

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FOSİL YAKITLARIN TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN KARBONDİOKSİT  
SALIMLARI İLE BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN  
EKONOMETRİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Veysel SARICI**

**Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Elektrik Mühendisliği Programı**

**AĞUSTOS 2012**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**FOSİL YAKITLARIN TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN KARBONDİOKSİT  
SALIMLARI İLE BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN  
EKONOMETRİK ANALİZİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Veysel SARICI  
(504101038)**

**Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Elektrik Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU**

**AĞUSTOS 2012**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504101038 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi **Veysel SARICI**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı **“FOSİL YAKITLARIN TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN KARBONDİOKSİT SALIMLARI İLE BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN EKONOMETRİK ANALİZİ”** başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

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

**Jüri Üyeleri :** **Prof. Dr. Özcan KALENDERLİ** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

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

**Teslim Tarihi : 30 Temmuz 2012**  
**Savunma Tarihi : 13 Ağustos 2012**



## ÖNSÖZ

Elektrik mühendisliği lisans bitirme projesi sürecinde tanıştığım, disiplinlerarası çalışmalara yönelebilmemi teşvik eden, mühendislik araç ve yöntemlerine ilişkin derinlik kazanabilmem konusunda bilgi ve tecrübesini esirgemeyen, yüksek lisans eğitimim boyunca eksiklerimi görme konusunda desteğine sürekli ihtiyaç duyduğum, yüksek lisans tez sürecinin her aşamasında katkıda bulunan ve yönlendiren Sayın Hocam Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU'na, ayrıca çalışmalarımın olgunlaştırılmasında katkılarını esirgemeyen Sayın Araş. Gör. Duygu PAPUR'a en içten teşekkürlerimi sunarım.

Temmuz 2012

Veysel SARICI





## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

ONAY SAYFASI .....	iii
ÖNSÖZ .....	v
İÇİNDEKİLER .....	vii
KISALTMALAR .....	ix
ÇİZELGE LİSTESİ .....	xi
ŞEKİL LİSTESİ .....	xiii
SEMBOL LİSTESİ .....	xv
ÖZET .....	xvii
SUMMARY .....	xix
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1 Tezin Amacı .....	1
1.2 Literatür Araştırması .....	1
1.3 Yöntem .....	3
1.4 Veri Kümesi .....	4
<b>2. TEMEL BÜYÜKLÜĞÜN EKONOMETRİK YAKLAŞIMLA MODELLENMESİ ....</b>	<b>5</b>
2.1 Çok Değişkenli Regresyon Analizi ve Temel Kabulleri .....	5
2.2 Etmenler Arasındaki İlişki Düzeyinin İrdelenmesi .....	7
2.3 Regresyon Denklemindeki Hata Terimine Yönelik Tanımlayıcı Sınamalar ....	8
2.3.1 Durağanlık testi .....	8
2.3.2 Normal dağılım testi .....	8
2.3.3 Ardışık bağımlılık testi .....	9
2.3.4 Eş varyans testi .....	10
2.4 Hata Terimlerinin Değerlendirilmesi .....	10
<b>3. VERİ ANAKÜMESİ KAPSAMINDA GENEL ENERJİ GÖRÜNÜMÜ .....</b>	<b>11</b>
3.1 Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Egemen Eğilimler .....	11
3.2 BRICS Ülkeleri .....	15
3.2.1 Brezilya .....	18
3.2.2 Rusya Federasyonu .....	19
3.2.3 Hindistan .....	21
3.2.4 Çin .....	23
3.2.5 Güney Afrika .....	26
3.3 Türkiye .....	28
<b>4. MODELLERİN OLUŞTURULMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>	<b>31</b>
4.1 Fosil Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Toplam Karbondioksit Salımlarının Açıklanmasına Yönelik Oluşturulan Modeller .....	31
4.2 Modellerin Karşılaştırılması ve Etmenlerin İrdelenmesi .....	33
4.2.1 Brezilya için analiz sonuçları .....	33
4.2.2 Rusya Federasyonu için analiz sonuçları .....	36
4.2.3 Hindistan için analiz sonuçları .....	39
4.2.4 Çin için analiz sonuçları .....	41
4.2.5 Güney Afrika için analiz sonuçları .....	44
4.2.6 Türkiye için analiz sonuçları .....	46
4.3 Modellerin Hata Terimleri Kapsamında Toplu Halde Karşılaştırılması .....	48
<b>5. SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>51</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>53</b>

<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>57</b>
-----------------------	-----------

## KISALTMALAR

<b>AB</b>	: Avrupa Birliği (European Union)
<b>ABD</b>	: Amerika Birleşik Devletleri
<b>ADF</b>	: Geliştirilmiş Dickey-Fuller testi (augmented Dickey-Fuller test)
<b>B-P</b>	: Breusch-Pagan testi
<b>BRIC</b>	: Brazil, Russian Federation, India, China
<b>BRICS</b>	: Brazil, Russian Federation, India, China, South Africa
<b>D-F</b>	: Dickey-Fuller testi
<b>D-W</b>	: Durbin-Watson testi
<b>EDH</b>	: Etkin değer hatası (root mean square error)
<b>ESTAT</b>	: Eurostat
<b>Eurostat</b>	: The Statistical Office of the European Union (Avrupa Birliği İstatistik Kurumu)
<b>GSYH</b>	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
<b>IEA</b>	: International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)
<b>IPCC</b>	: Intergovernmental Panel on Climate Change (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli)
<b>J-B</b>	: Jarque-Bera testi
<b>Mtoe</b>	: Milyon ton petrol eşdeğeri (million tonnes of oil equivalent) = $4,1868 \times 10^4$ TJ = $10^7$ Gcal = 11.630 GWh
<b>NFS</b>	: Nüfus
<b>OBMH</b>	: Ortalama bağıl mutlak hata (mean absolute percentage error)
<b>OECD</b>	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü)
<b>OMS</b>	: Ortalama mutlak sapma (mean absolute deviation)
<b>P-P</b>	: Phillips-Perron testi
<b>RKT</b>	: Regresyon kareleri toplamı (regression sum of squares)
<b>S-W</b>	: Shapiro-Wilk testi
<b>TBEA</b>	: Toplam Birincil Enerji Arzı
<b>TKDS</b>	: Enerji İlişkili Toplam Karbondioksit Salımları
<b>TKH</b>	: Toplam karesel hata (error sum of squares)
<b>toe</b>	: Ton petrol eşdeğeri (tonne of oil equivalent = 41,868 GJ = $10^7$ kcal)
<b>UN</b>	: United Nations (Birleşmiş Milletler)
<b>U.S. EIA</b>	: U.S. Energy Information Administration (Amerika Birleşik Devletleri Enerji Bilgi İdaresi)



## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

<b>Çizelge 3.1</b> : BRICS ülkeleri, Türkiye ile bölgelerin temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler ve küresel toplamdaki payları .....	17
<b>Çizelge 4.1</b> : Brezilya için hesaplanan parametreler .....	33
<b>Çizelge 4.2</b> : Brezilya için hata teriminin irdelenmesi .....	34
<b>Çizelge 4.3</b> : Brezilya için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	34
<b>Çizelge 4.4</b> : Brezilya'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	35
<b>Çizelge 4.5</b> : Brezilya'da fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	36
<b>Çizelge 4.6</b> : Rusya Federasyonu için hesaplanan parametreler .....	36
<b>Çizelge 4.7</b> : Rusya Federasyonu için hata teriminin irdelenmesi .....	37
<b>Çizelge 4.8</b> : Rusya Federasyonu için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	37
<b>Çizelge 4.9</b> : Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	38
<b>Çizelge 4.10</b> : Rusya Federasyonu'nda fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	38
<b>Çizelge 4.11</b> : Hindistan için hesaplanan parametreler .....	39
<b>Çizelge 4.12</b> : Hindistan için hata teriminin irdelenmesi .....	39
<b>Çizelge 4.13</b> : Hindistan için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	40
<b>Çizelge 4.14</b> : Hindistan'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	40
<b>Çizelge 4.15</b> : Hindistan'da fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	41
<b>Çizelge 4.16</b> : Çin için hesaplanan parametreler .....	41
<b>Çizelge 4.17</b> : Çin için hata teriminin irdelenmesi .....	42
<b>Çizelge 4.18</b> : Çin için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	42
<b>Çizelge 4.19</b> : Çin'de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	43
<b>Çizelge 4.20</b> : Çin'de fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	43
<b>Çizelge 4.21</b> : Güney Afrika için hesaplanan parametreler .....	44
<b>Çizelge 4.22</b> : Güney Afrika için hata teriminin irdelenmesi .....	44
<b>Çizelge 4.23</b> : Güney Afrika için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	45
<b>Çizelge 4.24</b> : Güney Afrika'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	45
<b>Çizelge 4.25</b> : Güney Afrika'da fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	46
<b>Çizelge 4.26</b> : Türkiye için hesaplanan parametreler .....	46
<b>Çizelge 4.27</b> : Türkiye için hata teriminin irdelenmesi .....	47
<b>Çizelge 4.28</b> : Türkiye için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları .....	47
<b>Çizelge 4.29</b> : Türkiye'de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler .....	48
<b>Çizelge 4.30</b> : Türkiye'de fark denklemleri için hesaplanan parametreler .....	48
<b>Çizelge 4.31</b> : Analiz kapsamındaki ülkelerin hata terimlerinin karşılaştırılması ....	49



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

<b>Şekil 3.1</b> : Küresel toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü .....	12
<b>Şekil 3.2</b> : OECD üyesi ülkelerin toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü ..	13
<b>Şekil 3.3</b> : OECD dışında kalan ülkelerin toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü .....	13
<b>Şekil 3.4</b> : Küresel toplam enerji ile fosil yakıt arzındaki artış hızları .....	13
<b>Şekil 3.5</b> : OECD üyesi ülkelerin fosil yakıt arzındaki artış hızları .....	14
<b>Şekil 3.6</b> : OECD dışında kalan ülkelerin fosil yakıt arzındaki artış hızları .....	14
<b>Şekil 3.7</b> : Küresel toplam birincil enerji arzı ile enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının 2008 yılı için karşılaştırılması .....	14
<b>Şekil 3.8</b> : Çalışma kapsamında seçilen ülkelerin coğrafi konumları .....	15
<b>Şekil 3.9</b> : Brezilya'nın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler .....	19
<b>Şekil 3.10</b> : Brezilya'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	19
<b>Şekil 3.11</b> : Rusya Federasyonu'nun temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler ....	20
<b>Şekil 3.12</b> : Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	21
<b>Şekil 3.13</b> : Hindistan'ın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler .....	22
<b>Şekil 3.14</b> : Hindistan'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	23
<b>Şekil 3.15</b> : Çin'in temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler .....	24
<b>Şekil 3.16</b> : Çin'de kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	25
<b>Şekil 3.17</b> : Güney Afrika'nın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler .....	27
<b>Şekil 3.18</b> : Güney Afrika'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	27
<b>Şekil 3.19</b> : Türkiye'nin temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler .....	28
<b>Şekil 3.20</b> : Türkiye'de kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler .....	29





## SEMBOL LİSTESİ

$a_i$	: Ortalamalardan elde edilen sabitler
$b$	: Regresyon modelinde hesaplanan katsayılar
$BP$	: Breusch-Pagan test istatistiği
$C_k$	: Otokovaryans
$d$	: Durbin-Watson istatistiği
$e$	: $n \times 1$ boyutundaki hata terimleri vektörü
$f$	: Regresyon kütle denkliği
$GSYH$	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
$H_0$	: Sıfır hipotezi
$H_1$	: Alternatif hipotez
$i$	: ( $i=1,2, \dots, n$ ) gözlem noktaları
$j$	: ( $j=1,2, \dots, k$ ) değişken sayısı
$JB$	: Jarque-Bera test istatistiği
$L$	: Birim zaman adımı
$\ln$	: Doğal logaritma operatörü
$n$	: Örnek hacmi
$NFS$	: Nüfus
$p_a$	: Dickey-Fuller testi birim kök katsayısı
$S(b)$	: En küçük kareler yönteminde toplam karesel hatayı belirten fonksiyon
$TBEA$	: Toplam Birincil Enerji Arzı
$TKDS$	: Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları
$W$	: Shapiro-Wilk test istatistiği
$x$	: Bağımsız değişken
$y$	: Bağımlı değişken
$y^*$	: Hesaplanan değerler
$y_{(i)}$	: Örneklemden en küçük değer
$\alpha_i$	: Model 1'e ait katsayılar
$\beta$	: Regresyon modeline ait katsayılar
$\gamma_i$	: Model 2'ye ait katsayılar
$\delta_i$	: Model 3'e ait katsayılar
$\varepsilon$	: Hata terimi
$\eta_i$	: Model 4'e ait katsayılar
$\theta_i$	: Model 5'e ait katsayılar
$\lambda_i$	: Model 6'ya ait katsayılar
$\mu$	: Örnek ortalaması
$\omega_i$	: Model 7'ye ait katsayılar
$\rho_k$	: k. adım otokorelasyon fonksiyonu
$\partial$	: Türev operatörü
$\Delta$	: Fark alma operatörü



# FOSİL YAKITLARIN TÜKETİMİNDEN KAYNAKLANAN KARBONDİOKSİT SALIMLARI İLE BELİRLEYİCİ TEMEL ETMENLERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN EKONOMETRİK ANALİZİ

## ÖZET

Ekonometrik modeller oluşturulurken, güvenilir sonuçlar elde edilebilmesi amacıyla, davranışı hakkında incelemede bulunulan değişken üzerinde etkili büyüklüklerin etkin ve sapmasız belirlenebilmesi gerekmektedir. Bu amaçla, tez çalışmasında seçilen değişkenler arasındaki ilişki yapısının en uygun modellerle ortaya konulmasında regresyon analizi kullanılmıştır. Fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarının davranışında birçok faktör belirleyici rol üstlenirken, söz konusu unsurların açıklayıcılığının, etkin ve hatasız olarak saptanmasıyla ilgili büyüklüğün davranışı daha gerçekçi belirlenebilmekte, böylelikle ileride geliştirilmesi planlanan modellerin daha küçük hata ile kurulabilmesi mümkün kılınabilmektedir. Bu kapsamda, son yıllardaki güçlü büyüme performanslarıyla dikkati çeken ve küresel ekonomiye dinamizm katan Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika'nın yer aldığı BRICS ülkeleri ile Türkiye kapsamında temel enerji, ekonomi, çevre büyüklüklerinin ekonometrik olarak modellenmesiyle değişkenler arasındaki ilişki düzeyinin belirlenmesi için analizler gerçekleştirilmiştir. Temel enerji büyüklüklerinin anılan ülkelerdeki göreceli etki düzeyinin belirlenmesi için regresyon analizi kullanılmış, en küçük kareler yöntemi ile parametreler hesaplanmıştır. Toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus dahil olmak üzere farklı bağımsız değişkenleri içeren yedi model dikkate alınarak her bir ülkenin enerji ilişkili karbondioksit salımlarının açıklanmasında, yansız ve sapmasız sonuçlar elde edilmesi amacıyla regresyon hata terimi büyüklükleri ve hata terimlerine yönelik belirleyicilik sınamalarından yararlanılmış, seçilen modelde yer alan büyüklüklerin bağımsız değişken üzerindeki etki düzeyi esneklik ilişkisi çerçevesinde ortaya konmuştur. Modellerin karşılaştırılması amacıyla hata terimlerinde belirleyicilik sınamaları olarak geliştirilmiş Dickey-Fuller ve Phillips-Perron durağanlık testleri, Jarque-Bera ve Shapiro-Wilk normal dağılım testleri, Durbin-Watson ardışık bağımlılık testi, Breusch-Pagan eş varyans testi kullanılırken, hata terimlerinin büyüklüklerinin irdelenmesi için etkin değer hatası, ortalama bağıl mutlak hata, ortalama mutlak sapma hesaplamalarından yararlanılmıştır. Oluşturulan yedi farklı modelde, ortaya çıkması muhtemel çoklu doğrusallık sorununun giderilmesi amacıyla söz konusu modellere ek olarak, kişi başına düşen enerji büyüklüklerinden yararlanılarak logaritmik dönüşümler ve fark denklemleri ile altı model daha oluşturulmuştur. Çoklu doğrusallık, çalışma kapsamında dikkate alınan ülkelerin enerji büyüklüklerinin gelişimi ve kendi aralarındaki ilişkisine bağlı olarak farklı şekillerde ortaya çıkarken, bazı ülkelerde ortaya çıkmadığı görülmüştür.



# AN ECONOMETRIC ANALYSIS OF THE RELATIONSHIPS BETWEEN ENERGY-RELATED CARBON-DIOXIDE EMISSIONS FROM FOSSIL FUEL COMBUSTION AND ITS MAIN DRIVERS

## SUMMARY

Since the industrial revolution, atmospheric concentrations of greenhouse gases have been rapidly increasing which strengthen the natural greenhouse effect and cause global warming and so climate change. Carbon-dioxide emissions are the major contributor of the greenhouse gases with share of about sixty percent of global total greenhouse gas emissions and energy is responsible for four fifths of the global total carbon-dioxide emissions as a result of fossil fuel combustion. Thus, environment has become an important part of energy policies and mitigation of carbon-dioxide emissions and taking incentives has also become one of the priorities of governments, so environmental and energy studies are ascended since 1980s. Variety of methods and approaches such as mathematical, statistical, econometric, heuristic etc. are implemented in the studies that try to analyze the behavioral pattern of energy-related carbon-dioxide emissions and specify the indicators of them and the effect of the indicators.

The main objective of the econometric time series analysis is obtaining linear, non-linear, and quadratic etc. relations between variables. Linear regression model which is one of the basic methods finds the line that gives the best fits to the points of dependent (endogenous)  $y_i$  and independent (exogenous, regressor or covariate) variables of  $x_i$ , in  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) number of observation points. It is a technique of indicating strength of relationship among two or more variables. The difference between predicted values of dependent variable namely  $y_i^*$  and actual values denotes residuals of regression  $\varepsilon_i$  which are minimized using the techniques of least squares. If there exists more than one explanatory variable which have an influence on dependent variable, the simple equation is transformed into multiple regression analysis and ordinary least squares method used in matrix form. The generic form of linear regression is shown in Equation (1) as;

$$y_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}) + \varepsilon_i \quad (1)$$

The objective of first equation is determining function of  $f$  which is called population regression equation of  $y_i$  on  $x_{1i}, \dots, x_{ki}$ . By the expression of last equation yields in Equation (2) which is more explicit form of  $f$  function.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (2)$$

Because of having more than one independent variable, it is transformed into matrix form to express last two equation in observation size and number of variables in Equation (3). The  $n \times k$  matrix of independent variable  $X$  consist of the first index  $j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) indicates the variable number in columns, and the second index  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) refers to observation number in rows. If the last equation is written in the form of below in which  $\beta$  is a  $k \times 1$  vector of unknown parameters and  $\varepsilon$  is an  $n \times 1$  vector of unobserved disturbances.

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (3)$$

Error terms (residuals) shown as  $\varepsilon$  are random disturbance which disturbs stable relationship. It takes place due to non-captured relationship of variables, measurement errors, etc. The parameters of regression equation are estimated by employing the technique of least squares by means of obtaining minimum of  $\varepsilon^2$  by using the process given below. If  $b$  is a  $k \times 1$  vector of estimates of  $\beta$ , the estimated model is written as in Equation (4).

$$y = Xb + e \quad (4)$$

Then,  $e$  represents the  $n \times 1$  vector of residuals, which can be calculated from the estimates of  $b$  which is given in Equation (5).

$$e = y - Xb \quad (5)$$

For the aim of calculating sum of the squares of residuals  $S(b)$  with a function of  $b$ , Equation (6) is constructed.

$$\begin{aligned} S(b) &= \sum e_i^2 = e'e = (y - Xb)'(y - Xb) \\ &= y'y - y'Xb - b'X'y + b'X'Xb \end{aligned} \quad (6)$$

The least square estimator is obtained by differentiating  $S(b)$  to minimize error terms in Equation (7).

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2X'y + 2X'Xb \quad (7)$$

Setting last equation equal to zero which gives normal equations in Equation (8).

$$X'Xb = X'y \quad (8)$$

Solving previous formulation for obtaining  $b$  gives parameter estimations as follows in Equation (9).

$$b = (X'X)^{-1}X'y \quad (9)$$

Regression analysis requires a sequence of assumptions on coefficients, common equation and residuals. One of them is linearity refers to the manner in which the parameters and the disturbance enter the equation, not necessarily to the relationship among the variables. Logarithmic transform of variables provides to assist in getting linearity. Log-linear model is one of the practical way as given in Equation (10).

$$\ln y_i = \beta_1 + \beta_2 \ln x_{2i} + \beta_3 \ln x_{3i} + \dots + \beta_k \ln x_{ki} + \varepsilon_i \quad (10)$$

The parameters of last equation present constant elasticity of  $y$  regard to change in  $x$  as given in Equation (11).

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln x_{ji}} = \beta_j \quad (11)$$

The mathematical differences between actual values of  $y$  and estimations obtained with use of  $x$ , result in errors terms also known as residuals. The model confirmation of regression result requires some assumptions on these values which are necessity for preventing spurious regression. Fixed regressors (full rank matrix), random disturbances with zero mean (exogeneity of independent variables), homoscedasticity, nonautocorrelation, constant parameters, normality are other assumptions of regression analysis besides linearity. Therefore, the sequence of tests could be applied to residuals for achieving not biased and best estimation results. In this thesis, Augmented Dickey Fuller and Phillips-Perron tests are

implemented for detecting unit root in errors to measure stationarity in which has the null hypothesis of being unit root in series. Normality of disturbances is checked using Jarque-Bera and Shapiro-Wilk tests which offer the null hypothesis that the sample comes from gaussian distribution and the alternative is not. Durbin-Watson statistic is utilized for examination of having no autocorrelation in error terms of regression analysis as  $H_0$ . Also, Breusch Pagan test applied for analyzing homoscedasticity in which heteroscedasticity considered for the alternative hypothesis.

In leading Non-OECD countries namely BRICS, which is the initials of Brazil, the Russia Federation, India, China, South Africa, as well as Turkey momentum of economic development in line with population generate strong growth in energy demand and increase in energy-related carbon-dioxide emissions due to the combination of key macro- and micro-economic reforms, regulatory and structural transformations which have put forward increasingly important climate discussions. Also, the developing world has significantly more access to low-cost fuels with global technology spill-over which sets upward pressure on energy demand and energy-related carbon-dioxide emissions. Therefore, putting these countries on track for stabilization of the emission levels are needed for sustainable development and supporting the prospects for long-term growth by energy planning and policy decisions.

The behavior of energy related carbon-dioxide emissions is the interplay of a number of different determinants, and most of which are hard to predict accurately. Economic, social, and behavioral etc. factors are the main source of uncertainty surrounding energy-emissions prospects by the aspect of tackling either environmental or energy security concerns. In this paper, the independent variables of total primary energy supply (TBEA), gross domestic product (GSYH), and population (NFS) are considered on account of forecasting energy-related carbon-dioxide emissions (TKDS) of fast developing countries which are Brazil, Russia, India, China, and South Africa using ordinary least squares method. Thus, varying combinations of exogenous variables are studied for each country. To make an econometric model it is needed to decide which variables provide the best explanation of the dependent variable. Therefore, different types of models which are taken into account are exhibited in seven equations sequenced below.

$$\begin{aligned} \text{Model 1} \quad \ln TKDS_i &= \alpha_1 + \alpha_2 \ln TBEA_i + \alpha_3 \ln GSYH_i \\ &+ \alpha_4 \ln NFS_i + \varepsilon_{1,i} \end{aligned} \quad (12)$$

$$\text{Model 2} \quad \ln TKDS_i = \gamma_1 + \gamma_2 \ln TBEA_i + \gamma_3 \ln GSYH_i + \varepsilon_{2,i} \quad (13)$$

$$\text{Model 3} \quad \ln TKDS_i = \delta_1 + \delta_2 \ln TBEA_i + \delta_3 \ln NFS_i + \varepsilon_{3,i} \quad (14)$$

$$\text{Model 4} \quad \ln TKDS_i = \eta_1 + \eta_2 \ln GSYH_i + \eta_3 \ln NFS_i + \varepsilon_{4,i} \quad (15)$$

$$\text{Model 5} \quad \ln TKDS_i = \theta_1 + \theta_2 \ln TBEA_i + \varepsilon_{5,i} \quad (16)$$

$$\text{Model 6} \quad \ln TKDS_i = \lambda_1 + \lambda_2 \ln GSYH_i + \varepsilon_{6,i} \quad (17)$$

$$\text{Model 7} \quad \ln TKDS_i = \omega_1 + \omega_2 \ln NFS_i + \varepsilon_{7,i} \quad (18)$$

As a part of this thesis parameter estimates are discussed to select the most applicable model or models to determine the behavior of energy-related carbon-dioxide emissions' trajectory in BRICS countries and Turkey. Besides that, diagnostic tests of residuals which cover Augmented Dickey Fuller (ADF),

Phillips-Perron (P-P), Jarque-Bera (J-B), Shapiro-Wilk (S-W), Durbin-Watson (D-W), Breusch-Pagan (B-P) approaches are considered in addition to measurement errors of models covering root mean square error (RMSE), mean absolute percentage error (MAPE), and mean absolute deviate (MAD) while model selection process. Moreover, practical significance of models are included as well as the arguments of statistical significance.

In addition to seven models, per capita calculations for TKDS/NFS, TBEA/NFS and GSYH/NFS are included with logarithmic transform in Model A1, Model A2, Model A3 for detecting multicollinearity problematic as sequenced below.

$$\text{Model A1} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = a_1 + a_2 \ln\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + a_3 \ln\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{8,i} \quad (19)$$

$$\text{Model A2} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = b_1 + b_2 \ln\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{9,i} \quad (20)$$

$$\text{Model A3} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = c_1 + c_2 \ln\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{10,i} \quad (21)$$

Another solution of multicollinearity which is possible to occur in seven models is differences of per capita values of data set. The formulation of this process is given in Model B1, Model B2, Model B3.

$$\text{Model B1} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = d_1 + d_2 \Delta\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + d_3 \Delta\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{11,i} \quad (22)$$

$$\text{Model B2} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = e_1 + e_2 \Delta\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{12,i} \quad (23)$$

$$\text{Model B3} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = f_1 + f_2 \Delta\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{13,i} \quad (24)$$

Modeling carbon-dioxide emissions from fossil fuel combustion of these countries with total primary energy supply, gross domestic product using power purchasing parities, and population using multiple regression analysis is aimed for different models based on different sets of independent variables are obtained and they are compared to each other to assess the best model to explain behavioral pattern of energy-related carbon-dioxide emissions of BRICS countries and Turkey to propose an ideal independent variable sets included model. Diagnostics tests of obtained models for residuals and different error measurement types are applied to all the models with different independent variables in order to find the most accurate regression model. For that aim, the factors affecting the carbon-dioxide emissions of BRICS countries and Turkey are determined to decide on dependency level of independent variables in addition to strategies in country level with elasticities of independent variables to limit or mitigate emission levels.



## **1. GİRİŞ**

### **1.1 Tezin Amacı**

Bu çalışmada, herhangi temel bir büyüklük üzerinde belirleyici olduğu varsayılan etmenlerin ekonometrik yaklaşımla modellenmesinden hareketle, kullanılan veri anakümesinde yer alan sosyo-ekonomik büyüklüklerin fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları üzerindeki açıklayıcılığının oluşturulan çok değişkenli modeller kullanılarak ayrıntılı halde irdelenmesi, küresel ölçekteki büyüme ve gelişme dinamikleriyle dikkati çeken, değişik coğrafi bölgelerde yer alan, farklı doğal kaynaklara ve iklim özelliklerine sahip, ekonomik, siyasi, sosyal, teknik, demografik vb. diğer unsurlar açısından da birbirlerinden farklı özellikler gösteren seçilmiş ülkelere yönelik uygulamaların karşılaştırmalı sunulması amaçlanmıştır.

### **1.2 Literatür Araştırması**

Sanayi Devrimi ile birlikte sera gazlarının atmosferdeki yoğunluğunda gözlenen hızlı artışın küresel ısınma, dolayısıyla iklim değişikliğinin temel gerekçelerinden birisini oluşturduğu, insan kaynaklı sera gazları ile küresel ısınma ve iklim değişikliği olgusu arasındaki ilişkinin giderek güçlendiği, Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) raporlarında [1,2,3,4] ifade edilmektedir. Küresel toplam sera gazı salımlarının yaklaşık üçte ikisine, küresel toplam karbondioksit salımının ise yaklaşık beşte dördüne enerji ilişkili faaliyetler yol açmaktadır.

Enerji sektörünün küresel ısınma üzerindeki belirleyiciliğine koşut olarak, enerji, ekonomi ve çevre başlıklarındaki çalışmalar, özellikle 1990'lı yılların ikinci yarısından itibaren hız kazanmış, matematiksel [5,6,7,8], istatistiksel [9,10], ekonometrik [11-32] vb. diğer yaklaşımlar kullanılarak, toplam birincil enerji arzı ve/veya toplam nihai enerji tüketimi, ekonomik büyüme, nüfus, doğrudan yabancı sermaye yatırımları, dış ticaret vb. değişkenler ile karbondioksit salımları arasındaki ilişkiler sorgulanmıştır.

1980'li yıllardan itibaren enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin ortaya konabilmesine yönelik girişimler [11,26,27], enerji, ekonomi ve çevre başlıklarının bütüncül olarak irdelenmesine yönelik çalışmalara [11-25,28-32] temel

oluşturmuştur. Tucker [33], enerji kaynaklı küresel toplam karbondioksit salımı ile küresel katma değer arasındaki ilişkiyi irdelenmiştir. Bruyn ve diğ. [34] ise, ekonomik büyümenin insan kaynaklı sera gazı salımlarında gözlenen artış üzerindeki etkisini ortaya koyan Kuznet eğrileriyle analizler gerçekleştirmiş, söz konusu ilişkinin gelişmekte olan ülkelerde çok daha güçlü gözlenmesine karşın, ülkelerin gelişmişlik düzeyi arttıkça zayıfladığını ortaya koymuştur. Nüfus artışının enerji ilişkili toplam karbondioksit salımı üzerindeki etkisi, Zarzoso ve diğ. [35] tarafından incelenmiştir.

2000'li yıllara kadar, enerji, ekonomi ve çevre başlıklarını kapsayan çalışmalarda [5-32], temel enerji verilerinin daha sağlıklı ve uzun zaman dilimi için elde edilebilmesi nedeniyle ağırlıklı olarak gelişmiş ülkelere odaklanılmıştır. Genellikle, gelişmiş dünya ülkelerinin toplumları, çağdaş altyapı olanakları ile desteklenen, enerji etkinliğine, verimliliğine ilişkin kazanımların kurumsallaştırıldığı, kentleşme sürecinin tamamlandığı, düşük nüfus artışlarıyla uyumlu, belirli tüketim olgunluğuna ve doyumluğa ulaşmış enerji tüketim yapısı ile nitelendirilebilirken, gelişmekte olan ülkelerde ise tam aksi söz konusudur. Dolayısıyla, gelişmekte olan ülkelerde gözlenen güçlü ekonomik büyüme ve hızlı nüfus artışı ile birlikte hızla artan enerji talebinin kömür başta olmak üzere fosil yakıtlardan karşılanması, bu ülkelerin enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarındaki payının büyümesine neden olmuş, özellikle son yıllarda başta Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika olmak üzere gelişmekte olan ülkelere yönelik çalışmalar artmıştır [6,7,14,15,17-22,24,26-30,32].

Gelişmekte olan ekonomileri kapsayan çalışmalarda, toplam birincil enerji arzı, toplam nihai enerji tüketimi, enerji üretim/tüketim mekanizması, sektörlerin toplam nihai enerji tüketimindeki rolü, fosil yakıtların toplam birincil enerji arzındaki payı, gayri safi yurtiçi hasıla, nüfus vb. diğer unsurlar kapsamında fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları irdelenmiş, anılan değişkenlerin temel büyüklük üzerindeki etkileri farklı yöntemlerle incelenmiştir.

Bu amaçla kullanılan yöntemlerden birisi olan ayırıştırma analizi, enerji ile ilişkili temel büyüklük üzerinde belirleyicilik taşıyan etmenlerdeki değişimin, göz önüne alınan temel büyüklüğün değişimine etkilerinin irdelenebilmesini sağladığından, enerji, ekonomi ve çevre ana başlığı çerçevesinde şekillenen çalışmalarda kullanılmıştır [7,10]. Kişi başına düşen toplam nihai enerji tüketimi ve toplam karbondioksit salımı vb. göstergeler kullanılarak oluşturulan matematik modeller ile enerji, ekonomi ve çevre arasındaki ilişkiler detaylandırılarak ülkeler, bölgeler ve farklı coğrafi özellikler dikkate alınarak incelenmiştir [8].

Tez çalışması kapsamında öne çıkan yöntemlerden bir diğeri de enerji ilişkili temel büyüklük ile onun üzerinde belirleyici olan etmenler arasındaki nedensellik ilişkisini sorgulayan ve ilişkinin yönünü belirlemeyi hedefleyen Granger nedensellik sınamasıdır [12-23]. Pao ve Tsai [15], Granger sınamasını kullanarak Brezilya, Rusya, Hindistan ve Çin'i kapsayan ve BRIC (Brazil, Russia, India, China) ülkeleri olarak adlandırılan ülkelerin enerji ilişkili karbondioksit salımları ile enerji tüketimi, doğrudan yabancı sermaye yatırımları ve gayri safi yurtiçi hasıla arasındaki nedensellik ilişkilerini araştırmıştır. Granger nedensellik sınaması kullanılan çalışmalarda [12-23], enerji ilişkili karbondioksit salımları ile toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus arasındaki neden-sonuç ilişkilerinin ortaya konması hedeflenirken, diğeri bir ekonometrik yöntem olan regresyon analizi ile gerçekleştirilen çalışmalarda [27] ise, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının tahmini, herhangi bir ülke ya da bölge için coğrafi, iklimsel, sosyo-ekonomik, enerji arz ve talep yapısı vb. diğeri özellikler gözletilmeksizin, toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus bağımsız değişkenleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Literatürde ekonometrik yöntemleri kullanarak enerji, ekonomi ve çevre ilişkisini ortaya koymayı hedefleyen çalışmalarda, yalnızca tek bir ülke, belirli bir coğrafi bölgedeki ya da ekonomik gelişmişliklerine göre gruplandırılmış ülkeler ele alınmıştır. Son yıllarda, Amerika Birleşik Devletleri ile Avrupa Birliği üyesi ülkeler dahil gelişmiş piyasa ekonomilerinde yaşanan ekonomik durgunluğa rağmen gelişen ekonomilerdeki dinamizme koşut olarak, gelişmekte olan ülkelere ilişkin çalışmalara ilgi artmıştır. Bu kapsamda, gelişmekte olan ekonomiler arasında gerek enerji talebindeki hızlı büyüme ve gerekse küresel ekonomideki artan paylarıyla öne çıkan Brezilya [6,28], Rusya Federasyonu [26,29], Hindistan [14,17], Çin [14,18,21,24] ve Güney Afrika [19]'ya ilişkin çalışmalar öne çıkmış, anılan ülkelerdeki enerji, ekonomi, çevre ilişkisi ekonometrik yöntemler kullanılarak tekil ya da toplu halde incelenmiştir.

### **1.3 Yöntem**

Tez çalışması kapsamında, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları ile belirleyici temel etmenleri arasındaki ilişkilerin açıklanabilmesi amacıyla, literatürden farklı olarak regresyon çözümlemesi kullanılmış, her bir belirleyici temel etmenin tekil halde, gruplandırılarak ve bütün haldeki etkilerini gösterebilecek farklı modeller oluşturulmuş, bu bağlamda hata terimlerine yönelik analizler gözetilerek temel büyüklük ile anılan unsurlar arasındaki ilişkilerin etkin, yansız ve sapmasız biçimde irdelenebilmesine olanak sağlanmıştır.

Küresel ölçekteki büyüme ve gelişme dinamikleriyle dikkati çeken, değişik coğrafi bölgelerde yer alan, farklı doğal kaynaklara ve iklim özelliklerine sahip, ekonomik, siyasi, sosyal, teknik, demografik vb. diğer unsurlar açısından da birbirlerinden oldukça farklılıklar gösteren, Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye olarak sıralanabilecek, seçilmiş ülkelere yönelik analizlerde, konuya ilişkin diğer çalışmalarda da dikkate alınan toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklükleri bağımsız değişkenler olarak belirlenmiş, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının açıklanabilmesi için yedi farklı model oluşturulmuş, regresyon analizinde kullanılan temel varsayımlar ile hata terimine ilişkin testler gözetilerek her bir ülkenin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının en etkin ve doğru biçimde açıklanabilmesi, ulaşılan sonuçların karşılaştırmalı halde sunulması hedeflenmiştir.

#### **1.4 Veri Kümesi**

Tez çalışmasında gereksinim duyulan ve 1971-2008 dönemini kapsayan veriler, genel bir veritabanı üzerinden işlemlere katılmıştır. Veritabanında yer alan temel büyüklüklerin tüm bileşenlerini, çalışmada öngörülen bütünlükte 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 [36-45] kullanılmıştır. Ana verikümesine dahil 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 ayrı halde yer alan veriler ile karşılaştırmalar yapılarak kullanılmasına özen gösterilmiştir.

Çalışmada sunulan ekonometrik model çerçevesinde kullanılan ve 1971-2008 dönemini kapsayan veri anakümesinde, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları ile toplam birincil enerji arzı, 2000 yılı satınalma gücü paritesine göre ABD doları cinsinden hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklüklerine ilişkin veriler, tüm Dünya ülkeleri için yıllık olarak yer almaktadır. Anılan veritabanı çerçevesinde seçilmiş ülkelere yönelik veri kümeleri oluşturulmuş, açık kaynak kodlu R yazılımı ile regresyon analizi gerçekleştirilmiştir.

## 2. TEMEL BÜYÜKLÜĞÜN EKONOMETRİK YAKLAŞIMLA MODELLENMESİ

### 2.1 Çok Değişkenli Regresyon Analizi ve Temel Kabulleri

Ekonometrik zaman serileri analizi, iki veya daha fazla değişken arasındaki doğrusal veya doğrusal olmayan ilişkilerin ortaya çıkarılmasında kullanılmaktadır. Ekonometrik zaman serilerinin analizinde kullanılan en temel yöntemlerden biri olan doğrusal regresyon modelinde, bağımsız (açıklayıcı, regresör, dış) değişkenin bağımlı (regresand, açıklanan, içsel) değişkene bağımlılık düzeyi ölçülmekte,  $i$  ( $i=1,2,\dots,n$ ) gözlem noktalarını göstermek üzere,  $x_i$ 'nin olası değerleri dikkate alınarak  $y_i$ 'nin modellenmesi amaçlanmaktadır.

Bağımsız değişkenin gerçek değerleri olan  $y_i$  ile hesaplanan  $y_i^*$  değerleri arasındaki fark olarak ifade edilen  $\varepsilon_i$  ile hata terimleri gösterilmekte, analizler ise en küçük kareler yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmektedir. Zaman içindeki davranışının incelenmesi hedeflenen değişken üzerinde etkili olduğu varsayılan bağımsız değişkenlerin birden fazla olması halinde matematiksel denklimler değiştirilerek çoklu regresyon analizinden faydalanılmakta, doğrusal regresyon analizinden farklı olarak en küçük kareler yöntemi matris formunda oluşturulmaktadır. En küçük kareler yönteminde hata terimlerinin en küçük değerlere ulaşması amaçlanmaktadır.

Çok değişkenli regresyon analizi genel halde Denklem (2.1)'de ifade edilmekte [46],  $j$  ( $j=1,2,\dots,k$ ) değişken sayısı olmak üzere,  $x_{1i}, \dots, x_{ki}$  bağımsız değişkenleri,  $y_i$  bağımlı değişkeni,  $\varepsilon_i$  ise hata terimini göstermektedir. Denklem (2.1)'de verilen  $f$  fonksiyonu regresyon kütle denklğini ifade etmekte, değişkenler arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır.

$$y_i = f(x_{1i}, x_{2i}, \dots, x_{ki}) + \varepsilon_i \quad (2.1)$$

Yukarıda genel olarak verilen ifade, Denklem (2.2)'de açık halde gösterilmiştir.

$$y_i = \beta_1 + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \dots + \beta_k x_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.2)$$

Denklem (2.1) ile Denklem (2.2)'deki hesaplamalar, matris formunda ise Denklem (2.3) kullanılmaktadır [47]. Matrislerle oluşturulan eşitliklerde birden fazla bağımsız değişken dikkate alınırken, hata terimleri de bağımlı değişkenle birlikte gözlem sayısı kadar oluşmaktadır.

$$y = \begin{bmatrix} y_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ y_n \end{bmatrix} \quad X = \begin{bmatrix} 1 & x_{21} & \dots & x_{k1} \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ \cdot & \cdot & & \cdot \\ 1 & x_{2n} & \dots & x_{kn} \end{bmatrix} \quad \beta = \begin{bmatrix} \beta_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \beta_k \end{bmatrix} \quad \varepsilon = \begin{bmatrix} \varepsilon_1 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ \varepsilon_n \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

Bağımsız değişkenlerin yer aldığı  $nxk$  boyutundaki  $X$  matrisinde birinci alt indis  $j$  ( $j=1,2, \dots,k$ ) sütunlardaki değişken sayısını, ikinci alt indis  $i$  ( $i=1,2, \dots,n$ ) satırlardaki gözlem sayısını tanımlamaktadır. Bağımsız değişkenlere ait  $k \times 1$  parametre vektörü  $\beta$  ve  $nx1$  büyüklüğündeki hata terimleri vektörü  $\varepsilon$ 'nin yer aldığı Denklem (2.3), Denklem (2.4) ile yalın halde gösterilebilmektedir.

$$y = X\beta + \varepsilon \quad (2.4)$$

Regresyon eşitliğinde, gerçek veriler ile modellere bağlı olarak hesaplanan değerler arasındaki farkı belirten ve artık değerler olarak da adlandırılan hata terimleri, değişkenler arasındaki kararlı yapıyı bozmakta, tespit edilemeyen ilişkiyi ortaya koymaktadır [46]. Denklem (2.4)'de  $\beta$  simgesiyle gösterilen parametreler, en küçük kareler yöntemiyle hata terimlerinin karesinden yola çıkılarak aşağıda verilen matematiksel süreç neticesinde belirlenmektedir [47].  $\beta$ 'nin parametrelerinin belirlenmesi amacıyla  $b$  ile gösterilen ve nihayetinde ulaşılmak istenen katsayıların hesaplanması, Denklem (2.5) ile başlayarak izleyen adımlarda sunulmuştur.

$$y = Xb + e \quad (2.5)$$

Hata terimlerini gösteren  $nx1$  vektör boyutundaki  $e$ , yeni parametre vektörü  $b$ 'nin saptanması amacıyla eşitliğin sol tarafına alındığında Denklem (2.6)'ya ulaşılmaktadır.

$$e = y - Xb \quad (2.6)$$

$b$ 'nin fonksiyonu olarak hata terimlerinin karesinin toplamını belirten  $S(b)$ , Denklem (2.7)'de temel bağıntı halinde verilmiştir.

$$\begin{aligned} S(b) &= \sum e_i^2 = e'e = (y - Xb)'(y - Xb) \\ &= y'y - y'Xb - b'X'y + b'X'Xb \end{aligned} \quad (2.7)$$

Gerçek veri kümesi ile hesaplanan değerler arasındaki açıklanamayan terimlerin minimize edilmesi amacıyla  $S(b)$ 'nin  $b$ 'ye göre türevinin alınmasıyla Denklem (2.8) elde edilmektedir.

$$\frac{\partial S}{\partial b} = -2X'y + 2X'Xb \quad (2.8)$$

Denklem (2.8)'in sağ tarafının sıfıra eşitlenmesiyle Denklem (2.9) bulunmakta,

$$X' Xb = X' y \quad (2.9)$$

Söz konusu eşitliğin  $b$ 'ye göre çözülmesiyle Denklem (2.10)'daki parametre sonuçlarına ulaşılmaktadır.

$$b = (X' X)^{-1} X' y \quad (2.10)$$

Modelleme çalışmalarının yansız ve sapmasız olması için regresyon analizi; katsayılar, eşitlikler ve hata terimlerine yönelik birtakım temel kabulleri içermektedir. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusal ilişki olması (doğrusallık), bağımsız değişkenler arasında doğrusal ilişki olmaması başka bir ifadeyle regresörlerin sabitliği vb. diğer varsayımlar parametreler özelinde incelenirken, rassallık, eş varyans (homoscedasticity), ardışık bağımlılık (otokorelasyon), normal dağılım ise hata terimlerinde aranan başlıca özelliklerdir [46,47].

## 2.2 Etmenler Arasındaki İlişki Düzeyinin İrdelenmesi

Çok değişkenli regresyon analizinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasında doğrusallık varsayımının sağlanabilmesi amacıyla logaritmik dönüşümlerden faydalanılmaktadır. Regresyon eşitliğine ilgili dönüşümün uygulanmasıyla elde edilen yapı Denklem (2.11)'de gösterilmiştir.

$$\ln y_i = \beta_1 + \beta_2 \ln x_{2i} + \beta_3 \ln x_{3i} + \dots + \beta_k \ln x_{ki} + \varepsilon_i \quad (2.11)$$

Söz konusu ifadenin ek küçük kareler yöntemiyle elde edilen katsayıları, bağımsız değişkenin bağımlı değişken üzerindeki marjinal görelî etkisini belirtmektedir. Denklem (2.12)'de  $y_i$ 'nin  $x_{ji}$ 'ye göre türevinin alınmasıyla hesaplanan  $\beta$  değerleri sabit esnekliği teşkil etmekte,  $x$ 'deki değişimin  $y$ 'nin davranışı üzerinde ne ölçüde belirleyici olduğu ortaya konmaktadır.

$$\frac{\partial \ln y_i}{\partial \ln x_{ji}} = \beta_j \quad (2.12)$$

Analiz sonucunda herhangi bir etmene ilişkin elde edilen  $\beta_j$  değerinin pozitif olması, incelenen büyüklükteki değişim ile söz konusu etmendeki değişimin aynı yönde olduğunu, negatif olması ise ters yönde gerçekleştiğini göstermektedir. Esnekliği ifade eden  $\beta$  katsayılarının bire eşit olması halinde birim esnekliğe ulaşılrken, birden büyük değerler alması halinde güçlü esneklik ilişkisini, aksi halde ise ilişkinin zayıf olduğunu ortaya koymaktadır.

## 2.3 Regresyon Denklemindeki Hata Terimine Yönelik Tanımlayıcı Sınamalar

### 2.3.1 Durağanlık testi

Durağanlık herhangi bir zaman serisinde ortalama ve varyansın sabitliği anlamına gelmekte, anılan özelliğin sağlanamadığı durumları belirlemek amacıyla birim kök testleri kullanılarak veri kümesinde zamanla ilişkili eğilim olup olmadığı ortaya çıkarılmaktadır. Dickey-Fuller [48], Sargan-Bhargava [49] ve Phillips-Perron [50,51] sınamaları, durağanlığın belirlenmesinde öne çıkan başlıca testlerdendir. Dickey-Fuller (D-F) basit ve genel yapısı itibariyle tercih edilirken, Phillips-Perron (P-P) testi parametrik olmaması nedeniyle yaygın olarak kullanılmaktadır.

Temel formu Denklem (2.13) ve Denklem (2.14)'de verilen D-F testi diğer sınamaların oluşturulmasına olanak sağlayarak farklı yöntemlerin ortaya çıkartılmasına katkıda bulunmuştur.

$$y_t = \rho_a y_{t-1} + u_t \quad (2.13)$$

$$(1-L)y_t = \Delta y_t = (\rho_a - 1)y_{t-1} + u_t \quad (2.14)$$

Denklem (2.14)'te  $\rho_a$ 'nın 1 olması  $y_t$ 'nin birim köke sahip olduğunu göstermekte, sıfır önsavı  $H_0: \rho_a=1$ , alternatif hipotez  $H_1: \rho_a < 1$  birim kökün olmaması haliyle karşılaştırılmaktadır. Denklemde görülen  $u_t$  ortalaması sıfır, sabit varyanslı bağımsız ve özdeş dağılımlı beyaz gürültü sürecini,  $L$  ise birim zaman adımını temsil etmektedir. Hata terimlerini gösteren  $u_t$ 'nin otokorelasyona sahip olması durumunda geliştirilmiş Dickey-Fuller (Augmented Dickey-Fuller, ADF) testi kullanılmaktadır.

Söz konusu sınamaya alternatif olarak ortaya konan yarı parametrik P-P testi Dickey-Fuller yaklaşımından faydalanmakta, hata terimlerinde otokorelasyonun bilinmediği ve değişen varyansla karşılaşıldığı durumlarda anlamlı sonuçların elde edilebilmesini olanaklı kılmaktadır.

### 2.3.2 Normal dağılım testi

Hata terimlerinin normal dağılıma uyması çok değişkenli regresyonda aranan bir diğer özelliktir. Jarque-Bera [52] sınaması, Gauss tipi dağılımda çarpıklığın sıfıra, basıklığın da üçe eşit olduğu temelinde oluşturulan Denklem (2.15)'deki ifadeyle gösterilmektedir. Çarpıklık ve basıklık hata terimlerinin normal dağılımdan ne ölçüde saptığının tespiti amacıyla kullanılan büyüklüklere dir.

$$JB = \left[ \frac{(\text{carpiklik})^2}{6} + \frac{(\text{basiklik})^2}{24} \right] \quad (2.15)$$



$H_0$  hipotezi  $N$  adet veriden oluşan örnek kümesinin normal dağılımdan geldiğini belirtmekte, test sonucu ki-kare dağılımıyla kıyaslanmaktadır. Hesaplanan test istatistiğinin ki-kare kritik değerini aşması durumunda sıfır hipotezi olan normal dağılımı reddedecek yeterli delil ortaya konmaktadır.

Jarque-Bera (J-B) testinin yanı sıra Shapiro-Wilk (S-W) [53] sınaması benzer şekilde normal dağılımın tespitinde kullanılmaktadır. Denklem (2.16)'de verilen  $W$  istatistiği örnek kümesinin Gauss dağılımına uyumunu kontrol etmektedir.

$$W = \frac{\left( \sum_{i=1}^n a_i y_{(i)} \right)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \mu)^2} \quad (2.16)$$

İlgili ifadede  $y_{(i)}$  örnekteki en küçük değeri temsil ederken,  $y_i$  veri kümesindeki elemanları,  $\mu$  örnek ortalamasını,  $a_i$  ortalamalardan elde edilen sabitleri,  $n$  örnek sayısını göstermekte, önsavlar Jarque-Bera testiyle aynı yönde hazırlanmaktadır.

### 2.3.3 Ardışık bağımlılık testi

Regresyon modelinde yer alan açıklanamayan terimlerde otokorelasyon olup olmadığını incelemek amacıyla Durbin-Watson [54,55,56] sınamasından yararlanılmaktadır. Ardışık bağımlılık, herhangi bir değişkenin kendi değerleri arasında zaman veya adım gecikmeli olarak korelasyonunu belirtmekte, Denklem (2.17)'de verildiği üzere otokovaryans fonksiyonundan faydalanılarak oluşturulmaktadır.

$$C_k = E[(y_t - \mu)(y_{t+k} - \mu)] \quad (2.17)$$

$y_t$  değişkeninin  $k$  adım gecikmeli birimi  $y_{t+k}$  ile ilişkisini ortaya koyan  $C_k$  otokovaryans değerinin varyansa bölünmesiyle  $k$ . adım otokorelasyon fonksiyonu Denklem (2.18)'de elde edilmektedir.

$$\rho_k = \frac{\gamma_k}{\sigma^2} \quad (2.18)$$

Denklem (2.19)'daki Durbin-Watson (D-W) istatistiğinin yaklaşık olarak ikiye eşit çıkması otokorelasyonun olmadığını belirtmektedir.

$$d = \frac{\sum_{t=2}^n (u_t - u_{t-1})^2}{\sum_{t=1}^n u_t^2} \quad (2.19)$$

Söz konusu analiz ile hata terimlerinin durağan ve normal dağıldığı kabul edilerek, artıklarda otokorelasyon olmadığını belirten sıfır hipotezi kurulmaktadır.

### 2.3.4 Eş varyans testi

Bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlere bağlı olarak modellenmesiyle ortaya çıkan artık terimlerde, değişen varyansın yer almaması regresyon analizinin sapmasız ve tutarlı sonuçlar vermesi açısından önem arz etmektedir. Sıfır hipotezi olarak sabit varyansın kabul edildiği Breusch-Pagan (B-P) [57] yaklaşımında değişen varyans alternatif hipotez olarak değerlendirilmektedir. Hata terimleri  $\varepsilon_i$ 'lerin karesinin açıklayıcı değişkenlerle ifadesiyle hesaplanan regresyon kareleri toplamı (RKT) ve toplam karesel hata (TKH) değerlerinden yola çıkarak Denklem (2.20)'nin sonucu, ki-kare dağılımıyla karşılaştırılarak eş varyans sınaması yapılmaktadır.

$$BP = \frac{RKT / 2}{(TKH / n)^2} \quad (2.20)$$

### 2.4 Hata Terimlerinin Değerlendirilmesi

Alternatif modellerin karşılaştırılabilmesi ve geçerliliklerinin irdelenmesi amacıyla hata terimlerinin büyüklüğü ölçülmekte, başlıca etkin değer hatası, EDH (Root Mean Square Error, RMSE), ortalama bağıl mutlak hata, OBMH (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ve ortalama mutlak sapma, OMS (Mean Absolute Deviation, MAD) hesaplamaları bu kapsamda kullanılmaktadır. Regresyon analiziyle bulunan  $y_i^*$  ile gerçek verilerin  $y_i$  kıyaslanması temeline dayanan yöntemlerden ilki Denklem (2.21)'de gösterilmiştir.

$$EDH = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - y_i^*)^2}{n}} \quad (2.21)$$

Yüzde hatanın bulunması ekseninde kullanılan OBMH ile Denklem (2.22)'de sunulduğu üzere mutlak değer sonuçlarına ulaşılmaktadır.

$$OBMH = \frac{100}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{y_i - y_i^*}{y_i} \right| \quad (2.22)$$

OMS tekniği ile hataların ortalama mutlak değerinin hesaplanması Denklem (2.23)'te verilmiştir.

$$OMS = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i - y_i^*| \quad (2.23)$$

### **3. VERİ ANAKÜMESİ KAPSAMINDA GENEL ENERJİ GÖRÜNÜMÜ**

Dünya ülkelerinin coğrafi, ekonomik, ticari, siyasi vb. diğer unsurlar gözetilerek tanımlanması, sınıflandırılması ve gruplandırılması söz konusudur. Tez çalışması kapsamında kullanılan veri anakümesi dahilinde tüm Dünya ülkeleri, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü üyesi ülkeler (Organisation for Economic Co-operation and Development, OECD countries) ile OECD yapısı dışında kalan ülkeler (Non-OECD countries) olarak iki ana grupta tanımlanmış, ülkelerin coğrafi konumlarına göre bölgesel niteliklerde alt gruplar oluşturulmuştur.

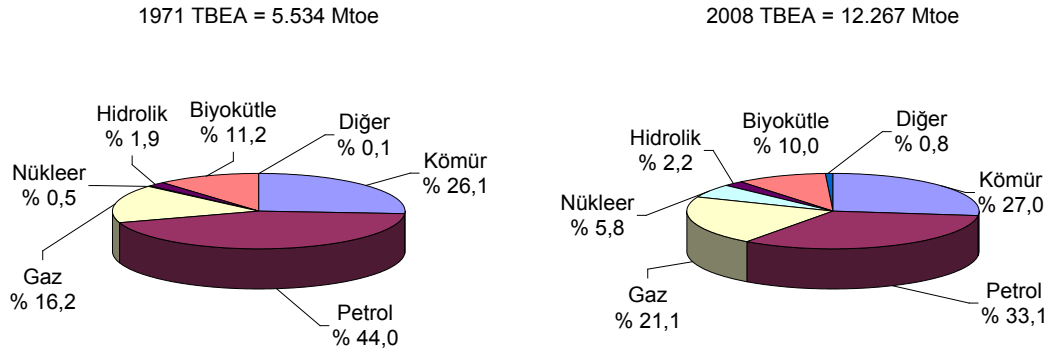
Çalışma kapsamında göz önüne alınan ve 1971 ile 2008 yıllarını kapsayan dönem için temel enerji, ekonomi ve çevre büyüklükleri [36-45] arasındaki ilişkiler küresel ölçekte irdelendiğinde, coğrafi bölgeler, ülkeler, birincil enerji kaynakları, insan kaynaklı sera gazı salımları, nihai tüketim sektörleri, demografik özellikler vb. diğer başlıklar dahilinde kaydedilen gelişmeler, egemen eğilimler ve geleceğe yönelik beklentiler çerçevesinde çok belirgin farklılıklar bulunmaktadır.

#### **3.1 Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkelerde Egemen Eğilimler**

Genel olarak, gelişmiş Dünya ülkelerinin toplumlari, enerji erişiminin çağdaş altyapı olanakları ile desteklendiği, elektrifikasyon ve kentleşme sürecinin tamamlandığı, düşük nüfus artışlarıyla uyumlu, görel olarak daha olgunlaşmış tüketim yapısı vb. diğer niteliklerle dikkati çekerken, gelişmekte olan ülkelerdeki mevcut eğilimler ve geleceğe ilişkin beklentiler ise tam aksi yöndedir. Gelişmiş ekonomilerde, enerjinin etkin ve verimli kullanılmasına yönelik süreklilik içeren kazanımların yanısıra, enerji yoğun sanayi faaliyetlerden uzaklaşılması, demir-çelik, kimya, rafineri, çimento vb. üretim altyapısının gelişmekte olan ülkelere kaydırılması, teknoloji yoğun hafif sanayi kolları ile hizmetler sektörü kapsamındaki faaliyet alanlarına odaklanması, enerji talebindeki artışları sınırlamakta veya azaltmaktadır.

1971 yılında 5.534 Mtoe olan küresel toplam birincil enerji arzı, 2008 yılında 12.267 Mtoe'ye yükselmiştir. 1971 ile 2008 yıllarını kapsayan süreçte, küresel toplam birincil enerji arzı 2,22 katına çıkarken, çoğunluğunu gelişmiş ekonomilerin oluşturduğu OECD yapısındaki artış 1,6 kat artış ile sınırlı kalmış, OECD yapısı dışında kalan ülkeler toplamında ise 3 kattan fazla artmıştır. 1971 yılında küresel toplam nüfusun

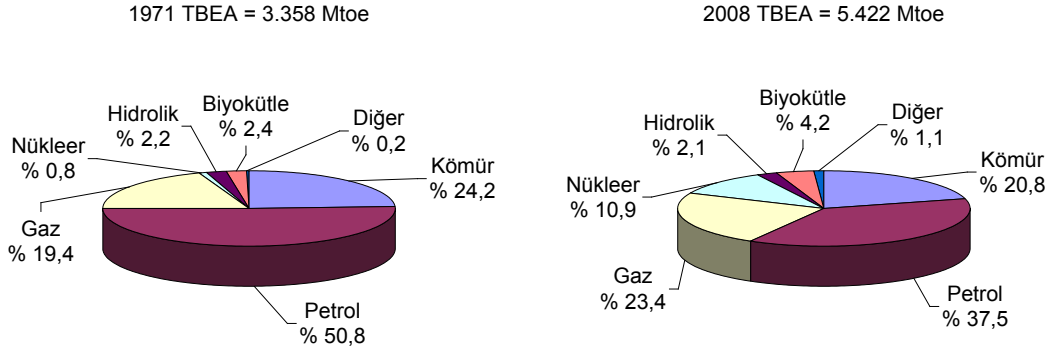
yüzde 23,46'sına sahip OECD üyesi ülkelerin küresel toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 60,68 ve küresel toplam katma değerdeki payı yüzde 65,95 iken, 2008 yılında toplam nüfustaki payı yüzde 17,79'a, toplam birincil enerji arzındaki payı yüzde 44,20'ye, toplam katma değerdeki payı ise yüzde 51,46'ya gerilemiştir. 2008 yılı itibariyle küresel toplam nüfusun yüzde 82,21'ine sahip olan OECD yapısı dışında kalan ülkelerin, 1971 yılında küresel toplam birincil enerji arzında yüzde 36,34 olan payı, 2008 yılında yüzde 53,07 seviyesine çıkmıştır. Bölgelerin ve ülkelerin küresel toplam birincil enerji arzındaki paylarında önemli değişikliklerin kaydedilmesine karşın, birincil kaynakların küresel toplam birincil enerji arzında üstlendiği roller görece fazla değişmemiştir [36-45]. Birincil kaynakların küresel toplam enerji arzında üstlendiği roller, 1971 ve 2008 yılları için karşılaştırmalı halde Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



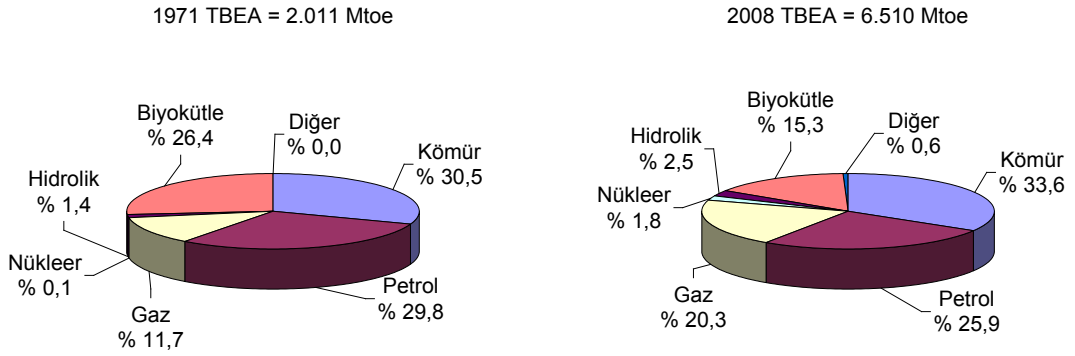
**Şekil 3.1** : Küresel toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü.

Fosil yakıtların küresel toplam birincil enerji arzındaki payı 1971 yılında yüzde 86,3 iken, arz güvenliğinin yükseltilmesine, enerji çeşitliliğinin sağlanmasına, nükleer enerji ile yenilenebilir kaynakların toplam enerji arzındaki payının artırılmasına yönelik gerçekleştirilen bütün girişimlere karşın, 2008 yılında ancak yüzde 81,2 düzeyine geriletelebilmektedir. 1971 yılında fosil yakıtların küresel toplam birincil enerji arzındaki payları, petrol yüzde 44,0, kömür yüzde 26,1 ve gaz yüzde 16,2 iken, 2008 yılında petrol yüzde 33,1, kömür yüzde 27,0 ve gaz yüzde 21,1 olmuştur.

1971 ile 2008 yıllarını kapsayan süreç irdelendiğinde, fosil yakıtların küresel toplam birincil enerji arzında üstlendiği rollerde belirgin değişimler saptanmamakta, fosil yakıtlar arasında sınırlı geçişlerin yaşandığı, özellikle gelişmekte olan ekonomilerin toplam birincil enerji arzında kömürün yüklendiği işlevlerin giderek daha fazla güçlendiği saptanmaktadır. OECD üyesi ülkelerin toplam enerji arzındaki birincil kaynakların payları Şekil 3.2'de, OECD yapısı dışında kalan ülkelerin toplam enerji arzındaki birincil kaynakların payları ise Şekil 3.3'te gösterilmiştir.

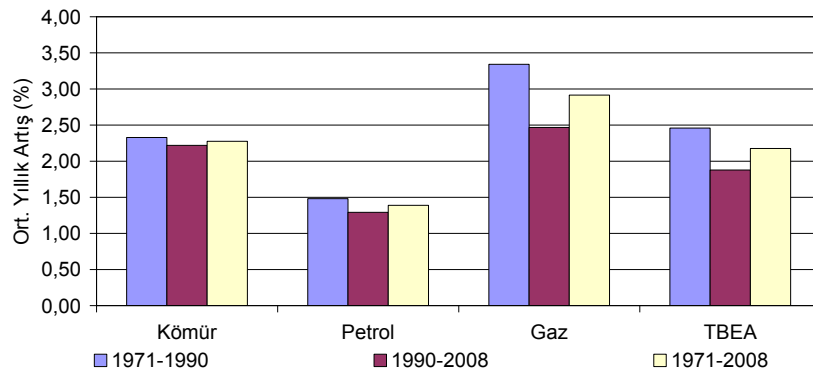


**Şekil 3.2 :** OECD üyesi ülkelerin toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü.

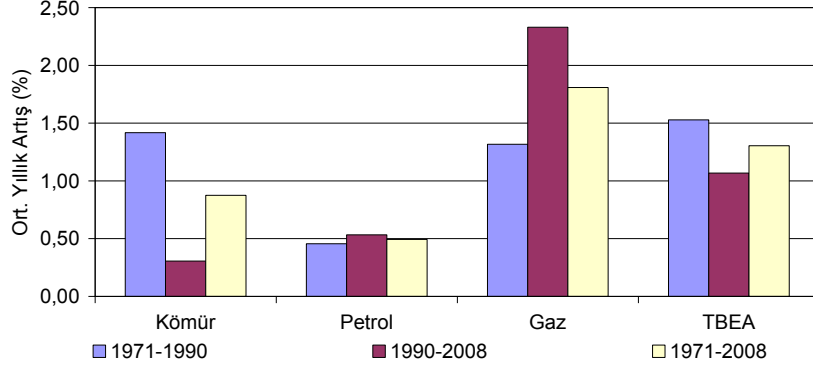


**Şekil 3.3 :** OECD dışında kalan ülkelerin toplam enerji arzında birincil kaynakların rolü.

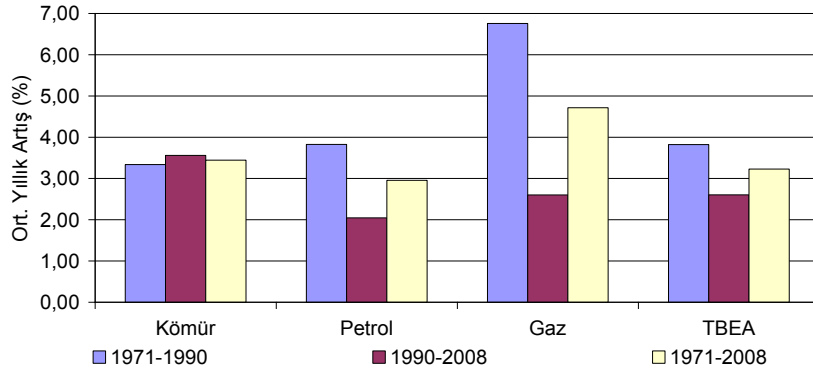
Küresel toplam birincil enerji arzında coğrafi bölgelerin veya ülkelerin paylarındaki gelişmeler, birincil enerji kaynaklarına yönelik küresel, bölgesel, ulusal talep, üretim ve arz dinamikleri üzerinde önemli değişikliklere yol açmaktadır. Küresel toplam birincil enerji arzı ile küresel toplam kömür, petrol ve gaz arzında kaydedilen artış eğilimleri, Şekil 3.4'te sunulmuştur. OECD üyesi ülkeler toplamı ile OECD dışında kalan ülkeler toplamına ilişkin genel enerji ile kömür, petrol ve gaz arzlarında kaydedilen dönemsel ortalama yıllık artış hızları ise sırasıyla, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6'da verilmiştir.



**Şekil 3.4 :** Küresel toplam enerji ile fosil yakıt arzındaki artış hızları.

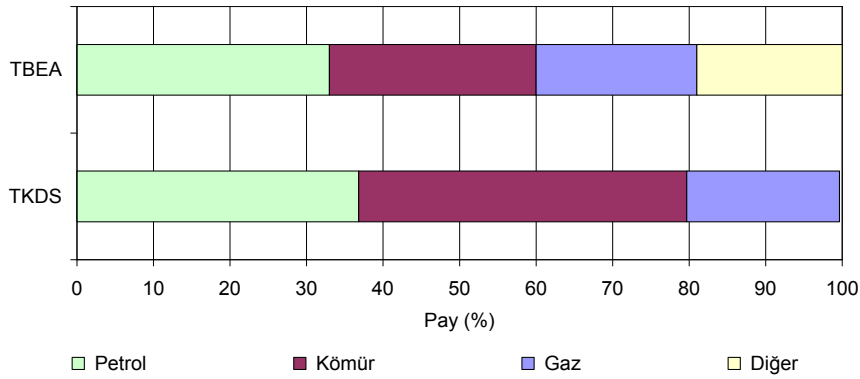


**Şekil 3.5 :** OECD üyesi ülkelerin fosil yakıt arzındaki artış hızları.



**Şekil 3.6 :** OECD dışında kalan ülkelerin fosil yakıt arzındaki artış hızları.

Fosil tabanlı olmayan kaynakların kullanımında ciddi büyüme kaydedilmesine karşın, fosil tabanlı yakıtların küresel toplam birincil enerji arzındaki payı, dolayısıyla fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları üzerindeki rolü belirgin bir değişiklik göstermemiştir. 2008 yılı itibariyle küresel toplam birincil enerji arzında kömürün payı yaklaşık dörtte birken, yoğun karbon içermesi nedeniyle enerji ilişkili küresel toplam karbondioksit salımlarının beşte ikisinden fazlasına yol açmaktadır. 2008 yılı için fosil yakıtların küresel toplam birincil enerji arzı ile toplam karbondioksit salımlarındaki payları, karşılaştırmalı halde Şekil 3.7'de sunulmuştur.



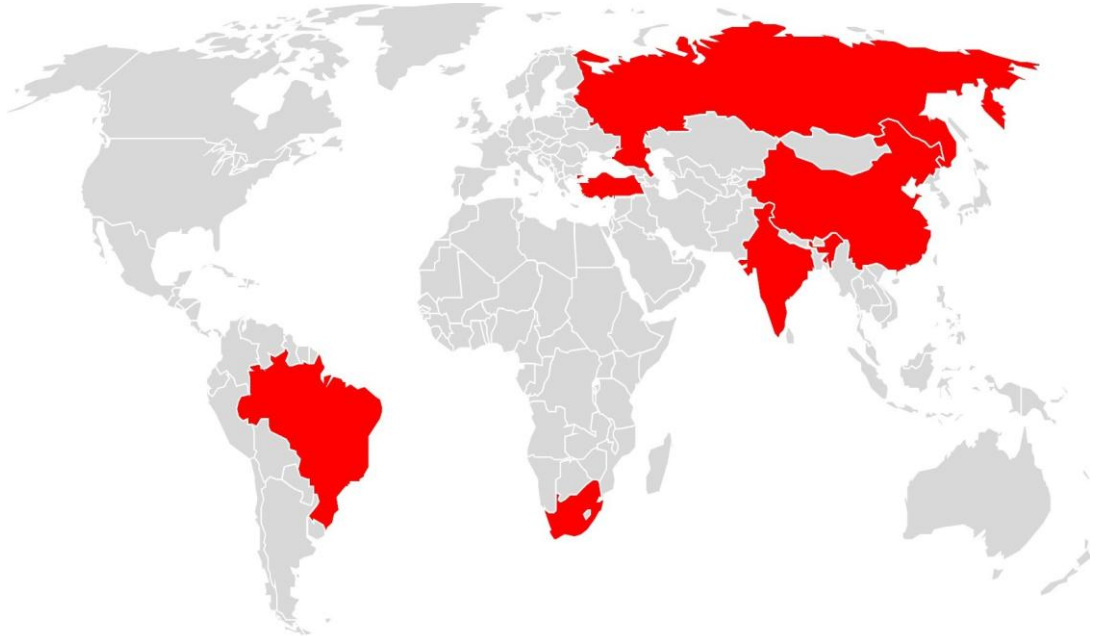
**Şekil 3.7 :** Küresel toplam birincil enerji arzı ile enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının 2008 yılı için karşılaştırılması.

Fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları (TKDS) ile toplam birincil enerji arzı (TBEA), gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) ile nüfus (NFS) olarak sıralanabilecek temel enerji büyüklüklerinin geçmiş, güncel ve geleceğe yönelik eğilimleri ile anılan büyüklükler arasındaki ilişkilerin yapısal özellikleri coğrafi bölgeler ile ülkelerin gelişmişlik düzeylerine göre önemli değişiklikler göstermektedir.

Çoğunluğunu gelişmiş ekonomilerin oluşturduğu OECD ülkeleri ile OECD yapısı dışında kalan ülkeler enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları kapsamında karşılaştırıldığında ise, OECD dışında kalan ekonomilerde kaydedilen artışın temel gerekçesi kömür ve petrol talebindeki büyüme, OECD üyesi ekonomilerdeki gerilemenin ana nedeni ise kömür ve petrol talebindeki gerileme olarak öne çıkmaktadır.

### 3.2 BRICS Ülkeleri

OECD dışında kalan ülkeler arasında özellikle, Brezilya (Brazil), Rusya Federasyonu (the Russian Federation), Hindistan (India), Çin (China) ve Güney Afrika (South Africa)'nın içinde yer aldığı, İngilizcedeki ilk harfleri kullanılarak BRICS ülkeleri (BRICS countries) olarak adlandırılan ülkeler, küresel ekonomik sisteme entegrasyonun güçlenmesiyle birlikte Dünya ekonomisinde gözlenen gelişmelerin başlıca aktörü konumuna gelmişlerdir. Çalışma kapsamında seçilen ülkelerin coğrafi konumları, Şekil 3.8'de gösterilmiştir.



**Şekil 3.8** : Çalışma kapsamında seçilen ülkelerin coğrafi konumları.

Son yıllarda Amerika Birleşik Devletleri ve Avrupa Birliği üyesi ülkelerde gözlenen finansal sorunlar ile ekonomik durgunluğa koşut olarak BRICS ülkeleri küresel ekonominin itici gücü haline gelmiştir. 1990 yılında BRICS ülkelerinin küresel katma değerdeki payı beşte birden azken, 2008 yılı itibariyle dörtte birden daha fazla düzeye ulaşmıştır. Anılan ülkelerin küresel toplam enerji tüketimindeki ve fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarındaki payı, 2008 yılı itibariyle küresel toplamın üçte biri düzeyindedir.

Özellikle 2000'li yıllardan itibaren bu ülkelerde gözlenen ve halen devam eden güçlü büyümenin önümüzdeki yıllarda da benzer eğilimlerle sürdürülebilmesi durumunda küresel enerji piyasaları ile fosil yakıt tüketimi kaynaklı toplam karbondioksit salımları üzerinde baskılar yaratması, küresel ve bölgesel dengeleri köklü biçimde etkilemesi, değiştirmesi beklenmektedir. Güncel veriler irdelendiğinde sırasıyla Çin, Amerika Birleşik Devletleri, Rusya Federasyonu ve Hindistan'ın fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan küresel toplam karbondioksit salımlarındaki payının yüzde ellinin üzerinde olduğu görülmektedir.

1971-2008 yıllarını kapsayan dönemde küresel toplam karbondioksit salımları yaklaşık iki katına ulaşırken, OECD dışında kalan ülkelerdeki artış çok daha fazla gerçekleşmiştir. Analiz döneminde çoğunluğunu geliştirmiş ülkelerin oluşturduğu OECD üyesi ülkelerde ise toplam karbondioksit salımlarındaki yıllık artış hızı %0,82 seviyesinde sınırlı kalmıştır. Çalışma kapsamında seçilen ülkelerde temel enerji büyüklüklerinin gelişimi Çizelge 3.1'de verilmiştir. 1971-2008 döneminde toplam karbondioksit salımlarındaki artış BRICS ülkeleri ile Türkiye'de küresel toplamdan daha fazla gerçekleşmiştir.

2008 yılında OECD dışında kalan ülkeler, küresel toplam birincil enerji arzında % 53,07 paya ulaşırken, 1971-2008 yılları arasında BRICS ülkeleri ile Türkiye'de toplam birincil enerji arzı önemli miktarda artmıştır. Analiz döneminde OECD üyesi ülkeler toplamında toplam birincil enerji arzındaki yıllık artış hızı % 1,30 iken, Çin'de % 4,66; Türkiye'de % 4,47; Hindistan'da % 3,80 olarak hesaplanmıştır. Gelişmekte olan ülkelerin önemli artış hızlarına ulaşmasıyla OECD dışındaki ülkelerde büyük gelişme gözlenmektedir.

1971 yılında OECD dışında kalan ülkeler toplamının küresel toplam gayri safi yurtiçi hasıladaki payı yaklaşık üçte bir iken, 2008 yılında yarı düzeyine ulaşmıştır. 1971-2008 yıllarını kapsayan dönemde OECD üyesi ülkeler toplamında gayri safi yurtiçi hasıladaki artış OECD dışındaki ülkelere göre sınırlı kalmıştır. BRICS ülkelerinde ise küresel ortalamanın oldukça üzerinde artış hızlarına ulaşılmıştır.



**Çizelge 3.1 : BRICS ülkeleri, Türkiye ile bölgelerin temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler ve küresel toplamdaki payları.**

Toplam Karbondioksit Salımları	TKDS (milyon ton)			Pay (%)		
	1971	1990	2008	1971	1990	2008
Ülkeler/Bölgeler						
Brezilya	91,13	194,27	364,61	0,65	0,93	1,24
Rusya Federasyonu		2.178,78	1.593,83	x	10,39	5,42
Hindistan	199,37	590,98	1.427,64	1,41	2,82	4,86
Çin	809,55	2.244,38	6.550,49	5,74	10,71	22,29
Güney Afrika	173,82	254,67	337,42	1,23	1,21	1,15
Türkiye	41,41	126,91	263,53	0,29	0,61	0,90
OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	9.334,79	11.044,50	12.629,61	66,22	52,68	42,98
OECD Dışında Kalan Ülkeler Toplamı	4.248,07	9.307,35	15.718,78	30,14	44,40	53,50
Küresel Toplam	14.096,27	20.964,85	29.381,43	100,00	100,00	100,00
Toplam Birincil Enerji Arzı	TBEA (Mtoe)			Pay (%)		
Ülkeler/Bölgeler	1971	1990	2008	1971	1990	2008
Brezilya	69,77	140,25	248,53	1,26	1,60	2,03
Rusya Federasyonu		879,19	686,76	x	10,02	5,60
Hindistan	156,22	318,90	620,97	2,82	3,63	5,06
Çin	394,71	871,70	2.130,57	7,13	9,93	17,37
Güney Afrika	45,15	90,86	134,49	0,82	1,04	1,10
Türkiye	19,54	52,76	98,50	0,35	0,60	0,80
OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	3.357,86	4.479,10	5.422,43	60,68	51,03	44,20
OECD Dışında Kalan Ülkeler Toplamı	2.010,65	4.099,04	6.510,17	36,34	46,70	53,07
Küresel Toplam	5.533,54	8.777,05	12.267,38	100,00	100,00	100,00
GSYH	GSYH (milyar USD)			Pay (%)		
Ülkeler/Bölgeler	1971	1990	2008	1971	1990	2008
Brezilya	410,46	968,41	1.647,85	2,34	2,90	2,58
Rusya Federasyonu		1.523,63	1.651,17	x	4,57	2,59
Hindistan	621,69	1.411,90	4.310,30	3,54	4,23	6,75
Çin	471,29	1.964,86	11.053,70	2,69	5,89	17,31
Güney Afrika	207,48	321,98	531,82	1,18	0,97	0,83
Türkiye	175,33	411,11	831,16	1,00	1,23	1,30
OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	11.567,23	21.130,92	32.868,27	65,95	63,35	51,46
OECD Dışında Kalan Ülkeler Toplamı	5.973,11	12.226,10	30.997,57	34,05	36,65	48,54
Küresel Toplam	17.540,34	33.357,02	63.865,84	100,00	100,00	100,00
Nüfus	NFS (milyon)			Pay (%)		
Ülkeler/Bölgeler	1971	1990	2008	1971	1990	2008
Brezilya	98,36	149,57	191,97	2,62	2,84	2,87
Rusya Federasyonu		147,97	141,79	x	2,81	2,12
Hindistan	560,27	849,52	1.139,97	14,90	16,13	17,05
Çin	845,15	1.140,89	1.332,62	22,48	21,67	19,93
Güney Afrika	22,60	35,20	48,69	0,60	0,67	0,73
Türkiye	36,22	55,12	71,08	0,96	1,05	1,06
OECD Üyesi Ülkeler Toplamı	881,83	1.042,73	1.189,82	23,46	19,80	17,79
OECD Dışında Kalan Ülkeler Toplamı	2.877,40	4.222,51	5.498,08	76,54	80,20	82,21
Küresel Toplam	3.759,23	5.265,24	6.687,90	100,00	100,00	100,00

Bu çalışma kapsamında, dinamik sosyo-ekonomik yapıları ve gelişme özellikleriyle dikkatleri çeken BRICS ülkelerinin yanı sıra Türkiye'ye yönelik analizlerin gerçekleştirilmesi amaçlanmıştır. Farklı coğrafi bölgelerde yer alan, doğal kaynakları, iklim özellikleri, enerji arzına yönelik kısıtları, sektörel tüketim yapıları, sosyo-ekonomik, demografik vb. diğer unsurlar dikkate alındığında, Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin ve Güney Afrika ile Türkiye birbirlerinden oldukça değişik dinamiklere sahiptir. Dolayısıyla, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımları ile ilgili sorunları, nedenleri, çözüm politikaları ve stratejileri birbirlerinden önemli farklılıklar sergilemektedir.

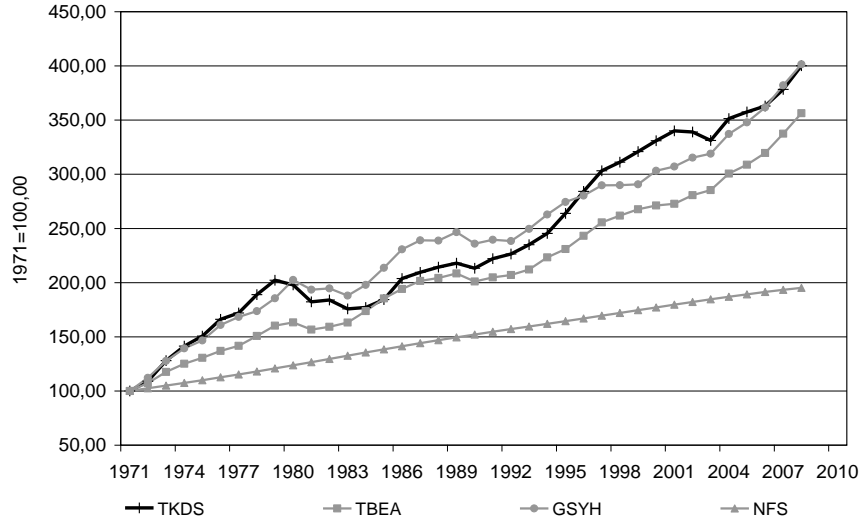
Enerji ilişkili karbondioksit salımlarının Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye için 1971-2008 dönemini kapsayacak şekilde irdelenmesi amacıyla, toplam birincil enerji arzı, Amerika Birleşik Devletleri doları cinsinden 2000 yılı fiyatları ve satın alma gücü paritesine göre hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus verilerinden yararlanılmış; bu büyüklüklerin enerji ilişkili karbondioksit salımları üzerindeki açıklayıcılığının ortaya konabilmesi hedeflenmiştir.

### **3.2.1 Brezilya**

Küresel toplam sera gazı salımlarında 2008 yılı itibariyle üçüncü sırada yer alan Brezilya'da, enerji sektörünün toplamdaki payı oldukça düşüktür. Brezilya'daki sera gazı salımlarının beşte dördünden fazlasına, tarımsal faaliyetler, ormansızlaştırma, yanlış arazi kullanımı, Amazon bölgesinin tarımsal amaçlarla tahribatı neden olmaktadır. Rusya Federasyonu, Çin ve Hindistan ile karşılaştırıldığında, Brezilya'daki fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarının çok düşük olduğu saptanmakta, küresel toplamın yalnızca yüzde biri düzeyinde kalmaktadır.

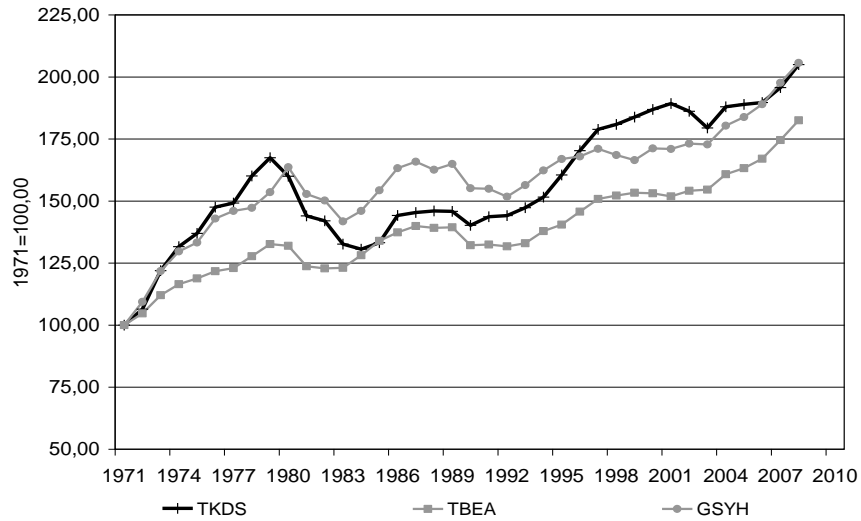
Toplam birincil enerji arzının beşte ikisinden fazlasını yenilenebilir enerjiden sağlayan ve dünyanın en büyük hidroelektrik üreticisi konumunda bulunan Brezilya, Dünya'nın temiz enerji kullanan ülkeleri arasında öne çıkmaktadır. Enerji üretim-tüketim zinciri irdelendiğinde, petrolün ulaştırma sektörü nihai enerji tüketiminde baskın rolü nedeniyle, anılan sektör insan kaynaklı karbondioksit salımlarının temel sorumlusu olarak dikkati çekmektedir.

Brezilya'nın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler, Şekil 3.9'da gösterilmiştir. Temel enerji-ekonomi-çevre büyüklükleri, 1971-2008 döneminde nüfus haricinde birbirine yakın davranışlar sergilemiş, enerji ilişkili karbondioksit salımları ile gayri safi yurtiçi hasıla yaklaşık dört kat artarken, toplam birincil enerji arzındaki değişim sınırlı kalmıştır.



**Şekil 3.9 :** Brezilya'nın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

Brezilya'nın kişi başına düşen temel enerji büyüklerindeki eğilimler, Şekil 3.10'da verilmiştir. 1971-2008 döneminde kişi başına düşen enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının yaklaşık iki katına çıkmasına rağmen, 1,90 ton ile 4,39 ton olan küresel ortalamanın ve BRICS ülkeleri ortalamasının altındadır. Kişi başına düşen enerji arzı ile ulusal gelir ise küresel ortalamaya daha yakındır.

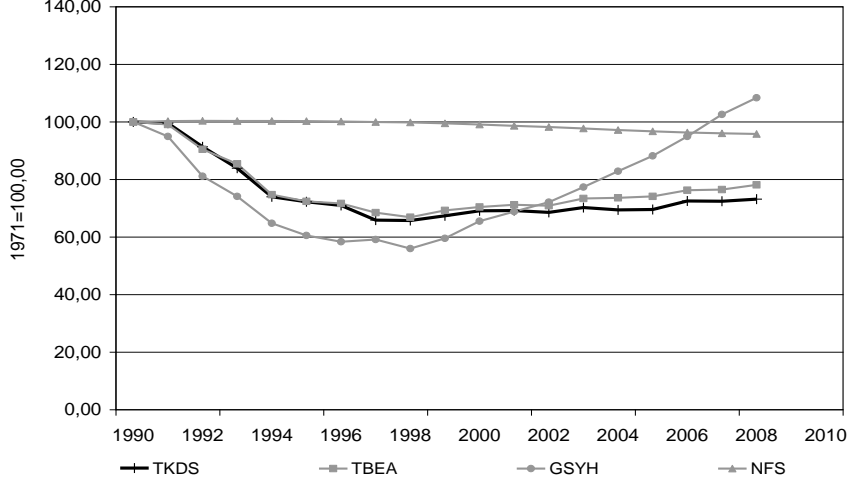


**Şekil 3.10 :** Brezilya'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler.

### 3.2.2 Rusya Federasyonu

1990 ile 2008 yılları arasında Rusya Federasyonu'nun enerji ilişkili karbondioksit salımları dörtte birden daha fazla azalarak, diğer BRICS ülkelerinden farklı bir eğilim sergilemiştir. Sovyetler Birliğinin dağılmasıyla, 1990 yılını izleyen beş yıllık dönemde gayri safi yurtiçi hasılda yaklaşık yüzde kırka varan daralma, enerji ilişkili karbondioksit salımlarında ise yaklaşık üçte bir oranında azalma gerçekleşmiştir.

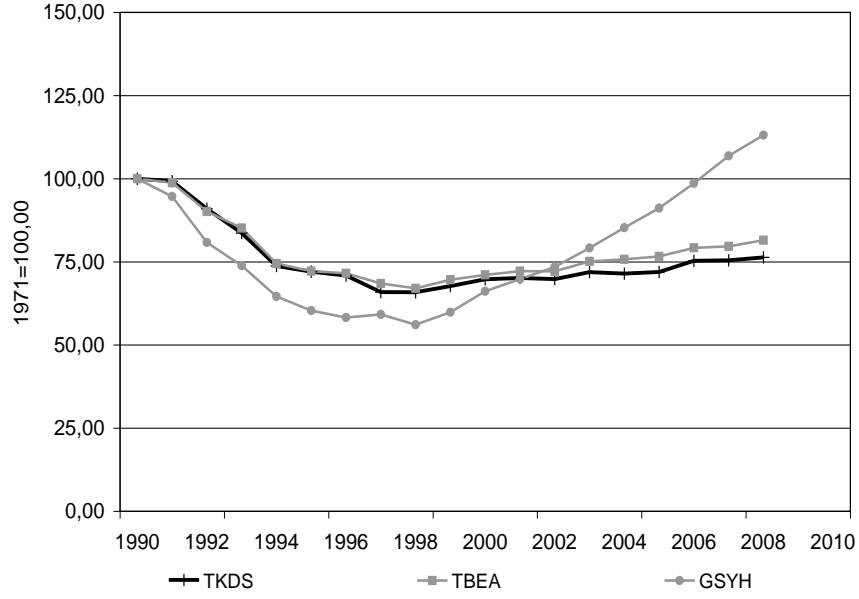
1990 yılında küresel toplam enerji ilişkili karbondioksit salımları ve toplam birincil enerji arzında onda bir düzeyinde paya sahip Rusya Federasyonu, 2008'de yirmide bir düzeyine gerilemiştir. Rusya Federasyonu'nun temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler, Şekil 3.11'de sunulmuştur.



**Şekil 3.11 :** Rusya Federasyonu'nun temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

1990-2000 döneminde gayri safi yurtiçi hasıla ortalama yıllık yüzde yedi civarında gerilerken, küresel enerji piyasalarındaki fiyat artışları, izleyen süreçteki ekonomik toparlanmanın temel dinamizmini oluşturmuş, enerji ilişkili karbondioksit salımları ise görece olarak sabit kalmıştır. 1990'dan itibaren yapısal değişikliklere bağlı olarak enerji tüketiminin azalmasıyla, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarında kayda değer ölçüde gerilemeler yaşanmış, kömüre göre daha düşük karbon yoğunluğuna sahip gazın toplam birincil enerji arzındaki payının artmasıyla birlikte, daha kararlı hale gelmiştir. Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları ile toplam birincil enerji arzı benzer davranışlar sergilerken, gayri safi yurtiçi hasıladaki eğilim farklıdır. Rusya Federasyonu'nun küresel petrol ve doğalgaz piyasalarındaki rolünün artmasına paralel olarak, fosil yakıtların üretim, iletim ve dağıtım zincirinde büyük miktarlarda ortaya çıkan sera gazı salımlarının gündemdeki ağırlığını koruması beklenmektedir.

Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler, Şekil 3.12'de verilmiştir. 2008 yılı itibarıyla, BRICS ülkeleri arasında en yüksek kişi başına düşen enerji ilişkili karbondioksit salımı ile Rusya Federasyonu, küresel ortalamanın yaklaşık üç katı değerle, OECD üyesi ülkelerin ortalamasına yakındır. Kişi başına düşen toplam birincil enerji arzında da benzer konumunu koruyan Rusya Federasyonu, kişi başına düşen milli gelirden OECD üyesi ülkelerin yaklaşık yarı seviyesindeyken, OECD dışında kalan ülkelerin yaklaşık iki katına denk değerlere sahiptir.



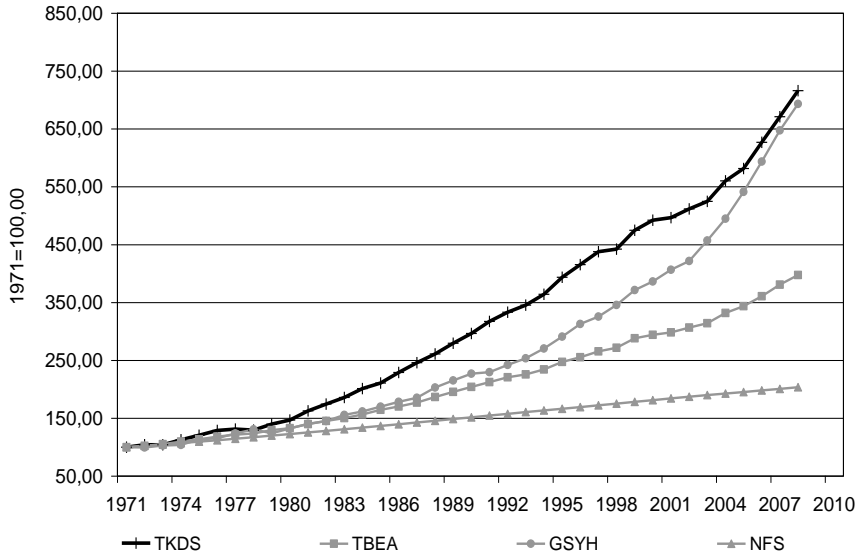
**Şekil 3.12 :** Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen temel enerji büyüklerindeki eğilimler.

### 3.2.3 Hindistan

BRICS ülkeleri arasında kişi başına düşen enerji tüketimi en düşük değere sahip olmasına rağmen, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan küresel toplam karbondioksit salımlarındaki rolü, yaklaşık yüzde beş düzeyindedir. Diğer BRICS ülkeleri ile kıyaslandığında, çağdaş enerji hizmetlerine yönelik yapı imkanlarının sınırlı ve enerjiye erişim seçeneklerinin çok kısıtlı olduğu Hindistan'da, enerji arzındaki hızlı artışlara, enerji ilişkil karbondioksit salımlarının benzer eğilimlerle eşlik etmesi beklenmektedir.

Toplam birincil enerji arzının bileşimi açısından fosil yakıtların egemen olduğu Hindistan'da, kömür ve petrol toplamın beşte üçünden fazla paya sahiptir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan karbondioksit salımlarının yaklaşık yarısını üstlenen enerji üretimi, yüzde yetmişle kömüre yüksek derecede bağımlıdır. Enerji üretiminin ardından en büyük katkıyı sağlayan sanayi sektöründe, enerji yoğun alt birimleri barındıran imalat ağırlıklı yapı nedeniyle karbondioksit salımlarında yüksek artış hızlarına erişilmiş, kömür başta olmak üzere fosil yakıtların baskın olduğu yapı oluşmuştur.

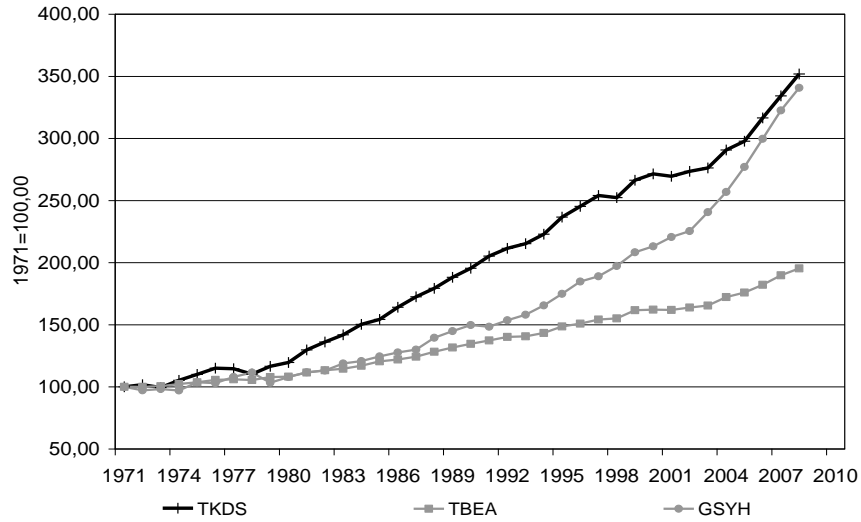
Enerji ilişkili toplam karbondioksit salımları, toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus temel enerji büyüklüklerinin Şekil 3.13'te, söz konusu büyüklüklerin kişi başına değerlerin de Şekil 3.14'te sunulduğu eğilimler incelendiğinde her ikisinde de benzer yapısal değişimlerin ve kırılmaların olduğu görülmektedir.



**Şekil 3.13** : Hindistan'ın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

Ülkenin ekonomik gelişimin başlangıç evresinde olması, demografik etmenler, kaynaklar ve sektörlerin mevcut enerji-ekonomi büyüklüğü içindeki rolü enerji ilişkili karbondioksit salımlarındaki hızlı artışın temelini oluştururken, küresel toplam nüfusun onda birinden fazlasını barındıran Hindistan'ın enerji ilişkili karbondioksit salımları ve gayri safi yurtiçi hasıla büyüklükleri 1990 düzeyiyle kıyaslandığında 2008'de yaklaşık yedi katına ulaşmıştır. Fosil yakıtların toplam birincil enerji arzında üstlendiği rolün büyümesiyle enerji ilişkili karbondioksit salımlarındaki ortalama yıllık büyüme yüzde beşin üzerine çıkarak diğer büyüklüklere göre daha yüksek hızda gerçekleşmiştir.

Kişi başına enerji ilişkili karbondioksit salımlarında 2008 yılı için Hindistan, diğer BRICS ülkelerine kıyasla en alt sırada bulunurken, küresel ortalamanın yaklaşık beşte biri, OECD üyesi ülkelerin onda biri, OECD dışında kalan ülkelerin ise yarısı değere sahiptir. Benzer şekilde kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla ve toplam birincil enerji arzında da diğer BRICS ülkelerinden önemli ölçüde geride kalan Hindistan, anılan büyüklüklerde küresel ortalama ile OECD dışındaki ülkeler düzeyinin oldukça altında bulunmaktadır. Buna rağmen söz konusu büyüklüklerde Şekil 3.14'te verilen artış hızları dikkati çekerken, ilgili büyüklüklerin doyum evresinin çok uzağında olduğu sonucu belirlemekte, 1971 seviyesine göre her bir büyüklükte gerçekleşen artışın izleyen dönemlerde daha da yüksek hızlara ulaşacağı öngörülmektedir.



**Şekil 3.14** : Hindistan'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler.

Gayri safi yurtiçi hasılanın toplam birincil enerji arzından daha hızlı büyümesiyle enerji yoğunluğu, 1990-2008 arasını kapsayan dönemde yaklaşık yarı yarıya azalmış, OECD ortalamasından daha düşük değerlere gerilemiştir. Toplam karbondioksit salımlarının gayri safi yurtiçi hasılaya oranı ise, küresel ortalamayla birlikte OECD üyesi ve OECD dışında kalan ülkelerin ortalamalarına kıyasla düşük seviyede bulunurken, 1990-2008 arası dönemde gerileme kaydetmiştir.

### 3.2.4 Çin

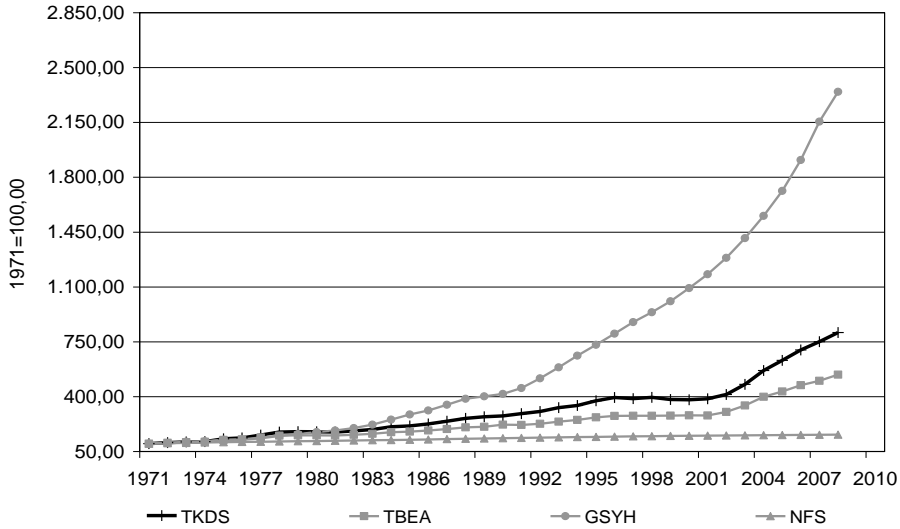
Fosil yakıt kaynaklı karbondioksit salımlarında küresel ölçekte ilk sırada bulunan Çin, Dünya'nın en kalabalık ve aynı zamanda ekonomik olarak büyük aşama kaydeden ülkesi konumuyla mevcut küresel enerji ve emisyon yapısında belirleyicilik üstlenmektedir [58]. Teşvik politikaları, açık ekonomi yapısı, ucuz işgücü, artan ulusal ve uluslararası talep, yerel kaynak zenginliği vb. diğer unsurların etkisiyle makro ölçekteki enerji, ekonomi ve çevre büyüklükleri bakımından Çin, son yıllarda güçlü ve kararlı gelişme eğilimleri göstermektedir.

Ekonomik büyüme performansının sürdürülebilmesi ve arz-talep dengesinin korunması bakımından toplam birincil enerji arzı 1971-2008 döneminde beş katın üzerinde artmasına rağmen, ilgili süreçte enerji ilişkili karbondioksit salımlarının azaltılması veya artışının yavaşlatılmasına yönelik yeterli ölçüde faaliyette bulunulmamıştır. Toplam birincil enerji arzının önemli bir kısmını oluşturan fosil yakıtların genel enerji-ekonomi yapısındaki ağırlığı artmış, başlıca yerel kaynak olarak öne çıkan kömürün toplam birincil enerji arzındaki payı yaklaşık yüzde yetmişe ulaşarak, bir diğer karbon yoğun yakıt olan petrol ikinci sıraya yerleşmiştir.

Enerji ilişkili karbondioksit salımlarının yaklaşık beşte dördü kömürden kaynaklanan Çin, toplamda net enerji ithalatçısı olan Asya bölgesinde, Dünya'nın en büyük kömür üreticisi konumunda olmasına rağmen enerji talebi üretiminden daha hızlı artış göstermiştir. Son yıllarda güçlü büyüme eğilimi kaydedilen elektrik ve ısı üretimi sektörü, Çin'in enerji ilişkili karbondioksit salımlarının yaklaşık yarısında rol oynamaktadır. Enerji ilişkili karbondioksit salımlarının temel nedenlerinden biri olarak nitelendirilen elektrik enerjisi talebindeki büyüme kömürle karşılanırken, kömürün sektör içindeki payı yaklaşık beşte dört seviyesine yaklaşmıştır.

2000 yılından itibaren enerji-ekonomi-çevre büyüklüklerinde benzer kırılmalar yaşayan Çin, enerji yoğun ağır sanayi dalları ve söz konusu ürünlere dayalı ihracattaki artışla, enerji arz-talep yapısında değişikliklere yol açarak iktisadi yapısal dönüşümler gerçekleştirmiştir [59]. Oluşturulan büyüme stratejileri neticesinde imalat ve inşaat alt sektörleri toplamı, enerji ilişkili karbondioksit salımlarına üçte birden daha fazla katkı sunarken, karbon yoğun fosil kaynağı olarak kömür, sanayi sektörü nihai enerji tüketiminin yaklaşık beşte üçü seviyesindedir.

Çin'in temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler, Şekil 3.15'te sunulmuş, enerji ilişkili karbondioksit salımlarının toplam birincil enerji arzındaki değişimlerle güçlü ilişki içinde olduğu görülmüştür.

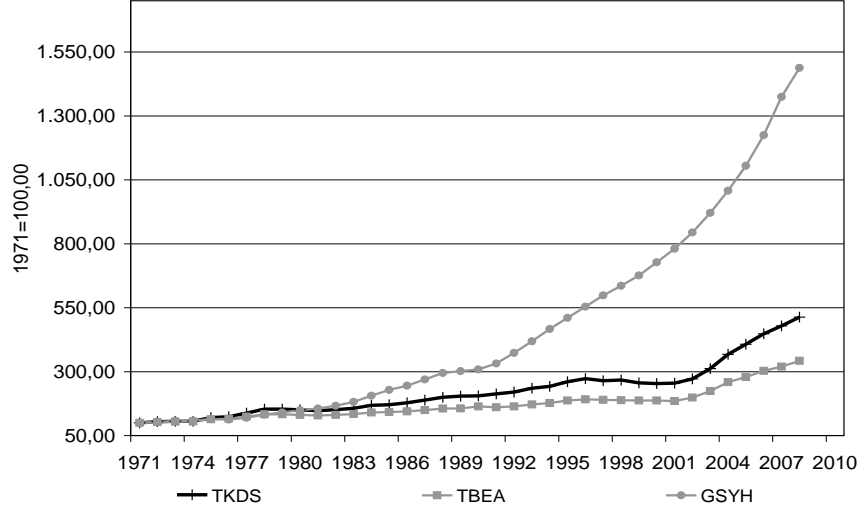


**Şekil 3.15 :** Çin'in temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

Küresel nüfusun yaklaşık beşte birini oluşturan Çin, küresel enerji ilişkili karbondioksit salımlarında küresel toplamın dörtte birine yaklaşarak, diğer BRICS ülkeleri arasında ilk sırada bulunurken, tek başına OECD üyesi ülkeler toplamının yaklaşık yarı düzeyinde yer almakta, söz konusu büyüklükte 1971 yılına göre 2008'de yaklaşık sekiz, 1990 yılına göre üç kat artışla diğer ülkelerden ayrılmaktadır. Son dönemdeki hızlı ekonomik gelişme performansı ile dikkat çeken



Çin, küresel toplam gayri safi yurtiçi hasılanın yaklaşık beşte birinde pay sahibi konumundayken, 1971 yılına göre 2008’de yirmi katın üzerinde artış göstererek, küresel ortalama artış hızının yedi katı düzeye ulaşmıştır. Analiz periyodunda 1971 düzeyine göre yaklaşık iki kat artan Çin nüfusu, Şekil 3.16’da verilen kişi başına büyüklüklerin daha düşük hızda değişmesine yol açmıştır.



**Şekil 3.16** : Çin’de kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler.

Toplam birincil enerji arzı diğer BRICS ülkelerine göre büyük miktarda artan Çin, kişi başına tüketimde OECD üyesi ülkeleri ortalamasının yaklaşık üçte biri düzeyindeyken, küresel ortalamaya 1971-2008 döneminde gerçekleştirdiği üç katın üzerindeki artışın etkisiyle yaklaşmıştır.

2008 yılında, kişi başına düşen fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımları, OECD dışındaki ülkelerin iki katı iken, OECD üyesi ülkelerin yaklaşık yarısına ulaşmış, analiz periyodundaki beş katın üzerinde artışla küresel ortalamayı geçmiştir. Kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasıla büyüklüğü ise 1971 yılında OECD üyesi ülkelerin yirmi beşte birinden azken, 2008 yılına kadar olan dönemde yaklaşık on beş kat artarak, OECD üyesi ülkelerin yaklaşık üçte biri düzeyine ulaşmış, küresel ortalamaya yakın değerler almıştır.

Gayri safi yurtiçi hasılanın toplam birincil enerji arzına kıyasla yüksek hızda artmasıyla, makro ölçekte enerji yoğunluğu 2008’de 1971 düzeyine göre yaklaşık dörtte bir azalan Çin, OECD üyesi ülkeler ile küresel ortalamadan daha düşük değerlere ulaşmıştır. Ekonominin karbon yoğunluğu 1971-2008 döneminde yaklaşık üçte bir oranında gerilerken, analiz döneminde BRICS ülkelerine kıyasla yıllık ortalaması en hızlı düşen ülke olmuş, buna rağmen anılan büyüklükte Rusya’nın ardından ikinci sırada yer alan Çin, OECD üyesi ve dışındaki ülkeler ile birlikte küresel ortalamanın üstünde değerler almıştır.

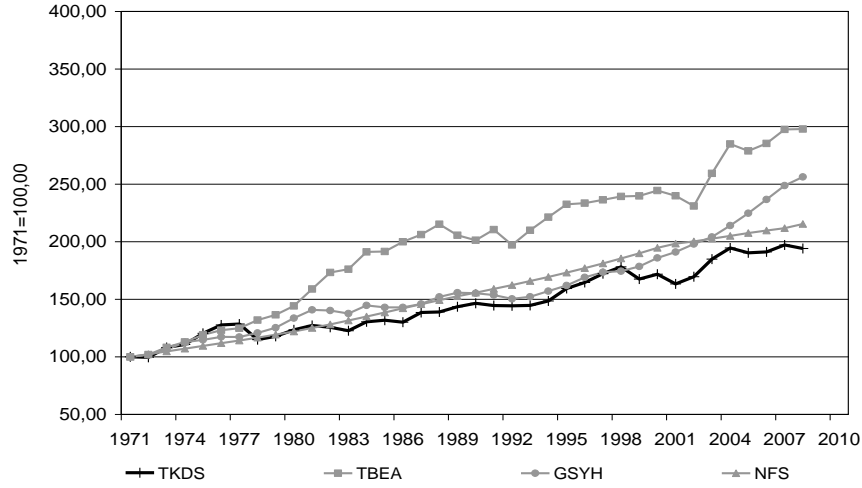
### 3.2.5 Güney Afrika

Afrika kıtasının iktisadi olarak hızlı büyüyen ülkelerinin başında gelen Güney Afrika, enerji, ekonomi, çevre büyüklüklerinin istikrarlı davranışlarıyla öne çıkmaktadır. Kömür toplam birincil enerji arzı ve toplam nihai enerji tüketiminde yüksek payı ile dikkati çekmekte, artan enerji talebi büyük ölçüde kömürden karşılanmaktadır. Dolayısıyla, kömürün enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarındaki payı giderek artmaktadır.

Afrika kıtasında 2008 yılı enerji ilişkili karbondioksit salımlarının yaklaşık beşte ikisini oluşturan Güney Afrika, küresel toplamın yaklaşık yüzde birine yol açmaktadır. Fosil yakıtların toplam birincil enerji arzında yüksek pay aldığı Güney Afrika, kömür ihracatında küresel ölçekte altıncı sırada yer alırken, anılan yakıt toplam birincil enerji arzında baskın konumuyla öne çıkmakta, enerji ilişkili karbondioksit salımlarında da yaklaşık dörtte üçle ilk sırada gelmektedir. Kömür Güney Afrika'da en önemli yerel kaynak olarak öne çıkarken, kömürün toplam birincil enerji arzındaki baskın rolü, alternatif enerji kaynaklarının kullanılması, verimliliğin artırılması vb. diğer önlemlerle sınırlandırılmaya çalışılmaktadır.

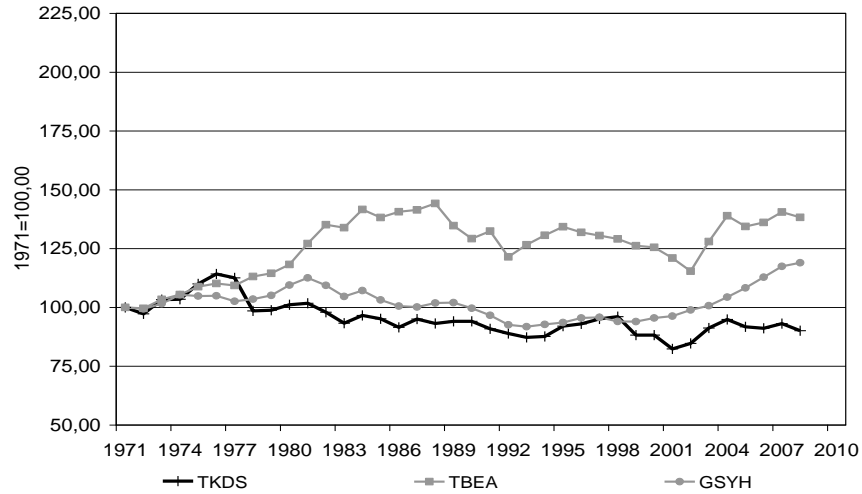
Fosil yakıt kaynaklı karbondioksit salımlarında temel unsur olarak incelenen kömür, toplam birincil enerji arzının yaklaşık beşte dördünü oluştururken, nihai enerji tüketimindeki payı dörtte bir düzeyindedir. Bununla birlikte petrol ve kömürün toplam payı, toplam birincil enerji arzında, toplam yüzde seksen beş seviyesine ulaşarak sürdürülebilir büyüme göstergeleri üzerinde şiddetli tehdit oluşturmaktadır. Güney Afrika'da enerji ilişkili karbondioksit salımlarında beşte üç payla en büyük aktör konumundaki elektrik ve ısı üretiminin, anılan ülkedeki gelişimi BRICS ülkelerine göre daha yavaş seyrederken, kömür elektrik üretiminde yaklaşık yüzde doksanla temel yakıt durumundadır.

Güney Afrika'nın toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus olarak sıralanan temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler, Şekil 3.17'de verilmiştir. İnceleme kapsamındaki diğer ülkelere kıyasla temel enerji büyüklükleri arasında görece olarak zayıf ilişki bulunmaktadır. Enerji ilişkili karbondioksit salımları 1971-2008 döneminde yaklaşık iki kat artan Güney Afrika, anılan büyüklüğün artış hızında Rusya Federasyonu dışındaki BRICS ülkelerinden daha düşük seviyede yer alırken, OECD üyesi ülkeler toplamına göre daha güçlü artış gözlenmiştir. Analiz periyodunda yaklaşık üç katına ulaşan toplam birincil enerji arzı ise OECD üyesi ülkelerin yaklaşık iki katı hıza ulaşmış, OECD dışında kalan ülkelere göre daha yüksek kat artış olmuştur.



**Şekil 3.17 :** Güney Afrika'nın temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

2008 yılında 1971 yılına göre iki katın üzerinde artan nüfus, BRICS ülkeleri genelini geride bırakırken, Şekil 3.18'de sunulan kişi başına düşen büyüklükler üzerinde güçlü etkiye bulunmuştur. Nüfustaki hızlı artışa paralel olarak kişi başına düşen enerji ilişkili karbondioksit salımları, 1971 düzeyine göre 2008'de azalmış, anılan büyüklük OECD dışında kalan ülkeler ortalamasının iki katından fazla iken, OECD üyesi ülkelere kıyasla düşük değerde kalmıştır. BRICS ülkeleri arasında Rusya Federasyonu'nun ardından en yüksek kişi başına düşen toplam birincil enerji arzına sahip ülke konumundaki Güney Afrika, OECD dışında kalan ülkeler ortalamasının iki katı düzeyindedir.



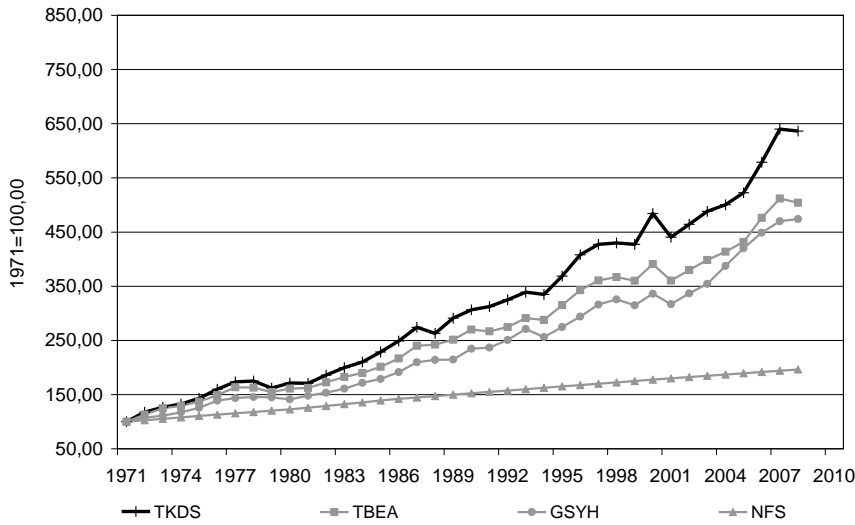
**Şekil 3.18 :** Güney Afrika'da kişi başına düşen temel enerji büyüklüklerindeki eğilimler.

Enerji yoğunluğunda Rusya'dan sonra BRICS ülkelerinde ikinci sırada bulunan Güney Afrika, OECD dışında kalan ülkeler ortalamasının üzerinde bulunmaktadır. Enerji ilişkili karbon karbondioksit salımlarının toplam birincil enerji arzına oranıyla elde edilen birim enerji arzı için karbondioksit salımları, diğer BRICS ülkelere kıyasla Güney Afrika'da daha düşük gerçekleşmiştir.

### 3.3 Türkiye

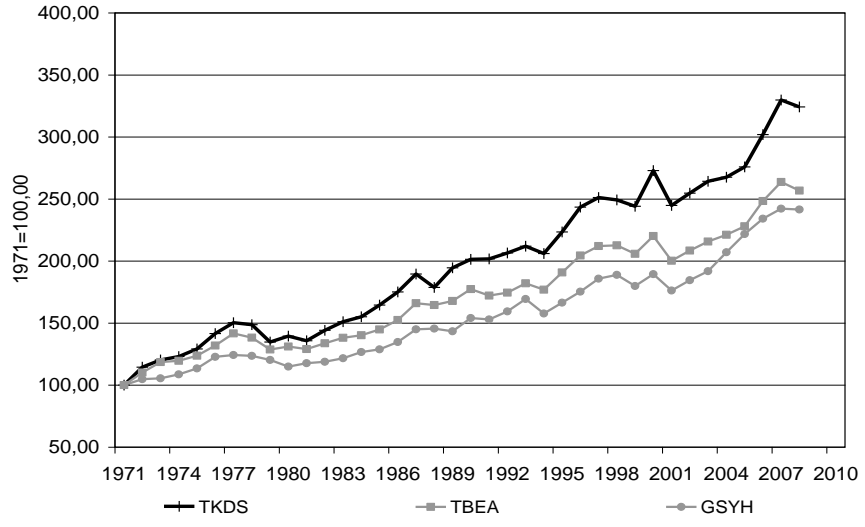
Enerji ilişkili karbondioksit salımları; toplam birincil enerji arzı ve gayri safi yurtiçi hasıla büyüklüklerine göre daha hızlı büyüyen Türkiye’de, anılan büyüklükler benzer eğilimler sergilemektedir. 2008 yılında, 1971 seviyelerine göre yaklaşık altı katından, 1990 yılına kıyasla iki katından fazla artış gösteren enerji ilişkili karbondioksit salımlarında, kaynaklar ayırımında yaklaşık beşte iki payla kömür, ilk sırada yer alırken, kömürü sırasıyla petrol ve gaz takip etmektedir. Toplam birincil enerji arzında da kömür, petrol ve doğalgaz ağırlıklı yapıya sahip olan Türkiye’de söz konusu fosil yakıtların toplam içindeki rolü yüzde doksan düzeyine ulaşmakta, anılan yakıtların yaklaşık eşit paya sahip oldukları görülmektedir.

Türkiye’nin temel enerji büyüklüklerinin inceleme dönemindeki değişimi, Şekil 3.19’da, ilgili değişkenlerin kişi başına düşen değerleri ise Şekil 3.20’de gösterilmiştir. Enerji ilişkili karbondioksit salımları, analiz döneminde ortalama yıllık artış hızı ile Çin ve Hindistan’ın ardından gelmektedir. 1971-2008 döneminde yaklaşık beş katına çıkan toplam birincil enerji arzı, yaklaşık aynı artış oranına sahip gayri safi yurtiçi hasıla ile benzer davranış sergilemiştir.



Şekil 3.19 : Türkiye’nin temel enerji büyüklüklerindeki gelişmeler.

Nüfus artış hızında Güney Afrika’dan sonra en büyük ortalama yıllık yüzde artışa sahip Türkiye, kişi başına düşen fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarında 2008’de 1971 yılının üç katından daha fazla artarak, OECD üyesi ülkelerin ve küresel ortalamasının çok üzerinde hızlara ulaşmıştır. Kişi başına düşen gayri safi yurtiçi hasılda BRICS ülkelerinin üzerinde yer alan Türkiye, OECD üyesi ülkeler ortalamasının yarısının altındayken, OECD dışındaki ülkeler toplamının yaklaşık iki katı düzeyindedir.



**Şekil 3.20** : Türkiye’de kişi başına düşen temel enerji büyüklerindeki eğilimler.



## 4. MODELLERİN OLUŞTURULMASI VE KARŞILAŞTIRILMASI

### 4.1 Fosil Yakıt Tüketiminden Kaynaklanan Toplam Karbondioksit Salımlarının Açıklanmasına Yönelik Oluşturulan Modeller

Enerji ilişkili karbondioksit salımları üzerinde birçok faktör belirleyici rol üstlenirken, söz konusu unsurların açıklayıcılığının, etkin ve hatasız olarak saptanmasıyla ilgili büyüklüğün davranışları daha gerçekçi belirlenebilmekte, böylelikle ileride geliştirilmesi planlanan modellerin daha küçük hata ile kurulabilmesi mümkün kılınabilmektedir. Ekonometrik modellerin oluşturulmasında, hangi değişkenlerin bağımlı değişkeni en iyi açıkladığının belirlenmesi, yansız sonuçlar elde edilebilmesi açısından büyük önem arz etmektedir.

Bu çalışmada, toplam birincil enerji arzı (TBEA), Amerika Birleşik Devletleri doları cinsinden 2000 yılı dolar fiyatları ve satın alma gücü paritesine göre hesaplanan gayri safi yurtiçi hasıla (GSYH) ve nüfus (NFS) büyüklükleri, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında kullanılmış, ilgili değişkenlerden yararlanılarak oluşturulan yedi farklı model aşağıda toplu halde gösterilmiştir:

$$\text{Model 1} \quad \ln TKDS_i = \alpha_1 + \alpha_2 \ln TBEA_i + \alpha_3 \ln GSYH_i + \alpha_4 \ln NFS_i + \varepsilon_{1,i} \quad (4.1)$$

$$\text{Model 2} \quad \ln TKDS_i = \gamma_1 + \gamma_2 \ln TBEA_i + \gamma_3 \ln GSYH_i + \varepsilon_{2,i} \quad (4.2)$$

$$\text{Model 3} \quad \ln TKDS_i = \delta_1 + \delta_2 \ln TBEA_i + \delta_3 \ln NFS_i + \varepsilon_{3,i} \quad (4.3)$$

$$\text{Model 4} \quad \ln TKDS_i = \eta_1 + \eta_2 \ln GSYH_i + \eta_3 \ln NFS_i + \varepsilon_{4,i} \quad (4.4)$$

$$\text{Model 5} \quad \ln TKDS_i = \theta_1 + \theta_2 \ln TBEA_i + \varepsilon_{5,i} \quad (4.5)$$

$$\text{Model 6} \quad \ln TKDS_i = \lambda_1 + \lambda_2 \ln GSYH_i + \varepsilon_{6,i} \quad (4.6)$$

$$\text{Model 7} \quad \ln TKDS_i = \omega_1 + \omega_2 \ln NFS_i + \varepsilon_{7,i} \quad (4.7)$$

BRICS ülkeleri ile Türkiye için enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının açıklanması ve modellenmesinde, ülkelerin sahip oldukları farklı özellikler nedeniyle, veri kümesinin izin verdiği ölçüde, farklı bağımsız değişkenlere sahip modeller kullanılmıştır.

Oluşturulan yedi farklı modelde bağımlı değişkenler arasında bulunması muhtemel çoklu doğrusallık sorununun giderilmesi amacıyla kişi başına düşen enerji büyüklükleri ile ek modellerin oluşturulması yoluna gidilmiştir.

$$\text{Model A1} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = a_1 + a_2 \ln\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + a_3 \ln\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{8,i} \quad (4.8)$$

$$\text{Model A2} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = b_1 + b_2 \ln\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{9,i} \quad (4.9)$$

$$\text{Model A3} \quad \ln\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = c_1 + c_2 \ln\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{10,i} \quad (4.10)$$

Çoklu doğrusallık sorununa alternatif çözüm olarak kişi başına düşen değerlerle elde edilen bağımlı ve bağımsız değişkenlerin bir dönem gecikmeli fark denklemleri oluşturulmuştur:

$$\text{Model B1} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = d_1 + d_2 \Delta\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + d_3 \Delta\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{11,i} \quad (4.11)$$

$$\text{Model B2} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = e_1 + e_2 \Delta\left(\frac{TBEA_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{12,i} \quad (4.12)$$

$$\text{Model B3} \quad \Delta\left(\frac{TKDS_i}{NFS_i}\right) = f_1 + f_2 \Delta\left(\frac{GSYH_i}{NFS_i}\right) + \varepsilon_{13,i} \quad (4.13)$$

Literatürde, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında, toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklükleri kullanılmakla birlikte, ülkelerin sosyo-ekonomik vb. diğer özellikleri göz ardı edilmektedir. Bütün ülkeler için aynı ekonometrik modelin kullanılması, temel büyüklük üzerinde belirleyici olan etmenlerin açıklayıcılığını sınırlamaktadır.

Tez çalışması kapsamında oluşturulan yedi farklı model ile belirleyici temel etmenlerin açıklayıcılıkları; parametre anlamlılıkları, hata terimine yönelik sınamalar, regresyon artıklarının ölçümü analizleri kullanılarak irdelenmiş, elde edilen sonuçlara bağlı olarak uygun bulunan modellerle anılan değişkenler arasındaki ilişki düzeyi değerlendirilmiştir.



## 4.2 Modellerin Karşılaştırılması ve Etmelerin İrdelenmesi

Enerji ilişkili karbondioksit salımları üzerinde etkili unsurların belirlenmesi ve mevcut ilişki yapısının ortaya konulması için toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus bağımsız değişkenleri kullanılarak kurulan modellerin işlevlikleri, seçilmiş ülkeler için izleyen alt bölümlerde irdelenmiştir.

Brezilya, Rusya Federasyonu, Hindistan, Çin, Güney Afrika ve Türkiye’de enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasına yönelik gerçekleştirilen yedi farklı model, hata terimlerini tanımlayıcı sınamalar ve uyumun iyiliği ölçütleriyle değerlendirilerek, yansız, eksiksiz ve hatasız sonuçlar elde edilmesi hedeflenmiştir. Söz konusu ülkelerde ait hata terimlerinin incelenmesi ile oluşturulan yedi model değerlendirilmiştir.

### 4.2.1 Brezilya için analiz sonuçları

Brezilya’da, fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında en uygun değişkenlerin belirlenebilmesi, temel büyüklüklerin etkisinin ortaya çıkarılmasına yönelik modellere ait hesaplanan katsayı, standart hata, t istatistiği ve anlamlılık sonuçları, Çizelge 4.1’de sunulmuştur.

**Çizelge 4.1 : Brezilya için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	1,35	0,89	1,53	$1,36 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,35	0,35	3,89	$4,50 \times 10^{-4}$ ***
	GSYH	0,17	0,24	0,72	$4,79 \times 10^{-1}$
	NFS	-0,78	0,35	-2,24	$3,20 \times 10^{-2}$ **
Model 2	Sabit	-0,32	0,50	-0,65	$5,21 \times 10^{-1}$
	TBEA	0,80	0,26	3,08	$3,98 \times 10^{-3}$ ***
	GSYH	0,25	0,26	0,97	$3,40 \times 10^{-1}$
Model 3	Sabit	1,74	0,69	2,51	$1,70 \times 10^{-2}$ **
	TBEA	1,55	0,21	7,33	$1,44 \times 10^{-8}$ ***
	NFS	-0,81	0,34	-2,37	$2,36 \times 10^{-2}$ **
Model 4	Sabit	-1,87	0,37	-5,13	$1,08 \times 10^{-5}$ ***
	GSYH	0,92	0,18	5,23	$7,93 \times 10^{-6}$ ***
	NFS	0,18	0,29	0,60	$5,55 \times 10^{-1}$
Model 5	Sabit	0,13	0,16	0,85	$4,02 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,05	0,03	32,91	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	-1,71	0,24	-7,15	$2,10 \times 10^{-8}$ ***
	GSYH	1,03	0,03	29,46	< 0,001 ***
Model 7	Sabit	-3,03	0,38	-7,90	$2,25 \times 10^{-9}$ ***
	NFS	1,68	0,08	21,82	< 0,001 ***

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Analiz sonuçlarına göre, Model 1, Model 2 ve Model 4, parametre anlamlılıklarındaki kısıtlamaları sağlayamadığından geçerli bulguların elde edilebilmesi mümkün olmamıştır. Model 1 ve Model 2’de gayri safi yurtiçi hasıla, Model 4’te ise nüfus değişkeni için katsayıların sıfır olduğunu belirten  $H_0$  hipotezini, %10 anlamlılık düzeyinde reddedecek yeterli delil bulunamamış, diğer modellerdeki bağımsız değişkenlerin ise enerji ilişkili karbondioksit salımlarının davranışını açıklama yönünde katkı sağladığı görülmüştür. Toplam birincil enerji arzı ve nüfus büyüklüklerini içeren Model 3’te, yüksek anlamlılık sonuçlarına ulaşılmış, sadece tek açıklayıcı değişken barındıran son üç yapıda model katsayılarının sıfır olduğunu belirten hipotez reddedilirken, Model 3, Model 5, Model 6 ve Model 7 bağımlı değişkenin açıklanmasında öne çıkmıştır. Fosil yakıt tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının bağımsız değişkenlerle açıklanması açısından BRICS ülkelerinden farklılıklar gösteren Brezilya için hesaplanan hata terimi büyüklükleri Çizelge 4.2’de gösterilmiş olup, Model 3 ve Model 5’in en az hataya sahip olduğu belirlenmiş, toplam birincil enerji arzının diğer değişkenlere oranla daha belirleyicilik taşıdığı saptanmıştır.

**Çizelge 4.2 : Brezilya için hata teriminin irdelenmesi.**

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	13,32	12,58	13,26	15,03	12,22	15,36	17,21
OBMH	4,83	5,28	4,93	5,96	5,34	6,02	7,72
OMS	10,60	10,81	10,65	12,60	10,61	12,81	15,04

Farklı bağımsız değişkenler kullanılarak en uygun modelin seçilmesi aşamasında çok değişkenli regresyon analizinin varsayımlarının sınanmasına yönelik uygulanan belirleyicilik testleriyle saptanan değerler, Çizelge 4.3’te sunulmuştur.

**Çizelge 4.3 : Brezilya için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.**

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-2,21	-2,69	-2,22	-2,05	-2,74	-1,90	-2,39
	p-değeri	0,49	0,30	0,49	0,55	0,29	0,61	0,42
P-P	Dickey-Fuller	-6,43	-6,99	-6,95	-5,28	-8,09	-5,25	-9,85
	p-değeri	0,72	0,69	0,69	0,80	0,62	0,80	0,51
J-B	Ki-kare	2,03	1,20	2,24	1,92	1,25	1,96	0,83
	p-değeri	0,36	0,55	0,33	0,38	0,53	0,38	0,66
S-W	W	0,96	0,98	0,95	0,96	0,97	0,95	0,97
	p-değeri	0,19	0,67	0,12	0,22	0,52	0,11	0,40
D-W	D	0,23	0,20	0,24	0,19	0,21	0,19	0,23
	p-değeri	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	4,78	3,11	5,02	1,87	5,72	0,09	10,25
	p-değeri	0,19	0,21	0,08	0,39	0,02	0,77	0,001

Regresyon analiziyle ulaşılan hata terimlerinde birim kökün varlığını ifade eden sıfır hipotezi, Phillips-Perron ve Değiştirilmiş Dickey-Fuller sınamalarında hiçbir model için reddedilememiştir. Ancak bütün modellerde normal dağılım varsayımı doğrulanırken, hata terimlerinde otokorelasyon gözlenmiştir. Breusch-Pagan eş varyans testinde ise Model 5 ve Model 7’de değişen varyans sorunu ortaya çıkmış, Model 3 ve Model 6’da eş varyans varsayımı doğrulanmıştır. Söz konusu analizlerin neticesinde, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında, Model 6’ya göre daha küçük hata terimi büyüklüğü sonuçlarına ulaşıldığından, toplam birincil enerji arzı ve nüfus bağımsız değişkenlerini içeren Model 3’ün uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Model 3’teki bağımsız değişkenlere ait katsayılar, logaritmik dönüşümler kullanılarak hesaplandığından esneklik ilişkisini de belirtmektedir. Model 3’te, toplam birincil enerji arzına ait katsayıdan hareketle, bu değişkendeki yüzde birlik değişim enerji ilişkili karbondioksit salımlarını yüzde 1,55 arttırmaktadır. Anılan değer birden büyük olduğundan toplam birincil enerji arzı ile toplam karbondioksit salımları arasındaki ilişki esnek olarak nitelendirilebilirken, nüfus için aynı durum söz konusu değildir.

Kişi başına düşen enerji büyüklükleri ile hesaplanan parametre sonuçları Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toplam birincil enerji arzı ve gayri safi yurtiçi hasıla büyüklüklerinin standart hatalarında Çizelge 4.1 ile benzerlikler görülmüştür.

**Çizelge 4.4** : Brezilya’da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model A1	Sabit	-0,03	0,48	-0,07	$9,40 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	0,93	0,27	3,44	$0,02 \times 10^{-1}$ ***
	GSYH/NFS	0,22	0,25	0,89	$3,80 \times 10^{-1}$
Model A2	Sabit	0,39	0,010	37,60	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,16	0,08	15,02	< 0,001 ***
Model A3	Sabit	-1,61	0,15	-10,44	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	1,05	0,08	12,81	< 0,001

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Çoklu doğrusallık sorununun giderilmesine yönelik fark denklemleriyle elde edilen parametre hesaplamaları Çizelge 4.5’te verilmiştir. TBEA/NFS ve GSYH/NFS büyüklüklerinin yer aldığı Model B1’de söz konusu değişkenlerin parametrelerinde anlamlı sonuçlara ulaşılamazken, Model B2 ve Model B3’te her iki büyüklükte istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilmiştir. Model B1’in standart hatalarında Model B2 ve Model B3’e kıyasla artış meydana geldiği görülmüştür.

**Çizelge 4.5 : Brezilya'da fark denklemleri için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model B1	Sabit	-0,003	0,008	-0,36	$7,20 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	1,38	0,41	3,34	$0,02 \times 10^{-1}$
	GSYH/NFS	0,06	0,04	1,32	$1,90 \times 10^{-1}$
Model B2	Sabit	-0,002	0,008	-0,29	$7,70 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	1,81	0,26	6,85	< 0,001 ***
Model B3	Sabit	0,005	0,008	0,64	$5,30 \times 10^{-1}$
	GSYH/NFS	0,17	0,03	5,47	< 0,001 ***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

#### 4.2.2 Rusya Federasyonu için analiz sonuçları

Rusya Federasyonu'nda, toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus bağımsız değişkenleri kullanılarak, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasına yönelik oluşturulan modellere ilişkin analiz sonuçları, Çizelge 4.6'da özetlenmiştir. Standart hata, t-istatistiği ve kritik p değerlerine göre; Model 2, Model 3, Model 4, Model 5 ve Model 6, istatistiksel anlamlılık bakımından gerekli ve yeterli şartları sağlamakta, daha etkin ve anlamlı sonuçların elde edilebilmesini olanaklı kılmaktadır.

**Çizelge 4.6 : Rusya Federasyonu için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	-4,55	5,13	-0,89	$3,90 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,08	0,16	6,84	$5,62 \times 10^{-6}$ ***
	GSYH	-0,02	0,11	-0,17	$8,70 \times 10^{-1}$
	NFS	1,01	1,08	0,94	$3,64 \times 10^{-1}$
Model 2	Sabit	0,26	0,12	2,18	$4,49 \times 10^{-2}$ **
	TBEA	1,22	0,02	51,48	$2,00 \times 10^{-6}$ ***
	GSYH	-0,12	0,01	-8,99	$1,19 \times 10^{-7}$ ***
Model 3	Sabit	-5,39	0,63	-8,62	$2,07 \times 10^{-7}$ ***
	TBEA	1,05	0,02	57,46	< 0,001 ***
	NFS	1,19	0,13	9,29	$7,61 \times 10^{-8}$ ***
Model 4	Sabit	-39,11	1,72	-22,76	< 0,001 ***
	GSYH	0,71	0,03	28,13	< 0,001 ***
	NFS	8,32	0,32	25,87	< 0,001 ***
Model 5	Sabit	0,31	0,29	1,10	$2,88 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,09	0,04	24,82	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	5,21	0,89	5,83	$2,01 \times 10^{-5}$ ***
	GSYH	0,31	0,13	2,44	$2,57 \times 10^{-2}$ **
Model 7	Sabit	-6,44	8,73	-0,74	$4,71 \times 10^{-1}$
	NFS	2,77	1,75	1,58	$1,32 \times 10^{-1}$

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklükleriyle oluşturulan Model 1 ve yalnızca nüfus değişkeni kullanılan Model 7, parametre anlamlılıkları bakımından anlamlı bulunmadığından göz ardı edilmiştir. Diğer modeller ise fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında ve bağımsız değişkenlerle ilişki düzeyinin belirlenmesinde, dikkate alınmaya uygun koşulları taşımaktadır. Bu kapsamda hata terimlerinin irdelenmesinde geri kalan modellerin enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında daha uygun sonuçlar ortaya koyabileceği görülmüştür.

Rusya Federasyonu için regresyon denklemlerinin hata büyüklükleri, Çizelge 4.7'de gösterilmiştir. Model 2, Model 3, Model 4 ve Model 5'te hata terimleri nispeten küçük değerler almış, gayri safi yurtiçi hasılanın dikkate alındığı Model 6'da ise yüksek hata değerlerine ulaşıldığından açıklayıcılıktan uzaklaşmıştır.

**Çizelge 4.7 : Rusya Federasyonu için hata teriminin irdelenmesi.**

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	13,07	13,57	13,06	26,10	33,05	195,97	209,42
OBMH	0,66	0,70	0,66	1,16	1,72	8,88	9,47
OMS	10,53	11,10	10,47	18,55	27,57	155,31	163,12

Rusya Federasyonu için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları, Çizelge 4.8'de sunulmuştur. Model 5, otokorelasyon ile durağanlık varsayımlarını sağlayamamış, ancak normal dağılıma uygun davranış sergilemiştir. Model 2, Model 3 ve Model 4, %10 ve %5 anlamlılık düzeyinde eş varyans dahil olmak üzere anılan varsayımlarla bağdaştığından enerji ilişkili karbondioksit salımlarının açıklanmasında ve değişkenler arasındaki ilişki düzeyinin belirlenmesinde öne çıkmıştır.

**Çizelge 4.8 : Rusya Federasyonu için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.**

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-3,94	-3,81	-3,93	-2,52	-1,48	-2,62	-3,25
	p-değeri	0,03	0,03	0,03	0,37	0,77	0,34	0,10
P-P	Dickey-Fuller	-17,96	-17,51	-18,04	-18,59	-9,06	-3,71	-1,95
	p-değeri	0,05	0,06	0,05	0,04	0,54	0,90	0,96
J-B	Ki-kare	2,27	1,81	2,38	4,93	1,44	2,45	2,38
	p-değeri	0,32	0,40	0,30	0,09	0,49	0,29	0,30
S-W	W	0,92	0,92	0,92	0,90	0,93	0,88	0,91
	p-değeri	0,10	0,12	0,09	0,04	0,19	0,02	0,07
D-W	d	2,29	2,18	2,31	2,39	0,43	0,10	0,17
	p-değeri	0,54	0,45	0,56	0,63	< 0,001	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	2,04	0,89	1,64	1,05	0,31	8,62	4,44
	p-değeri	0,56	0,64	0,44	0,59	0,58	0,003	0,04

İnceleme kapsamındaki ülkeler arasında en yüksek kişi başına düşen enerji ilişkili karbondioksit salımlarına sahip ülke konumundaki Rusya Federasyonu'nda, enerji ilişkili karbondioksit salımlarının açıklanmasında tercih edilen Model 2, Model 3 ve Model 4'te, toplam birincil enerji arzı ve nüfus büyüklüklerinin açıklanan değişkene olan duyarlılığı yüksek seviyede hesaplanmış, nüfus ve toplam birincil enerji arzındaki artış veya azalmanın enerji ilişkili karbondioksit salımlarında aynı yönde değişikliğe sebep olduğu ortaya konmuştur. Gayri safi yurtiçi hasılda ise düşük esneklik sonuçlarına ulaşıldığından, anılan büyüklüğün enerji ilişkili karbondioksit salımlarını kayda değer düzeyde değiştirmedeği saptanmıştır. Düşük verimle çalışan elektrik santralleri, enerji ilişkili karbondioksit salımlarında temel problemi oluştururken, elektrik ve ısı üretim sistemlerindeki verimliliğin artırılması, karbondioksit salımlarının azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

Çizelge 4.6'da elde edilen parametre sonuçlarına göre çoklu doğrusallığın düşük seviyede gerçekleştiği Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler Çizelge 4.9'da sunulmuştur.

**Çizelge 4.9 :** Rusya Federasyonu'nda kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model A1	Sabit	0,782	0,029	27,147	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,238	0,026	47,211	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,128	0,013	-9,521	< 0,001 ***
Model A2	Sabit	0,782	0,072	10,840	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,064	0,047	22,570	< 0,001 ***
Model A3	Sabit	1,756	0,231	7,608	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	0,315	0,111	2,830	1,20 x10 <sup>-2</sup> **

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Rusya Federasyonu'nda fark denklemleri için hesaplanan parametrelerin verildiği Çizelge 4.10'da standart hata değerlerinin Model B1'de önemli miktarda artması dolayısıyla çoklu doğrusallık sorununun ortaya çıktığı görülmüştür.

**Çizelge 4.10 :** Rusya Federasyonu'nda fark denklemleri için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model B1	Sabit	-0,02	0,04	-0,55	5,80x10 <sup>-1</sup>
	TBEA/NFS	2,64	0,31	8,47	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,09	0,10	-0,93	3,60x10 <sup>-1</sup>
Model B2	Sabit	-0,04	0,03	-1,20	2,45x10 <sup>-1</sup>
	TBEA/NFS	2,39	0,16	15,14	< 0,001 ***
Model B3	Sabit	-0,22	0,08	-2,82	0,10x10 <sup>-1</sup> ***
	GSYH/NFS	0,65	0,12	5,51	< 0,001 ***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

#### 4.2.3 Hindistan için analiz sonuçları

Hindistan için temel enerji büyüklüklerinin karbondioksit salımları üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla elde edilen çoklu regresyon çıktıları, Çizelge 4.11'de verilmiştir. Parametrelerin sıfırdan farklı olduğunu belirten alternatif önsavı bütün modeller için sağlanmış, ilgili büyüklükler dikkate alınarak biçimlendirilen farklı özelliklere sahip model parametrelerinin istatistiki anlamlılığa sahip olduğu görülmüştür.

**Çizelge 4.11 : Hindistan için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	-0,52	1,04	-0,50	$6,21 \times 10^{-1}$
	TBEA	2,47	0,23	10,71	< 0,001 ***
	GSYH	-0,54	0,07	-7,50	$1,04 \times 10^{-8}$ ***
	NFS	-0,51	0,29	-1,77	$8,50 \times 10^{-2}$ *
Model 2	Sabit	-2,36	0,06	-41,64	< 0,001 ***
	TBEA	2,08	0,07	29,74	< 0,001 ***
	GSYH	-0,45	0,05	-8,90	< 0,001 ***
Model 3	Sabit	-6,11	1,17	-5,23	$7,97 \times 10^{-6}$ ***
	TBEA	0,91	0,16	5,68	$2,02 \times 10^{-6}$ ***
	NFS	1,07	0,31	3,47	$1,41 \times 10^{-3}$ ***
Model 4	Sabit	-11,04	0,71	-15,59	< 0,001 ***
	GSYH	0,16	0,06	2,43	$2,05 \times 10^{-2}$ **
	NFS	2,41	0,17	13,96	< 0,001 ***
Model 5	Sabit	-2,07	0,08	-25,21	< 0,001 ***
	TBEA	1,46	0,01	102,14	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	-1,23	0,21	-5,79	$1,35 \times 10^{-6}$ ***
	GSYH	1,04	0,03	35,57	< 0,001 ***
Model 7	Sabit	-12,68	0,22	-57,00	< 0,001 ***
	NFS	2,82	0,03	85,31	< 0,001 ***

\* % 10 düzeyinde anlamlı

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Anlamlı katsayılara ulaşılan bütün modellerin hata terimi büyüklükleri Çizelge 4.12'de gösterilmiştir. Hindistan'da en küçük hata büyüklüklerine Model 1 ve Model 2'de ulaşılmıştır.

**Çizelge 4.12 : Hindistan için hata teriminin irdelenmesi.**

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	8,79	8,82	20,83	24,54	29,74	89,50	26,00
OBMH	1,44	1,49	2,65	3,30	3,05	8,91	3,38
OMS	7,11	7,23	16,66	19,50	21,25	61,64	19,21

Hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları Hindistan için, Çizelge 4.13'de sunulmuştur. Tanımlayıcı sınamalara göre, Model 1 ve Model 2 öne çıkmış, veri kümesinin normal dağıldığını savunan sıfır hipotezi, Jarque-Bera ve Shapiro-Wilk

sınamalarına göre reddedilememiş, parametrik olmayan durağanlık testi Phillips-Perron bulguları yalnızca söz konusu iki model için sağlanmış, eş varyans sıfır hipotezi doğrulanmıştır. Hata terimleri analizleri sonucunda, Model 1'in Model 2'ye göre istatistiksel olarak daha az yanıltıcı özelliklere sahip olduğu tesbit edilmiştir.

**Çizelge 4.13 :** Hindistan için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-3,05	-2,77	-1,63	-2,26	-0,62	0,29	-2,51
	p-değeri	0,16	0,27	0,72	0,47	0,97	0,99	0,38
P-P	Dickey-Fuller	-21,35	-16,98	-8,32	-10,31	-2,62	-0,38	-9,91
	p-değeri	0,02	0,08	0,60	0,48	0,95	0,99	0,50
J-B	Ki-kare	8,93	9,20	2,61	2,18	2,72	2,79	0,13
	p-değeri	0,01	0,01	0,27	0,34	0,26	0,25	0,94
S-W	W	0,94	0,95	0,94	0,96	0,92	0,94	0,98
	p-değeri	0,06	0,11	0,03	0,20	0,01	0,03	0,71
D-W	d	1,07	0,79	0,35	0,42	0,22	0,16	0,37
	p-değeri	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	4,95	5,75	1,86	3,17	2,50	3,18	6,57
	p-değeri	0,18	0,06	0,39	0,21	0,11	0,07	0,01

Tercih edilen modellerde, toplam birincil enerji arzı Model 1'de 2,47; Model 2'de 2,08 katsayısına sahip iken, söz konusu değişkenin bağımsız değişkeni önemli miktarda etkilediği ve esneklik düzeyinin oldukça yüksek olduğu ortaya konmaktadır. Anılan modellerde gayri safi yurtiçi hasıla için sırasıyla -0,54 ve -0,45 olarak hesaplanan etki düzeyi, negatif yönde ve birden küçük olması nedeniyle, esnekliğin zayıf yönde gerçekleştiğini belirtmektedir.

Çizelge 4.11'de GSYH ve TBEA büyüklüklerinde Model 1'de ortaya çıkan çoklu doğrusallığın kontrol edilmesi amacıyla Hindistan'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler Çizelge 4.14'de, fark denklemleri ile hesaplanan parametreler ise Çizelge 4.15'de gösterilmiştir. Bu kapsamda parametre anlamlılıklarındaki sonuçların söz konusu modellerle doğrulandığı görülmüştür.

**Çizelge 4.14 :** Hindistan'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model A1	Sabit	3,11	0,15	20,42	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	3,19	0,12	26,87	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,70	0,07	-10,73	< 0,001 ***
Model A2	Sabit	1,49	0,04	39,08	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,93	0,04	51,35	< 0,001 ***
Model A3	Sabit	-0,98	0,03	-32,56	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	1,03	0,05	22,23	< 0,001 ***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı



**Çizelge 4.15** : Hindistan’da fark denklemleri için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model B1	Sabit	0,003	0,002	1,076	$2,90 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	3,185	0,343	9,289	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,018	0,026	-0,689	$4,95 \times 10^{-1}$
Model B2	Sabit	0,002	0,002	1,008	$3,20 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	3,035	0,263	11,553	< 0,001 ***
Model B3	Sabit	0,015	0,004	3,778	$0,01 \times 10^{-1}$ ***
	GSYH/NFS	0,134	0,037	3,645	$0,01 \times 10^{-1}$ ***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

#### 4.2.4 Çin için analiz sonuçları

Çin’deki fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasına yönelik oluşturulan, farklı bağımsız değişkenlere sahip modellere ilişkin hesaplama sonuçları, Çizelge 4.16’da karşılaştırmalı halde verilmiştir. Gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus büyüklüklerini içeren Model 4 hariç, diğer modellerde anlamlı parametre sonuçlarına ulaşılmıştır.

**Çizelge 4.16** : Çin için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	-6,71	0,82	-8,22	$1,38 \times 10^{-9}$ ***
	TBEA	1,15	0,04	28,24	$2,00 \times 10^{-9}$ ***
	GSYH	-0,09	0,03	-3,37	$1,90 \times 10^{-3}$ ***
	NFS	1,05	0,13	7,90	$3,38 \times 10^{-9}$ ***
Model 2	Sabit	-0,35	0,23	-1,55	$1,30 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,12	0,07	16,68	< 0,001 ***
	GSYH	0,07	0,03	2,17	$3,70 \times 10^{-2}$ **
Model 3	Sabit	-4,43	0,52	-8,56	< 0,001 ***
	TBEA	1,05	0,03	32,92	< 0,001 ***
	NFS	0,72	0,10	7,03	$3,51 \times 10^{-8}$ ***
Model 4	Sabit	-1,03	3,86	-0,27	$7,90 \times 10^{-1}$
	GSYH	0,46	0,09	5,10	$1,19 \times 10^{-5}$ ***
	NFS	0,74	0,65	1,14	$2,61 \times 10^{-1}$
Model 5	Sabit	-0,81	0,09	-9,33	< 0,001 ***
	TBEA	1,26	0,01	97,72	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	3,38	0,13	26,69	< 0,001 ***
	GSYH	0,57	0,02	34,33	< 0,001 ***
Model 7	Sabit	-20,27	1,07	-19,00	< 0,001 ***
	NFS	3,99	0,15	26,21	< 0,001 ***

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Çin için irdelenen bütün modellere ilişkin hata terimi büyüklükleri, Çizelge 4.17’de gösterilmiştir. Bütün bağımsız değişkenleri içeren Model 1 ile toplam birincil enerji arzı ile nüfusun bağımsız değişken olduğu Model 3, en düşük hata terimleriyle öne çıkmaktadır.

**Çizelge 4.17 : Çin için hata teriminin irdelenmesi.**

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	50,24	103,92	60,61	346,47	130,64	312,11	549,70
OBMH	1,61	2,74	1,83	7,22	2,87	7,81	8,95
OMS	38,66	75,97	46,10	212,50	86,17	208,51	311,55

Çin için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları, Çizelge 4.18’de sunulmuştur. Phillips-Perron durağanlık sınaması sadece Model 1 için, normal dağılım Model 7 haricinde, eş varyans ise Model 1, Model 2 ve Model 6’da doğrulanmaktadır. Bu kapsamda, en küçük hata terimi büyüklüğüne sahip olan Model 1, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında diğer modellere göre daha üstün bulunmuştur.

**Çizelge 4.18 : Çin için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.**

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-2,68	-1,86	-3,20	-3,54	0,10	-3,84	-0,82
	p-değeri	0,31	0,63	0,10	0,05	0,99	0,03	0,95
P-P	Dickey-Fuller	-22,46	-4,06	-15,11	-8,18	-1,29	-8,90	-1,59
	p-değeri	0,02	0,88	0,17	0,61	0,98	0,57	0,98
J-B	Ki-kare	1,06	2,38	1,58	0,74	1,79	2,59	10,31
	p-değeri	0,59	0,30	0,45	0,69	0,41	0,27	0,01
S-W	W	0,98	0,95	0,97	0,95	0,96	0,93	0,90
	p-değeri	0,71	0,09	0,32	0,10	0,19	0,01	0,00
D-W	d	1,08	0,33	0,76	0,22	0,31	0,21	0,18
	p-değeri	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	2,73	0,90	7,07	10,14	7,08	0,54	9,96
	p-değeri	0,44	0,64	0,03	0,01	0,01	0,46	0,00

Toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus bağımsız değişkenlerini kapsayan Model 1’in tercih edilmesiyle, her üç bağımsız değişkenin Çin’in enerji ilişkili karbondioksit salımlarının açıklanmasında gerekli olduğu tesbit edilmiştir. Çalışma kapsamında incelenen diğer ülkelere kıyasla enerji ilişkili karbondioksit salımları çok daha hızlı artış gösteren Çin’de, bağımsız değişkenlerin enerji ilişkili karbondioksit salımlarındaki etki düzeyi, anılan büyüklüklerdeki birim yüzde değişim için toplam birincil enerji arzında yüzde 1,15; gayri safi yurtiçi hasıla’da yüzde -0,09 ve nüfus için yüzde 1,05 olarak hesaplanmıştır.

Ekonomik sistemin yeniden yapılandırılması ve enerji yoğun sektörlerde enerji verimliliği faaliyetlerinin etkin düzeyde sürdürülmesiyle, enerji ilişkili karbondioksit salımlarının daha düşük seviyelere geriletmesi mümkün görünmektedir. Kömür ve petrolün toplam birincil enerji arzında yüksek paya sahip olduğu Çin, Dünya’nın en

büyük fosil yakıt tüketicisi konumundadır. Bu kapsamda, enerji ilişkili karbondioksit salımlarının azaltılması sürecinde, elektrik ve ısı üretiminde kullanılan eski kömür santrallerinin yenilenmesi veya kapatılması, elektrik enerjisi talebinin düşürülmesi, yenilenebilir kaynakların üstlendiği rolün artırılması, kömürün verimli kullanılması vb. diğer araçlar öne çıkmaktadır.

Çin için Çizelge 4.16'da hesaplanan parametre büyüklüklerinde Model 1'de yer alan GSYH ve TBEA bağımsız değişkenlerinin standart hatalarında, Model 5 ve Model 6 ile kıyaslandığında önemli artış gözlenmemiştir. Ancak Çin'de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametrelerin gösterildiği Çizelge 4.19'da TBEA/NFS büyüklüğüne ait standart hatanın Model A1'de Model A2'ye göre arttığı, dolayısıyla çoklu doğrusallığın etkili olduğu görülmektedir.

**Çizelge 4.19 : Çin'de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)	
Model A1	Sabit	0,89	0,04	24,40	< 0,001	***
	TBEA/NFS	1,04	0,07	14,39	< 0,001	***
	GSYH/NFS	0,12	0,03	4,50	< 0,001	***
Model A2	Sabit	1,05	0,01	104,69	< 0,001	***
	TBEA/NFS	1,36	0,02	56,34	< 0,001	***
Model A3	Sabit	0,38	0,02	19,30	< 0,001	***
	GSYH/NFS	0,50	0,02	26,38	< 0,001	***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Çin'de fark denklemleri için hesaplanan parametrelerin sunulduğu Çizelge 4.20'de Model B1'e ait GSYH/NFS değişkeni için anlamlı parametre sonuçlarına ulaşılamamıştır. Model B2'de TBEA/NFS büyüklüğü için 3,27 değeri elde edilirken esnek sonuçlar elde edilmiş, Model B3'de yer alan GSYH/NFS'deki yüzde birlik değişimin TKDS/NFS büyüklüğünü %0,50 seviyesinde etkilediği ortaya konmuştur.

**Çizelge 4.20 : Çin'de fark denklemleri için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)	
Model B1	Sabit	0,001	0,009	0,14	$8,90 \times 10^{-1}$	
	TBEA/NFS	3,07	0,23	13,53	< 0,001	***
	GSYH/NFS	0,06	0,05	1,22	$2,30 \times 10^{-1}$	
Model B2	Sabit	0,007	0,008	0,83	$4,10 \times 10^{-1}$	
	TBEA/NFS	3,27	0,16	20,40	< 0,001	***
Model B3	Sabit	0,003	0,02	0,15	$8,80 \times 10^{-1}$	
	GSYH/NFS	0,50	0,08	6,29	< 0,001	***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

#### 4.2.5 Güney Afrika için analiz sonuçları

Güney Afrika için oluşturulan modellere ilişkin parametre sonuçları, Çizelge 4.21'de verilmiştir. Model 1 ve Model 3'te katsayıların sıfır olduğunu öne süren  $H_0$  hipotezi, toplam birincil enerji arzı için reddedilemediğinden, belirtilen modeller uygun değildir.

**Çizelge 4.21** : Güney Afrika için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	1,99	0,29	6,93	$5,45 \times 10^{-8}$ ***
	TBEA	-0,08	0,09	-0,83	$4,14 \times 10^{-1}$
	GSYH	0,34	0,11	2,95	$5,78 \times 10^{-3}$ ***
	NFS	0,55	0,14	3,79	$5,91 \times 10^{-4}$ ***
Model 2	Sabit	1,51	0,30	4,99	$1,67 \times 10^{-5}$ ***
	TBEA	0,14	0,08	1,72	$9,40 \times 10^{-2}$ *
	GSYH	0,58	0,11	5,30	$6,47 \times 10^{-6}$ ***
Model 3	Sabit	2,78	0,12	23,95	< 0,001 ***
	TBEA	-0,01	0,10	-0,11	$9,17 \times 10^{-1}$
	NFS	0,79	0,13	6,04	$6,85 \times 10^{-7}$ ***
Model 4	Sabit	2,05	0,28	7,39	$1,19 \times 10^{-8}$ ***
	GSYH	0,31	0,11	2,84	$7,42 \times 10^{-8}$ ***
	NFS	0,47	0,11	4,23	$1,59 \times 10^{-8}$ ***
Model 5	Sabit	2,99	0,16	19,20	< 0,001 ***
	TBEA	0,57	0,03	16,27	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	1,12	0,20	5,47	$3,55 \times 10^{-6}$ ***
	GSYH	0,76	0,04	21,53	< 0,001 ***
Model 7	Sabit	2,78	0,11	24,33	< 0,001 ***
	NFS	0,78	0,03	24,04	< 0,001 ***

\* % 10 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Parametrelerin saptanmasıyla anlamlı sonuçlar elde edilemeyen Model 1 ve Model 3'ün dışındaki seçeneklerde, Çizelge 4.22'de gösterilen hata terimleri büyüklüklerinde yakın değerler elde edilmiştir.

**Çizelge 4.22** : Güney Afrika için hata teriminin irdelenmesi.

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	10,34	12,53	11,72	10,31	16,63	13,65	11,71
OBMH	3,04	3,95	3,65	3,09	5,48	4,30	3,66
OMS	7,68	10,06	9,36	7,77	13,95	11,16	9,39

Model 2, Model 5, Model 6 ve Model 7 için Çizelge 4.23'te Güney Afrika için hesaplanan hata terimleri belirleyicilik sınamaları sonucunda, sıfır hipotezi olarak sırasıyla Jarque-Bera ve Shapiro-Wilk normal dağılım; Breusch-Pagan eş varyans önsavlarını sunan testlerde başarılı bulgular elde edilmiş, diğer varsayımlar sağlanamamıştır. Model 4'te ise hata terimlerinde otokorelasyon haricindeki diğer kabuller yerine getirilmiş dolayısıyla, anılan model enerji ilişkili karbondioksit salımlarını açıklayacak yeterlilikte bulunmuştur.

**Çizelge 4.23 : Güney Afrika için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.**

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-3,85	-2,02	-3,01	-3,24	-1,67	-1,85	-2,95
	p-değeri	0,03	0,57	0,18	0,10	0,70	0,63	0,20
P-P	Dickey-Fuller	-17,38	-11,76	-15,54	-16,83	-7,33	-11,02	-15,45
	p-değeri	0,08	0,38	0,14	0,09	0,67	0,43	0,15
J-B	Ki-kare	4,86	2,69	1,80	6,83	1,02	2,38	1,96
	p-değeri	0,09	0,26	0,41	0,03	0,60	0,30	0,37
S-W	W	0,93	0,95	0,97	0,91	0,97	0,95	0,97
	p-değeri	0,02	0,07	0,39	0,01	0,51	0,11	0,33
D-W	d	0,94	0,60	0,79	0,89	0,37	0,59	0,78
	p-değeri	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	5,75	0,59	5,09	2,08	0,18	0,13	0,89
	p-değeri	0,12	0,74	0,08	0,35	0,67	0,72	0,35

Model 4'te yer alan bağımsız değişkenlerden gayri safi yurtiçi hasıla 0,31; ve nüfus 0,47 katsayılarına sahip iken, söz konusu değerler enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarında anılan değişkenlerin etkisini ortaya koymaktadır. Söz konusu her iki değişkenin de esnek sonuçlar vermediği görülmekte, bu durum ilgili değişkenlerin artış oranının enerji ilişkili karbondioksit salımlarından düşük olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge 4.21'de hesaplanan parametre anlamlılıklarının etkinliğinin ortaya konması amacıyla Güney Afrika'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler Çizelge 4.24'de verilmiştir. Her bir model için anlamlı parametre sonuçlarına ulaşılrken, çoklu doğrusallık probleminin oluşmadığı görülmüştür.

**Çizelge 4.24 : Güney Afrika'da kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.**

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model A1	Sabit	1,29	0,32	4,05	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	-0,37	0,09	-4,23	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	0,47	0,14	3,27	0,02x10 <sup>-1</sup> **
Model A2	Sabit	2,30	0,09	25,11	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	-0,34	0,10	-3,43	0,02x10 <sup>-1</sup> **
Model A3	Sabit	1,11	0,38	2,89	0,06x10 <sup>-1</sup> **
	GSYH/NFS	0,39	0,17	2,29	0,30x10 <sup>-1</sup> **

\*\* % 5 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Güney Afrika'da fark denklemleri için hesaplanan parametrelerin yer aldığı Çizelge 4.25'te Model B1'de, TBEA/NFS ve GSYH/NFS için hesaplanan parametrelerde anlamlı sonuçlara ulaşılamamıştır.

**Çizelge 4.25** : Güney Afrika'da fark denklemleri için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model B1	Sabit	-0,052	0,050	-1,042	$3,05 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	0,620	0,514	1,205	$2,36 \times 10^{-1}$
	GSYH/NFS	0,324	0,223	1,449	$1,56 \times 10^{-1}$
Model B2	Sabit	-0,043	0,050	-0,847	$4,03 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	0,864	0,493	1,752	$0,88 \times 10^{-1}$ *
Model B3	Sabit	-0,044	0,050	-0,877	$3,86 \times 10^{-1}$
	GSYH/NFS	0,412	0,212	1,940	$0,60 \times 10^{-1}$ *

\* % 10 düzeyinde anlamlı

#### 4.2.6 Türkiye için analiz sonuçları

Fosil yakıtlardan kaynaklanan karbondioksit salımlarının başlıca enerji-ekonomi büyüklükleriyle irdelenmesi ve bağımsız değişken üzerinde ilgili değişkenlerin etkisinin ortaya konulması kapsamında oluşturulan yedi farklı modele ait sonuçlar, Çizelge 4.26'da sunulmuştur. Model 1 ve Model 2'de yer alan gayri safi yurtiçi hasıla bağımsız değişkeni % 10 düzeyi için dikkate alınan istatistiksel anlamlılık koşulunu sağlayamamıştır. Anılan modeller, gayri safi yurtiçi hasılanın katsayısı istatistiksel olarak sıfıra eşit bulunduğundan, toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında yetersiz kalmaktadır. Diğer modellerde ise söz konusu sorunlar saptanmadığından, daha detaylı ve kapsamlı analizlerin gerçekleştirilmesi mümkün olmaktadır.

**Çizelge 4.26** : Türkiye için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model 1	Sabit	0,05	0,30	0,17	$8,64 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,12	0,09	12,15	$6,32 \times 10^{-8}$ ***
	GSYH	-0,06	0,08	-0,79	$4,36 \times 10^{-1}$
	NFS	0,19	0,11	1,76	$0,88 \times 10^{-1}$
Model 2	Sabit	0,49	0,17	2,91	$6,18 \times 10^{-3}$ *
	TBEA	1,21	0,08	15,62	< 0,001 ***
	GSYH	-0,07	0,08	-0,90	$3,76 \times 10^{-1}$
Model 3	Sabit	-0,09	0,24	-0,38	$7,05 \times 10^{-1}$
	TBEA	1,05	0,05	22,42	< 0,001 ***
	NFS	0,19	0,10	1,83	$0,76 \times 10^{-1}$ *
Model 4	Sabit	-3,29	0,27	-12,17	< 0,001 ***
	GSYH	0,73	0,09	8,21	$1,13 \times 10^{-9}$ ***
	NFS	0,92	0,20	4,68	$4,20 \times 10^{-5}$ ***
Model 5	Sabit	0,34	0,02	14,64	< 0,001 ***
	TBEA	1,14	0,01	190,02	< 0,001 ***
Model 6	Sabit	-2,08	0,10	-20,63	< 0,001 ***
	GSYH	1,15	0,02	67,86	< 0,001 ***
Model 7	Sabit	-5,29	0,20	-26,53	< 0,001 ***
	NFS	2,53	0,05	50,42	< 0,001 ***

\* % 10 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4.27'deki farklı alternatif yapılar çerçevesinde oluşturulan hata büyüklüklerine göre, Model 1, Model 2 ve Model 3 için en küçük değerde ve birbirine yakın sonuçların elde edilmesine rağmen, Model 1 ve Model 2 parametre anlamlılık sınamalarını sağlayamadığından dikkate alınmamıştır.

**Çizelge 4.27 : Türkiye için hata teriminin irdelenmesi.**

Hata Büyüklükleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
EDH	2,04	2,15	2,11	5,12	2,26	7,50	8,73
OBMH	1,24	1,31	1,26	2,68	1,33	3,71	5,13
OMS	1,59	1,68	1,63	3,40	1,74	5,26	6,47

Çizelge 4.28'deki hata terimlerine yönelik belirleyicilik değerlendirmelerinde, durağanlık, normal dağılım, otokorelasyon ve eş varyans varsayımlarını barındıran Model 3 ve Model 5, fosil yakıt tüketiminin yol açtığı karbondioksit salımlarının açıklanmasında gerek ve yeter koşulları sağlamış, anılan iki model hata terimlerine yönelik belirleyicilik sınamalarında da uygun bulunmuştur.

**Çizelge 4.28 : Türkiye için hata terimine yönelik belirleyicilik sınamaları.**

Testler	Test İstatistikleri	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
ADF	Dickey-Fuller	-4,39	-4,28	-4,45	-2,97	-4,17	-1,70	-2,19
	p-değeri	0,01	0,01	0,01	0,19	0,01	0,69	0,50
P-P	Dickey-Fuller	-29,91	-28,21	-30,95	-28,06	-29,00	-20,10	-15,71
	p-değeri	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,04	0,13
J-B	Ki-kare	1,13	0,40	2,14	1,31	0,33	3,24	2,14
	p-değeri	0,57	0,82	0,34	0,52	0,85	0,20	0,34
S-W	W	0,96	0,98	0,97	0,97	0,98	0,95	0,95
	p-değeri	0,27	0,57	0,48	0,43	0,69	0,10	0,13
D-W	d	1,79	1,64	1,82	1,35	1,64	0,92	0,74
	p-değeri	0,14	0,08	0,19	0,01	0,10	< 0,001	< 0,001
B-P	BP	0,40	0,53	0,42	3,30	0,05	0,53	0,97
	p-değeri	0,94	0,77	0,81	0,19	0,82	0,47	0,32

Modellerden elde edilen katsayılar göre, toplam birincil enerji arzında gerçekleşen yüzde birlik değişim, enerji ilişkili karbondioksit salımlarında sırasıyla, yüzde 1,05 ve yüzde 1,14 etki yaratmakta, dolayısıyla yüksek esnekliğe sahip oldukları ortaya konmaktadır.

Bağımsız değişkenler arasındaki doğrusal ilişkinin belirlenmesi amacıyla Türkiye'de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler Çizelge 4.29'da, fark denklemleri için hesaplanan parametreler ise Çizelge 4.30'da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.29 :** Türkiye’de kişi başına düşen büyüklükler için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model A1	Sabit	1,09	0,19	5,72	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,33	0,09	14,79	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,09	0,09	-0,97	$3,40 \times 10^{-1}$
Model A2	Sabit	0,90	0,00	264,69	< 0,001 ***
	TBEA/NFS	1,25	0,01	99,12	< 0,001 ***
Model A3	Sabit	-1,70	0,07	-25,15	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	1,25	0,03	36,88	< 0,001 ***

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

**Çizelge 4.30 :** Türkiye’de fark denklemleri için hesaplanan parametreler.

Modeller	Değişkenler	Katsayılar	Standart Hata	t istatistiği	Anlamlılık (p)
Model B1	Sabit	0,01	0,01	0,99	$3,30 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	3,16	0,29	11,07	< 0,001 ***
	GSYH/NFS	-0,06	0,04	-1,69	$1,00 \times 10^{-1}$ *
Model B2	Sabit	0,01	0,01	0,65	$5,20 \times 10^{-1}$
	TBEA/NFS	2,79	0,18	15,24	< 0,001 ***
Model B3	Sabit	0,02	0,02	1,23	$2,03 \times 10^{-1}$
	GSYH/NFS	0,27	0,05	5,34	< 0,001 ***

\* % 10 düzeyinde anlamlı

\*\*\* % 1 düzeyinde anlamlı

#### 4.3 Modellerin Hata Terimleri Kapsamında Toplu Halde Karşılaştırılması

Bağımsız değişkenlere ait parametrelerin belirlenmesiyle ulaşılan katsayılardan faydalanılarak hata terimleri, ortalama karekök hata, ortalama mutlak yüzde hata ve ortalama mutlak sapma değerleriyle birlikte analiz kapsamındaki tüm ülkeler için Çizelge 4.31’de sunulmuş, ülkeler özelinde tercih edilmesinde yarar görülen modellere dikkat çekilmiştir.

Çalışma kapsamında göz önüne alınan temel enerji büyüklüklerinin bütün halde ve tüm Dünya ülkeleri için aynı mantıkla kullanılması, fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının açıklanmasında yeterli değildir. BRICS ülkeleri ve Türkiye için seçilen modellerin etkinliği karşılaştırıldığında, Brezilya ve Güney Afrika’ya ait modellerin hata terimleri daha büyük gözlenmiş, bu ülkelerde toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfusun yanında başka değişkenlere de ihtiyaç duyulduğu saptanmıştır.



**Çizelge 4.31 : Analiz kapsamındaki ülkelerin hata terimlerinin karşılaştırılması.**

Ülkeler	Hata	Model 1	Model 2	Model 3	Model 4	Model 5	Model 6	Model 7
Brezilya	EDH	13,32	12,58	<b>13,26</b>	15,03	12,22	15,36	17,21
	OBMH	4,83	5,28	<b>4,93</b>	5,96	5,34	6,02	7,72
	OMS	10,60	10,81	<b>10,65</b>	12,60	10,61	12,81	15,04
Rusya	EDH	13,07	<b>13,57</b>	<b>13,06</b>	<b>26,10</b>	33,05	195,97	209,42
	OBMH	0,66	<b>0,70</b>	<b>0,66</b>	<b>1,16</b>	1,72	8,88	9,47
	OMS	10,53	<b>11,10</b>	<b>10,47</b>	<b>18,55</b>	27,57	155,31	163,12
Hindistan	EDH	<b>8,79</b>	<b>8,82</b>	20,83	24,54	29,74	89,50	26,00
	OBMH	<b>1,44</b>	<b>1,49</b>	2,65	3,30	3,05	8,91	3,38
	OMS	<b>7,11</b>	<b>7,23</b>	16,66	19,50	21,25	61,64	19,21
Çin	EDH	<b>50,24</b>	103,92	60,61	346,47	130,64	312,11	549,70
	OBMH	<b>1,61</b>	2,74	1,83	7,22	2,87	7,81	8,95
	OMS	<b>38,66</b>	75,97	46,10	212,50	86,17	208,51	311,55
Güney Afrika	EDH	10,34	12,53	11,72	<b>10,31</b>	16,63	13,65	11,71
	OBMH	3,04	3,95	3,65	<b>3,09</b>	5,48	4,30	3,66
	OMS	7,68	10,06	9,36	<b>7,77</b>	13,95	11,16	9,39
Türkiye	EDH	2,04	2,15	<b>2,11</b>	5,12	<b>2,26</b>	7,50	8,73
	OBMH	1,24	1,31	<b>1,26</b>	2,68	<b>1,33</b>	3,71	5,13
	OMS	1,59	1,68	<b>1,63</b>	3,40	<b>1,74</b>	5,26	6,47



## 5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan toplam karbondioksit salımlarının ülkeler ayrımında açıklanmasında, yaygın olarak toplam birincil enerji arzı, gayri safi yurtiçi hasıla ve nüfus temel büyüklükleri kullanılmaktadır. Buna karşın, gelişme dinamikleri itibariyle farklılıklar taşıyan ülkeler için aynı açıklayıcı değişkenlerden yararlanılması, ülkelerin sosyo-ekonomik vb. diğer gelişme unsurlarının göz ardı edilmesine, enerji ilişkili toplam karbondioksit salımlarında belirleyici olan etmenlerin etkin ve hatasız biçimde saptanamamasına yol açabilmektedir. Brezilya'da Model 3, Rusya Federasyonu'nda Model 2, Model 3 ve Model 4, Hindistan'da Model 1 ve Model 2, Çin'de Model 1, Güney Afrika'da Model 4, Türkiye'de ise Model 3 ve Model 5 fosil yakıtların tüketiminden kaynaklanan karbondioksit salımlarının açıklanmasında öne çıkmaktadır. Analiz kapsamındaki ülkelerin her biri için farklı bağımsız değişkenler içeren modeller öne çıkmaktadır. Dolayısıyla, temel büyüklüğün sağlıklı olarak açıklanabilmesi için, ülkeler ayrımında farklı değişkenlerin dikkate alınması gerekmektedir.

Tez çalışmasında, doğal kaynakları, iklim özellikleri, enerji arzına yönelik kısıtları, sektörel tüketim yapıları, sosyo-ekonomik, demografik vb. diğer unsurlarında önemli farklılıklar bulunan BRICS ülkeleri ve Türkiye'ye yönelik analizlerin gerçekleştirilmesiyle, anılan ülkelerin enerji ilişkili karbondioksit salımlarının açıklanmasında farklı enerji büyüklüklerinin öne çıktığı görülmüştür. Bu çerçevede, çalışmada kullanılan temel değişkenlerin bazı ülkeler için yeterli olduğu saptanırken, diğerlerinde ise açıklayıcılığın artırılabilmesi için ek değişkenlerin modele katılması gerekliliği saptanmıştır. Bununla birlikte oluşturulan yedi farklı modelde çoklu doğrusallık sorunun ortaya çıkarılması ve giderilmesi amacıyla kişi başına düşen büyüklükler dikkate alınarak logaritmik dönüşümler ve fark denklemleri kullanılmıştır.

Sunulan tez çalışmasının yukarıda belirtildiği şekilde ülkelere özgü yeni değişkenlerin modellere dahil edilmesi, izleyecek çalışmalara örnek gösterilebilir.



## KAYNAKLAR

- [1] **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.
- [2] **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.
- [3] **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.
- [4] **The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)**, (2007). IPCC Fourth Assessment Report: Climate Change 2007 (AR4). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- [5] **Ramanathan, R.**, (2006). A multi-factor efficiency perspective to the relationships among world GDP, energy consumption and carbon dioxide emissions. *Technological Forecasting & Social Change*. Vol. 38, no. 5, pp. 483-494.
- [6] **Cunha da Costa, R.**, (2001). Do model structures affect findings? Two energy consumption and CO<sub>2</sub> emission scenarios for Brazil in 2010. *Energy Policy*. Vol. 29, no. 10, pp. 777-785.
- [7] **Han, X., Chatterjee, L.**, (1997). Impacts of growth and structural change on CO<sub>2</sub> emissions of developing countries. *World Development*. Vol. 25, no. 3, pp. 395-407.
- [8] **Lozano, S., Gutiérrez, E.**, (2008). Non-parametric frontier approach to modelling the relationships among population, GDP, energy consumption and CO<sub>2</sub> emissions. *Ecological Economics*. Vol. 66, no. 6, pp. 687-699.
- [9] **Huang, W.M., Grace W.M.L, Wu, C.C.**, (2008). GHG emissions, GDP growth and the Kyoto Protocol: A revisit of Environmental Kuznets Curve hypothesis. *Energy Policy*. Vol. 36, no. 1, pp. 239-247.
- [10] **Sun, J.W.**, (2001). Understanding the nature of the statistics behind energy-related CO<sub>2</sub> emissions. *Energy Policy*. Vol. 29, no. 9, pp. 665-666.
- [11] **Ozturk, I.**, (2010). A literature survey on energy–growth nexus. *Energy Policy*. Vol. 38, no. 1, pp. 340-349.
- [12] **Jinke, L., Hualing, S., Dianming, G.**, (2008). Causality relationship between coal consumption and GDP: Difference of major OECD and non-OECD countries. *Applied Energy*. Vol. 85, no. 6, pp. 421-429.

- [13] **Ang, J.W.**, (2007). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and output in France. *Energy Policy*. Vol. 35, no. 10, pp. 4772-4778.
- [14] **Jayanthakumaran, K., Verma, R., Liu, Y.**, (2012). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, trade and income: A comparative analysis of China and India. *Energy Policy*. Vol. 42, no. 2, pp. 450-460.
- [15] **Pao, H.T., Tsai, C.**, (2010). CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in BRIC countries. *Energy Policy*. Vol. 38, no. 12, pp. 7850-7860.
- [16] **Sharma, S.S.**, (2011). Determinants of carbon dioxide emissions: Empirical evidence from 69 countries. *Applied Energy*. Vol. 88, no. 1, pp. 376-382.
- [17] **Alam, M.J., Begum, I.A., Buysse, J., Rahman, S., Van Huylbroeck, G.**, (2011). Dynamic modeling of causal relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 15, no. 6, pp. 3243-3251.
- [18] **Zhang, X.P., Cheng, X.M.**, (2009). Energy consumption, carbon emissions, and economic growth in China. *Ecological Economics*. Vol. 68, no. 10, pp. 2706-2712.
- [19] **Menyah, K., Wolde-Rufael, Y.**, (2010). Energy consumption, pollutant emissions and economic growth in South Africa. *Energy Economics*. Vol. 32, no. 6, pp. 1374-1382.
- [20] **Arouri, M.H., Youssef, A.B., Mhenni, H., Rault, C.**, (2012). Energy consumption, economic growth and CO<sub>2</sub> emissions in Middle East and North African countries. *Energy Policy*. Vol. 45, no. 1, pp. 342-349.
- [21] **Fei, L., Dong, S., Xue, L., Liang, Q., Yang, W.**, (2011). Energy consumption-economic growth relationship and carbon dioxide emissions in China. *Energy Policy*. Vol. 39, no. 2, pp. 568-574.
- [22] **Ghosh, S.**, (2010). Examining carbon emissions economic growth nexus for India: A multivariate cointegration approach. *Energy Policy*. Vol. 38, no. 6, pp. 3008-3014.
- [23] **Liu, X.**, (2005). Explaining the relationship between CO<sub>2</sub> emissions and national income—The role of energy consumption. *Economics Letters*. Vol. 87, no. 3, pp. 325-328.
- [24] **Pao, H.T., Fu, H.C., Tseng, C.L.**, (2012). Forecasting of CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption and economic growth in China using an improved grey model. *Energy*. Vol. 40, no. 1, pp. 400-409.
- [25] **Lee, C.C., Lee, J.D.**, (2009). Income and CO<sub>2</sub> emissions: Evidence from panel unit root and cointegration tests. *Energy Policy*. Vol. 37, no. 2, pp. 413-423.
- [26] **Zhang, Y.Z.**, (2011). Interpreting the dynamic nexus between energy consumption and economic growth: Empirical evidence from Russia. *Energy Policy*. Vol. 39, no. 5, pp. 2265-2272.
- [27] **Kankal, M., Akpınar, A., Kömürçü, M.I., Özşahin, T.Ş.**, (2011). Modeling and forecasting of Turkey's energy consumption using socio-economic and demographic variables. *Applied Energy*. Vol. 88, no. 5, pp. 1927-1939.

- [28] **Pao, H.T., Tsai, C.M.**, (2011). Modeling and forecasting the CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, and economic growth in Brazil. *Energy*. Vol. 36, no. 5, pp. 2450-2458.
- [29] **Pao, H.T., Yu, H.C., Yang, Y.H.**, (2011). Modeling the CO<sub>2</sub> emissions, energy use, and economic growth in Russia. *Energy*. Vol. 36, no. 8, pp. 5094-5100.
- [30] **Pao, H.T., Tsai, C.M.**, (2011). Multivariate Granger causality between CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, FDI and GDP: Evidence from a panel of BRIC countries. *Energy*. Vol. 36, no. 1, pp. 685-693.
- [31] **Acaravci, A., Ozturk, I.**, (2010). On the relationship between energy consumption, CO<sub>2</sub> emissions and economic growth in Europe. *Energy*. Vol. 35, no. 12, pp. 5412-5420.
- [32] **Hossain, M.S.**, (2011). Panel estimation for CO<sub>2</sub> emissions, energy consumption, economic growth, trade openness and urbanization of newly industrialized countries. *Energy Policy*. Vol. 39, no. 11, pp. 6991-6999.
- [33] **Tucker, M.**, (1995). Carbon dioxide emissions and global GDP. *Ecological Economics*. Vol. 15, no. 3, pp. 215-223.
- [34] **Bruyn, S.M., van den Bergh, J.C., Opschoor, J.B.**, (1998). Economic growth and emissions: reconsidering the empirical basis of environmental Kuznets curves. *Ecological Economics*. Vol. 25, no. 2, pp. 161-175.
- [35] **Zarzoso, I.M., Morancho, A.B., Lage, R.M.**, (2007). The impact of population on CO<sub>2</sub> emissions: evidence from European countries. *Environmental and Resource Economics*. Vol. 38, no.4, pp. 497-512.
- [36] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [37] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). CO<sub>2</sub> emissions from fuel combustion 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [38] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Balances of OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [39] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Balances of OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [40] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Statistics of OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [41] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Statistics of OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [42] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Balances of Non-OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [43] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Balances of Non-OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [44] **International Energy Agency (IEA)**, (2009). Energy Statistics of Non-OECD countries 2009 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [45] **International Energy Agency (IEA)**, (2010). Energy Statistics of Non-OECD countries 2010 Edition. OECD/IEA, Paris.
- [46] **Greene, W.H.**, (2011). *Econometric Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, USA.

- [47] **Heij, C., De Boer, P., Franses, P.H, Kloek, T., Van Dijk, H.K.,** (2004). *Econometric Methods with Applications in Business and Economics*. Oxford University Press, New York, USA.
- [48] **Dickey, D.A., Fuller, W.A.,** (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*. Vol. 74, pp. 427-431.
- [49] **Sargan, J.D., Bhargava, A.,** (1983). Testing residuals from least squares regression for being generated by the Gaussian random walk. *Econometrica*. Vol. 51, pp. 153-174.
- [50] **Phillips, P.C.B.,** (1987). Time series regression with a unit root. *Econometrica*. Vol. 55, pp. 277-301.
- [51] **Phillips, P.C.B., Perron, P.,** (1988). Testing for a unit root in times series regression. *Biometrika*. Vol. 75, pp. 335-446.
- [52] **Jarque, C.M., Bera, A.K.,** (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistics Review*. Vol. 55, no. 2, pp. 163-172.
- [53] **Shapiro, S.S., Wilk, M.B.,** (1965). An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*. Vol. 52, pp. 591-611.
- [54] **Durbin, J., Watson, G.S.,** (1950). Testing for serial correlation in least squares regression I. *Biometrika*. Vol. 37, pp. 409-428.
- [55] **Durbin, J., Watson, G.S.,** (1951). Testing for serial correlation in least squares regression II. *Biometrika*. Vol. 38, pp. 159-178.
- [56] **Durbin, J., Watson, G.S.,** (1971). Testing for serial correlation in least squares regression III. *Biometrika*. Vol. 58, pp. 1-19.
- [57] **Breusch, T.S., Pagan, A.R.,** (1979). A simple test for heteroscedasticity and random coefficient variation. *Econometrica*. Vol. 47, pp. 1287-1294.
- [58] **Lu, W., Ma, Y.T.,** (2004). Image of energy consumption of well off society in China. *Energy Conversion and Management*. Vol. 45, no. 9-10, pp. 1357-1367.
- [59] **International Energy Agency (IEA),** (2010). *World Energy Outlook 2010* Edition. OECD/IEA, Paris.



## **ÖZGEÇMİŞ**

**Ad Soyad:** Veysel SARICI

**Doğum Yeri ve Tarihi:** Malatya, 22.01.1987

**E-Posta:** sariciv@itu.edu.tr , veyselsarici@gmail.com

**Lisans:** İ.T.Ü. Elektrik Mühendisliği Bölümü