklikler göstermektedir. Karbondioksit salımında öne çıkan ülkeler ile bölgelerin 1971, 1990 ve 2008 yılları için karbondioksit salım miktarları ile 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerine ilişkin ortalama yıllık büyüme oranları, Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1 : Seçilmiş ülkeler ile bölgelerin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki gelişmeler.

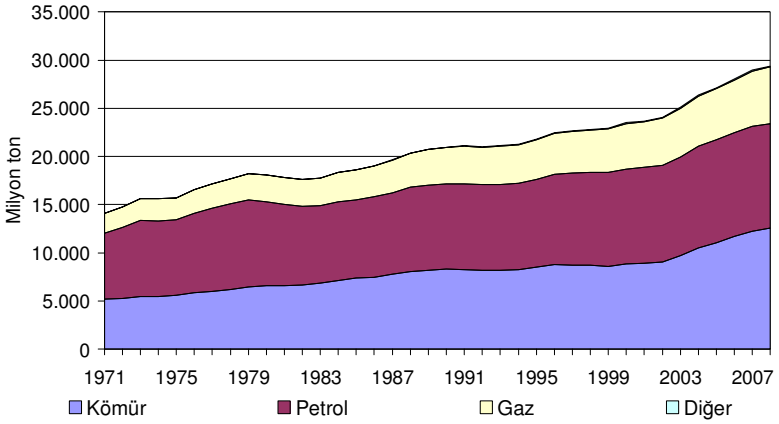
Sıra	Ülkeler	Toplam CO_2 salımları (milyon ton)			Artış hızları (%)		
No		1971	1990	2008	71-90	90-08	71-08
1	Çin Halk Cumhuriyeti	800,39	2.211,29	6.508,24	5,49	6,18	5,83
2	Amerika Birleşik Devletleri	4.291,32	4.868,66	5.595,92	0,67	0,78	0,72
3	Rusya Federasyonu	..	2.178,78	1.593,83	x	-1,72	x
4	Hindistan	199,37	590,98	1.427,64	5,89	5,02	5,46
5	Japonya	758,79	1.064,37	1.151,14	1,80	0,44	1,13
6	Almanya	978,64	950,42	803,86	-0,15	-0,93	-0,53
7	Kanada	339,43	432,35	550,91	1,28	1,36	1,32
8	İngiltere	623,45	549,25	510,63	-0,66	-0,40	-0,54
9	İran	43,95	180,23	505,01	7,71	5,89	6,82
10	Güney Kore	52,07	229,30	501,27	8,12	4,44	6,31
	İlk 10 ülke toplamı	8.087,39	13.255,63	19.148,45	2,63	2,06	2,36
	İlk 10 dışındaki ülkeler toplamı	6.008,88	7.709,21	10.232,98	1,32	1,59	1,45
11	İtalya	292,94	397,36	430,10	1,62	0,44	1,04
12	Meksika	97,06	264,86	408,30	5,43	2,43	3,96
13	Avustralya	144,14	260,08	397,54	3,16	2,39	2,78
14	Suudi Arabistan	13,27	161,29	389,16	14,05	5,02	9,56
15	Endonezya	25,13	140,54	385,38	9,48	5,76	7,66
16	Fransa	431,89	352,32	368,23	-1,07	0,25	-0,43
17	Brezilya	91,13	194,27	364,61	4,06	3,56	3,82
18	Güney Afrika	173,82	254,67	337,42	2,03	1,58	1,81
19	İspanya	119,96	205,81	317,63	2,88	2,44	2,67
20	Ukrayna	..	687,86	309,58	x	-4,34	x
	İlk 20 ülke toplamı	9.476,74	16.174,69	22.856,39	2,85	1,94	2,41
	İlk 20 dışındaki ülkeler toplamı	4.619,53	4.790,16	6.525,05	0,19	1,73	0,94
21	Polonya	286,67	343,82	298,69	0,96	-0,78	0,11
22	Tayvan	30,98	114,66	264,29	7,13	4,75	5,96
23	Türkiye	41,41	126,91	263,53	6,07	4,14	5,13
24	Tayland	17,23	78,59	229,47	8,31	6,13	7,25
25	Kazakistan	..	236,41	201,63	x	-0,88	x
26	Malezya	12,70	48,92	180,87	7,36	7,54	7,44
27	Hollanda	129,58	155,85	177,86	0,98	0,74	0,86
28	Mısır	20,43	79,21	174,03	7,39	4,47	5,96
29	Arjantin	83,05	100,38	173,80	1,00	3,10	2,02
30	Birleşik Arap Emirlikleri	2,45	51,61	146,95	17,40	5,99	11,70
	İlk 30 ülke toplamı	10.101,25	17.511,03	24.967,49	2,94	1,99	2,48
	İlk 30 dışındaki ülkeler toplamı	3.995,02	3.453,82	4.413,95	-0,76	1,37	0,27
	Afrika	265,66	545,61	889,93	3,86	2,76	3,32
	Asya	434,07	1.280,82	3.022,85	5,86	4,89	5,39
	Çin	809,55	2.244,38	6.550,49	5,51	6,13	5,81
	Eski SSCB	1.995,84	3.657,13	2.426,48	3,24	-2,25	0,53
	Latin Amerika	366,56	604,64	1.068,22	2,67	3,21	2,93
	OECD dışı Avrupa	247,35	382,23	268,56	2,32	-1,94	0,22
	Ortadoğu	129,05	592,55	1.492,25	8,35	5,27	6,84
	OECD Dışındaki Ülkeler Toplamı	*4.248,07*	*9.307,35*	*15.718,78*	*4,21*	*2,95*	*3,60*
	OECD Avrupa	3.638,25	3.902,91	3.991,22	0,37	0,12	0,25
	OECD Kuzey Amerika	4.727,81	5.565,87	6.555,13	0,86	0,91	0,89
	OECD Pasifik	968,73	1.575,72	2.083,26	2,59	1,56	2,09
	OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	*9.334,79*	*11.044,50*	*12.629,61*	*0,89*	*0,75*	*0,82*
	Udht	513,41	612,99	1.033,05	0,94	2,94	1,91
	Küresel Toplam	***14.096,27***	***20.964,85***	***29.381,43***	***2,11***	***1,89***	***2,00***

4.2 Birincil Kaynaklara göre Eğilimler

Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımları fosil yakıtlar ayrımında irdelendiğinde, 2008 yılında kömür, küresel toplam birincil enerji arzındaki dörtte birlik payına karşın toplam karbondioksit salımında üstlendiği yüzde 42,7'lik payla ilk sırada yer almakta, kömürü, yüzde 36,83 ve yüzde 19,95 pay ile sırasıyla, petrol ve gaz takip etmektedir. 1971 ile 2008 yılları arasında kömürün küresel toplam birincil enerji arzındaki payında belirgin bir değişiklik gözlenmezken, küresel toplam karbondioksit salımındaki payında önemli bir büyüme kaydedilmiştir [42-51].

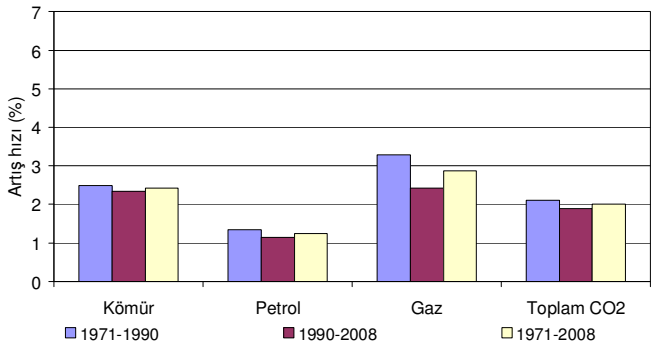
Küresel ölçekte etkili olan petrol krizleri ile petrol fiyatlarındaki istikrarsızlıklar ve ani artışlar, ülkelerin farklı kaynaklara yönelmesine neden olmuş, petrolün hem küresel toplam birincil enerji arzındaki hem de küresel toplam karbondioksit salımındaki payı azalmıştır. Ancak ulaştırma sektöründe petrolün ikame edilememesi sebebiyle küresel toplamlar içinde petrolün payı istenilen düzeye geriletilememiştir. İlgili dönemde gazın hem küresel toplam birincil enerji arzındaki hem de küresel toplam karbondioksit salımındaki payında büyüme gözlenmiş, 1971 yılında küresel toplam karbondioksit salımının yüzde 14,60'ına neden olan gaz tüketimi, 2008 yılına küresel toplamın beşte birine yol açmıştır.

Küresel toplam karbondioksit salımlarında kaynaklar ayrımında kaydedilen gelişmeler ile eğilimler, Şekil 4.3'te verilmiştir. Kömür için küresel ortalama karbon salım faktörü (OKSFK) 94,600 kg CO_2/TJ, 3,96 ton/toe, petrol için küresel ortalama karbon salım faktörü (OKSFP) 73,300 kg CO_2/TJ, 3,07 ton/toe ve gaz için küresel ortalama karbon salım faktörü (OKSFG) 56,100 kg CO_2/TJ, 2,35 ton/toe alınabilmektedir [42,43].



Şekil 4.3 : Kaynaklara göre küresel toplam karbondioksit salımındaki eğilimler.

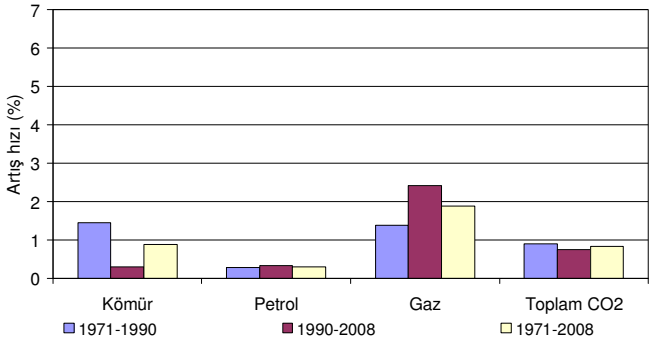
1971 ile 2008 yılları arasındaki karbondioksit salımındaki büyüme eğilimleri fosil yakıtlar ayrımında irdelendiğinde, ortalama yıllık yüzde 2,87 artışla gaz ilk sırada yer almakta, sırasıyla yüzde 2,42 ve yüzde 1,25 ile kömür ve petrol, gazı takip etmektedir [42-51]. Kömürün küresel toplam birincil enerji arzındaki payının artması ve özellikle gelişmiş ülkelerde elektrik enerjisi üretiminde gazın tüketiminin artması, petrolden kaynaklanan karbondioksit salımlarının küresel toplamdaki payını sınırlandırmaktadır. Küresel toplam karbondioksit salımlarında kaynaklar ayrımında gözlenen 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerine ilişkin büyüme oranları, Şekil 4.4'te gösterilmiştir.



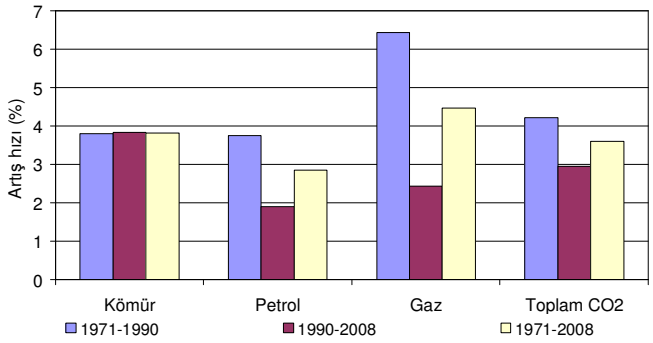
Şekil 4.4 : Kaynaklara göre küresel toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme.

Gelişmiş ile gelişmekte olan ülkelerin enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımları kaynaklar ayrımında irdelendiğinde, gelişmekte olan ülkelerdeki büyüme oranları gelişmiş ülkelere oranla çok daha yüksek gözlenmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin kömür tüketimindeki büyüme, küresel toplam karbondioksit salımlarındaki artışın temel gerekçesi durumundadır. Enerji yoğun sınai faaliyetlerin büyük artış gösterdiği Çin Halk Cumhuriyeti, Hindistan vb. diğer gelişmekte olan ülkelerde büyüyen enerji talebinin önemli bir bölümü, zengin rezervlere koşut olarak kömürden karşılanmaktadır.

1971 ile 2008 yılları arasında kömür tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımındaki artış hızı, ağırlıklı olarak gelişmiş ekonomilerin yer aldığı OECD ülkelerinde yüzde 0,88 ile sınırlı kalırken, gelişmekte olan ekonomilerin bulunduğu OECD dışında kalan ülkelerdeki artış yüzde 3,81'e çıkmaktadır. Kömür tüketiminin azaltılmasına yönelik uluslararası ölçütlerin uygulanamaması durumunda, kömür tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarındaki büyümenin süreceği öngörülmektedir. 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemlerine ilişkin, OECD üyesi ülkeler ile OECD dışındaki ülkelerin fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarında kaynaklar ayrımında gözlenen büyüme oranları, karşılaştırmalı olarak Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da sunulmuştur.



Şekil 4.5 : Kaynaklara göre OECD üyesi ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme.



Şekil 4.6 : Kaynaklara göre OECD dışında kalan ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme.

4.3 Nihai Tüketim Sektörlerine göre Eğilimler

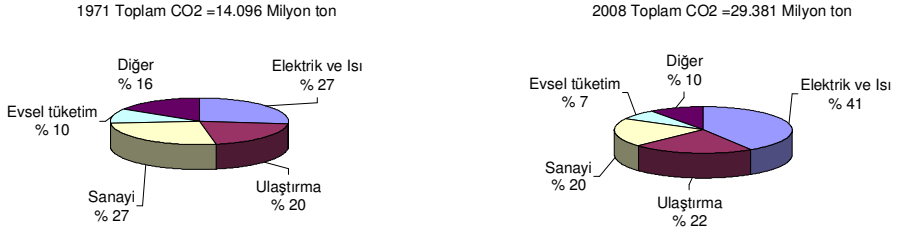
Küresel toplam karbondioksit salımlarının yaklaşık üçte ikisine elektrik ve ısı sektörü ile ulaştırma sektörü neden olmakta, anılan sektörlerde gözlenen büyüme hızı, küresel karbondioksit salımlarında gözlenen ortalama artış hızının oldukça üzerinde seyretmektedir. 1971 yılında, elektrik ve ısı sektörü, küresel toplam karbondioksit salımının yüzde 27'sinden sorumluyken, 2008 yılında küresel toplamın yüzde 41'ini üstlenmiştir. Gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı nüfus artışı ve güçlü ekonomik büyümenin etkisiyle elektrik enerjisine yönelik talebin giderek artması, elektrik enerjisi üretiminde başta kömür olmak üzere fosil kaynakların payının tüm çabalara karşın yeterli ölçüde azaltılamaması, küresel toplam karbondioksit salımlarında son 40 yıllık süreçte gözlenen artışın temel gerekçelerinden birini oluşturmakta, söz konusu sektörün küresel toplamdaki payının da yükselmesine neden olmaktadır.

2008 yılında, elektrik ve ısı üretiminde kömür beşte iki paya sahip iken, fosil yakıtların payı toplamın yaklaşık dörtte üçünü oluşturmakta, kömürün ardından gaz ikinci sırayı almakta, özellikle gelişmiş ülkelerin karbon yoğunluğunun daha düşük olması nedeniyle elektrik ve ısı üretiminde gaza yönelmesiyle, gazın toplamdaki payı

büyümektedir. Elektrik enerjisi üretimi kaynak bileşimindeki değişimler toplam karbondioksit salımında belirleyicilik üstlenmekte, karbondioksit salımı bulunmayan nükleer, yenilenebilir vb. kaynakların toplamdaki payının artmasına yönelik girişimler özellikle, gelişmiş ülkeler kapsamında hız kazanmaktadır [42-51].

Karbondioksit salımına neden olan sektörler arasında ulaştırma sektörü küresel toplamdaki yüzde 22'lik payıyla ikinci sırada yer almaktadır. 1971 ile 2008 yılları arasında ulaştırma sektörünün küresel toplam karbondioksit salımındaki payı, belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Ulaştırma sektöründe ağırlıklı olarak petrol kullanılmakta, petrol tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarının yarısından fazlasına anılan sektör neden olmaktadır. Ekonomik büyüme ile birlikte ulaştırmaya yönelik talepler büyümekte, gelişmiş ülkelerde hava taşımacılığı hızla artarken, gelişmekte olan ekonomilerde ise kara taşımacılığı öne çıkmaktadır.

Küresel toplam karbondioksit salımında sanayi sektörü, elektrik ve ısı sektörü ile ulaştırma sektörünün ardından üçüncü sırayı almaktadır. Enerji yoğun sınai faaliyet alanlarının gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kaydırılması gelişmekte olan ekonomilerin küresel toplam karbondioksit salımındaki payında gözlenen artışın temel gerekçesi olmaktadır. Nihai tüketim sektörlerinin enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımındaki payları, 1971 ve 2008 yılları için özetlenerek, Şekil 4.7'de gösterilmiştir.



Şekil 4.7 : Küresel toplam karbondioksit salımında nihai sektörlerin payları.

5. ENERJİ İLİŞKİLİ KARBONDİOKSİT SALIMLARININ AYRIŞTIRILMASI

5.1 Ayrıştırma Analizinde Temel Yaklaşımlar

Ayrıştırma analizi, enerji ile ilişkili temel büyüklükler üzerinde belirleyicilik taşıyan etmenlerdeki değişimin, göz önüne alınan temel büyüklükteki değişime olumlu ya da olumsuz yöndeki etkilerinin irdelenebilmesini, saptanan sonuçlar çerçevesinde ilgili politika ve stratejilerin bilimsel verilere dayalı değerlendirilmesini amaçlamaktadır.

Ayrıştırma yöntemi, sanayi sektöründeki enerji talebinin sınai faaliyet alanları ayrımında incelenebilmesi amacıyla, 1970'li yılların sonunda Myers ve Nakamura [1], Bossanyi [2], Östblom [3], Hankinson ve Rhys [4], Jenne ve Cattell [5] tarafından kullanılmıştır. 1980'lerin ortasından itibaren, yöntemin geliştirilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmış, Boyd ve diğ. [6,7] ekonomideki Divisia endeks (Divisia index) kavramından hareketle, sanayi sektörüne yönelik ayrıştırma problemi için Divisia endeks ayrıştırma yöntemini (Divisia index decomposition method) geliştirmiş, Howart ve diğ. [8] ve Park [9], Laspeyres endeksini temel alan yöntemi (Laspeyres index decomposition method) ortaya koymuş, Doblin [10] ve Reitler ve diğ. [11], geriye dönük (retrospective view) Paasche endeksi ile ileriye dönük (prospective view) Laspeyres endeksi yaklaşımlarını birleştirerek, Marshall-Edgeworth ayrıştırma yöntemini (Marshall-Edgeworth decomposition method) önermiştir. Anılan yaklaşımlara dayalı olarak geliştirilen yöntemlerin tümünde, ayrıştırılması amaçlanan temel büyüklüğün, belirleyici olduğu varsayılan etmenler kapsamında eksiksiz açıklanabilmesi başarılamamış, etmenlerle ilişkisiz kalan, dolayısıyla kalan terim olarak adlandırılan açıklanamayan kısım, toplam içinde göz ardı edilemeyecek düzeylere ulaşmıştır. Ang [19] tarafından 1995 yılında yayımlanan çalışmada, ayrıştırma analizi ile ilgili yaklaşımlar, kapsam, yöntem, belirleyici etmen ve verikümesi ayrımında göz önüne alınmış, sınıflandırılarak özetlenmiştir. Sun [13], Sun ve Malaska [14], Laspeyres endeks yaklaşımını geliştirerek Düzeltilmiş Laspeyres Endeks (Refined Laspeyres Index Method) yaklaşımını ortaya koymuş, Sun ve Ang [15], anılan yaklaşımı diğer yaklaşımlarla karşılaştırmalı halde tekrar incelemiştir. Söz konusu yaklaşımlar ile kalan terim sorununun çözülmesine karşın, bellek gereksinimi ve işlem hacmi büyümüş, matematik modelin karmaşıklığı uygulamada farklı sorunlara yol açmıştır.

1990'lı yılların sonunda, Divisia Endeks yaklaşımının geliştirilmesine yönelik girişimlerin yoğunlaştığı gözlenmektedir. 1997 yılında Ang ve Choi [20] logaritmik ortalama operatöründen yararlanarak yeni bir yaklaşım ortaya koymuş, 2001 yılında Ang [25], logaritmik ortalamalı Divisia Endeks yöntemini (Log Mean Divisia Index Decomposition Method) geliştirmiş, özellikle açıklanamayan nitelikte bir kalan terim bırakmaması nedeniyle, önerilen yaklaşım izleyen yıllarda ayrıştırma amaçlı çalışmalarda tercih edilmiştir. Ayrıştırma analizi kapsamında kullanılan yaklaşımlar, Ang ve diğ. [24] tarafından karşılaştırmalı şekilde tekrar irdelenerek, logaritmik ortalamalı Divisia Endeks yönteminin diğer yöntemlere göre üstünlükleri vurgulanmıştır.

Wang ve diğ. [32], Çin'in 1950 ile 2000 yılları arasındaki karbondioksit salımlarındaki değişimi birincil enerji kaynaklarına göre ayrıştırırken, Diakoulaki [33], Yunanistan'ın 1990 ile 2002 yılları arasındaki karbondioksit salımını, sektörler ayrımında ele almış, her iki çalışmada da logaritmik ortalamalı Divisia endeks yaklaşımından yararlanılmıştır. Malla [38] tarafından gerçekleştirilen logaritmik ortalamalı Divisia endeks ayrıştırma analizi, elektrik enerjisi üretiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının Asya-Pasifik ile Kuzey Amerika ülkelerindeki eğilimlerini irdelemek amacıyla kullanılmıştır. Zhao ve diğ. [40], Çin'deki enerji yoğunluğundaki değişimi aynı yöntem ile ayrıştırarak, elde edilen analiz sonuçlarını enerji yoğunluğunun düşürülmesine yönelik politikalar kapsamında incelemiştir. Freitas ve Kaneko [41], Brezilya'daki enerji ilişkili karbondioksit salımlarında belirleyicilik üstlenen etmenleri logaritmik ortalamalı Divisia endeks ayrıştırma analizi ile irdelemiş, ayrıştırma sonuçlarını farklı senaryolar kapsamında geleceğe yönelik öngörülerde bulunabilmek amacıyla kullanmıştır.

Birbirinden çok farklı yaklaşımlara dayanan çeşitli ayrıştırma analizi yöntemlerinin bulunmasına karşın, açıklanamayan herhangi bir kalan terim bırakmaması, işlem hacminin diğerleriyle karşılaştırıldığında düşük olması, analiz sonuçlarının konunun uzmanı olmayan kişiler tarafından da anlaşılabilirliğini kolaylaştırması vb. diğer üstünlükleri nedeniyle logaritmik ortalamalı Divisia endeks yaklaşımı, sunulan tez çalışmasında tercih edilmiştir.

Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarının ayrıştırılarak analizinde, konuya ilişkin diğer çalışmalarda da dikkate alınan toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfusa ek olarak, toplam nihai enerji tüketimi açıklayıcı ana etmenlerden birisi olarak modele dahil edilmiş, modele ilişkin uygulamalar diğer çalışmalardan farklı bir yaklaşımla ele alınmış, gelişmişlik temelinde, bölgeler ayrımında ve küresel toplamda üstlenilen role göre irdelenmiştir.

5.2 Logaritmik Ortalamalı Divisia Endeks Yöntemi

Denklem **(5.1)**'de verilen logaritmik ortalama operatörü *L(·)*;

$$L(a,b)=\frac{a-b}{\ln\left(\frac{a}{b}\right)} \qquad \textbf{(5.1)}$$

ile ilişkilendirilerek modellenen "logaritmik ortalamalı Divisia endeks" yaklaşımı, çarpım ya da toplam şeklinde ifade edilebilmektedir. Ayrıştırılmak istenen temel büyüklüğün özelliklerine bağlı olarak, logaritmik ortalamalı Divisia endeksin çarpım ve toplam modellerinin birbirlerine göre üstünlükleri ve sorunları bulunmaktadır [29]. Çarpım modelinde, analiz edilen dönemin son değeri ile başlangıç değerinin birbirine oranı olarak ve kat şeklinde ifade edilen inceleme dönemindeki toplam değişim, belirleyici etmenlerin çarpımı halinde ayrıştırılmaktadır. Toplam modelinde ise ilgilenilen dönemin son değeri ile başlangıç değeri arasındaki fark dönemsel değişim olarak tanımlanmakta, her bir belirleyici etmenin bu değişime pozitif ya da negatif katkısı irdelenmektedir [29,31]. Dolayısıyla çarpım modelinde, temel büyüklükteki değişim, yalnızca dönem içindeki artış oranını gösterirken, toplam modelinde ilgili büyüklükteki değişim, hem artış miktarı hem de büyüklüğün boyutu ile ilişkili bilgileri içermektedir. Ayrıştırılması amaçlanan büyüklük, enerji tüketimi, gelir, nüfus, karbondioksit salımları vb. fiziksel bir büyüklük ise toplam modeli; enerji yoğunluğu, kişi başına enerji tüketimi, kişi başına gelir vb. gibi oran biçiminde ifade edilebilecek bir büyüklük ise çarpım modeli, daha etkin ve anlamlı sonuçların elde edilebilmesini olanaklı kılmaktadır. Sunulan tez çalışma kapsamında, yukarıda sayılan üstünlükleri nedeniyle toplam modeli tercih edilmiştir.

V, enerji ile ilişkili temel büyüklük; x_1, x_2, $x_3 \ldots x_n$ değişkenleri temel büyüklük üzerindeki belirleyici etmenler; *i* alt indisi analiz edilen büyüklüğü oluşturan bileşenler, *Y2* analiz döneminin sonu, *Y1* analiz döneminin başlangıcı olarak gösterildiğinde, ayrıştırılarak analiz edilmesi hedeflenen temel büyüklük,

$$V=\sum_{i=1} V_i = \sum_{i=1} x_{1,i}, x_{2,i}, x_{3,i} \ldots x_{n,i} \qquad \textbf{(5.2)}$$

Denklem **(5.2)**'de gösterildiği şekilde ifade edilebilmektedir.

İnceleme dönemindeki toplam değişim (D_t) çarpım modeline göre, Denklem **(5.3)**'te

$$D_t=\frac{V^{Y2}}{V^{Y1}}=D_{X_1} D_{X_2} D_{X_3} \ldots D_{X_n} \qquad \textbf{(5.3)}$$

İnceleme dönemindeki toplam değişim (ΔV_t) toplam modeline göre, Denklem **(5.4)**'te,

$$\Delta V_t = V^{Y2} - V^{Y1} = \Delta V_{x_1} + \Delta V_{x_2} + \Delta V_{x_3} + ... + \Delta V_{x_n} \qquad \textbf{(5.4)}$$

genel formlarında verilmektedir.

5.3 Matematik Model ve Belirleyici Etmenler

Tez çalışmasında kurulan matematik modelde, fosil tabanlı yakıtların tüketiminden kaynaklanan enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımları (*TKDS*), analizin kapsamına bağlı olarak, Denklem **(5.5)** ile tanımlanan, ilgili bileşenlerdeki karbondioksit salımlarının toplamıyla ifade edilmektedir. *i*, bölgenin ya da ülkenin numarasını, *n* ise incelenen bölge ya da ülke sayısını temsil etmektedir.

$$TKDS = \sum_{i=1}^{n} (TKDS)_i \qquad \textbf{(5.5)}$$

Duro ve Padilla [34] ile Kawase ve diğ. [35] tarafından, enerji ilişkili karbondioksit salımlarında gözlenen artış ya da azalış, karbon yoğunluğu (*TKDS/TBEA*), enerji yoğunluğu (*TBEA/GSYH*), kişi başına düşen gelir (*GSYH/NFS*) ve nüfus (*NFS*) büyüklüğünde gözlenen değişimlerin çarpımı biçiminde, Denklem **(5.6)**'daki formda ifade ederek logaritmik ortalamalı Divisia Endeks ayrıştırma yöntemiyle irdelemiştir.

$$(TKDS)_i = \left(\frac{TKDS}{TBEA}\right)_i \left(\frac{TBEA}{GSYH}\right)_i \left(\frac{GSYH}{NFS}\right)_i (NFS)_i \qquad \textbf{(5.6)}$$

Sunulan tez çalışmasında ise, bir ülkenin ya da bölgenin toplam karbondioksit salımlarının ayrıştırılması için öngörülen model, Denklem **(5.7)**'de verilmiştir.

$$(TKDS)_i = \left(\frac{TKDS}{TBEA}\right)_i \left(\frac{TBEA}{TNET}\right)_i \left(\frac{TNET}{GSYH}\right)_i \left(\frac{GSYH}{NFS}\right)_i (NFS)_i \qquad \textbf{(5.7)}$$

TKDS; ilgili ülkenin ya da bölgenin toplam karbondioksit salımını; *TBEA*, toplam birincil enerji arzını, *TNET*; toplam nihai enerji tüketimini, *GSYH*; gayrisafi yurtiçi hasılasını, *NFS* ise toplam nüfusunu göstermektedir.

$$\Delta TKDS = TKDS^{Y2} - TKDS^{Y1} \qquad \textbf{(5.8)}$$

$$\Delta TKDS = \Delta KYE + \Delta ÇEE + \Delta EYE + \Delta GDE + \Delta NBE \qquad \textbf{(5.9)}$$

Denklem **(5.8)**'de ifade edilen, inceleme döneminin sonundaki toplam karbondioksit salım miktarı ($TKDS^{Y2}$) ile inceleme döneminin başındaki toplam karbondioksit salım miktarı ($TKDS^{Y1}$) arasındaki fark ($\Delta TKDS$), karbon yoğunluğu etkisi (ΔKYE), çevrim

etkinliği etkisi (*ΔÇEE*), enerji yoğunluğu etkisi (*ΔEYE*), gelir düzeyi etkisi (*ΔGDE*) ve nüfus büyüklüğü etkisi (*ΔNBE*) olarak sıralanabilecek etmenlerin toplamına eşit olup, aralarındaki ilişki Denklem **(5.9)**'da gösterilmiştir.

Analiz sonucunda herhangi bir etmene ilişkin elde edilen değerin pozitif olması, incelenen büyüklükteki değişim ile söz konusu etmendeki değişimin aynı yönde olduğunu, negatif olması ise ters yönde gerçekleştiğini göstermektedir.

Logaritmik ortalamalı Divisia endeks ayrıştırma yönteminin temelini oluşturan ve Denklem **(5.1)**'de verilen logaritmik ortalama operatörü *L(a,b)*, çalışma kapsamında geliştirilen modelde, Denklem **(5.10)**'da belirtilen şekilde kullanılmıştır.

$$L\left(TKDS_i^{Y2}, TKDS_i^{Y1}\right) = \frac{TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1}}{\ln\left(\frac{TKDS_i^{Y2}}{TKDS_i^{Y1}}\right)} \qquad \textbf{(5.10)}$$

5.3.1 Karbon yoğunluğu etkisi

Karbon yoğunluğu, karbondioksit salımı yüksek fosil yakıtların toplam birincil enerji arzındaki rolünü ortaya koyan bir gösterge olup, enerji arz yapısındaki değişiklikler ile karbondioksit salım düzeylerindeki değişimler arasında doğrudan ilişkilerin kurulabilmesine olanak tanımaktadır.

Karbondioksit salımları birincil enerji kaynakları ayrımında farklılıklar göstermekte, nükleer enerji ile yenilenebilir kaynakların karbondioksit salımı söz konusu değilken, en karbon yoğun kaynak olarak kömür öne çıkmakta, kömürü sırasıyla petrol ve gaz izlemektedir. Dolayısıyla, toplam birincil enerji arzının kaynak bileşimindeki değişim, ilgili ülke ya da bölgenin karbon yoğunluğunda önemli artışlara ya da azalışlara yol açabilmektedir. Karbon yoğunluğundaki büyümenin temel gerekçesi, fosil yakıtların toplam birincil enerji arzındaki payının artmasına bağlı olarak gerçekleşmektedir. Denklem **(5.11)** ve Denklem **(5.12)** ile küresel toplam karbondioksit salımlarındaki karbon yoğunluğu etkisi gösterilmektedir.

$$\Delta KYE = \sum_{i=1}^{n} \Delta KYE_i \qquad \textbf{(5.11)}$$

$$\Delta KYE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{KYE_i^{Y2}}{KYE_i^{Y1}} \right) \right] \qquad \textbf{(5.12)}$$

5.3.2 Çevrim etkinliği etkisi

Çevrim etkinliği etkisi, toplam nihai enerji tüketiminin karşılanabilmesi sürecinde gerekli toplam birincil enerji arz gereksinimini ortaya koyan bir gösterge olup, çevrim verimliliğinin yanı sıra toplam birincil enerji arzındaki kaynakların doğrudan ya da elektrik ve ısı olarak ikincil kaynak şeklinde kullanıldığını göstermektedir. İlgili göstergenin büyümesi özellikle, elektrik enerjisinin toplam nihai enerji tüketimindeki payının artmasıyla ilişkilidir. Çevrim etkinliği etkisi, Denklem **(5.13)** ile Denklem **(5.14)** kullanılarak hesaplanmaktadır.

$$\Delta \text{ÇEE} = \sum_{i=1}^{n} \Delta \text{ÇEE}_i \qquad \textbf{(5.13)}$$

$$\Delta \text{ÇEE} = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{\text{ÇEE}_i^{Y2}}{\text{ÇEE}_i^{Y1}} \right) \right] \qquad \textbf{(5.14)}$$

5.3.3 Enerji yoğunluğu etkisi

Enerji yoğunluğu etkisi, incelenen ekonominin yapısal özelliklerinden büyük ölçüde etkilenmekte, sektörlerin toplam nihai enerji tüketimindeki payları, nihai enerji yoğunluğunda belirleyicilik üstlenmektedir. Rafineri, çimento üretimi, petrokimya endüstrisi vb. enerji yoğun sınai faaliyet alanlarının, gelişmiş ülkelerden gelişmekte olan ülkelere kaydırılması, gelişmiş ülkelerin ağırlıklı olarak enerji yoğun olmayan üretim alanlarına ve hizmetler sektörüne odaklanmasına koşut olarak, ülkelerin gelişmişliğine göre enerji yoğunluğu eğilimleri derin farklılıklar göstermektedir. Enerji yoğunluğu etkisinin, küresel karbondioksit salımları üzerindeki olumlu ya da olumsuz katkısı Denklem **(5.15)** ve Denklem **(5.16)** ile bulunmaktadır.

$$\Delta EYE = \sum_{i=1}^{n} \Delta EYE_i \qquad \textbf{(5.15)}$$

$$\Delta EYE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{EYE_i^{Y2}}{EYE_i^{Y1}} \right) \right] \qquad \textbf{(5.16)}$$

5.3.4 Gelir düzeyi etkisi

Ekonomik büyüme, enerji tüketiminde, dolayısıyla toplam karbondioksit salımlarında gözlenen değişimin temel gerekçelerinden biri durumundadır. Ekonomik büyümenin toplam karbondioksit salımlarındaki etkisinin saptanması amaçlayan gelir düzeyi etkisi, Denklem **(5.17)** ve Denklem **(5.18)** ile hesaplanmaktadır. Karbondioksit

salımlarında gözlenen artış üzerinde belirleyicilik üstlenen ana etmenlerden biri olmasına rağmen, gelişmenin sürdürülebilir kılınmasında üstlendiği rol nedeniyle, ekonomik büyümenin, dolayısıyla, ekonomik büyümenin bir göstergesi olan, kişi başına düşen gelirin, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki hızlı artışının devam etmesi istenmektedir.

$$\Delta GDE = \sum_{i=1}^{n} \Delta GDE_i \qquad \textbf{(5.17)}$$

$$\Delta GDE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{GDE_i^{Y2}}{GDE_i^{Y1}} \right) \right] \qquad \textbf{(5.18)}$$

5.3.5 Nüfus büyüklüğü etkisi

Nüfus büyüklüğü etkisi, nüfustaki artışın toplam karbondioksit salımlarındaki değişime etkisini ölçmektedir. Özellikle gelişmiş ile gelişmekte olan ülkeler ayrımında nüfus artış hızında derin farklılıklar gözlenmekte, bunlar da toplam karbondioksit salımındaki değişime yansımaktadır. Küresel toplam karbondioksit salımlarında nüfustaki değişimin etkisi, Denklem **(5.19)** ve Denklem **(5.20)** ile ortaya konmaktadır.

$$\Delta NBE = \sum_{i=1}^{n} \Delta NBE_i \qquad \textbf{(5.19)}$$

$$\Delta NBE = \sum_{i=1}^{n} \left[L\left(TKDS_i^{Y2} - TKDS_i^{Y1} \right) \ln\left(\frac{NBE_i^{Y2}}{NBE_i^{Y1}} \right) \right] \qquad \textbf{(5.20)}$$

6. VERİ KÜMELERİNDE GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER

Uluslararası normlarda üretilen, şeffaf, ayrıntılı, eksiksiz, karşılaştırılabilir, güvenilir, tutarlı, güncel ve sürekli niteliklere sahip enerji istatistikleri, uluslararası ve bölgesel düzeylerde olduğu kadar, ülkeler ayrımındaki enerji durumunu, gelişmeleri ve eğilimleri izlemek, sağlıklı analizler yapabilmek, akılcı, dengeli, sürdürülebilir enerji stratejileri ile politikalarını geliştirebilmek için zorunlu, vazgeçilemez temel bir unsur olarak öne çıkmaktadır.

Enerji ile ilgili tüm konu başlıklarına yönelik istatistikler, sağlıklı enerji stratejilerinin geliştirilebilmesi, enerji politikasının ana ilkelerinin bilimsel temelde, doğru ortaya konabilmesi yönünde büyük önem taşımaktadır. Dünya ülkelerinin, bağlı olarak küresel sistemin sürdürülebilirliğinde enerjinin önemi ve üstlendiği roller dikkate alındığında, uluslararası ve ulusal ölçeklerdeki temel enerji verilerinin, güvenilir ve ulaşılabilir olması beklenmektedir. Buna karşın enerji ile ilgili konularda, belirtilen niteliklere sahip verilere her zaman ulaşabilmek, bunlara güvenip her koşulda kullanabilmek mümkün değildir. Ayrıca, son yıllardaki enerji istatistiklerinin kalitesinde, kapsamında ve sürekliliğinde ciddi bir gerileme eğilimi gözlenmektedir. Enerjiye ilişkin verilerin kapsamında ve kalitesinde gözlenen gerileme eğilimlerinin ardında, çok değişik gerekçeler bulunmaktadır. Bunları, enerji piyasalarının serbestleştirilmesine bağlı olarak sektördeki tarafların çok büyük sayılara ulaşması, temel verilerin bile ticari sır kapsamında değerlendirilmesi sonucunda, eksik bilgiler verilmesi ya da bilgilerin hiçbir şekilde paylaşılmaması, ek veri gereksinimlerinin artması ve ayrıntıların çoğalması, bütçe kesintileri ve uzman personel istihdamında gözlenen azalma, temel tanımlama ve ölçüm yöntemlerinin ülkeden ülkeye önemli farklılıklar göstermesi vb. diğer başlıklar altında özetlemek mümkündür.

Son yıllarda, güçlü, kaliteli ve güvenilir enerji bilgi sisteminin küresel, bölgesel ve ulusal ölçeklerdeki önemi daha belirgin hale geldiginden, Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency, IEA), AB İstatistik Kurumu (Statistical Office of the European Union, Eurostat, ESTAT) ve Birleşmiş Milletler Avrupa Ekonomik Konseyi (United Nations Economic Commission for Europe, UNECE) ortak katılımı ile başlatılan çalışmalarla, mevcut gerileme eğilimlerinin tersine döndürülmesine, enerji istatistiklerinin niteliğinin yükseltilmesine çalışılmaktadır [67].

Tez çalışması kapsamında gereksinim duyulan veri kümesinin tüm bileşenlerini birlikte ve bütüncül halde sunabilen başka herhangi bir kurum ya da kuruluş bulunmadığından, Uluslararası Enerji Ajansının yayınladığı veriler, olanaklar dahilinde Birleşmiş Milletler, ABD Enerji Bakanlığı Enerji Bilgi İdaresi, Avrupa Birliği İstatistik Kurumu, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli vb. diğer veritabanlarında ayrık halde yer alan ilgili veriler ile karşılaştırılarak kullanılmıştır.

Tez için oluşturulan ve 1971 ile 2008 yılları arasındaki otuz sekiz yıllık dönemi kapsayan veri anakümesi, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları ile toplam birincil enerji arzı, toplam nihai enerji tüketimi, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus olarak sıralanabilecek temel büyüklüklere ilişkin tüm verileri bölgeler ile ülkeler ayrımında içermektedir. Anılan veri anakümesi çerçevesinde farklı veri kümeleri oluşturulmuş, bunlara yönelik gerçekleştirilen ayrıştırma analizleri İ.T.Ü. Bilgi İşlem Daire Başkanlığında lisanslı Matlab Release 2009b (Windows için) yazılımı ile gerçekleştirilmiş, elde edilen sonuçlar izleyen alt başlıklarda ardıl halde sunulmuştur.

Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarında kaydedilen değişimlerin belirleyici etmenler çerçevesinde bölgeler ile ülkeler ayrımında ayrıştırılarak irdelenmesini amaçlayan tez çalışması çerçevesinde, Kyoto Protokolünde [60] 1990 yılının referans yıl kabul edilmesi, 1990 öncesi ve sonrasındaki dönemlerde gelişmişlik ekseninde ve birincil kaynaklar ayrımında dikkat çekici farklılıkların gözlenmesi vb. diğer gerekçeler, 1971 ile 2008 yıllarını kapsayan dönemin bütün halinde ele alınmasının yanı sıra 1971-1990 ve 1990-2008 alt dönemleri için ayrıca incelenmesini gerekli kılmıştır.

6.1 Gelişmişliğe göre Saptanan Genel Sonuçlar

1971 ile 2008 yılları arasında, küresel toplam karbondioksit salımlarında gözlenen değişim üzerinde, belirleyiciliği en yüksek etmenler sırasıyla gelir düzeyi etkisi, enerji yoğunluğu etkisi ve nüfus büyüklüğü etkisi olmuştur. Kişi başına düşen gelir ile nüfustaki büyüme, küresel toplam karbondioksit salımlarındaki artışı güçlendirirken, enerji yoğunluğunda kaydedilen gerileme eğilimleri, küresel ölçekteki toplam artışın sınırlandırılabilmesini sağlamıştır. Karbon yoğunluğunda küresel ölçekte gerçekleşen göreli küçük azalış, toplam karbondioksit salımlarındaki artışın sınırlı kalmasında, düşük de olsa rol üstlenmiştir.

1971-2008 döneminde küresel toplam karbondioksit salımlarında gerçekleşen artışın yaklaşık dörtte üçü gelişmekte olan ülkelerden kaynaklanmıştır. Gelişmiş ile gelişmekte olan ülkelerin küresel toplam karbondioksit salımlarına katkıları

irdelendiğinde, belirleyici etmenler kapsamında, benzerliklerin yanı sıra farklılıklar da dikkati çekmektedir. Gelişmiş ülkelerin toplam birincil enerji arzında karbon yoğunluğu düşük kaynakların payı büyürken, gelişmekte olan ülkelerde kömür tüketimi artmıştır. Buna koşut olarak karbon yoğunluğu etkisinin toplam karbondioksit salımlarındaki değişime katkısı, gelişmiş ülkelerde negatif, gelişmekte olan ülkelerde ise pozitif yönde gerçekleşmiştir. Ekonomik büyümenin temel göstergelerinden birisi olan gelir düzeyi etkisinin küresel toplam karbondioksit salımlarında yol açtığı artış, gelişmişliğe göre benzer özelliklere sahiptir. Nüfus büyüklüğü etkisinin küresel toplamda yarattığı artışın büyük bir kısmına, gelişmekte olan ekonomilerde gözlenen güçlü nüfus artışı nedeniyle OECD dışında kalan ülkeler yol açmıştır. İnceleme döneminde, tüm Dünya ülkelerinde enerji yoğunluğundaki gerileme eğilimlerine rağmen, OECD üyesi ülkelerin enerji yoğunluğundaki azalış daha güçlü olmuştur.

Küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişimler üzerinde belirleyici olan etmenlerin, gelişmişlik ekseninde irdelenmesiyle saptanan değerler, 1971-1990 dönemi, 1990-2008 dönemi ve 1971-2008 dönemi için sırasıyla, Çizelge 6.1, Çizelge 6.2 ve Çizelge 6.3'te sunulmuştur.

Çizelge 6.1 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları.

1971-1990 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Temel Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
OECD Toplam	1.709,71	-1.219,20	1.020,59	-4.217,12	4.421,68	1.703,77	0,000
OECD dışı Toplam	5.059,28	464,71	261,96	-287,83	2.146,45	2.473,99	0,000
Udht	99,58	-5,33	0,00	-256,15	171,81	189,25	0,000
Küresel Toplam	***6.868,58***	***-759,81***	***1.282,55***	***-4.761,11***	***6.739,93***	***4.367,02***	***0,000***

Çizelge 6.2 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları.

1990-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Temel Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
OECD Toplam	1.585,10	-673,85	104,03	-3.066,52	3.661,81	1.559,63	0,000
OECD dışı Toplam	6.411,42	751,65	1.025,92	-6.748,20	8.152,57	3.229,48	0,000
Udht	420,06	1,09	0,00	-103,78	330,26	192,49	0,000
Küresel Toplam	***8.416,59***	***78,89***	***1.129,96***	***-9.918,49***	***12.144,64***	***4.981,60***	***0,000***

Çizelge 6.3 : Küresel toplam karbondioksit salımındaki değişime belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları.

1971-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Temel Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
OECD Toplam	3.294,82	-1.928,58	1.190,17	-7.349,28	8.117,55	3.264,95	0,000
OECD dışı Toplam	11.470,71	1.170,24	1.091,21	-5.226,91	8.759,41	5.676,75	0,000
Udht	519,64	-6,04	0,00	-434,74	532,27	428,14	0,000
Küresel Toplam	***15.285,16***	***-764,38***	***2.281,39***	***-13.010,93***	***17.409,24***	***9.369,85***	***0,000***

6.2 Bölgeler için Elde Edilen Sonuçlar

Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişime bölgelerin katkısı irdelendiğinde, 1971 ile 1990 yılları arasını kapsayan dönem ile 1990-2008 dönemi arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. OECD dışında kalan bölgelerde, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki artış miktarı, 1990-2008 döneminde 1971-1990 dönemine göre çok daha yüksek gerçekleşirken, OECD Kuzey Amerika dışındaki OECD yapısında tam tersi bir durum söz konusu olmuştur.

1971 ile 1990 yılları arasındaki enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki değişimin temel gerekçeleri belirleyici etmenler çerçevesinde bölgeler ayrımında derin farklılıklar göstermiştir. İlgili dönemde, toplam karbondioksit salımlarındaki artışta OECD dışında kalan bölgelerde sırasıyla, Eski SSCB, Çin ve Asya, OECD yapısında ise OECD Kuzey Amerika öne çıkmış, artışın yaklaşık beşte dördüne OECD dışında kalan bölgeler neden olmuştur. Nüfus büyüklüğü etkisi, bütün bölgelerde; gelir düzeyi etkisi, Ortadoğu dışında kalan bütün bölgelerde; çevrim etkinliği etkisi ise Eski SSCB ve Ortadoğu dışında kalan bütün bölgelerde toplam karbondioksit salımlarındaki artışa pozitif katkıda bulunurken, enerji yoğunluğu etkisi Afrika ve Ortadoğu hariç bütün bölgelerde toplam karbondioksit salımlarındaki artışı sınırlandırmıştır. Karbon yoğunluğu etkisinin toplam karbondioksit salımlarındaki değişim üzerindeki belirleyiciliği bölgelere göre çok farklı olmuştur. 1971 ile 1990 yılları arasında küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişime, belirleyici etmenler ekseninde bölgelerin katkısı, Çizelge 6.4'te sunulmuştur.

Çizelge 6.4 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları.

1971-1990 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
Afrika	279,96	7,26	46,15	13,47	5,74	207,33	0,000
Asya	846,75	209,59	112,28	-217,04	411,59	330,33	0,000
Çin	1.434,83	319,98	172,28	-1.066,35	1.586,72	422,20	0,000
Eski SSCB	1.661,29	-17,87	-184,45	888,77	522,51	452,32	0,000
Latin Amerika	238,08	-16,93	3,08	-29,90	91,16	190,67	0,000
OECD dışı Avrupa	134,88	-15,70	44,70	-135,45	203,02	38,32	0,000
Ortadoğu	463,49	10,34	-39,44	326,88	-37,09	202,80	0,000
OECD Avrupa	264,66	-693,48	234,92	-1.222,32	1.561,43	384,10	0,000
OECD Kuzey Amerika	838,06	-377,42	665,58	-2.626,00	1.889,24	1.286,66	0,000
OECD Pasifik	606,99	-154,14	102,08	-340,71	756,01	243,76	0,000
Udht	99,58	-5,33	0,00	-256,15	171,81	189,25	0,000
Küresel Toplam	***6.868,58***	***-733,67***	***1.157,18***	***-4.664,81***	***7.162,14***	***3.947,74***	***0,000***
OECD Toplam	1.709,71	-1.219,20	1.020,59	-4.217,12	4.421,68	1.703,77	0,000
OECD dışı Toplam	5.059,28	464,71	261,96	-287,83	2.146,45	2.473,99	0,000
Udht	99,58	-5,33	0,00	-256,15	171,81	189,25	0,000
Küresel Toplam	***6.868,58***	***-759,81***	***1.282,55***	***-4.761,11***	***6.739,93***	***4.367,02***	***0,000***

1990 ile 2008 yılları arasındaki enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki artış eğilimi, OECD dışında kalan ülkelerde hızla büyürken, OECD yapısında daha durağan bir artış gözlenmiş; Çin, Asya, Kuzey Amerika ve Ortadoğu anılan artışta güçlü büyüme eğilimleriyle dikkati çekerken, anılan artışı Eski SSCB ve OECD dışı Avrupa sınırlandırmıştır. Belirleyici etmenler ekseninde bölgelerin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlerin temel gerekçelerini, Eski SSCB dışındaki bütün bölgelerde gelir düzeyi etkisi, nüfus büyüklüğü etkisi ve enerji yoğunluğu etkisi oluşturmakta, bölgelerin enerji ve ekonomi yapısındaki değişimler ile gelişmelere bağlı olarak belirleyici etmenlerin toplam karbondioksit salımlarını etkileme gücü farklılıklar göstermektedir. Gelir düzeyi etkisi başta Çin olmak üzere tüm bölgelerde, nüfus büyüklüğü etkisi Eski SSCB ve OECD dışı Avrupa hariç diğer bütün bölgelerde, çevrim etkinliği etkisi ise Latin Amerika ve OECD dışı Avrupa hariç tüm bölgelerde toplam karbondioksit salımlarını artırıcı yönde etki etmiştir. Karbon yoğunluğu etkisinin toplam karbondioksit salımlarındaki değişime katkısı, Çin'de pozitif yönde, OECD Avrupa 'da ise negatif yönde diğer bölgelere göre çok daha yüksek olmuştur. Çin'de kömür tüketiminde gözlenen hızlı büyüme, OECD Avrupa'da ise toplam birincil enerji arzı ile toplam elektrik enerjisi üretimindeki kaynak bileşiminde gazın payında gözlenen göreli büyük artış bu durumun temel gerekçelerini oluşturmuştur. Belirleyici temel etmenlerin, bölgelerin toplam karbondioksit salım miktarlarındaki ve küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişim üzerindeki etkisini ortaya koyan ayrıştırma analizi sonuçları, 1990-2008 dönemi için, Çizelge 6.5'te verilmiştir.

Çizelge 6.5 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları.

1990-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
Afrika	344,32	-25,57	6,49	-74,94	128,33	310,00	0,000
Asya	1.742,03	379,46	214,01	-844,72	1.379,95	613,33	0,000
Çin	4.306,11	713,25	680,70	-4.032,16	6.319,82	624,49	0,000
Eski SSCB	-1.230,65	-297,35	254,74	-1.415,79	271,84	-44,09	0,000
Latin Amerika	463,59	44,68	-6,58	-80,74	291,23	215,00	0,000
OECD dışı Avrupa	-113,67	-28,29	12,13	-218,50	156,95	-35,95	0,000
Ortadoğu	899,71	-71,03	100,13	139,60	330,33	400,67	0,000
OECD Avrupa	88,31	-416,47	-46,38	-1.027,59	1.223,18	355,57	0,000
OECD Kuzey Amerika	989,26	-196,10	26,15	-1.907,84	1.778,32	1.288,72	0,000
OECD Pasifik	507,54	-75,00	120,66	-240,05	561,95	139,97	0,000
Udht	420,06	1,09	0,00	-103,78	330,26	192,49	0,000
Küresel Toplam	***8.416,59***	***28,67***	***1.362,05***	***-9.806,50***	***12.772,17***	***4.060,20***	***0,000***
OECD Toplam	1.585,10	-673,85	104,03	-3.066,52	3.661,81	1.559,63	0,000
OECD dışı Toplam	6.411,42	751,65	1.025,92	-6.748,20	8.152,57	3.229,48	0,000
Udht	420,06	1,09	0,00	-103,78	330,26	192,49	0,000
Küresel Toplam	***8.416,59***	***78,89***	***1.129,96***	***-9.918,49***	***12.144,64***	***4.981,60***	***0,000***

1971 ile 2008 yılları arasında, bütün bölgelerin toplam karbondioksit salımları artış göstermiş, anılan artışta, OECD dışında kalan bölgelerde; Çin, Asya ve Ortadoğu, OECD yapısında ise OECD Kuzey Amerika öne çıkmıştır. 1971 ile 2008 yılları arasındaki küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişimde belirleyici etmenler çerçevesinde bölgelerin payını ortaya koyan ayrıştırma analizi sonuçları irdelendiğinde, enerji yoğunluğu etkisi, gelir düzeyi etkisi ve nüfus büyüklüğü etkisi belirleyici etmenler arasında ilk sırada almış, ancak anılan etmenlerin değişimdeki katkılarının boyutu ve yönü bölgeler ayrımında farklılıklar göstermiştir.

İlgili dönemde, gelir düzeyi etkisi ve nüfus büyüklüğü etkisi bütün bölgelerde, çevrim etkinliği etkisi Ortadoğu ve Latin Amerika dışındaki diğer tüm bölgelerde toplam karbondioksit salımlarındaki artışı güçlendirirken, enerji yoğunluğu etkisi Ortadoğu bölgesi dışında kalan diğer tüm bölgelerde söz konusu artışı sınırlamıştır.

Karbon yoğunluğu etkisi, OECD yapısında yer alan OECD Avrupa, OECD Kuzey Amerika ve OECD Pasifik'te toplam karbondioksit salımlarındaki artışı negatif yönde etkilemiştir. Kömürün toplam birincil enerji arzındaki payında gözlenen hızlı artış eğilimlerinin sonucu olarak Asya ve Çin'in toplam karbondioksit salımlarındaki artışta karbon yoğunluğu etkisinin pozitif yöndeki katkısı diğer bölgere göre çok daha yüksek gerçekleşmiştir. Bölgelere göre toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere ilişkin belirleyici etmenler ekseninde gerçekleştirilen ayrıştırma analizi sonuçları, 1971-2008 dönemi için Çizelge 6.6'da gösterilmiştir.

Çizelge 6.6 : Bölgelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları.

1971-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
Bölgeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
Afrika	624,27	-9,12	66,03	-37,10	101,78	502,68	0,000
Asya	2.588,78	606,77	332,11	-925,38	1.608,93	966,35	0,000
Çin	5.740,94	1.111,56	801,10	-4.834,80	7.412,69	1.250,40	0,000
Eski SSCB	430,64	-232,84	38,96	-326,12	619,58	331,06	0,000
Latin Amerika	701,66	12,64	-1,05	-106,26	360,25	436,09	0,000
OECD dışı Avrupa	21,21	-35,71	46,89	-287,59	294,52	3,09	0,000
Ortadoğu	1.363,20	-21,66	-14,99	678,45	120,93	600,47	0,000
OECD Avrupa	352,97	-1.103,62	192,80	-2.228,73	2.760,62	731,89	0,000
OECD Kuzey Amerika	1.827,32	-592,29	748,91	-4.623,57	3.701,57	2.592,70	0,000
OECD Pasifik	1.114,53	-239,87	215,71	-589,70	1.331,94	396,45	0,000
Udht	519,64	-6,04	0,00	-434,74	532,27	428,14	0,000
Küresel Toplam	***15.285,16***	***-510,19***	***2.426,47***	***-13.715,52***	***18.845,09***	***8.239,32***	***0,000***
OECD Toplam	3.294,82	-1.928,58	1.190,17	-7.349,28	8.117,55	3.264,95	0,000
OECD dışı Toplam	11.470,71	1.170,24	1.091,21	-5.226,91	8.759,41	5.676,75	0,000
Udht	519,64	-6,04	0,00	-434,74	532,27	428,14	0,000
Küresel Toplam	***15.285,16***	***-764,38***	***2.281,39***	***-13.010,93***	***17.409,24***	***9.369,85***	***0,000***

6.3 Ülkeler Ayrımında Belirlenen Sonuçlar

Küresel toplam karbondioksit salımında gerçekleşen değişim üzerinde belirleyici olan etmenler, 1971 ile 2008 yıllarını kapsayan dönem ile 1971-1990 ve 1990-2008 alt dönemleri için irdelendiğinde, ülkelerin toplamdaki payında ve ilgili etmenlerde dikkat çekici farklılıklar saptanmaktadır. Enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarının değişimi üzerinde belirleyici olan etmenlere göre kalansız olarak ayrıştırılabilmesine karşın, Rusya Federasyonu, Ukrayna ve Kazakistan'ın 1971 yılına ilişkin verileri bulunmadığından, 1971-1990, 1971-2008 dönemini kapsayan analiz sonuçları bu ülkelere ilişkin artık değerden dolayı kalan göstermektedir.

1971-1990 ile 1990-2008 dönemlerine ilişkin ayrıştırma analizi sonuçlarında, gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ayrımında derin farklılıklar gözlenmiş, gelişmekte olan ülkelerin büyük bir kısmında 1990-2008 döneminde toplam karbondioksit salımlarındaki artışın 1971-1990 dönemine göre çok daha güçlü olduğu görülmüştür. 1971 ile 1990 yılları arasında, ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişim irdelendiğinde, Almanya, İngiltere ve Fransa dışında kalan bütün ülkelerin toplam karbondioksit salımlarında artış gözlenmiş, Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan'ın toplam karbondioksit salımlarındaki büyüme diğer ülkelere göre çok daha yüksek gerçekleşmiştir.

1971-1990 döneminde toplam karbondioksit salımlarındaki değişimler ve belirleyici etmenlerin ilgili değişimlere katkısı kapsamında, Çin Halk Cumhuriyeti ve Amerika Birleşik Devletleri ilk iki sırada yer almıştır. Nüfus büyüklüğü etkisi, bütün ülkelerde; gelir düzeyi etkisi, İran, Suudi Arabistan, Güney Afrika, Arjantin ve Birleşik Arap Emrlikleri dışındaki bütün ülkelerde, toplam karbondioksit salımlarındaki artışı güçlendirmiştir. Karbon yoğunluğu etkisi, çevrim etkinliği etkisi ve enerji yoğunluğu etkisinin toplam karbondioksit salımlarındaki değişim üzerindeki pozitif ya da negatif katkısı ve ilgili katkının boyutu ülkeler ayrımında çok farklı olmuştur. Karbon yoğunluğu etkisinin boyutu toplam karbondioksit salımlarındaki artışı güçlendirmesiyle, Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'da, sınırlandırmasıyla ise Amerika Birleşik Devletleri, Almanya ve Japonya'da dikkati çekmektedir.

1990 ile 2008 yılları arasında, Rusya Federasyonu, Almanya, İngiltere, Ukrayna, Polonya ve Kazakistan'ın toplam karbondioksit salımlarında gerileme kaydedilirken, analiz kapsamındaki diğer bütün ülkelerin toplam karbondioksit salımları artmış, ilgili ülkelerde toplam karbondioksit salımlarında gözlenen gerilemenin gerekçeleri farklılıklar göstermiştir. Ülkeler ayrımında belirleyici etmenler ekseninde 1990-2008 döneminde kaydedilen gelişmeler kapsamında, gelir düzeyi etkisi, Ukrayna hariç

diğer tüm ülkelerde; nüfus büyüklüğü etkisi Rusya Federasyonu, Ukrayna ve Kazakistan dışındaki tüm ülkelerde toplam karbondioksit salımlarındaki değişimleri güçlendirmiş, enerji yoğunluğu etkisi, İran, Suudi Arabistan, Brezilya, Tayland ve Malezya hariç diğer tüm ülkelerde toplam karbondioksit salımlarındaki değişime negatif yönde etki etmiştir. Karbon yoğunluğu etkisinin boyutu diğer ülkelerle karşılaştırdığında, Çin Halk Cumhuriyeti ve Hindistan'da pozitif, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya Federasyonu ve Almanya'da negatif olarak dikkati çekmektedir.

1971 ile 2008 yılları arasında, ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişim irdelendiğinde, Almanya, İngiltere ve Fransa dışında kalan bütün ülkelerin toplam karbondioksit salımlarında artış gözlenmiş, analiz kapsamında incelenen diğer ülkeler küresel toplam karbondioksit salımlarındaki artışın yaklaşık beşte dördüne neden olmuştur. Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarında kaydedilen değişim üzerinde belirleyicilik üstlenen karbon yoğunluğu etkisi, çevrim etkinliği etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, gelir düzeyi etkisi ve nüfus büyüklüğü etkisinin boyutu, değişime negatif ya da pozitif katkısı, ülkelerin toplam birincil enerji arzındaki kaynak bileşimine, birincil kaynakların doğrudan ve/veya bir çevrim sonucunda tüketilmesine, gelişmişlik düzeyine vb. nedenlere bağlı olarak derin farklılıklar göstermektedir. Almanya, İngiltere ve Fransa'nın toplam karbondioksit salımlarında kaydedilen gerilemeye, enerji yoğunluğu etkisi ile karbon yoğunluğu etkisi, dolayısıyla ilgili ülkelerde enerji yoğunluğunun incelenen dönemde azalması ve toplam birincil enerji arzı kaynak bileşiminde gözlenen yapısal değişiklikler yol açmıştır. İlgili dönemde, küresel toplam karbondioksit salımlarındaki değişim üzerinde belirleyicilik üstlenen etmenler ülkeler ayrımında ele alındığında, gelir düzeyi etkisi Birleşik Arap Emirlikleri dışındaki bütün ülkelerde, nüfus büyüklüğü etkisi ise ülkelerin tamamında karbondioksit salımlarındaki artışı gelişmişlik düzeylerine bağlı olarak güçlendirmiştir. Küresel ölçekte enerji yoğunluğunda kaydedilen gerilemelere bağlı olarak, enerji yoğunluğu etkisi analiz kapsamında göz önüne alınan ülkelerin neredeyse tamamında toplam karbondioksit salımlarındaki artışı sınırlandırmıştır. Çevrim etkinliği etkisi ve karbon yoğunluğu etkisi, ülkeler ayrımında derin farklılıklar göstermiş, ülkelerin toplam birincil enerji arzındaki kaynak bileşimlerine ve elektrik enerjisi tüketiminin toplam nihai enerji tüketimindeki payına bağlı olarak karbondioksit salımlarındaki artışı güçlendirmiş ya da sınırlandırmıştır.

Tez çalışmasında, tüm ülkelere ilişkin ayrıştırma analizi sonuçlarının saptanmasına karşın, 2008 yılı verilerine göre ilk otuz içinde yer alan ülkelere ilişkin ayrıntılı sonuçlar bölgelerle birlikte karşılaştırmalı halde, 1971-1990, 1990-2008, 1971-2008 dönemleri için sırasıyla, Çizelge 6.7, Çizelge 6.8 ve Çizelge 6.9'da sunulmuştur.

Çizelge 6.7 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-1990 dönemindeki katkıları.

Sıra	1971-1990 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	1.410,90	314,31	169,04	-1.048,95	1.560,22	416,28	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	577,35	-280,60	622,54	-2.520,41	1.904,48	851,34	0,000
3	Rusya Federasyonu	x	x	x	x	x	x	x
4	Hindistan	391,62	134,45	53,88	-92,32	145,60	150,01	0,000
5	Japonya	305,58	-142,29	78,16	-332,13	554,35	147,49	0,000
6	Almanya	-28,21	-164,65	40,76	-371,71	454,93	12,46	0,000
7	Kanada	92,92	-56,69	30,33	-124,28	154,54	89,01	0,000
8	İngiltere	-74,20	-66,42	-22,24	-242,66	243,57	13,55	0,000
9	İran	136,28	0,26	-6,09	102,36	-19,83	59,58	0,000
10	Güney Kore	177,23	-26,24	16,63	12,72	142,42	31,70	0,000
11	İtalya	104,42	-8,50	14,72	-104,89	186,73	16,36	0,000
12	Meksika	167,80	-5,58	26,03	17,41	48,38	81,56	0,000
13	Avustralya	115,94	15,13	12,50	-18,47	55,10	51,68	0,000
14	Suudi Arabistan	148,01	26,15	-45,82	108,24	-0,16	59,61	0,000
15	Endonezya	115,42	44,53	10,16	-26,95	61,38	26,30	0,000
16	Fransa	-79,57	-214,36	84,12	-163,70	173,60	40,77	0,000
17	Brezilya	103,14	8,01	16,26	-38,09	59,84	57,12	0,000
18	Güney Afrika	80,85	-67,19	59,86	-4,85	-0,75	93,78	0,000
19	İspanya	85,84	-33,25	21,15	2,54	75,09	20,32	0,000
20	Ukrayna	x	x	x	x	x	x	x
21	Polonya	57,14	0,57	24,93	-56,81	41,93	46,52	0,000
22	Tayvan	83,68	-16,43	10,06	-11,25	81,66	19,63	0,000
23	Türkiye	85,50	9,69	6,53	4,22	32,99	32,07	0,000
24	Tayland	61,36	16,00	0,47	-10,55	39,49	15,95	0,000
25	Kazakistan	x	x	x	x	x	x	x
26	Malezya	36,22	0,84	5,17	-4,12	21,27	13,07	0,000
27	Hollanda	26,26	-10,09	-1,83	-30,87	51,30	17,75	0,000
28	Mısır	58,78	-2,38	7,10	4,72	29,24	20,09	0,000
29	Arjantin	17,32	-11,40	4,98	16,06	-18,94	26,62	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	49,16	1,14	2,94	18,31	-4,66	31,42	0,000
	Diğer ülkeler	-541,21	-456,20	-133,54	-601,41	-284,69	934,64	0,000
	Küresel Toplam	***6.868,58***	***-991,17***	***1.108,80***	***-5.517,85***	***5.789,05***	***3.376,69***	***3.103,05***
	Afrika	279,96	7,26	46,15	13,47	5,74	207,33	0,000
	Asya	846,75	209,59	112,28	-217,04	411,59	330,33	0,000
	Çin	1.434,83	319,98	172,28	-1.066,35	1.586,72	422,20	0,000
	Eski SSCB	1.661,29	-17,87	-184,45	888,77	522,51	452,32	0,000
	Latin Amerika	238,08	-16,93	3,08	-29,90	91,16	190,67	0,000
	OECD dışı Avrupa	134,88	-15,70	44,70	-135,45	203,02	38,32	0,000
	Ortadoğu	463,49	10,34	-39,44	326,88	-37,09	202,80	0,000
	OECD Avrupa	264,66	-693,48	234,92	-1.222,32	1.561,43	384,10	0,000
	OECD Kuzey Amerika	838,06	-377,42	665,58	-2.626,00	1.889,24	1.286,66	0,000
	OECD Pasifik	606,99	-154,14	102,08	-340,71	756,01	243,76	0,000
	Udht	99,58	-5,33	0,00	-256,15	171,81	189,25	0,000
	Küresel Toplam	***6.868,58***	***-733,67***	***1.157,18***	***-4.664,81***	***7.162,14***	***3.947,74***	***0,000***
	OECD Toplam	1.709,71	-1.219,20	1.020,59	-4.217,12	4.421,68	1.703,77	0,000
	OECD dışı Toplam	5.059,28	464,71	261,96	-287,83	2.146,45	2.473,99	0,000
	Udht	99,58	-5,33	0,00	-256,15	171,81	189,25	0,000
	Küresel Toplam	***6.868,58***	***-759,81***	***1.282,55***	***-4.761,11***	***6.739,93***	***4.367,02***	***0,000***

Çizelge 6.8 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1990-2008 dönemindeki katkıları.

Sıra	1990-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	4.296,95	725,94	679,26	-4.142,15	6.416,52	617,38	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	727,26	-192,61	1,04	-1.735,87	1.627,78	1.026,91	0,000
3	Rusya Federasyonu	-584,95	-122,75	213,66	-826,28	230,28	-79,87	0,000
4	Hindistan	836,65	204,49	172,95	-599,49	779,73	278,97	0,000
5	Japonya	86,78	-47,23	66,97	-182,88	213,96	35,96	0,000
6	Almanya	-146,57	-105,47	-21,56	-287,13	237,72	29,87	0,000
7	Kanada	118,56	-1,59	2,63	-112,74	139,62	90,64	0,000
8	İngiltere	-38,62	-45,09	-12,63	-210,03	192,37	36,76	0,000
9	İran	324,79	-16,96	17,47	64,42	171,69	88,16	0,000
10	Güney Kore	271,97	-37,92	24,37	-38,61	280,46	43,68	0,000
11	İtalya	32,74	-43,04	14,19	-32,14	71,24	22,49	0,000
12	Meksika	143,44	11,43	22,35	-66,16	85,92	89,90	0,000
13	Avustralya	137,47	4,18	34,57	-97,94	123,59	73,07	0,000
14	Suudi Arabistan	227,87	-32,61	14,95	100,90	38,92	105,71	0,000
15	Endonezya	244,83	87,54	10,34	-51,49	138,41	60,04	0,000
16	Fransa	15,91	-46,84	10,00	-65,25	82,92	35,07	0,000
17	Brezilya	170,33	15,53	3,21	7,77	76,29	67,53	0,000
18	Güney Afrika	82,75	-32,59	44,49	-76,74	52,19	95,40	0,000
19	İspanya	111,82	0,45	-14,69	-7,82	93,73	40,16	0,000
20	Ukrayna	-378,28	-87,00	15,04	-165,62	-86,24	-54,46	0,000
21	Polonya	-45,13	-28,45	-35,27	-205,24	223,12	0,72	0,000
22	Tayvan	149,63	9,44	8,92	-28,32	137,64	21,95	0,000
23	Türkiye	136,61	19,87	1,09	-15,97	84,08	47,54	0,000
24	Tayland	150,88	19,03	5,06	12,85	89,56	24,38	0,000
25	Kazakistan	-34,78	-29,23	32,16	-113,51	84,98	-9,19	0,000
26	Malezya	131,95	11,21	5,25	6,40	68,78	40,31	0,000
27	Hollanda	22,01	-10,20	-3,95	-41,46	61,76	15,86	0,000
28	Mısır	94,82	-1,35	6,32	-6,12	54,51	41,46	0,000
29	Arjantin	73,42	5,86	-13,48	-22,57	76,59	27,02	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	95,34	-2,92	27,70	-18,60	9,33	79,83	0,000
	Diğer ülkeler	960,13	-273,34	-14,58	-1.089,56	971,94	1.365,67	0,000
	Küresel Toplam	***8.416,59***	***-42,24***	***1.317,84***	***-10.047,35***	***12.829,39***	***4.358,94***	***0,000***
	Afrika	344,32	-25,57	6,49	-74,94	128,33	310,00	0,000
	Asya	1.742,03	379,46	214,01	-844,72	1.379,95	613,33	0,000
	Çin	4.306,11	713,25	680,70	-4.032,16	6.319,82	624,49	0,000
	Eski SSCB	-1.230,65	-297,35	254,74	-1.415,79	271,84	-44,09	0,000
	Latin Amerika	463,59	44,68	-6,58	-80,74	291,23	215,00	0,000
	OECD dışı Avrupa	-113,67	-28,29	12,13	-218,50	156,95	-35,95	0,000
	Ortadoğu	899,71	-71,03	100,13	139,60	330,33	400,67	0,000
	OECD Avrupa	88,31	-416,47	-46,38	-1.027,59	1.223,18	355,57	0,000
	OECD Kuzey Amerika	989,26	-196,10	26,15	-1.907,84	1.778,32	1.288,72	0,000
	OECD Pasifik	507,54	-75,00	120,66	-240,05	561,95	139,97	0,000
	Udht	420,06	1,09	0,00	-103,78	330,26	192,49	0,000
	Küresel Toplam	***8.416,59***	***28,67***	***1.362,05***	***-9.806,50***	***12.772,17***	***4.060,20***	***0,000***
	OECD Toplam	1.585,10	-673,85	104,03	-3.066,52	3.661,81	1.559,63	0,000
	OECD dışı Toplam	6.411,42	751,65	1.025,92	-6.748,20	8.152,57	3.229,48	0,000
	Udht	420,06	1,09	0,00	-103,78	330,26	192,49	0,000
	Küresel Toplam	***8.416,59***	***78,89***	***1.129,96***	***-9.918,49***	***12.144,64***	***4.981,60***	***0,000***

Çizelge 6.9 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin 1971-2008 dönemindeki katkıları.

Sıra	1971-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	(milyon ton)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	5.707,86	1.113,29	796,38	-4.891,89	7.451,04	1.239,04	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	1.304,61	-482,73	669,92	-4.341,41	3.577,90	1.880,94	0,000
3	Rusya Federasyonu	x	x	x	x	x	x	x
4	Hindistan	1.228,27	367,26	207,03	-554,13	764,92	443,19	0,000
5	Japonya	392,35	-188,50	138,42	-501,75	759,84	184,34	0,000
6	Almanya	-174,78	-258,73	15,65	-633,88	660,37	41,81	0,000
7	Kanada	211,48	-65,88	36,84	-241,94	300,34	182,11	0,000
8	İngiltere	-112,82	-112,21	-34,95	-458,30	440,33	52,29	0,000
9	İran	461,06	-9,66	-1,44	238,75	64,07	169,33	0,000
10	Güney Kore	449,20	-65,17	41,49	-0,92	396,28	77,52	0,000
11	İtalya	137,16	-46,03	27,60	-137,14	256,24	36,48	0,000
12	Meksika	311,23	0,24	48,34	-20,69	118,86	164,47	0,000
13	Avustralya	253,41	22,46	42,54	-98,99	165,35	122,05	0,000
14	Suudi Arabistan	375,88	35,07	-79,59	246,60	16,43	157,37	0,000
15	Endonezya	360,25	135,23	25,61	-81,04	196,04	84,41	0,000
16	Fransa	-63,66	-270,91	97,03	-239,56	269,25	80,53	0,000
17	Brezilya	273,48	22,92	25,88	-49,47	142,24	131,90	0,000
18	Güney Afrika	163,60	-105,61	107,06	-70,00	42,89	189,27	0,000
19	İspanya	197,67	-42,09	15,42	-2,92	169,68	57,58	0,000
20	Ukrayna	x	x	x	x	x	x	x
21	Polonya	12,01	-25,43	-8,97	-240,15	242,61	43,96	0,000
22	Tayvan	233,30	-22,22	22,55	-36,35	222,59	46,74	0,000
23	Türkiye	222,11	27,98	10,97	-3,61	105,84	80,93	0,000
24	Tayland	212,24	43,53	3,89	-13,91	132,20	46,53	0,000
25	Kazakistan	x	x	x	x	x	x	x
26	Malezya	168,17	9,02	15,48	-5,70	93,28	56,10	0,000
27	Hollanda	48,28	-20,14	-5,57	-71,00	111,46	33,53	0,000
28	Mısır	153,60	-4,73	15,50	4,16	80,78	57,89	0,000
29	Arjantin	90,75	-9,94	-5,68	0,85	44,92	60,60	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	144,50	1,36	17,17	32,86	-6,58	99,68	0,000
	Diğer ülkeler	418,92	-808,84	-166,55	-1.848,94	721,45	2.521,80	0,000
	Küresel Toplam	***15.285,16***	***-760,49***	***2.078,03***	***-14.020,48***	***17.540,64***	***8.342,42***	***2105,03***
	Afrika	624,27	-9,12	66,03	-37,10	101,78	502,68	0,000
	Asya	2.588,78	606,77	332,11	-925,38	1.608,93	966,35	0,000
	Çin	5.740,94	1.111,56	801,10	-4.834,80	7.412,69	1.250,40	0,000
	Eski SSCB	430,64	-232,84	38,96	-326,12	619,58	331,06	0,000
	Latin Amerika	701,66	12,64	-1,05	-106,26	360,25	436,09	0,000
	OECD dışı Avrupa	21,21	-35,71	46,89	-287,59	294,52	3,09	0,000
	Ortadoğu	1.363,20	-21,66	-14,99	678,45	120,93	600,47	0,000
	OECD Avrupa	352,97	-1.103,62	192,80	-2.228,73	2.760,62	731,89	0,000
	OECD Kuzey Amerika	1.827,32	-592,29	748,91	-4.623,57	3.701,57	2.592,70	0,000
	OECD Pasifik	1.114,53	-239,87	215,71	-589,70	1.331,94	396,45	0,000
	Udht	519,64	-6,04	0,00	-434,74	532,27	428,14	0,000
	Küresel Toplam	***15.285,16***	***-510,19***	***2.426,47***	***-13.715,52***	***18.845,09***	***8.239,32***	***0,000***
	OECD Toplam	3.294,82	-1.928,58	1.190,17	-7.349,28	8.117,55	3.264,95	0,000
	OECD dışı Toplam	11.470,71	1.170,24	1.091,21	-5.226,91	8.759,41	5.676,75	0,000
	Udht	519,64	-6,04	0,00	-434,74	532,27	428,14	0,000
	Küresel Toplam	***15.285,16***	***-764,38***	***2.281,39***	***-13.010,93***	***17.409,24***	***9.369,85***	***0,000***

Küresel toplam karbondioksit salımlarında 1971 ile 2008 yılları arasında kaydedilen artışın yarısından fazlasına sırasıyla, Çin Halk Cumhuriyeti, Amerika Birleşik Devletleri ve Hindistan yol açmıştır. Çin Halk Cumhuriyeti, 1971 ile 1990 yılları arasında küresel toplam karbondioksit salımlarındaki artışın yaklaşık beşte birini üstlenirken, 1990 ile 2008 yılları arasında küresel toplam karbondioksit salımlarındaki büyümenin yaklaşık yarısını gerçekleştirmiş, 1971-2008 döneminde ise küresel toplam artıştaki payı yüzde 37,34 olmuştur. Çin Halk Cumhuriyeti'nde toplam karbondioksit salımında gözlenen artışa sırasıyla, gelir düzeyi etkisi, nüfus büyüklüğü etkisi, karbon yoğunluğu etkisi ve çevrim etkinliği etkisi olumlu yönde katkıda bulunurken, enerji yoğunluğunda kaydedilen gelişmeler, söz konusu artışı sınırlandırmıştır. Anılan ülkede 1990'lardan itibaren gözlenen güçlü ekonomik büyüme, karbondioksit salımlarında gözlenen artışın temel gerekçesini oluşturmuş, güçlü ekonomik büyümeye koşut olarak elektrifikasyon oranında sağlanan yükselme, çevrim etkinliği etkisinin karbondioksit salımlarındaki artışı hızlandırmasına yol açmıştır.

Amerika Birleşik Devletleri'nin küresel toplam karbondioksit salımında gerçekleşen artıştaki payı dönem toplamı ve alt dönemler içerisinde belirgin bir değişiklik göstermemiştir. Anılan ülkenin karbondioksit salımlarında gözlenen değişim üzerinde belirleyici olan etmenler, enerji yoğunluğu etkisi, gelir düzeyi etkisi, nüfus büyüklüğü etkisi, çevrim etkinliği etkisi ve karbon yoğunluğu etkisi olarak sıralanmış, ekonomik büyüme, nüfus artışı, birincil kaynakların ağırlıkla bir çevrim ya da dönüşüm sonucu tüketilmesi, karbondioksit salımını arttırırken, enerji yoğunluğunda ve karbon yoğunluğunda gözlenen azalış eğilimi, söz konusu artışı sınırlandırmıştır.

Hindistan'ın karbondioksit salımlarındaki artış, 1990-2008 döneminde 1971-1990 dönemine göre çok daha yüksek gerçekleşmiş, buna koşut olarak 1990-2008 döneminde küresel toplam karbondioksit salımında gözlenen artıştaki payı, 1971-1990 döneminin yaklaşık iki katı olmuştur. 1971 ile 2008 yıllarını kapsayan dönemde toplam karbondioksit salımlarındaki artış üzerinde sırasıyla, gelir düzeyi etkisi, enerji yoğunluğu etkisi, nüfus büyüklüğü etkisi, karbon yoğunluğu etkisi ve çevrim etkinliği etkisi belirleyicilik üstlenmiştir. 1971-2008 döneminde Hindistan'ın toplam karbondioksit salımındaki artışı enerji yoğunluğu etkisi sınırlandırırken, diğer bütün etmenler güçlendirmiştir.

2008 yılı verilerine göre ilk otuz içinde yer alan ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere belirleyici etmenlerin katkıları yüzde olarak hesaplanmış, bölgeler ile birlikte karşılaştırmalı halde, 1971-1990, 1990-2008 ve 1971-2008 dönemi için sırasıyla, Çizelge 6.10, Çizelge 6.11 ve Çizelge 6.12'de sunulmuştur.

Çizelge 6.10 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1971-1990 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%).

Sıra	1971-1990 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	20,54	4,58	2,46	-15,27	22,72	6,06	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	8,41	-4,09	9,06	-36,69	27,73	12,39	0,000
3	Rusya Federasyonu	x	x	x	x	x	x	x
4	Hindistan	5,70	1,96	0,78	-1,34	2,12	2,18	0,000
5	Japonya	4,45	-2,07	1,14	-4,84	8,07	2,15	0,000
6	Almanya	-0,41	-2,40	0,59	-5,41	6,62	0,18	0,000
7	Kanada	1,35	-0,83	0,44	-1,81	2,25	1,30	0,000
8	İngiltere	-1,08	-0,97	-0,32	-3,53	3,55	0,20	0,000
9	İran	1,98	0,00	-0,09	1,49	-0,29	0,87	0,000
10	Güney Kore	2,58	-0,38	0,24	0,19	2,07	0,46	0,000
11	İtalya	1,52	-0,12	0,21	-1,53	2,72	0,24	0,000
12	Meksika	2,44	-0,08	0,38	0,25	0,70	1,19	0,000
13	Avustralya	1,69	0,22	0,18	-0,27	0,80	0,75	0,000
14	Suudi Arabistan	2,15	0,38	-0,67	1,58	0,00	0,87	0,000
15	Endonezya	1,68	0,65	0,15	-0,39	0,89	0,38	0,000
16	Fransa	-1,16	-3,12	1,22	-2,38	2,53	0,59	0,000
17	Brezilya	1,50	0,12	0,24	-0,55	0,87	0,83	0,000
18	Güney Afrika	1,18	-0,98	0,87	-0,07	-0,01	1,37	0,000
19	İspanya	1,25	-0,48	0,31	0,04	1,09	0,30	0,000
20	Ukrayna	x	x	x	x	x	x	x
21	Polonya	0,83	0,01	0,36	-0,83	0,61	0,68	0,000
22	Tayvan	1,22	-0,24	0,15	-0,16	1,19	0,29	0,000
23	Türkiye	1,24	0,14	0,10	0,06	0,48	0,47	0,000
24	Tayland	0,89	0,23	0,01	-0,15	0,57	0,23	0,000
25	Kazakistan	x	x	x	x	x	x	x
26	Malezya	0,53	0,01	0,08	-0,06	0,31	0,19	0,000
27	Hollanda	0,38	-0,15	-0,03	-0,45	0,75	0,26	0,000
28	Mısır	0,86	-0,03	0,10	0,07	0,43	0,29	0,000
29	Arjantin	0,25	-0,17	0,07	0,23	-0,28	0,39	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	0,72	0,02	0,04	0,27	-0,07	0,46	0,000
	Diğer ülkeler	-7,88	-6,64	-1,94	-8,76	-4,14	13,61	0,000
	Küresel Toplam	***54,82***	***-14,43***	***16,14***	***-80,33***	***84,28***	***49,16***	***45,18***
	Afrika	4,08	0,11	0,67	0,20	0,08	3,02	0,000
	Asya	12,33	3,05	1,63	-3,16	5,99	4,81	0,000
	Çin	20,89	4,66	2,51	-15,53	23,10	6,15	0,000
	Eski SSCB	24,19	-0,26	-2,69	12,94	7,61	6,59	0,000
	Latin Amerika	3,47	-0,25	0,04	-0,44	1,33	2,78	0,000
	OECD dışı Avrupa	1,96	-0,23	0,65	-1,97	2,96	0,56	0,000
	Ortadoğu	6,75	0,15	-0,57	4,76	-0,54	2,95	0,000
	OECD Avrupa	3,85	-10,10	3,42	-17,80	22,73	5,59	0,000
	OECD Kuzey Amerika	12,20	-5,49	9,69	-38,23	27,51	18,73	0,000
	OECD Pasifik	8,84	-2,24	1,49	-4,96	11,01	3,55	0,000
	Udht	1,45	-0,08	0,00	-3,73	2,50	2,76	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***-10,68***	***16,85***	***-67,92***	***104,27***	***57,48***	***0,000***
	OECD Toplam	24,89	-17,75	14,86	-61,40	64,38	24,81	0,000
	OECD dışı Toplam	73,66	6,77	3,81	-4,19	31,25	36,02	0,000
	Udht	1,45	-0,08	0,00	-3,73	2,50	2,76	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***-11,06***	***18,67***	***-69,32***	***98,13***	***63,58***	***0,000***

Çizelge 6.11 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1990-2008 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%).

Sıra	1990-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	51,05	8,63	8,07	-49,21	76,24	7,34	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	8,64	-2,29	0,01	-20,62	19,34	12,20	0,000
3	Rusya Federasyonu	-6,95	-1,46	2,54	-9,82	2,74	-0,95	0,000
4	Hindistan	9,94	2,43	2,05	-7,12	9,26	3,31	0,000
5	Japonya	1,03	-0,56	0,80	-2,17	2,54	0,43	0,000
6	Almanya	-1,74	-1,25	-0,26	-3,41	2,82	0,35	0,000
7	Kanada	1,41	-0,02	0,03	-1,34	1,66	1,08	0,000
8	İngiltere	-0,46	-0,54	-0,15	-2,50	2,29	0,44	0,000
9	İran	3,86	-0,20	0,21	0,77	2,04	1,05	0,000
10	Güney Kore	3,23	-0,45	0,29	-0,46	3,33	0,52	0,000
11	İtalya	0,39	-0,51	0,17	-0,38	0,85	0,27	0,000
12	Meksika	1,70	0,14	0,27	-0,79	1,02	1,07	0,000
13	Avustralya	1,63	0,05	0,41	-1,16	1,47	0,87	0,000
14	Suudi Arabistan	2,71	-0,39	0,18	1,20	0,46	1,26	0,000
15	Endonezya	2,91	1,04	0,12	-0,61	1,64	0,71	0,000
16	Fransa	0,19	-0,56	0,12	-0,78	0,99	0,42	0,000
17	Brezilya	2,02	0,18	0,04	0,09	0,91	0,80	0,000
18	Güney Afrika	0,98	-0,39	0,53	-0,91	0,62	1,13	0,000
19	İspanya	1,33	0,01	-0,17	-0,09	1,11	0,48	0,000
20	Ukrayna	-4,49	-1,03	0,18	-1,97	-1,02	-0,65	0,000
21	Polonya	-0,54	-0,34	-0,42	-2,44	2,65	0,01	0,000
22	Tayvan	1,78	0,11	0,11	-0,34	1,64	0,26	0,000
23	Türkiye	1,62	0,24	0,01	-0,19	1,00	0,56	0,000
24	Tayland	1,79	0,23	0,06	0,15	1,06	0,29	0,000
25	Kazakistan	-0,41	-0,35	0,38	-1,35	1,01	-0,11	0,000
26	Malezya	1,57	0,13	0,06	0,08	0,82	0,48	0,000
27	Hollanda	0,26	-0,12	-0,05	-0,49	0,73	0,19	0,000
28	Mısır	1,13	-0,02	0,08	-0,07	0,65	0,49	0,000
29	Arjantin	0,87	0,07	-0,16	-0,27	0,91	0,32	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	1,13	-0,03	0,33	-0,22	0,11	0,95	0,000
	Diğer ülkeler	11,41	-3,25	-0,17	-12,95	11,55	16,23	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***-0,50***	***15,66***	***-119,38***	***152,43***	***51,79***	***0,000***
	Afrika	4,09	-0,30	0,08	-0,89	1,52	3,68	0,000
	Asya	20,70	4,51	2,54	-10,04	16,40	7,29	0,000
	Çin	51,16	8,47	8,09	-47,91	75,09	7,42	0,000
	Eski SSCB	-14,62	-3,53	3,03	-16,82	3,23	-0,52	0,000
	Latin Amerika	5,51	0,53	-0,08	-0,96	3,46	2,55	0,000
	OECD dışı Avrupa	-1,35	-0,34	0,14	-2,60	1,86	-0,43	0,000
	Ortadoğu	10,69	-0,84	1,19	1,66	3,92	4,76	0,000
	OECD Avrupa	1,05	-4,95	-0,55	-12,21	14,53	4,22	0,000
	OECD Kuzey Amerika	11,75	-2,33	0,31	-22,67	21,13	15,31	0,000
	OECD Pasifik	6,03	-0,89	1,43	-2,85	6,68	1,66	0,000
	Udht	4,99	0,01	0,00	-1,23	3,92	2,29	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***0,34***	***16,18***	***-116,51***	***151,75***	***48,24***	***0,000***
	OECD Toplam	18,83	-8,01	1,24	-36,43	43,51	18,53	0,000
	OECD dışı Toplam	76,18	8,93	12,19	-80,18	96,86	38,37	0,000
	Udht	4,99	0,01	0,00	-1,23	3,92	2,29	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***0,94***	***13,43***	***-117,84***	***144,29***	***59,19***	***0,000***

Çizelge 6.12 : Ülkelerin toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlere 1971-2008 döneminde belirleyici etmenlerin katkıları (%).

Sıra	1971-2008 Dönemi	ΔTKDS	ΔKYE	ΔÇEE	ΔEYE	ΔGDE	ΔNBE	ΔKLN
No	Ülkeler	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	
1	Çin Halk Cumhuriyeti	37,34	7,28	5,21	-32,00	48,75	8,11	0,000
2	Amerika Birleşik Devletleri	8,54	-3,16	4,38	-28,40	23,41	12,31	0,000
3	Rusya Federasyonu	x	x	x	x	x	x	x
4	Hindistan	8,04	2,40	1,35	-3,63	5,00	2,90	0,000
5	Japonya	2,57	-1,23	0,91	-3,28	4,97	1,21	0,000
6	Almanya	-1,14	-1,69	0,10	-4,15	4,32	0,27	0,000
7	Kanada	1,38	-0,43	0,24	-1,58	1,96	1,19	0,000
8	İngiltere	-0,74	-0,73	-0,23	-3,00	2,88	0,34	0,000
9	İran	3,02	-0,06	-0,01	1,56	0,42	1,11	0,000
10	Güney Kore	2,94	-0,43	0,27	-0,01	2,59	0,51	0,000
11	İtalya	0,90	-0,30	0,18	-0,90	1,68	0,24	0,000
12	Meksika	2,04	0,00	0,32	-0,14	0,78	1,08	0,000
13	Avustralya	1,66	0,15	0,28	-0,65	1,08	0,80	0,000
14	Suudi Arabistan	2,46	0,23	-0,52	1,61	0,11	1,03	0,000
15	Endonezya	2,36	0,88	0,17	-0,53	1,28	0,55	0,000
16	Fransa	-0,42	-1,77	0,63	-1,57	1,76	0,53	0,000
17	Brezilya	1,79	0,15	0,17	-0,32	0,93	0,86	0,000
18	Güney Afrika	1,07	-0,69	0,70	-0,46	0,28	1,24	0,000
19	İspanya	1,29	-0,28	0,10	-0,02	1,11	0,38	0,000
20	Ukrayna	x	x	x	x	x	x	x
21	Polonya	0,08	-0,17	-0,06	-1,57	1,59	0,29	0,000
22	Tayvan	1,53	-0,15	0,15	-0,24	1,46	0,31	0,000
23	Türkiye	1,45	0,18	0,07	-0,02	0,69	0,53	0,000
24	Tayland	1,39	0,28	0,03	-0,09	0,86	0,30	0,000
25	Kazakistan	x	x	x	x	x	x	x
26	Malezya	1,10	0,06	0,10	-0,04	0,61	0,37	0,000
27	Hollanda	0,32	-0,13	-0,04	-0,46	0,73	0,22	0,000
28	Mısır	1,00	-0,03	0,10	0,03	0,53	0,38	0,000
29	Arjantin	0,59	-0,07	-0,04	0,01	0,29	0,40	0,000
30	Birleşik Arap Emirlikleri	0,95	0,01	0,11	0,22	-0,04	0,65	0,000
	Diğer ülkeler	2,74	-5,29	-1,09	-12,10	4,72	16,50	0,000
	Küresel Toplam	***86,23***	***-4,98***	***13,60***	***-91,73***	***114,76***	***54,58***	***13,77***
	Afrika	4,08	-0,06	0,43	-0,24	0,67	3,29	0,000
	Asya	16,94	3,97	2,17	-6,05	10,53	6,32	0,000
	Çin	37,56	7,27	5,24	-31,63	48,50	8,18	0,000
	Eski SSCB	2,82	-1,52	0,25	-2,13	4,05	2,17	0,000
	Latin Amerika	4,59	0,08	-0,01	-0,70	2,36	2,85	0,000
	OECD dışı Avrupa	0,14	-0,23	0,31	-1,88	1,93	0,02	0,000
	Ortadoğu	8,92	-0,14	-0,10	4,44	0,79	3,93	0,000
	OECD Avrupa	2,31	-7,22	1,26	-14,58	18,06	4,79	0,000
	OECD Kuzey Amerika	11,95	-3,87	4,90	-30,25	24,22	16,96	0,000
	OECD Pasifik	7,29	-1,57	1,41	-3,86	8,71	2,59	0,000
	Udht	3,40	-0,04	0,00	-2,84	3,48	2,80	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***-3,34***	***15,87***	***-89,73***	***123,29***	***53,90***	***0,000***
	OECD Toplam	21,56	-12,62	7,79	-48,08	53,11	21,36	0,000
	OECD dışı Toplam	75,04	7,66	7,14	-34,20	57,31	37,14	0,000
	Udht	3,40	-0,04	0,00	-2,84	3,48	2,80	0,000
	Küresel Toplam	***100,00***	***-5,00***	***14,93***	***-85,12***	***113,90***	***61,30***	***0,000***

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji politikalarının orta ve uzun dönemdeki sürdürülebilirliği, enerji, ekonomi ve çevre olarak sıralanabilecek üç temel öge arasında kurulacak dengelere bağlı biçimlenmektedir. Enerji güvenliği ve iklim değişikliğiyle ilgili çok boyutlu ve karmaşık sorunların egemen olduğu günümüzde, küresel toplam karbondioksit salımlarının beşte dördünden fazlası enerji ilişkili ortaya çıkmakta, enerji arz ve tüketim zincirinin tüm sera gazlarının salımındaki payı ise üçte iki düzeyinde bulunmaktadır. Enerji, iklim değişikliği başta olmak üzere, çevre ile ilgili çeşitli sorunların temel nedeni olmakla birlikte, çözümün de en önemli tarafıdır.

Konutlar ile sanayi ve ulaştırma sektörlerinin dahil edildiği toplam nihai enerji tüketim bütünüyle karşılaştırıldığında, elektrik enerjisi sektörünün enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarındaki yeri, toplamın beşte ikisine ulaşmaktadır. Enerji ilişkili faaliyetlerin tümü birlikte göz önüne alındığında üretiminin üçte ikisinden fazlası fosil yakıtlara dayanan elektrik enerjisi sektörü, en büyük ve en hızlı büyüyen karbondioksit kaynağı olarak, iklim değişikliği sorununun temel gerekçeleri arasında öne çıkmakla birlikte, kapsamında barındırdığı değişik çözüm seçenekleriyle daha etkin, verimli ve daha az karbon yoğun ekonomilere geçiş sürecine katkı verme potansiyeli en yüksek alandır.

Çalışma kapsamında elde edilen ayrıştırma analizi sonuçları, ülkeler ayrımında değişik karşılaştırmaların yapılabilmesini olanaklı kılmakta, enerji, ekonomi, çevre, sanayi, teknoloji, ulaştırma, rekabet, dış ticaret, vergi, teşvik, istihdam vb. diğer konulardaki önceliklerin enerji-ekonomi-çevre dengesi gözetilerek belirlenmesinde, geleceğe yönelik karar alma ve uluslararası antlaşmalara taraf olma süreçlerinde yol gösterici olmaktadır.

Tez çalışmasında saptanan sonuçların, talep tahminlerine bağlı olarak kurgulanacak arz ve talep senaryolarında doğrudan veya dolaylı yollarla kullanılabilmesi mümkün olup, izleyen süreç için planlanan yeni çalışmalar kapsamında elektrik enerjisi üretimi ile ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki değişimlerin ayrıştırılması amaçlanmakta, matematik model ile belirleyici etmenlerin anılan ayrıştırmayı açıklanamayan kalan terim olmaksızın gerçekleştirebilmesi için araştırmalar sürdürülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] **Myers, J. and Nakamura, L.**, (1978). Saving Energy in Manufacturing. Cambridge, Mass.: Ballinger Pub. Co.

[2] **Bossanyi, E.**, (1979). UK primary energy consumption and the changing structure of final demand. *Energy Policy*. Vol. 7, no. 3, pp. 253-258.

[3] **Östblom, G.**, (1982). Energy use and structural change: factors behind the fall in Sweden's energy output ratio. *Energy Economics*. Vol. 4, no. 1, pp.21-28.

[4] **Hankinson, G.A. and Rhys J.M.W.**, (1983). Electricity consumption, electricity intensity and industrial structure. *Energy Economics*. Vol. 5, no. 3, pp.146-152.

[5] **Jenne, C.A. and Cattell, R.K.**, (1983). Structural change and energy efficiency in industry. *Energy Economics*. Vol. 5, no. 2, pp.114-123.

[6] **Boyd, G.A., McDonald, J.F., Ross, M. and Hanson, D.A.,** (1987). Separating the changing compositon of US manufacturing production from energy efficiency improvements: A Divisia index approach. *The Energy Journal*. Vol. 8, no. 2, pp. 77-96.

[7] **Boyd, G.A., Hanson, D.A. and Sterner, T.**, (1988). Decomposition of changes in energy intensity–a comparison of the Divisia index and other methods. *Energy Economics*. Vol. 10, no. 4, pp. 309-312.

[8] **Howarth, R.B., Schipper, L., Duerr, P.A. and Strom, S.**, (1991). Manufacturing energy use in eight OECD countries. *Energy Economics*. Vol. 13, no. 2, pp. 135-142.

[9] **Park, S.H.**, (1992). Decomposition of industrial energy consumption–an alternative method. *Energy Economics*. Vol. 14, no. 4, pp. 265-270.

[10] **Doblin, C.P.**, (1988). Declining energy intensity in US manufacturing sector. *The Energy Journal*. Vol. 9, no. 2, pp. 109-135.

[11] **Reitler, W., Rudolph, M. and Schaefer, H.**, (1987). Analysis of the factors influincing energy consumption in industry–a revised method. *Energy Economics*. Vol. 9, no. 3, pp. 145-148.

[12] **Liu, X.Q., Ang, B.W. and Ong, H.L.**, (1992). The application of the Divisia index to the decomposition of changes in industrial energy consumption. *The Energy Journal*. Vol. 13, no. 4, pp. 161-178.

[13] **Sun, J.W. and Malaksa, P.**, (1997). CO_2 emissions intensities in developed countries 1980-1994. *Energy*. Vol. 23, no. 2, pp. 105-112.

[14] **Sun, J.W.**, (1998). Changes in energy consumption and energy intensity: A complete decomposition model. *Energy Economics*. Vol. 20, no. 1, pp. 85-100.

[15] **Sun, J.W. and Ang, B. W.**, (2000). Some properties of an exact energy decomposition method. *Energy*. Vol. 25, no. 12, pp. 1177-1188.

[16] **Ang, B.W.**, (1993). Sector disaggregation, structural effect and industrial energy use: An approach to analyze the interrelationships. *Energy*. Vol. 18, no. 10, pp. 1033-1044.

[17] **Ang, B.W.**, (1994). Decomposition of industrial energy consumption: The energy intensity approach. *Energy Economics*. Vol. 16, no. 3, pp. 163-174.

[18] **Ang, B.W.**, (1995). Multilevel decomposition of industrial energy consumption. *Energy Economics*. Vol. 17, no. 1, pp. 39-51.

[19] **Ang, B.W.**, (1995). Decomposition methodology in industrial energy demand analysis. *Energy*. Vol. 20, no. 11, pp. 1081-1095.

[20] **Ang, B.W. and Choi, K.H.**, (1997). Decomposition of aggregate energy and gas emission intensities for industry: A refined Divisia index method. *The Energy Journal*. Vol. 18, no. 3, pp. 59-74.

[21] **Ang, B.W., Zhang, F.Q. and Choi, K.H.**, (1997). Factorizing changes in energy and environmental indicators through decomposition. *Energy*. Vol. 23, no. 6, pp. 489-495.

[22] **Ang, B. W., Liu, F. L. and Chew, E. P.**, (2003). Perfect decomposition techniques in energy and environmental analysis. *Energy Policy*. Vol. 31, no. 14, pp. 1561-1566.

[23] **Ang, B.W. and Zhang, F.Q.**, (1999). Inter-regional comparisons of energy-related CO2 emissions using the decomposition technique. *Energy*. Vol. 24, no. 4, pp. 297-305.

[24] **Ang, B.W. and Zhang, F.Q.**, (2000). A survey of index decomposition analysis in energy and environmental studies. *Energy*. Vol. 25, no. 12, pp. 1149-1176.

[25] **Ang, B. W. and Liu, F.L.**, (2001). A new energy decomposition method: perfect in decomposition and consistent in aggregation. *Energy*. Vol. 26, no. 6,pp. 537-548.

[26] **Zhang, F.Q. and Ang, B.W.**, (2001). Methodological issues in cross-country/region decomposition of energy and environment indicators. *Energy Economics*. Vol. 23, no. 2, pp. 179-190.

[27] **Ang, B.W. and Choi, K.H.**, (2002). Boundary problem in carbon emission decomposition. *Energy Policy*. Vol. 30, no. 13, pp. 1201-1205.

[28] **Hamilton, C. and Turton, H.**, (2000). Determinants of emissions growth in OECD countries. *Energy Policy*. Vol. 30, no. 1, pp. 63-71.

[29] **Choi, K.H. and Ang, B.W.**, Decomposition of aggregate energy intensity changes in two measures: ratio and difference. *Energy Economics*. Vol. 25, no.6, pp. 615-624.

[30] **Paul, S. and Bhattacharya, R.N.**, (2004). CO_2 emission from energy use in India: A decomposition analysis. *Energy Policy*. Vol. 32, no. 5, pp. 585-593.

[31] **Ang, B.W.**, (2005). The LMDI approach to decompositon analysis: a practical guide. *Energy Policy*. Vol. 33, no. 7, pp. 867-871.

[32] **Wang, C., Chen, J. and Zou, J.**, (2005). Decomposition of energy-related CO_2 emission in China: 1957-2000. *Energy*. Vol. 30, no. 1, pp. 73-83.

[33] **Diakoulaki, D., Mavrotas, G., Orkopoulos, D. and Papyannakis, L.**, (2006) A bottom-up decomposition analysis of energy-related CO_2 emission in Greece. *Energy*. Vol. 31, no. 14, pp. 2638-2651.

[34] **Duro, J. A. and Padilla, E.**, (2006). International inequalities in per capita CO_2 emissions: A decomposition methodology by Kaya factors. *Energy Economics*. Vol. 28, no. 2, pp. 170-187.

[35] **Kawase, R., Matsuoka, Y. and Fujino, J.**, (2006). Decomposition analysis of CO_2 emission in long term climate stabilization scenario. *Energy Policy*. Vol. 34, no. 15, pp. 2113-2122.

[36] **Ang, B.W. and Liu, N.**, (2007). Handling zero values in the logarithmic mean Divisia index decomposition approach. *Energy Policy*. Vol. 35, no. 1, pp. 238-246.

[37] **Ma, C. and Stern, D.I.**, (2008). China's changing energy intensity trend: A decomposition analysis. *Energy Economics*. Vol. 30, no. 3, pp. 1037-1053.

[38] **Malla, S.**, (2009). CO_2 emissions from electricity generation in seven Asia-Pasific and North American countries: A decomposition analysis. *Energy Policy*. Vol. 37, no. 1, pp. 1-9.

[39] **Tunç, G.İ., Türüt-Aşık, S. and Akbostancı E.**, (2009). A decomposition analysis of CO2 emissions from energy use: Turkish case. *Energy Policy*. Vol. 37, no. 11, pp. 4689-4699.

[40] **Zhao, X., Chunbo, M. and Dongyue, H.**, (2010). Why did China's energy intensity increase during 1998-2006: Decomposition and policy analysis. *Energy Policy*. Vol. 38, no. 3, pp. 1379-1388.

[41] **Freitas, L. C. and Kaneko, S.**, (2011). Decomposition of CO_2 emissions change from energy consumption in Brazil: Challenges and policy implications. *Energy Policy*. Vol. 39, no. 3, pp. 1495-1504.

[42] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). CO_2 emissions from fuel combustion 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.

[43] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). CO_2 emissions from fuel combustion 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[44] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Balances of OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.

[45] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Balances of OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[46] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Statistics of OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.

[47] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Statistics of OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[48] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Balances of Non-OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.

[49] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Balances of Non-OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[50] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Statistics of Non-OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.

[51] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Statistics of Non-OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[52] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (1990). IPCC First Assessment Report 1990 (FAR). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[53] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (1992). 1992 Supplementary Reports. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[54] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (1995). IPCC Second Assessment Report: Climate Change 1995 (SAR). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[55] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (2001). IPCC Third Assessment Report: Climate Change 2001 (TAR). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[56] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (2007). Climate Change 2007 - The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[57] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (2007). Climate Change 2007 - Impacts, Adaptation and Vulnerability, Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the IPCC, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[58] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (2007). Climate Change 2007 - Mitigation of Climate Change, Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the IPCC, IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Cambridge University Press. Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

[59] **United Nations (UN)**, (1992). The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). Rio de Janeiro, Brazil.

[60] **United Nations (UN)**, (1998). Kyoto Protocol to The Unıted Nations Framework Convention on Climate Change. Kyoto, Japan.

[61] **Marland, G., Boden, T.A. and Andres, R.J.**, (2008). *Global, Regional, and National Fossil Fuel CO_2 Emissions. In Trends: A Compendium of Data on Global Change*. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy, Oak Ridge, Tenn., U.S.A.

[62] **U.S. Department of Energy Energy Information Administration**, (2009). International Energy Outlook 2009 Edition. DOE/EIA, Washington, D. C.

[63] **U.S. Department of Energy Energy Information Administration**, (2010). International Energy Outlook 2010 Edition. DOE/EIA, Washington, D. C.

[64] **U.S. Department of Energy Energy Information Administration**, (2011). International Energy Outlook 2011 Edition. DOE/EIA, Washington, D. C.

[65] **International Energy Agency (IEA)**, (2008). World Energy Outlook 2008 Edition. OECD/IEA, Paris.

[66] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). World Energy Outlook 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.

[67] **Sohtaoğlu, N. H. ve Kocaöz, H.**, (2006). OECD ülkelerindeki enerji ar-ge harcamalarının analizi, *Türkiye 10. Enerji Kongresi, Bildiriler Kitabı*, İstanbul, Türkiye, 26 Kasım-1 Aralık.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad: Duygu PAPUR
Doğum Yeri ve Tarihi: Ankara, 01.01.1986
E-Posta: papur@itu.edu.tr , duygupapur@gmail.com
Lisans: İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü