

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE
KAYDEDİLEN BÜYÜMENİN PANEL VERİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Seraser Gizem DİLİŞEN

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

MAYIS 2015

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE
KAYDEDİLEN BÜYÜMENİN PANEL VERİ İLE ANALİZİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Seraser Gizem DİLİŞEN
(504121037)**

Elektrik Mühendisliği Anabilim Dalı

Elektrik Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU

MAYIS 2015

İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 504121037 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi **Seraser Gizem DİLİŞEN**, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “**YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KAYDEDİLEN BÜYÜMENİN PANEL VERİ İLE 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. Ahmet CANSIZ**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Bülent ORAL
Marmara Üniversitesi

Teslim Tarihi : **04 Mayıs 2015**
Savunma Tarihi : **25 Mayıs 2015**

Çok sevgili aileme ve Elez'e,

ÖNSÖZ

İstanbul Üniversitesi Elektrik-Elektronik Mühendisliği Lisans Programı'nı tamamladıktan sonra, büyük bir gurur ve mutlulukla başladığım İstanbul Teknik Üniversitesi Elektrik Mühendisliği Yüksek Lisans Programı'nda, ilk dönemimden itibaren bana her konuda yol gösterici olan çok değerli Hocam Nazif Hülâgü SOHTAOĞLU'na, yüksek lisans öğrenimim kapsamında disiplinler arası çalışma ve kavramlar arasında çok boyutlu ilişkiler kurabilme becerilerini kazanma noktasında yerinde uyarı ve önerileri için; birlikte yürüttüğümüz tez çalışmasında enerji ekonomisi alanında ufkumu açarak, ülkeler ayrımında ve küresel ölçekte karşılaştırmalı incelemeler yapmama, enerji ile ilgili güncel sorunları kavrayabilmeme olanak sağladığı için en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunmak isterim. Değerli Hocam bana yalnızca akademik alanda destek olmakla kalmayıp, en umutsuz olduğum anlarda yeni başlangıçlar yapabilmem için kıymetli vaktini ve fikirlerini benimle paylaşmış; bu paylaşımlarımız yüksek lisans öğrenimimin ve hayatımın geri kalanının en büyük kazanımları olmuştur. Bir kez daha danışman Hocam başta olmak üzere, lisans ve yüksek lisans öğrenimim boyunca üzerimde emeği olan tüm hocalarıma değerli katkıları için teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Hayatım boyunca tüm kararlarımda bana destek olan, inanan, beni bugünlere taşıyan çok kıymetli aileme tüm kalbimle ve bana öğrettikleri gibi sevgiyle teşekkür etmek isterim.

Her zaman yanımda olan değerli arkadaşlarım Pınar Babat, Duygu Güngör, Ece Eser, Irmak Birancı, Efecan Hepaksaz, Özgürhan Ürek ve Tuvana Sayar'a; iş arkadaşlığının çok ötesinde, ortak hayalleri, uzun tez mesailerini, sonu gelmeyen tartışmaları paylaştığım meslektaşlarım Mustafa Selim Sezgin, Handan Nak, Önder Polat ve Bekir Fincan'a bu zorlu süreci olabilecek en keyifli hale getirdikleri için sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mayıs 2015

Seraser Gizem DİLİŞEN
(Elektrik-Elektronik Mühendisi)

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
SUMMARY	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Tezin Amacı	1
1.2 Literatür Araştırması	1
1.3 Yöntem ve Veri Kümesi.....	4
1.4 Hipotez	5
2. TEMEL BÜYÜKLÜKLERDEKİ GELİŞMELER.....	7
2.1 Toplam Birincil Enerji Arzı	8
2.1.1 Bölgeler ayrımında eğilimler	8
2.1.2 Kaynaklar ayrımında eğilimler	9
2.1.3 Yenilenebilir kaynakların toplam birincil enerji arzındaki rolü.....	12
2.2 Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi.....	16
2.2.1 Bölgelere göre eğilimler.....	17
2.2.2 Kaynaklara göre eğilimler.....	17
2.2.3 Yenilenebilir kaynakların toplam elektrik enerjisi üretimindeki rolü.....	20
2.3 Gayrisafi Yurt İçi Hasıla	23
2.4 Nüfus	24
3. ENERJİ VE ELEKTRİK TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İRDELENMESİ	27
3.1 Birincil Enerji Arzı ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkiler	28
3.2 Elektrik Enerjisi Tüketimi ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkiler ..	32
4. YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE BELİRLEYİCİ ETMENLER	35
4.1 Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimi ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkilerin Araştırılması	35
4.2 Olası Değişkenler ve Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı Ölçütler.....	38
4.3 Durağanlığın Test Edilmesi.....	42
4.4 Seçilen Yöntem	44
5. VERİ KÜMESİ KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER	45
5.1 Panel Veri Analizi İle İlgili Genel Bilgiler	45
5.2 Modellerin Oluşturulması	47
5.3 Uygun Panel Veri Yönteminin Belirlenmesi	48
5.4 Modellere İlişkin Sonuçlar	54
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	59
KAYNAKLAR	61

EKLER.....	65
ÖZGEÇMİŞ.....	75

KISALTMALAR

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
GSYH	: Gayrisafi Yurt İçi Hasıla
GWh	: Gigawatt Saat
HHEÜ	: Hidrolik Hariç Yenilenebilir Kaynaklara Dayalı Elektrik Enerjisi Üretimi
HYEA	: Hidrolik Hariç Yenilenebilir Kaynaklara Dayalı Birincil Enerji Arzı
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
M₁	: Toplam Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimine İlişkin Model
M₂	: Hidroelektrik Hariç Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimine İlişkin Model
M₃	: Kişi Başına Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimine İlişkin Model
M₄	: Kişi Başına Hidroelektrik Hariç Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimine İlişkin Model
Mtep	: Milyon Ton Eşdeğer Petrol
NFS	: Nüfus
OECD	: Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü
PE	: Politika Etkisi
TBEA	: Toplam Birincil Enerji Arzı
TEET	: Toplam Elektrik Enerjisi Tüketimi
TEEÜ	: Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi
TYEA	: Toplam Yenilenebilir Kaynaklara Dayalı Birincil Enerji Arzı
TYEÜ	: Toplam Yenilenebilir Kaynaklara Dayalı Elektrik Enerjisi Üretimi
USD	: Amerikan Doları
YEK	: Yenilenebilir Enerji Kaynakları
YET	: Enerji Yeterliliği

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Yenilenebilir kaynaklara dayalı birincil enerji arzının 1990-2010 dönemindeki değişimi.	14
Çizelge 2.2 : Hidrolik hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı birincil enerji arzının 1990-2010 dönemindeki değişimi.	15
Çizelge 2.3 : Yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin 1990-2010 dönemindeki değişimi.	21
Çizelge 2.4 : Hidrolik hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin 1990-2010 dönemindeki değişimi.	22
Çizelge 4.1 : Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı ölçütler.	42
Çizelge 4.2 : Değişken düzeyinde birim kök testleri.	43
Çizelge 4.3 : Doğal logaritması alınan değişkenlerin birim kök testleri.	44
Çizelge 5.1 : M_1 ve M_3 modellerine ilişkin katsayıların karşılaştırılması [EK A]. ..	52
Çizelge 5.2 : M_2 ve M_4 modellerine ilişkin katsayıların karşılaştırılması [EK A]. ...	53
Çizelge 5.3 : M_1 modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar. ...	54
Çizelge 5.4 : M_2 modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar. ...	56
Çizelge 5.5 : M_3 modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar. ...	56
Çizelge 5.6 : M_4 modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar. ...	57
Çizelge 5.7 : Dönüşüm sonucunda modellere ilişkin gözlem sayıları ve belirlilik katsayıları.	58
Çizelge A.1 : Seçilmiş ülkelerin 2010 yılı itibari ile küresel toplamdaki rolleri.	67
Çizelge A.2 : Seçilmiş ülkeler için 2010 yılı hidroelektrik dahil ve hariç yenilenebilir kaynakların toplam elektrik üretimindeki payları.	68

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Küresel toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler.	9
Şekil 2.2 : Küresel toplam birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.....	10
Şekil 2.3 : OECD üyesi ülkeler toplamı için birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.	11
Şekil 2.4 : OECD dışında kalan ülkeler toplamı için birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.	11
Şekil 2.5 : Küresel toplam elektrik enerjisi tüketimindeki gelişmeler.....	17
Şekil 2.6 : Küresel toplam elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı....	18
Şekil 2.7 : OECD üyesi ülkeler toplamı için elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.	19
Şekil 2.8 : OECD dışında kalan ülkeler toplamı için elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.....	19
Şekil 2.9 : Küresel toplam gelirdeki gelişmeler.....	24
Şekil 2.10 : Küresel toplam nüfustaki gelişmeler.....	25
Şekil 2.11 : 1971-2010 döneminde temel büyüklüklerdeki gelişmelerin karşılaştırılması.	26
Şekil 3.1 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TBEA-GSYH ilişkisi.	29
Şekil 3.2 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TBEA-GSYH ilişkisi.	30
Şekil 3.3 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TYEA-GSYH ilişkisi.	31
Şekil 3.4 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TYEA-GSYH ilişkisi.	32
Şekil 3.5 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TEET-GSYH ilişkisi.	33
Şekil 3.6 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TEET-GSYH ilişkisi.	33
Şekil 4.1 : OECD üyesi ülkeler toplamında TYEÜ-GSYH ilişkisi.	36
Şekil 4.2 : OECD dışında kalan ülkeler toplamında TYEÜ-GSYH ilişkisi.	36
Şekil 4.3 : OECD üyesi ülkeler toplamında HHEÜ-GSYH ilişkisi.	37
Şekil 4.4 : OECD dışında kalan ülkeler toplamında HHEÜ-GSYH ilişkisi.	38
Şekil B.1 : Sabit etkiler yöntemi göre M_1 modeline ilişkin çıktı.....	69
Şekil B.2 : Sabit etkiler yöntemine göre M_2 modeline ilişkin çıktı.....	69
Şekil B.3 : Sabit etkiler yöntemine göre M_3 modeline ilişkin çıktı.....	70
Şekil B.4 : Sabit etkiler yöntemine göre M_4 modeline ilişkin çıktı.....	70
Şekil B.5 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_1 modeline ilişkin çıktı.....	71
Şekil B.6 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_2 modeline ilişkin çıktı.....	71
Şekil B.7 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_3 modeline ilişkin çıktı.....	72
Şekil B.8 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_4 modeline ilişkin çıktı.....	72
Şekil B.9 : Klasik yönteme göre M_1 modeline ilişkin çıktı.....	73
Şekil B.10 : Klasik yönteme göre M_2 modeline ilişkin çıktı.....	73
Şekil B.11 : Klasik yönteme göre M_3 modeline ilişkin çıktı.....	74
Şekil B.12 : Klasik yönteme göre M_4 modeline ilişkin çıktı.....	74

YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE KAYDEDİLEN BÜYÜMENİN PANEL VERİ İLE ANALİZİ

ÖZET

Özellikle 1990'lı yıllardan itibaren enerji ithalat bağımlılığının azaltılması, enerji kaynak çeşitliliğinin yükseltilmesi, enerji arz güvenliğinin artırılması, küresel ısınma ve iklim değişikliğinin olası olumsuz etkilerinin sınırlandırılması vb. diğer nedenlerle yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam birincil enerji arzındaki ve elektrik enerjisi üretimindeki rolünün güçlendirilmesine yönelik destek ve teşvik politikaları tüm Dünya ülkelerinin enerji ile ilişkili gündemlerinde öncelik kazanmıştır.

Bu çalışmada, enerji ve elektrik tüketimi ile ilişkili temel sosyo-ekonomik büyüklüklerde kaydedilen gelişmeler göz önüne alınarak, ülkelerin yarattıkları ulusal gelirleri ile birincil enerji arzları ve elektrik enerjisi tüketimindeki ilişkiler sorgulanmıştır. Ekonomik gelişmişlik düzeyi ile enerji ve elektrik tüketimi arasındaki ilişkiler irdelenmiş; bölgeler ayrımında anılan ilişkilerin farklı eğilimler gösterdiği saptanmıştır. Toplam birincil enerji arzı gelişmiş ekonomilerde gayrisafi yurt içi hasılaya göre daha geride kalırken, gelişmekte olan ülkelere iki büyüklük arasında daha güçlü bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Bunun anlamı gelişmiş ülkelere birim gayrisafi yurt içi hasıla yaratmanın gelişmekte olan ülkelere göre daha az enerji gerektirdiğidir. Elektrik tüketimi ve gayrisafi yurt içi hasıla arasında ise toplam birincil enerji arzına göre daha güçlü bir ilişki bulunduğu saptanmıştır.

Anılan bulgular çerçevesinde, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi üretiminde sağlanan büyümenin, gelişmişlik ekseninde açıklanıp açıklanamayacağı hususunda panel veri yöntemi kullanılarak analizler gerçekleştirilmiştir.

Elektrik tüketimi ile gayrisafi yurt içi hasıla arasında bulunan güçlü ilişkinin ardından; elektrik üretimindeki artışlarda önemli bir aktör olan yenilenebilir kaynaklar için de benzer bir ilişki kurmak hedeflenmiştir. Ekonomik gelişmişlik düzeyinin, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi konusundaki işlevi belirlenmeye çalışılmış; ancak elektrik tüketimi ile ulusal gelir arasında kurulan güçlü ilişki bu kapsamda elde edilememiştir. Dolayısıyla yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin ülkelere başka dinamiklerden etkilendiği düşüncesi ortaya çıkmıştır. Bu üretimi belirlediği düşünülen olası etmenler benzer çalışmalarda sıklıkla rastlanan toplam elektrik üretimi, gayri safi yurt içi hasıla, nüfus, enerji ithalat bağımlılığı ve uygulanan destek politikaları olarak seçilmiştir. Hidroelektrik üretimi ile hidroelektrik haricindeki kaynaklarca elektrik üretiminin fazla olduğu bölgelerin farklı olduğu saptandığından, bu iki büyüklük ayrı ayrı analiz edilerek modeller kurgulanmıştır.

Analizi gerçekleştirmek için hem zaman hem de birim etkilerini modele yansıtabilmek adına panel veri yöntemleri tercih edilmiştir. Bu amaçla seçilmiş 40 ülke birimleri; 1990-2010 yılları zaman serilerini oluşturacak şekilde bir panel veri seti hazırlanarak üç farklı yöntem ile ülkelerin yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminde etkili olan unsurların belirlenmesine çalışılmıştır.

Analiz sonucunda, toplam elektrik üretimi, beklenildiği gibi her iki durumda da pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermektedir. Ülkelerdeki elektrik üretimi artarken, bu artışın bir kısmının yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılandığı yorumu yapılabilmektedir. Hidroelektrik hariç elektrik üretiminde katsayının daha yüksek oluşu, özellikle gelişmiş ülkelerdeki yenilenebilir elektrik üretimi hidroelektrik kaynaklarının doyuma ulaşmasına bağlı olarak daha ziyade yeni yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmasıyla açıklanabilir. Gayrisafi yurt içi hasıla, iki durum için de istatistiksel olarak anlamlıdır ve yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde pozitif yönlü bir etkiye sahiptir. Ülkelerin gayrisafi yurt içi hasılları arttıkça yenilenebilir enerjiye olan ilgilerinin arttığı söylenebilir. Hidroelektrik enerjinin büyümesi yavaşlasa da halen toplam yenilenebilir elektrik üretimi içinde oldukça baskın bir paya sahiptir. Toplam yenilenebilir elektrik enerjisinde hidroelektrik üretiminde önemli bir pay tutan gelişmekte olan ekonomiler olduğu için ilişkinin daha zayıf olduğu görülmektedir. Hidroelektrik hariç elektrik üretiminde ise katsayının daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna göre gelişmiş ekonomilerin bu alanda daha baskın olacağı sonucuna ulaşılabilir. Nüfus, iki durum için de beklenenin aksine negatif yönlü bir etki gösterirken, toplam yenilenebilir elektrik üretimi için anlamsız, hidroelektrik hariç elektrik üretimi için anlamlı bir etkiye sahiptir. Enerji ithalat bağımlılığının olmaması, iki durum için de istatistiksel anlamlılığı olan pozitif bir etkiye sahiptir. Buna göre enerji ihracatçısı ülkelerin yenilenebilir elektrige olan ilgisi daha fazladır. Hali hazırda yenilenebilir kaynaklara yönelmelerinin bir sonucu olarak ithalat bağımlılığından korunmuş olabilmeleri de ihtimal dahilindedir. Politika etkisi de beklenildiği gibi pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir değişkendir. Buna göre, uygulanan teşvik edici sistemlerinin yenilenebilir elektrik üretimini arttıracığı sonucuna ulaşılabilir. İlgili denklemlerde kıyaslandığında, politika etkisi katsayısının toplam yenilenebilir elektrik üretimi için daha düşük bir değer aldığı görülmektedir. Toplam yenilenebilir elektrığın baskın aktörü hidroelektrik için yeni kaynakların devreye alınması yavaşlamıştır, buna karşın gelişmekte olan yeni kaynakların hızla sisteme entegre edilmesi gerektiğinden bu kaynakların aldığı desteğin daha fazla olması beklenen bir sonuçtur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar bölgeler ve ülkeler ayrımında çok boyutlu karşılaştırmalar yapılmasını olanaklı kılmakta, enerji ekonomisi alanında karar verme süreçleri için öncül nitelikte kaynak oluşturmakta, belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için yol haritası oluşturulmasına yardımcı olma potansiyeli taşımaktadır. Bunların dışında ilgili analizin gelecek için kurgulanan arz-talep yapısı senaryolarında kullanılması da olasılık dahilindedir.

Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin artırılması için ülkeler ayrımında uygulanan destek ve teşvik sistemlerinden hangisinin daha etkin ve verimli olduğu vb. diğer hususlar izleyen çalışmaların potansiyel başlıklarındadır.

ANALYSIS ON GROWTH OF ELECTRICITY GENERATION FROM RENEWABLE SOURCES WITH PANEL DATA APPROACHES

SUMMARY

In recent years, interest in the energy and electricity production from renewable sources has rapidly increased as a result of concerns about energy supply security and global climate change related issues. Renewable energy is locally produced and this production has a positive impact on resource allocation by reducing energy import dependency. By doing so renewables help improving security of energy supply. Also, renewables are the best alternative for environmental protection.

This study focuses on determination of drivers which increase electricity generation from renewable resources during period of 1990-2010. It is expected that developed and developing countries has different motivations to support renewable energy. With respect to dominant role of developed countries in progress of resources except hydro, it is predicted that gross domestic product will be more powerful in analysis which performed for electricity generation from “new” renewable sources. For hydraulics resources developing economies excel, so impact of gross domestic product is expected less in analysis of total renewable electricity generation.

In the second part of the study, the change of basic energy-related indicators were examined separately for regions named OECD and non OECD during the period of 1971-2010. The growth of total primary energy supply and total electricity consumption and their main drivers were discussed and renewables were highlighted as an important component of the growth, deployment of renewable sources was explained.

The relationship between economic development and energy/electricity consumption was elaborated at the third part and it is determined that OECD and non OECD countries has different trends for referred relationships. In developed countries, total primary supply of energy is more stable than economic growth but there is more powerful relationship between economic growth and energy consumption in developing countries, which means that less energy is required to create income in developed countries when compared to developing countries. It is confirmed that the relationship between economic growth and electricity consumption is more robust. Increasing gross domestic product causes more electricity demand by population especially in developing countries.

After obtaining robust relationship between economic growth and electricity consumption, it is aimed to find quasi effect of economic growth on renewable electricity production in the fourth section. Function of the economic development on the electricity generation from renewable sources has tried to determine but it is not possible to find a distinct relation like a one between economic development and total electricity consumption. Therefore, the idea of electricity generation from renewable sources has affected by some other drivers has emerged.

Possible drivers which stimulate electricity generation from renewable sources were defined and it was aimed to test effect of these variables are same or not for total renewable generation and “new” renewable generation.

These drivers are chosen as total electricity generation (TEEÜ), gross domestic product (GSYH), population (NFS) energy import dependency (YET) and support systems (PE). It is concluded that regions which prefer hydro as a resource and other resources without hydro is different from each other. So two different models were built for study, one for total renewable electricity (TYEÜ) and the other for renewable electricity without hydroelectricity or in other words new renewable electricity (HHEÜ). Model structures are as follows:

$$M_1: TYEÜ = f(TEEÜ, GSYH, NFS, YET, PE)$$

$$M_2: HHEÜ = f(TEEÜ, GSYH, NFS, YET, PE)$$

$$M_3: TYEÜ/NFS = f(TEEÜ/NFS, GSYH/NFS, YET, PE)$$

$$M_4: HHEÜ/NFS = f(TEEÜ/NFS, GSYH/NFS, YET, PE)$$

In studies involving econometric models, it is necessary to collect data of all variables from reliable sources and prefer the most appropriate method for available data. Otherwise the reliability and validity of the analysis will be affected negatively.

In econometric analysis there are three types of data which are named time series data, cross sectional data and panel data. Definition of time series data is quantities that represent or trace the values taken by a variable over a period such as a month, quarter, or year. Time series data occurs wherever the same measurements are recorded on a regular basis. Cross sectional data is a type data collected by observing many subjects (such as individuals, firms, countries, or regions) at the same point of time, or without regard to differences in time. Analysis of cross-sectional data usually consists of comparing the differences among the subjects. Panel data consists as combination of these two data types described above. Panel data refers to multi-dimensional data frequently involving measurements over time. Panel data contain observations of multiple phenomena obtained over multiple time periods for the same firms or individuals or countries. n corresponds to number of units and each unit comprises T numbers of observations.

To perform analysis of this study, it is preferred to use panel data methods for the sake of reflection of both time and unit effects simultaneously.

In the OECD/IEA database, there are 136 countries that have complete data of relevant variables for the period of 1990-2010. But some of them do not have renewable electricity generation at all. That is why a subset was investigated which had high power of representation among these 136 countries. After this investigation, 40 countries had been determined for the analysis.

Panel data set has been prepared by selecting 40 countries as a cross sectional data (n) and setting the years between 1990 and 2010 as time series data (T). Study is completed after performing three panel data methods separately to find motivations of countries on the renewable electricity production. The first method claims that only independent variables cause the variation of dependent variables. The second one claims both units and independent variables cause the variation of dependent variables. The third one claims that variation among dependent variable arises randomly. After

a series of test the second method determined as the most convenient approach. This approach is called “Fixed Effects Model”. The results obtained from fixed effect model can be interpreted as follows:

Total electricity generation: This regressor has a positive and significant impact both on total renewable electricity generation and renewable without hydroelectricity generation as expected. Which means that a portion of increased electricity generation is obtained from renewable sources. Related coefficient is higher in M_2 because hydroelectric resources has saturated and increasing demand is met by “new” renewable sources in developed countries.

Gross domestic product: This regressor has a positive and significant impact on M_1 and M_2 . While gross domestic product rises, interest of renewable electricity increases. Even hydroelectric generation growth rate is constant in developed countries in recent years, it is still the highest share on total renewable electricity production in the world and developing countries are shining out by increasing hydroelectric production. So in M_2 model, related coefficient is higher because developed economies are more interested in “new” renewables. But total renewable electricity production is still contributed by developing countries.

Population: This regressor has a negative impact on M_1 and M_2 . It is not significant for M_1 . This is an unexpected results.

Energy import dependency: This regressor has a positive and significant impact on M_1 and M_2 . So countries which are energy exporters are more interested in renewable sources. It is possible that increasing renewable energy production makes them energy exporter and decrease their energy import dependency.

Support systems: This regressor has a positive and significant impact on M_1 and M_2 as expected. Electricity generation from renewable sources will increase with the help of incentive systems. Related coefficient is higher in model M_2 . Because of the fact that hydro sources are saturated but “new” sources must be rapidly integrated into the system. That’s why it is not unusual that new resources are supported more than hydro resources.

In M_3 and M_4 models variables used in per capita forms. But there is not remarkable difference between M_1 and M_3 or M_2 and M_4 . The obtained results were nearly same.

In conclusion, results which are obtained from this study give us a chance to make multidimensional comparisons among countries and defined regions. These results can be used in decision making process about energy economics related fields as a premise source. The results will also help to create a road map to achieve the targets of renewable energy. This analysis can be a part of a study which focuses on energy supply-demand scenarios.

Support systems to increase renewable electricity generation will be evaluated in terms of efficiency and cost as future work.

1. GİRİŞ

1.1 Tezin Amacı

Bu çalışmada, birincil enerji ve elektrik enerjisi ile ilişkili temel büyüklüklerdeki gelişmeler, 1971-2010 dönemi için incelenmiş; toplam birincil enerji arzı ve toplam elektrik enerjisi üretiminde 1990'lı yıllarla birlikte yenilenebilir kaynakların önem kazandığı saptanmış, yenilenebilir kaynaklardaki büyümenin gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerde benzer dinamiklerden etkilenip etkilenmediği sorgulanmıştır. Ekonomik gelişmişlik düzeyi ile elektrik tüketimi arasında kurulan ilişkilerin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik ile birebir örtüşmediği sonucuna varılmış; ardından yenilenebilir kaynaklardan toplam elektrik üretiminin ve hidroelektrik hariç elektrik üretiminin, toplam elektrik enerjisi üretimi, gayrisafi yurt içi hasıla, nüfus, enerji ithalat bağımlılığı, uygulanan destek sistemleri ile ilişkisi seçilmiş ülkeler ayrımında 1990-2010 yılları süresince araştırılarak sonuçların karşılaştırmalı bir şekilde sunulması amaçlanmıştır.

1.2 Literatür Araştırması

1970'li yıllarda yaşanan petrol krizlerinin ardından, özellikle enerji ithalat bağımlılığı yüksek olan ülke ekonomileri ciddi zararlar görmüş; enerji krizi olarak başlayan sorunun ülke ekonomilerini derinden etkilemesi sonucunda, enerji arz ve talep yapısı ile bunları etkilediği düşünülen dinamikler arasındaki ilişkilerin somut bir şekilde ele alınması, mevcut enerji politikalarında kapsamlı değişikliklere gidilmesi gereği ortaya çıkmıştır.

1974 yılında Edward A. Hudson ve D.W. Jorensen, ABD enerji politikasını analiz etmek için ekonometrik bir model önermiş, enerji arz ve talep yapısını sektörel ayrımında etkilediği düşünülen değişkenler değerlendirilmiş, modele ilişkin teorik çerçeve detaylı olarak sunulmuştur [1]. 1978 yılında Kraft ve Kraft, ekonomik büyüme ile birincil enerji tüketimi arasındaki ilişkileri inceleyen öncü ve sonrasında yapılan araştırmalara ilham veren bir çalışmaya imza atmıştır [2]. Bu çalışmada, enerji

tüketimi ve ulusal gelir arasındaki ilişkide nedenselliğin yönünün tayin edilmesi amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, gelirin enerji tüketimi üzerinde tek yönlü nedensellik etkisi vardır; başka bir deyişle artan gelir enerji tüketiminin artmasına yol açmaktadır. Kraft ve Kraft'ın çalışmasının ardından farklı ülkeler ve inceleme dönemleri ile değişik ekonometrik yöntemleri kullanılarak çeşitli çalışmalar yürütülmüş, ekonomik büyüme ile birincil enerji gereksinimi arasındaki ilişkiler değişik açılardan sorgulanmış, bunlar arasındaki etkileşim yorumlanmıştır.

İlgili çalışmalarda analizler tek bir ülke için yapılabildiği gibi [2-4], birden fazla ülke üzerinden sonuçlar elde etmek mümkündür [5-7]. Çalışmaların sayısı arttıkça elde edilen sonuçlar da farklılık göstermeye başlamıştır. Kraft ve Kraft'ın [2] öne sürdüğü gelirin enerji tüketiminin nedeni olduğu sonucu kimi çalışmalarda desteklenmiş [4, 5], bazı çalışmalarda enerji tüketiminin gelirin nedeni olduğu sonucuna ulaşılmıştır [3, 5-7]. Bunların yanında iki değişken arasında çift yönlü nedensellik olduğu sonucuna ulaşılan [5, 7] ya da iki değişken arasında herhangi bir nedensellik bulgusu içermeyen çalışmalar [5, 7] da mevcuttur. Sonuçların aynı çalışma içinde dahi bu denli çeşitlilik göstermesinde seçilen ülke ve yılların yanı sıra tercih edilen ekonometrik yöntemin de etkisi vardır. Granger Nedenselliği (Granger Causality) özellikle tek ülke analizlerinde en sık karşılaşılan yöntemlerin başında gelmektedir [2, 4]. Kointegrasyon (Co-Integration) ve hata düzeltme (Error Correction) yöntemlerine de sıklıkla rastlanmaktadır. 1992 yılında David I. Stern, ilgili çalışmalarda Granger nedenselliğinin açıklama gücünün bazı modellerde yetersiz kaldığını söylemiş; bu sorunun çözümü için Granger Nedenselliği'ne alternatif olarak vektör otoregresyon (Vector Autoregression) (VAR) modelini önermiştir [3]. Çok ülkeli analizlerde ise daha çok panel kointegrasyon ve hata düzeltme yöntemleri kullanılmıştır [5-7]. 2000'li yıllarla birlikte birden fazla ülkenin yatay kesit verisi olarak kullanılması panel veri yöntemleri sayesinde mümkün hale gelmiştir [8-10].

OECD/IEA tarafından yayınlanan raporlara göre 1990-2010 yılları arasında TBEA yaklaşık yüzde 45 artarken, TEET yaklaşık iki katına çıkmıştır [11,12]. Hesaplanan artışların altında yatan dinamiklerin belirlenmesi, artan talebin karşılanması için yapılması gerekenlerin ortaya konması açısından önem taşımaktadır. Bu bağlamda enerji artışının dinamikleri yalnızca ekonomik büyüme ile sınırlı kalınmadan diğer sosyoekonomik göstergelerle de ilişkilendirilerek araştırılmaya başlamış; literatüre çeşitli kapsam ve nitelikte pek çok çalışma kazandırılmıştır.

Yenilenebilir enerji üretiminin yaygınlaşması ile birlikte üretim ile bu üretimin altında yatan belirleyici sosyoekonomik göstergeler arasındaki ilişkileri sorgulayan çalışmalar yapılmaya başlamış; yenilenebilir enerjinin gelişimini etkileyen faktörler çeşitli yayınlarda sistematik bir şekilde incelenmiştir. Bunların bazılarında ilgili faktörlerin etkisi kavramsal olarak değerlendirilmiş [13-15]; bazılarında ise ekonometrik yöntemler kullanılmıştır. Ekonometrik yöntemlerin kullanıldığı çalışmalar 2010'lu yıllarda sayıca oldukça artmıştır. Bu çalışmalar da tıpkı enerji tüketimi gelir ilişkisinde olduğu gibi çeşitli ülkeler bazında ya da küresel olarak, farklı ekonometrik modeller kullanılarak yapılmıştır. Belirli ülkeleri içeren ya da küresel çaplı analizlerde panel veri yöntemlerine başvurulmaktadır.

Panel veri setleri 1950'li yıllarla birlikte kullanılmaya başlamasına karşın gerçek anlamda bu verilere yönelik uygulamalar 1990'lı yıllarla yoğunluk kazanmıştır. 1990'lı yılların ortalarından itibaren bu yöntem enerji ekonomisi analizlerinde sıkça kullanılmaktadır.

Panel veri yöntemleri kullanılarak yapılan çalışmalar incelendiğinde, yenilenebilir enerji üretimi ya da kullanımına ilişkin bağımlı değişkenin, politik, sosyoekonomik ve ülkeye özgü birtakım göstergelere bakılarak seçilen bağımsız değişkenlerce açıklanmaya çalışıldığı görülmektedir [16-26].

Genellikle birden fazla açıklayıcı değişken kullanılan çalışmalar [16, 19-23, 25, 26] tercih edilse de; sadece yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışma örneklerine de rastlanmaktadır [17, 18].

İlgili çalışmalar incelendiğinde, bağımlı değişkenin genel olarak toplam yenilenebilir enerji üretimi [16, 17, 21, 23, 26] veya toplam enerji üretimdeki yenilenebilir enerjinin yüzdelik payı [19, 20, 24, 25] şeklinde seçildiği görülmektedir. Var/yok şeklinde ikili bağımlı değişkene sahip çalışma da mevcuttur [22]. Yalnızca yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen yayınlarda, bağımlı değişken olarak ekonomik büyümenin kullanıldığı saptanmıştır [18].

Çalışmalarda bağımsız değişken olarak en çok tercih edilen göstergeler GSYH [16, 19-23, 26], CO₂ emisyonu [16, 19, 20, 23, 25, 26], petrol fiyatları [16, 19, 23, 25, 26], toplam enerji üretimi/tüketimi [20, 25], fosil yakıt ve enerji fiyatları [20, 25], elektrik üretimindeki fosil yakıt ve nükleer payı [19, 20, 25], ülkelerin yüz ölçümü [19, 22] olmuştur. Bunun yanında ülkelere özgü, enerji yeterliliği ya da bağımlılığı [19, 20,

25], uygulanan politikalar [21, 22, 24], uluslararası üyelikler [19, 25] gibi özellikleri eklemek için kukla değişkenlerin kullanılması da söz konusu olabilmektedir. Bazı çalışmalarda ülkelerin bu konudaki sürekliliğini ve kararlılığını modele yansıtabilmek için, bir dönem önceki yenilenebilir enerji üretiminin de modele bağımsız değişken olarak eklenmesi yoluna gidilmiştir [20, 25].

Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki ilişkinin yönünün ve gücünün araştırılmasını hedefleyen çalışmalarda kullanılan veri tipi de göz önünde bulundurularak farklı panel veri analizi yaklaşımları kullanılmıştır. En çok tercih edilen yöntemler; en küçük kareler (Ordinary Least Squares) (OLS) [17, 19, 21, 22, 24], tam değiştirilmiş en küçük kareler (Fully Modified OLS) (FMOLS) [16-18, 23], dinamik en küçük kareler (Dynamic OLS) (DOLS) [16, 23], sabit etkiler modeli (Fixed Effects) (FE) [19, 20], tesadüfi etkiler modeli (Random Effects) (RE) [19], sabit etkili vektör ayrışımı (Fixed Effect Vector Decomposition) (FEVD) [14, 19] olarak sıralanabilir.

1.3 Yöntem ve Veri Kümesi

Panel veri analizi, birincil enerji arzı ve elektrik enerjisi üretimi ile ilişkili temel büyüklükler arasındaki etkileşimin, zaman ve birim etkilerini de gözetenek karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi için en uygun yöntem olarak öne çıkmaktadır. Hidroelektrik dahil ve hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin yıllara ve ülkelere göre farklılaşmasının nedeni, klasik yöntem, sabit etkiler yöntemi ve tesadüfi etkiler yöntemi ile irdelenmiştir. Yapılan testler sonucunda, en uygun yöntem değişkenliğin birimlerce oluştuğunu öne süren sabit etkiler modeli olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmadakine benzer analizlerde sıklıkla kullanılan toplam elektrik üretimi, gayrisafi yurt içi hasıla, nüfus değişkenlerinin yanı sıra enerji ithalat bağımlılığı ve uygulanan politikalarla ilgili kukla değişkenler açıklayıcı olarak kullanılmış; anılan değişkenlerin bağımlı değişken olarak seçilen yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi ve hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektrik enerjisi üstündeki etkileri incelenmiştir.

Çalışma kapsamında göz önüne alınan ülkeler yatay kesit verilerini, 1990-2010 döneminde ülkeye ilişkin temel büyüklükler ise zaman serisi verilerini oluşturmak

suretiyle panel veri seti meydana getirilmiştir. Anılan veriler çerçevesinde, yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi bağımlı değişken, diğer büyüklükler ise bağımsız değişken olarak dikkate alınmış, panel veri yöntemleri kullanılarak bağımlı değişken ile bağımsız değişkenler arasındaki olası etkileşimlerin incelenmesi amaçlanmıştır.

1.4 Hipotez

Ülkelerin gelişmişliklerine göre, birincil enerji arzı ile ekonomik büyüme ve elektrik enerjisi tüketimi ile ekonomik büyüme arasında saptanan ilişkiler göz önüne alınarak, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimindeki artışların matematik modelinin kurulması ve belirleyici olabileceği düşünülen unsurların saptanması amaçlanmaktadır.

Edinilen bulgular kapsamında, gelişmiş ülkelerde doyuma ulaşan hidroelektrik kapasitesine bağlı olarak bu ülkelerin daha çok “yeni” olarak nitelenen rüzgar, güneş vb. diğer kaynaklardan elektrik üretimini arttırdığı; karşılık olarak gelişmekte olan ülkelerde hidrolik kaynakların devreye alınmasının büyük bir hızla gerçekleştiği görülmüştür. Bu noktadan hareketle, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretimi hidroelektrik dahil ve hariç olmak üzere modellenmiştir. Gelişmişlik düzeyinin yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminde etkin bir rolü olduğu düşünülmektedir.

2. TEMEL BÜYÜKLÜKLERDEKİ GELİŞMELER

Çalışma kapsamında enerji ilişkili temel göstergelerin 1971-2010 dönemi içinde bölgeler ayrımında uğradığı değişiklikler incelenecek, 1990-2010 dönemi içinde yenilenebilir kaynakların enerji üretimindeki ilerleyişi değerlendirilecektir.

Herhangi bir konuda yürütülen veri analiz çalışmasında tüm ülkeleri bütünüyle kapsayan bir yaklaşım uygulanabileceği gibi, gruplar oluşturarak çalışmak da tercih edilebilmektedir. Ülkeler gruplandırılırken, coğrafya, ekonomik gelişmişlik, kişi başına düşen büyüklükler, uluslararası organizasyonlara üyelikler vb. diğer hususlar gözetilerek ayrımlara gidilebilmektedir. Bu çalışmada kullanılan veri kümesinde yer alan ülkeler, çalışmanın amacı dikkate alınarak gelişmişlik ekseninde bir değerlendirmeyi gerekli kıldığından, Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı (OECD: The Organisation for Economic Co-operation and Development) üyesi ülkeler ve OECD dışında kalan ülkeler olarak iki ana gruba ayrılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Teşkilatı'nın insanların sosyal ve ekonomik refah düzeyini iyileştirme amacı ile oluşturulmuş bir yapılanma olduğu ifade edilmektedir. Bu yapılanmanın, devletlerin iş birliği içinde çalışmalar yürütmesine ve ortak deneyimlerin oluşturulmasına olanak sağlaması amaçlanmıştır. Ayrıca değişen ekonomik, sosyal, çevresel koşullara uyum sağlayabilmek adına bir takım uluslararası standartlar oluşturulması için de önemli bir zemin sağlayacağı vurgulanmıştır. Genel işleyiş, verilerin toplanması, analiz edilmesi, tartışılması, karar alınması ve alınan kararların uygulanması sırasıyla ilerlemektedir [27].

Teşkilatın geçmişi 1960 yılına dayanmaktadır. Günümüzde 34 üyesi bulunan teşkilat, Dünya'nın en gelişmiş ekonomilerinin yanı sıra Meksika, Türkiye, Şili, Güney Kore gibi gelişmekte olan ekonomileri de bünyesinde barındırmaktadır. 2015 yılı itibarıyla üye ülkeler: Almanya, Amerika Birleşik Devletleri, Avustralya, Avusturya, Belçika, Çek Cumhuriyeti, Danimarka, Estonya, Finlandiya, Fransa, Hollanda, İngiltere, İrlanda, İspanya, İsrail, İsveç, İsviçre, İtalya, İzlanda, Japonya, Kanada, Kore,

Lüksemburg, Macaristan, Meksika, Norveç, Polonya, Portekiz, Slovakya, Slovenya, Şili, Türkiye, Yeni Zelanda, Yunanistan'dır. Anılan ülkeler bulundukları coğrafyaya göre, OECD Amerika, OECD Asya Okyanusya, OECD Avrupa bölgeleri altında sınıflandırılabilir. OECD yapısı dışında kalan ülkelerin de bulundukları coğrafyalara göre farklı alt gruplar içinde sınıflandırılması mümkündür.

2.1 Toplam Birincil Enerji Arzı

Toplam birincil enerji arzının (TBEA) bir ülke veya bölge için ifadesi IEA kaynaklarında, $TBEA = \text{Yerel üretim} + \text{ithalat} - \text{ihracat} - \text{uluslararası hava ve deniz taşımacılığı yakıtları} \pm \text{stok değişimleri}$ şeklinde verilmektedir [28].

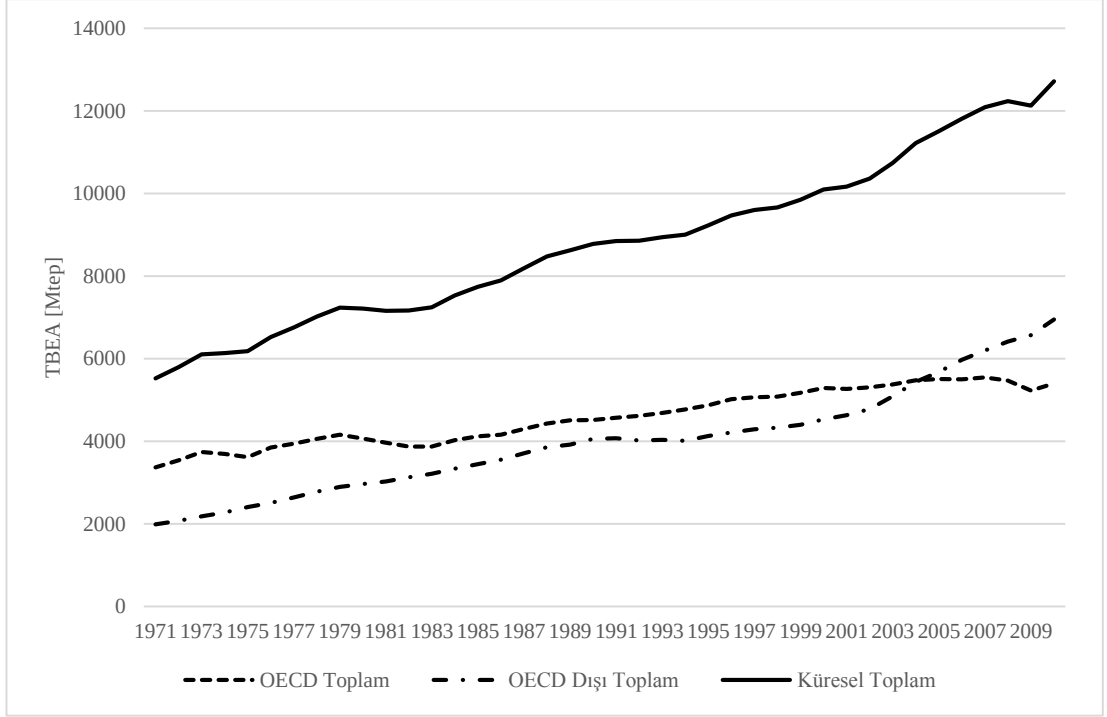
TBEA'yı etkileyen faktörler arasında, enerji fiyatları, nüfus, kentleşme, ekonomik büyüme, teknolojik gelişim, verimlilik, coğrafik yapı ve iklim sayılmaktadır.

2.1.1 Bölgeler ayrımında eğilimler

Toplam birincil enerji arzı, 1971 yılında 5526,48 Mtep değerine sahipken yıllık ortalama yüzde 2,16'lık büyüme ile 2,3 katına çıkarak 2010 yılında 12717,16 Mtep değerine ulaşmıştır.

Kaydedilen bu büyümenin OECD üyesi ekonomilerde ve OECD dışında kalan ekonomilerde farklı şekilde gerçekleştiği Şekil 2.1'de sunulan grafikten anlaşılmaktadır. Süreç içerisinde OECD ülkelerinde toplam birincil enerji arzı yaklaşık olarak yüzde 60 artmakla birlikte, ilgili artışın OECD dışı ülkelere göre daha durağan seyrettiği saptanmıştır. OECD dışı ülkelere ise toplam birincil enerji arzı 2010 yılında 1971'deki değerinin yaklaşık 3,5 katına ulaşmış; küresel toplam içindeki payı OECD ülkelerinin payını geride bırakmıştır.

İki ülke grubu arasındaki farklı eğilimlerin ortaya çıkmasında etkili olan gelişmeler, OECD ülkelerinde düşük seyreden nüfus artış hızı, kentleşme sürecinin tamamlanmış olması, olgunlaşan enerji talebi, daha fazla enerji gerektiren sanayi alanlarının gelişmekte olan bölgelere kaydırılması, yüksek teknolojiye ve bilgi teknolojilerine dayalı sanayinin gelişmesi ve daha etkin uygulanan verimlilik çalışmalarına karşın; OECD dışında kalan ülkelere gelişmekte olan ekonomilere paralel olarak konutlarda, ulaşımda, hizmet ve sanayi sektörlerinde artan enerji ihtiyacı ve nüfus artışı olarak sıralanabilir.

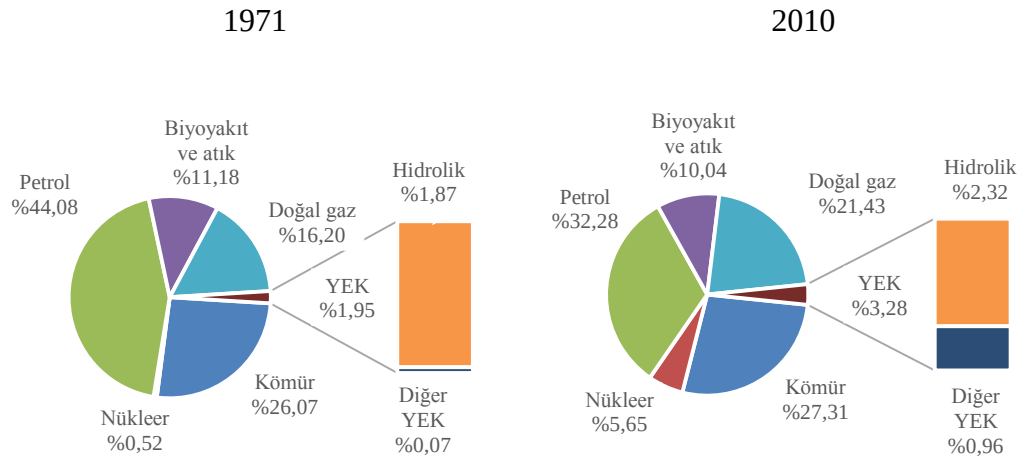


Şekil 2.1 : Küresel toplam birincil enerji arzındaki gelişmeler.

2.1.2 Kaynaklar ayrımında eğilimler

Toplam birincil enerji arzının kaynaklara dağılımı 1971 ve 2010 yılları için Şekil 2.2’de sunulmaktadır. 1971 yılı verilerinde, küresel enerji arzının yaklaşık yarısının petrol tarafından sağlandığı görülmektedir. Takip eden süreçte, 1970’li yıllarda gerçekleşen petrol krizlerinin sonucu olarak, ülkeler petrole olan bağımlılığı azaltabilmek, dolayısıyla enerji arz güvenliğini sağlayabilmek için çeşitli alternatif çözümler üretmeye çalışmış, birçok devlet enerji politikalarında değişikliğe gitmiştir. Tüm bu çabaların ardından petrol özelinde bir başarı sağlanmışsa da fosil yakıtlar halen küresel enerji arzının yaklaşık beşte dördünü oluşturmaktadır. Fosil yakıtlar tek tek ele alındığında ise, kömürün enerji arzındaki payının anılan süreçte kayda değer bir değişiklik göstermediği saptanmıştır. Petrolün toplam enerji arzındaki payı ise yaşanan krizlerin ardından alternatif kaynaklara yönelmenin bir sonucu olarak yüzde 44 seviyesinden yüzde 32 seviyesine gerilemiştir. Fosil yakıtlar içinde doğal gaz, oldukça dikkat çekici bir büyüme ile 1971 yılında yüzde 16 olan payını 2010 yılında yüzde 21’e yükseltmiştir. İlgili süreçte nükleer enerji, petrole bağımlılığın getirdiği sorunları önlemek için alternatif yeni kaynak arayışında önemli bir çözüm olarak öne çıkmıştır. Nükleer enerji özellikle 1990’lı yıllara kadar çok ciddi bir hızla büyürken, bu yıllarda artan çevresel endişeler ve toplumsal kaygılar nedeni ile daha durağan bir

seyirde büyümeye devam etmiştir. İki dönem arasında dikkat çeken bir başka istatistik de biyokütle ve atıkların değişmeyen yaklaşık yüzde 10'luk payıdır. Bu pay az gelişmiş ülkelerdeki ısınma, aydınlanma ve pişirme için kullanılan enerjiye denk gelmekte olan kemikleşmiş bir talep sonucu oluşmaktadır. Anılan süreçte payını arttıran kaynaklardan biri de başlangıçtaki değerinin yaklaşık bir buçuk katı değerine ulaşan yenilenebilir kaynaklardır. Yenilenebilir kaynaklar özelindeki gelişmeler izleyen bölümlerde tartışılacaktır.

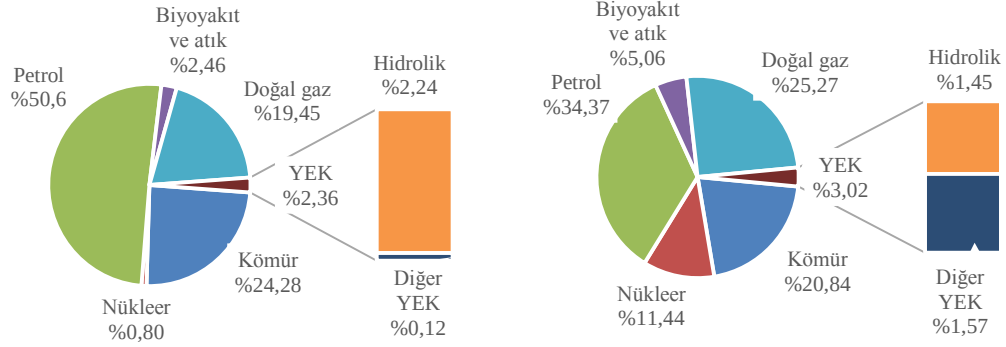


Şekil 2.2 : Küresel toplam birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.

Küresel enerji arzında kaynaklar ayırımında meydana gelen değişimlerin OECD ve OECD dışı ekonomilere yansımaları farklı şekillerde gerçekleşmiştir. OECD ekonomilerinde kaynaklar ayırımında birincil enerji arzının değişimi Şekil 2.3'te sunulmaktadır. 1970'li yıllardaki petrol krizleri en çok petrol dış alım bağımlılığı olan ülkeleri etkilemiştir. Buna bağlı olarak petrole bağımlılığı azaltma yönünde çok ciddi atılımlar yapan OECD ülkeleri 1971 yılında yüzde 50 olan TBEA'daki petrol payını 2010 yılında yüzde 35 seviyesine çekmeyi başarmıştır. Bununla birlikte özellikle 1990'lı yıllarda küresel iklim değişikliği ile mücadele edilmesi kapsamında kömürün enerji arzındaki dörtte birlik payının beşte bire geriletildiği görülmektedir. Tam aksi durum ise doğal gaz için geçerlidir, doğal gazın payı anılan süreçte beşte birden dörtte bire yükselmiştir. Petrol ve kömürün azalan payları başta nükleer enerji olmak üzere doğal gaz, biyoyakıt ve atıklar ile yenilenebilir kaynaklar ile doldurulmuştur. Ele alınan zaman diliminde, nükleer enerji toplam enerji arzındaki payını yaklaşık olarak 14 katına çıkarmıştır. Yenilenebilir kaynakların payında ise yüzde 25'lik bir artış gerçekleşmiştir.

1971

2010

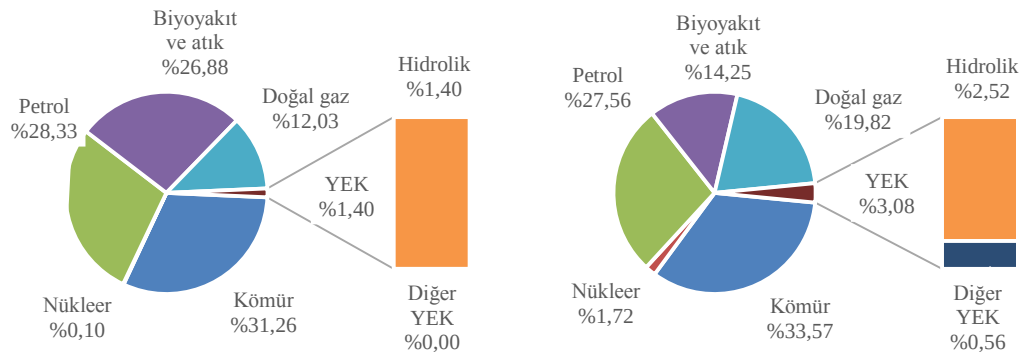


Şekil 2.3 : OECD üyesi ülkeler toplamı için birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.

OECD dışı ülkelerde kaynaklar ayrımında TBEA'nın değişiminin verildiği Şekil 2.4 incelendiğinde, OECD ülkelerine göre bazı farklar göze çarpmaktadır. En belirgin fark küresel toplam ve OECD ekonomilerinin aksine petrolün ve kömürün paylarında önemli bir değişiklik gerçekleşmemiş olmasıdır. Gelişmekte olan OECD dışında kalan ekonomilerde biyoyakıt ve atık kullanımının azalmasına bağlı olarak, başta doğal gaz olmak üzere nükleer ve yenilenebilir kaynakların payında bir artış olduğu gözlemlenmektedir. TBEA'da doğal gazın payı yüzde 65 artarken, nükleer enerji ilk değerinin yaklaşık 17 katına ulaşmıştır. Yenilenebilir kaynaklarda ise 2,2 katlık bir artış meydana gelmiştir.

1971

2010



Şekil 2.4 : OECD dışında kalan ülkeler toplamı için birincil enerji arzının kaynaklara göre dağılımı.

2.1.3 Yenilenebilir kaynakların toplam birincil enerji arzındaki rolü

Yenilenebilir enerji, Uluslararası Enerji Ajansı (International Energy Agency) (IEA) dökümanlarında tüketimine oranla daha yüksek seviyede yenilenen doğal süreçler sonucunda elde edilen enerji türü olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle ise, yenilenebilir enerji toplam birincil enerji arzına yenilenebilir kaynaklarca yapılan katkı olarak ifade edilebilir ve yenilenebilir olarak nitelenen enerji kaynakları, hidrolik, jeotermal, elektrik üretimi amaçlı güneş, ısı üretimi amaçlı güneş, rüzgar, gelgit, dalga, biyoyakıt, biyogaz ve yenilenebilir kentsel atıklar olarak sıralanabilir. Geçmişten günümüze yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin elektrik üretimi, ısıtma-soğutma ve ulaşırmadaki rolü hızla önem kazanmaktadır.

İklim değışikliğı, bazı ölkelerdeki yüksek enerji ithalat bağımlılığı, enerji kaynaklarının kısıtlılığı ve tüm kullanıcılara uygun maliyetli enerji temini küresel enerji politikalarının başlıca sorunlarıdır. Gelişmiş ölkelerde, özellikle 1970’li yıllardaki petrol krizlerinin ardından hızla artan fiyatlar ve yükselen enerji ithalat bağımlılığı enerji arz güvenliğini olumsuz etkilemiş, ölkelerin ekonomisi için bir tehdit unsuru oluşturmuştur. Son yıllarda önem kazanan verimlilik, iklim değışikliğı ve sera gazı emisyonları etkilerinin de enerji politikaları kapsamında değerlendirilmesi, gerekli önlemlerin hızla alınması gerekmektedir. Enerji politikaları oluşturulurken temel amaç, etkin ve esnek enerji stratejileri oluşturarak güvenli ve sürdürülebilir enerjinin uygun maliyetle tüketicilerinin hizmetine sunulması olarak özetlenebilmektedir.

Petrol krizleri ardından ucuz enerji dönemi sona ermiş, petrole dayalı enerji talebinin yol açtığı sorunlar karşısında enerji arz güvenliğini arttırılması gereğı somut bir şekilde ortaya çıkmış, bu konu hızla enerji dış alım gereksinimi yüksek gelişmiş ekonomilerin önceliklerinden biri haline gelmiştir. Enerji arz güvenliğini yükseltmenin bir yolu olarak enerji çeşitliliğı kavramı öne sürölmüş, yenilenebilir kaynakların bu çeşitlendirme içinde önemli bir alternatif olarak değerlendirilmesi planlanmıştır. İlerleyen yıllarda iklim değışikliğı ile mücadele etmek amacıyla eylem planları oluşturulmuş, enerji verimliliğini yükseltmek ve sera gazı emisyonlarını düşürmek önemli stratejik unsurlar haline gelmiştir. Böylelikle dünyada enerji politikalarını şekillendiren üç ana faktör ortaya çıkmıştır. Bu üç faktöre aynı anda hizmet edebilecek bir çözüm olarak yenilenebilir enerji kaynakları stratejik öneme sahip bir bileşen olarak öne çıkarılmış ve yeni bir politika alanı oluşturulmuştur.

Kaynakların belirli coğrafyalarda yoğunlaştığı kömür, petrol, doğal gaz gibi geleneksel kaynakların aksine, yerel üretimi küresel çapta mümkün olan yenilenebilir enerjinin önemli bir gelişme potansiyeli mevcuttur. Devletler ve tüketiciler enerji arz güvenliğinin iyileştirilmesi, iklim değişikliği ile mücadele etkinliğinin artması ve ekonomik kalkınmanın kırsal, tarımsal, yüksek teknoloji gibi alanlarda ivme kazanması için yenilenebilir enerji teknolojilerinin yaygınlaşmasını istemektedir. Bu çerçevede pek çok devlet yenilenebilir enerji için destekleyici politikaları hayata geçirmiştir. Bu girişimlerin sonucunda yenilenebilir kaynaklar TBEA ve TEEÜ'deki büyümenin başlıca aktörlerinden biri haline gelmiştir; ancak uygulanan tüm destek mekanizmalarına rağmen yenilenebilir kaynaklardan enerji elde etmek halen geleneksel yakıtlara oranla daha maliyetlidir.

Birleşmiş Milletler 2030 yılına kadar küresel çapta yenilenebilir enerji payının iki katına çıkarılmasını hedefleyen “Sustainable Energy for All” hareketini başlatmış, bu hedefle birlikte modern enerjiye evrensel erişimin sağlanması ve enerji verimliliğinin iyileştirilmesi gerekliliğini vurgulamıştır. Uluslararası Enerji Ajansı da anılan hedeflerin temelini oluşturmak ve gelişmeleri takip etmek için Birleşmiş Milletler ile birlikte çalışmaktadır. Bu amaçla başta Avrupa Birliği, ABD, Japonya, Avustralya, Çin, Hindistan ve Brezilya olmak üzere pek çok ülkede, yenilenebilir enerji ile ilgili yasal bağlayıcılığı olan uygulamalar hızla hayata geçirilmekte ve yenilenebilir kaynakların enerji karışımındaki payı arttırılmaya çalışılmaktadır.

Çalışmanın bu bölümünde 1990-2010 yılları arasında toplam birincil enerji arzındaki yenilenebilir enerji kaynaklarının payı ve bu payın iç gelişimini etkileyen dinamikler değerlendirilmiştir.

1990 yılında TBEA'nın değeri 8783,11 Mtep iken yıllık ortalama yüzde 1,88'lik büyüme ile 2010 yılında 12782 Mtep değerine ulaşmıştır. 2010 yılındaki bu değer yaklaşık yüzde 13'üne denk gelen 1657 Mtep'lik kısım yenilenebilir kaynaklardan (bu bilgi verilirken ilgili kaynakta geleneksel katı biyoyakıtlar da yenilenebilir olarak sınıflandırılmaktadır) üretilmiştir. 1990 yılında yaklaşık yüzde 12,7 olan yenilenebilir kaynakların TBEA içindeki payı, 2000 yılından bu yana yaklaşık olarak yüzde 13 seviyesinde sabittir; ancak bu payın kendi içindeki dinamikleri farklılaşmıştır. Katı biyoyakıtların payında azalma olurken, hidrolik kaynakların gelişimi sabit kalmış, “yeni” yenilenebilir kaynaklar olarak nitelendirilen sıvı biyoyakıt, rüzgar ve güneş gibi kaynaklarda önemli bir büyüme ivmesi yakalanmıştır [26].

Yenilenebilir kaynakların üretiminde kaydedilen ilerlemeler Çizelge 2.1’de sunulmaktadır. TBEA 1990-2010 yılları arasında yıllık ortalama yüzde 1,88 büyürken; toplam yenilenebilir kaynaklardan enerji arzının (TYEA) gelişimi daha fazla olmuş ve yıllık yüzde 2 değerini almıştır. Anılan hızlı büyümenin en güçlü kaynakları elektrik üretimi amaçlı güneş ve rüzgârdır. Bu kaynakları biyogaz, sıvı biyoyakıtlar, ısı amaçlı güneş ve hidrolik izlemektedir. En az artış katı biyoyakıt kaynaklarından sağlanmaktadır. Katı biyoyakıtların yüzde 85,4’ü OECD dışı ülkelerde tüketilmektedir. Bunun gerekçesi, Güney Asya ve Sahra Altı Afrika’da ısınma ve pişirme için ticari olmayan biyokütlelerin kullanımının oldukça yaygın olmasıdır. Ekonomilerin gelişmesi ile katı biyoyakıtların modern kaynaklarla ikamesi de hızlanmaktadır; bu gerekçe ile katı biyoyakıtların büyümesinin yavaş olması beklenen bir sonuçtur. Gerçekleşen düşük büyümeye rağmen TBEA içindeki kemikleşmiş payları varlığını sürdürmeye devam etmektedir. OECD ekonomilerinde TYEA büyümesi küresel toplamdan daha fazla olmuş ve yıllık ortalama yüzde 2,28 değerini alarak 268 Mtep’ten 433 Mtep’e ulaşmıştır. TBEA’daki yenilenebilir kaynak (YEK) payı ise katı biyoyakıt ve atıklarla birlikte yüzde 5,9’dan yüzde 8,1’e yükselmiştir. OECD dışı ekonomilerde de ciddi bir büyüme gerçekleşmesine rağmen OECD ülkelerinin gerisinde kalmıştır. Yıllık ortalama yüzde 1,9’luk büyüme ile OECD dışında kalan ülkeler toplamı için TYEA 846 Mtep’ten 1233 Mtep’e yükselmiştir. Ancak buna paralel, OECD dışı TBEA’nın yıllık ortalama büyümesi yüzde 2,28 ile TYEA’dan fazla olduğu için TYEA’nın TBEA’daki payı incelendiğinde yüzde 20,9’dan yüzde 17,7’ye bir düşüş gerçekleştiği görülmektedir. Yenilenebilir kaynaklar özelinde bu sonuç yorumlanırsa, daha önce de belirtildiği gibi gelişmekte olan ekonomilere bağlı olarak ticari olmayan katı biyoyakıtların diğer kaynaklarla ikamesi, elektrifikasyonun artması gibi gerekçelerle katı biyoyakıt payında bir azalma olduğu ve buna bağlı olarak YEK payının azaldığı söylenebilir.

Çizelge 2.1 : Yenilenebilir kaynaklara dayalı birincil enerji arzının 1990-2010 dönemindeki değişimi.

TYEA [Ktep]	1990	2000	2010	Yıllık Ortalama Büyüme (%)
OECD Toplam	268076,55	317738,22	420884,08	2,28
OECD Dışı Toplam	846835,34	974245,19	1233753,80	1,89
Küresel Toplam	1114911,90	1291983,40	1654637,90	1,99

Şekil 2.2, 2.3 ve 2.4’te verilen grafiklerde katı biyoyakıtlar haricindeki TYEA’nın kendi içinde kaynak dağılımı incelendiğinde hidroliğin oldukça baskın olduğu dikkat çekmektedir. Ele alınan sürecin başlangıcında hidroliğin, katı biyoyakıtlar haricindeki TYEA içindeki payı küresel toplam için yaklaşık yüzde 79, OECD ekonomileri için yaklaşık yüzde 75, OECD dışı ekonomileri içinse yaklaşık yüzde 85 olarak hesaplanmıştır. 1990-2010 yılları arasında OECD ülkelerindeki hidrolik enerji üretimi artışı yıllık ortalama yüzde 0,7 iken, OECD dışı ülkelerde bu oran yüzde 4, küresel toplamda ise yıllık ortalama yüzde 2,4 olarak bulunmuştur. Bu noktada hidrolik kaynaklara OECD ve OECD dışı ekonomilerde farklı bir eğilim olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu farklı eğilimin sebebi ise gelişmiş OECD ülkelerindeki hidroelektrik kapasitesinin doyuma ulaşması ve çevresel kabul edilebilirliği olan yeni sahaların açılmasının oldukça zorlaşmasıdır. Elde edilen ilerlemeler özellikle gelişmiş ekonomilerde diğer yenilenebilir kaynaklara bağlı olarak açıklanabilmektedir. Bu farkı vurgulayabilmek adına çalışma kapsamında yenilenebilir enerji verilerini toplam ve hidrolik hariç olarak sınıflandırarak devam etme kararı alınmıştır.

Hidrolik hariç yenilenebilir enerjinin anılan dönemdeki gelişimi Çizelde 2.2’de özetlenmektedir. 2001 yılı itibarı ile TYEA’daki artışların başlıca kaynağı “yeni” olarak nitelenen yenilenebilir kaynaklardır. Sıvı biyoyakıtlar, elektrik üretimi amaçlı güneş, rüzgar, biyogaz oldukça dikkat çekici büyüme oranları elde etmişlerdir. Küresel toplamda yıllık ortalama yüzde 1,9 ile büyüyen hidrolik hariç yenilenebilir kaynaklardan enerji arzı (HHEA), özellikle gelişmiş ekonomilerin elde ettiği yıllık ortalama yüzde 3’lük büyüme ile dikkat çekmektedir.

Çizelge 2.2 : Hidrolik hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı birincil enerjinin 1990-2010 dönemindeki değişimi.

HHEA [Ktep]	1990	2000	2010	Yıllık Ortalama Büyüme (%)
OECD Toplam	166459,50	202217,90	304673,70	3,06
OECD Dışı Toplam	764108,80	864223,50	1054341,00	1,62
Küresel Toplam	930568,40	1066441,00	1359014,00	1,91

Çalışma periyodu ikiye bölündüğünde bu fark daha da önemli bir boyuta ulaşmaktadır. OECD ekonomilerinde HHEA 1990-2000 yılları arasında yıllık ortalama yaklaşık yüzde 2 ile büyürken, 2000-2010 döneminde büyüme oranı yıllık ortalama yüzde 4,2 olarak hesaplanmaktadır. OECD dışı ülkelerde TYEA gelişiminin büyük bir kısmı

hidrolik kaynaklara bağılı olsa da, HHEA da yıllık ortalama yüzde 1,6 büyümüşür. Gerçekleşen bu büyümelere rağmen “yeni” yenilenebilir kaynakların TBEA’daki payı oldukça azdır.

Bölgelerin kendi içlerindeki gelişmeleri kısaca değerlendirmek gerekirse, farklı OECD bölgeleri içinde en yüksek TYEA payı OECD Avrupa’da elde edilmiştir. Bu bölgedeki yüksek enerji ithalat bağımlılığı yenilenebilir kaynaklara olan ilgiyi üst seviyede tutmaktadır. AB ülkeleri uygulanan etkin ve kararlı politikalar sonucunda OECD’deki TYEA artışı AB tarafından domine edilmiştir. OECD bölgeleri içinde istisna olarak OECD Asya Okyanusya’da TYEA payı yüzde 4’ten yüzde 3,8’e gerilemiştir [30].

Anılan süreçte yıllık ortalama yüzde 4 ile büyüyen hidrolik enerji arzında artışlar Asya’da Çin, Vietnam, Myanmar; OECD dışı Amerika’da Dominik Cumhuriyeti; Afrika’da Mozambik, Angola, Etiyopya; OECD dışı Avrupa ve Avrasya’da ise Ürdün ve Azerbaycan tarafından domine edilmektedir. Toplam yenilenebilir enerji arzındaki gelişmelerde ise en büyük katkı BRICS (Gelişmekte olan ekonomilerde oldukça öne çıkan Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti için kullanılan grup) ülkelerinden sağlanmaktadır. Özellikle sıvı biyoyakıt üretiminde Brezilya oldukça önemli başarılar sağlamıştır [30].

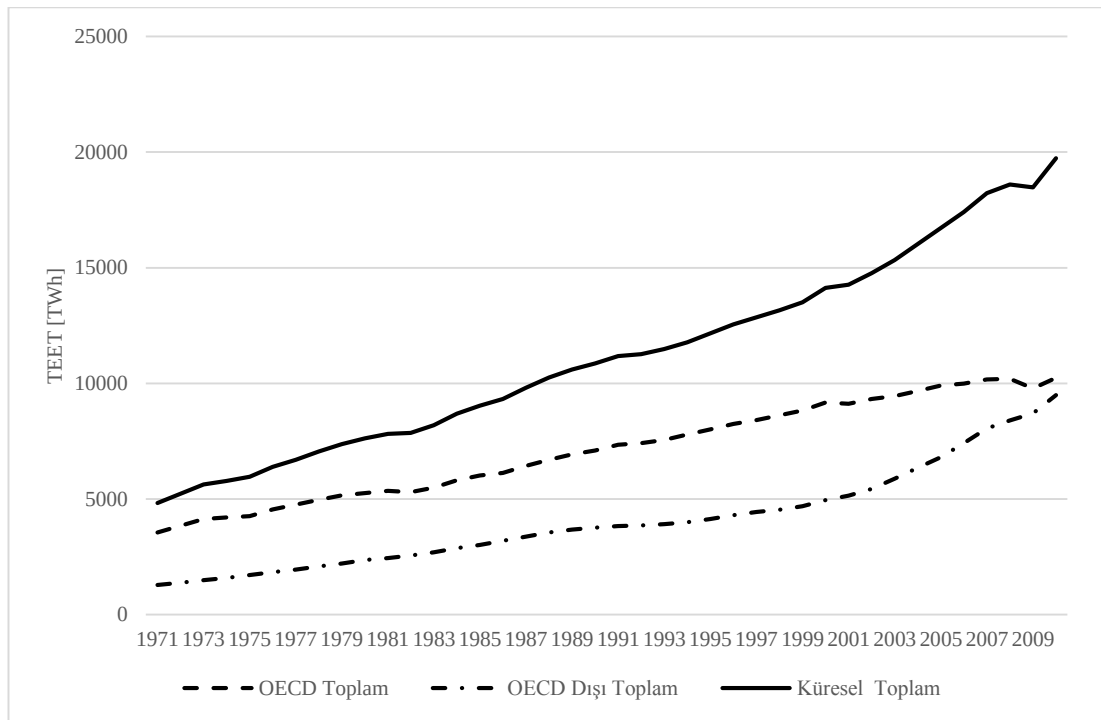
Yenilenebilir kaynaklardan elde edilen enerjinin tüketim davranışı da anılan yıllar arasında değişim göstermiştir. Hidroelektrik enerjinin doyuma ulaşması ile birlikte 1990’da yüzde 51,5 olan elektrik üretimindeki payı 2010 yılında yüzde 48,9’a gerilemiştir. En dikkat çekici gelişme 1990’da hiçbir varlığı bulunmayan ulaştırma sektörünün, artan sıvı biyoyakıt kullanıma bağılı olarak yüzde 9,6’lık bir pay elde etmesidir [30].

2.2 Toplam Elektrik Enerjisi Üretimi

Elektrik enerjisi, birincil enerji kaynaklarının kullanımı sonucu elde edilen ikincil bir kaynaktır. Kullanımının ve diğer enerji türlerine çevrilmesinin kolaylığı, temiz bir kaynak olması, günlük yaşantının sürdürülebilmesi için gerekliliği, gelişen teknolojinin kaynağı olması gibi sayılabilecek pek çok gerekçe ile elektrik enerjisi son yıllarda hızla gelişmesini sürdürmektedir. Anılan gerekçelerin sosyoekonomik yönden etkileri kapsamında, elektrik enerjisi üretimi (TEEÜ) ve tüketimi (TEET) ülkelerin en önemli gelişmişlik göstergelerinden biri haline gelmiştir.

2.2.1 Bölgelere göre eğilimler

Elektrik tüketiminin küresel toplamı incelendiğinde, Şekil 2.5'te görüldüğü gibi TEET 1971 yılında 4830,66 TWh değerine sahipken yıllık ortalama yüzde 3,67'lik büyüme ile 2010 yılında 19738,17 TWh değerine ulaşmıştır. Kaydedilen bu büyüme OECD ve OECD dışı ülkelerde farklı davranış göstermiştir. Ele alınan süreç sonunda OECD ekonomileri toplamında TEET ilk değerinin yaklaşık üç katına ulaşmıştır. OECD dışında kalan ülkeler toplamında ise artış oranı çok daha fazladır. 2000'li yıllarla birlikte ciddi bir tüketim artışı başlamıştır ve TEET ele alınan süreçte yaklaşık 7,5 katına ulaşmıştır. Başlangıçta OECD ülkelerinin elektrik tüketimi OECD dışı ülkelerin yaklaşık üç katıyken, süreç sonunda aradaki fark kapanmıştır. Bu değişimde etkili olan gelişmeler, OECD ülkelerinde azalan nüfus, kemikleşen elektrik talebi, önem kazanan verimlilik çalışmalarına karşın OECD dışı ülkelerde gelişen ekonomilere bağlı olarak sanayi ve konutlarda artan elektrik ihtiyacı, hızlı nüfus artışı ve OECD dışı bölgelerde uygulanan elektrifikasyon çalışmalarının başarıya ulaşması olarak sayılabilir.

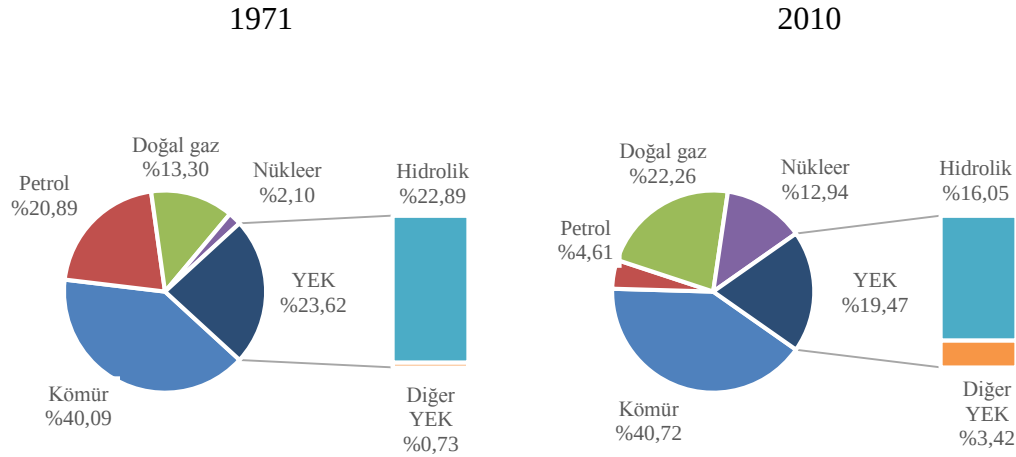


Şekil 2.5 : Küresel toplam elektrik enerjisi tüketimindeki gelişmeler.

2.2.2 Kaynaklara göre eğilimler

Önceki alt bölümde toplam elektrik enerjisi tüketiminde gerçekleşen nicel değişimler bölgeler ayrımında verilmişti. Bu bölümde ise tüketimde meydana gelen bu artışın üretimde hangi kaynaklardan elde edildiği araştırılmış ve kaynaklar ayrımında toplam

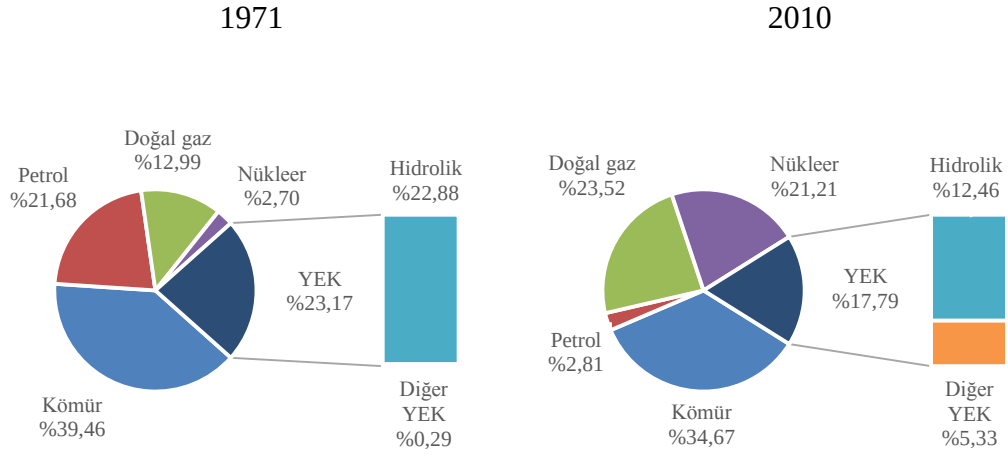
elektrik enerjisi üretiminin genel görünümü değerlendirilmiştir. Küresel elektrik üretiminin 1971 ve 2010 için kaynaklara nasıl dağıldığı Şekil 2.6'da gösterilmektedir. Yaşanan petrol krizlerinin etkileri TBEA'da olduğu gibi TEEÜ'de de hissedilmektedir. Petrolün 1971'de TEEÜ'deki beşte birlik payı çeşitlilik çalışmaları kapsamında oldukça geriletilmiş ve yüzde 5 seviyesinin altına düşmüştür. TBEA'da olduğu gibi TEEÜ'deki kömür payı da ele alınan süreç için de sabit kalmıştır. Nükleer enerjinin birincil enerji olarak kullanımı söz konusu olmadığı için TBEA'da kaydedilen nükleer enerji gelişimi doğrudan elektrik enerjisi ile ilgilidir ve başlangıçta yüzde 2 olan nükleer elektrik payı süreç sonunda 6 katına ulaşarak yüzde 12 seviyesine gelmiştir. Doğalgaz TBEA'da olduğu gibi TEEÜ'de önemli ilerlemeler kaydetmiş ve TEEÜ'deki payını yaklaşık iki katına çıkarmıştır. Yenilenebilir kaynakların payında ise bir gerileme gerçekleşmiştir.



Şekil 2.6 : Küresel toplam elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.

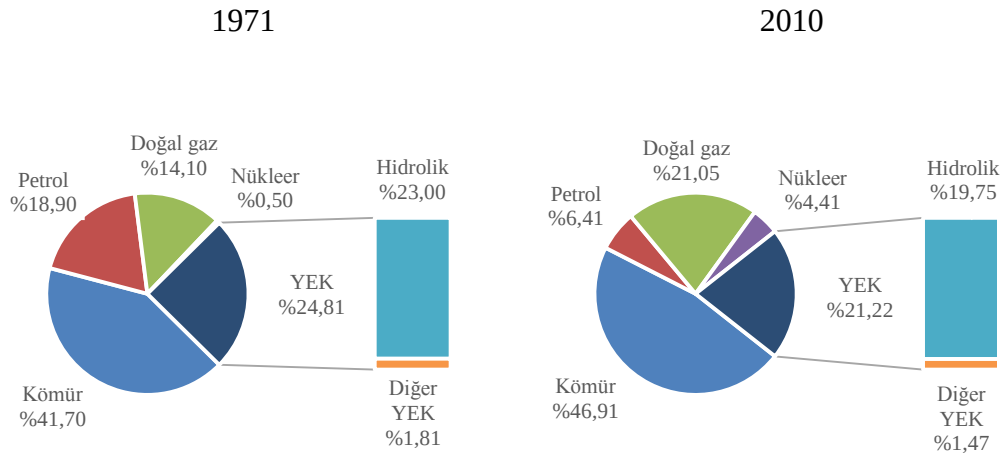
Küresel elektrik üretiminde kaynaklar ayırımında meydana gelen değişimlerin OECD ve OECD dışı ekonomilere yansımaları farklı şekillerde gerçekleşmiştir. OECD ekonomilerinde kaynaklar ayırımında elektrik üretiminin değişimi Şekil 2.7'de sunulmaktadır. Petrol krizlerinden en büyük darbeyi yiyen petrol ithalatçısı gelişmiş ekonomilerin kaynak çeşitliliği yaratarak petrol bağımlılığından kurtulma çabaları elektrik enerjisi için oldukça iyi sonuçlar vermiştir. OECD ülkelerinde 1971 yılında yüzde 21 olan TEEÜ'deki petrol payı 2010 yılında yüzde 2 seviyesine geriletilmiştir. Artan çevresel endişeler sebebiyle kömür payı düşürülmeye çalışılmış, yaklaşık yüzde 5'lik bir gerileme sağlanmıştır. Bunlara karşın doğalgaz payı yaklaşık 2 katına, nükleer payı ise yaklaşık 10 katına çıkmıştır.

Yenilenebilir kaynakların toplam elektrik üretimindeki miktarının oldukça artmasına karşılık, toplam içindeki yüzdelik payında bir gerileme gerçekleşmiştir.



Şekil 2.7 : OECD üyesi ülkeler toplamı için elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.

OECD dışında kalan ülkeler toplamındaki kaynaklar ayırımında toplam elektrik enerjisi üretiminin değişimi ise Şekil 2.8’de verilmektedir.



Şekil 2.8 : OECD dışında kalan ülkeler toplamı için elektrik enerjisi üretiminin kaynaklara göre dağılımı.

Petrolün yüzde 18’den yüzde 6’ya gerileyen payı, OECD ülkelerinde olduğu gibi bu grup için de, petrolün elektrik üretimindeki önemini yitirdiği göstermektedir. OECD ülkelerinin aksine kömürün payını arttırdığı görülmektedir. İlgili durumun meydana gelmesinin nedenleri arasında elektrik talebinin göstermiş olduğu ciddi artışlar öne

çıkılmaktadır. Nükleer enerjideki artış OECD ülkelerindeki kadar olmasa da oldukça dikkat çekicidir. Doğal gaz da yüzde 14 olan payını yüzde 21'e çıkarmıştır. Yenilenebilir kaynakların payında ise yüzde 23 seviyesinden yüzde 17 seviyesine bir gerileme gerçekleşmiştir.

Her iki ülke grubunda yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminde gerçekleşen oransal gerileminin nedenleri ve yenilenebilir kaynaklar özelindeki diğer gelişmeler izleyen bölümlerde tartışılacaktır.

2.2.3 Yenilenebilir kaynakların toplam elektrik enerjisi üretimindeki rolü

Çalışma kapsamında 1990-2010 yılları arasında elde edilen toplam elektrik üretimindeki yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş elektrik payına ilişkin veriler değerlendirilmiştir.

1990 yılında TEEÜ'nün değeri 11818988 GWh iken yıllık ortalama yaklaşık yüzde 3'lük büyüme ile 2010 yılında 1431470 GWh değerine ulaşmıştır. 2010 yılındaki bu değer yüzde 19,45'ine denk gelen 4160312 GWh'lik kısmı yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir. Şekil 2.6'da görülen 2010 yılı verilerine göre, yenilenebilir kaynaklar küresel elektrik üretiminde, kömür ve doğalgazın ardından üçüncü büyük aktör konumundadır. 1990 yılında yaklaşık yüzde 19,45 olan yenilenebilir kaynakların TEEÜ içindeki payı, 2010 yılına gelindiğinde değişime uğramamış gibi görünse de; yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin kendi içindeki dinamikleri farklılaşmıştır. Hidroelektrik payında azalma olurken; rüzgar, elektrik üretimi amaçlı güneş gibi “yeni” olarak nitelenen yenilenebilir kaynakların hızla büyüdüğü görülmüştür.

Yenilenebilir kaynaklar kullanılarak üretilen elektrik enerjisindeki (TYEÜ) gelişmeler Çizelge 2.3'te özetlenmektedir. 1990-2010 yılları arasında TEEÜ ve TYEÜ'nün büyümesi yaklaşık olarak eşit ve yıllık ortalama yüzde 3 ile gerçekleşmiştir. Bu büyümeye karşın 1990 yılında toplam elektrik üretiminde yüzde 19,45 olan yenilenebilir kaynaklardan üretilmiş elektrik payı küçük bir miktar gerileyerek 2010 yılında yüzde 19,41 olarak hesaplanmıştır. Bu duruma gerekçe olarak, yenilenebilir elektrik üretiminde en baskın kaynak olan hidroelektrik enerjide bir doyum seviyesine ulaşılmasıyla kaydedilen düşük büyüme hızı gösterilmektedir.

OECD ülkelerinde TYEÜ yıllık ortalama yüzde 1,88 hızla büyürken, üretilen elektrik 1322415 GWh'den 1921407 GWh'ye çıkmıştır. Toplam elektrik enerjisi üretimi

içindeki TYEÜ payına bakıldığında yüzde 17,3'ten yüzde 17,7'ye bir artış saptanmıştır. Bu payın sabit kalmasındaki etken OECD içinde TEEÜ ve TYEÜ'nün ele alınan zaman diliminde yakın ortalamalarla büyümesidir. TYEÜ lehine olan bu küçük fark “yeni” yenilenebilir kaynakların elektrik üretimindeki etkinliğinin artması ile açıklanmaktadır. Ancak bu pozitif etki hidroelektrik enerjinin düşen büyüme oranları ile sönümlenmektedir. OECD dışı ülkelerde TYEÜ'nün büyüme hızı yıllık ortalama yüzde 4,2 olarak hesaplanmış ve OECD ülkelerinin ilerisinde olduğu saptanmıştır. Yenilenebilir elektrik üretimi 977197 GWh'den 2238905 GWh'ye çıkmıştır. Ancak OECD dışı ülkelerde TYEÜ'nün büyümesi, yıllık ortalama yüzde 4,7 ile büyüyen TEEÜ'ye kıyasla daha zayıf kalmıştır. Bu nedenle toplam elektrik enerjisi üretimi içindeki yenilenebilir kaynakların payı süreç içerisinde yüzde 23,3'ten 21,1'e gerilemiştir.

Çizelge 2.3 : Yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin 1990-2010 dönemindeki değişimi.

TYEÜ[GWh]	1990	2000	2010	Yıllık Ortalama Büyüme (%)
OECD	1322415	1523537	1921407	1,88
OECD Dışı	977197	1318802	2238905	4,23
Küresel Toplam	2299612	2842339	4160312	3,00

OECD dışı Avrupa ve Avrasya hariç tüm OECD dışı bölgelerdeki TEEÜ büyümesi, OECD ülkelerinden daha fazla olmuştur. OECD dışı ülkeler gelişmekte olan ekonomileri içinde bulundurmaktadır ve bu bölgelerde nüfus artış hızı oldukça yüksektir. Ayrıca gelirler artmaya başladıkça pişirmede odun kömürü ve odun, gazyağı ve sıvı petrol gazları ile ikame edilmiş; aktif elektrifikasyon programları sonucu elektrik erişimleri kolaylaşmıştır. Tüm bilgiler ışığında gelecekte de yenilenebilir elektriği de içerecek şekilde elektrik üretimindeki büyümenin OECD dışı ülkelerde daha fazla olmaya devam edeceği beklenmektedir [27].

Şekil 2.6, 2.7 ve 2.8'de verilen grafiklerde TYEÜ'nün kendi içinde kaynak dağılımı incelendiğinde hidroelektriğin oldukça baskın olduğu görülmektedir. Ele alınan sürecin başlangıcında hidroelektriğin, TYEÜ içindeki payı küresel toplam için yaklaşık yüzde 93, OECD ekonomileri için yaklaşık yüzde 89, OECD dışı ekonomileri içinse yaklaşık yüzde 98 olarak hesaplanmıştır. 1990-2010 yılları arasında OECD ülkelerindeki hidroelektrik enerji üretimi artışı yıllık ortalama yüzde 0,7 iken, OECD dışı ülkelerde bu oran yüzde 4, küresel toplamda ise yıllık ortalama yüzde 2,4 olarak

bulunmuştur. Bu noktada hidroelektrik enerjinin yerinin OECD ve OECD dışı ekonomilerde farklı olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Bu farklı eğilimin sebebi TYEA incelenirken açıklanmıştı. TYEA ve HHEA ayrımı yapılırken dikkate alınmış gerekçeler TYEÜ ve hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi (HHEÜ) ayrımı için de geçerlidir.

Küresel toplamda TEEÜ içinde hidroelektrik enerjinin payı 1990 yılında yüzde 18,1 iken 2010 yılında yüzde 16'ya kadar gerilemiştir. Buna karşılık olarak hidroelektrik dışındaki kaynaklardan üretilen elektrik payı ise anılan yıllarda yüzde 1,3'ten yüzde 3,4'e yükselmiştir. Artıştaki en büyük pay sahibi yine OECD Avrupa olmuştur. OECD dışı bölgelerde özellikle Asya'daki (Çin ve Hindistan) gelişmeler oldukça öne çıkmaktadır.

Hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik enerjisinde 1990-2010 yılları arası kaydedilen gelişmeler Çizelge 2.4'te sunulmaktadır. 2000'li yıllarla birlikte özellikle gelişmiş ekonomilerde toplam elektrik enerjisi üretimindeki artışların başlıca kaynağı “yeni” olarak nitelenen yenilenebilir kaynaklardır. Küresel toplamda HHEÜ yıllık ortalama yüzde 8'lik bir büyüme gerçekleşmiştir.

Gelişmiş OECD ekonomilerinde HHEÜ yıllık ortalama yüzde 7,2 ile büyümüştür. Çalışma periyodu ikiye bölündüğünde büyüme davranışı farklı bir boyuta ulaşmaktadır. OECD ekonomilerinde HHEÜ, 1990-2000 yılları arasında yıllık ortalama yaklaşık yüzde 2,5 ile büyürken; 2000-2010 yılları arasında büyüme oranı yıllık ortalama yüzde 12,2 olarak hesaplanmaktadır.

OECD dışı ülkelerde de oldukça büyük ilerleme kaydedilmiştir ve yıllık ortalama büyüme oranı yaklaşık yüzde 12 olarak bulunmuştur. Gerçekleşen bu büyümelere rağmen “yeni” yenilenebilir kaynakların toplam elektrik enerjisi üretimindeki payı oldukça azdır.

Çizelge 2.4 : Hidrolik hariç yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminin 1990-2010 dönemindeki değişimi.

HHEÜ [GWh]	1990	2000	2010	Yıllık Ortalama Büyüme (%)
OECD	140822	180277	570124	7,24
OECD Dışı	15261	39480	152705	12,20
Küresel Toplam	156083	219757	722829	7,96

2.3 Gayrisafi Yurt İçi Hasıla

Makroekonomik analizler incelendiğinde, ülkelerin gelirlerinin bileşkesine ait iki kavram kullanıldığı göze çarpmaktadır. Bunlar Gayrisafi Milli Hasıla (GSMH) ve Gayrisafi Yurt İçi Hasıladır (GSYH). GSYH, bir ülke sınırları içinde belirli bir dönemde üretilen tüm mal ve hizmetlerin para birimi cinsinden değeri olarak ifade edilmektedir. GSMH ise vatandaşlık faktörünün ön planı çıkarıldığı bir kavramdır. Bir ülkenin GSYH'sine yurt dışında çalışan vatandaşlarının ülkeye göndermiş olduğu gelirlerin eklenmesi ve GSYH'sinden o ülkede çalışan farklı ülke vatandaşlarının kendi ülkelerine göndermiş olduğu gelirlerin düşülmesi ile GSMH değerine ulaşılır.

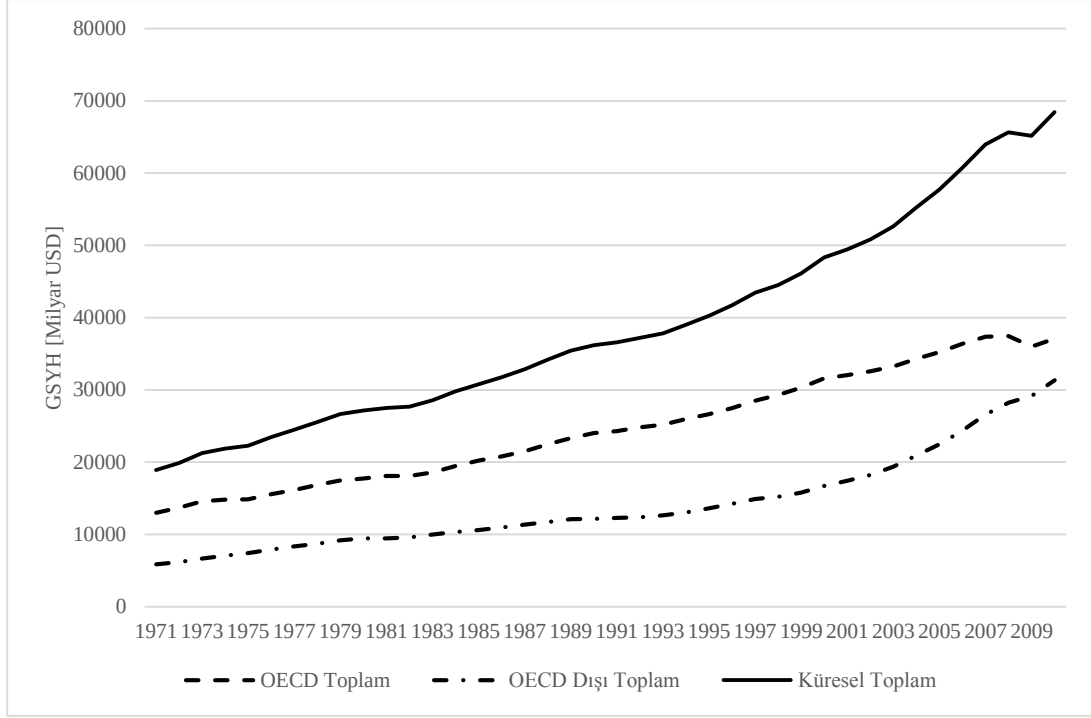
Bu çalışmada artan küreselleşmeye bağlı olarak üretim faktörlerinin ülke sınırlarının ötesine geçmesi üzerine, ülke vatandaşlarının gelirini ifade eden GSMH yerine ülke sınırları içinde yaratılan geliri ifade eden GSYH değerleri kullanılacaktır. GSYH, en çok kullanılan uluslararası gelişmişlik göstergelerinden biridir. Ölçümü diğer göstergelere göre daha kolay, yaygın ve düzenlidir.

Çalışma kapsamında kullanılan verilerin kaynağı olan OECD istatistik veri tabanında GSYH için iki farklı değer bulunmaktadır. Birinci değer döviz kuru değişimi üzerinden, ikinci değer satın alma gücü paritesi üzerinden hesaplanmaktadır. Satın alma gücü paritesi, ülkeler arasındaki fiyat farklılıklarını ortadan kaldırarak, farklı para birimlerinin satın alma gücünü eşitlemeyi amaçlayan bir dönüşüm oranı olarak tanımlanmaktadır [31]. Daha basit bir ifadeyle farklı ülkelerdeki aynı mal ve hizmetin parasal karşılığının ulusal para birimleri cinsinden oranlanmasıdır. Bu gösterge ABD doları başına düşen ulusal para birimi cinsinden ölçülmektedir. Döviz kuru, bir ülkenin ulusal parasının diğer ülke ile ilişkili değeri olarak tanımlanmaktadır. Döviz kurları belirli bir dönem içindeki ortalama oran ya da dönem sonu oranı olarak da ifade edilebilmektedir. Bu gösterge ABD doları başına düşen ulusal para birimi cinsinden ölçülmektedir.

Bu çalışmada yaşanan kur dalgalanmalarıyla ülkelerin ekonomilerinin yanlış yansıtılabileceği gerekçesi doğrultusunda satın alma gücü paritesine göre hesaplanmış GSYH değerleri kullanılacaktır.

Küresel toplamda, GSYH 1971 yılında 18889,72 milyar USD değerine sahipken yıllık ortalama yüzde 3,35' lik büyüme ile 2010 yılında 68431,15 milyar USD değerine ulaşmıştır. Kaydedilen bu büyüme OECD ve OECD Dışı ülkelerin sahip olduğu

küresel GSYH yüzdelik dilimlerini farklı şekilde etkilemiştir. GSYH'nin, OECD ekonomilerinde yaklaşık üç katına, OECD dışı ekonomilerde ise yaklaşık beş katına çıktığı Şekil 2.9'da görülmektedir. 1971 yılında OECD ülkelerindeki GSYH, OECD dışı ülkelerin iki katından fazlayken, 2000'li yıllardaki artan ivmeyle OECD dışı ülkeler bu alanda da OECD ülkelerini yakalamayı başarmıştır.



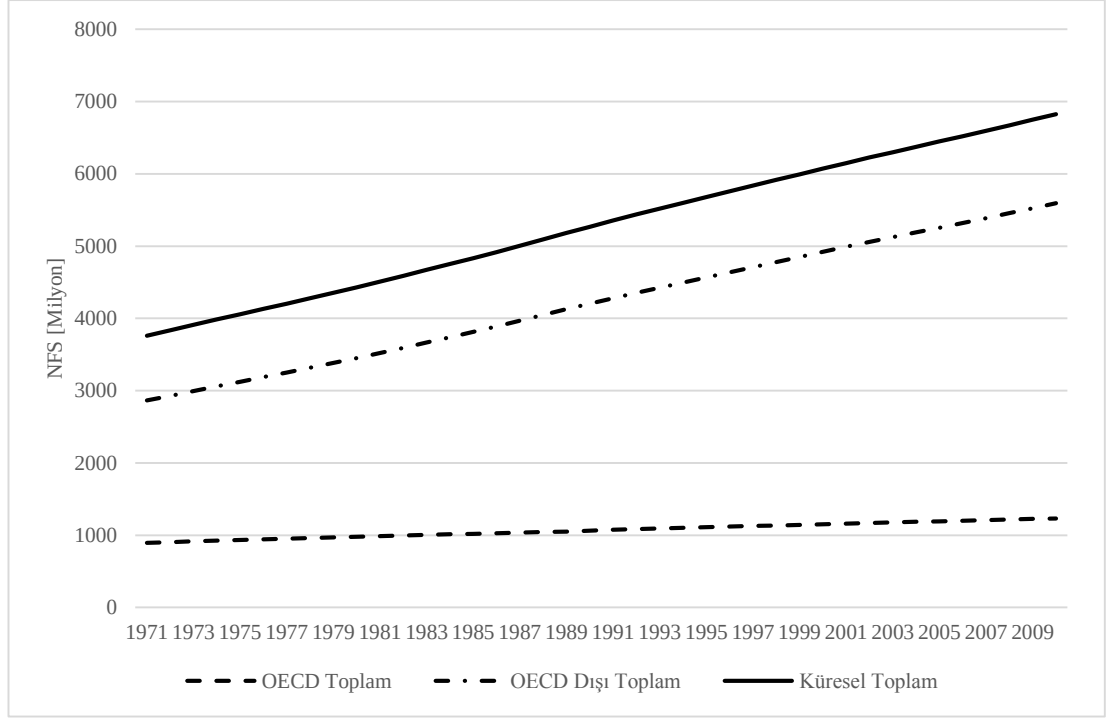
Şekil 2.9 : Küresel toplam gelirdeki gelişmeler.

2.4 Nüfus

Nüfus (NFS), ülkelerin enerji ve elektrik tüketiminde belirleyici faktörlerden biridir. Nüfus yapısı çeşitli gruplar kullanılarak farklı eğilimlerin belirlenmesinde etkin bir rol oynamaktadır. Bu gruplar yaş, yerleşim yeri gibi faktörler baz alınarak oluşturulabilmektedir. Günümüzde toplam nüfusun yaklaşık yarısı kentlerde, kalan yarısı da kırsal kesimde yaşamaktadır. Bu gruplama enerji ve elektrik talebini değiştiren faktörlerdendir. Önümüzdeki yıllarda kentsel nüfusun kırsal nüfusa oranla daha çok artacağı ve artışın daha çok gelişmekte olan ülkelerde gerçekleşeceği öngörülmektedir. Bununla birlikte enerji ve elektrik talebinin de tetiklenmesi beklenen bir sonuç olacaktır.

Küresel nüfus 1971 yılında 3,758 milyar değerine sahipken yıllık ortalama yüzde 1,54' lük büyüme ile 2010 yılında 6,825 milyara ulaşmıştır. Kaydedilen bu büyümenin

OECD ve OECD dışı ülkelerde farklı şekillerde kendini gösterdiği Şekil 2.10'dan anlaşılmaktadır. Anılan süreçte OECD ülkelerinde nüfus yaklaşık olarak yüzde 40 artarken, OECD dışı ülkelerde toplam nüfus yaklaşık iki katına çıkmıştır. Küresel nüfus yapısındaki OECD dışı ülkelerin payı baskınlığını daha fazla arttırmıştır.



Şekil 2.10 : Küresel toplam nüfustaki gelişmeler.

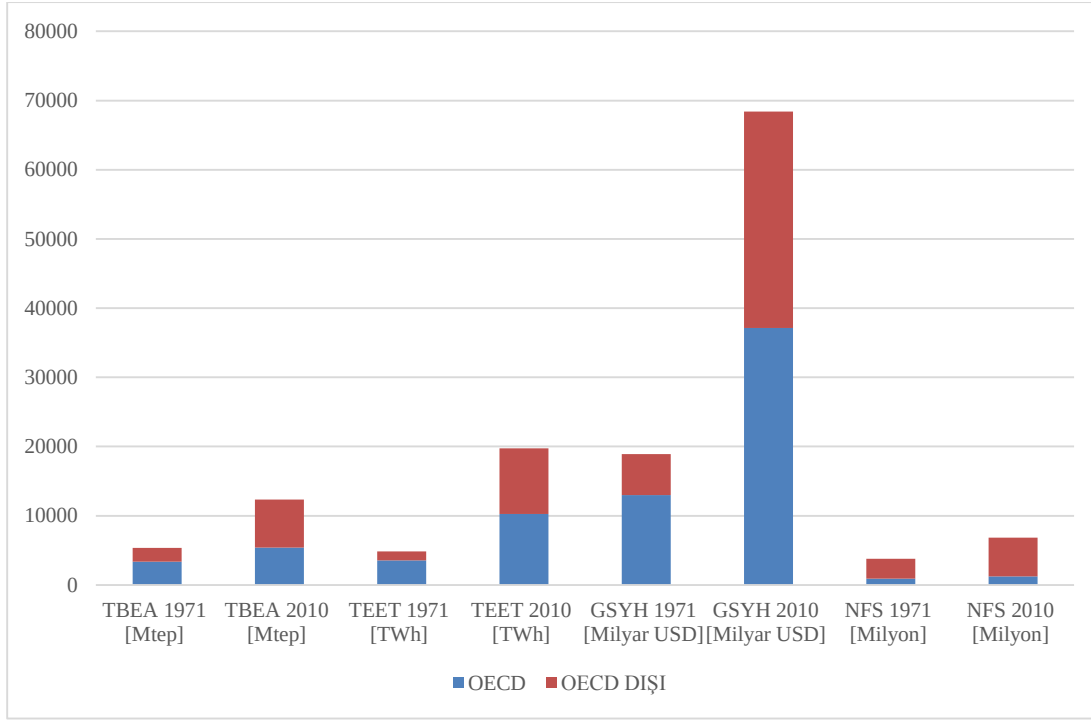
Açıklanan tüm temel göstergelerin OECD ve OECD Dışı için 1971-2010 yılları arasındaki değişimi Şekil 2.11'de özetlenmektedir. Buna göre:

OECD ekonomileri 1971 yılında küresel TBEA'nın yüzde 63'üne sahipken, 2010 yılında bu pay yüzde 44 seviyesine inmiştir. Gelişmekte olan OECD dışı ülkelerde ise 1971 yılında OECD ülkelerinin gerisinde olan TBEA, 2010 yılında yüzde 56'lık pay ile OECD ülkelerinin önüne geçmiştir.

OECD ülkeleri 1971 yılında küresel TEET'nin yüzde 74'üne sahipken, 2010 yılında bu pay yüzde 52 seviyesine gerilemiştir. Gelişmekte olan OECD dışı ülkelerde ise 1971'de OECD ülkelerinin oldukça gerisinde olan TEET, 2010 yılında yüzde 48'lik pay ile OECD ülkelerini yakalamıştır.

OECD ülkeleri 1971 yılında küresel GSYH'nın yüzde 69'una sahipken, 2010 yılında bu pay yüzde 54 seviyesine gerilemiştir. Gelişmekte olan OECD dışı ülkelerde ise 1971 yılında yüzde 31 olan toplam GSYH'deki pay, 2010 yılında yüzde 46 seviyesine ulaşarak OECD ülkelerine yaklaşmıştır.

1971 yılında küresel nüfusun yüzde 24'ü OECD ülkelerinde yaşarken düşen nüfus artışı ile birlikte, 2010 yılında bu pay yüzde 18 seviyesine gerilemiştir. Gelişmekte olan OECD Dışı ülkelerde ise 1971 yılında yüzde 76 olan toplam nüfustaki pay, 2010 yılında yüzde 82 seviyesine ulaşmıştır.



Şekil 2.11 : 1971-2010 döneminde temel büyüklüklerdeki gelişmelerin karşılaştırılması.

3. ENERJİ VE ELEKTRİK TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN İRDELENMESİ

Ekonomik büyüme, ekonomi genelindeki üretim artışı olarak ifade edilmekte, genellikle de gayrisafi yurt içi hasıladaki artış ile ölçülmektedir [32]. Başka bir ifade ile üretilen mal ve hizmet kapasitesinin belirli bir dönem içinde artması ekonomik büyümeye işaret eder.

Enerji ilişkili temel göstergelerin ekonomik büyüme ile ilişkisi geçmişten günümüze dek sorgulanan, yönü ve şiddeti merak edilen bir konu olmuştur. Literatürde pek çok nedensellik analizi çalışması bulmak mümkündür. İ.Öztürk [33] ve A. Omri [34] enerji ve ekonomik büyüme çalışmalarını derleyerek kapsamlı birer literatür özeti hazırlamışlardır. Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre enerji ve ekonomik büyüme ilişkisine dair dört adet hipotez ortaya çıkmıştır. Bunlardan ilki enerji ve ekonomik büyüme arasında herhangi bir nedensellik ilişkisi olmadığını öne süren yansızlık hipotezidir (neutrality hypothesis). Bu hipoteze göre enerji ve GSYH arasında bir korelasyon olmayacaktır. İkinci hipotez ekonomik büyümenin enerji üzerinde etkisi olduğunu öne süren koruma hipotezidir (conservation hypothesis). Bu hipoteze göre enerji tüketimi üzerinde ekonomik büyümenin tek yönlü nedensellik etkisi vardır. GSYH'deki bir artışın enerji tüketiminde bir artışa yol açması durumunda bu hipotezin desteklenmesi gerekir. Üçüncü hipotez enerji tüketiminin GSYH üzerinde etkili olduğunu öne süren büyüme hipotezidir (growth hypothesis). Bu hipoteze göre ekonomik büyüme üzerinde enerji tüketiminin tek yönlü nedensellik etkisi vardır. Enerji kullanımındaki artış ekonomik büyümeyi tetiklerken tersi durumda enerji kullanımı ile ilgili kısıtlar ekonomiyi olumsuz etkileyebilir. Sonuç olarak ekonomik büyümede enerji bağlayıcı bir faktördür ve enerji fiyatlarındaki şoklar ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemektedir. Dördüncü hipotez ise enerji tüketimi ve GSYH'nin birbirini karşılıklı olarak etkilediğini öne süren geri besleme hipotezidir (feedback hypothesis). Son hipoteze göre enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında eş zamanlı ve iki yönlü bir nedensellik ilişkisi vardır [33]. A. Omri incelemiş olduğu enerji tüketimi-ekonomik büyüme konulu yayınların genel bir

profilini çıkarmış ve bunların yüzde 21'nin yansızlık hipotezini, yüzde 23'ünün koruma hipotezini, yüzde 29'unun büyüme hipotezini, yüzde 27'sinin de geri besleme hipotezini desteklediğini söylemiştir [34]. Aynı hipotezlerin elektrik tüketimi-ekonomik büyüme eksenindeki payları ise yüzde 27 koruma, yüzde 40 büyüme ve yüzde 33 geri besleme olarak sıralanmıştır [34]. Yeneilenebilir enerji tüketimi-ekonomik büyüme ilişkisi içinse yüzde 40 yansızlık, yüzde 40 koruma ve yüzde 20 büyüme dağılımı elde edilmiştir [34]. Sonuçların böyle çıkması kullanılan verilere, seçilmiş değişkenlere ve kullanılan farklı ekonometrik yöntemlere bağlanmıştır [34].

Çalışma kapsamında bir önceki bölümde bölgelerin temel göstergeler ve yenilenebilir enerji üretimi kapsamında farklı büyüme davranışı sergilediği saptanmıştı. OECD ve OECD dışı ayrımı yapılırken en belirleyici faktör ilgili grupların ekonomik gelişmişlikleri olarak öne çıkmaktadır. Bu nedenle bölgelerin farklı eğilimlerinin ülkelerin ekonomilerinin gelişmişlik seviyesinden kaynaklanabileceği düşünülmüştür. İlgili hipotezin sınanması için nedensellik ilişkisine bakılmaksızın enerji, elektrik ve yenilenebilir kaynaklar ile gayrisafi yurt içi hasıla arasında bir etkileşim olup olmadığı dönemselsel olarak incelenmiştir.

Analizler gruplara ait toplam ve kişi başı veri değerleri kullanılarak yapılmış; artışların kıyaslanabilmesi için TBEA, TEET, GSYH karşılaştırmaları için 1971 yılı değerleri baz alınmış ve bir indeksleme yapılmıştır. Basit indeksleme olarak anılan bu işlem Denklem (3.1)'de verilmektedir:

$$\text{İlgili yılın hesaplanmış veri değeri} = 100 * \frac{\text{İlgili yılın verisi}}{\text{İlk yılın verisi}} \quad (3.1)$$

Bu işleme göre anılan verilerin 1971 yılı için değerleri 100'e eşitlenmiş ve yeni veriler elde edilmiştir. Hesaplanmış veri değerleri ile oluşturulan grafikler ve yorumları izleyen alt bölümlerde sunulmaktadır.

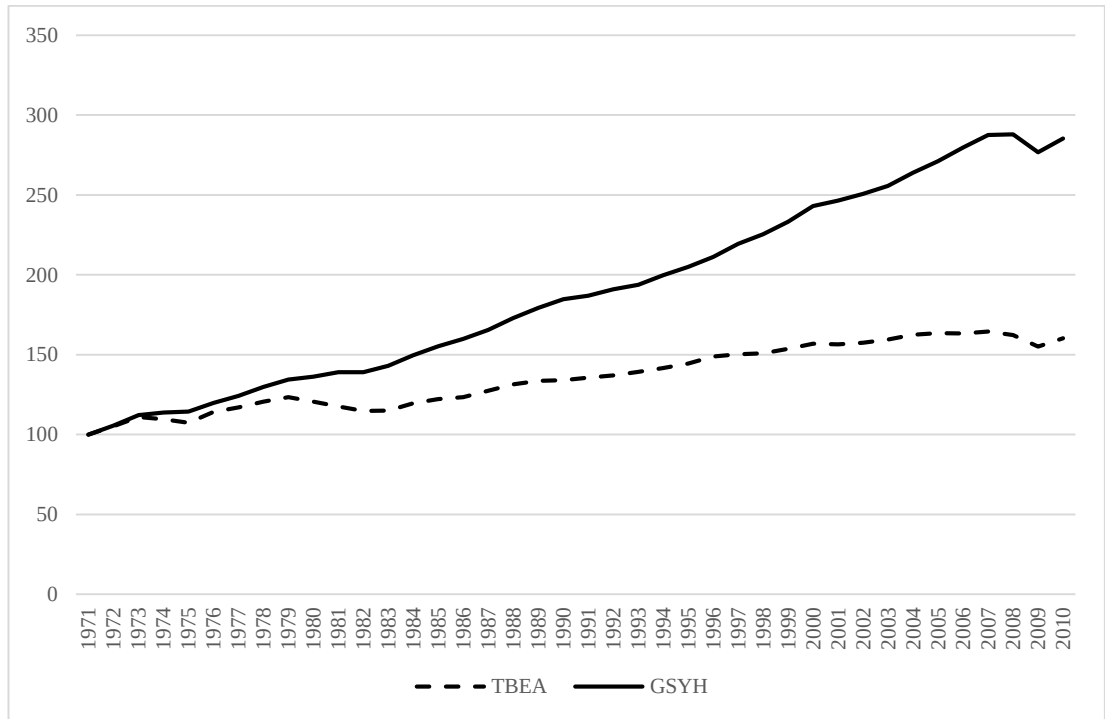
3.1 Birincil Enerji Arzı ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkiler

Bu aşamada ekonomik büyüme ile toplam birincil enerji arzının arasında istatistiksel anlamlılığı olan bir ilişkinin varlığı sorgulanmak istenmiştir. Analiz gruplara ait toplam ve kişi başı veri değerleri kullanılarak yapılmıştır. Grafik, TBEA ve GSYH için 1971 yılı değeri baz alınarak yapılan indekslenmiş veriler ile oluşturulmuştur.

OECD ekonomilerinde TBEA ile GSYH'nin 1971-2010 yılları arasındaki ilişkisi Şekil 3.1'de görülmektedir. GSYH'nin TBEA'ya göre daha hızlı bir artış gösterdiği ve ilk değerinin yaklaşık üç katına çıktığı, TBEA'nın artışının ise daha yavaş gerçekleşerek yaklaşık 1,5 katına çıktığı görülmektedir. Bu durumda gelişmiş ülkelerde ekonomik üretim artmakta; ancak enerji arzı görece olarak azalmaktadır. Bu da TBEA'nın GSYH'ye oranı olarak tanımlanan enerji yoğunluğunun azalacağı anlamına gelmektedir.

İlk 10 yıllık süreçte iki eğrinin davranışı benzer seyrederken sonraki yıllarda fark GSYH lehine açılmakta; özellikle 2000'li yıllarla birlikte iki eğri arasındaki korelasyon oldukça azalmaktadır. Buna bağlı olarak, OECD ekonomilerinde birim GSYH yaratmak için gerekli enerji miktarında düşüş gerçekleştiği anlaşılmaktadır. Geline bu noktada artan verimlilik çalışmaları, yoğun enerji gerektiren sanayi kollarının gelişmekte olan ülkelere taşınması ve OECD ülkelerinde daha çok bilgi teknolojilerine dayalı sanayinin gelişmesi en büyük etkenler olmuştur.

Anılan verilerin nüfusla oranlanmış büyüklükleri incelendiğinde artışların daha az olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. GSYH yaklaşık 2, TBEA ise yaklaşık 1,2 katına ulaşmaktadır. Aralarındaki korelasyon değeri ise 0,88 olarak hesaplanmıştır.

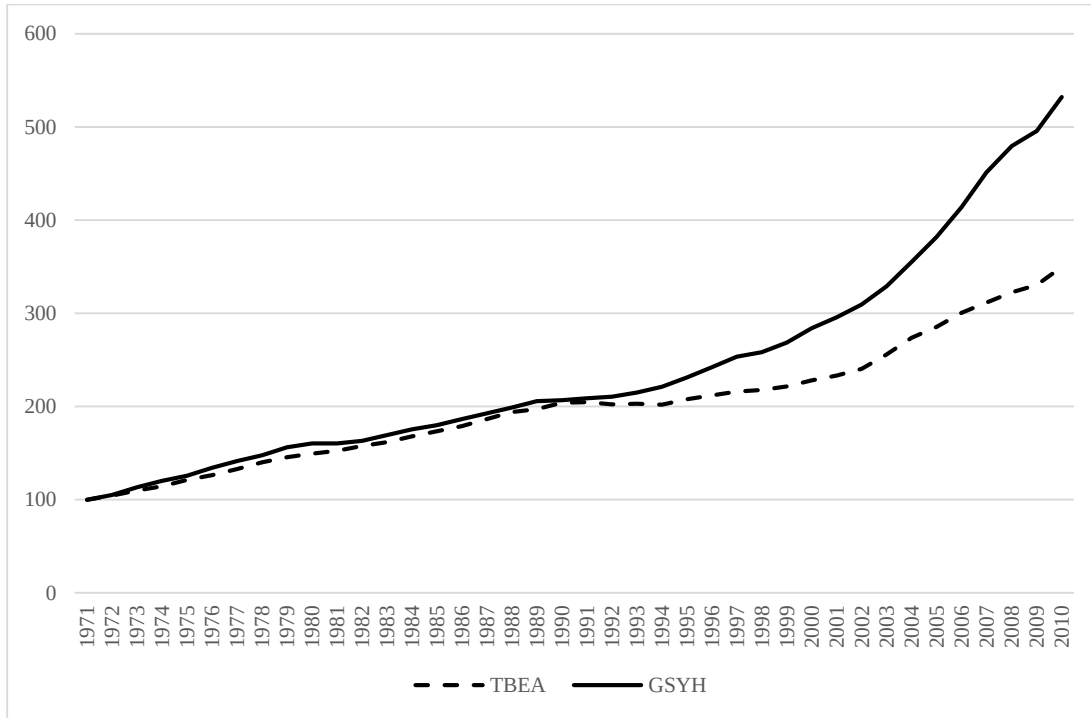


Şekil 3.1 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TBEA-GSYH ilişkisi.

OECD dışı ekonomilerdeki TBEA-GSYH ilişkisi Şekil 3.2’de verilmiş olup, eğrilerin OECD ekonomilerinden daha farklı bir karaktere sahip olduğu sonucu çıkarılmıştır. GSYH’nin TBEA’dan daha hızlı bir artış göstererek yaklaşık beş katına ulaştığı anlaşılmaktadır. 1990’lı yılların başına kadar ortak hareket eden TBEA ve GSYH eğrileri bu yıllarla birlikte farklı davranış göstermeye başlamış, TBEA’nın büyümesi bir miktar geride kalmıştır. Dolayısıyla gelişmekte olan OECD ekonomilerinde enerji yoğunluğunda bir miktar azalma meydana geldiği söylenebilir. Enerji verimliliği çalışmaları bu noktada önem teşkil etmektedir. Anılan yıllar arasında TBEA yaklaşık üç katına çıkmıştır.

Kişi başı değerler incelendiğinde TBEA’da yüzde 80’lik, GSYH’de yüzde 170’lik bir artış söz konusudur. Aralarındaki korelasyon değeri 0,95 olarak hesaplanmıştır.

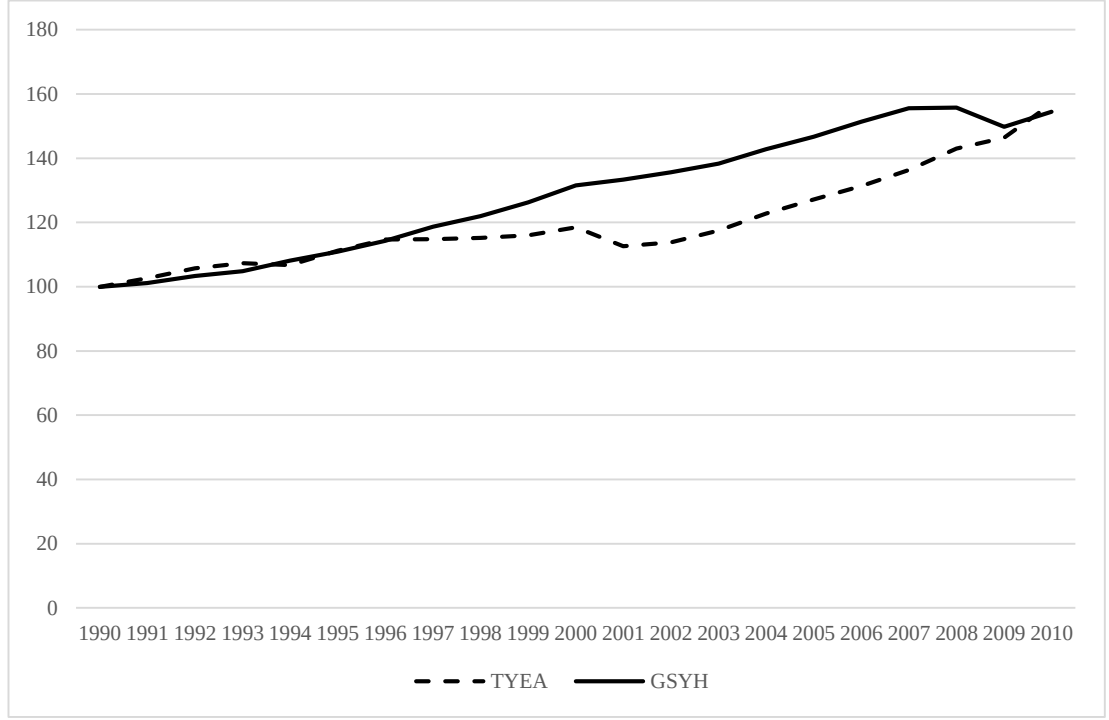
Sonuç olarak OECD dışı ekonomilerde TBEA’nın GSYH ile ilişkisi OECD ülkelerine göre daha yüksek korelasyona sahiptir. Enerji yoğunluğunun azalması noktasında OECD ülkeleri daha iyi konumlanırken, OECD dışı ülkelerde bu farkındalığın yeni yeni oluşmaya başladığı söylenebilir.



Şekil 3.2 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TBEA-GSYH ilişkisi.

OECD üyesi ekonomilerde yenilenebilir enerji arzı ile gayrisafi yurt içi hasıla ilişkisini gösteren grafik Şekil 3.3’te verilmektedir. Elde edilen grafiğe göre TYEA-GSYH davranışı TBEA-GSYH davranışı ile herhangi bir paralellik göstermemektedir. Ele

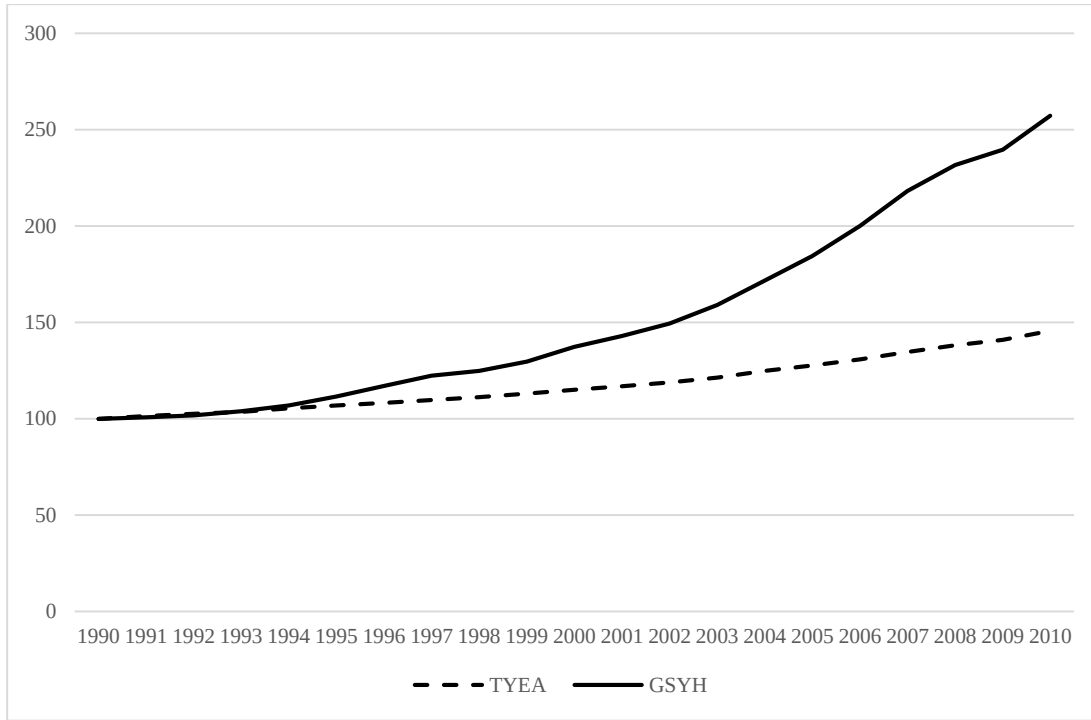
alınan 1990-2010 sürecinin ilk yarısında daha yüksek bir korelasyon (0,86) gözlemlenirken; ikinci yarıda eğrilerin birbirinden uzaklaştığı görülmektedir (korelasyon 0,76). Dönemin tamamı için ise korelasyon 0,74 olarak hesaplanmıştır. Anılan süreçte TYEA ve GSYH'nin büyümesi yaklaşık olarak aynıdır ve ikisi de ilk değerinin 1,5 katına ulaşmaktadır. Bunun yanında kişi başı değerlerde 1,3 katına yükselme söz konusudur.



Şekil 3.3 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TYEA-GSYH ilişkisi.

Şekil 3.4'te ise OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TYEA-GSYH ilişkisi araştırılmaktadır. 1990'lı yılların ortasına kadar birlikte hareket eden eğrilerin arasındaki fark, bu yıllardan itibaren GSYH'nin lehine olacak şekilde artmıştır. Süreç boyunca GSYH 2,5, TYEA 1,5 katına ulaşmıştır. Kişi başı değerlerde ise bu oranlar sırasıyla 1,9 ve 1,1'dir. Korelasyonun tüm dönem için değeri 0,93 olarak hesaplanmıştır.

TBEA-GSYH ilişkisinde olduğu gibi TYEA-GSYH ilişkisinde de korelasyon OECD dışında kalan ülkeler için daha yüksek çıkmıştır. Ancak bu ikili arasında sistematik bir ilişki kurgulamak çok mümkün görünmemektedir.



Şekil 3.4 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TYEA-GSYH ilişkisi.

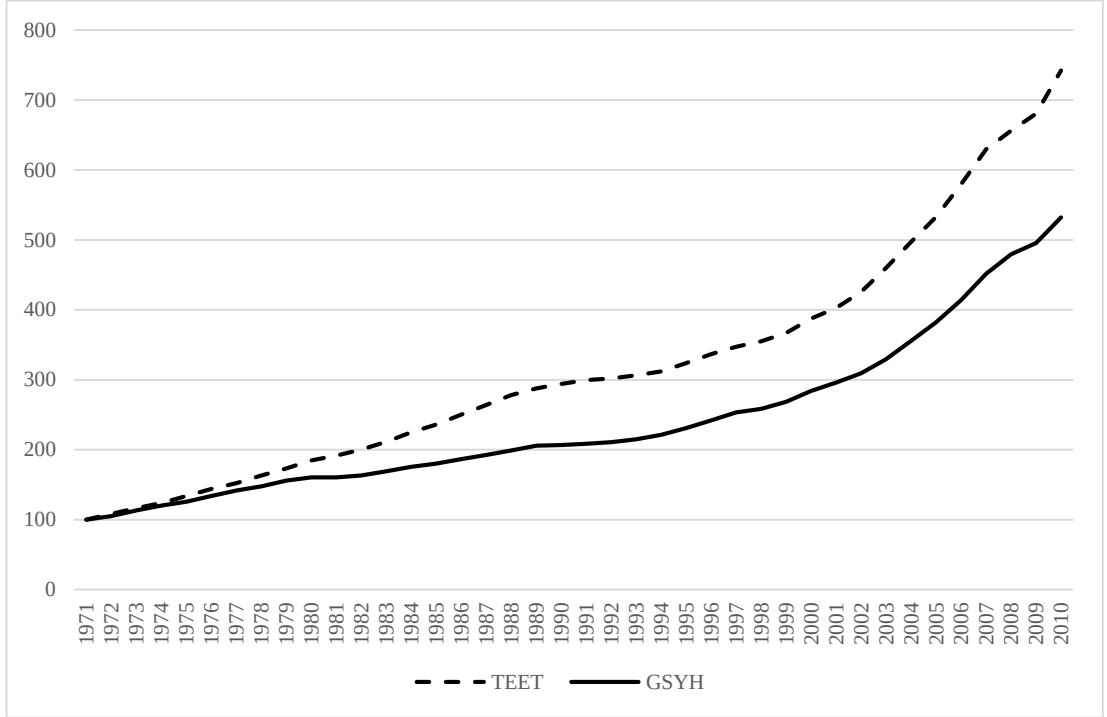
3.2 Elektrik Enerjisi Tüketimi ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkiler

OECD ekonomilerinde TEET ile GSYH'nin 1971-2010 yılları arasındaki ilişkisi Şekil 3.5'te görülmektedir. TBEA'nın aksine, TEET'in GSYH ile oldukça benzer bir davranış sergilediği, hatta büyümesinin daha hızlı gerçekleştiği görülmektedir. Süreç sonunda GSYH ve TEET ilk değerlerinin 2 katına ulaşmaktadır. TBEA-GSYH ilişkisine oranla daha güçlü bir ilişki söz konusudur. Korelasyon 0,98 olarak hesaplanmıştır. Bu durumda gelişmiş ülkelerde ekonomik üretimle birlikte oldukça benzer bir oranla elektrik tüketimi de artmaktadır. Nüfusla oranlanmış veriler kullanıldığı zaman artışların miktarında azalma olduğu gözlenmektedir.

OECD dışı ekonomilerindeki TEET-GSYH ilişkisi ise Şekil 3.6'da sunulmaktadır. TEET ve GSYH artış eğrileri benzer eğilim gösterse de TEET'nin artış hızının GSYH'den fazla olduğu görülmektedir. TEET değeri yaklaşık yedi katına ulaşırken, GSYH beş katına çıkmaktadır. Kişi başı değerler incelendiğinde diğer verilerde olduğu gibi miktarlarda düşüş söz konusudur. Yine de TEET 4, GSYH 2,7 kat değerine ulaşmaktadır. Aralarındaki korelasyon değeri 0,98 olarak hesaplanmıştır. Buna göre gelişmekte olan ekonomilerde artan bir elektrik talebi olduğu söylenebilir. Nüfus artışının da etkisiyle, ekonomiler iyileştikçe elektrik tüketimi artmaya devam edecektir.



Şekil 3.5 : OECD üyesi ekonomiler toplamında TEET-GSYH ilişkisi.



Şekil 3.6 : OECD dışında kalan ekonomiler toplamında TEET-GSYH ilişkisi.

OECD ekonomileri ile kıyaslanırsa, OECD’de TEET ile GSYH birebir oranlarda artarken, OECD dışında TEET’nin artışı GSYH’den fazladır. Sanayi açısından durum değerlendirilirse enerji yoğun faaliyetlerin daha çok OECD dışı ülkelerde, bilgi teknolojilerine dayalı sanayinin ise OECD ülkelerinde yoğunlaşmasına bağlı olarak

OECD dışı ülkelerde elektrik tüketiminin fazla olması beklenen bir sonuçtur. Bireysel tüketim bazında ise gelişmiş ülkelerdeki tüketicilerin tüketim davranışı doyuma ulaşmış ve daha stabil bir hale gelirken, gelişmekte olan ülkelerdeki insanların tüketim konusunda daha hevesli olması da TEET'i arttıran bir unsurdur.

İzleyen bölümlerde benzer ilişkiler yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ile ekonomik büyüme ve olası diğer değişkenler arasında aranacak ve yenilenebilir kaynaklar ayrımında (hidroelektrik dahil ve hariç) bu ilişki yorumlanacaktır.

4. YENİLENEBİLİR KAYNAKLARA DAYALI ELEKTRİK ÜRETİMİNDE BELİRLEYİCİ ETMENLER

Yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik üretiminin gelişiminde muhtemel açıklayıcı olduğu düşünülen değişkenlerin tanımlanması ve bunlar arasındaki ilişkilerin karşılaştırmalı olarak irdelenmesi amacıyla yapılan ön çalışmalara ilişkin ayrıntılar izleyen alt bölümlerde sunulmuştur.

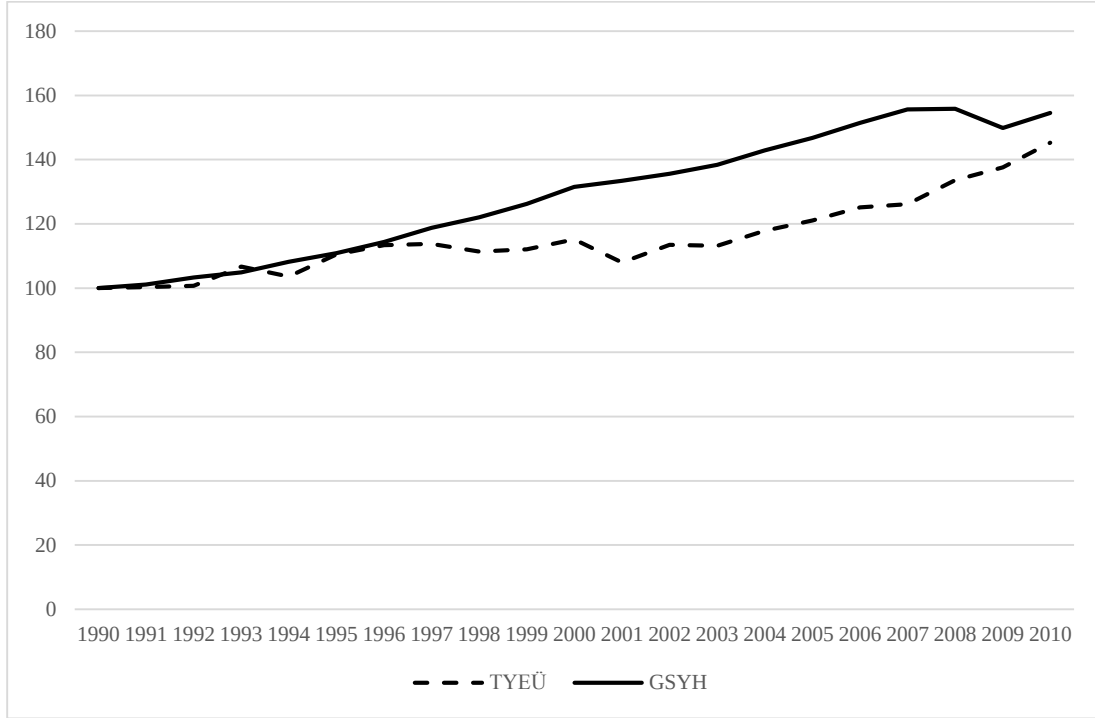
4.1 Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Üretimi ile Gayrisafi Yurt İçi Hasıla Arasındaki İlişkilerin Araştırılması

OECD ekonomilerinde yenilenebilir enerji arzı ile GSYH ilişkisini gösteren grafik Şekil 4.1’de verilmektedir. Elde edilen grafiğe göre TYEÜ-GSYH davranışı TEET-GSYH davranışı ile tam olarak örtüşmemektedir. 1990’lı yılların ortalarına kadar iki eğri aynı eğimle büyümüştür; ancak takip eden süreçte TYEÜ’nün gelişimi biraz yavaşlamış, 2000’li yılların ortalarında yeniden ivme kazanmıştır. Süreç boyunca GSYH artmaya devam etmiştir. Buna göre yenilenebilir elektrik üretiminde GSYH dışında başka belirleyici etmenlerin olduğunu söylemek mümkündür. Dönemin tamamı için korelasyon 0,68 olarak hesaplanmıştır. Anılan süreçte TYEÜ ve GSYH’nin büyümesi yaklaşık olarak aynıdır ve ikisi de ilk değerinin yaklaşık 1,5 katına ulaşmaktadır. Bunun yanında kişi başı değerlerde 1,3 katına yükselme söz konusudur.

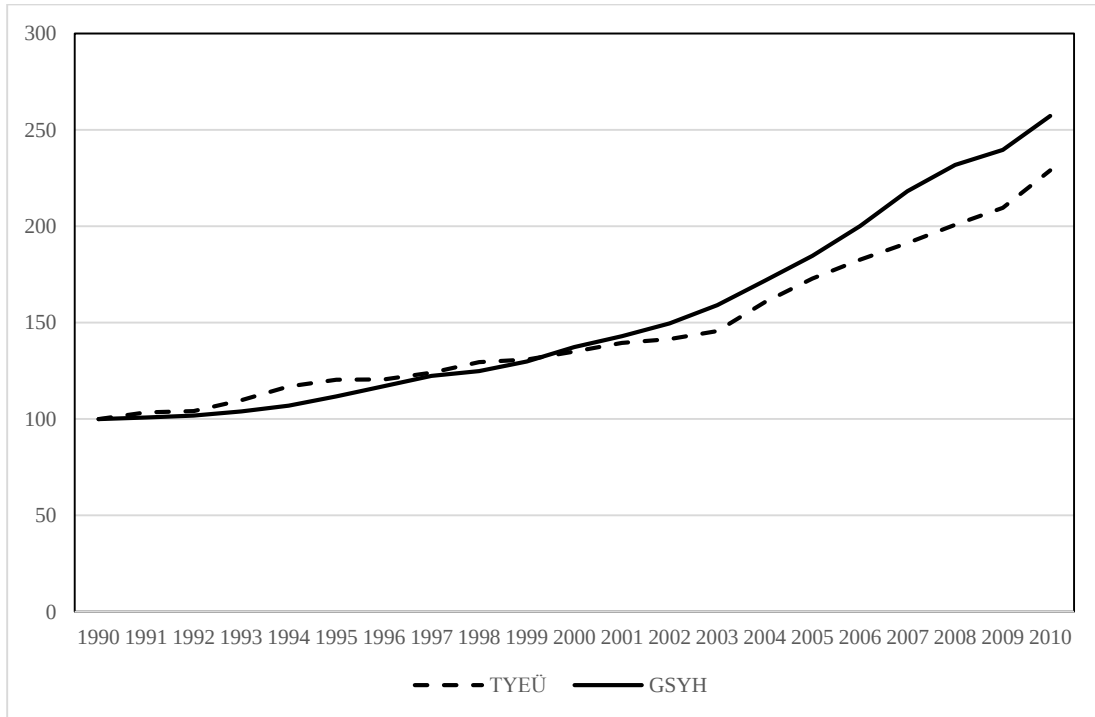
OECD dışı ekonomilerde TYEÜ-GSYH ilişkisi ise Şekil 4.2’de görülmektedir. 2000 yılına kadar iki eğri birlikte hareket etmiş, takip eden süreçte GSYH’nin artışı TYEÜ’yü geride bırakmıştır. Her iki eğrinin de 2000’li yıllarla birlikte daha hızlı büyümeye başladığı görülmektedir. Ele alınan dönem boyunca GSYH 2,5; TYEÜ 2,3 katına ulaşmıştır. Kişi başı değerlerde ise bu oranlar sırasıyla 1,9 ve 1,7’dir. Korelasyonun dönem için değeri oldukça yüksektir ve 0,99 olarak hesaplanmıştır.

Küresel toplamdaki davranış OECD dışında kalan ülkeler için elde edilen davranışa oldukça fazla benzemektir. GSYH 1,9 katına çıkarken, TYEÜ 1,8 katına çıkmaktadır.

Kişi başı değerlerde ise sırasıyla 1,5 ve 1,4 katlık gelişmeler söz konusudur. TEET’de olduğu gibi burada da küresel artış özellikle hidroelektrik enerjideki atılımlarına bağlı olarak OECD dışı ülkelerce domine edilmektedir.

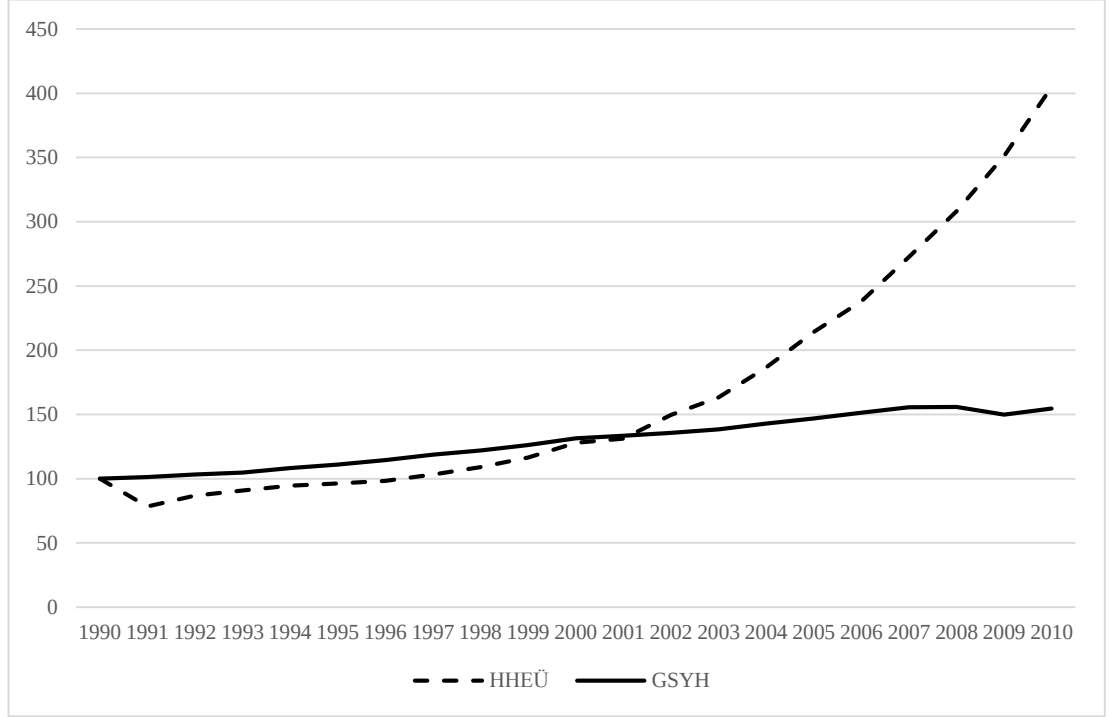


Şekil 4.1 : OECD üyesi ülkeler toplamında TYEÜ-GSYH ilişkisi.



Şekil 4.2 : OECD dışında kalan ülkeler toplamında TYEÜ-GSYH ilişkisi.

OECD ekonomilerinde HHEÜ ile GSYH arasındaki ilişki Şekil 4.3'te verilmektedir. 2000'li yılların başına kadar oldukça benzer davranan eğriler için sürecin devamında GSYH ortalama bir çizgide artışını sürdürürken, HHEÜ'de oldukça ilgici çekici bir ivmeyle artmaya başlamıştır. HHEÜ'nün artışı GSYH'nin oldukça üstündedir. Süreç sonunda HHEÜ ilk değerinin 4 katına, GSYH ise ilk değerinin 1,5 katına ulaşmıştır. Kişi başı değerlerde büyümeler daha sınırlıdır. Dönem içinde korelasyon 0,82 olarak hesaplanmıştır. Bu değer TYEÜ-GSYH arasındaki korelasyondan daha fazladır.



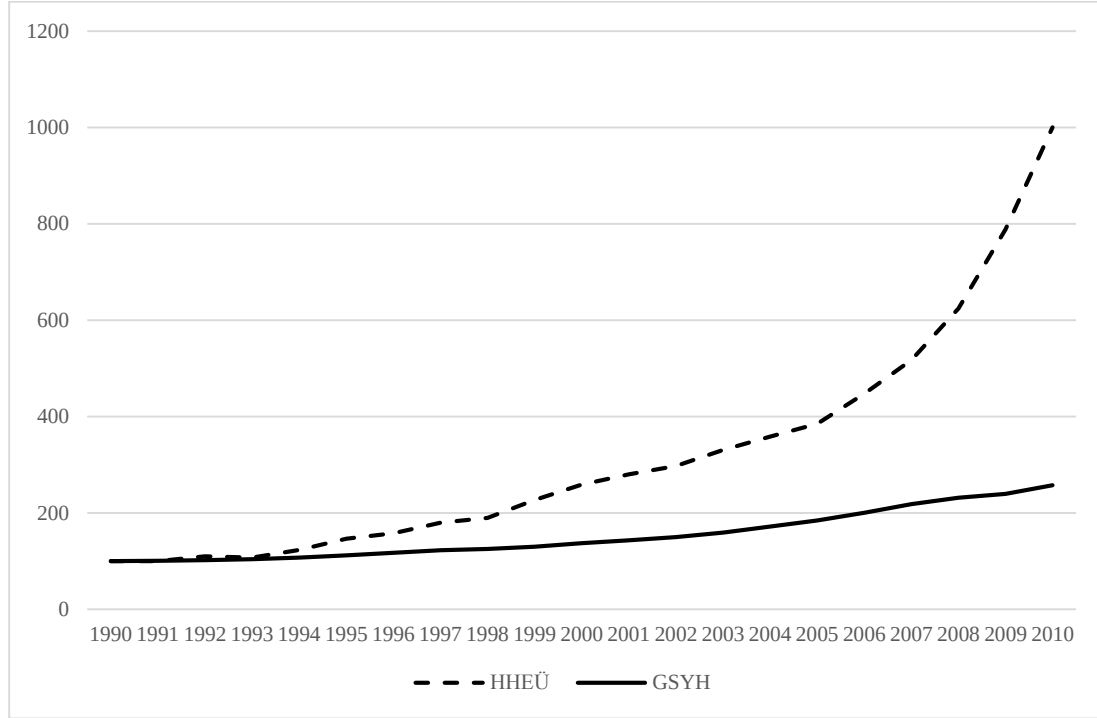
Şekil 4.3 : OECD üyesi ülkeler toplamında HHEÜ-GSYH ilişkisi.

HHEÜ'nün GSYH ile ilişkisinin OECD dışı ekonomiler için durumunu özetleyen grafik Şekil 4.4'te sunulmuştur. OECD ekonomilerinininkine benzer karakterde bir grafik söz konusudur. Anılan süreçte GSYH 2,5 katına çıkarken, HHEÜ çok ciddi bir ilerleme kaydederek 10 katına ulaşmıştır. OECD ülkelerine göre korelasyon daha yüksektir ve 0,96 olarak hesaplanmıştır.

Küresel toplamda ilişki OECD ekonomilerinde gözlenen karakteri andırmaktadır. Buna göre küresel ölçekte HHEÜ-GSYH ilişkisinde belirleyici unsurun OECD ülkeleri olduğunu söylemek mümkündür.

Grafikler toplu olarak değerlendirildiğinde TBEA-GSYH ve TEET-GSYH arasında gözlenen karakteristik ilişkilerin TYEÜ-GSYH ve HHEÜ-GSYH arasında elde edilemediği saptanmıştır. Bu da yenilenebilir enerji üretimini etkileyen başka unsurlar

olabileceği fikrini doğurmaktadır. Bir sonraki bölümde bu unsurlar üzerinde durulacak ve ekonometrik bir model yardımıyla yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimindeki etkileri yorumlanacaktır.



Şekil 4.4 : OECD dışında kalan ülkeler toplamında HHEÜ-GSYH ilişkisi.

4.2 Olası Değişkenler ve Değişkenlere İlişkin Tanımlayıcı Ölçütler

Analize başlamadan önce uygun değişken, birim ve zaman seçimi yapılması gerekmektedir. Öncelikle zaman serisi 1990-2010 olarak belirlenmiştir. Yenilenebilir elektrik enerjisi üretiminin özellikle yeni kaynaklar bazında gelişimi 1990'lı yıllarda hız kazanmıştır. Anılan yıllarda küresel çapta bağlayıcılığı olan birçok politika hayata geçirilmiş ve yenilenebilir elektrik üretiminin artması için çalışmalar başlamıştır. Verilerin ulaşılmasındaki kısıtlar sebebiyle çalışmadaki periyot 2010 yılı ile sona erdirilmiştir ve analizin 1990-2010 yılları arasını kapsamasına karar verilmiştir. Bir sonraki aşamada yatay kesit verilerinin seçimi yapılmıştır. OECD istatistik veri tabanında 136 ülkeye dair yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi ile ilgili gözlemlerin zaman serileri halinde kayıt altında bulunduğu görülmüştür [15,16]. Anılan 136 ülke içerisinde yenilenebilir elektrik üretimi hiç olmayan ya da oldukça az olan ülkeler bulunduğu saptanmıştır. Bu sebeple 136 ülkelik küme yerine temsil yeteneği yüksek bir alt küme oluşturulması yoluyla analize devam etme kararı alınmıştır. Yeterli temsil

yeteneği olan bir alt küme oluşturmak için hidroelektrik dahil ve hariç yenilenebilir elektrik üretimi en yüksek 30 ülke belirlenmiştir. Bu iki değişken için oluşturulan ülke havuzunda 20 ülkenin ortak olduğu gözlemlenmiştir. Sonuç olarak 40 ülke, yatay kesit verisini oluşturmak üzere seçilmiştir. Seçilen bu örneklem küresel toplam yenilenebilir elektrik üretiminin yüzde 90'ını, hidroelektrik hariç yenilenebilir elektriğin üretiminin ise yüzde 95'ini oluşturmaktadır [EK A]. Belirlenen 40 ülkenin genel profiline bakmak gerekirse, 26 ülke OECD üyesiyken kalan 14 ülke ise OECD dışında kalan ülkelerden oluşmaktadır. Anılan 14 ülkenin 9 tanesi Asya'da, 5 tanesi Güney Amerika'da bulunmaktadır. OECD dışında kalan ülkelerde gelişmişlikleri ile öne çıkan BRICS ülkeleri Güney Afrika haricinde veri kümesine dahildir. Veri kümesindeki 26 OECD üyesi içinde Şili ve Türkiye geliştirmekte olan ekonomiler olarak sınıflandırılmakta iken diğer 24 ülke gelişmiş ekonomiler sınıfındadır. Belirlenen 40 ülkenin tam listesi EK A'da sunulmaktadır.

Analiz kısmında öncelikle toplam yenilenebilir elektrik enerjisi üretimini etkilediği düşünülen değişkenler test edilecektir. Ardından aynı değişkenlerin hidroelektrik hariç yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi üzerinde benzer bir davranış gösterip göstermediği araştırılacaktır. İlgili değişkenler aşağıda sıralanmaktadır:

Toplam yenilenebilir elektrik üretimi: Bağımlı değişken olarak modelde tanımlanmıştır. Toplam yenilenebilir elektrik enerjisi kaynakları hidrolik, rüzgâr, güneş, jeotermal, katı ve sıvı biyoyakıtlar, kentsel atıklar ve biyogaz olarak sıralanabilir. Toplam yenilenebilir elektrik üretimi 1990-2010 yılları arasında yüzde 81'lik bir artışla 4160312 GWh'ye ulaşmıştır. Gerçekleşen büyümenin altında yatan dinamiklerin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Hidroelektrik hariç yenilenebilir elektrik üretimi: Bağımlı değişken olarak modelde tanımlanmıştır. Hidrolik dışında elektrik üretiminde kullanılan, “yeni” olarak nitelenen rüzgar, güneş gibi kaynakları kapsamaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde hidroelektrik kaynakların çoğunun devreye alınması ile birlikte hidroelektrik enerjideki büyüme diğer yenilenebilir kaynaklara göre geride kalmıştır. AB üyesi ülkelerin başını çektiği bir atılımla hidroelektrik hariç yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ciddi bir artış göstermiştir. Buna karşın Güney Amerika ülkelerinin başını çektiği geliştirmekte olan ülkelerde yenilenebilir elektriğin büyük bir çoğunluğu hidrolik kaynaklardan sağlanmıştır. Bu durum göz önüne alındığında yenilenebilir elektrik üretiminin hidroelektrik dahil ve hariç olarak incelenmesi gereği ortaya

çıkmiştir. 1990-2010 yılları arasında hidroelektrik hariç elektrik üretimi 1990 yılındaki değerinin yaklaşık 3,5 katına çıkarak 722829 GWh değerine ulaşmıştır ve analizde seçilen değişkenlerin bu üretimdeki rolü sorgulanacaktır.

Toplam elektrik enerjisi üretimi: Yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde etkisi olduğu düşünülen bağımsız değişkenlerden biridir. Ülkelerin gelişmişlik düzeyi ile birlikte elektrik talepleri de artış göstermektedir. Kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi günümüzde en önemli gelişmişlik göstergelerinden biri haline gelmiştir. Sanayi ve hizmet sektörü ile konutlarda kullanılan elektrik enerjisi attıkça yeni üretim tesislerinin devreye alınması gerekecektir. Bu noktada yerel üretimi de desteklemek amacıyla yenilenebilir kaynakların öne çıkabileceği beklentisi oluşmaktadır. Buna karşın artan talebin hali hazırda oturmuş teknolojiye ve daha düşük maliyete sahip fosil yakıtlardan temin edilmesi de ihtimal dahilindedir. Toplam elektrik enerjisi üretimi ile yenilenebilir elektrik üretimi arasında pozitif yönlü bir ilişki beklenmektedir.

Gayrisafi yurt içi hasıla: Elektrik enerjisi üretimi gibi gayrisafi yurt içi hasıla da ülkelerin gelişmişlik göstergelerinden biridir. Üçüncü bölümde bu değişken açıklanmış, toplam elektrik enerjisi ve hidroelektrik dahil/hariç yenilenebilir elektrik enerjisi ile ilişkisi ise dördüncü bölümün başında araştırılmıştı. Yenilenebilir elektrik ile gayrisafi yurt içi hasıla arasında güçlü korelasyon tespit edilmişti. Bu noktadan hareketle kurgulanan modelde de pozitif yönlü bir ilişki beklentisi mevcuttur. Veri kümesindeki ön değerlendirmeler sonucunda toplam yenilenebilir elektrik üretiminde, gelişmiş ülkelerin haricinde hidroelektrik üretimleri ile öne çıkan gelişmekte olan ekonomilerin oldukça yüksek sıralarda yer aldığı saptanmıştır. Buna karşın hidroelektrik hariç yenilenebilir elektrik üretiminde daha çok OECD Avrupa ülkeleri ön plandadır. Dolayısıyla özellikle hidroelektrik hariç yenilenebilir enerji için anılan ilişkinin daha güçlü olacağı tahmin edilmektedir.

Nüfus: Bir ülkede yaşayan insan sayısı arttıkça elektrik talebinin artması, artan talebin de uygun kaynaklarca karşılanması beklentisiyle, nüfus ile yenilenebilir elektrik üretimi arasında pozitif yönlü bir ilişki olacağı tahmin edilmektedir.

Enerji İthalat Bağımlılığı: Yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişiminin ardındaki en önemli sebeplerden biri de bu kaynakların, gelişmiş ülkelerin artan enerji ithalatına bağlı olarak enerji arz güvenliklerinin tehdit altında olması sorununa yerel bir çözüm alternatifi oluşturmasıdır. Enerji ithalat bağımlılığı ülkelerin bağımsızlığını,

rekabetçiliğini ve güvenliğini kısıtlayan başlıca sorunlardan biridir. Yenilenebilir enerjinin en çok ilerleme kaydettiği Avrupa Birliği'nde bu durum açık bir şekilde görülmektedir. Bu değişken modele katılması için OECD veri tabanında bulunan öz yeterlilik verileri [15,16] temel alınmış ve bir kukla değişken üretilmiştir. Enerji ihracatçısı olunan yıllar 1, ithalatçı olunan yıllar 0 olacak şekilde “YET” isminde bir kukla değişken modele katılmıştır. Yenilenebilir elektrik üretiminin enerji dış alımı yapan ülkelerde arz güvenliğini arttırmak adına daha fazla olacağı düşünülebileceği gibi; yenilenebilir elektrik üretimi fazla olan ülkelerde bu üretimin yerel enerji arzını arttırarak ülkenin ihracatçı konumuna gelmesini sağladığı da öne sürülebilir.

Uygulanan destek politikaları: Yapılan tüm çalışmalara ve gelişen teknolojiye rağmen yenilenebilir kaynaklar hala fosil yakıtlara göre daha maliyetli bir seçenektir. Yüksek maliyete karşın yenilenebilir elektrik üretimi hızla artmaya devam etmektedir. Bu noktada yatırımcılara birtakım teşviklerin verilmesi ve garantilerin sunulması sürecin devamı için esas teşkil edecektir. Ülkeler yatırımcıya güven ortamı oluşturmak için çeşitli yasal destek sistemleri uygulamaktadır. Bu sistemler düzenleyici politikalar (tarife sistemi, kota sistemi, biyoyakıt yükümlülükleri, yenilenebilir elektrik sertifikaları vb.), mali teşvikler (sermaye yardımları, vergi muafiyetleri, enerji üretimi ödemeleri vb.), kamu yatırımları olarak örneklendirilebilir. Yatırımcının güvenle yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretmesi için yasal çerçevenin oluşturulması ve devletin desteği mutlak suretle gereklidir. Bu sistemlerin başarı ile uygulanabildiği ülkelerde yenilenebilir elektrik üretiminin daha fazla olması beklenen bir sonuçtur.

Yayınlanan raporlar incelenmiş ve en sık kullanılan iki destek sistemi saptanmıştır. Tarife sistemi (Feed in tariff), belirli bir periyot boyunca özellikle dağıtım şirketleri tarafından yerel yenilenebilir elektrik üreticilerine sabit bir fiyat ödenmesi esasına dayanır. Bu yolla orta ve uzun vadede yatırım güvenliği sağlamak amaçlanmıştır. Tarife sisteminde devlet fiyatı, piyasa miktarı belirlemektedir. Kota sistemi (Quota Obligation) ise belirli bir zaman boyunca tespit edilmiş bir miktar enerjinin yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi esasına dayanır. Tedarikçi, üretici ya da tüketicilerin enerji portföylerinin belli bir kısmını yenilenebilir enerjiye ayırmaları gerekmektedir. Kota sisteminde devlet miktarı; piyasa fiyatı belirlemektedir.

Bu bilgileri bir değişken haline getirmek için “PE” isminde bir kukla değişkenden yararlanılmıştır. Sistemlerin uygulandığı ülkeler ve yıllar için 1, uygulanmadığı

ülkeler ve yıllar için 0 değeri atanmıştır. İlgili veriye REN21 Global Status Rapru'ndan ulaşılmıştır [35].

Değişkenlere ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4.1'de yer almaktadır. N toplam gözlem sayısını, n ülke sayısını, t yıl sayısını ifade etmektedir.

Çizelge 4.1 : Değişkenlere ilişkin tanımlayıcı ölçütler.

Değişken	Ortalama	Standart Sapma	Minimum Değer	Maksimum Değer	N	n	T
TYEÜ	66057,99	101395,70	507	770237,0	840	40	21
HHEÜ	6870,70	16372,55	0	178403,0	840	40	21
TEEÜ	335491,10	688158,70	4494	4400000,0	840	40	21
GSYH	1036,13	1875,47	6,3	13144,4	840	40	21
NFS	108,88	245,29	0,26	1338,3	840	40	21
TYEÜ/NFS	3138,46	6487,46	37,0654	53303,1	840	40	21
HHEÜ/NFS	332,28	1098,43	0,0	14228,1	840	40	21
TEEÜ/NFS	6972,09	6771,93	131,5	53309,4	840	40	21
GSYH/NFS	19,45	12,28	0,9	49,1	840	40	21
YET	0,32	0,46	0,0	1,0	840	40	21
PE	0,36	0,48	0,0	1,0	840	40	21

4.3 Durağanlığın Test Edilmesi

Zaman serisi kullanılarak yapılan analizlerin doğru sonuç vermesi için söz konusu serilerin durağan olması gerekmektedir. Bir serinin durağan olması serinin zaman içerisinde belirli bir değere yaklaşması anlamını taşımaktadır. Durağan bir seride sürekli bir artma ve azalma eğilimi olmamalı; veriler belirli bir yatay eksen etrafında dağılmalıdır. Bir serinin ortalaması, varyansı ve kovaryansı zaman içinde sabit kalıyorsa o serinin durağan olduğu söylenebilmektedir.

Regresyon teorisi durağan süreçlerde uygulanmak üzere geliştirilmiştir. Hata teriminin ortalaması sıfır, varyansı sabit olmalıdır [36]. İki zaman serisinin arasındaki ilişki araştırılırken serilerin durağan olmaması sahte regresyon sorununa yol açabilir. Sahte regresyon sonucunda istatistiksel olarak anlamlı sonuçlar elde edilse bile bu sonuçların pratikte bir karşılığı olmayacaktır. Bu nedenle analize başlamadan önce kullanılacak serilerin durağanlığı sınanmalıdır. Durağan olmayan serilerin saptanması durumunda serileri durağan hale getirmek için uygulanan dönüşüm yöntemlerinden yararlanılmalıdır.

Serinin durağanlığını sınamak için birim köklerin varlığını araştırıran istatistiksel testlerden faydalanılmaktadır. Stata 11 paket programında birim köklerin varlığını

sorgulamak için, Levin-Lin-Chu, Harris-Tzavalis, Breitung, Im-Pesaran-Shin, Fisher-type, Hadri LM stationarity olmak üzere altı farklı yöntem bulunmaktadır. Bu testlerden Levin-Lin-Chu, Im-Pesaran-Shin ve Fisher testleri uygulanarak elde edilen sonuçlar Çizelge 4.2’de sunulmaktadır:

Çizelge 4.2 : Değişken düzeyinde birim kök testleri.

Değişken	Levin-Lin-Chu		Im-Pesaran-Shin		Fisher-type	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
TYEÜ	7,3197	1,0000	6,3762	1,0000	98,0658	0,0831
HHEÜ	17,6474	1,0000	-	-	13,2030	1,0000
TEEÜ	2,6538	0,9960	7,3847	1,0000	71,7142	0,7343
GSYH	2,7702	0,9972	13,4327	1,0000	15,1649	1,0000
NFS	-4,1882	0,0000	5,8728	1,0000	657,4099	0,0000
TYEÜ/NFS	7,2541	1,0000	3,6464	0,9999	156,4049	0,0000
HHEÜ/NFS	16,6635	1,0000	-	-	19,4073	1,0000
TEEÜ/NFS	1,5427	0,9385	4,6935	1,0000	86,9235	0,2794
GSYH/NFS	0,5724	0,7165	9,9123	1,0000	25,0614	1,0000

Levin-Lin-Chu testine göre H_0 hipotezi panellerin birim kök içerdiğini; alternatif H_a hipotezi ise panellerin durağan olduğunu söylemektedir. İstatistiklerin olasılık değerlerine bakıldığında, yüzde 95 anlamlılık düzeyinde yalnızca NFS değişkeninin olasılığı 0,05’ten düşüktür. H_0 hipotezi bu düzeyde yalnızca NFS değişkeni için reddedilebilmektedir ve yalnızca NFS değişkeni durağandır.

Im-Pesaran-Shin testine göre H_0 hipotezi tüm panellerin birim kök içerdiğini; alternatif H_a hipotezi ise bazı panellerin durağan olduğunu söylemektedir. İstatistiklerin olasılık değerleri incelendiğinde tüm panellerin birim kök içerdiğini söyleyen H_0 hipotezinin olasılık değerleri tüm değişkenler için 0,05’in üzerindedir. Yani H_0 hipotezi reddedilemez ve tüm değişkenlerin bu düzeyde birim kök içerdiği söylenebilir.

Fisher-type testine göre H_0 hipotezi tüm panellerin birim kök içerdiğini; alternatif H_a hipotezi ise en azından bir panelin durağan olduğunu söylemektedir. İstatistiklerin ki-kare değerlerine ait olasılıkları incelendiğinde NFS ve TYEÜ/NFS değişkenleri için H_0 hipotezi reddedilirken ve en az bir panelin durağan olduğu söylenirken; kalan değişkenler için tüm panellerin birim kök içerdiği hipotezi reddedilememektedir.

Çizelge 4.2’deki sonuçlar göstermektedir ki analize devam edebilmek için serilerin durağan hale getirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla serilerin doğal logaritması alınmıştır. Doğal logaritması alınmış değişkenlere göre elde edilen sonuçlar Çizelge 4.3’teki gibidir:

Çizelge 4.3 : Doğal logaritması alınan değişkenlerin birim kök testleri.

Değişken	Levin-Lin-Chu		Im-Pesaran-Shin		Fisher-type	
	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık	İstatistik	Olasılık
TYEÜ	0,4314	0,6669	1,0745	0,8587	123,2024	0,0014
HHEÜ*	0,6918	0,7555	9,9634	1,0000	37,5849	0,9981
TEEÜ	-4,7311	0,0000	-0,3144	0,3766	162,6015	0,0000
GSYH	-4,5653	0,0000	5,9887	1,0000	45,9399	0,9992
NFS	-3,7358	0,0001	-0,0543	0,4783	1192,5146	0,0000
TYEÜ/NFS	0,7884	0,7848	-0,6848	0,2467	174,8477	0,0000
HHEÜ/NFS*	0,5731	0,7167	9,5791	1,0000	40,1841	0,9950
TEEÜ/NFS	-3,1841	0,0007	-0,2093	0,4171	153,5999	0,0000
GSYH/NFS	-3,8730	0,0001	5,6900	1,0000	45,1669	0,9994

*: Birim kök testinin yapılabilmesi için dengeli panel veri seti kullanılması gerekmektedir. Dengeli veri setini korumak adına, logaritma işlemi yapılırken oluşan matematiksel kısıtlar nedeniyle Çek Cumhuriyeti, İrlanda, Paraguay, Venezuela, Pakistan, Tayvan ve Vietnam test dışı bırakılmıştır.

Yapılan dönüşüm sonrasında:

Levin-Lin-Chu testine göre TYEÜ, HHEÜ, TYEÜ_NFS ve HHEÜ/NFS haricinde serilerin durağan olduğu ve birim kök içermediği sonucuna ulaşılmıştır.

Im-Pesaran-Shin testine göre H_0 hipotezi hiçbir değişken için reddedilememektedir. Seriler bu teste göre durağan değildir.

Fisher-type testine göre TYEÜ, TEEÜ, NFS, TYEÜ/NFS ve TEEÜ/NFS değişkenleri için H_0 reddedilmektedir, dolayısıyla en azından bir panelin durağan olduğu söylenebilmektedir. Bunun yanında HHEÜ, GSYH, HHEÜ/NFS ve GSYH/NFS değişkenleri için H_0 reddedilememekte ve bu serilerin tüm panneller için birim kök içerdiği söylenebilmektedir.

4.4 Seçilen Yöntem

Analiz yapılırken hem birimlerin hem de zamanın etkilerini modellere yansıtabilmek için ve değişkenliğin kaynağının belirlenmesini noktasında sağladığı esneklik de göz önünde bulundurularak en uygun yöntemin panel veri seti ile çalışmak olduğu sonucuna varılmıştır.

İzleyen bölümde panel veri analizi yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmaktadır.

5. VERİ KÜMESİ KAPSAMINDA GERÇEKLEŞTİRİLEN ANALİZLER

5.1 Panel Veri Analizi İle İlgili Genel Bilgiler

Ekonometrik modellerin kullanıldığı çalışmalarda, tüm değişkenlere ait verilerin güvenilir kaynaklardan toplanması ve eldeki verilere en uygun yöntemin tercih edilmesi gerekmektedir. Aksi durumlarda yapılan analizin güvenilirliği ve geçerliliği olumsuz yönde etkilenmektedir.

Ekonometrik analizlerde, zaman serisi, yatay kesit ve panel veri olmak üzere üç çeşit veri tipi bulunmaktadır. Değişkenlerin zaman serisi halinde verilmesi durumunda, ilgili değişkene ait değerlerin yıllık, aylık vb. diğer zaman birimlerinde ardıl olarak ifade edildiği veri kümesi ele alınmaktadır. Örneğin çalışmanın ikinci bölümünde kullanılan OECD ekonomilerine ait 1971-2010 yılları arasındaki TBEA, TEET, GSYH ve NFS verileri tipik birer zaman serisidir. Yatay kesit verilerinde ise zamanın belirli bir noktasında farklı birimlerden elde edilmiş gözlemler söz konusudur. Bu farklı birimler, birey, ülke, firma, sektör vb. olabilmektedir. Örneğin veri seti, seçilmiş bir yıl için bir önceki bölümde bahsedilmiş 40 ülkeye ait yenilenebilir elektrik enerjisi üretimi verileri şeklinde hazırlanırsa, buradaki 40 ülke yatay kesiti oluşturan birimlere denk gelecektir. Panel veri ise yukarıda açıklanan iki tip verinin bir araya gelmesiyle oluşmaktadır. İlgili birimlere ait verilerin belirli bir zaman dilimini kapsayacak şekilde genişletilmesiyle panel veri seti elde edilmektedir. n sayıda birim ve her birime karşılık T sayıda gözlem içermektedir. Bir önceki bölümde açıklanan değişkenler için, 40 adet seçilmiş ülke yatay kesit verisini (n), 1990-2010 yılları zaman serisi verisini (T) oluşturmakta ve tipik bir panel veri seti elde edilmektedir.

Analizin kullanım amacı ve yeri gözetilerek anılan veri tiplerinden hangisinin tercih edileceği belirlenmelidir. Pek çok analizde yatay kesit ve zaman serisi verileri ayrı ayrı kullanılırken, bazı iktisadi ilişkiler açıklanırken tek bir boyutun açıklama gücünün yetersiz kaldığı görülmüş, yatay kesit ve zaman serisi verilerini birlikte kullanılması gereği doğmuştur. Hem dönemlerin hem de birimlerin etkisi araştırılmak isteniyorsa panel veri setiyle çalışmak daha uygun bir alternatif olarak öne çıkmaktadır.

Panel veri analizi, çeşitli değişkenlere ait zaman boyutuna sahip yatay kesit verilerinin arasındaki ilişkilerin, ilgili modeller yardımıyla tahmin edilmesi olarak ifade edilmektedir. Panel veri modelinin genel ifadesi Denklem (5.1)'de verilmektedir [36]:

$$Y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{kit}X_{kit} + u_{it} \quad (5.2)$$

Y : Bağımlı değişken

X_k : k. bağımsız değişken

α : Sabit terim

β : Eğim parametresi

u : Hata terimi

i : Birim alt indisi

t : Zaman alt indisi

Panel veri setleri ile çalışmak beraberinde birtakım avantajlar ve kısıtlamalar getirmektedir. Badi Baltagi “Econometric Analysis of Panel Data” kitabında bu avantajları ve kısıtları şu şekilde sıralamaktadır [37] :

- Ekonometrik analizlerde kullanılan veriler genelde heterojendir. Zaman serisi ya da yatay kesit verileri ile çalışırken birimlere özgü gözlenemeyen özellikler analize katılamaz. Zaman serilerinde sadece birim özellikleri, yatay kesit verilerinde sadece birimler arası farklar incelenebilmekte iken panel veri bu iki etkinin eşzamanlı araştırılmasına olanak sağlamaktadır. Böylelikle birimlerin heterojenliği modele yansıtılabilmektedir.
- Panel veri setlerinde hem zaman serisi hem de yatay kesit verilerine ait gözlemler bulunduğu için daha fazla veri ile çalışma imkanı doğmaktadır. Açıklanmak istenen değişkene ait daha fazla bilgi içeren, daha çeşitli ve aralarında daha az doğrusal bağlanımlı verilerle analiz yürütülür. Buna bağlı olarak gözlem sayısı, dolayısıyla da serbestlik derecesi artmaktadır. Serbestlik derecesinin artmasıyla, bağımsız değişkenler arasındaki çoklu doğrusallık azalmakta ve yapılan analizin güvenilirliği ve etkinliği iyileşmektedir.
- Panel veri setleri ile zaman serisi ve yatay kesit verileri kullanılarak oluşturulan modellerden çok daha karmaşık modeller kurgulanabilmektedir.

- Panel veri ile çalışmak uyum ve değişim dinamiklerini incelemek için daha uygundur. Yatay kesit verileri genelde belirli bir çizgidedir ve gerçekleşen değişimlerin seyrini anlayabilmek için yeterli değildir.
- Bireyler, firmalar, ev halkı gibi birimlerin verileri toplanarak mikro paneller oluşturulması yoluyla, kısa zaman serisi ve yetersiz yatay kesit verisi olsa da analiz yapılması sağlanabilmektedir. Oluşturulan mikro paneller sayesinde analizlere olan önyargılar azaltılabilmektedir.
- Uzun zaman serileri içeren makro panellerde ise zaman serisi verilerinde karşılaşılan standart dışı dağılımlı birim kök sorunları gözlenmemektedir.
- Panel veri kullanılarak tahmin sapması azaltılabilmektedir.

Bu avantajların yanı sıra panel veri seti kullanmanın getirdiği birtakım kısıtlamalar da mevcuttur [37] :

- Verilerin toplanması ve düzenlenmesi diğer türlere göre daha zor ve maliyetlidir.
- Verileri toplarken sorulan belirsiz sorular, bellek hataları, yanıtların kasıtlı olarak yanlış verilmesi, uygun olmayan birimlerin katılımı, verilerin doğru kaydedilmemesi ve araştırmacıdan kaynaklı ölçüm hataları sıklıkla oluşmakta ve analize zarar vermektedir.
- Kısa zaman serileri ile çalışılırken birimler arası korelasyon oluşabilmekte ve bazı modellerin etkinliği zayıflayabilmektedir.
- Uzun zaman serilerinde birimler arası bağımlılık gözlenebilmektedir.

Tüm bu bilgiler ışığında hem ülkelerin gözlenemeyen etkilerinin hem de zamanın etkilerinin yansıtılması adına panel veri seti kullanımının daha uygun olabileceği sonucuna varılmış ve tez kapsamında bu veri tipi tercih edilmiştir.

5.2 Modellerin Oluşturulması

Bu çalışmada yenilenebilir elektrik üretimi ile toplam elektrik üretimi, gayrisafi yurt içi hasıla, enerji ithalat bağımlılığı ve uygulan destek sistemleri arasında istatistiksel anlamlılığı olan bir ilişkinin varlığı ülkeler ayrımında sorgulanmıştır.

Önceki bölümlerde gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomilerin yenilenebilir enerji alanında birbirinden farklı yaklaşımlar sergilediği saptanmıştır. Belirlenen 40 ülkenin yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik enerjisi payları dikkate alındığında [EK A], ülkelerin bir kısmı hidroelektrik alanında oldukça etkin iken, bir kısmı yeni yenilenebilir kaynaklara dayalı elektrik üretiminde oldukça dikkat çekici paylara sahip olduğu görülmüş; bu nedenle tek bir modelin değişkenliği açıklamada yetersiz kalacağı sonucuna varılmıştır. Söz konusu ülkelerde ilgili farkın oluşmasında ekonomik gelişmişlik düzeyinin etkili olduğu görülmüştür. Gelişmiş ülkelerde doyuma ulaşan hidroelektrik kapasitesi, bu ülkeleri başka kaynaklar arayışına yönlendirmiş; böylelikle rüzgar, güneş, jeotermal vb. diğer kaynakları kullanarak elektrik üretimi konusunda önemli atılımlar gerçekleşmiştir. Gelişmekte olan ekonomilerde ise, yenilenebilir enerji zengin hidrolik kaynaklar sebebiyle bu alanda ilerlemektedir. Tezin genel hipotezinin de altı çizilerek, ülkelerin ekonomik gelişmişliğinin yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi konusundaki önemini vurgulayabilmek için, hidroelektrik dahil ve hariç elektrik üretimi için farklı modeller oluşturulmuştur. Değişkenlerin toplam ve kişi başı değerleri kullanılarak arada bir fark olup olmadığı da araştırılmıştır. Buna göre oluşturulan modeller aşağıda sunulmuştur:

$$M_1: TYE\ddot{U} = f(TEE\ddot{U}, GSYH, NFS, YET, PE)$$

$$M_2: HHE\ddot{U} = f(TEE\ddot{U}, GSYH, NFS, YET, PE)$$

$$M_3: TYE\ddot{U}/NFS = f(TEE\ddot{U}/NFS, GSYH/NFS, YET, PE)$$

$$M_4: HHE\ddot{U}/NFS = f(TEE\ddot{U}/NFS, GSYH/NFS, YET, PE)$$

5.3 Uygun Panel Veri Yönteminin Belirlenmesi

Bu aşamada uygun doğrusal panel veri analizi yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Panel veri modelleri sabit terim ve eğim parametresinin değişimine göre çeşitli şekillerde oluşturulabilmektedir.

Klasik model hem sabit hem de eğim parametrelerinin birim ve zamana göre sabit olduğu modeldir ve genel ifadesi Denklem (5.2)'de verilmektedir [36]:

$$Y_{it} = \beta_0 + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (5.2)$$

Birim etkiler modelinde eğim parametresi sabit iken sabit parametre birimlere göre değişkenlik göstermektedir. Birim etkili modelin genel ifadesi Denklem (5.3)'te verilmektedir [36]:

$$Y_{it} = \beta_{0i} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (5.3)$$

Birim ve zaman etkileri modelinde eğim parametresi sabitken, sabit parametre birimlere ve zamana göre değişir; genel ifadesi Denklem (5.4)'te verilmektedir [36]:

$$Y_{it} = \beta_{0it} + \sum_{k=1}^K \beta_k X_{kit} + u_{it} \quad (5.4)$$

Denklem (5.3) ve Denklem (5.4) ile kurgulanan modeller panel veri analizlerinde en sık kullanılan modellerdir ve “Sabit Parametresi Değişken Modeller” olarak adlandırılırlar. Burada temel varsayım modelde gösterilemeyen birimlere özgü etkilerin sabit terim ya da hata terimi üzerinden ifade edilmesidir. Bu şekilde kurulan modelin genel ifadesi Denklem (5.5)'te verilmektedir [36]:

$$Y_{it} = X_{it}\beta + \mu_i + \lambda_t + u_{it} \quad (5.5)$$

Y_{it} : Bağımlı değişken

X_{it} : Zamana ve/veya birime göre değişen bağımsız değişken

β : Eğim parametresi

μ_i : Gözlemlenemeyen birim etkisi

λ_t : Gözlemlenemeyen zaman etkisi

u_{it} : Hata terimi

Yukarıda açıklanan modeller haricinde tüm parametrelerin birimlere göre değişken zamana göre sabit olduğu ve tüm parametrelerin hem birimlere hem de zamana göre değişken olduğu modeller de oluşturulabilmektedir.

Sabit parametresi değişken modellere geri dönülürse, gözlemlenemeyen birim etkiye model içinde hata terimi gibi tesadüfi bir değişken olarak davranılıyorsa tesadüfi etkiler modeli; her bir yatay kesit birimi farklı bir parametre olarak modele katılıyorsa sabit etkiler modeli söz konusudur. Sabit ve tesadüfi etkiler arasındaki en önemli

farklardan birisi birim etkilerin bağımsız değişkenlerle korelasyonudur. Korelasyonun varlığında sabit etkiler modeli geçerli olacaktır.

Katsayıların birimlere veya birimlerle birlikte zamana göre değiştiği modellere sabit etkili modeller denilmektedir. Birimler arası varyansın birimlerdeki bağımsız değişkenlerce oluşturulduğu kabul edilmektedir. Tesadüfi etkiler modelinde ise birimler arasındaki varyansın bağımsız değişkenlerle ilintisiz bir şekilde tesadüfen oluştuğu kabul edilmektedir.

Kurgulanan modelde birim ve zaman etkisinin olmadığı düşünülüyorsa klasik model; birim veya zaman etkisinin varlığı düşünülüyorsa sabit ya da tesadüfi etkiler modelleri akla gelen ilk tercihler olmaktadır. Bu önsel tercihlerin doğruluğunu sınamak için birtakım testler uygulamak gerekmektedir.

M₁, M₂, M₃, M₄ modellerinin klasik, sabit etkiler ve tesadüfi etkiler yöntemleri ile analiz edilmesi sonucu elde edilmiş katsayılar ve test istatistikleri Çizelge 5.1 ve 5.2’de özetlenmektedir. Tüm modellerde tüm açıklayıcı değişkenlerin katsayısının sıfır olduğunu öne süren hipotez F ve Wald testlerinin sonucunda reddedilmektedir. Buna göre yüzde 95 anlamlılık düzeyinde en az bir değişkenin katsayısının 0’dan farklı ve modellerin mevcut hallerinin geçerli olduğu söylenebilecektir. Modellerde bağımlı değişkenin bağımsız değişkenlerce ne kadar iyi açıklandığının bir ölçüsü olarak R² (belirlilik katsayısı) istatistiği kullanılmıştır. Açıklayıcı değişkenlerin M₁ modelinde sabit etkiler yöntemi ile elde edilmiş NFS katsayısı, M₂ modelinde klasik yöntemle elde edilmiş TEEÜ ve tesadüfi etkiler yöntemi ile elde edilmiş YET katsayıları, M₃ modelinde klasik yöntemle elde edilmiş PE katsayısı, M₄ modelinde ise klasik yöntemle elde edilmiş TEEÜ ve sabit terim, tesadüfi etkiler yöntemi ile elde edilmiş YET katsayıları haricinde yüzde 95 güven düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir.

Klasik modelin geçerliliğinin, başka bir deyişle modelde birim veya zamanın etkisiz olduğu varsayımının test edilmesi için kullanılan yöntemlerden biri F testidir. F testi ile klasik model ile sabit etkiler modelinin karşılaştırılması yapılmaktadır. Bu noktada oluşturulan M₁ modeli baz alınır, cevabı aranan soru TYEÜ’nün değişkenliğini açıklamada TEEÜ, GSYH, NFS, YET ve PE değişkenlerinin yeterli olup olmadığıdır. Yanıtın olumsuz çıkması, belirtilen değişkenler haricinde ülkelere özel birtakım faktörlerin de TYEÜ’yü açıklamada etkili olacağı anlamına gelmektedir. F testinin H₀

hipotezi tüm birimlerin etkilerinin 0 olduğunu öne sürmektedir. Çizelge 5.1 ve 5.2'deki F_{u_i} istatistiği bu testin sonuçlarıdır.

Klasik modelin tesadüfi etkiler karşısındaki davranışının test edilmesinde olabilirlik oranı testi uygulanmaktadır. Test ile bulunmak istenen bilgi M_2 modeli üzerinden açıklanırsa, HHEÜ'nün değişkenliğini açıklamada TEEÜ, GSYH, NFS, YET ve PE değişkenlerinin yeterli olup olmadığıdır. Yanıt olumsuzsa oluşan değişkenliğin tesadüfi olarak ortaya çıktığı söylenecektir. Testte H_0 hipotezi klasik modelin kullanılması gerektiğini söylemektedir. Çizelge 5.1 ve 5.2'de bulunan LR istatistiği bu testin uygulanması sonucu elde edilmektedir.

Sabit veya tesadüfi etkiler modelinin tercihi içinse Hausman Testi yapılmaktadır. Bu test ile sorgulanan bilgi M_3 modeli üzerinden örneklenirse, birimlere göre farklı değerler aldığı kanıtlanan TYEÜ/NFS değişkeninin bu farkının, tesadüfi mi yoksa birimlere bağlı olarak mı şekillendiğidir. Hausman testinin H_0 hipotezi tesadüfi etkiler modelinin geçerli olmasıdır. Bu testin uygulanabilmesi için kurulan modelde sabit etkiler ve tesadüfi etkiler yöntemlerinden elde edilen sonuçlar kaydedilmeli ve karşılaştırılmalıdır. Çizelge 5.1 ve 5.2'de bulunan Hausman istatistiği bu testin uygulanması sonucu elde edilmektedir.

Çizelge 5.1 ve 5.2'deki istatistikler karşılaştırıldığında tercih edilmesi gereken yöntemin sabit etkiler olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durumda değişkenliğin tesadüfi olarak gerçekleşmediği; birimler tarafından oluşturulduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Ülkelerin kendi yenilenebilir kaynak potansiyelleri ve konuyu ele alma biçimleri göz önüne alındığında bu beklenen bir sonuçtur. Modellerin yorumlanması sabit etkiler modeli baz alınarak yapılacaktır.

Çizelge 5.1 : M₁ ve M₃ modellerine ilişkin katsayıların karşılaştırılması [EK B].

Değişken	Klasik Model			Sabit Etkiler Modeli			Tesadüfi Etkiler Modeli		
TYEÜ(M₁)	Katsayı	t	P> t	Katsayı	t	P> t	Katsayı	z	P> z
TEEÜ	1,341647	18,33	0,000	0,228498	2,75	0,006	0,276971	3,64	0,000
GSYH	-0,875996	-10,80	0,000	0,872091	8,25	0,000	0,743192	7,28	0,000
NFS	0,233753	5,74	0,000	-0,449844	-1,74	0,082	-0,264715	2,27	0,023
YET	0,460514	5,60	0,000	0,249004	3,56	0,000	0,247571	3,58	0,000
PE	0,351398	4,10	0,000	0,116958	3,67	0,000	0,129048	4,08	0,000
Sabit	-1,410627	-2,83	0,005	3,598995	5,83	0,000	3,170567	5,85	0,000
R ²	0,5036			0,4623			0,4613		
F	169,24	-	0,000	136,73	-	0,000	-	-	-
Wald	-	-	-	-	-	-	684,84	-	0,000
Fu_i	-	-	-	288,23	-	0,000	-	-	-
LR	-	-	-	-	-	-	1996,72	-	0,000
Hausman	-	-	-	-	-	-	32,13	-	0,000
TYEÜ/NFS(M₃)	Katsayı	t	P> t	Katsayı	t	P> t	Katsayı	z	P> z
TEEÜ/NFS	1,577952	21,52	0,000	0,173496	2,25	0,025	0,245923	3,23	0,001
GSYH/NFS	-0,819731	-9,02	0,000	0,852118	8,09	0,000	0,756914	7,37	0,000
YET	0,402774	4,64	0,000	0,234172	3,37	0,001	0,241829	3,49	0,000
PE	0,085808	1,00	0,320	0,106202	3,39	0,001	0,112381	3,61	0,000
Sabit	-4,444677	-10,61	0,000	2,921205	6,28	0,000	2,562666	5,23	0,000
R ²	0,5322			0,3585			0,3577		
F	237,46	-	0,000	111,22	-	0,000	-	-	-
Wald	-	-	-	-	-	-	459,15	-	0,000
Fu_i	-	-	-	324,53	-	0,000	-	-	-
LR	-	-	-	-	-	-	2086,27	-	0,000
Hausman	-	-	-	-	-	-	32,63	-	0,000

Çizelge 5.2 : M₂ ve M₄ modellerine ilişkin katsayıların karşılaştırılması [EK B].

Değişken	Klasik Model			Sabit Etkiler Modeli			Tesadüfi Etkiler Modeli		
HHEÜ(M₂)	Katsayı	t	P> t	Katsayı	t	P> t	Katsayı	z	P> z
TEEÜ	-0,190797	-1,64	0,101	0,961797	3,91	0,000	0,628106	2,96	0,003
GSYH	1,241866	8,75	0,000	4,272798	14,99	0,000	3,315961	12,64	0,000
NFS	-0,521967	-7,73	0,000	-4,624149	-5,40	0,000	-2,379652	-12,30	0,000
YET	-0,502226	-3,98	0,000	0,402785	2,20	0,028	0,097451	0,53	0,593
PE	0,951617	7,51	0,000	0,204673	2,40	0,017	0,421333	4,81	0,000
Sabit	3,718626	4,76	0,000	-14,612750	-7,56	0,000	-12,347360	-8,20	0,000
R ²		0,3820			0,6538			0,6456	
F	93,70	-	0,000	272,30	-	0,000		-	
Wald		-			-		1084,44	-	0,000
Fu_i		-		73,47	-	0,000		-	
LR		-			-		930,98	-	0,000
Hausman		-			-		266,30	-	0,000
HHEÜ/NFS(M₄)	Katsayı	t	P> t	Katsayı	t	P> t	Katsayı	z	P> z
TEEÜ/NFS	0,142288	1,19	0,234	0,909599	4,05	0,000	0,571701	2,66	0,008
GSYH/NFS	1,441867	9,58	0,000	4,234714	15,10	0,000	3,350712	12,55	0,000
YET	-0,637052	-4,75	0,000	0,384623	2,14	0,033	0,116305	0,63	0,527
PE	0,528683	4,12	0,000	0,196325	2,35	0,019	0,477960	5,60	0,000
Sabit	-1,044904	-1,54	0,125	-15,387870	-10,76	0,000	-10,076760	7,44	0,000
R ²		0,4858			0,6325			0,6220	
F	179,30	-	0,000	310,70	-	0,000		-	
Wald		-			-		999,96	-	0,000
Fu_i		-		87,00	-	0,000		-	
LR		-			-		1027,47	-	0,000
Hausman		-			-		179,29	-	0,000

5.4 Modellere İlişkin Sonuçlar

Yukarıda yapılan testler sonucunda elde edilen modellere ilişkin eşitlikler ve yorumları aşağıda sunulmaktadır.

M₁ modelinin gerekli dönüşümler sonucunda elde edilen matematiksel ifadesi Denklem (5.6)'da sunulmaktadır:

$$\begin{aligned} LnTYE\ddot{U}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 LnTEE\ddot{U}_{it} + \beta_2 LnGSYH_{it} + \beta_3 LnNFS_{it} \\ & + D_4 YET_{it} + D_5 PE_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (5.6)$$

Toplam yenilenebilir elektrik üretiminin tanımlanan bağımsız değişkenlerle ilişkisini irdeleyen Denklem (5.6)'ın Stata 11 paket programı yardımıyla sabit etiler yöntemi kullanılarak çözümlenmesi sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 5.3'te verilmektedir. Buna göre, modelde NFS değişkeni haricindeki tüm değişkenlerin yüzde 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı açıklayıcı değişkenler olduğu görülmektedir.

Toplam elektrik üretimindeki bir birimlik artış toplam yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde yaklaşık 0,23 birimlik artış; gayrisafı yurt içi hasıladaki bir birimlik artış toplam yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde yaklaşık 0,87 birimlik artış sağlayacaktır.

Çizelge 5.3 : M₁ modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar.

Bağımlı değişken: TYEÜ(M ₁)			
Bağımsız Değişken	Katsayı	t	P> t
TEEÜ	0,228498	2,75	0,006
GSYH	0,872091	8,25	0,000
NFS	-0,449844	-1,74	0,082
YET	0,249004	3,56	0,000
PE	0,116958	3,67	0,000
Sabit	3,598995	5,83	0,000

Kukla değişkenler yorumlanması için ilgili kukla değişkenin 1 değerini alması durumunun 0 değerini alması durumuna göre bağımlı değişkende yaratacağı etkinin hesaplanması gerekmektedir. Değişkenin doğrudan etkisi yerine, farklı iki durumun birbiri ile kıyaslanması esastır. Oluşturulan kukla değişkenlerin yarı logaritmik modele katılması için Halvorsen ve Palmquist yaklaşımından yararlanılmıştır [38]. Bu yaklaşıma göre değişkenlerin logaritmik olduğu bir modelde kukla değişkenin katsayısını doğrudan hesaba katmanın hatalı sonuçlara yol açacağı öne sürülmektedir.

Bu nedenle katsayının anti logaritması alınmalıdır. α sabit terim D ise kukla değişkenin elde edilmiş katsayısı olmak üzere, kukla değişkenin 1 değerini almasıyla modeldeki sabit terim $D+\alpha$ şekline dönüşecektir. Bu şartlarda kukla değişkenin 1 olduğu durum ile 0 olduğu durum arasındaki fark Denklem (5.7)'deki gibi ifade edilecektir:

$$\frac{e^{\alpha+D} - e^{\alpha}}{e^{\alpha}} = e^D - 1 \quad (5.7)$$

Bu bilgiler ışığında YET değişkeninin toplam yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde pozitif yönde bir etkisi olduğu görülmektedir. Toplam yenilenebilir elektrik üretimi enerji ithalat bağımlılığı olmayan ülkelerde (enerji ihracatçıları) olanlara göre (enerji ithalatçıları) yüzde 28 $[100*(e^{0,2490045}-1)]$ daha fazladır. Uygulanan destek politikalarının da yüzde 12 $[100*(e^{0,1169585}-1)]$ oranında bir fark yarattığı görülmektedir.

M_2 modelinin gerekli dönüşümler sonucunda elde edilen matematiksel ifadesi Denklem (5.8)'de sunulmaktadır:

$$\begin{aligned} LnHHE\ddot{U}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 LnTEE\ddot{U}_{it} + \beta_2 LnGSYH_{it} + \beta_3 LnNFS_{it} \\ & + D_4 YET_{it} + D_5 PE_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (5.8)$$

Denklem (5.8)'de verilen hidroelektrik hariç yenilenebilir elektrik üretiminin tanımlanan bağımsız değişkenlerle ilişkisini irdeleyen eşitliğin paket program yardımıyla sabit etkiler yöntemi seçilerek analiz edilmesi sonucu elde edilen sonuçlar Çizelge 5.4'te verilmektedir. Buna göre, modeldeki tüm değişkenlerin yüzde 95 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı açıklayıcı değişkenler olduğu görülmektedir.

Hidroelektrik hariç elektrik üretiminde gayrisafı milli hasılanın oldukça etkili olduğu yorumu yapılabilmektedir. GSYH'deki bir birimlik artış HHEÜ'nün dört birim artmasını sağlamaktadır. Bu da ekonomik büyüklüğün HHEÜ üzerinde belirleyici bir etmen olduğunu göstermektedir. TEEÜ ile HHEÜ arasında bire birlik bir ilişki olduğu görülmektedir. Enerji ithalat bağımlılığı olmayan ülkelerde olanlara göre HHEÜ'nün yüzde 50, destek politikalarının uygulandığı ülkelerde uygulanmayanlara göre yüzde 23 daha fazla olduğu görülmektedir. Analizden anlaşıldığı üzere kukla değişkenler ve GSYH ikinci modelde daha baskındır.

Çizelge 5.4 : M₂ modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar.

Bağımlı değişken: HHEÜ(M ₂)			
Bağımsız Değişken	Katsayı	T	P> t
TEEÜ	0,961797	3,91	0,000
GSYH	4,272798	14,99	0,000
NFS	-4,624149	-5,40	0,000
YET	0,402785	2,20	0,028
PE	0,204673	2,40	0,017
Sabit	-14,612750	-7,56	0,000

M₃ modelinin gerekli dönüşümler sonucunda elde edilen matematiksel ifadesi Denklem (5.9)'de sunulmaktadır:

$$\begin{aligned} LnTYEÜ_{NFSit} = & \beta_0 + \beta_1 LnTEEÜ_{NFSit} + \beta_2 LnGSYH_{NFSit} \\ & + D_3 YET_{it} + D_4 PE_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (5.9)$$

Denklem (5.6)'da kullanılan değişkenlerin nüfusla oranlanmış değerleri kullanılarak programın tekrar çalıştırılması sonucu elde edilen Denklem (5.9)'a ait katsayılar Çizelge 5.5'te sunulmaktadır. Denklem (5.6)'nın sonuçları ile Denklem (5.9)'dan elde edilen sonuçlar birbirine oldukça yakındır; ancak bir değişkenin eksilmesine bağlı olarak modelin toplam açıklayıcılığında bir düşüş gerçekleşmiştir.

Çizelge 5.5 : M₃ modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar.

Bağımlı değişken: TYEÜ/NFS (M ₃)			
Bağımsız Değişken	Katsayı	t	P> t
TEEÜ/NFS	0,173496	2,25	0,025
GSYH/NFS	0,852118	8,09	0,000
YET	0,234172	3,37	0,001
PE	0,106202	3,39	0,001
Sabit	2,921205	6,28	0,000

M₄ modelinin gerekli dönüşümler sonucunda elde edilen son hali Denklem (5.10)'de sunulmaktadır:

$$\begin{aligned} LnHHEÜ_{NFSit} = & \beta_0 + \beta_1 LnTEEÜ_{NFSit} + \beta_2 LnGSYH_{NFSit} \\ & + D_3 YET_{it} + D_4 PE_{it} + u_{it} \end{aligned} \quad (5.10)$$

Denklem (5.8)'de kullanılan değişkenlerin kişi başı değerleri ile programın tekrar çalıştırılması sonucu elde edilen M₄ modeline ilişkin katsayılar, Denklem (5.10)'da

verilmektedir. Denklem (5.10)' ait katsayılar Çizelge 5.6'da sunulmaktadır. İlgili modelde, Denklem (5.8)'den elde edilen katsayılara yakın sonuçlar elde edilmiştir. Açıklayıcı değişken sayısının eksilmesine bağlı olarak modelin toplam açıklayıcılığında bir düşüş gerçekleşmiştir. Kişi başına düşen değerleri kullanarak analiz yapıp modellerin farklılaşmasında belirleyicilik taşımamaktadır.

Çizelge 5.6 : M₄ modeline ilişkin sabit etkiler yöntemiyle elde edilen katsayılar.

Bağımlı değişken: HHEÜ/NFS (M ₄)			
Bağımsız Değişken	Katsayı	t	P> t
TEEÜ/NFS	0,909599	4,05	0,000
GSYH/NFS	4,234714	15,10	0,000
YET	0,384623	2,14	0,033
PE	0,196325	2,35	0,019
Sabit	-15,38787	-10,76	0,000

Daha önceki bölümlerde belirtilen nedenler üzerine analizin hidroelektrik dahil ve hariç yapılması sonucu elde edilen katsayılarda beklenildiği gibi birtakım farklılıklara ulaşılmıştır.

Değişkenler tek tek ele alınırsa:

- Toplam elektrik üretimi, beklenildiği gibi her iki durumda da pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermektedir. Buna göre ülkelerdeki elektrik üretimi artarken, bu artışın bir kısmının yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılandığı yorumu yapılabilmektedir. Hidroelektrik hariç elektrik üretiminde katsayının daha yüksek oluşu, özellikle gelişmiş ülkelerdeki yenilenebilir elektrik üretimi hidroelektrik kaynaklarının doyuma ulaşmasına bağlı olarak daha ziyade yeni yenilenebilir kaynaklar tarafından karşılanmasıyla açıklanabilir.
- Gayrisafi yurt içi hasıla, iki durum için de istatistiksel olarak anlamlıdır ve yenilenebilir elektrik üretimi üzerinde pozitif yönlü bir etkiye sahiptir. Buna göre ülkelerin gayrisafi yurt içi hasılları arttıkça yenilenebilir enerjiye olan ilgilerinin arttığı söylenebilir. Hidroelektrik enerjinin büyümesi yavaşlarsa da halen toplam yenilenebilir elektrik üretimi içinde oldukça baskın bir paya sahiptir. Toplam yenilenebilir elektrik enerjisinde hidroelektrik üretiminde önemli bir pay tutan gelişmekte olan ekonomiler olduğu için ilişkinin daha zayıf olduğu görülmektedir. Hidroelektrik hariç elektrik üretiminde ise katsayının daha yüksektir. Buna göre gelişmiş ekonomilerin bu alanda daha

baskın olacağı sonucuna ulaşılabilir. Pratikte karşılaşılan durum teorik sonuçları desteklemektedir.

- Nüfus, iki durum için de beklenenin aksine negatif yönlü bir etki gösterirken, toplam yenilenebilir elektrik üretimi için anlamsız, hidroelektrik hariç elektrik üretimi için anlamlı bir etkiye sahiptir.
- Enerji ithalat bağımlılığının olmayışı ya da başka bir ifadeyle enerji yeterliliği, iki durum için de istatistiksel anlamlılığı olan pozitif bir etkiye sahiptir. Buna göre enerji ihracatçısı ülkelerin yenilenebilir elektriğe olan ilgisi daha fazladır. Hali hazırda yenilenebilir kaynaklara yönelmelerinin bir sonucu olarak ithalat bağımlılığından korunmuş olabilmeleri de ihtimal dahilindedir. Enerji ithalatçısı ülkelerin dış alım bağımlılığından için yenilenebilir kaynaklara yönelmesi gerektiği sonucu çıkarılabilir.
- Politika etkisi de beklenildiği gibi pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı bir değişkendir. Buna göre, uygulanan teşvik edici destek sistemlerinin yenilenebilir elektrik üretimini arttıracığı sonucuna ulaşılabilir. İlgili denklemlerde kıyaslandığında, PE katsayısının toplam yenilenebilir elektrik üretimi için daha düşük bir değer aldığı görülmektedir. Toplam yenilenebilir elektriğin baskın aktörü hidroelektrik için yeni kaynakların devreye alınması yavaşlamıştır, buna karşın gelişmekte olan yeni kaynakların hızla sisteme entegre edilmesi gerektiğinden bu kaynakların aldığı desteklerin etkisinin daha fazla olması beklenen bir sonuçtur.

Modellerin açıklayıcılığını karşılaştırmak için R^2 istatistiğinden faydalanılmıştır. Ancak sabit etkiler modelinden elde edilen R^2 yanıltıcı bir sonuçtur. Birim faktörünün absorbe edildiği regresyon sonucu elde edilen değerler Çizelge 5.7’de verilmektedir. Bu değerlere göre modellerin açıklayıcı gücü oldukça fazladır.

Çizelge 5.7 : Dönüşüm sonucunda modellere ilişkin gözlem sayıları ve belirlilik katsayıları.

Model	Gözlem Sayısı	Grup Sayısı	R^2 (xtreg)	R^2 (areg)	F	Prob>F
M ₁	840	40	0,4623	0,9672	136,73	0,000
M ₂	764	38	0,6538	0,8704	272,30	0,000
M ₃	840	40	0,3585	0,9723	111,22	0,000
M ₄	764	38	0,6325	0,9058	310,70	0,000

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Enerji politikalarının arz güvenliği, çevre ve sürdürülebilirlik kavramları üzerine inşa edildiği günümüzde yenilenebilir kaynakların önemi her geçen gün artmaktadır. 1990 yılı ile kıyaslandığında, 2010 yılında yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam enerji arzındaki payı 1,5 katına, elektrik üretimindeki payı ise 1,8 katına ulaşmıştır. 2010-2035 yılları arasında elektrik üretiminin yaklaşık 3 katına çıkması beklenirken, yenilenebilir kaynaklarının bu üretimdeki payının yüzde 30 olacağı öngörülmektedir [29]. Bu noktadan hareketle yenilenebilir kaynakların rolü daha da etkinleşecek, bu alanda yapılan yatırımların güvenliğini ve sürekliliğini sağlamak öncelikli hedeflerden olacaktır. Dolayısıyla yenilenebilir elektrik üretimindeki belirleyici etmenlerin doğru tahlil edilmesi ve uygulanan destek sistemlerinin bu etmenler etrafında şekillendirilmesi gerekecektir.

Çalışma kapsamında artan yenilenebilir elektrik üretiminde rolü olan olası değişkenlerin etkisi panel veri analizi yöntemleri kullanılarak belirlenmiştir. Hidroelektrik dahil ve hariç yenilenebilir elektrik üretimleri ayrı ayrı analiz edilerek hangi değişkenlerin ön plana çıktığı saptanmış; gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin bu alandaki farklı eğilimleri olduğu ortaya çıkmıştır. Bağımlı değişkene ait verilerdeki değişkenliğin birimlerden kaynaklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Başka bir ifadeyle yenilenebilir elektrik üretiminde belirleyici unsur, ülkelerin bu konuyu ele alış biçimleridir. İlgili yaklaşımın çeşitlenmesinde modelde kullanılan değişkenler haricinde doğal kaynaklar başta olmak üzere ülkeler ayrımında ortaya çıkan başka özelliklerin de etken olabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar bölgeler ve ülkeler ayrımında çok boyutlu karşılaştırmalar yapılmasını olanaklı kılmakta, enerji ekonomisi alanında karar verme süreçleri için öncül nitelikte kaynak oluşturmakta, belirlenen hedeflere ulaşılabilmesi için yol haritası oluşturulmasına yardımcı olma potansiyeli taşımaktadır. Bunların dışında ilgili analizin gelecek için kurgulanan arz-talep yapısı senaryolarında kullanılması da olasılık dahilindedir.

Bir sonraki aşamada yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimini arttırmak için ülkelerde uygulanan destek sistemlerinden hangisinin daha etkili ve verimli olduğu araştırılacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] **E. A. Hudson ve D. W. Jorgensen**, (1974). U.S. Energy Policy and Economic Growth 1975-2000, *The Bell Journal of Economics and Management Science*, no. 5, pp. 461-514,
- [2] **J. Kraft ve A. Kraft**, (1978). On the Relationship between Energy and GNP, *The Journal of Energy and Development*, no. 3, pp. 401-403.
- [3] **D. I. Stern**, (1993). Energy and Economic Growth in the USA: A multivariate approach, *Energy Economics*, no. 15, pp. 137-150.
- [4] **B. S. Cheng ve T. W. Lai**, (1997). An Investigation of Co-Integration and Causality Between Energy Consumption and Economic Activity in Taiwan, *Energy Economics*, no. 19, pp. 434-444.
- [5] **A. M. Masih ve R. Masih**, (1996). Energy Consumption, Real Income and Temporal Causality: Results from a Multi-Country Study Based on Cointegration and Error-Correction Modelling Techniques, *Energy Economics*, no. 18, pp. 165-183.
- [6] **A. M. Masih ve R. Masih**, (1997). On the Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, and Prices: Some New Evidence From Asian-Energy Dependent NICs Based on A Multivariate Cointegration Nector Error-Correction Approach, *Journal of Policy Modeling*, no. 19, pp. 417-440.
- [7] **Y. U. Glasure ve A.-R. Lee**, (1997). Cointegration, Error-Correction, and the Relationship Between GDP and Energy: The Case of South Korea and Singapore, *Resource and Energy Economics*, no. 20, pp. 17-25.
- [8] **C. C. Lee**, (2005). Energy Consumption and GDP in Developing Countries: A Cointegrated Panel Analysis, *Energy Economics*, no. 27, pp. 415-427.
- [9] **C. C. Lee**, (2006). The Causality Relationship Between Energy Consumption and GDP in G-11 Countries Revisited, *Energy Policy*, no. 34, pp. 1086-1093.
- [10] **M. Mehrara**, (2007). Energy Consumption and Economic Growth: The Case of Oil Exporting Countries, *Energy Policy*, no. 35, pp. 2939-2945.
- [11] **I. E. A. (IEA)**, (2012). Energy Balances of OECD Countries 2012 Edition, Paris: OECD/IEA.
- [12] **I. E. A. (IEA)**, (2012). Energy Balance Sheet of Non-OECD Countries 2012 Edition, Paris: OECD/IEA.
- [13] **A. Verbruggen, M. Fischedick, W. Moomaw, T. Weir ve A. Nadai**, (2010). Renewable Energy Costs, Potentials, Barriers :Conceptual Issues, *Energy Policy*, no. 38, pp. 850-861.

- [14] **L. Alagappan, R. Orans ve C. Woo**, (2011). What Drives Renewable Energy Development?, *Energy Policy*, no. 39, pp. 5099-5104.
- [15] **A. Darmani, N. Arvidsson, A. Hidalgo ve J. Albors**, (2014). What Drives the Development of Renewable Energy Technologies? Toward a Typology for the Systemic Drivers, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 38, pp. 837-847.
- [16] **P. Sadorsky**, (2009). Renewable energy consumption, CO2 emissions and oil prices in the G7 countries, *Energy Economics*, no. 31, pp. 456-462.
- [17] **P. Sadorsky**, (2009). Renewable energy consumption and income in emerging economies, *Energy Policy*, no. 37, pp. 4021-4028.
- [18] **N. Apergis ve J. E. Payne**, (2009). Renewable energy consumption and economic growth: Evidence from a panel of OECD countries, *Energy Policy*, no. 38, pp. 656-660.
- [19] **A. C. Marques, J. A. Fuinhas ve J. P. Manso**, (2010). Motivations driving renewable energy in European countries: A panel data approach, *Energy Policy*, no. 38, pp. 6877-6885.
- [20] **A. C. Marques ve J. A. Fuinhas**, (2011). Drivers promoting renewable energy: A dynamic panel approach, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 15, pp. 1601-1608.
- [21] **J. Gan ve C. Smith**, (2011). Drivers for renewable energy: A comparison among OECD countries, *Biomass and Bioenergy*, no. 35, pp. 4497-4503.
- [22] **A. Doku ve S. D. Falco**, (2012). Biofuels in developing countries: Are comparative advantages enough?, *Energy Policy*, no. 44, pp. 101-117.
- [23] **R. A. Salim ve S. Rafiq**, (2012). Why do some emerging economies proactively accelerate the adoption of renewable energy?, *Energy Economics*, no. 34, pp. 1051-1057.
- [24] **G. Schmid**, (2012). The development of renewable energy power in India: Which policies have been effective?, *Energy Policy*, no. 45, pp. 317-326.
- [25] **M. Aguirre ve G. Ibikunle**, (2014). Determinants of renewable energy growth: A global sample analysis, *Energy Policy*, no. 69, pp. 374-384.
- [26] **A. Omri ve D. K. Nguyen**, (2014). On the determinants of renewable energy consumption: International evidence, *Energy*, no. 72, pp. 554-560.
- [27] **OECD**, (2014). Secretary-General's Reports to Ministers, OECD, Paris.
- [28] **I. E. A. (IEA)**, (2014). Key World Statistics 2014, Paris: OECD/IEA.
- [29] **I. E. A. (IEA)**, (2012). World Energy Outlook 2012, Paris: OECD/IEA.
- [30] **I. E. A. (IEA)**, (2012). Renewables Information 2012, Paris: OECD/IEA.
- [31] **OECD**, (2013). New International Comparisons of GDP and Consumption Based on Purchasing Power Parities for the Year 2011, OECD, Paris.

- [32] **D. I. Stern**, (2004).Economic Growth and Energy, *Encyclopedia of Energy*, Elsevier Inc., , pp. 35-51.
- [33] **İ. Öztürk**, (2010). A Literature Survey on Energy–Growth Nexus, *Energy Policy*, no. 38, pp. 340-349.
- [34] **A. Omri**, (2014). An International Literature Survey on Energy-Economic Growth Nexus: Evidence from Country-Specific Studies, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, no. 38, pp. 951-959.
- [35] **R. E. P. N. f. 2. C. (REN21)**, (2012). Renewables 2012 Global Status Report, REN21, Paris.
- [36] **F. Y. Tatoğlu**, (2013).Panel Veri Ekonometrsi Stata Uygulamalı, İstanbul: Beta Yayınevi.
- [37] **B. H. Baltagi**, (2005). Econometric Analysis of Panel Data, Chichester: John Wiley & Sons.
- [38] **E. Çağlayan ve B. Güriş**, (2005). Yarı Logaritmik Modellerde Kukla Değişkenlerin Katsayılarının Yorumu, *Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F Dergisi*, cilt XX, no. 1, pp. 393-401.

EKLER

EK A: Yatay Kesit Veri Kümesi

EK B: Stata Programı Kullanılarak Elde Edilen Çıktılar

EK A**Çizelge A.1 : Seçilmiş ülkelerin 2010 yılı itibari ile küresel toplamdaki rolleri (%).**

ÜLKE	TYEÜ	HHEÜ	TEEÜ	GSYH	NFS
ABD	10,59	24,68	20,31	19,02	4,54
Almanya	2,49	11,50	2,90	3,99	1,19
Arjantin	0,86	0,30	0,58	0,84	0,59
Avustralya	0,51	1,24	1,12	1,20	0,33
Avusturya	1,08	0,92	0,31	0,43	0,12
Belçika	0,15	0,85	0,43	0,52	0,15
Brezilya	10,50	4,65	2,40	2,86	2,85
Çek Cumhuriyeti	0,14	0,43	0,39	0,36	0,15
Çin Halk Cumhuriyeti	18,51	6,64	19,63	13,33	19,60
Danimarka	0,29	1,72	0,18	0,26	0,08
Endonezya	0,65	1,30	0,79	1,35	3,51
Filipinler	0,42	1,38	0,31	0,48	1,36
Finlandiya	0,58	1,55	0,37	0,24	0,07
Fransa	1,86	2,18	2,63	2,81	0,95
Hindistan	3,27	3,04	4,47	5,49	17,15
Hollanda	0,26	1,53	0,55	0,89	0,24
İngiltere	0,61	3,06	1,76	2,95	0,91
İrlanda	0,08	0,43	0,13	0,23	0,06
İspanya	2,34	7,63	1,39	1,81	0,67
İsveç	1,97	2,17	0,69	0,46	0,13
İsviçre	0,90	0,19	0,30	0,42	0,11
İtalya	1,85	3,57	1,39	2,39	0,88
İzlanda	0,40	0,61	0,08	0,01	0,004
Japonya	2,68	4,08	5,18	5,69	1,86
Kanada	8,89	2,54	2,83	1,75	0,49
Kolombiya	0,98	0,07	0,26	0,57	0,67
Meksika	1,14	1,46	1,26	2,05	1,58
Norveç	2,85	0,17	0,57	0,33	0,07
Pakistan	0,76	0,00	0,44	0,61	2,54
Paraguay	1,29	0,00	0,25	0,04	0,09
Polanya	0,26	1,10	0,73	0,96	0,55
Portekiz	0,68	1,68	0,25	0,33	0,15
Rusya	4,01	0,07	4,83	2,93	2,07
Şili	0,58	0,35	0,28	0,34	0,25
Tayland	0,21	0,47	0,74	0,77	1,01
Tayvan	0,17	0,43	1,13	1,08	0,33
Türkiye	1,33	0,54	0,98	1,33	1,06
Venezuela	1,84	0,00	0,55	0,46	0,42
Vietnam	0,66	0,007	0,44	0,36	1,27
Yeni Zelanda	0,78	1,12	0,21	0,16	0,06
Örneklem Toplamı	89,62	95,82	84,22	82,29	70,31

Çizelge A.2 : Seçilmiş ülkeler için 2010 yılı hidroelektrik dahil ve hariç yenilenebilir kaynakların toplam elektrik üretimindeki payları (%).

ÜLKE	TYEÜ	HHEÜ
ABD	10,12	4,09
Almanya	16,65	13,37
Arjantin	28,58	1,77
Avustralya	8,88	3,71
Avusturya	66,40	9,87
Belçika	6,92	6,59
Brezilya	84,72	6,52
Çek Cumhuriyeti	6,91	3,64
Çin Halk Cumhuriyeti	18,30	1,14
Danimarka	32,14	32,08
Endonezya	15,97	5,56
Filipinler	26,29	14,77
Finlandiya	29,97	13,95
Fransa	13,78	2,79
Hindistan	14,21	2,29
Hollanda	9,48	9,39
İngiltere	6,80	5,85
İrlanda	13,12	11,01
İspanya	32,49	18,39
İsveç	55,28	10,57
İsviçre	56,70	2,11
İtalya	25,76	8,65
İzlanda	99,98	26,17
Japonya	10,05	2,65
Kanada	60,85	3,02
Kolombiya	72,08	0,94
Meksika	17,60	3,90
Norveç	95,73	1,01
Pakistan	33,67	0,00
Paraguay	99,99	0,00
Polonya	6,93	5,07
Portekiz	52,80	22,73
Rusya	16,12	0,05
Şili	40,20	4,26
Tayland	5,60	2,13
Tayvan	3,00	1,28
Türkiye	26,37	1,85
Venezuela	64,91	0,00
Vietnam	29,08	0,05
Yeni Zelanda	73,28	18,13
Küresel Toplam	19,41	3,37

EK B

. xtreg LnTYEU LnTEEU LnGSYH LnNFS PE YET, fe

Fixed-effects (within) regression
Group variable: NO

Number of obs = 840
Number of groups = 40

R-sq: within = 0.4623
between = 0.2129
overall = 0.2254

Obs per group: min = 21
avg = 21.0
max = 21

corr(u_i, xb) = -0.2282

F(5,795) = 136.73
Prob > F = 0.0000

LnTYEU	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU	.228498	.0830423	2.75	0.006	.0654899	.3915061
LnGSYH	.8720916	.1057183	8.25	0.000	.6645716	1.079612
LnNFS	-.4498443	.2587096	-1.74	0.082	-.957679	.0579904
PE	.1169585	.0318841	3.67	0.000	.0543715	.1795454
YET	.2490045	.0700021	3.56	0.000	.1115937	.3864153
_cons	3.598995	.6168526	5.83	0.000	2.388142	4.809847
sigma_u	1.3385384					
sigma_e	.27808899					
rho	.95862348	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(39, 795) = 288.23 Prob > F = 0.0000

Şekil B.1 : Sabit etkiler yöntemi göre M₁ modeline ilişkin çıktı.

. xtreg LnHHEU LnTEEU LnGSYH LnNFS YET PE, fe

Fixed-effects (within) regression
Group variable: NO

Number of obs = 764
Number of groups = 38

R-sq: within = 0.6538
between = 0.1666
overall = 0.1347

Obs per group: min = 6
avg = 20.1
max = 21

corr(u_i, xb) = -0.9023

F(5,721) = 272.30
Prob > F = 0.0000

LnHHEU	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU	.9617977	.2460306	3.91	0.000	.4787758	1.44482
LnGSYH	4.272798	.2850879	14.99	0.000	3.713096	4.832499
LnNFS	-4.624149	.8567842	-5.40	0.000	-6.306239	-2.942059
YET	.4027859	.18268	2.20	0.028	.0441376	.7614341
PE	.2046739	.0851872	2.40	0.017	.0374293	.3719186
_cons	-14.61275	1.93359	-7.56	0.000	-18.40889	-10.81661
sigma_u	3.8989656					
sigma_e	.71667858					
rho	.96731722	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u_i=0: F(37, 721) = 73.47 Prob > F = 0.0000

Şekil B.2 : Sabit etkiler yöntemine göre M₂ modeline ilişkin çıktı.

```
. xtreg LnTYEU_NFS LnTEEU_NFS LnGSYH_NFS YET PE, fe
```

Fixed-effects (within) regression
Group variable: NO

Number of obs = 840
Number of groups = 40

R-sq: within = 0.3585
between = 0.2888
overall = 0.2915

Obs per group: min = 21
avg = 21.0
max = 21

corr(u_i, Xb) = -0.0921

F(4,796) = 111.22
Prob > F = 0.0000

LnTYEU_NFS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
LnTEEU_NFS	.1734965	.0771849	2.25	0.025	.0219865 .3250065
LnGSYH_NFS	.8521185	.1052795	8.09	0.000	.6454603 1.058777
YET	.2341725	.0695433	3.37	0.001	.0976625 .3706825
PE	.106202	.0312882	3.39	0.001	.0447848 .1676192
_cons	2.921205	.4648099	6.28	0.000	2.008807 3.833603
sigma_u	1.3671307				
sigma_e	.27844114				
rho	.96017136	(fraction of variance due to u_i)			

F test that all u_i=0: F(39, 796) = 324.53 Prob > F = 0.0000

Şekil B.3 : Sabit etkiler yöntemine göre M₃ modeline ilişkin çıktı.

```
. xtreg LnHHEU_NFS LnTEEU_NFS LnGSYH_NFS YET PE, fe
```

Fixed-effects (within) regression
Group variable: NO

Number of obs = 764
Number of groups = 38

R-sq: within = 0.6325
between = 0.5223
overall = 0.4461

Obs per group: min = 6
avg = 20.1
max = 21

corr(u_i, Xb) = -0.8953

F(4,722) = 310.70
Prob > F = 0.0000

LnHHEU_NFS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]
LnTEEU_NFS	.9095991	.224524	4.05	0.000	.4688012 1.350397
LnGSYH_NFS	4.234714	.2804269	15.10	0.000	3.684164 4.785264
YET	.3846232	.1799818	2.14	0.033	.031273 .7379733
PE	.1963257	.0836667	2.35	0.019	.0320665 .3605848
_cons	-15.38787	1.429824	-10.76	0.000	-18.19498 -12.58076
sigma_u	3.5050078				
sigma_e	.71627095				
rho	.95991256	(fraction of variance due to u_i)			

F test that all u_i=0: F(37, 722) = 87.00 Prob > F = 0.0000

Şekil B.4 : Sabit etkiler yöntemine göre M₄ modeline ilişkin çıktı.

Random-effects GLS regression	Number of obs	=	840
Group variable: NO	Number of groups	=	40
R-sq: within = 0.4613	Obs per group: min	=	21
between = 0.2747	avg	=	21.0
overall = 0.2840	max	=	21
Random effects u_i ~ Gaussian	wald chi2(5)	=	684.84
corr(u_i, X) = 0 (assumed)	Prob > chi2	=	0.0000

Şekil B.5 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_1 modeline ilişkin çıktı.

Random-effects GLS regression	Number of obs	=	764
Group variable: NO	Number of groups	=	38
R-sq: within = 0.6456	Obs per group: min	=	6
between = 0.3636	avg	=	20.1
overall = 0.2968	max	=	21
Random effects u_i ~ Gaussian	wald chi2(5)	=	1084.44
corr(u_i, X) = 0 (assumed)	Prob > chi2	=	0.0000

Şekil B.6 : Tesadüfi etkiler yöntemine göre M_2 modeline ilişkin çıktı.

. regress LnTYEU LnTEEU LnGSYH LnNFS YET PE

Source	SS	df	MS	Number of obs = 840		
Model	944.405635	5	188.881127	F(5, 834) = 169.24		
Residual	930.77596	834	1.11603832	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.5036		
				Adj R-squared = 0.5007		
Total	1875.18159	839	2.23501978	Root MSE = 1.0564		

LnTYEU	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU	1.341647	.0731759	18.33	0.000	1.198016	1.485277
LnGSYH	-.8759966	.0860403	-10.18	0.000	-1.044878	-.7071156
LnNFS	.2337532	.0407082	5.74	0.000	.1538506	.3136558
YET	.4605143	.0822333	5.60	0.000	.2991057	.621923
PE	.3513985	.0856603	4.10	0.000	.1832634	.5195336
_cons	-1.410627	.4984709	-2.83	0.005	-2.389032	-.4322218

Şekil B.9 : Klasik yöntemle göre M₁ modeline ilişkin çıktı.

. regress LnHHEU LnTEEU LnGSYH LnNFS YET PE

Source	SS	df	MS	Number of obs = 764		
Model	1091.79755	5	218.35951	F(5, 758) = 93.70		
Residual	1766.51461	758	2.33049421	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.3820		
				Adj R-squared = 0.3779		
Total	2858.31216	763	3.74614963	Root MSE = 1.5266		

LnHHEU	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU	-.1907971	.1162421	-1.64	0.101	-.4189918	.0373977
LnGSYH	1.241866	.1419358	8.75	0.000	.9632318	1.5205
LnNFS	-.5219679	.0675053	-7.73	0.000	-.6544874	-.3894484
YET	-.5022266	.1261095	-3.98	0.000	-.7497919	-.2546613
PE	.9516173	.1266445	7.51	0.000	.7030017	1.200233
_cons	3.718626	.7818396	4.76	0.000	2.183798	5.253455

Şekil B.10 : Klasik yöntemle göre M₂ modeline ilişkin çıktı.

. regress LnTYEU_NFS LnTEEU_NFS LnGSYH_NFS YET PE

Source	SS	df	MS	Number of obs = 840		
Model	1186.44405	4	296.611014	F(4, 835) = 237.46		
Residual	1042.97987	835	1.24907769	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.5322		
				Adj R-squared = 0.5299		
				Root MSE = 1.1176		
Total	2229.42392	839	2.65723948			

LnTYEU_NFS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU_NFS	1.577952	.0733141	21.52	0.000	1.43405	1.721853
LnGSYH_NFS	-.8197316	.0908616	-9.02	0.000	-.9980755	-.6413877
YET	.4027747	.0867816	4.64	0.000	.232439	.5731105
PE	.0858083	.0861508	1.00	0.320	-.0832892	.2549059
_cons	-4.444677	.419107	-10.61	0.000	-5.267304	-3.622049

Şekil B.11: Klasik yöntemle göre M₃ modeline ilişkin çıktı.

. regress LnHHEU_NFS LnTEEU_NFS LnGSYH_NFS YET PE

Source	SS	df	MS	Number of obs = 764		
Model	1910.60801	4	477.652003	F(4, 759) = 179.30		
Residual	2021.92317	759	2.66393039	Prob > F = 0.0000		
				R-squared = 0.4858		
				Adj R-squared = 0.4831		
				Root MSE = 1.6322		
Total	3932.53118	763	5.15403824			

LnHHEU_NFS	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
LnTEEU_NFS	.1422883	.1195681	1.19	0.234	-.0924351	.3770117
LnGSYH_NFS	1.441867	.150441	9.58	0.000	1.146537	1.737197
YET	-.6370528	.1341237	-4.75	0.000	-.9003502	-.3737554
PE	.5286835	.1283368	4.12	0.000	.2767462	.7806208
_cons	-1.044904	.6798466	-1.54	0.125	-2.379507	.2896988

Şekil B.12 : Klasik yöntemle göre M₄ modeline ilişkin çıktı.

ÖZGEÇMİŞ

Ad Soyad : Seraser Gizem DİLİŞEN
Doğum Yeri ve Tarihi : Bornova, 05.12.1989
E-Posta : sgdilisen@itu.edu.tr, seraserdilisen@gmail.com
Lisans : 2012, İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi,
Elektrik-Elektronik Mühendisliği Bölümü

