T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI
SAYISAL YÖNTEMLER BİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN PANEL VERİ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

HAKAN EREN ŞENGELEN
2501140834

TEZ DANIŞMANI
Prof. Dr. Ergün EROĞLU

İSTANBUL, 2016

T.C.
İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
MÜDÜRLÜĞÜ

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAYI

ÖĞRENCİNİN;

Adı ve Soyadı	:	**HAKAN EREN ŞENGELEN**	**Numarası**	:	**2501140834**
Anabilim Dalı / Anasanat Dalı / Programı	:	**SAYISAL YÖNTEMLER**	**Danışmanı**	:	**PROF.DR ERGÜN EROĞLU**
Tez Savunma Tarihi	:	**09.08.2016**	**Saati**	:	**10:30**
Tez Başlığı	:	**YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN PANEL VERİ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ**			

TEZ SAVUNMA SINAVI, İÜ Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliği'nin **36. Maddesi** uyarınca yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **KABULÜ'NE** OYBİRLİĞİ / ~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-PROF.DR ERGÜN EROĞLU		Kabul
2-PROF.DR MEHPARE TİMOR		Kabul
3-DOÇ.DR CEMİL KUZEY	—	—

YEDEK JÜRİ ÜYESİ	İMZA	KANAATİ (KABUL / RED / DÜZELTME)
1-DOÇ.DR ERDAL DİNÇER		Kabul
2-YRD.DOÇ.DR MUSTAFA CAN		

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN PANEL VERİ ANALİZİ İLE İNCELENMESİ

HAKAN EREN ŞENGELEN

ÖZ

Son yıllarda yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep önemli ölçüde artış göstermiştir. Artan dünya nüfusu nedeniyle giderek artan enerji talebi, fosil yakıtların yoğun şekilde kullanımının neticesinde küresel ısınma sorununun artması ve fosil yakıtların sonlu kaynaklar olması bu duruma sebep olmuştur. Giderek artan yenilenebilir enerji kullanımının bir sonucu olarak, bu durumun ekonomik büyüme üzerinde nasıl bir etkisi olduğu merak edilmektedir.

Tez çalışmasında yenilenebilir enerji tüketimlerinin ülke ekonomileri üzerindeki etkisi ve yenilenebilir enerji türlerinin ayrı ayrı ülke ekonomileri üzerindeki etkisi Panel Veri Analizi yöntemleri ile incelenmiştir. Panel Veri Analizi, yatay kesit verileri ile zaman serisi verilerini bir arada analiz edebilmesi nedeniyle tercih edilmiştir. Çalışma kapsamında Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkenin 1995-2014 dönemindeki yıllık verileri kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkilerin incelenebilmesi için öncelikle panel birim kök testleri ile durağanlık sınamaları yapılmıştır. Ardından değişkenler arasında uzun dönemli ilişki olup olmadığını tespit edebilmek için eşbütünleşme testlerinden yararlanılmıştır.

Sonuç olarak hem yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında hem de yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi, likit biyoyakıt enerjisi ve toplam biyokütle ve belediye atıklarından elde edilen enerji ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi olduğu saptanmıştır. Ardından eşbütünleşme katsayıları FMOLS modeli ile belirlenmiştir. Yapılan analizler ile elde edilen sonuçlar literatürdeki benzer çalışmaları desteklemektedir. Bulunan ilişkilerin beklenilen yönde pozitif ve istatistiki olarak anlamlı olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Ekonomik Büyüme, Avrupa Birliği, Panel Veri Analizi

RESEARCH INTO RELATIONSHIP BETWEEN RENEWABLE ENERGY SOURCES AND ECONOMIC GROWTH WITH PANEL DATA ANALYSIS

HAKAN EREN ŞENGELEN

ABSTRACT

In recent years, demand for renewable energy sources has increased significantly. The increasing energy demand because of increasing world population, increasing global warming problem as a result of intensive use of fossil fuels and the fact that fossil fuels are finite resources led to this situation. How this situation effect economic growth is wondered, as a result of increasing use of renewable energy,

In this thesis, the impact of renewable energy consumptions on the country economies and the impact of renewable energy types separately on the country economies are explored with Panel Data Analysis methods. Panel Data Analysis methods were preferred, since time series and cross section data can be analysed together. In scope of the study, annual data for the period of 1995-2014 of 27 European Union member states were used. In order to examine relationships between variables, first stationarity tests were conducted by means of panel unit root tests. Then cointegration tests were used to detect whether long-run relationship between variables exist.

As a conclusion, it is detected that there is a long-run cointegration relationship between renewable energy consumption and economic growth, and between wind power, liquid biofuel energy and total biomass and municipal waste within renewable energy sources and economic growth. Then cointegration coefficients were specified by FMOLS model. Results that obtained from the analysis support similar studies in the literature. Revealed relationships indicate that direction of relationships are positive and statistically significant.

Key Words: Renewable Energy Sources, Economic Growth, European Union, Panel Data Analysis

ÖNSÖZ

Çalışmada, ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin, o ülkedeki ekonomik büyümeye olan etkisi Panel Veri Analizi yöntemleri kullanılarak araştırılmıştır.

Öncelikle çalışmada yer alan tüm değişkenler teorik olarak açıklanmış ve güncel istatistiklerle desteklenmiştir. Daha sonra açıklanan tüm değişkenler analiz edilmiş ve sonuçlar son aşamada gösterilmiştir.

Yenilenebilir enerji üzerine yapılan akademik çalışmaların gün geçtikçe artıyor oluşuyla beraber, yenilenebilir enerjinin ve ekonomik büyüme gibi her zaman önem arz etmiş bir unsurun yer aldığı bir çalışma yapma isteğim sonucu beni bu konuda destekleyen ve bu süreçte benimle ilgilenen, kafamda bir soru belirdiğinde kapısını çalmaktan hiç bir zaman çekinmediğim çok değerli danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ergün EROĞLU'na teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca beni istatistik bilimi ile tanıştıran, türlü zorlukları her zaman engin bilgileri ve güler yüzlülüğü ile kolaya çeviren, bu nedenle yaptığım çalışmamın temel taşlarından birini oluşturan hocam Sayın Prof. Dr. Çiğdem ARICIGİL ÇİLAN'a, çalışmamda kullandığım analiz yöntemini benimle tanıştıran hocam Sayın Doç. Dr. Nihat TAŞ'a, öğrenim hayatım boyunca bana bilgi birikimlerini en güzel şekilde aktaran, içimde akademik çalışma isteği uyandıran hocalarıma ve diğer tüm bölüm hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım.

Bütün öğrenim hayatım boyunca sonuna kadar arkamda duran ve gerektiğinde her türlü desteği veren, sevgilerini, güler yüzlerini, umutlarını benimle paylaşan sevgili annem İmmi ŞENGELEN ve sevgili babam Levent ŞENGELEN'e en içten sevgi ve teşekkürü bir borç bilirim.

HAKAN EREN ŞENGELEN

İSTANBUL-2016

İÇİNDEKİLER

ÖZ ..... **iii**
ABSTRACT ..... **iv**
ÖNSÖZ ..... **v**
İÇİNDEKİLER ..... **vi**
ŞEKİLLER LİSTESİ ..... **ix**
TABLOLAR LİSTESİ ..... **x**
KISALTMALAR LİSTESİ ..... **xii**
GİRİŞ **1**

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI, ENERJİ SEKTÖRÜNÜN DURUMU VE DEĞİŞİMİ

1.1. Enerji 4
1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması 6
1.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları 6
1.2.1.1. Nükleer Enerji 10
1.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları 12
1.2.2.1. Güneş Enerjisi 15
1.2.2.2. Hidrolik Enerji 16
1.2.2.3. Rüzgar Enerjisi 17
1.2.2.4. Jeotermal Enerji 18
1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi 19
1.2.2.6. Dalga ve Gelgit Enerjisi 20
1.2.2.7. Belediye Atıklardan Elde Edilen Enerji 21

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE ENERJİ TÜKETİMİ İLE İLİŞKİSİ

2.1. Ekonomik Büyüme 22
2.2. Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi İlişkisi 22

2.3. Enerji Yoğunluğu 27
2.4. Enerji Bağımlılığı 28
2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Gelişimi 36

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

PANEL VERİ MODELLERİ

3.1. Panel Veri 47
3.2. Panel Veri Analizi 48
3.3. Panel Verinin Avantajları 48
3.4. Panel Veri Regresyon Modelleri 52
3.4.1. Sabit Etkiler Modeli 55
3.4.2. Tesadüfi Etkiler Modeli 58
3.4.3. Hausman Testi 62
3.4.4. Modellerde Karşılaşılabilecek Sorunlar 64
3.5. Panel Verilerde Birim Kök Testleri 67
3.5.1. Birinci Nesil Panel Birim Kök Testleri 68
3.5.1.1. Levin, Lin ve Chu Panel Birim Kök Testi 68
3.5.1.2. Harris ve Tzavalis Panel Birim Kök Testi 70
3.5.1.3. Breitung Panel Birim Kök Tes 71
3.5.1.4. Im, Pesaran ve Shin Panel Birim Kök Testi 73
3.5.1.5. Hadri Panel Birim Kök Testi 74
3.5.1.6. Fisher Panel Birim Kök Testleri 76
3.5.2. İkinci Nesil Panel Birim Kök Testleri 77
3.5.2.1. Moon ve Perron Panel Birim Kök Testi 78
3.5.2.2. Phillips ve Sul Panel Birim Kök Testi 79
3.5.2.3. Bai ve Ng Panel Birim Kök Testi 79
3.5.2.4. Choi Panel Birim Kök Testi 80
3.5.2.5. Pesaran Panel Birim Kök Testi 81
3.6. Panel Eşbütünleşme Testleri 82
3.6.1. Kao Panel Eşbütünleşme Testleri 82
3.6.2. Mccoskey ve Kao Panel Eşbütünleşme Testleri 84
3.6.3. Pedroni Panel Eşbütünleşme Testleri 85

3.6.4. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testleri 87

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN TEST EDİLMESİ

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı 91

4.2. Araştırma Verileri ve Yöntemi 91

4.3. Araştırma Modeli 93

4.4. Bulgular 94

4.5. Panel Birim Kök Testleri 95

4.6. Eşbütünleşme Testleri 101

4.6.1. Hata Düzeltme Modeli 107

4.7. Farklı Varyans Sorununa Dirençli Eşbütünleşme Testleri 110

4.8. Ekonomik Büyüme İle Yenilenebilir Enerji Türleri Tüketimi Arasında İlişkinin Belirlenmesi 113

4.8.1. Model 2 İçin Johansen Eşbütünleşme Testi 116

4.8.1.1. Hata Düzeltme Modeli 118

4.8.2. Model 3 İçin Johansen Eşbütünleşme Testi 119

4.8.2.1. Hata Düzeltme Modeli 121

4.8.3. Farklı Varyans Sorununa Dirençli Eşbütünleşme Testleri 123

SONUÇ 132

KAYNAKÇA 136

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1: Nükleer Enerji Tüketiminin 2010 ve 2014 Yıllarındaki Durumu 12

Şekil 2. Enerji Kaynakları Üretiminde Kilowatts Saat Başına Harcanan Amerikan Doları Miktarı 14

Şekil 3. 2013 Yılında Toplam Enerji Tüketiminde (milyon TEP cinsinden) En Başta Yer Alan Ülkelerin Yıllara Göre Değişimleri 26

Şekil 4. 1973-2013 Yılları Arasında Küresel Enerji Tüketimi 27

Şekil 5. AB Ülkeleri ve Aday Ülkelerin 2013 Yılında Enerji Bağımlılıkları - 1 30

Şekil 6. AB Ülkeleri ve Aday Ülkelerin 2013 Yılında Enerji Bağımlılıkları - 2 31

Şekil 7. Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Küresel Karbon Salınımı, 1990-2011 32

Şekil 8. Küresel Karbondioksit Salınımında Yakıtların Payları, 1971-2013 33

Şekil 9. Fosil Yakıt Kullanımından Kaynaklanan CO_2 Salınımının Ülkelere Göre Miktarı 35

Şekil 10. Yenilenebilir Güç ve Yakıtlara Küresel Yeni Yatırımlar, 2004-2014 37

Şekil 11. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Küresel Yeni Yatırımlar, 2014 ..38

Şekil 12. 1990 Yılından 2013'e Gelindiğinde Küresel Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arzında Değişim Oranları 39

Şekil 13. 2013 Yılında Küresel Birincil Enerji Arzında Yakıt Payları 40

Şekil 14. 2013 Yılında Küresel Yenilenebilir Enerji Arzında Yakıt Payları 41

Şekil 15. 2013 Yılında Küresel Elektrik Üretiminde Yakıt Payları 45

Şekil 16. 2013 Yılında AB Ülkelerinin Toplam Elektrik Üretiminde Kullandıkları Yakıt Türleri 46

Şekil 17. VAR Modelinin Karakteristik Ters Kökleri 109

TABLOLAR LİSTESİ

Tablo 1. 2014 Yılı Enerji Üretim Kapasiteleri Bazında En Büyük 10 Ülke ve 2010 Yılına Göre Değişimleri 6

Tablo 2. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Kömür Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları 8

Tablo 3. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Petrol Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları 9

Tablo 4. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Doğal Gaz Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları 10

Tablo 5. Dünyanın En Büyük 10 Ekonomisinin Kişi Başına Enerji Tüketimi 25

Tablo 6. Belirli Yıllarda Enerji Bağımlılıklarına Göre En İyi 10 Ülke 29

Tablo 7. Bağımlı Değişkene Ait Tanımsal Ölçüler 94

Tablo 8. Açıklayıcı Değişkenlere Ait Tanımsal Ölçüler 95

Tablo 9. GSYIH ve YEN Serileri için IPS Birim Kök Testi Sonuçları 96

Tablo 10. GSYIH ve YEN Serileri için Fisher ADF ve Phillips-Perron Birim Kök Testi Sonuçları 97

Tablo 11. Açıklayıcı değişkenler için IPS Birim Kök Testi Sonuçları 98

Tablo 12. Açıklayıcı değişkenler için Fisher ADF ve Phillips-Perron Birim Kök Testi Sonuçları 99

Tablo 13. Model 1 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri 102

Tablo 14. Tahmin Edilen VAR(4) Modeli Sonuçları 104

Tablo 15. GSYIH ile YEN Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları (Maksimum Özdeğer Testi) 106

Tablo 16. GSYIH ile YEN Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları (İz Testi) 106

Tablo 17. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü 107

Tablo 18. Hata Düzeltme Modeli Sonuçları 108

Tablo 19. Otokorelasyon LM Testi Sonuçları 109

Tablo 20. Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları 111

Tablo 21. Kao Eşbütünleşme Testi Sonuçları 112

Tablo 22. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları 113

Tablo 23. Model 2 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri 114

Tablo 24. Model 3 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri 114

Tablo 25. Model 2 İçin VAR Modeli Sonuçları 115

Tablo 26. Model 3 İçin VAR Modeli Sonuçları 116

Tablo 27. Model 2 için GSYIH ile Açıklayıcı Değişkenler Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları 117

Tablo 28. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü 118

Tablo 29. Model 2 İçin Hata Düzeltme Modeli Sonuçları 119

Tablo 30. Model 3 için GSYIH ile Açıklayıcı Değişkenler Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları 120

Tablo 31. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü 121

Tablo 32. Model 3 İçin Hata Düzeltme Modeli Sonuçları 122

Tablo 33. Model 2 ve Model 3 İçin LM ve White Test Sonuçları 123

Tablo 34a. Model 2 (DE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları 124

Tablo 34b. Model 2 (DE, AE ve JE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları 125

Tablo 35a. Model 3 (DE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları 126

Tablo 35b. Model 3 (DE ve JE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları 127

Tablo 36. Kao Eşbütünleşme Testi Sonuçları 128

Tablo 37. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları 129

Tablo 38. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları 2 131

KISALTMALAR LİSTESİ

AB : Avrupa Birliği

ABD : Amerika Birleşik Devletleri

B.A.E. : Birleşik Arap Emirlikleri

CO2 : Karbondioksit

GSYİH : Gayri Safi Yurt içi Hasıla

GW : Gigawatts

IEA : International Energy Agency (Uluslararası Enerji Ajansı)

kWs : Kilowatt saat

Mt : Metrik Ton

$MtCO_2$: Metrik Ton Karbondioksit

MW : Megawatts

REN21 : Yenilenebilir Enerji Ağı

TEP : Ton Eşdeğer Petrol

TJ : Terajoule

TWh : Terawatt saat

USD : Amerikan Doları

VAR: Vector Auto Regression

VECM : Hata Düzeltme Modeli

GİRİŞ

Bir ülkenin ekonomik, kültürel ve sosyal gelişiminin belirleyici faktörlerinin başında enerji ve enerji kullanımı gelmektedir. Enerji kaynakları, yaşamın her aşamasında en önemli girdiler olduklarından her zaman gereksinim duyulmaktadır. Son yıllarda artan dünya nüfusuyla birlikte enerji gereksinimi de büyük oranda artmıştır. Ülkedeki üretimden, konutlarda kullanılan elektriğe kadar pek çok noktada enerji vazgeçilmez bir unsurdur.

Dünya nüfusundaki hızlı artış, sanayileşme faaliyetleri, teknolojik yenilikler, yaşam seviyesindeki yükselme ve hızla artan tüketim harcamaları yoğun bir enerji talebine yol açmaktadır. Her geçen gün artan talebi karşılamak için gerçekleştirilen enerji üretiminde daha az maliyetli olması nedeniyle büyük ölçüde geleneksel fosil yakıtlar (yenilenemez kaynaklar) tercih edilmektedir. Petrol, doğalgaz ve kömür gibi fosil yakıtlara dayalı enerji kullanımı başta olmak üzere ormanların yok edilmesi, aşırı tarım faaliyetleri gibi insanoğlu aktiviteleri sonucu ortaya çıkan karbondioksit (CO_2) ve benzeri sera gazları, yüzey sıcaklığının ciddi şekilde artmasına neden olmuştur. Bu durum, iklim değişikliğine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açmaktadır. Tüm bu olumsuz sonuçlarına rağmen özellikle gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerin çok yoğun şekilde fosil yakıt kullanımlarına devam etmeleri nedeniyle 1994 yılında Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve sözleşmesi yürürlüğe girmiştir. Bu sözleşmeye aralarında Türkiye'nin de bulunduğu 195 ülke ve Avrupa Birliği de taraftır. Taraf olan ülkeler sözleşme kapsamında araştırma geliştirme faaliyetlerinde işbirliği yapmaya, sera gazı salınımlarını azaltmaya ve çevreyi korumaya (ormanlık alanlar, okyanuslar, göller ve akarsular gibi) teşvik edilmektedir. Yürürlüğe giren bu sözleşmeye rağmen sera gazı salınımının artmaya devam etmesi yeniden bir tartışma konusu yaratmış ve sonunda 1997 yılında Kyoto Protokolü kabul edilmiştir. 192 ülkenin ve Avrupa Birliği'nin taraf olduğu bu protokolün hedefi, 2008-2012 yılları arasında ülkelerin sera gazı salınımlarının 1990 yılındaki düzeyin %5 altına düşürebilmekti. Kyoto Protokolü kapsamında sera gazı olarak kabul edilen altı gaz türü belirlenmiştir. Bunlar;

karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), diazot monoksit (N_2O), hidroflorokarbonlar (HFC), perflorokarbonlar (PFC) ve kükürt heksaflorid (SF_6)'tir.

Artan enerji talebi ve küresel ısınmanın önlenmesine yönelik yukarıda bahsedildiği gibi uluslararası tüm çalışmalar, daha "temiz" olduğu kabul edilen yenilenebilir enerji kaynak kullanımını destekleyen politikalara hız kazandırmıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının hem çevreye karşı olumsuz bir durum yaratmaması hem de sonsuz bir kaynak olması nedeniyle çevre örgütleri tarafından desteklenmekte ve çoğu ülkenin üretim teknolojilerini bu yönde geliştirerek üretim miktarını artırmaktadır. Artan yenilenebilir enerji miktarında bağlı olarak kullanım ve tüketim miktarı da hızla artmaktadır. Özellikle gelişmiş olan ülkelerde bu artışın daha da hızlı şekilde gerçekleştiği görülmektedir. Bu durumun temel nedeni, yenilenebilir enerji kaynakları üretimlerinin fosil yakıtlara göre daha pahalı oluşudur. Gerek üretim için ihtiyaç duyulan teknolojiler gerekse üretilen enerjinin depolanma zorluğu, yenilenebilir enerjinin üretim maliyeti açısından fosil yakıtlara göre dezavantaja sahip olmasına neden olmaktadır. Bu olumsuz koşullara rağmen dünya üzerinde yenilenebilir kaynaklara olan talep ve buna bağlı üretim miktarı her geçen gün artmaktadır.

Son yıllarda yenilenebilir enerji kullanımının elektrik enerjisi üretiminde üstlendiği rol artmaktadır. 2012 yılında dünya toplam birincil enerji miktarının yaklaşık % 13.2'si yenilenebilir enerjiye dayanıyordu. 2013 yılında küresel elektrik üretiminin yaklaşık % 22'si yenilenebilir enerjiden elde edilmekteydi. Bu şekilde giderse 2020 yılına kadar dünya toplam enerji üretiminin %26'sını yenilenebilir enerji kaynaklarının sağlaması beklenmektedir (IEA, 2015).

Tüm bu gelişmelerin ardından yenilenebilir enerji konusunda yatırımların günden güne artması ülke ekonomilerini önemli ölçüde etkilemektedir. Enerji kaynakları kullanımındaki ve tüketimindeki bu değişim, ekonomi kalemlerini etkilemesi sonucunda Gayri Safi Yurt İçi Hasıla üzerinde etkili olmaktadır. Kısa vadede yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talepteki bu artış beraberinde maliyet artışlarını getirmektedir. Özellikle bazı kaynakların ilk kurulum maliyetlerinin oldukça yüksek oluşu kullanımlarını kısıtlayan en önemli sorunlardan biridir. Ancak uzun vadede teknolojik gelişmeler sayesinde başarılan ve daha da

başarılacak olan maliyet düşüşleri hem artan talebe cevap verebilecek hem de Gayri Safi Yurt İçi Hasıla üzerinde olumlu etkiler sağlayıp ülke gelişimlerine katkı sağlayabilecektir.

Tezin birinci bölümünde, enerji kavramı açıklanmıştır. Enerji sektörünün içinde bulunduğu durum ve son yıllarda yaşanan gelişmeler detaylı şekilde incelenmiştir. Ardından enerji kaynakları literatürde kullanılan şekliyle sınıflandırılmış ve alt başlıklar halinde bu kaynaklar açıklanarak çeşitli istatistiki verilerle detaylandırılmıştır.

İkinci bölümde, ekonomik büyüme kavramı açıklanmıştır. Ülkelerin gelişmişlik seviyelerini gösteren ekonomik kavramlar belirtilerek bu kavramların enerji tüketimi ile ilişkisi açıklanmıştır. Bunun yanında ülkelerin gelişmişlik seviyelerini gösteren çeşitli enerji göstergeleri anlatılmış ve ardından yenilenebilir enerjinin tarihçesi anlatılmıştır.

Üçüncü bölümde araştırmanın analiz aşamasında kullanılacak olan Panel Veri Analizi yöntemlerine yer verilmiştir. Bu yöntemler detaylı şekilde açıklanmış olup üstünlükleri üzerinde durulmuştur. Panel veri analiz yöntemlerinden sabit katsayılarla panel veri analizi ve tesadüfi katsayılarla panel veri analizi yöntemleri açıklanmıştır. Ayrıca panel birim kök testleri birinci ve ikinci kuşak olarak ayrı ayrı açıklanmış ve ardından panel eşbütünleşme kavramı açıklanarak çeşitli testler tanıtılmıştır.

Dördüncü bölümde ise önceki bölümlerde açıklanan teorik kısmın uygulamaları yapılmıştır. Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkenin yenilenebilir enerji kaynakları tüketimleri ile ekonomik büyümeleri arasındaki ilişki 1995-2014 yılları arasındaki verileri kullanılarak, panel veri analizi yöntemiyle araştırılmaktadır.

BİRİNCİ BÖLÜM

ENERJİ KAVRAMI, ENERJİ SEKTÖRÜNÜN DURUMU VE DEĞİŞİMİ

1.1 Enerji

Enerji, bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme yeteneğidir. Fiziksel bir sistemin ne kadar iş veya ısı transferi yapabileceğini belirler. Enerjisi olan sistemler iş yapabilme yeteneğine sahiptirler. Uluslararası birimler sisteminde, enerji birimi Joule (J)'dür.

Enerji, kullanım alanının genişliği nedeniyle çok çeşitli biçimlerde sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırma hangi esasa göre yapılırsa yapılsın, farklı gruplarda yer alan enerjiler birbirlerine dönüştürülebilmektedir. Enerjinin dönüşebilirliğinin ölçümü ekserji ile ifade edilmektedir. Ekserji, belirli termodinamik koşullarda, belli bir miktar enerjinin diğer bir enerji biçimine dönüştürülebilen en yüksek miktarıdır.[1]

Enerji kaynaklarının sınıflandırılması çok çeşitli esaslara göre yapılmaktadır. Enerji kaynakları, kullanılabilirliklerine göre yenilenebilir ve yenilemez enerji kaynakları (petrol, kömür, doğal gaz vb.) olarak ikiye ayrılırken; dönüştürülebilirliklerine göre birincil (güneş, rüzgar, hidrolik, petrol, kömür, nükleer enerji vb.) ve ikincil enerji kaynakları (elektrik, mekanik, kimyasal, ışık vb.) olarak sınıflandırılırlar. Bu iki ayrım genel olarak tercih edilirken, bunların dışında enerji kaynakları yoğunluklarına göre yoğun (petrol, kömür, hidrolik enerji, uranyum vb.) ve yoğun olmayan enerjiler (güneş ve rüzgar) olarak, depolanabilirliklerine göre, tam depo edilebilenler (petrol, kömür, uranyum vb.) ve kısmen depo edilebilenler veya edilemeyenler (doğal gaz, su, güneş vb.) olarak ve enerjinin kullanımı sırasında çevreye etkisi bakımından ise

[1] Mustafa Acaroğlu, **Alternatif Enerji Kaynakları**, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2013, s.1.

temiz enerji (güneş, rüzgar, biyokütle enerjisi vb.) ve temiz olmayan enerji (petrol, kömür vb.) olarak sınıflandırılmaktadır.[2]

Enerji sektörü ve yenilenebilir enerji üretimi, gerek ısınma ihtiyacını karşılamada gerekse güç üretmede son yıllarda önemini giderek artırmaktadır. Özellikle son 10 yılda yenilenebilir enerji sektörü çok önemli bir ilerleme kaydetmiştir. Yenilenebilir enerji teknolojilerindeki gelişme, depolama kapasitesindeki artış ve devlet politikalarının teşviki sayesinde hızlı bir şekilde maliyetler azalmış ve yenilenebilir enerjiye olan arz ve talep artmıştır. Tüm bu destekler enerji pazarı hacminin büyümesine ve güçlü küresel rekabete katkı sağlamıştır.

2015 yılında yayımlanan Yenilenebilir Enerji Ağı Raporu (REN21)'na göre, yenilenebilir enerji 2013 yılında küresel enerji tüketiminin yaklaşık %19.1'ini karşılamış ve 2014 yılında da üretimin genişlemesiyle birlikte bu oran artmıştır.

2014 yılında yenilenebilir enerji dünyadaki tüm bölgelerde önemli artışlarla birlikte, küresel güç kapasitesine yaklaşık %59 oranında net katkı sağlamıştır. Ayrıca yıl sonuna kadar dünyanın enerji üretim kapasitesinin yaklaşık %27.7'sini yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmuştur.[3]

Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA)'nın 2015 yılında yayımladığı rapora göre; elektrik üretmek için yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanan enerji tesislerinin, ülkelerin maksimum enerji üretim kapasiteleri baz alınarak yapmış olduğu listede en üst sırada Çin yer almaktadır. Çin, 2014 yılında toplam 454,835 megawatt enerji üretim kapasitesine sahip olarak dünyanın toplam enerji üretim kapasitesinin yaklaşık %24.8'ini oluşturmuştur. Ardından sırasıyla Amerika Birleşik Devletleri, Brezilya, Almanya, Kanada, Japonya, Hindistan, İtalya, Rusya ve İspanya gelmektedir. Maksimum enerji üretim kapasitesi olarak en büyük ülke olan Çin, aynı zamanda bu 10 ülke arasında son 5 yılda en çok üretim kapasitesi artışı sağlayan ülke konumundadır. Tablo 1'de de görüldüğü gibi Çin, 2010 yılında dünyanın toplam enerji üretim kapasitesinin %19.8'ini karşılarken bu oran 2014 yılında yaklaşık dörtte

[2] **A.e.**, s.1-2.
[3] REN21, Renewables 2015: Global Status Report, 'Çevrimiçi' 27.11.2015 http://www.ren21.net/Portals/0/documents/e-paper/GSR2015/index.html

bir oranında artarak %24.8 olmuştur. Çin'in ardından 2010 yılına göre en çok artış sağlayan ülke %16 artış ile İtalya'dır. En büyük düşüşe bakıldığında ise %20'lik oranıyla Rusya başı çekmektedir. Bu konuda Rusya'yı sırasıyla Kanada ve İspanya takip etmektedir.[4]

Tablo 1. 2014 Yılı Enerji Üretim Kapasiteleri Bazında En Büyük 10 Ülke ve 2010 Yılına Göre Değişimleri

	Ülke	Kapasite (MW)	Pay (%)	2010 Payı (%)	Değişim (%)
1	Çin	454,835	24.8	19.8	25.2
2	ABD	203,467	11.1	11.7	-5.1
3	Brezilya	107,488	5.9	6.6	-10.6
4	Almanya	97,413	5.3	4.6	15.2
5	Kanada	89,518	4.9	6	-18.3
6	Japonya	79,573	4.3	4.3	0
7	Hindistan	75,263	4.1	4.2	-2.4
8	İtalya	53,998	2.9	2.5	16
9	Rusya	51,307	2.8	3.5	-20
10	İspanya	50,229	2.7	3.3	-18.2

Kaynak: IRENA, Renewable Energy Capacity Statistics 2015, 'Çevrimiçi' 27.11.2015 http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2015.pdf

1.2. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

Enerji kaynakları, herhangi bir yöntemle enerji üretilen kaynaklardır. Dünya üzerindeki enerji kaynakları, kullanılabilirliklerine bağlı olarak yenilenemez (fosil) ve yenilenebilir kaynaklar olarak iki gruba ayrılır.

1.2.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Yenilenemez enerji kaynakları, fosil yakıtlar olarak adlandırılmaktadır. Fiziksel ve kimyasal yapısında bir değişim meydana geldiğinde enerji açığa çıkaran her türlü

[4] IRENA, Renewable Energy Capacity Statistics 2015, 'Çevrimiçi' 27.11.2015 http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/IRENA_RE_Capacity_Statistics_2015.pdf

malzemeye genel olarak yakıt adı verilir. Bu yakıtlar katı, sıvı ve gaz halinde bulunabilirler. Kömür, petrol ve doğal gaz gibi yakıtlar fosil yakıtlardır.

Günümüzde kullandığımız enerjinin büyük bir bölümü fosil yakıtlardan elde edilmektedir. Milyonlarca yıl boyunca, bitki ve hayvanların çürümesi ile fosil yakıtlar oluşmuştur. Yeraltında ısı ve basınçla bu yakıtlar oluşmakta ama bu oluşumdan çok daha hızlı şekilde tüketilmektedir. Gerek artan dünya nüfusu gerekse şehirleşme ve endüstrileşme bu tüketimi hızlandırmaktadır. Bu nedenle fosil yakıtlar yenilenemeyen enerji kaynakları olarak değerlendirilmektedir.[5]

En eski yakıt türlerinden biri olan kömür, yanabilen organik bir kayadır. Başlıca karbon, hidrojen ve oksijen gibi elementlerin bileşiminden oluşmuş olup, diğer kaya tabakalarının arasında damar halinde milyonlarca yıl süren ısı ve basınç sonucunda meydana gelmiştir.[6]

Son 10 yılda yıllık ortalama %2.9 oranında artan küresel kömür kullanımı, 2014 yılında bu oranın çok altında kalmış ve %0.4 oranında artmıştır. Ayrıca küresel birincil enerji kaynakları tüketiminde kömürün payı %30'a gerilemiştir. Bu gerilemede, İngiltere'nin %20.3 oranında ve Ukrayna'nın %20.2 oranında kömür tüketimini azaltmaları önemli rol oynamıştır. Bu süreçte kömür tüketiminde gözlenen en büyük artış %11.1 ile Hindistan'da gerçekleşmiştir.

Kömür rezervleri bakımından ülkeler sıralanacak olursa, ABD toplam 237,295 milyon ton kömür rezervi ile en başta gelmektedir. Ardından 157,010 milyon ton ile Rusya ve 114,500 milyon ton ile Çin gelmektedir (2014 sonu rakamlarına göre). [7] Tablo 2'ye bakıldığında bu üç ülkenin dünya kömür rezervleri içindeki toplam payı %57'dir. Ayrıca kömür üretim ve tüketim oranları da tablo 2'de verilmiştir. Üretim ve tüketim oranları, dünya genelinde üretilen ve tüketilen toplam kömür miktarı içindeki payı göstermektedir.

---

[5] Hüseyin Öztürk, **Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı**, Teknik Yayınevi, Ankara, 2008, s.14-15.

[6] Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Kömür Nedir, 'Çevrimiçi' 28.11.2015 http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf

[7] BP Statistical Review of World Energy June 2015, 'Çevrimiçi' 28.11.2015 https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf

Tablo 2. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Kömür Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları

Ülke	Rezerv (%)	Ülke	Üretim (%)	Ülke	Tüketim (%)
ABD	26.6	Çin	46.9	Çin	50.6
Rusya	17.6	ABD	12.9	ABD	11.7
Çin	12.8	Endonezya	7.2	Hindistan	9.3
Avustralya	8.6	Avustralya	7.1	Japonya	3.3
Hindistan	6.8	Hindistan	6.2	G. Afrika	2.3
Almanya	4.5	Rusya	4.3	Güney Kore	2.2
Kazakistan	3.8	G. Afrika	3.8	Rusya	2.2
Ukrayna	3.8	Kolombiya	1.5	Almanya	2
G. Afrika	3.4	Kazakistan	1.4	Endonezya	1.6
Endonezya	3.1	Polonya	1.4	Polonya	1.4

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2015, 'Çevrimiçi' 28.11.2015 https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf

Eski çağlardan beri değişik formlarda kullanılmakta olan petrolün gerçek yararı 19. yüzyılda anlaşıldı. Özellikle 19. yüzyılın sonlarına doğru Amerika Birleşik Devletleri'nde çıkarılan petrolle beraber bu enerji kaynağına olan talep çok büyük oranda arttı ve günümüze kadar en çok tüketilen enerji kaynaklarından biri haline geldi.

Küresel petrol tüketimi 2013 yılında gün başına 1.4 milyon varil artmış iken, 2014'te bu rakamın altında kalmış ve gün başına 0.8 milyon varil artmıştır. Küresel petrol tüketimi OECD dışındaki ülkelerde artış göstermiş olup, OECD'nin petrol tüketimi %1.2 azalmıştır. Çin, 2014'te son yıllardaki ortalama petrol tüketim artışının altında kalmasına rağmen gün başına 390 000 ton varil ile küresel petrol tüketim artışına en büyük katkıyı sağlayan ülke olmuştur. Japonya ise 2014'te gün başına 220,000 ton varil ile petrol tüketimini en çok azaltan ülkedir.

Ülkelerin petrol rezervleri açısından bakıldığında 2014 yılı sonunda en başta Venezuela gelmektedir. Venezuela, dünya genelindeki petrol rezervlerinin %17.5'ine

sahiptir. Ardından %15.7 ile Suudi Arabistan ve %10.2 ile Kanada gelmektedir. Üretim oranlarında ise Venezuela gerilerde kalmıştır. Suudi Arabistan dünya çapında üretilen petrolün %12.9'unu sağlayarak en büyük paya sahiptir. Ardından %12.7 ile Rusya ve %12.3 ile ABD gelmektedir. Venezuela'nın oranı ise sadece %3.3'tür. Üretimde üçüncü sırada yer alan ABD, tüketimde ise birinci sıradadır. [8] Tablo 3'te ilk 10 ülkenin dünyadaki toplam rezerv, üretim ve tüketim miktarları içinde sahip oldukları pay görülmektedir.

Tablo 3. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Petrol Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları

Ülke	Rezerv (%)	Ülke	Üretim (%)	Ülke	Tüketim (%)
Venezuela	17.5	S. Arabistan	12.9	ABD	19.9
S.Arabistan	15.7	Rusya	12.7	Çin	12.4
Kanada	10.2	ABD	12.3	Japonya	4.7
İran	9.3	Kanada	5	Hindistan	4.3
Irak	8.8	Çin	5	Rusya	3.5
Rusya	6.1	İran	4	Brezilya	3.4
Kuveyt	6	B.A.E.	4	S. Arabistan	3.4
B.A.E.	5.8	Irak	3.8	Almanya	2.6
ABD	2.9	Kuveyt	3.6	Güney Kore	2.6
Libya	2.8	Venezuela	3.3	Kanada	2.4

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2015, a.g.e.

Petrolün bir biçimi olan doğal gazın büyük bölümünü (yaklaşık %88-95ini) metan gazı oluşturur. Doğal gazı oluşturan hidrokarbonlar, yeraltındaki petrolün bileşenidir. Geçmişte petrol üretiminin bir yan ürünü olarak görülüp atık madde olarak yakılan doğal gaz, günümüzde çok değerli bir enerji kaynağı halini almıştır.[9]

Küresel doğal gaz tüketimi son 10 yılda ortalama %2.4 oranında artmıştır fakat 2014'te doğal gaz tüketimi artış oranı %0.4'te kalmıştır. Bu orandaki düşüşte Avrupa Birliği önemli rol oynamıştır. Avrupa Birliği ülkeleri 2014'te yaklaşık %11.6'lık

[8] BP Statistical Review of World Energy June 2015, a.g.e.
[9] Acaroğlu, a.g.e., s.29.

düşüşle, dünya çapında doğal gaz tüketimini en çok azaltan bölgeyi oluşturmuşlardır. doğal gaz tüketimini en çok arttıran ülkeler ise %8.6 ile Çin ve %6.8 ile İran olmuştur.

Ülkelerin 2014 sonunda doğal gaz rezervlerine bakıldığında İran, Rusya ve Katar'ın en büyük paya sahip oldukları görülmektedir. Üretime bakıldığında ABD'nin %21.4 ile ciddi oranda önde olduğu ve onu Rusya'nın takip ettiği görülmektedir. Bu durum tüketim oranlarında da değişmemiştir. [10] Tablo 4'te rezerv, üretim ve tüketim oranlarında ilk 10 ülkenin dünya geneline göre payı görülmektedir.

Tablo 4. 2014 Sonu İtibariyle İlk 10 Ülkenin Doğal Gaz Rezerv, Üretim ve Tüketim Oranları

Ülke	**Rezerv (%)**	**Ülke**	**Üretim (%)**	**Ülke**	**Tüketim (%)**
İran	18.2	ABD	21.4	ABD	22.7
Rusya	17.4	Rusya	16.7	Rusya	12
Katar	13.1	Katar	5.1	Çin	5.4
Türkmenistan	9.3	İran	5	İran	5
ABD	5.2	Kanada	4.7	Japonya	3.3
S.Arabistan	4.4	Çin	3.9	S. Arabistan	3.2
B.A.E.	3.3	S. Arabistan	3.1	Kanada	3.1
Venezuela	3	Norveç	3.1	Meksika	2.5
Nijerya	2.7	Cezayir	2.4	Almanya	2.1
Cezayir	2.4	Endonezya	2.1	İngiltere	2

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy June 2015, a.g.e.

1.2.1.1. Nükleer Enerji

Atom çekirdeklerinin parçalanması sonucunda büyük bir enerji açığa çıkar. Çeşitli tepkimeler ile elde edilen bu enerjiye nükleer enerji (çekirdek enerjisi) adı verilir. Ortaya çıkan enerjinin elektrik enerjisine dönüşebilmesi için nükleer reaktörlere ihtiyaç vardır. Temelde fisyon (atom çekirdeğinin kararsız hale gelerek

[10] BP Statistical Review of World Energy June 2015, a.g.e.

parçalanması) sonucu ortaya çıkan nükleer enerji, nükleer yakıt ve diğer malzemeler içinde ısı enerjisine, bu ısı enerjisi de kinetik enerjiye dönüşür. Ardından jeneratör sisteminde bu kinetik enerji, elektrik enerjisine dönüştürülür.

Dünya genelinde yenilenebilir enerji kaynakları kullanımının artırılmasına yönelik gelişmelerin yanı sıra, nükleer enerji yatırımlarına yönelik projelerde küresel çapta önemini artırmıştır.

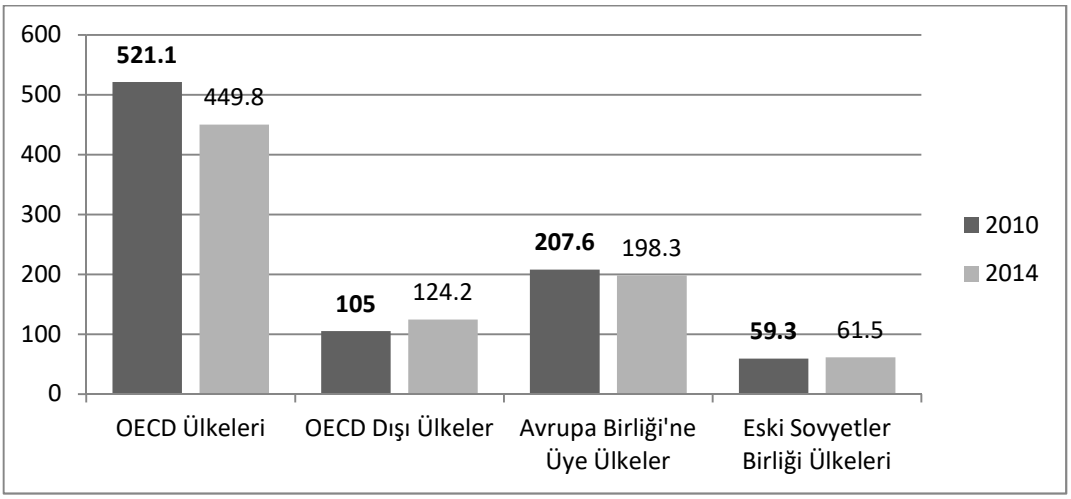
Mart 2015 itibariyle, 31 ülkede toplam 440 nükleer santral işletmede olup, 15 ülkede 68 nükleer santral ise inşaat halindedir. Nükleer enerjiden elektrik üretiminin 2035 yılında 3,908 TWh olacağı tahmin edilmektedir. Bu rakam 2010 yılında 2,756 TWh olarak gerçekleşmiştir. Ama bu miktar artışına rağmen nükleer enerjinin toplam enerji üretimindeki payının %12.9'dan %9.7'ye düşeceği tahmin edilmektedir. Ayrıca 2035'e kadar nükleer enerji kapasitesi bakımından Avrupa Birliği'nde %32 oranında bir düşüş buna karşın Çin başta olmak üzere OECD dışı Asya ülkelerinde belirgin bir artış olacağı öngörülmektedir.[11]

BP'nin 2014 raporuna göre, 2014 yılında dünya genelinde 574 milyon TEP* nükleer enerji tüketilmiştir. Amerika Birleşik Devletleri 189.8 milyon TEP ile en çok nükleer enerji tüketen ülke konumundayken Fransa 98.6 milyon TEP ile onu takip etmiştir. Bu iki ülke dünya genelinde tüketilen nükleer enerjinin yaklaşık yarısını oluşturmuştur. 2010 ve 2014 yıllarında dünya genelinde tüketilen nükleer enerji miktarı Şekil 1'de gösterilmiştir. (Miktarlar milyon TEP cinsindendir.)

[11] Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı, Nükleer Enerji, 'Çevrimiçi' 01.12.2015 http://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Nukleer-Enerji

* Ton Eşdeğer Petrol: Enerji kaynaklarının tek bir birimde ifade edilebilmesini sağlayan enerji birimidir. 1 TEP 1 ton ham petrole denktir.

Şekil 1: Nükleer Enerji Tüketiminin 2010 ve 2014 Yıllarındaki Durumu



1.2.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil enerji kaynaklarına göre hem insan hem de çevresi açısından daha az zararlı olan enerji kaynaklarıdır.

Fosil yakıtların çevreye yaptığı olumsuz etkiler ve bu yakıt rezervlerinin tükenmekte olması nedeniyle sürdürülebilir enerji kavramı önemini artırmıştır. Sürdürülebilir enerji kavramı, tüm birincil enerji kaynaklarından yapılan enerji üretiminin yüksek verimle ve temiz teknolojiler ile yapılmasını, fosil yakıtların çevre dostu yeni teknolojilerle değerlendirilmesini, sonu olan ve bir gün kullanılamayacak olan kaynakların yerini olabildiğince yenilenebilir (tükenmez) enerji kaynaklarının almasını, bir süreç sonunda atık biçimde ortaya çıkan enerjinin, bir başka süreçte girdi olarak kullanılmasını kapsayan ve bunu ekonomik büyüme ile bütünleştiren bir kavramdır.[12]

Sanayi devriminden beri özellikle gelişmiş ülkelerde endüstrileşmenin çok büyük boyutlara ulaşması nedeniyle sera gazlarının salınımı giderek artmıştır. Bu devrimden itibaren dünya nüfusunun hızla artması ve buna bağlı enerji talebinin artması sonucu fosil yakıt kullanımı, insan sağlığını ve tüm çevreyi tehdit etmesine rağmen artarak devam etmiştir. 1990'lı yıllara gelindiğinde artan fosil yakıt

[12] Öztürk, **a.g.e.**, s.20.

kullanımının en büyük etkisi küresel sıcaklık değerlerini arttırmak olmuştur. Fosil yakıt kullanımı, atmosferde bulunan karbondioksit (CO_2) ve diğer sera gazlarının başlıca nedenidir. Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve BM Çevre Programı (UNEP) tarafından kurulan Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC)'ne göre 1990'lar, 1860'larda başlayan kayıtlardan bu yana en sıcak on yıl olarak kayıtlara geçmiştir.[13] 2000'li yılların başında da bu artış trendi devam etmektedir. Sera gazlarının atmosfere yayılım hacimlerinde yaşanacak artışa bağlı olarak, gelecekte sıcaklıkların artış göstermesi beklenmektedir. 2100 yılına kadar küresel sıcaklıkların 1.4-5.8°C aralığında ortalama olarak 3.6°C artması beklenmektedir.[14] Bu sıcaklık artışı 1906-2005 yılları arasında ortalama 0.74°C olarak gerçekleşmiştir.[15]

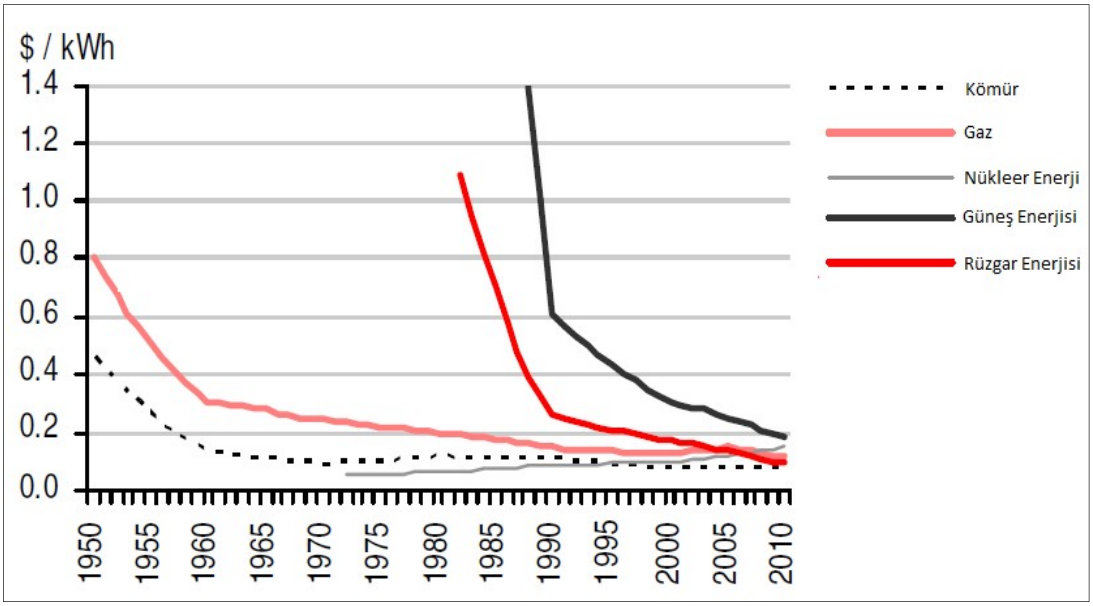
Meteoroloji verileri ışığında küresel ısınmanın canlılar ve dünya için ciddi bir sorun olduğu görülmektedir. Sera gazları aynı miktarda atmosfere salınmaya devam ederse gelecek yıllarda bu sorunun daha da artacağı açıktır. Bu nedenle atmosferdeki karbondioksit artışının en büyük nedeni olan fosil yakıtlara olan talep azalırken yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep artış göstermektedir. Bu değişimde yenilenebilir enerji üretimindeki maliyetlerin teknolojik gelişmeler sayesinde giderek düşmesi ve fosil yakıtlarla rekabet edebilir düzeye gelmesi de etkili olmuştur. Ülkeler yenilenebilir enerji yatırımlarına gereken önemi vermeye başlamışlardır. Bazı enerji kaynaklarının üretiminde harcanan maliyet rakamlarındaki değişim Şekil 2'de görülmektedir.[16] Şekilde "$ / kWh" değeri, her bir kilowatts saat enerji üretimi için harcanan Amerikan Doları miktarını göstermektedir.

Şekil 2'de de görüldüğü gibi, yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgar ve güneş enerjisi maliyetleri giderek düşmektedir. 1990'lı yıllarda üretilmeye başlanan bu enerji türleri ilk zamanlarda oldukça yüksek maliyetli enerji üretim araçlarıydı. Bu yıllarda kömür ve doğal gazdan toplam enerji üretim maliyetleri yaklaşık bir kWh

[13] Umur Gürsoy, **Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, Ankara, 2004, s.30.
[14] Australian Goverment Climate Change Impacts & Risk Management - A Guide for Business and Government, 'Çevrimiçi' 19.12.2015 http://ccsl.iccip.net/risk-management.pdf
[15] IPCC Climate Change 2007 Synthesis Report, 'Çevrimiçi' 19.12.2015 https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf
[16] HSBC, Energy in 2050: Will fuel constraints thwart our growth projections?, 'Çevrimiçi' 19.12.2015 https://www.hsbctrinkaus.de/tubweb/pressroom.nsf/0/8A1297C2B031737CC125786200590774/$File/hsbc_studie_energy_in_2050.pdf

başına 0.25 Amerikan Dolarıyken, toplam rüzgar ve güneş enerjisi üretim maliyetleri bir kWh başına 0.9 Amerikan Dolarıydı. Ama 2000'li yıllara gelindiğinde aradaki fark giderek kapanmıştır. 2005 yılında rüzgar enerjisi üretim maliyeti ilk olarak doğal gaz maliyetiyle, ardından 2010 yılında da kömür maliyetiyle eşit konuma gelmiştir.

Şekil 2. Enerji Kaynakları Üretiminde Kilowatts Saat Başına Harcanan Amerikan Doları Miktarı



Kaynak: HSBC, Energy in 2050: Will fuel constraints thwart our growth projections?, 'Çevrimiçi' 19.12.2015 https://www.hsbctrinkaus.de/tubweb/pressroom.nsf/0/8A1297C2B031737CC125786200590774/$File/hsbc_studie_energy_in_2050.pdf

Yenilenebilir enerji kaynakları üretimindeki artışla beraber toplam üretilen ve tüketilen enerji kaynakları içindeki oranı da artmaktadır. 2008 yılında küresel nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı %19'du. (%13 geleneksel biyokütle, %3.2 hidroelektrik enerjisi, %2.1 güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle ve %0.6 biyoyakıt) Ayrıca yenilenebilir enerji kapasitesi 1,150 GW'tı.[17]

[17] REN21, Renewables 2010: Global Status Report, 'Çevrimiçi' 25.12.2015 http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf

2009 yılında yenilenebilir enerji kapasitesi 1,230 GW'a yükselmiş ama buna karşın küresel nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı %16'ya gerilemiştir.[18]

2010 yılında yenilenebilir enerji kapasitesi 1,230 GW'a yükselmiş ve küresel nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı %16.7'ye yükselmiştir.[19]

2013 yılına gelindiğinde ise yenilenebilir enerji kapasitesi 1,578 GW'a yükselirken küresel nihai enerji tüketimi içinde yenilenebilir enerjinin payı %19.1'e yükselmiştir (%9 geleneksel biyokütle, %5.4 güneş, rüzgar, jeotermal, biyokütle, %3.9 hidroelektrik enerjisi ve %0.8 biyoyakıt).[20]

Ayrıca 2014 sonuna kadar yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin, küresel elektrik üretimi içindeki payı %22.8 olmuştur. (%16.6 hidroelektrik enerjisi, %3.1 rüzgar, %1.8 biyo enerjiler ve %1.3 güneş, jeotermal ve dalga) Fosil yakıtlar ve nükleer enerji ise toplamda %77.2'lik orana sahiptir.[21]

1.2.2.1. Güneş Enerjisi

Güneş, dünya için temel enerji kaynağıdır. Günümüzde kullandığımız çeşitli enerji kaynaklarının yaklaşık olarak tamamı güneş kökenlidir. Yeryüzünde fiziksel ve biyolojik tüm işlemler için gerekli olan enerjinin tamamı güneşten gelir. Günlük güneş enerjisi ile dünya aydınlanır, yağışlar ile su döngüsü sağlanır, rüzgarlar eser ve fotosentez ile canlı yaşamı sürer.

Dünya hem kendi çevresinde döner hem de güneşin etrafında eliptik bir şekilde döner. Dünyanın kendi çevresinde dönmesi sonucu gece ve gündüz oluşurken, güneşin etrafında dönmesi sonucu mevsimler meydana gelir. Bu nedenle, güneşten dünyaya gelen enerji miktarı günlük ve mevsimlik olarak değişir.[22]

---

[18] REN21, Renewables 2011: Global Status Report, 'Çevrimiçi' 25.12.2015 http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2011_FINAL.pdf
[19] REN21, Renewables 2012: Global Status Report, 'Çevrimiçi' 25.12.2015 http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf
[20] REN21, Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.
[21] REN21, Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.
[22] Öztürk, a.g.e., s.24.

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile açığa çıkan ışınım enerjisidir. Bu enerji çeşitli termonükleer tepkimeler* sonucu oluşur.[23]

2014 yılında güneş enerjisi üretiminde en büyük artışlar Asya Pasifik bölgesinde kaydedildi. Çin 10.6 GW ve Japonya 9.7 GW ile küresel güneş enerjisi kapasitesindeki artışın yarısından fazlasını sağlamışlardır. Asya dışında en çok artış sağlayan ülke 6.2 GW ile ABD olmuştur. Bugüne kadar sağladığı toplam güneş enerjisi kapasitesi en yüksek olan ülke ise 38.2 GW ile Almanya'dır. Almanya'nın ardından 28.2 GW ile Çin ve 23.3 GW ile Japonya gelmiştir.[24]

1.2.2.2. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, sudan üretilen enerjidir. Hareket halindeki suyun enerjiye dönüştürülmesi ile elde edilir. Bu dönüşüm için hidroelektrik santraller (HES) kullanılmaktadır.

Akan su içindeki enerji miktarını suyun akış veya düşüş hızı belirler. Büyük bir nehirde akan su büyük miktarda enerji taşımaktadır. Aynı şekilde su çok yüksek bir noktadan düşürüldüğünde de yine yüksek miktarda enerji elde edilir. Her iki yolla da kanal veya borular içine alınan su, türbinlere doğru akar ve elektrik üretimi için pervane gibi kolları olan türbinlerin dönmesini sağlar. Türbinler jeneratörlere bağlıdır ve mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürürler.[25]

Son yıllarda Çin hidroelektrik kullanımında önemli oranda artış sağlamıştır. 2013 yılına göre 2014 yılında %15.7'lik bir artış oranı yakalamış ve küresel hidroelektrik kullanımın %27.4'ünü oluşturmuştur. Küresel kullanıma bakıldığında Çin'i %9.8 ile Kanada ve %9.5 ile Brezilya takip etmiştir. Bununla birlikte dünyada yaşanan küresel ısınma neticesinde yaşanan kuraklık nedeniyle bazı bölgelerde hidroelektrik üretimi ve kullanımı ciddi oranda azalmıştır. Kuraklık nedeniyle en çok zararı

[23] Öztürk, a.g.e., s.26.

* Çok yüksek sıcaklıklarda ancak plazma içinde gerçekleşebilen hidrojenin izotoplarının çok yüksek sıcaklıklarda helyum gazı oluşturmalarıyla gerçekleşen bir füzyon sürecidir.

[24] BP, Solar Energy, 'Çevrimiçi' 12.12.2015 http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html

[25] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Hidroelektrik Enerjisi Nedir?, 'Çevrimiçi' 12.12.2015 http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx

Ukrayna (2013'ten 2014'e yaklaşık %38 düşüş) ve Türkiye (2013'ten 2014'e %32 düşüş) yaşamıştır. Miktar olarak bakıldığında ise 4.9 milyon TEP düşüş ile Brezilya başı çekmektedir.[26]

1.2.2.3. Rüzgar Enerjisi

Rüzgar enerjisi, kaynağını güneşten alan bir enerji türüdür. Güneşin dünyaya gönderdiği enerjinin yaklaşık %2'si rüzgar enerjisine dönüşmektedir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi eşit şekilde ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve bu hava kütlesinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine rüzgar adı verilmektedir.[27]

Rüzgar enerjisi, rüzgar türbinleri vasıtasıyla elde edilmektedir. Rüzgara karşı konan bir engelin hareket yeteneği, rüzgar enerjisini mekanik enerjiye dönüştürür. Rüzgar türbini, esen rüzgarın hareketini kanatları ile değiştirerek dönme kuvvetine dönüştürür. Ardından bu kuvvet elektrik enerjisine dönüştürülür. Türbinin kanatları ne kadar geniş ise esen rüzgardan o kadar enerji kazanılır.

Rüzgar enerjisi son yıllarda giderek önem kazanmıştır. İlk yatırım maliyetinin yüksek oluşu ve enerji kazanımındaki değişkenlik yüksek olmasına rağmen doğal, temiz, çevre dostu ve yenilenebilir olması nedeniyle rüzgar enerjisine olan talep ve enerjinin üretim hızı her geçen gün artmaktadır. 2000'li yılların başında dünya genelinde toplam rüzgar enerjisi üretim kapasitesi 17,333 MW iken 2010 yılında bu miktar 196,321 MW olmuştur. 2014 yılına gelindiğinde ise 369,608 MW'a çıkmıştır.

Asya ve Avrupa kıtaları rüzgar enerjisi üretiminde ilk iki sırada yer almaktadır. Dünya genelinde üretim kapasitesinin yaklaşık dörtte üçü Asya ve Avrupa kıtaları tarafından sağlanmaktadır. Çin 115,433 MW ile en çok rüzgar enerjisi kapasitesine

[26] BP Statistical Review of World Energy June 2015, a.g.e.
[27] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Rüzgar Enerjisi, 'Çevrimiçi' 12.12.2015 http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx

sahip ülke konumundadır. Çin'i, ABD 64,770 MW ve Almanya 39,575 MW ile takip etmektedir. [28]

1.2.2.4. Jeotermal Enerji

Jeotermal enerji, yerkabuğunun çeşitli derinliklerinde birikmiş olan ısının oluşturduğu, sıcaklığı daima 20 °C'den fazla ve çevresindeki normal yeraltı ve yer üstü sulara oranla daha çok erimiş mineral içeren, sıcak su ve buhar ile sürekli yüzeye taşınan ısı enerjisidir.[29]

Yüzeyden kırık ve çatlaklar aracılığıyla süzülen meteorik kökenli sular önce ısınarak yukarı çıkar ve değişik derinliklerde yer alan gözenekli ve/veya ikincil geçirgenlikli formasyonlarda birikerek mineralce zenginleşirler. Yerkabuğunun derinliklerinde ısınan sular ve ısınma sürecinde oluşan buhar ve gazlar kırık ve çatlak sistemlerinin oluşturduğu yollarla yeryüzüne ulaştıklarında jeotermal kaynakların göstergelerini oluşturur.[30]

Jeotermal enerji dünya genelinde sadece bazı bölgelerle sınırlı kalmıştır. 2014 yılı sonunda küresel üretim kapasitesi 12,414 MW olan jeotermal enerjiye en fazla miktarda sahip olan ülke 3,525 MW ile ABD'dir. Asya kıtasında Filipinler ve Endonezya toplam 3 295 MW ile ABD'ni takip etmektedirler. Bu üç ülke küresel enerji kapasitesinin yaklaşık %55'ini oluşturmaktadır. Bu ülkelerin dışında Yeni Zelanda, Meksika, Kenya, Japonya, İtalya, İzlanda ve Türkiye'de kayda değer miktarda jeotermal enerji kaynağı mevcuttur.[31]

1.2.2.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütle, biyolojik kökenli ve fosil olmayan organik madde kütlesidir. Temel bileşenleri karbonhidrat bileşikleri olan bitkisel veya hayvansal kökenli tüm doğal

[28] Renewable Energy Capacity Statistics 2015, a.g.e.
[29] Öztürk, **a.g.e.**, s.196.
[30] D.K. Başel, "Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.
[31] Renewable Energy Capacity Statistics 2015, a.g.e.

maddeler biyokütle enerji kaynağıdır. Bu kaynaklardan elde edilen enerji ise biyokütle enerjisi olarak tanımlanır.

Biyokütle, 100 yıllık periyottan daha kısa sürede yenilenebilen, karada ve suda yetişen bitkiler, hayvan artıkları, kentsel atıklar ve orman ürünlerini içeren tüm organik maddelerdir.[32]

Kullanım olarak bakıldığında biyokütle enerjisi klasik ve modern olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Klasik biyokütle enerjisi, geleneksel ormanlardan elde edilen yakacak odun ve yakacak olarak kullanılan bitki ve hayvan artıklarından meydana gelmektedir.[33] Modern biyokütle kaynakları ise orman ve ağaç endüstrisi atıkları, enerji tarımı ürünleri, tarımcılığa dayalı bitkisel artıklar ve hayvansal atıklar, kentsel atıklar ve tarımsal endüstri atıklarından oluşmaktadır.[34] Biyokütle enerji kaynaklarını oluşturan tüm bu materyal, çeşitli biyokütle yakıt teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm sırasında yakılan materyalden çıkan karbondioksit atmosfere salınmaktadır. Ancak bu karbondioksit tüm maddelerin oluşması sırasında zaten atmosferden alındığı için biyokütle enerjisi elde ederken karbondioksit salınım dengesi bozulmamış olmaktadır.

Biyokütle enerji kaynakları işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülmektedir. Bunlara biyoyakıtlar adı verilmektedir. Biyoyakıtların katı haline katı biyokütle enerjisi, sıvı haline likit biyoyakıt enerjisi ve gaz haline biyogaz enerjisi adı verilmektedir.

Katı biyokütle üretim kapasitesi giderek artmaktadır. 2000'li yılların başında küresel kapasite 31,242 MW iken 2010 yılında ikiye katlanarak 62,714 MW olmuştur. 2014 yılına gelindiğinde ise bu miktar 80,227 MW'a yükselmiştir. Katı biyokütle kapasitesi bakımından en zengin ülke 12,271 MW ile Brezilya'dır. Brezilya'yı 10,912 MW ile ABD ve 9,480 MW ile Çin takip etmektedir. Bu üç ülke, küresel katı biyokütle üretim kapasitesinin yaklaşık %41'ini oluşturmaktadır.[35] Ayrıca 2014

[32] Acaroğlu, **a.g.e.**, s.91.
[33] Öztürk, **a.g.e.**, s.257.
[34] **A.e.**, s.258.
[35] Renewable Energy Capacity Statistics 2015, a.g.e.

yılında dünya genelinde biyoyakıtlardan ısı üretiminin %80'i ve elektrik üretiminin de %75'i katı biyoyakıtlardan elde edilmiştir.

1.2.2.6. Dalga ve Gel-git Enerjisi

Deniz kökenli yenilenebilir enerji kaynaklarından olan dalga enerjisi ve gel-git enerjisi kısmen yeni ve büyük ölçüde keşfedilmemiş enerji kaynaklarıdır. Bununla beraber potansiyel enerji bakımından en büyük enerji kaynaklarıdır. Tüm dünyanın enerji gereksiniminin beş katından fazlasını karşılayacak potansiyele sahiptirler ve bu durum değişkeni çok önemli bir noktaya getirmektedir.[36]

Dalga enerjisi direk olarak dalga yüzeyinden veya yüzey altındaki dalga basınçlarından elde edilir. Dalgalar deniz veya okyanusların yüzeyinde esen rüzgârlar tarafından üretilir. Deniz ve okyanus dalgalarında çok büyük enerji mevcuttur. Dalga enerjisi makineleri, dalgaların yüzey hareketlerinden veya dalga basınçlarından direk olarak enerjiyi üretir.[37]

Gel-git akıntısı; ay, güneş ve dünyanın çekim kuvveti ile merkezkaç kuvvetleri arasındaki etkileşim nedeniyle oluşur. Gel-git oluşturan gücün büyüklüğü yaklaşık %68 ayın ve %32 oranında güneşin kütlesine ve dünyaya olan uzaklığına bağlıdır. Su günde iki kez yükselip ve iki kez alçalıp bir hareket meydana getirir. İşte bu hareketlenme ile gel-git oluşur. Bu hareketlenmeden elektrik üretebilmek için su bir haznede biriktirilir. Hazne ile deniz seviyesi arasında yükselti farkının oluşturulması sonucunda potansiyel enerjiden elektrik üretilir. Bir başka yöntemde ise su, yükselir ve alçalırken önüne yerleştirilen türbinleri döndürür. Bu sayede türbine bağlı jeneratörlerden elektrik üretilir.[38]

Küresel dalga ve gel-git enerjisi üretim kapasitesi 2000'lerin başında 265 MW iken 2010 yılında çok az bir artışla 271 MW'a çıkmıştır. Bu yıldan itibaren artış oranını

[36] Ocean Energy, 'Çevrimiçi' 05.01.2016
http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index_en.cfm?pg=research-ocean
[37] Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı ,Dalga Enerjisi Teknolojisi, 'Çevrimiçi' 05.01.2016
http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx
[38] Öztürk, **a.g.e.**, s.334-335.

arttırıp 2014 sonunda 534 MW'a ulaşmıştır.[39] Asya kıtası 259 MW (Güney Kore 255 MW kapasiteye sahip) ve Avrupa kıtası 250 MW (Fransa 240 MW kapasiteye sahip) ile toplam üretim kapasitesinin yaklaşık %95'ini oluşturmuşlardır.

1.2.2.7. Belediye Atıklardan Elde Edilen Enerji

Günümüz dünyasında gerek artan nüfus gerekse büyük ölçüde endüstrileşme nedeniyle çevremiz her geçen gün daha da kirlenmektedir. Gündelik yaşamda insanoğlunun en basit faaliyetleri sonrası bile geride istenmeyen çöpler (artıklar) bırakmaktadır. Tüm bu artıkların ortadan kaldırılması sorunu ve bu sorunun çözümü için ortaya atılan fikirler geri dönüşüm konusunu gündeme getirmiştir. Enerjiye duyulan gereksinim ve kullanılan fosil kaynakların sonlu oluşu da atıkları değerlendirme fikrini ön plana çıkarmıştır. Kullanılıp atılmış maddelerden yeni ürünler üretildiğinde hem devasa boyutlara ulaşan belediye çöplükleri gibi yerlerdeki depolama sorununa bir çözüm bulunmuş olmakta hem de doğal kaynaklar korunmaktadır.

Avrupa Birliği genelinde toplam yenilenebilir belediye atıklarından enerji tüketim miktarı 2005 yılında 6,091 bin TEP iken bu miktar 2014 yılında 9,170.5 bin TEP'e yükselmiştir. Bu enerji kaynağını en çok değerlendiren ülke ise Almanya'dır. Almanya 2014 yılında toplam 3.037 bin TEP belediye atığını geri dönüştürüp tüketmiştir.

[39] Renewable Energy Capacity Statistics 2015, a.g.e.

İKİNCİ BÖLÜM

EKONOMİK BÜYÜME KAVRAMI VE ENERJİ TÜKETİMİ İLE İLİŞKİSİ

2.1. Ekonomik Büyüme

Ekonomik büyüme, bir ülkenin ekonomisindeki belirli zaman içinde mal ve hizmet üretimindeki artış olarak tanımlanmaktadır. Bu kavramın ölçülmesinde çok çeşitli kriterler kullanılmaktadır. Bu kriterler arasında ekonomik büyümeyi ölçmekte en sık kullanılan gösterge Gayri Safi Yurt İçi Hasıla(GSYİH)'dır.

Gayri Safi Yurt İçi Hasıla, nominal ve reel olmak üzere iki farklı şekilde ölçülmektedir. Nominal GSYİH, bir dönemde üretilen tüm malların miktarları ile o dönemdeki fiyatların çarpımlarının toplanmasından oluşmaktadır.[40] Reel GSYİH ise cari dönem fiyatları yerine seçilen bir yıla ait sabit fiyatlar kullanılarak hesaplanmaktadır. Dünya genelinde ekonomik büyüklük düzeyinin hesaplanmasında ve ülkeler arası kıyaslama yapılmasında Reel GSYİH rakamları kullanılmaktadır. Bunun nedeni sabit fiyatlar kullanılarak yapılan hesaplamanın o dönemdeki fiyat artışlarından etkilenmeden, sadece üretilen mal miktarına göre ülkeler arası kıyaslama yapılabilmesine olanak sağlamasıdır.

2.2. Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketimi İlişkisi

Enerji tarih boyunca ülkelerin en vazgeçilmez kaynaklarından birisi olmuştur. Tarihin ilk dönemlerinde tarımsal faaliyetlerde önemli bir yeri olan enerji, daha sonra endüstrileşme süreciyle beraber sanayinin itici gücü haline gelmiştir. Özellikle bu süreçten itibaren artan enerji ihtiyacı ve aynı şekilde artan dünya nüfusu nedeniyle enerji kaynaklarına olan talep çok önemli ölçüde artmıştır. Artan taleple birlikte kullanılan enerji miktarının artması, üretimi ve yaşam standardını da artırmıştır.

[40] Sami Taban, **İktisadi Büyüme Kavram ve Modeller**, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2009, s.5.

Üretim artışı ülke ekonomileri üzerinde olumlu etkiye sahiptir. Bu nedenle enerji, ekonomik büyümenin ham maddelerinden birisidir.

Ekonomik büyümenin ölçülmesinde ve ülkeler arası kıyaslama yapılmasında kullanılan en önemli gösterge Reel Gayri Safi Yurt İçi Hasıla(Reel Gross Domestic Product)'dır. Ayrıca ülkelerin Reel GSYİH rakamlarını kıyaslarken nüfus değişkeninin hesaba katılması gerekir. Bazı bölgelerde üretim çok yüksek olmasına ve buna bağlı Reel GSYİH miktarı da yüksek olmasına rağmen gerçekte o bölgedeki nüfusunda fazla olması nedeniyle kişi başına düşen gelir düşmektedir. Böyle bölgelerde gerçek anlamda kişi başına bir gelir artışından söz edilemeyebilir. Bu nedenle daha gerçekçi bir analiz yapabilmek için kişi başına düşen reel gelir (per capita real income) kullanılır. Analizlerde kişi başına düşen reel gelir, reel gayri safi yurtiçi hasıla olarak modellere dahil edilir.

Enerji kaynaklarının dünyada dengesiz bir şekilde dağılması ve enerjiye olan ihtiyacın giderek artması, ülkeleri ellerindeki enerji rezervlerini etkin bir şekilde kullanmaya yöneltmiş ayrıca alternatif enerji kaynakları araştırmalarına hız vermeye itmiştir.[41] Bunların dışında dünya üzerindeki dengesiz dağılım sonucu ülkeler arası enerji bağımlılığı yüksek seviyeye çıkmış bu da rekabet koşullarını artırmıştır.

Ekonomilerini belli bir seviyeye yükseltmek isteyen ülkeler daha fazla üretim yapabilmek için daha fazla enerji talebinde bulunmuş ve sanayiye çok önem vermişlerdir. Sanayi devrimi sonrası sürekli rekabet koşulu altında daha fazla üretim isteyen ülkeler yaşadıkları çevreyi ikinci plana atıp kalkınma politikalarına ağırlık vermişlerdir. Hem bu artan üretim miktarı hem de dünya nüfusunun artması nedeniyle artan enerji ihtiyacını karşılayabilmek için petrol, kömür ve doğalgaz gibi sonlu kaynaklar büyük miktarlarda kullanılmıştır. Bunun sonucunda hem sonlu kaynakların miktarı azalmış hem de atmosfere salınan sera gazının miktarı ciddi boyutlara ulaşmıştır. Bu nedenle son yıllarda özellikle gelişmiş ekonomiler,

[41] Halim Tatlı, "Çok Değişkenli Bir Üretim Modeli ile Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği", **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, C:XXXIII, No:4, 2015, s.137.

büyümeye devam ederken doğaya verilen zararı en aza indirmeye uğraşmaktadırlar. Yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, bu çabanın temelini oluşturmaktadır.[42]

Literatürde sera gazlarının (özellikle CO2 salınımı) tehlikeli boyutlara ulaştığı 21.yy'ın başlarından sonra enerji ile büyüme ilişkisi alanında yapılan çalışmalar artmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalar neticesinde çok farklı sonuçlara rastlanmıştır. Bazı çalışmalar yenilenebilir enerji tüketiminin, ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilediğini ortaya çıkarırken, bazı çalışmalar ise bunun tam tersi sonuca varmışlar ve ekonomik büyüme ne kadar yüksek olursa yenilenebilir enerji tüketiminin de o kadar artacağını ifade etmişlerdir. Diğer bazı çalışmalar iki değişken arasında karşılıklı bir ilişkinin varlığından söz etmektedir. Sayısı az olmakla birlikte bazı çalışmalar arada bir ilişki olmadığı sonucuna varmışlardır.

Gelişmiş ülkelerde, enerji verimliliğini arttırmak, enerji yoğunluğunu azaltmak ve kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimini arttırmak, enerji politikaların temelini oluşturan unsurlardır. Enerji yoğunluğu, toplam milli gelire düşen birincil enerji tüketimi olarak tanımlanmaktadır. Bir ülkenin gelişmişlik seviyesi, o ülkenin kişi başına düşen elektrik enerjisi tüketimi ve enerji yoğunluğuyla belirlenmektedir. Kişi başına elektrik enerjisi tüketiminin yüksek olması, o ülkenin ekonomik kalkınmışlık seviyesinin ve refah düzeyinin yüksek olduğunu göstermektedir. Enerji yoğunluğunun düşüklüğü ise aynı miktar enerjiyle daha fazla iş yapıldığı anlamına gelmektedir.[43]

Dünyanın en büyük 10 ekonomisinin belirli yıllara göre kişi başına elektrik tüketimi miktarları Dünya Bankası veritabanından elde edilmiş verilerden hazırlanmış olan Tablo 5'te görülmektedir.[44] Ülke sıralamaları 2012 yılına göre yapılmıştır.

[42] Özgür Akçiçek, "Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi-Üretimi İlişkisi; Türkiye Örneği", Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015.
[43] Erdem Koç ve Mahmut Can Şenel, "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme", **Mühendis ve Makina**, C: LIV, No: 639, 2013, s.41.
[44] World Bank World Development Indicators, 'Çevrimiçi' 17.01.2016 http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country=&series=EG.USE.ELEC.KH.PC&period=

Tablo 5. Dünyanın En Büyük 10 Ekonomisinin Kişi Başına Enerji Tüketimi (kWs cinsinden)

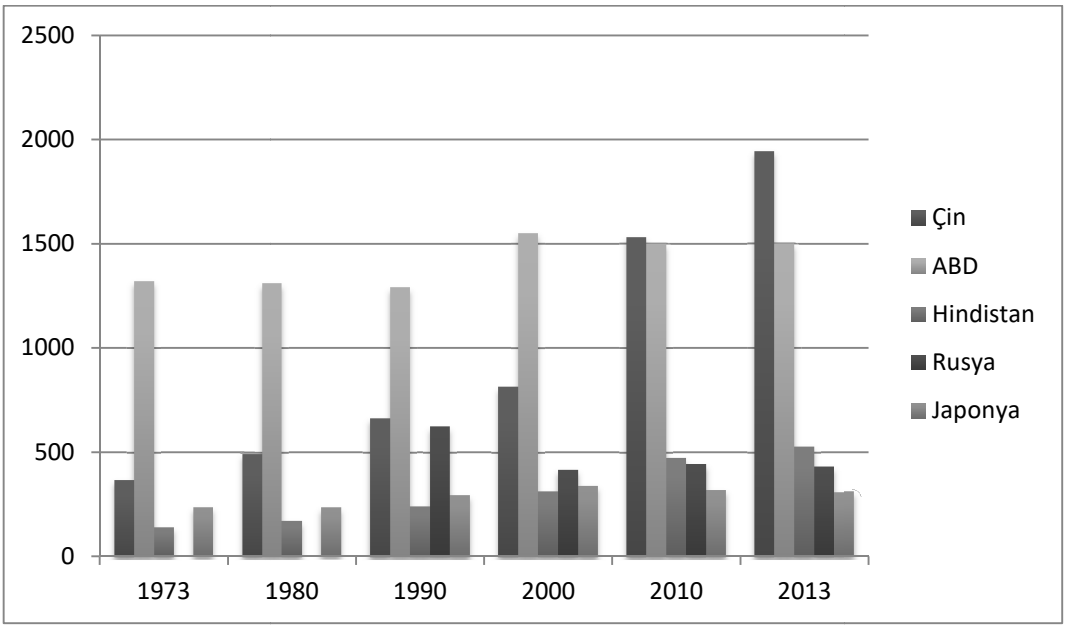
	Ülke	2012	2011	2010	2000	1990
1	ABD	12,954	13,240	13,394	13,671	11,713
2	Çin	3,475	3,298	2,944	993	511
3	Japonya	7,752	7,841	8,337	7,975	6,486
4	Almanya	7,270	7,146	7,264	6,635	6,640
5	Fransa	7,344	7,216	7,736	7,237	5,941
6	İngiltere	5,452	5,473	5,701	6,115	5,357
7	Brezilya	2,462	2,394	2,339	1,887	1,447
8	İtalya	5,398	5,515	5,494	5,300	4,145
9	Rusya	6,617	6,486	6,410	5,198	6,673
10	Kanada	15,615	16,168	15,965	16,991	16,109

Kaynak: World Bank World Development Indicators, 'Çevrimiçi' 17.01.2016 http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country=&series=EG.USE.ELEC.KH.PC&period=

Tablo 5'e bakıldığında Çin'in en büyük artışı sağlayan ülke olduğu görülüyor. Çin 1990 yılından 2000 yılına yaklaşık %94'lük artış oranı sağlamış ve bu yıldan 2012 yılına gelindiğinde ise yaklaşık %350'lik bir artışa imza atmıştır. 1990 yılından 2000 yılına artış oranına göre ikinci sırada İtalya yer almaktadır. İtalya bu dönemde kişi başı enerji tüketiminde yaklaşık %28 artış sağlamıştır. Aynı dönemde artış oranına göre üçüncü sırada Fransa yer almaktadır. Fransa bu dönemde yaklaşık %22 artış sağlamıştır. Fakat daha sonra hem İtalya hem de Fransa çok küçük artış ve azalışlar şeklinde devam ederek durağan bir seyir izlemişlerdir. Bu tablonun dışında yer alan ülkeler arasında kişi başı enerji tüketiminde ilk sırada İzlanda gelmektedir. İzlanda 2012 yılında 53,203 enerji tüketimi ile ardından gelen Norveç (23,658)'in iki katından daha fazla tüketim miktarına ulaşmıştır.

Toplam enerji tüketimine bakıldığında başı çeken ülkeler ve yıllara göre değişimleri Şekil 3'te görülmektedir.[45] Veriler Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) veritabanından alınmış olup enerji tüketimleri milyon TEP cinsinden gösterilmiştir.

Şekil 3. 2013 Yılında Toplam Enerji Tüketiminde (milyon TEP cinsinden) En Başta Yer Alan Ülkelerin Yıllara Göre Değişimleri



Kaynak: IEA Energy Atlas, 'Çevrimiçi' 17.01.2016
http://energyatlas.iea.org/?subject=-1002896040&datapresentation=1&lang=en

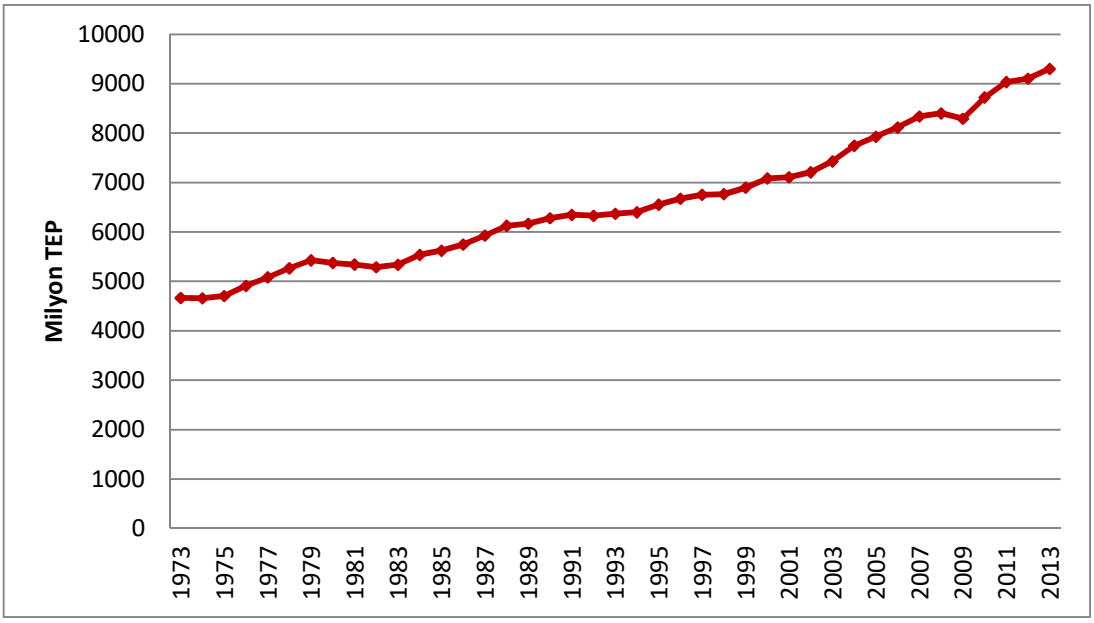
Şekil 3'e bakıldığında toplam enerji tüketiminde Çin her dönemde önemli artışlar göstermiştir. 1973'te 368 milyon TEP tüketirken 2013 yılında bu miktar 1,940 milyon TEP'e yükselmiştir. Aynı zamanda Çin 2013 yılında dünya genelinde tüketilen 9,301 milyon TEP elektrik enerjisinin beşte birini (yaklaşık %21) oluşturmuştur.

Çin, ABD, Hindistan, Rusya ve Japonya 2013 yılında küresel enerji tüketiminin yarısını (4,714.24 milyon TEP) oluşturmuşlardır. Ayrıca hem artan dünya nüfusu

[45] IEA Energy Atlas, 'Çevrimiçi' 17.01.2016
http://energyatlas.iea.org/?subject=-1002896040&datapresentation=1&lang=en

hem de gelişen teknolojiden dolayı son 40 yılda elektrik ve buna bağlı enerji tüketimi önemli bir artış göstermiştir. Bu artış Şekil 4'te görülmektedir.[46]

Şekil 4. 1973-2013 Yılları Arasında Küresel Enerji Tüketimi



Kaynak: IEA Sankey Diagram, 'Çevrimiçi' 17.01.2016
http://www.iea.org/Sankey/#?c=World&s=Final consumption

2.3. Enerji Yoğunluğu

Enerji verimliliğini belirlemede kullanılan enerji yoğunluğu kavramı aynı miktar enerjiyle hangi ülkenin daha fazla iş yaptığı gibi yararlı bilgiler sağlar. Bu kavram, enerji tüketimi (tep, joule) ile finansal bir gösterge olan Gayri Safi Yurt İçi Hasıla ve Katma Değer arasındaki oran olarak tanımlanır.[47] Enerji tüketimi için temel göstergeler arasında yer almamakla birlikte herhangi bir teknik veya fiziksel göstergenin herhangi bir faaliyeti açıklayamadığı durumlarda kullanılır.

[46] IEA Sankey Diagram, 'Çevrimiçi' 17.01.2016
http://www.iea.org/Sankey/#?c=World&s=Final consumption
[47] Azaltım, 'Çevrimiçi' 18.01.2016
http://www.eie.gov.tr/iklim_deg/azaltim.aspx

Birincil enerji tüketiminin GSYİH'ya oranlanması sonucu hesaplanan yoğunluk birincil enerji yoğunluğu, nihai enerji tüketiminin GSYİH'ya oranlanması sonucu hesaplanan yoğunluk ise nihai enerji yoğunluğu olarak adlandırılır.[48] Enerji yoğunluğunun düşük olması aynı miktar enerjiyle daha fazla iş yapıldığı yani enerjinin verimli kullanıldığı anlamına gelir. Yüksek olması ise enerjinin verimli kullanılmadığı sonucunu doğurur.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2013 verileri incelendiğinde Avrupa Birliği ve diğer Avrupa ülkelerinin enerji yoğunluğu konusunda önde oldukları görülmektedir. 2005 yılı sabit fiyatları ile ölçülmüş enerji yoğunluğu indeksine göre İsviçre ve İrlanda Cumhuriyeti %6 ile enerji yoğunluğu indeksi en düşük olan ülkelerdir. Ayrıca Orta Afrika Bölgesi'nde yer alan Güney Sudan'da %6 oran ile en düşük indekse sahip ülkelerden biridir. Bu üç ülkeyi İngiltere ve Danimarka (%7), Lüksemburg ve İtalya (%9), İspanya, Norveç, Malta, Japonya, Almanya ve Avusturya (%10) takip etmektedir. Enerji yoğunluğu indeksi en yüksek olan ülkeler ise Etiyopya (%173), Zimbabve (%168), Özbekistan (%158), Türkmenistan (%141) ve Ukrayna (%119)'dır.[49]

2.4. Enerji Bağımlılığı

Enerji kaynaklarının üretimi, tüketimi, dağıtımı gibi unsurların ekonomik büyüme üzerine etkisi çeşitli göstergeler ile belirlenmektedir. Bu göstergelerin bazıları yukarıda açıklanmıştır. Bir diğer gösterge olan enerji bağımlılığı, ülkelerin enerji üretimi ile tüketiminin oranlanmasıyla hesaplanır. Bu hesap sonucu çıkan oran bir ülkenin kendi kendine yetebilme gücünü ortaya koyar ve ülke ekonomisi üzerine doğrudan etki eder. Bu oranın %100'den yüksek olduğu ülkeler, tüketeceklerinden daha çok enerji üretimine sahip olup artan kısmı çeşitli şekilde değerlendirmekte veya ihraç etmektedirler. Bu durum da ülke ekonomisine ciddi katkı sağlamakta, ihracat gelirlerini yükseltmekte ve enerji bağımlılığının az olmasını sağlamaktadır.

[48] A.e.
[49] Energy Indicators, 'Çevrimiçi' 18.01.2016
http://energyatlas.iea.org/?subject=-297203538&datapresentation=2&lang=en

Ancak bu oranın %100'den az olduğu ve özellikle %50'nin de altında olduğu ülkeler büyük ölçüde dışa bağımlı haldedirler.

Sürdürülebilir ve yüksek büyüme hedefine sahip olan ülkeler enerji tüketimlerini artırmak zorundadırlar. Enerji bağımlılığı yüksek olan ve hedefini sürdürülebilir ve yüksek büyüme olarak koymuş ülkelerin önündeki en büyük engel ithalat oranları ve giderleridir. Bu hedefi koymuş bir ülke ne kadar fazla tüketim yapmak isterse o kadar fazla ihracat yapmak durumundadır. Ancak bunun sonucunda enerji bağımlılığı daha da artacaktır. Gelişmekte olan ülkeler (özellikle de iç kaynakları kısıtlı olan ve dışa bağımlı) sık sık bu olumsuz tabloyla karşılaşmaktadır.

Uluslararası Enerji Ajansı'nın verilerine göre oluşturulan Tablo 6'da ülkeler enerji bağımlılıklarına göre sıralanmış ve bazı yıllardaki yüzdelik oranları gösterilmiştir.[50]

Tablo 6. Belirli Yıllarda Enerji Bağımlılıklarına Göre En İyi 10 Ülke

	Ülke	**1990 (%)**	**Ülke**	**2000 (%)**	**Ülke**	**2013 (%)**
1	Gabon	1240	Kongo	2060	G.Sudan	772
2	Kongo	1130	Gabon	1030	Angola	638
3	Umman	908	Norveç	871	Kongo	613
4	Brunei	906	Brunei	826	Norveç	586
5	Libya	655	Umman	785	Gabon	578
6	S. Arabistan	635	Kuveyt	608	Brunei	558
7	Norveç	567	Angola	583	Katar	557
8	Irak	560	Katar	545	Kuveyt	486
9	Kuveyt	553	Cezayir	527	Azerbaycan	428
10	B.A.E.	540	Irak	517	Kolombiya	397

Kaynak: Energy Indicators, 'Çevrimiçi' 18.01.2016
http://energyatlas.iea.org/?subject=-297203538&datapresentation=2&lang=en

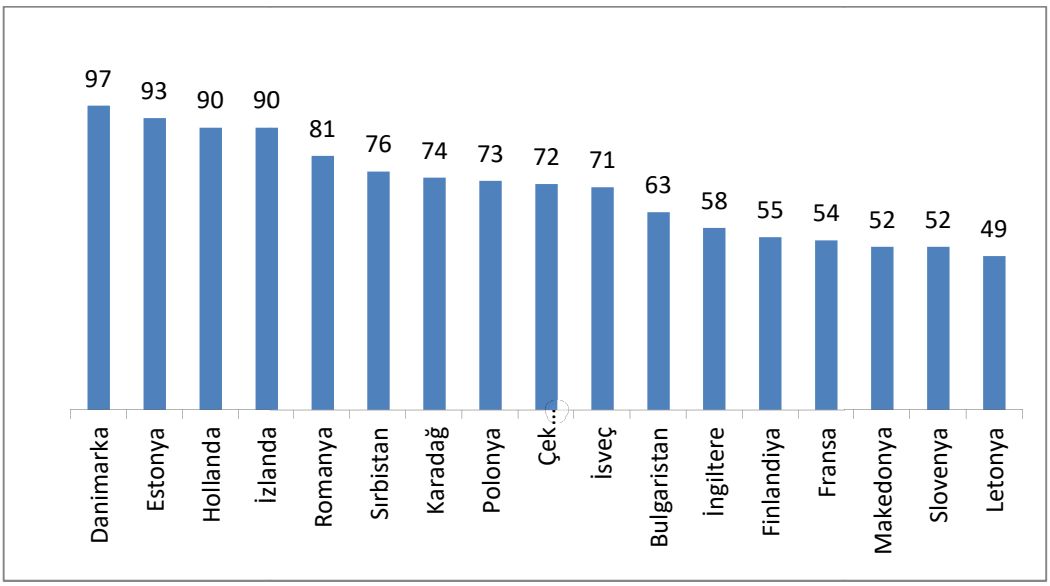
[50] A.e.

Tablo 6 incelendiğinde Afrika ve Asya ülkeleri enerji kaynakları bulundurma ve iç ihtiyaçları karşılama konusunda en öndelerdir. 1990'larda özellikle Gabon ve Kongo bu konuda başı çekmişler daha sonra Kongo Gabon'u geçerek en iyi ülke konumuna gelmiştir. Bu süreç 2000'lerin ortalarına kadar sürmüş ve ardından iki ülkede önemli derecede düşüş yaşamıştır. Avrupa'nın ilk 10 ülke arasındaki tek temsilcisi ise Norveç olmuştur. 1990'ların başında nispeten daha alt konumda yer alan Norveç 2000'li yıllarda büyük bir yükseliş yaşamış ama ardından 2013'te gerileyerek 4.sırada yer almıştır.

Enerji bağımlılığı konusunda en kötü ülkeler (diğer ülkelere en çok bağımlı olanlar) ise sırasıyla Malta (%1), Singapur (%2), Lübnan ve Ürdün (%3), Lüksemburg (%4), Japonya ve Güney Kıbrıs Rum Kesimi (%6)'dır.

Enerji bağımlılığı konusunda Avrupa Birliği ülkelerinin tamamı dışa bağımlı olarak dikkat çekmektedir. Dışa bağımlılığı en yüksek olan ülke %1 iç kaynaklarını kullanma oranı ile Malta'dır. Bağımlılığı en az ülke ise %97 ile Danimarka'dır. Şekil 5 ve Şekil 6'da AB ülkelerinin ve aday ülkelerin enerji bağımlılıkları gösterilmiştir.[51]

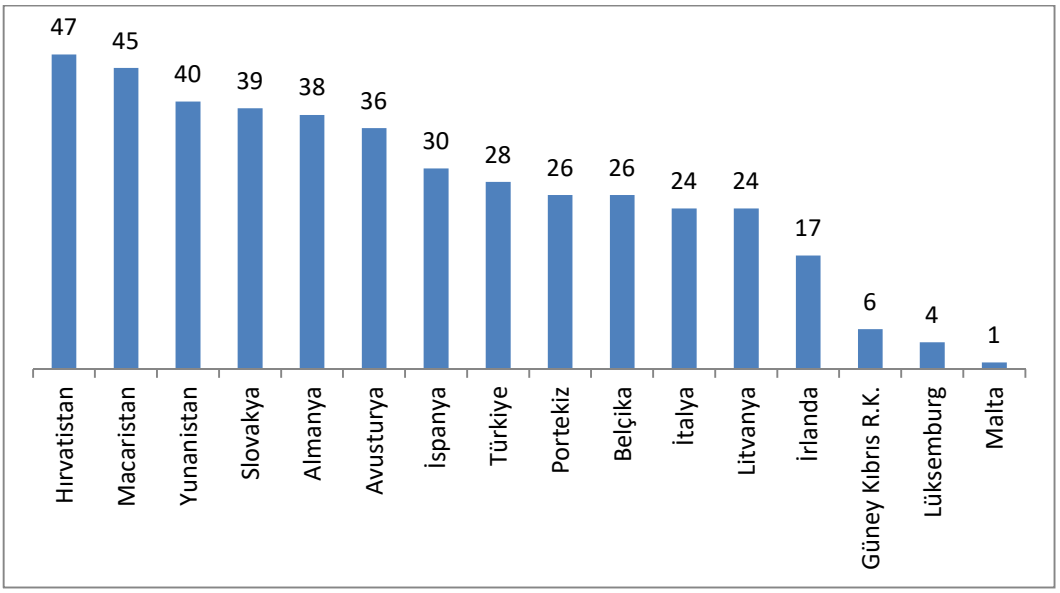
Şekil 5. AB Ülkeleri ve Aday Ülkelerin 2013 Yılında Enerji Bağımlılıkları - 1



Kaynak: IEA, Enerji Göstergeleri Veritabanı

[51] Energy Indicators, 'Çevrimiçi' 22.01.2016
http://energyatlas.iea.org/?subject=-297203538&datapresentation=1&lang=en

Şekil 6. AB Ülkeleri ve Aday Ülkelerin 2013 Yılında Enerji Bağımlılıkları - 2



Kaynak: IEA, Enerji Göstergeleri Veritabanı

Genel olarak enerji bağımlılığı yüksek olan ve nüfusu fazla olan ülkeler üretimden çok tüketime ağırlık vermek zorunda kaldıkları için yoğun fosil yakıt tüketimiyle beraber atmosfere saldıkları sera gazları doğa için tehdit oluşturmaktadır. Son yıllarda bu tehdit ciddi boyutlara ulaşmıştır. 1990'lı yılların başına göre 2013 yılında fosil yakıtların yanması sonucu atmosfere salınan karbondioksit gazı %56 oranında artmıştır. Salınan karbondioksit gazının üçte ikisi sadece 10 ülkeden kaynaklanmaktadır. Bu ülkeler sırasıyla Çin %28, ABD %16, Hindistan %6, Rusya %5, Japonya, Almanya, Güney Kore, Kanada, İran ve Suudi Arabistan'dır.[52]

Küresel karbondioksit salınımının ne derece arttığını görebilmek için Amerika Çevre Koruma Ajansı'nın paylaştığı Şekil 7 incelenmelidir.[53] 1900 yılından sonra gaz salınımının giderek arttığı ve özellikle 1970'den itibaren bu salınımın daha da artarak 2000'li yılların ortalarında iki katına çıktığı görülmektedir. (1970'de 4,053 Milyon Mt*'dan 2005'te 8,076 Milyon Mt'a yükselmiştir.) Bu artışta endüstri süreçlerinin

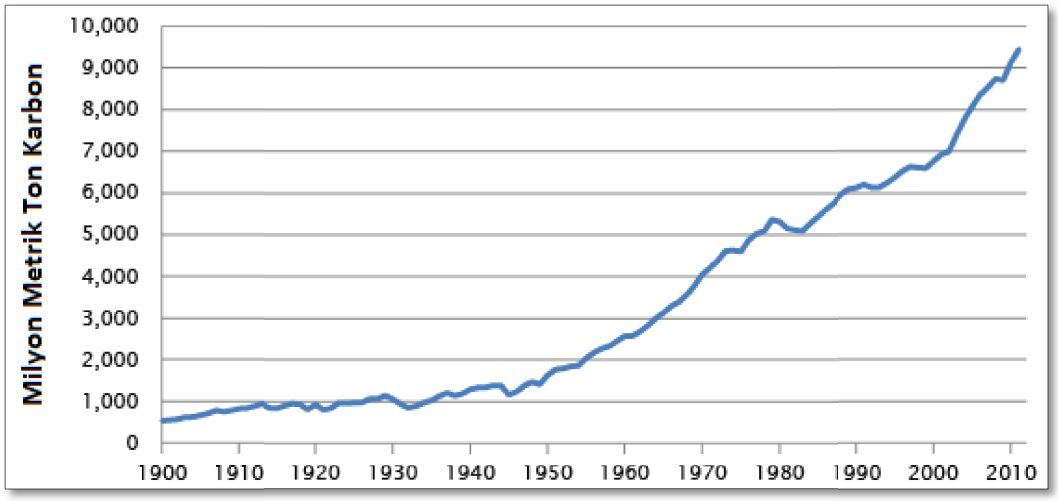
[52] CO_2 Emissions from Fuel Combustion, 'Çevrimiçi' 22.01.2016 http://energyatlas.iea.org/?subject=1378539487

[53] Global Greenhouse Gas Emissions Data, 'Çevrimiçi' 20.01.2016 https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html

* Metrik Ton: Dünyadan atmosfere salınan karbondioksit miktarını göstermekte kullanılan ölçüm birimidir. 1 Mt (Metrik Ton) 1000 Kilogram'a eşittir.

%78 oranında büyük bir payı vardır. Diğer büyük sebepleri ise tarım faaliyetleri ve ormanlık alanların yok edilmesidir.

Şekil 7. Fosil Yakıtlardan Kaynaklanan Küresel Karbon Salınımı, 1990-2011

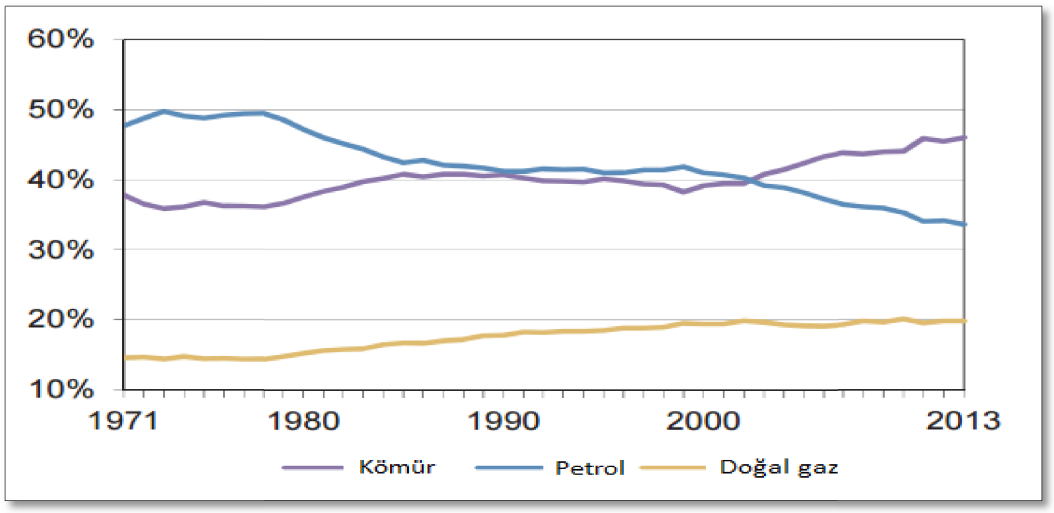


Kaynak: Global Greenhouse Gas Emissions Data, 'Çevrimiçi' 20.01.2016 https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html

Karbondioksit salınımına neden olan yakıtları içinde en büyük pay ilk başlarda petroldü. 1970'li yıllara kadar çok önde olan petrol 1980'lerin ortalarına gelindiğinde kömür ile karbon salınımı konusunda çok yakın bir orana sahip olmuştur. Ardından 2000'li yılların başlarında kömür, petrolü geçmiş ve 2013 yılına gelindiğinde yaklaşık %10 oranında önde yer almıştır. Doğal gazdan karbon salınımı ise 1980-2000 arası hafif bir artış eğilimi izlemiş ve ardından yaklaşık %20 oranında durağanlaşmıştır. (Şekil 8)[54]

[54] Excerpt From CO_2 Emission From Fuel Combustion (2015 Edition), 'Çevrimiçi' 25.01.2016 https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsTrends.pdf

Şekil 8. Küresel Karbondioksit Salınımında Yakıtların Payları, 1971-2013



Kaynak: Excerpt From CO_2 Emission From Fuel Combustion (2015 Edition), 'Çevrimiçi' 25.01.2016 https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/CO2EmissionsTrends.pdf

2013 yılında CO_2 salınımında kömür %46 ile en büyük paya sahipken, petrol %33, doğal gaz %20, nükleer enerji ve yenilenebilir enerji kaynaklarının toplam oranı sadece %1'dir.

Avrupa Birliği, 2013'te yavaş bir gelişme sergileyerek 2012'ye göre ekonomik olarak sadece %0.1'lik bir gelir artışı sağlayabilmiştir. Bununla beraber atmosfere CO_2 salınımında %1.4 azalış göstermiştir. 2013 yılında AB'nin küresel CO_2 salınımındaki payı %10.6 olmuştur. Bu payda Almanya %2.4, İngiltere %1.3, İtalya ve Fransa'da %1 katkı sağlamıştır. 2012'den 2013'e geçiş döneminde AB üye ülkeleri arasında çok farklı eğilimler mevcuttur. Bazı ülkeler CO_2 salınımında artış gösterirken çoğu ülke ise büyük azalışlar göstermiştir. Bu dönemde en çok artış gösteren ülkeler sırasıyla Almanya (%2.3), Fransa (%1.5) ve Polonya (%1) iken en çok azalış gösteren ülkeler İspanya (%10.8), İtalya (%5.5) ve İngiltere (%2.6) olmuştur.[55]

Birincil enerji tüketimi açısından AB, 2013'te gaz salınımında olduğu gibi azalış göstermiştir. Bu yılda kömür tüketimi %2.7, petrol tüketimi %2.2 ve doğal gaz tüketimi %1.4 azalmıştır. Tüm azalışların altında yatan sebeplere bakıldığında,

[55] Trends in Global CO_2 Emissions 2014 Report, 'Çevrimiçi' 25.01.2016 http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf

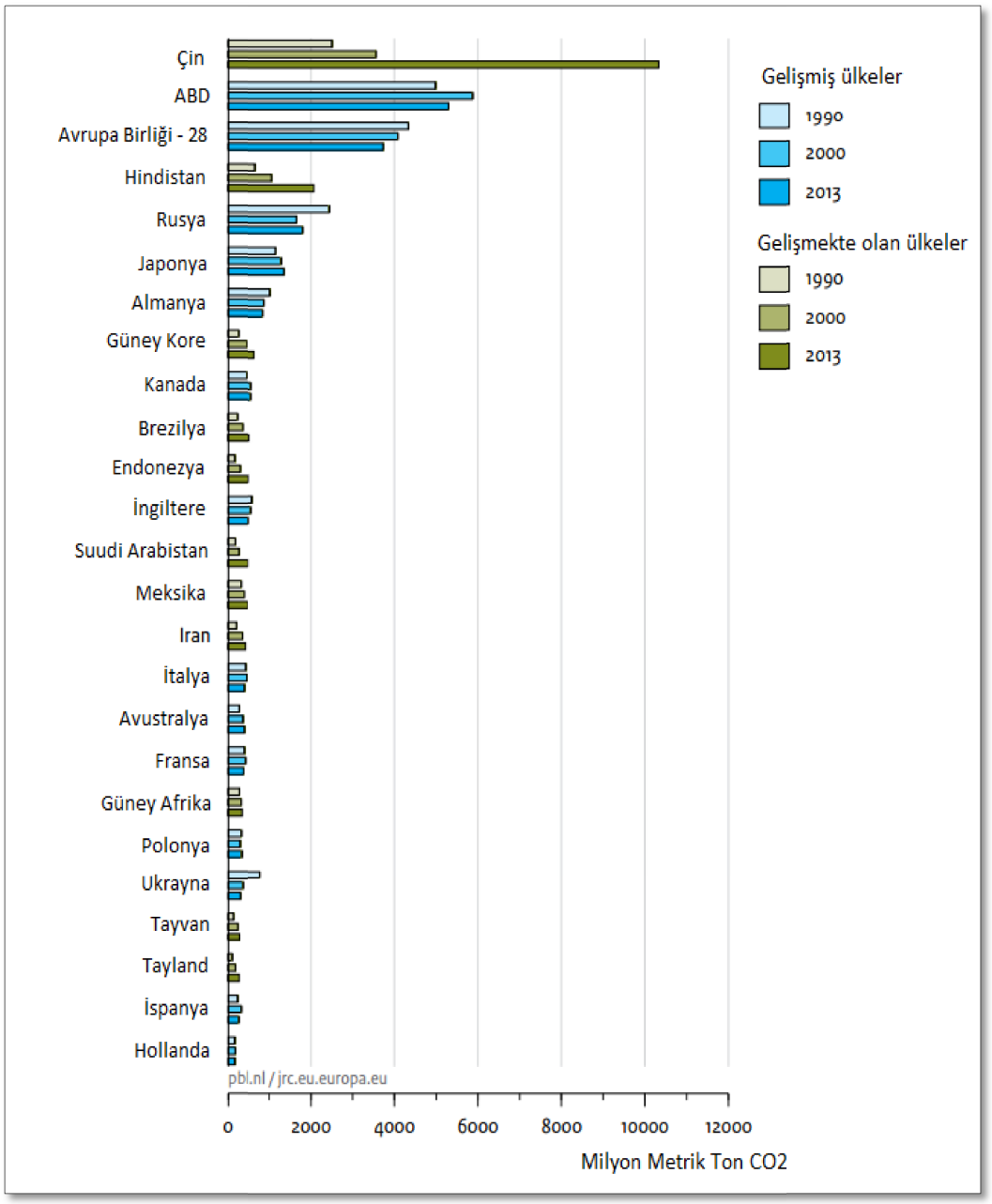
elektrik üretimindeki %1.2'lik azalış, yenilenebilir enerji kaynakları üzerine rekabetin artması ve endüstriyel üretimin 2012'ye göre ortalama %0.5 gerilemesi dikkat çekmektedir.[56] Ayrıca 2003 yılında kabul edilen ve ilk kez 2005'te uygulanan AB Emisyon Ticaret Sistemi (EU Emissions Trading System, EU ETS)* sayesinde üretici endüstri kuruluşları ve enerji santrallerinin neden olduğu gaz salınımları 2013 yılında %3 azalmıştır.

Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezi (EC Joint Research Centre)'nin CO_2 salınımına göre ülkeler arası değerlendirme yaptığı raporunda endüstrileşmiş (gelişmiş) ülkeler ve daha tam olarak endüstrileşememiş (gelişmekte olan) ülkeler olarak ayırıp bazı dönemler için kıyaslama yaparak durumu açıkça ortaya koymuştur. (Şekil 9)[57] Buna göre gelişmekte olan ülkeler yoğun bir şekilde endüstriye odaklandıkları ve ekonomik olarak büyümeyi ilk hedef olarak koydukları için atmosfere yaydıkları sera gazlarının her dönemde daha da arttığı göze çarpmaktadır. Ekonomik büyümeyi ve bunun sürdürülebilir olmasını hedefleyen ülkeler bunun için tüketimlerini arttırmışlardır. Her bir tüketim artışı ve bu artış için gerekli olan enerjinin ne kadarının fosil yakıtlarla sağlandığı, atmosfere salınan sera gazı miktarının derinden etkilenmesine ve artmasına yol açmaktadır.

Atmosfere salınan CO_2 miktarının son dönemlerde artmasının en büyük nedeni tüketimi çok büyük şekilde artan ve bu artış için genelde fosil yakıtları kullanan Çin'dir. Çin 1990 yılında 2,000 milyon $MtCO_2$ civarı yayıyorken bu miktar 2013'te beş katından fazla artarak 10,000 milyon $MtCO_2$'yi aşmıştır.

[56] Trends in Global CO_2 Emissions 2014 Report, a.g.e.
[57] A.e.
* AB Emisyon Ticaret Sistemi AB'nin Kyoto Protokolü hedeflerine ulaşmasında yardımcı etken olarak ve iklim değişikliği ile mücadelede temel strateji planlarından birisi olarak üye ülkeler ve Avrupa Parlamentosu tarafından onaylanan ilk uluslararası emisyon ticaret sistemidir.

Şekil 9. Fosil Yakıt Kullanımından Kaynaklanan CO_2 Salınımının Ülkelere Göre Miktarı



Kaynak: Trends in Global CO_2 Emissions 2014 Report, 'Çevrimiçi' 25.01.2016 http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf

Gelişmiş ülkelere bakıldığında büyük çoğunluğunun CO_2 salınımını azalttığı görülmektedir. Japonya, Avustralya ve Kanada'nın ise az da olsa gaz salınımını artırdığı, ABD'nin de 2000'lere kadar fazla CO_2 salıp daha sonra ki dönemde bu

miktarı aşağıya çektiği görülmektedir. Oran olarak bakıldığında ise Rusya ve Ukrayna ciddi azalıma gitmiştir.

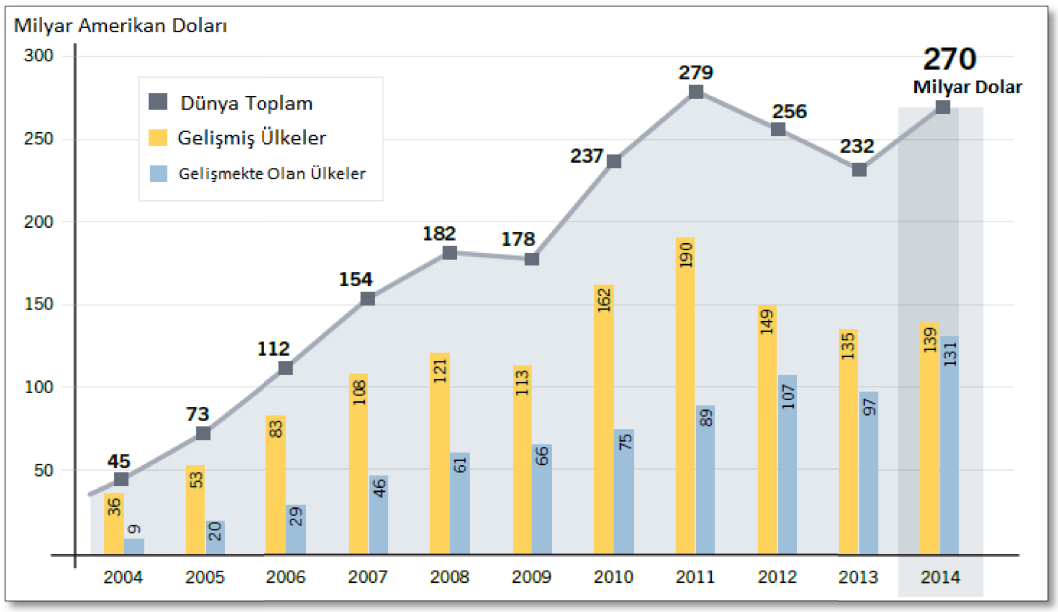
Küresel çapta artan üretim ve tüketim eğilimi, ekonomik büyüme için kaynakların israf edilmesi, atmosferin giderek sera gazlarıyla kaplanması ve küresel ısınmadan dolayı dünyanın geleceğinin tehlike altında olması çok büyük bir sorunla karşı karşıya olduğumuzu göstermektedir. Özellikle de gelişmekte olan ülkeler hem nüfus artışları hem de sanayi odaklı üretim süreçleri nedeniyle atmosfere en büyük zararı vermektedirler. Tüm bu yaşanan sıkıntılar sonrası çoğu ülke fosil yakıt kullanımlarını sınırlandırma kararı almış ve çeşitli politikaları devreye sokmuştur. Bazı küresel çaplı kuruluşlarda destek programları başlatmıştır.

2.5. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Gelişimi

2015 yılının başlarına kadar toplam 164 ülke yenilenebilir enerji hedeflerini tanımlamıştır. Bu sayı 2013'te 144, 2012'de 138'di. Genel olarak yüksek gelir grubundaki ülkeler daha fazla yenilenebilir enerji politikaları oluşturmaktadır. Gelir grubu düştükçe bu sayıda düşmektedir. Aynı şekilde yatırım için harcanılan para da gelirle doğru orantılı olarak gerçekleşmektedir. Ama 2012 ve sonrasında gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki fark azalmış ve 2014'te sadece 8 Milyar Dolara düşmüştür. (Şekil 10)[58]

[58] Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.

Şekil 10. Yenilenebilir Güç ve Yakıtlara Küresel Yeni Yatırımlar, 2004-2014



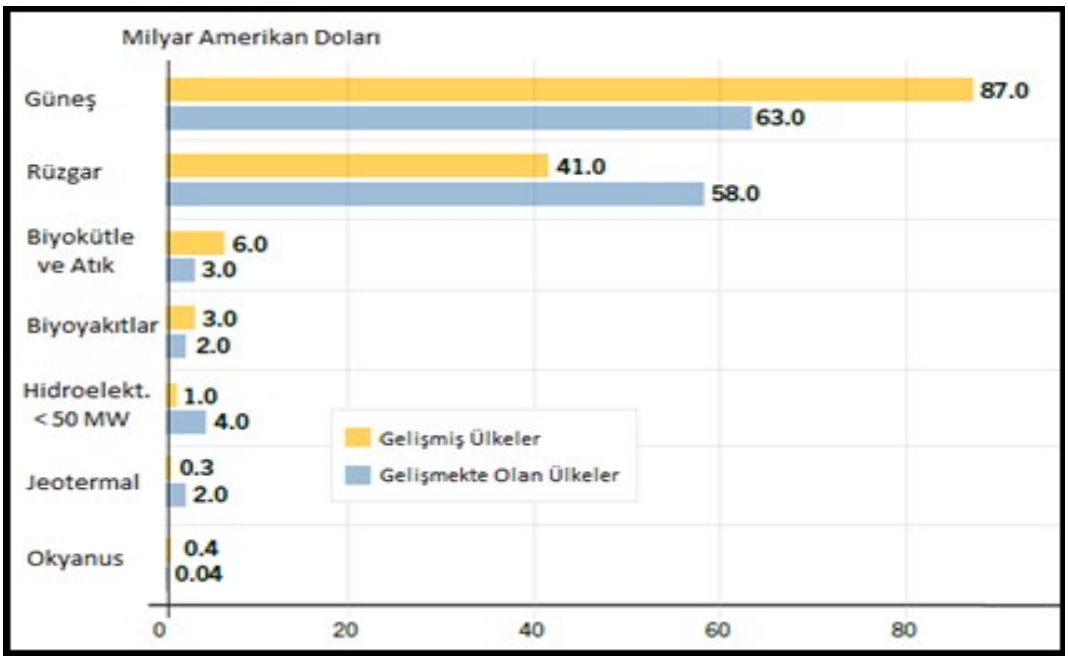
Kaynak: Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.

Dünya çapında yenilenebilir enerji üretimi için harcanan yatırım maliyetlerinin Şekil 10'a bakıldığında giderek arttığı görülmektedir. 2004 sonrası ciddi boyutta yatırımlar artmıştır. 2008 yılında yatırım harcamaları 2004'e kıyasla dört katından fazla artmış daha sonra 2009 yılında bu yükseliş eğilimi bozulmuş ve gerileme yaşanmıştır. Ama bir yıl sonra harcamalarda büyük bir yükselme yaşanmış ve 237 milyar dolara yükselmiştir. 2011'e gelindiğinde yaklaşık %18 artışla 279 milyar dolara çıkmış ardından gelişmekte olan ülkelerin yatırımlarını azaltmasıyla 2014 yılına kadar yatırımlar düşmüştür. 2014'te ise hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerin yatırım faaliyetlerini hızlandırmasıyla harcamalar yükselişe geçmiş ve 270 milyar doları bulmuştur. Yenilenebilir enerji kaynaklarına yapılan yatırımlardaki artış çoğu enerji kaynağına olumlu yansımaktadır ve önemini artırmaktadır. Şekil 11[59] incelendiğinde en çok yatırım yapılan kaynağın güneş enerjisi olduğu görülmektedir. Bu durum hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için aynıdır. Güneş enerjisinin ardından en çok yatırım yapılan kaynak ise rüzgar enerjisidir. Okyanus (dalga) enerjisine yapılan yatırımlar miktar olarak çok az olmasına rağmen bir yıldaki değişimi dikkat çekmektedir. 2013 yılına göre 2014'te %110 oranında

[59] Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.

yatırımlar artmıştır. Bu da gelecekte ülkeler için okyanus enerjisinin çok daha fazla rağbet görebileceği anlamına gelmektedir.

Şekil 11. Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Göre Küresel Yeni Yatırımlar, 2014

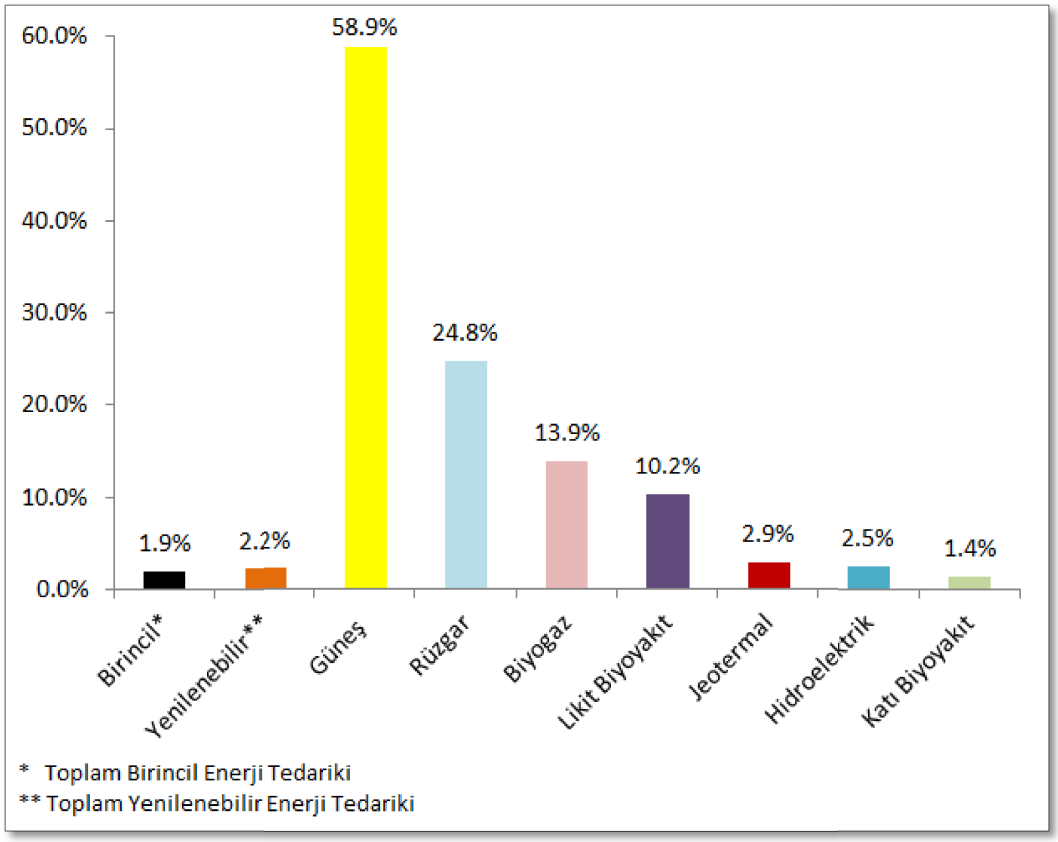


Kaynak: Renewables 2015: Global Status Report, a.g.e.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Özellikle güneş, biyoyakıt ve rüzgar enerjisi arzında çok önemli artışlar gözlenmiştir. Biyoyakıtlar içinde en büyük pay %13.9 ile biyogaza aittir. Tüm yenilenebilir enerji kaynaklarının 1990 yılından 2013'e gelindiğinde ne kadar oranda artış gösterdiği IEA'nın 2015 yılı raporunda görülmektedir. (Şekil 12)[60]

[60] Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), 'Çevrimiçi' 25.01.2016 http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/RENTEXT2015_PARTIIExcerpt.pdf

Şekil 12. 1990 Yılından 2013'e Gelindiğinde Küresel Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arzında Değişim Oranları



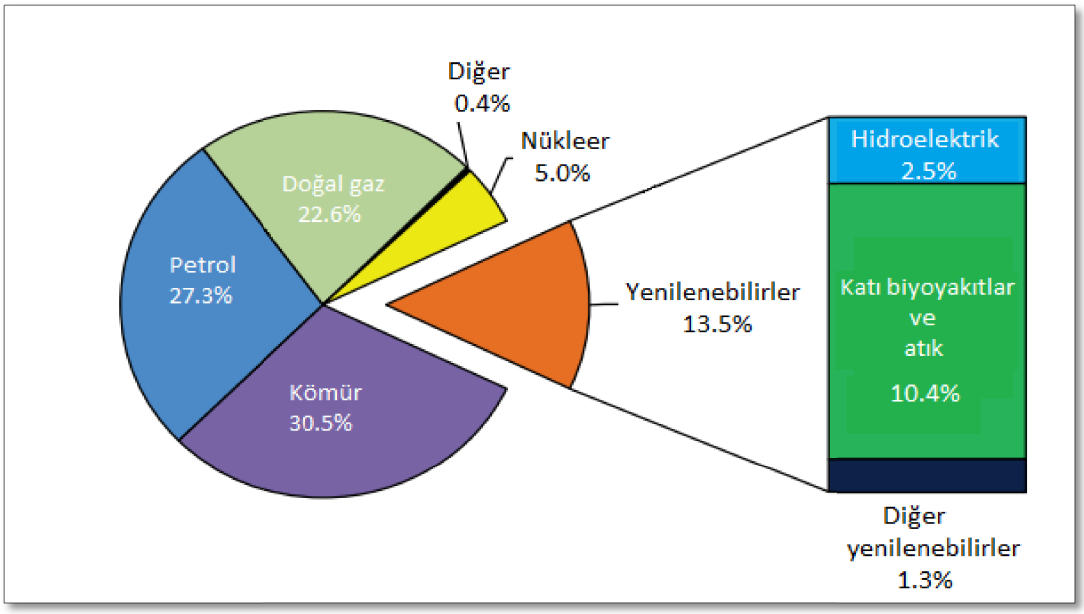
Kaynak: Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), 'Çevrimiçi' 25.01.2016 http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/RENTEXT2015_PARTIIExcerpt.pdf

Küresel toplam enerji arzında yenilenebilir enerjinin oranı artmaktadır. Birincil enerji kaynaklarından özellikle petrol arzı ve tüketimi son yıllarda düşmüştür. Gerek Kyoto Protokolü ve bunun gibi uluslararası protokollerin ülkeler üzerindeki etkisi gerekse ülkelerin artan sera gazının etkisiyle fosil yakıtları tüketmekten kaçınma çabaları ve bu yolda amaçladıkları programlar bu sonucu doğurmuştur. Fosil yakıtlara olan talep başta gelişmiş ülkeler olmak üzere pek çok ülkede düşüş göstermiş ve gelişen teknolojik uygulamalar vasıtasıyla güneşten, rüzgardan, hayvan ve bitki atıklarından, yeraltı ve yerüstü sularından, okyanuslardan, belediye atıklarından yararlanarak doğa dostu ve yenilenebilir enerji kaynakları üretimine hız verilmiştir. Gelişmekte olan bazı ülkeler ve alt gelir grubundaki bazı ülkeler ise doğa dostu bu kaynakların yüksek maliyetine katlanmak yerine fosil yakıt tüketimine aynı oranda hatta bazen daha da

fazla devam etmişlerdir. Güneş, rüzgar, dalga gibi enerjiler ilk kurulumları açısından yüksek maliyetli olarak dikkat çekmektedirler ancak bununla birlikte uzun vadede çok daha karlı yatırımlar oldukları görülmektedir.

Küresel toplam birincil enerji arzı 2013'te 13,555 milyon TEP olarak gerçekleşmiştir. Bu miktarın 1,829 milyon TEP'ü yenilenebilir kaynaklardan üretilmiştir. Yenilenebilir kaynaklar içerisinde en büyük miktar biyoyakıt ve atıklara aittir. Bu dönemde toplam biyoyakıt ve atık enerji arzları, yenilenebilir kaynaklar içinde %73.4'lük paya sahip olmuş ve bunun yanında küresel enerji arzının %10.4'ünü sağlamışlardır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde yerleşim yeri ısıtmaları gibi ticari olmayan kullanımları önemli yere sahip olan katı biyoyakıtların kullanımı bu oranın oluşmasına neden olmuştur. (Biyoyakıtlar ve atık enerjisi içerisindeki oranı yaklaşık %91'dir.) Yenilenebilir kaynaklar içerisinde ikinci en büyük pay %17.8 ile hidrolik enerjiye aittir. Toplam birincil enerji arzında yakıt payları Şekil 13'te, küresel yenilenebilir enerji arzında yakıt payları Şekil 14'te gösterilmiştir.[61]

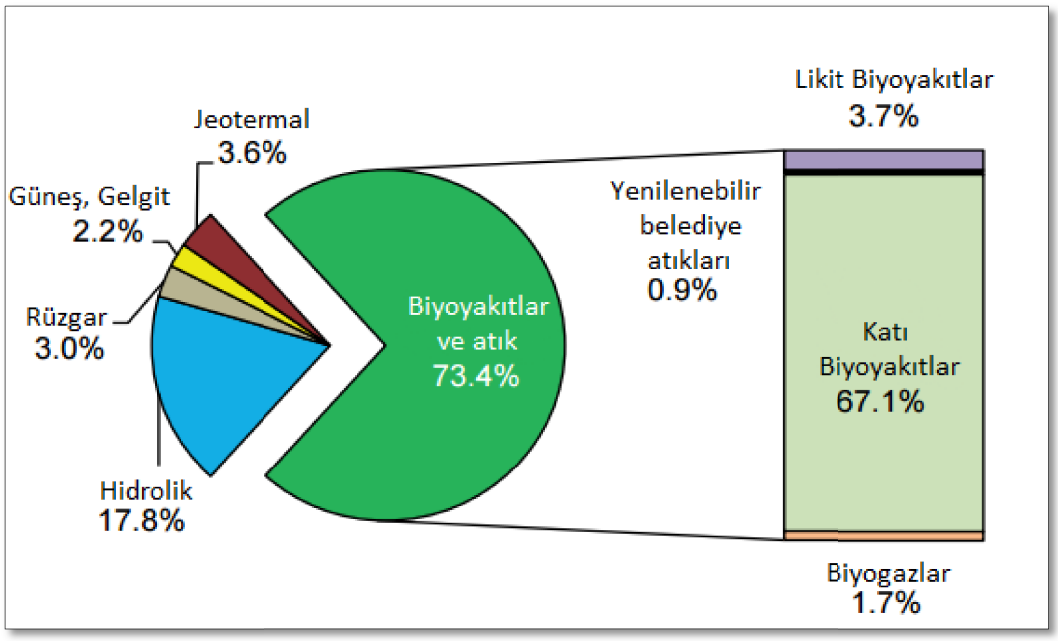
Şekil 13. 2013 Yılında Küresel Birincil Enerji Arzında Yakıt Payları



Kaynak: Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.

[61] Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.

Şekil 14. 2013 Yılında Küresel Yenilenebilir Enerji Arzında Yakıt Payları



Kaynak: Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.

Toplam yenilenebilir enerji arzının hangi sektörlere göre dağılıp tüketildiğine bakılacak olursa yerleşim yerleri, ticari ve kamu sektörlerinin çok ciddi şekilde paya sahip olduğu görülür. Bu alanlarda tüketilen enerji, toplam tüketilen enerjinin neredeyse yarısıdır. (%49.4) Elektrik üretim kuruluşları %28.6 pay ile ikinci sırada yer alırlar. Ardından sırasıyla endüstri sektörü (%10.2), ulaşım (%3.5), ısı ve enerji üretimi kuruluşları (%3.1) ve diğerleri gelmektedir.

Yenilenebilir enerji üretim maliyetleri 2013 yılı sonrası önemli derecede azalmış ve giderek fosil yakıtlarla rekabet edebilecek düzeye inmeye başlamıştır. Bu konuda en etkileyici düşüş güneş enerji teknolojilerine aittir. Güneş ışığından en etkili şekilde enerji üretiminde kullanılan fotovoltaik (PV)* teknolojisindeki gelişmeler güneş enerjisi maliyetinin azalmasına sebep olmuştur. 2010-2014 yılları arasında güneş enerjisi maliyetleri yarı yarıya düşmüştür.[62] Fosil yakıtlar ile üretim giderleri

[62] Renewable Power Generation Costs in 2014, 'Çevrimiçi' 27.01.2016 http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_power_costs_2014_report.pdf
* Fotovoltaik (PV), güneş enerjisini elektrik akımına dönüştürme teknolojisidir. Bazı materyaller güneş enerjisini direkt olarak elektrik enerjisine çevirmek gibi bir özelliğe sahiptir. Buna fotovoltaik etki denir.

karşılaştırıldığında da rekabetçi konuma geldiği açıkça görülmektedir. 2014 yılına gelindiğinde, güneş enerjisinden 1 kWs elektrik üretebilmek herhangi bir mali destek olmaksızın 0.08 Amerikan Dolarına (USD) mal olurken aynı miktarı fosil yakıtlarla üretebilmek için USD 0.045 ile 0.14 arası ücret ödemek gerekmektedir. Bu durum gösteriyor ki fosil yakıt türlerine göre değişen üretim maliyetleri nedeniyle bazı durumlarda güneş enerjisine göre düşük bazı durumlarda ise yüksek maliyetler mevcuttur ve rekabet seviyesi yüksektir.

Rüzgar enerjisi maliyetleri 2014'e gelindiğinde önemli düşüşler yaşamıştır. Artan teknolojiyle beraber altyapı çalışmalarının hız kazanması ve üretim faaliyetlerinin çoğalması ile birlikte fosil yakıt maliyetleriyle rekabet edebilecek düzeye gerilemiş ve hatta en önemli rüzgar enerji projeleri bu sınırı da geçmeyi başarmışlardır. Bu projeler üretim maliyetlerini 1 kWs elektrik enerjisi başına USD 0.05 seviyelerine kadar çekmiştir. Bunun yanında maliyet çeşitliliği de mevcuttur. Örneğin maliyetler Çin ve Asya'da USD 0.06'nın altına inerken, Afrika'da USD 0.09'nın üstündedir.[63]

Güneş ve rüzgara göre kullanımı daha eskiye dayanan hidroelektrik enerji üretimi, elektrik üretiminde kullanılan teknolojiler arasında en düşük maliyetli kaynaklardan birisidir. Bazı büyük çaplı projeler sayesinde maliyet açısından yarı yarıya hatta daha da fazla azalış gerçekleşebilmekte ve tüm kaynaklar arasında ilk sıraya yükselebilmektedir. Ortalama maliyeti 1 kWs başına USD 0.05 olan hidrolik enerji önemli projelerin katkısıyla USD 0.02 gibi düşük bir miktara düşebileceği gözlenmiştir. Ayrıca hidrolik enerji maliyetlerinde, yararlanılabilir ekonomik kaynakları mevcut olan ve bu kaynaklarını halihazırda tüketmiş olan bölgeler arasında çok büyük farklar mevcuttur. Ekonomik kaynakları mevcut olan bölgeler Asya, Afrika ve Güney Amerika'da belli bir seviyeye çekilmiş olan hidrolik enerji maliyetleri ortalama 1 kWs başına USD 0.04 ile 0.05 arası değişmektedir. Bu durumun aksine ekonomik kaynakları halihazırda kullanılmış olan Avrupa, Avrasya, Kuzey Amerika ve Avustralya bölgeleri ortalama olarak 1 kWs başına USD 0.09 ile 0.10 arası maliyete katlanmak durumundadırlar.[64]

[63] Renewable Power Generation Costs in 2014, a.g.e.
[64] A.e.

Biyokütle enerjisinden elektrik üretiminde üretim harcamaları gerekli hammaddenin maliyetine göre değişmektedir. Düşük maliyetli hammadde kullanılan endüstri alanları, işlenen tarımsal bitkiler ve ormancılık alanlarında rekabet yüksek olabilmektedir. Bu durumlarda, çeşitli enerji üretim projeleriyle OECD ülkelerinde elektrik 1 kWs başına USD 0.06 maliyetle, gelişmekte olan ülkelerde USD 0.03/kWs kadar düşük maliyetle üretilebilir. Genel ortalama olarak USD 0.05 ile 0.15/kWs arası değişmektedir. Fakat hammaddeleri yüksek maliyetli olan gazlaştırma teknolojileri gibi biyokütle kaynakları maliyetleri USD 0.25/kWs'na çıkarabilmekte ve bu da finansal bir desteğin gerekliliğini ortaya koymaktadır. Ağırlıklı ortalama maliyetlere bakıldığında bölgeler arası farklar yüksek değildir. Bunun yanında Asya ile Avrupa arasında gözlenen fark en yüksek fark olarak dikkat çekmektedir. Asya'da ortalama USD 0.04/kWs maliyet varken Avrupa'da bu miktar USD 0.14/kWs'na çıkmaktadır.

Jeotermal enerjiden elektrik üretimi kullanılan üretim teknolojileri dikkate alındığında olgun bir yöntemdir. Geleneksel jeotermal enerji üretim maliyetleri ilk yıllarında yüksek durumdayken sonrasında geliştirilen projeler ile düşmüştür. Maliyetler ortalama olarak 1 kWs başına USD 0.05 ile 0.10 arasında değişmektedir. Öte yandan bu miktarın yenilenebilir enerjiye olan talebin arttırılması için uygulanan maliyet kısıtlamaları sayesinde USD 0.04/kWs'na düşebileceği öngörülmektedir.[65]

Genel olarak yenilenebilir enerji maliyetlerine ve bu maliyetleri düşürebilmek için yapılan projelere bakıldığında çok farklı sistemler göze çarpmaktadır. Dünyada yenilenebilir enerji üretim projeleri en rekabetçi yapıda olan ve bu sayede maliyeti belli bir seviyede tutmayı başaran ülkeler başta Çin ve Hindistan'dır. Ardından Güney Amerika kıtası dinamik yeni bir yenilenebilir enerji marketi olarak ön plana çıkmıştır. Bu durumun oluşmasında ülkelerin en kaliteli enerji kaynaklarının üretimini belli maliyet sınırları içerisinde tutmayı başaran etkili devlet politikalarının rolü büyüktür.

Çin, yenilenebilir enerji üretim teknolojilerinde dünyanın en büyük ülkesi konumundadır. Çin'in yenilenebilir kaynaklar içinde en az maliyete sahip dolayısıyla

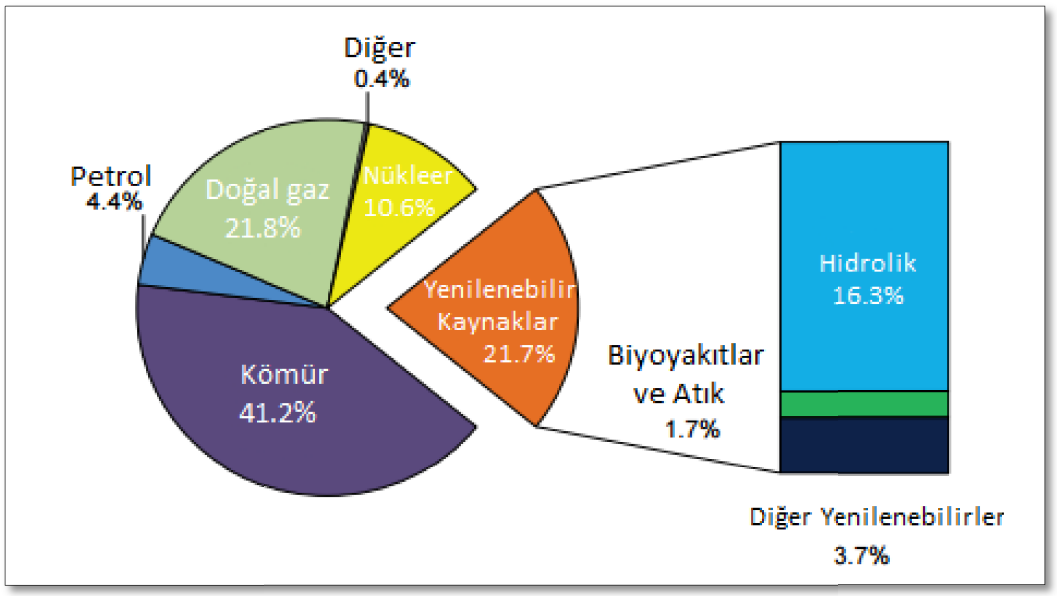
[65] Renewable Power Generation Costs in 2014, a.g.e.

en rekabetçi olanı büyük ve küçük ölçekli hidrolik enerjidir. Ardından sırasıyla biyokütle, rüzgar ve güneş enerjisi gelmektedir. Ancak tüm bu tablonun yanında Çin'in sahip olduğu kömür miktarı çok yüksektir. (Dünya kömür rezervlerinin yaklaşık %13'ü) Kömürün fazla olması maliyetlerin de buna bağlı olarak az olmasına neden olmuştur. Maliyet açısından yenilenebilir enerjilerin çok önünde yer alan kömür üretimi çok hızlı şekilde devam etmekte ve bu durumun sonucu olarak yenilenebilir enerji endüstrisi hala bazı desteklere ihtiyaç duymaktadır. [66]

Küresel elektrik üretimine bakıldığında yenilenebilir enerji kaynakları oranının giderek arttığı görülmektedir. 1990'dan bu yana yenilenebilir elektrik üretimi yıllık ortalama %3.5 artarak 2013 yılında %21.6'lık paya sahip olmuş ve kömür ve doğal gazdan sonra üçüncü büyük enerji kaynağı durumuna gelmiştir. Bu oran yıllık toplam elektrik üretimi artışı olan %3'ten fazladır. 1990 yılında %19.5 olan yenilenebilir kaynaklardan üretilen elektriğin küresel elektrik üretimi içindeki payı 2013'e gelindiğinde %21.6'ya yükselmiştir. Bu artış oranının az olmasının sebebi hidroelektrik enerji kaynağından üretilen elektriğin payının aynı dönemde %18.1'den %16.3'e gerilemesidir. Hidroelektrik enerjisi çıkarılıp diğer kaynakların toplam oranına bakıldığında %1.3'ten %5.4'e çıktığı görülmektedir.[67] Bu artışta önceki kısımda da değinildiği gibi güneş ve rüzgar enerjilerinin payı yüksektir. 2013 yılında küresel elektrik üretiminde yakıt payları Şekil 15'te gösterilmiştir.[68]

[66] A.e.
[67] Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.
[68] Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.

Şekil 15. 2013 Yılında Küresel Elektrik Üretiminde Yakıt Payları



Kaynak: Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), a.g.e.

AB ülkeleri açısından elektrik üretiminde kullanılan yakıt türlerindeki gelişime bakıldığında 2003 yılı itibariyle yenilenebilir enerji üretimi hızlı şekilde artmakta olduğu görülmektedir. Sadece 2010-2011 yılları arasında durağan bir seyir izleyen yenilenebilir kaynaklar geri kalan dönemlerde hep artış göstermiştir. Başta petrol olmak üzere fosil yakıtların ise her dönemde düştüğü görülmektedir. Nükleer enerji üretimi de genelde durağan bir seyir izlemiş onun dışında nispeten daha az miktarlarda düşmüştür.

2013 yılında toplam elektrik üretimi 3.10 milyon GWs olarak gerçekleşmiştir. Bu miktar bir önceki yıla göre %0.9 daha düşüktür. Elektrik üretim miktarı en yüksek 2008 yılında 3.22 milyon GWs olarak gerçekleşmişti.

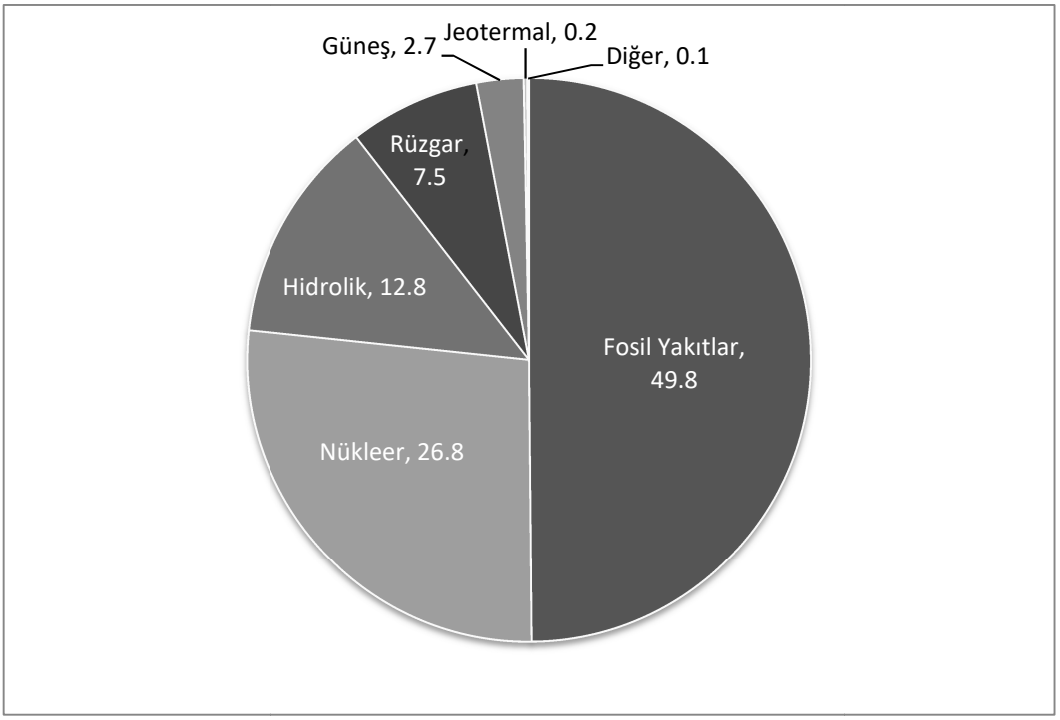
Ülkeler bazında bakıldığında AB üye ülkeleri arasında 2013 yılında en yüksek elektrik üretimi Almanya'da gerçekleşmiştir. Almanya AB ülkeleri arasında %19.2 pay ile bu alanda zirvededir. Ardından %17.7 ile Fransa ve %11 ile İngiltere gelmektedir. En büyük üretim artışı ise %27.7 ile Hırvatistan'a aittir.

Aynı yılda elektrik üretimi için kullanılan yakıtlara bakıldığında yaklaşık yarısını fosil yakıtların oluşturduğu görülmektedir. (%49.8) Ardından ikinci sırada elektrik

üretiminin dörtte birinden fazlasını sağlayan nükleer enerji gelmiştir (%26.8). Yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretimi ise üçüncü sırada yer almıştır (%23.6).

Eurostat veritabanındaki veriler kullanılarak oluşturulan Şekil 16'da yakıt türlerinin toplam elektrik üretimi içindeki payı görülebilmektedir.

Şekil 16. 2013 Yılında AB Ülkelerinin Toplam Elektrik Üretiminde Kullandıkları Yakıt Türleri



Kaynak: Eurostat Veritabanı

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

PANEL VERİ MODELLERİ

3.1 Panel Veri

Panel Veri, aynı birimlerin çeşitli karakteristiklerinin (yatay kesit değişkenlerinin) zaman boyunca gözlenmesi ile elde edilen veri setidir[69]. Panel veri setinde hem yatay kesit hem de zaman serisi boyutu bulunmaktadır.

Panel veriler farklı isimler alabilmektedir. Zaman serileri ve yatay kesit değişkenlerinin birleştirilmesi nedeniyle zenginleştirilmiş veriler, karma veriler, havuzlanmış veriler ve bir değişkenin zaman boyunca izlenmesi nedeniyle uzun kesit veriler (longitudinal data) de denmektedir.[70]

Panel veriler dengeli ve dengesiz olarak iki gruba ayrılır. Eğer her bir yatay kesit birimi aynı sayıda zaman serisi gözlemlerine sahipse, bu veri *Dengeli Panel Veri* olarak adlandırılır. Eğer yatay kesit birimleri arasında gözlem farkı varsa, böyle bir panel veri *Dengesiz Panel Veri* olarak adlandırılır.[71]

Panel veri uzun dönemli olarak ilk 1960'lı yıllarda kullanılmaya başlanmıştır. İlk olarak ABD'de Bureau of Labour Statistic'in sponsorluğunda toplanan İşgücü Piyasaları Deneyimlerinin Ulusal Uzunlamasına Araştırmaları (NLS = National Longitudinal Surveys of Labor Market Experience)* vasıtasıyla işgücü piyasası hareketleri hakkında veriler toplanmıştır. [72] 1960'ların ortalarında çalışan erkek ve kadınların çeşitli özelliklerine göre uzun dönemli verileri toplanmış ve 1980'lerde araştırmaya dahil olan sayısı bini geçmiştir. Araştırmalar 1997 yılında sona ermiştir. Bu araştırmanın ardından ikinci en uzun dönemli (ev halkları üzerine yapılmış en uzun dönemli) panel veri araştırması Michigan Üniversitesi Sosyal Bilimler

[69] Seung Chan Ahn ve Hyungsik Roger Moon, "Large-N and Large-T Properties of Panel Data Estimators and the Hausman Test", **USC CLEO Research Paper**, No. C01-20, 2001, s.1-2
[70] Recep Tarı, **Ekonometri**, Genişletilmiş 7. Baskı, Umuttepe Yayınları, Kocaeli, 2011, s.475
[71] A.e.
[72] Cheng Hsiao, **Analysis of Panel Data**, 2. Baskı, New York, Cambridge University Press, 2005, s.1
*NLS, ABD'de işgücü piyasası hareketleri ve bu piyasadaki farklı kesimler kapsayan durumlar hakkında bilgi toplamak için tasarlanmış bir araştırmalar setidir.

Enstitüsü'nün Gelir Dinamikleri Panel Çalışması (Panel Study of Income Dynamics, PSID) isimli araştırmasıdır. 1968 yılında başlayan çalışmada 6,000 aile ve 15,000 bireyin yıllık ekonomik bilgileri toplanmıştır. Veri seti 5,000'in üzerinde değişken içermektedir. 2009 yılına gelindiğinde PSID'in bilgilerine sahip olduğu birey sayısı 70,000'i aşmıştır. Çalışma 2013'te sona ermiştir.

Panel veri ve çalışma terimleri, sosyolog Paul H. Lazarsfeld tarafından radyo reklamlarının ürün satışlarına etkisi üzerinde yaptığı çalışmada kullanılmıştır. Bu terimin kullanılmasından çok daha önce de panel veri çalışmaları yapılmıştır. Panel verinin ilk örneklerinden biri olan ve panel verinin günümüzdeki anlamına uygun olan bir çalışma, 1857 yılında Engel'in gıda harcamalarının gelirin bir fonksiyonu olarak nasıl değiştiğini incelediği bütçe çalışmasıdır.[73]

3.2 Panel Veri Analizi

Panel veri analizi zaman boyutuna ait yatay kesit verilerinin kullanılmasıyla ekonomik ilişkilerin tahmin edilmesi yöntemidir (Greene, 1993: 464). Bu nedenle panel veri analizinin en önemli özelliği zaman serileri ile yatay kesit serilerini bir araya getirerek, hem zaman hem de kesit boyutuna sahip bir veri setinin oluşturmasıdır. Yani panel veri analizi, sadece yatay kesit verilerinin kullanıldığı regresyon analizi ile sadece ilgilenilen değişkenin zamana göre aldığı değerlerin analiz edilip gelecek tahminlerinin yapıldığı zaman serisi analizlerinin birleşiminden oluşur denebilir. Bu nedenle bu iki istatistik yönteminden çok daha kapsamlı bir analiz türüdür.

3.3 Panel Verinin Avantajları

Ekonometrik analizlerde kullanımı giderek artan ve kendine önemli bir yer bulan panel veri analizinin birçok avantajlı yönü vardır. Bu avantajlardan bazılarını Hsiao (2003) ve Klevmarken (1989) aşağıdaki gibi listelemiştir.[74]

[73] Nihat Taş, "Ekonomik Değişkenlerin Panel Veri Analizi ile Çözümlenmesi", İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2012.

[74] Badi H. Baltagi, **Econometric Analysis of Panel Data,** Third Edition, John Wiley&Sons Ltd, 2005, s.4

1) *Birimlerin heterojenliğinin kontrolü:* Panel veri bireylerin, firmaların, eyaletlerin ve ülkelerin heterojen olduğunu öne sürer. Ayrı ayrı zaman serisi ve kesit serisi heterojenliği kontrol edemediğinden sonuçların sapmalı olma riskiyle karşı karşıyadır. Panel veri zamanla ve kesit verisi olan birime göre değişmeyen değişkenleri kontrol edebilme imkanı sağlar.

2) Panel veri daha bilgilendirici, daha değişken, daha serbestlik derecesi yüksek, daha etkin ve değişkenler arasında daha az çoklu bağlantı (multicollinearity) oluşmasını sağlar. Zaman serilerinde çoklu doğrusal bağlantı ciddi bir sorun olduğu bilinmektedir.[75]

3) Panel veri uyum dinamiği çalışmalarında daha iyi sonuçlar verebilir. Yatay kesit verilerinin dağılımları nispeten sabit olan çok sayıda değişkeni gizler. Bu nedenle İşsizlik dönemi, iş dönüşümü (devri), yerleşim yeri ve gelir hareketliliği panel veri analizi ile daha iyi sonuçlar verir. Ayrıca panel veri, işsizlik ve yoksulluk gibi ekonomik durumların devamlılığını belirlemeye daha uygundur. Eğer bu panel verileri yeterince uzun vadeliyse, ekonomik politika değişimlerine daha hızlı nasıl adapte olunacağına ışık tutabilir.[76]

4) Panel veri, saf yatay kesit veya saf zaman serisi verileriyle basitçe ortaya çıkarılamayabilecek etkileri ölçmede ve tanımlamada daha etkilidir. Bir örnekle açıklamak gerekirse, elimizde yalnızca kadınlardan oluşan bir yatay kesit veri setimiz olduğunu ve bu kadınların işgücüne ortalama olarak yıllık %50 oranla katıldığını varsayalım. Dolayısıyla iki durum söz konusudur. Birinci durumda, herhangi bir yıl içinde her kadının işgücüne katılma oranı şansı %50'dir. İkinci durumda ise kadınların %50 her zaman çalışıyorken, %50 hiç bir zaman çalışmıyor olması durumu vardır. Birinci durumda yüksek oranda devir varken ikinci durumda devir hiç olmaz. Sadece panel veri bu iki durum arasındaki farkı ayırt edebilmektedir.[77]

[75] **A.e.**, s.5
[76] Baltagi, **a.g.e.**, s.6
[77] A.e.

5) Panel veri, daha karmaşık insan davranışı modellerini analiz etmeye saf yatay kesit veya saf zaman serisi verilerinden daha elverişlidir. Örneğin, teknik açıdan yeterlilik panel veriyle daha iyi modellenir. Ayrıca zaman serisinden daha az kısıtlama uygulanabilir ve bu avantaj sağlar.[78]

6) Bireyler, firmalar ve hane halklarından toplanan mikro panel verileri, makro seviyede aynı şekilde toplanan değişkenlere göre daha kesin ölçümler sağlayabilir.

7) Makro panel verileri daha uzun zaman serilerine aittir ve bunun yanında zaman serisi analizlerinde uygulanan birim kök testleri standart olmayan dağılım problemi yaşarken, panel birim kök testleri standart dağılıma sahiptir.[79]

Yukarıda sayılan tüm bu avantajlarına rağmen panel veri analizinin bazı dezavantajları ve sınırlamaları mevcuttur. Bunlar aşağıdaki gibi listelenmiştir.

1) *Tasarım ve veri toplama sorunları:* Bu sorunlar kapsam (ilgilenilen nüfusun eksik dikkate alınması), yanıtlamama (görüşülen kişiyle yapılan yetersiz işbirliği ve görüşmeci hataları), hatırlama (görüşülen kişinin cevabı doğru şekilde hatırlayamaması), görüşme sıklığı, görüşme aralığı ve referans dönemi gibi durumları içerir.

2) *Ölçüm hatalarındaki çarpıtmalar:* Ölçüm hataları açık olmayan sorular, yanlış hatırlamalar, yanıtların kasten çarpıtılması, uygun olmayan cevap vericiler, yanıtların yanlış kaydedilmesi ve görüşmeci etkisi gibi nedenlerle yanlış cevaplar dolayısıyla artabilir.

3) *Seçicilik problemleri:* Üçe ayrılır.

[78] **A.e.**, s.6-7
[79] **A.e.**, s.7

a) *Seçim yanlılığı:* İnsanlara çalışması için önerilen ücretler bekledikleri ücretlerin altında olduğunda çalışmamayı seçerler. Bu durumda bireylerin ücretleri yerine bireysel karakteristiklerini gözlemleriz. Bireylerin ücretlerine ait gözlemler eksik olduğundan bu örneklem sansürlüdür. Ancak biz veri setimizdeki tüm bireyleri gözlemlemezsek örneklemimiz budanmış hale gelir. Bu budanmanın bir örneği New Jersey'deki negatif gelir vergisi uygulamasıdır. Geliri yoksulluk sınırında olan bireylerle gelir seviyesi yoksulluk sınırının 1.5 katı olanlar aynı örneklem grubuna girmiştir. Bu tarz budanmış örneklemlerde daha fazla veri kullanmak yanlılığın azaltılmasında yardımcı olmaz.[80]

b) *Yanıtlamama:* Panelin başlangıcında bireylerin yanıt vermeyi reddetmesi, evde kimsenin olmaması, örnekleme katılanların izlenememesi ve diğer sebeplerden dolayı meydana gelebilir. Bir yada daha fazla sorunun yanıtsız bırakılması veya sorulan sorulara verilen cevapların uygun olmaması kısmi yanıtlamama, örnekleme katılan hane halkı veya bireylerden hiç bir bilgi elde edilmemesi ise tam yanıtlamama olarak adlandırılır.

c) *Yıpranma:* Yanıtlamama durumu yatay kesit çalışmalarında da olurken, bu panel veri çalışmalarında daha ciddi bir sorundur. Çünkü panel veri analizi ilerleyen aşamalarında bile yanıtlamama durumuna hala bağlıdır. Katılımcılar ölebilir, taşınabilir veya cevap verme maliyeti yüksek bulunabilir. Bu durumlarda yıpranma gerçekleşir.

4) *Kısa zaman serisi boyutu:* Mikro panel veri setleri genellikle her bir birey için kısa zaman aralığı olan yıllık veriler içerir. Bu durum birey sayısı sonsuza doğru giderken asimptotik değerlere ulaşılacağı anlamına gelir. Panel verinin zaman aralığı maliyet artışı olmaksızın arttırılmaz. Aslında bu artış yıpranma olasılığını arttırır ve sınırlı bağımlı değişkenli panel veri modeli için hesaplanmasını zorlaştırır.

[80] Baltagi, **a.g.e.**, s.7

5) *Yatay kesit bağımlılığı:* Ülkeler arasındaki yatay kesit bağımlılığını hesaba katmayan ülkeler veya bölgelerin uzun zaman serisiyle ele alınan makro panel verileri yanıltıcı yorumlamalara neden olabilir. Bu durum hesaba katıldığında çok önemli olduğu görülmekte ve çıktı yorumlarını etkilemektedir. Alternatif birim kök testleri bu bağımlılığı dikkate alır.[81]

3.4. Panel Veri Regresyon Modelleri

Ekonomik araştırmalar yapılırken çeşitli veri türlerinden yararlanılmaktadır. Her bir veri türü ancak o veri türüne uygun modeller ile kullanılmaktadır.

Panel verilerin basit fonksiyonel şekli aşağıdaki gibidir;

$$Y_{it} = \alpha + \beta_{1it}X_{1it} + \ldots + \beta_{kit}X_{kit} + u_{it} \qquad (3.1)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

Burada alt indisteki i kesitleri, t ise zamanı göstermektedir. Y değişkeni açıklanan değişken, X ise açıklayıcı değişkendir ve k adettir. u, sıfır ortalama ve sabit varyansa sahip hata terimi ve α sabit terimdir yani bütün terimlerin ortak skaleridir (bazı kaynaklarda β_{0it} olarak yer almaktadır). Değişkenlerin, parametrelerin ve hata teriminin i ve t alt indisini barındırması, panel veri setine sahip olduklarını göstermektedir. Eşitlikte bağımsız değişkenlerce gözlemlenemeyen, zamana göre değişmeyen ama kesitlere özgü özellikleri kapsayan bireysel etki söz konusudur ve bunun yanında birimlere ait farklı özellikler hata terimi içerisinde yer almaktadır. Bu tür modellere *tek taraflı hata bileşeni regresyon modeli* adı verilmektedir.[82]

[81] Baltagi, **a.g.e.**, s.8
[82] **A.e.**, s.11-12

Çoğu panel veri uygulamasında hata terimi şu şekilde gösterilmektedir;

$$u_{it} = \mu_i + v_{it} \qquad (3.2)$$

(3.2) eşitliğinde μ_i bireysel etki olarak adlandırılmakta ve zamana bağlı olmamakla birlikte kesitten kesite değişmektedir. v_{it} ise hem zamana göre hem de kesite göre değişebilmektedir. Bunun sonucu olarak μ_i gözlenemeyen kesit etkisini, v_{it} stokastik hata terimi göstermektedir. Tek taraflı hata bileşeni modelleri sadece kesit etkisi ve stokastik hata terimlerinden oluşmaktadır. Bir diğer model olan *çift taraflı hata bileşeni regresyon modeli* ise gözlenemeyen zaman etkisini de içermektedir.[83]

Hata bileşenlerinin ekonomide ilk uygulamaları Kuh (1959) tarafından yatırım üzerine, Mundlak (1961) ve Hoch (1962) tarafından üretim fonksiyonları üzerine ve Balestra ve Nerlove (1966) tarafından doğal gaz talebi üzerine gerçekleştirilmiştir.[84]

(3.1) modelinde tahmin edilmesi gereken parametre sayısı gözlem sayısından fazladır. Bu durumda modelin tahmin edilmesi imkansızdır. Bu modelin tahmin edilebilmesi için yeniden yapılandırılması gerekir. Bunun için; Açıklayıcı değişkenler, hata terimi ve regresyon katsayıları ile ilgili bazı varsayımlar yapılmalıdır.[85]

İlk varsayım, regresyon katsayıları ile ilgili olarak bütün katsayıların aynı olduğudur. *Birleştirilmiş Regresyon Modeli* adı verilen bu model aşağıdaki şekilde gösterilir;

$$y_{it} = \alpha + \beta_1 x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_K x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.3)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

[83] Mustafa Özer ve Necati Çiftçi, "Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, No: 23, Ocak 2009, s.30-31
[84] Baltagi, **a.g.e.**, s.11
[85] Selim Tüzüntürk, "Panel Veri Modellerinin Tahmininde Parametre Heterojenliğinin Önemi: Geleneksel Phillips Eğrisi Üzerine Bir Uygulama", **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, C:XXI, No:2, 2007, s.3

Bu modelde, α parametresi bütün birimlerin ortak bir skaleri olduğunu ifade etmektedir. β parametresi ise ayrı ayrı her bir açıklayıcı değişkenin tüm birimler üzerindeki ortak etkilerini göstermektedir. Sonuç olarak iki parametrenin de birimler arasında ve zaman içinde değişiklik göstermediği (hem sabit katsayıların hem eğim katsayılarının zamana ve birimlere göre sabit olduğu) varsayılmaktadır.[86]

İkinci varsayım, eğim katsayısının sabit olduğu ve sabit katsayısının birimlere göre değiştiğidir. Bu model şu şekilde gösterilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_1 x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_K x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.4)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

Üçüncü varsayım, eğim katsayısının sabit olduğu ve sabit katsayısının zaman içinde değiştiğidir. Modelin kurulmuş hali;

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta_1 x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_K x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.5)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

Dördüncü varsayım, hem eğim katsayısının hem de sabit katsayının birimlere göre değişken ama zamana göre sabit olduğudur. Modelin kurulmuş hali;

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1i} x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_{Ki} x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.6)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

Beşinci ve son varsayım ise, hem eğim katsayının hem de sabit katsayının, hem birimlere hem de zamana göre değiştiğidir. Modelin kurulmuş hali;

[86] A.e.

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1it}x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_{Kit}x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.7)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

Sabit katsayı, eğim katsayısı ve hata terimi hakkında yapılan yukarıdaki beş varsayıma bağlı olarak panel veri regresyonu farklı şekillerde tahmin edilebilmektedir. Varsayımlar arasındaki en dikkat çekici farkların katsayıların birim ve/veya zamana göre değişip değişmediğinden kaynaklandığı görülmektedir. Literatürde kullanılan en genel ayrıma göre panel veri modelleri *Sabit Etkiler Modeli* ve *Tesadüfi Etkiler Modeli* olarak iki gruba ayrılmaktadır.

3.4.1. Sabit Etkiler Modeli

Katsayıların birimlere veya birimler ile zamana göre değiştiğinin varsayıldığı modellere sabit etkiler modelleri adı verilmektedir. Bu model birimlere veya zamana göre değişimi belirlemek için kurulmuş ise *Tek Faktörlü Sabit Etkiler Modeli*, hem birimlere hem de zamana göre değişimi belirlemek için kurulmuş ise *İki Faktörlü Sabit Etkiler Modeli* olarak adlandırılır. Zamana özgü etkilerin olmadığı ama bunun yanında birimlere özgü etkilerin olduğu varsayıldığında, *t* anında *i* inci birime ait bağımlı değişkenin değeri olan y_{it} , verilen bir zamanda hem yatay kesit birimleri arasında hem de zaman boyunca farklılıklar sergileyen *K* adet dışsal değişken $(x_{1it}, \ldots, x_{Kit}) = \mathrm{x}'_{it}$ ye bağlıdır. Ayrıca bağımlı değişken *i* inci birime özgü olan ve zaman boyunca sabit kalan değişkenlere de bağlıdır.[87]

Bu model aşağıdaki şekilde gösterilebilir;

$$y_{it} = \alpha^*{}_i + \beta_1 x_{1it} + \ldots\ldots\ldots + \beta_K x_{Kit} + u_{it} \qquad (3.8)$$

$$i = 1, 2, \ldots, N \qquad t = 1, 2, \ldots, T$$

[87] Hsiao, **a.g.e.**, s.30

(3.8)'deki denklemde β_1 'den β_K 'ya kadar olan ifadeler 1xK boyutunda bir sabitler vektörünü ifade etmektedir. $\alpha^*{}_i$ ise *i* inci birime özgü değişkenlerin etkisini gösteren 1x1 boyutlu bir skalerdir. Hata terimi olan u_{it}, hem birimlere hem de zamana özgü ihmal edilmiş olan değişkenlerin etkisini gösterir.[88]

Sabit etkiler modeli, birimler arasındaki farklılıkların sabit terimdeki farklılıklarda yakalanabildiğini varsaymakta ve bundan dolayı panel veri modeli kukla değişken yardımıyla tahmin edilmektedir. (3.1) no'lu genel panel veri modeli dikkate alındığında;

$$\beta_{1it} = \beta_1 \,, \qquad \beta_{2it} = \beta_2 \,, \qquad \beta_{3it} = \beta_3 \tag{3.9}$$

olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda sadece sabit parametre değişmekte, sabit terim zamana göre değil birim bazında farklılıklar göstermektedir. Bir başka deyişle zaman boyutu sabit terim tarafından muhafaza edilmesine rağmen bireyler arasındaki davranışlarında farklılık gösterdiği ifade edilmektedir.[89]

Bu varsayımdan dolayı panel veri modeli *En Küçük Kareler Kukla Değişken Modeli (Least Squares Dummy Variable)* ile tahmin edilmektedir. Öncelikle (3.1) no'lu denklem şu hale gelir;

$$y_{it} = \beta_{1i} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + u_{it} \tag{3.10}$$

Bu model β_{1it} ifadesi açılarak tekrar yazıldığında;

$$y_{it} = \beta_{1i} D_{1i} + \beta_{12} D_{2i} + \ldots + \beta_{IN} D_{Ni} + \beta_2 X_{2it} + \beta_3 X_{3it} + u_{it} \tag{3.11a}$$

$$= \sum_{j=1}^{N} \beta_{1j} D_{ji} + \sum_{k=2}^{K} \beta_k X_{kit} + u_{it} \tag{3.11b}$$

[88] A.e.
[89] Mehmet V. Pazarlıoğlu ve Özlem K. Gürler, "Telekominikasyon Yatırımları ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Yaklaşımı", **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar**, C:XLIV, No:508, 2007, s.38

halini alır. Bu modelde N tane yatay kesit birimi ve K-1 tane açıklayıcı değişken mevcuttur. Ayrıca kukla değişkenlerin alabileceği değerler şu şekildedir; [90]

$$D_{1i} = \begin{cases} 1, & i = 1 \\ 0, & Diğer\ Durumlar \end{cases}, \ldots\ldots\ldots\ldots, \quad D_{IN} = \begin{cases} 1, & i = N \\ 0, & Diğer\ Durumlar \end{cases}$$

Bu modelde, sabit katsayı yer almadığından N sayıda birim arasındaki farklılığı incelemek için yine N sayıda kukla değişken kullanılmaktadır. (Her bir birim için ayrı sabit katsayı tahmin edilir.)

Sabit etkiler modellerinde En Küçük Kareler Kukla Değişken Modeli dışında yaygın olarak kullanılan iki model daha vardır: *İlk Farklar Tahmin Yöntemi* ve *Grup İçi (Sabit Etkiler) Tahmin Yöntemi.*

İlk farklar tahmin yöntemi, en küçük kareler kukla değişken yöntemi sonuçlarında çok fazla kukla değişken yer alması ve bunların katsayılarının yorumlanmasının zor olabileceği gibi nedenlerle tercih edilebilmektedir. İlk farklar tahmin yöntemi adından da anlaşılacağı gibi modelin bir önceki devreye göre farklarının (ilk farklarının) alınmasını gerektirir. Bu işlem sayesinde sabit katsayı ve hata teriminde yer alan birim etkisini ifade eden bileşen elenecektir.[91] Tüm bu dönüşümler yapıldıktan sonra model,

$$Y_{it}^{*} = \beta_1 X_{it}^{*} + v_{it}^{*} \qquad (3.12)$$

şeklinde kurularak en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmektedir. ($Y_{it}^{*} = Y_{it} - Y_{it-1}$, $X_{it}^{*} = X_{it} - X_{it-1}$, $V_{it}^{*} = V_{it} - V_{it-1}$)

Sabit etkiler model tahmincilerinden bir diğeri grup içi tahmin (withinestimator) yöntemidir. Bu yöntemde bağımlı değişkendeki grup içi değişimler, bağımsız değişkenlerdeki grup içi değişimlerle açıklanmaktadır. Parametrelerin tahmini için bağımsız değişkenlerin grup içi aritmetik ortalamaları hesaplanarak, bulunan ortalamalara göre farklar alınmaktadır.[92] Bu tahmincinin kullanılmasının en önemli

[90] Pazarlıoğlu ve Gürler, **a.g.e.**
[91] Selahattin Güriş, **Stata ile Panel Veri Modelleri**, Der Yayınları, İstanbul, 2015, s.28
[92] **A.e.**, s.29

nedeni birim sayısı fazla iken oluşan serbestlik derecesi kaybını kontrol edebiliyor olmasıdır.

3.4.2. Tesadüfi Etkiler Modeli

Sabit etkiler modelinde çok fazla parametre olduğundan serbestlik derecesi düşmektedir. Ama eğer modelde bireysel etkinin "μ_i" tesadüfi olduğu varsayılırsa bu sorundan kaçınılabilir. Bu durumda μ_i ve u_i sıfır ortalama ve sabit varyansa sahiptir ve μ_i, u_i'den bağımsızdır. Ayrıca X_{it} , tüm *i* ve *t* 'ler için μ_i ve u_{it}'nden bağımsızdır. Eğer büyük bir nüfustan tesadüfen birimler çekilecekse, tesadüfi etkiler modelinin kullanılması uygundur. Bu modele genelde ev halkı için panel çalışmalarında rastlanılmaktadır. Çalışmalarda çeşitli çıkarımlarda bulunmak için ilgili nüfusun temsilcileri (tesadüfen seçilen birimler) panel veri tasarımına destek olmaktadır. Bu durumda *N* genellikle büyüktür ve sabit etkiler modeli önemli bir serbestlik derecesi düşüşüne yol açabilmektedir.[93]

Tesadüfi etkiler modellerinde, birimlere veya hem birimlere hem de zamana göre meydana gelen değişiklikler, modele hata teriminin bir bileşeni olarak dahil edilmektedir. Bunun nedeni tesadüfi etkiler modelinde önemli olanın birime veya birime ve zamana özel katsayıların bulunması yerine birime veya birime ve zamana özel "hata bileşenlerinin" bulunmasıdır. Ayrıca bu model, yalnızca gözlenen örnekteki kesit, birimler ve zamana göre meydana gelen farklılıkların etkisini değil, örnek dışındaki etkileri de dikkate almaktadır.[94]

Tesadüfi etkiler modeli şu şekilde açıklanabilir. (3.4.10) no'lu modelde β_{1i} tesadüfi değişken olarak alınıp,

$$\beta_{1i} = \bar{\beta}_1 + \mu_i \qquad (3.13)$$

[93] Baltagi, **a.g.e.**, s.14
[94] Pazarlıoğlu ve Gürler, **a.g.e.**

biçiminde modellenmektedir. Burada $\bar{\beta}_1$ anakütle ortalama sabitidir ve bu nedenle bilinmeyen bir parametredir. μ_i ise bireysel farklılıkların etkilerini dikkate alan gözlenemeyen tesadüfi hatalardır. Tüm μ_i'ler birbirlerinden ve de u_{it}'lerden bağımsızdır. (3.13) no'lu eşitlik (3.10) no'lu modelde yerine konulursa;

$$Y_{it} = \left(\bar{\beta}_1 + \mu_i\right) + \beta_2 X_{2it} + \ldots + \beta_k X_{kit} + u_{it} \qquad (3.14a)$$

$$= \bar{\beta}_1 + \sum_{k=2}^{K} \beta_k X_{kit} + (u_{it} + \mu_i) \qquad (3.14b)$$

elde edilir. (3.14b) no'lu model hata bileşen modelinin genel gösterimidir. Hata bileşeni olan v_{it}, $(u_{it} + \mu_i)$ ifadesi ile modelde yer almaktadır. Burada u_{it} tüm hataları gösterirken, μ_i sadece bireysel hataları (birimler arası farklılıkları) göstermektedir.[95] Ayrıca μ_i'nin hata bileşeni (hata payı) içerisinde yer almasının nedeni, tesadüfi etkiler modelinde birim etkinin sabit olmamasıdır.

Zaman boyunca çok sayıda birim gözlendiğinde, model dışı kalmış değişkenlerin bazen hem birimlere hem de zamana özgü etkiler sunacağı varsayılır. Öte yandan diğer değişkenlerinde zaman boyunca aynı kalırken bireysel farklılıkları yansıtacağı ve tersi durumunda mümkün olduğu yani diğer değişkenlerinde bireysel faktörler değişmezken zamana özgü farklılıklar yansıtabileceği varsayılmaktadır. Tüm bu varsayımların bir sonucu olarak hata terimi v_{it}'nin üç bileşenden meydana geldiği varsayılmaktadır[96]:

$$v_{it} = \alpha_i + \lambda_t + u_{it} \qquad (3.15)$$

[95] A.e.
[96] Hsiao, **a.g.e.**, s.34

y_{it}'nin x_{it} üzerindeki koşullu varyansı $\sigma_y^2 = \sigma_\alpha^2 + \sigma_\lambda^2 + \sigma_u^2$ şeklindedir. Eşitliğin sağ tarafındaki her bir ifade varyans bileşeni olduğu için bu tarz modeller *hata bileşenleri modeli* (veya *varyans bileşenleri modeli*) olarak adlandırılmaktadır.[97]

Tek faktörlü tesadüfi etkili modellerde tahmin edilecek 1+K sayıda parametre ve iki varyans parametresi vardır. Modellerde hata terimi ile ilgili çeşitli varsayımlar bulunmaktadır. Bunlar;

$$E(v_{it}) = E(\alpha_i) = 0$$

$$E(v_{it}v_{js}) = \sigma_v^2 \quad "i = j \; ve \; t = s \text{ ise} \tag{3.16}$$

$$E(\alpha_i\alpha_j) = \sigma_\alpha^2 \quad "i = j \text{ ise}"$$

$$E(v_{it}\alpha_i) = 0 \quad \text{"tüm } i, j \; ve \; t'ler \text{ için"}$$

İki faktörlü modellerde bireysel etki ve zaman etkisi birlikte yer almaktadır. Bu modeller üç varyans bileşeni (3.15) barındırmaktadır. Hata terimi ile ilgili temel varsayımları ise şu şekildedir:

$$E(\alpha_i) = E(\lambda_t) = E(u_{it}) = 0$$

$$E(\alpha_i\lambda_t) = E(\alpha_i u_{it}) = E(\lambda_t u_{it}) = 0$$

$$E(\alpha_i\alpha_j) = \begin{cases} \sigma_\alpha^2 & i = j \text{ ise} \\ 0 & i \neq j \text{ ise} \end{cases} \tag{3.17}$$

$$E(\lambda_t\lambda_s) = \begin{cases} \sigma_\lambda^2 & t = s \text{ ise} \\ 0 & t \neq s \text{ ise} \end{cases}$$

$$E(u_{it}u_{js}) = \begin{cases} \sigma_u^2 & i = j \; ve \; t = s \text{ ise} \\ 0 & \text{diğer durumlarda} \end{cases}$$

$$E(\alpha_i X_{it}') = E(\lambda_t X_{it}') = E(u_{it}X_{it}') = 0$$

[97] A.e.

Tesadüfi etkiler modellerinde kullanılacak parametrelerin tahmininde hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisini kullanan yöntemlerin tercih edilmesi gerekmektedir. Bunun nedeni, tesadüfi etkilerin olduğu modellerde birimlere veya hem birimlere hem de zamana özgü yaşanan değişmeler modelin hata teriminde gösterilir ve dolayısıyla farklılık, sabit etkili modellerde olduğu gibi bağımlı değişkenin beklenen değeri değil, varyansı yardımıyla modele eklenmektedir. Bu modellerin tahmininde en sık kullanılan yöntemler, *Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi* ve *En Uygun Genelleştirilmiş En Küçük Kareler Yöntemi'* dir.[98]

Genelleştirilmiş en küçük kareler tahmin yönteminin (GEKK), tesadüfi etkilerin olduğu modellerde sıkça kullanılmasının nedeni varyans-kovaryans matrisidir. Bu sözü edilen matris hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisidir. Hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisi biliniyorsa tesadüfi etkiler modelinin genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincileri matrislerle,

$$\hat{\beta}_{GEKK} = (X'\,V^{-1}X)^{-1}(X'\,V^{-1}Y) \qquad (3.18)$$

şeklinde tahmin edilir. Burada V, varyans-kovaryans matrisidir. Hata terimlerinin varyans-kovaryans matrisi ise V_i ile gösterilir. Bu tahmincilerin varyansları da yine matrislerle,

$$Var\left(\hat{\beta}_{GEKK}\right) = (X'\,V^{-1}X)^{-1} \qquad (3.19)$$

olarak tahmin edilir. Tahminde varyans-kovaryans matrisinin önemli olmasının sebebi modellere göre farklı olmasıdır. Tek veya iki faktörlü, hata bileşenleri modeli veya tesadüfi katsayılı modeller olmasına göre oluşan farklılıklar, bu matrislerde de değişikliğe yol açmaktadır.[99]

Teorik olarak hata terimlerinin varyansının bilinmesi durumunda GEKK yönteminin kullanılması gerektiğine değinilmişti. Ancak hata terimleri varyansı pratikte çoğunlukla bilinemez ve tahmin edilmeleri gerekir. Burada devreye en uygun genelleştirilmiş en küçük kareler(EGEKK) tahmin yöntemi girmektedir. Bu nedenle GEKK yöntemini kullanabilmek adına önce varyans-kovaryans matrisi tahmin

[98] Güriş, **a.g.e.**, s.26-27
[99] **A.e.**, s.30-31

edilmelidir. Tahmin yapıldıktan sonra GEKK yönteminin uygulanması ile bulunan tahminciler, en uygun genelleştirilmiş en küçük kareler tahmincileri olarak isimlendirilirler.[100] EGEKK yönteminin modeli,

$$\hat{\beta}_{EGEKK} = \left(X' \hat{V}^{-1} X\right)^{-1} \left(X' \hat{V}^{-1} Y\right) \qquad (3.20)$$

şeklinde gösterilmektedir.

Sabit etkiler modeli ve tesadüfi etkiler modeli açıklandıktan sonra en önemli soru hangisinin yapılacak olan analize daha uygun olduğudur. Bu soruya yanıt verebilmek için çeşitli testler geliştirilmiştir. Bu testlerden literatürde en yaygın kullanılanı Hausmann Testi'dir.

3.4.2. Hausmann Testi

Panel veri modelleri için en yaygın kullanılan tahmin modelleri *Genelleştirilmiş En Küçük Kareler (GLS)* tahmincileridir. Panel veriler için uygun tahminci seçimi, açıklayıcı değişkenin gözlenemeyen birim etkisine bağlı olup olmadığına bağlıdır. Tahminci kullanmanın en büyük avantajı, açıklayıcı değişken bireysel etkilerden etkilense dahi tutarlılığını korumasıdır. Ancak ciddi bir eksikliği mevcuttur. Bu da zaman içinde değişmeyen açıklayıcı değişkenlerin etkilerini tahmin etmek için uygun olmamasıdır.[101]

GLS'nin en önemli tutarlılığı, hiç bir açıklayıcı değişkenin tesadüfi etkilerle ilişkisinin olmadığı gibi güçlü bir varsayıma dayanmaktadır. Bu yüzden bu varsayımın ampirik bulgularla onaylanabileceği istatistiksel testler gereklidir. Bu amaçla kullanılan en yaygın test Hausmann Testidir.[102]

Sabit etkiler ve tesadüfi etkiler modellerinden hangisinin tercih edilmesi gerektiği konusunda en önemli cevaplardan birisini Hausmann test sonucu vermektedir. Uygulamada sabit etkiler modeli kukla değişkenler kullandığından serbestlik

[100] **A.e.**, s.32
[101] Ahn ve Moon, **a.g.e.**, s.2
[102] A.e.

derecesi kaybına neden olmaktadır. Bunun yanında tesadüfi etkiler modelinde varsayıldığı gibi birim etkileri ile açıklayıcı değişkenlerin ilişkisiz olduğunu varsaymak için açık bir gerekçe de bulunmamaktadır.[103]

Birim etkileri ve açıklayıcı değişkenler arasındaki ilişkiye bağlı olarak boş ve alternatif hipotezler kurulmaktadır. Bu ikili arasında yani sabit terim katsayıları arasında korelasyon olmadığını savunan boş hipotez ve korelasyon olduğunu savunan alternatif hipotez aşağıdaki gibidir:

H_0: Açıklayıcı değişkenler ve birim etkileri arasında korelasyon yoktur.
H_1: Açıklayıcı değişkenler ve birim etkileri arasında korelasyon vardır.

Hausmann testi sıfır hipotezinde "her iki tahmincide tutarlıdır ve sabit ve tesadüfi etkiler arasında fark çok küçüktür yani tesadüfi etkiler söz konusudur." derken alternatif hipotezde "tesadüfi etkiler sapmalıdır ve tahminciler arası fark büyüktür yani sabit etkiler söz konusudur." demektedir. Yani sıfır hipotezinin reddedilip edilmediğine göre hangi modelin kullanılacağı konusunda kesin bir yargıya varılabilmektedir.

Hipotezler yazıldıktan sonra Wald kriterine dayanan Hausmann test istatistiği;

$$HS = \left(\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{TE}\right)' \left(Var\left(\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{TE}\right)\right)^{-1} \left(\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{TE}\right) \qquad (3.21)$$

biçiminde kurulur. Burada $(\hat{\beta}_{SE})$ sabit etkiler modelinin parametrelerini, $(\hat{\beta}_{TE})$ tesadüfi etkiler modelinin parametrelerini gösterir.[104] Ayrıca $Var\left(\hat{\beta}_{SE} - \hat{\beta}_{TE}\right)$ ifadesi de sırasıyla sabit ve tesadüfi etkiler modellerinin tahmin edilmesinden elde edilen varyans kovaryans matrisleri arasındaki farkı gösterir.

Hausman Test istatistiği k serbestlik dereceli ki-kare dağılımı göstermektedir.[105] Test istatistiğinin değeri p değerinden küçük olduğunda hipotez reddedilemez. Bu durumda Tesadüfi Etkiler Modeli kullanılır. Test istatistiğinin değeri p değerinden

[103] William H. Greene, **Econometric Analysis**, Fifth Edition, Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall, 2002, s.301
[104] Güriş, **a.g.e.**, s.37
[105] Pazarlıoğlu ve Gürler, **a.g.e.**, s.39

büyük olduğu durumda hipotez reddedilir. Bu durumda ise Sabit Etkiler Modeli kullanılır.

3.4.3. Modellerde Karşılaşılabilecek Sorunlar

Hausmann Test sonucuna göre oluşturulmuş olan modelin hata teriminde otokorelasyonun varlığı ve farklı varyans sorunu olup olmadığı araştırılmalıdır. Otokorelasyon ve farklı varyans sorunlarının varlığı durumunda bir takım problemler oluşmaktadır. Otokorelasyon sorununun varlığı halinde parametre tahminleri sapmasız olmakla birlikte etkin değildir. Hata terimleri varyansı, olduğundan daha düşük tahmin edilmektedir. Diğer yandan farklı varyans sorununun varlığı halinde en küçük kareler yöntemi ile elde edilen tahmin sonuçları sapmasız ve tutarlıdır fakat bunun yanında yine etkinlik özelliğine sahip değillerdir. Parametreler için hesaplanan standart hatalar doğru sonuçlar vermediğinden sınama testleri ve güven aralıkları da yanıltıcı olmaktadır.[106]

Panel verilerle çalışıldığında birim içi ve birimler arası olarak varsayımlar bulunmaktadır. Birim içi farklı varyans çok önemli bir sorun değildir. Genelde sadece yatay kesit verileriyle çalışıldığında ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle panel verilerde farklı varyans dendiğinde, birim içi göz ardı edilerek birimlere göre farklı varyans sorunu olduğu anlaşılmaktadır. Ancak birim içi otokorelasyon sıklıkla görülmektedir. Otokorelasyon her bir dönemdeki hataların, zamanla değişmeyen dışlanmış faktörler içermesi nedeniyle oluşmaktadır. Birim içinden başka birime göre de aynı sorunlarla karşılaşılabilmektedir. Bunun nedeni, panel veri modellerinde birimler yer aldığı için birimler arası farklılıkların söz konusu olmasıdır.[107]

Modelde otokorelasyon varlığını tespit edebilmek için yaygın olarak kullanılan test Durbin-Watson Testi'dir. Ancak panel verilerle çalışırken Durbin-Watson istatistiğine ilişkin kritik değerlerin gereksiz ve uygulanamaz olduğunu ileri süren

[106] Hale Akbulut, "Transfer Harcamaları ve Büyüme ilişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Dinamik Panel Veri Analizi", Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2013.
[107] Ferda Yerdelen Tatoğlu, **Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı**, 2.Baskı, Beta Basım, İstanbul, 2013, s.198

Bhargava, Franzini ve Narendranathan [108], modeldeki *N*, *T* ve *k* için çeşitli alt ve üst sınırlar belirleyerek bu değerleri tablo haline getirmişlerdir. Hesaplanan Durbin-Watson değeri alt sınır değerinden küçük veya üst sınır değerinden büyük olduğunda otokorelasyonun varlığı tespit edilmiş olmaktadır.

Bhargava, Franzini ve Narendranathan, AR(1) modeli kullanarak Durbin-Watson test istatistiğini önermiş ve hipotezleri şu şekilde kurmuşlardır;

$H_0: p = 0$ "otokorelasyon yoktur"

$H_1: |p| < 1$ "otokorelasyon vardır"

Test istatistiği (d) aşağıdaki gibi bulunmaktadır;

$$d = \frac{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{n_i} \left[\tilde{z}_{i,t_{i,j}} - \tilde{z}_{i,t_{j-1}} I\left(t_{i,j} - t_{i,j-1} = 1\right) \right]^2}{\sum_{i=1}^{N} \sum_{j=1}^{n_i} \tilde{z}_{i,t_{i,j}}^2} \qquad (3.22)$$

bu denklemde, $\tilde{z} = \mathrm{diag}(B_i B_i')\left(Y - X\tilde{\beta}\right)$ eşitliği vardır. B_i ifadesi birim vektörü, diag( ) ise bu vektörlerin matris haline getirildiğini gösterir. $I\left(t_{i,j} - t_{i,j-1} = 1\right)$ ise, parantez içindeki önerme doğruysa 1, yanlışsa 0 değerini alan bir işaret fonksiyonudur.[109]

Otokorelasyon varlığını test etmekte yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntem Baltagi-Wu'nun Yerel En İyi Değişmez Testi (LBI)'dir. Hipotezleri;

$H_0: p = 0$ "otokorelasyon yoktur"

$H_1: p > 0$ ya da $H_2: p < 0$ "otokorelasyon vardır"

şeklinde kurulmaktadır.[110]

---

[108] Alok Bhargava, L. Franzini, W. Narendranathan, "Serial Correlation and the Fixed Effect Model", **Review of Economic Studies**, C:XLIX, No:4, 1982, 533-549.
[109] Tatoğlu, **a.g.e.**, s.213
[110] **A.e.**, s.211

Farklı varyans sorunu olup olmadığını test etmek için kullanılan testler; Değiştirilmiş Wald Testi, Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi, Levene Testi, Brown ve Forsythe Testi'dir.

Değiştirilmiş Wald testine bakıldığında birimlere göre sabit etkiler modelinde kullanıldığı görülmektedir. Temel hipotezi;

$H_0: \sigma_i^2 = \sigma^2$ "varyanslar, birimlere göre değişmemektedir"

şeklinde kurulur. Değiştirilmiş Wald istatistiği,

$$W = \sum_{i=1}^{N} \frac{\left(\hat{\sigma}_i^2 - \sigma^2\right)^2}{V_i} \qquad (3.23)$$

şeklinde gösterilmektedir. Burada $\hat{\sigma}_i^2$ ifadesi, i inci yatay kesit birimin kalıntı varyansının tahmincisidir.[111]

Tesadüfi etkiler modelinde farklı varyansın olup olmadığını ortaya çıkarmak için en çok kullanılan iki test Breusch-Pagan Lagrange Çarpanı Testi (LM) ve düzeltilmiş Wald testleridir. Bu testlerden ilki incelendiğinde Breusch ve Pagan'ın, farklı varyans durumunu saptamak için lagrange çarpanı (LM) adında bir test önermişlerdir. Bu testte, genel panel veri modelinden yola çıkılmakta ve ilk aşamada zamana göre ortalamalar alınmaktadır. Sonrasında zamana göre birim ortalamalar regresyonu, standart hataya bölünmektedir. Kurulan temel hipotez,

$H_0: \Delta = 0$ "model birim içi ve birimlere göre eşit varyanslıdır"

şeklindedir. Test istatistiği ise [K(K+1)/2] serbestlik derecesi ile ki-kare dağılıma uymaktadır.[112]

[111] **A.e.**, s.208
[112] **A.e.**, s.221-222

3.5. Panel Verilerde Birim Kök Testleri

Panel verilerde hem birimlere hem de zamana ait bilgiler analize dahil edilebilmektedir. Verilerin kesit boyutuna ilaveten zaman boyutunun da analizde yer alması nedeniyle serilerin zaman içinde yaşadıkları değişim önem arz etmektedir. Panel verilerdeki zaman etkisinin incelenmesiyle panel veriyi oluşturan sürecin durağan olup olmadığı belirlenebilecektir.[113]

Durağanlık kavramı zaman serisi analizinde ve bu serinin bulunduğu analiz türlerinde incelenmesi gereken bir kavramdır. Zaman serisi analizlerinde ortalaması ve varyansı zamandan bağımsız, kovaryansı ise zamanlar arasındaki farka bağlı olan serilere durağan seriler denmektedir.[114]

Herhangi bir serinin durağan seri özelliği gösterebilmesi için seriyi oluşturan sürecin sabit bir ortalama ve varyansa sahip olması gerekmektedir. Ayrıca serinin kovaryansının da zamanlar arası farka bağlı olarak sabit olması gerekmektedir.

Durağan olmayan seriler istatistiksel analiz sonuçlarının yanıltıcı olmasına neden olmaktadır. Özellikle sahte regresyon denilen yanıltıcı bir sonuçla karşılaşılmakta yani geleneksel F ve t testleri, R^2 değerleri sapmalı sonuçlar vermektedir.[115] Panel birim kök testlerini zaman serisi birim kök testlerinden ayıran en önemli fark, hem zaman hem de kesit boyutu nedeniyle panel veriler asimptotik davranış gösterebilmektedirler. Panel verilerle çalışıldığında birimler arası korelasyon olursa, yapılan testlerin asimptotik özellikleri etkilenebilmektedir. Bunun bir sonucu olarak çeşitli birim kök testleri geliştirilmiştir.

Panel birim kök testleri literatürde birinci nesil ve ikinci nesil testler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Birimler arasında korelasyon olmadığı durumlarda birinci nesil panel birim kök testleri kullanılırken, birimler arası korelasyon olduğu durumlarda ikinci nesil panel birim kök testleri kullanılmaktadır.

---

[113] Güriş, **a.g.e.**, s.203
[114] A.e.
[115] Ferda Yerdelen Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, 2.Baskı, Beta Basım, İstanbul, 2013, s.199

3.5.1. Birinci Nesil Panel Birim Kök Testleri

Birinci nesil panel birim kök testleri, yatay kesit birimleri arasında korelasyon olmaması durumunda kullanılabilen testlerdir. Dickey Fuller (1979) ve Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) test yaklaşımları üzerine temellenmişlerdir.[116] Literatüre bakıldığında birçok test görülmektedir. Bunlar Levin, Lin (1992) testi, Im, Pesaran ve Shin (1997) testi, Harris ve Tzavalis (1999) testi, Mandala ve Wu (1999) testi, Breitung (2000) testi, Hadri (2000) testi, Choi (2001) testi, Levin, Lin ve Chu (2002) testi ve Im, Pesaran ve Shin (2003) testleridir.

3.5.1.1. Levin, Lin ve Chu (LLC) Panel Birim Kök Testi

LLC testi, tüm birimlerin aynı otoregresif parametreye (ρ) sahip olduğunu varsayar. Sadece dengeli panellere uygulanabilmektedir. Bu testin hipotezleri,

H_0: Seride genel bir birim kök vardır $(\rho_i = \rho = 1)$

H_1: Seride genel bir birim kök yoktur $(\rho_i = \rho < 1)$

şeklinde kurulmaktadır. Hipotezin testi için sabitsiz, sabitli (birim (sabit) etkiler), sabitli-trendli olmak üzere üç farklı model oluşturulmuştur:

Model 1: $\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + u_{it}$

Model 2: $\Delta Y_{it} = \alpha_{0i} + \rho Y_{it-1} + u_{it}$

Model 3: $\Delta Y_{it} = \alpha_{0i} + \alpha_{1i} t + \rho Y_{it-1} + u_{it}$

Model 1, homojen paneli; Model 2, sabit parametre ile heterojen paneli ve Model 3, heterojen sabit ve bireysel trendleri içermektedir. Oluşturulan temel denklem aşağıda gösterilmiştir;[117]

[116] Güriş, **a.g.e.**, s.204
[117] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.200

$$\Delta Y_{it} = \rho Y_{it-1} + \sum_{L=1}^{pi} \theta_{iL}\, \Delta Y_{it-L} + \alpha_{mi} d_{mt} + u_{it} \qquad (3.24)$$

Temel denklemde, hata terimi olan u_{it} birimler boyunca korelasyonsuzdur ve şu şekilde gösterilmektedir;

$$u_{it} = \sum_{j=1}^{\infty} \theta_{ij}\, v_{it-j} + \varepsilon_{it} \qquad (3.25)$$

(3.6) denkleminde, d_{mt} her bir birim için kukla değişkenleri, α_{mi} bu kukla değişkenlerin parametrelerini göstermektedir. İlk olarak ΔY_{it} ve Y_{it-1} 'in ΔY_{it-L} ile ayrı ayrı regresyonları bulunmakta ve kalıntılar elde edilmektedir (denklemde yer alan L, optimal gecikme uzunluğudur ve bilgi kriterlerinden birisi kullanılarak tespit edilebilmektedir[118]):

$$\hat{e}_{it} = \Delta Y_{it} - \sum_{L=1}^{p_i} \hat{\pi}_{iL}\, \Delta Y_{it-L} - \hat{\alpha}_{mi} d_{mt} \qquad (3.26)$$

$$\hat{u}_{it-1} = Y_{it-} \; - \sum_{L=1}^{p_i} \hat{\pi}_{iL}\, \Delta Y_{it-L} - \hat{\alpha}_{mi} d_{mt} \qquad (3.27)$$

Kesit verilerdeki birimlerden kaynaklanan heterojenliği gidermek için (3.26) ve (3.27) 'deki denklemlerinden elde edilen kalıntılar ana denklemin standart hatasına oranlanıp normalleştirilmektedir. Daha sonra kısa ve uzun dönem standart sapmaları tahmin edilmektedir. Öncelikle uzun dönem standart sapması,

$$\hat{\sigma}^2_{Y_i} = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^{T} \Delta Y_{it}^{\,2} + 2 \sum_{L=1}^{K} \omega_{\overline{K}L} \left[\frac{1}{T-1} \sum_{t=2+L}^{T} \Delta Y_{it} \Delta Y_{it-L} \right] \qquad (3.28)$$

[118] A.e.

ile bulunmaktadır. Burada $\overline{K}$ veriye bağlı olarak kesikli gecikmedir. Ayrıca $\omega_{\overline{K}L} = 1 - (L/(\overline{K}+1)$ eşitliği mevcuttur. Bu işlemin ardından her bir yatay kesit birim için standart sapma, uzun dönem standart sapmasının kısa dönem standart sapmasına oranlanması ile bulunmaktadır. ($\hat{s}_i = \hat{\sigma}_{Y_i}/\hat{\sigma}_{\varepsilon_i}$) Ardından ortalama standart sapma (S_N),

$$\hat{S}_N = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{N} \hat{s}_i \tag{3.29}$$

formülü ile hesaplanmaktadır. Son olarak bulunan bu değer düzeltilmiş t istatistiklerinin hesaplanmasında,

$$t_\rho^* = \frac{t_{\rho=0} - (N\tilde{T})\hat{S}_N \hat{\sigma}_{\hat{\varepsilon}}^{-2} se(\hat{\alpha})\, \mu_{m\tilde{T}}^*}{\sigma_{m\tilde{T}}^*} \tag{3.30}$$

formülü ile kullanılmaktadır. Burada , $\mu_{m\tilde{T}}^*$ ve $\sigma_{m\tilde{T}}^*$ Monte Carlo Benzetimlerinden elde edilen, Levin ve Lin'in ortalama ve standart sapma düzeltme parametreleridir. (3.30)'de bulunan t test istatistikleri, LLC tablo değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Eğer H_0 hipotezi reddedilirse modelin durağan olduğuna karar verilmektedir.[119]

3.5.1.2. Harris ve Tzavalis Panel Birim Kök Testi

Harris ve Tzavalis (HT) testi, tüm birimlerin aynı otoregresif parametreye sahip olduğunu varsayar. Bununla birlikte üç farklı modeli ele almaktadır. Temel hipotezi $\rho = 1$ iken, alternatif hipotez $\rho < 1$ 'dir(tüm bu özellikleri LLC testi ile benzerlik göstermektedir). HT testi, T zaman serisi boyutu sabit ve N kesit verisi boyutu sonsuza gidiyorken korelasyonsuz hatalar içeren panel veri modelleri için uygulanmaktadır.[120]

[119] **A.e.**, s.201
[120] Güriş, **a.g.e.**, s.206

HT testinin birinci aşamasında, ρ Gölge Değişkenli En Küçük Kareler veya grup içi tahminci uygulanarak tahmin edilebilmektedir. ρ için grup içi tahminci,

$$\hat{\rho} - 1 = \left(\sum_{i=1}^{N} Y'_{i,-1} \, Q_T Y_{i,-1} \right)^{-1} \left(\sum_{i=1}^{N} Y'_{i,-1} \, Q_T Y_{i,} \right) \tag{3.31}$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Bu denklemde Q_T bir dönüşüm matrisidir. Bu tahminci "$\rho < 1$" olması durumunda tutarsızdır yani asimptotik bir sapma mevcuttur. Bu sapmaya *"Nickell Sapması"* denmektedir. Harris ve Tzavalis, grup içi tahmincideki bu sapmanın $\rho = 1$ olduğunda -3/(T+1)'e eşit olduğunu göstermiştir.[121] LLC testi ile aynı üç modele sahip olduğu daha önceden belirtilmiş olan HT testinde Model 2 için Standartlaştırılmış Birim Kök Test istatistiği,

$$\hat{\mathrm{t}} = C^{-1/2}\sqrt{N}\left(\sum_{i=1}^{N} \hat{\rho}_{GDEKK} - 1 + \frac{3}{T+1} \right) \tag{3.32}$$

ile hesaplanmaktadır. Burada C =3(177T^2-20T+17) / 5(T-1)(T+1)^3 eşitliği mevcuttur. Ayrıca $\hat{\rho}_{GDEKK}$, ρ'nın Gölge Değişkenli En Küçük Kareler Tahmincisini göstermektedir.

3.5.1.3. Breitung Panel Birim Kök Testi

Breitung panel birim kök testinde, diğer birim kök testlerinden farklı bir yaklaşım kullandığı için ayrılmaktadır. Bu yaklaşımda standart t istatistikleri kullanılabilmesi adına regresyon hesaplanmadan önce verinin dönüştürülmesi gerekmektedir. Breitung, LLC ve Im, Pesaran ve Shin (IPS) test istatistiklerine karşı yanlı düzeltme faktörleri gerektirmeyen bir havuzlandırılmış panel birim kök testini uygun değişken dönüşümleri vasıtasıyla geliştirmiştir.[122] Breitung,

$$Y_{it} = \mu_i + \beta_i t + X_{it} \tag{3.33}$$

[121] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.204
[122] Jaroslava Hlouskova ve Martin Wagner, "The Performance of Panel Unit Root and Stationarity Tests: Results from a Large Scale Simulation Study", **Econometric Reviews**, C:XXV, No:1, 2006, s.92

regresyon modelinden hareket etmiştir. Bu modelde X_{it},

$$X_{it} = \sum_{k=1}^{p+1} \alpha_{ik} X_{i,t-k} + \varepsilon_{it}$$

biçiminde gösterilen otoregresif sürece sahip ve s ≤ 0 için $X_{is} = 0$'dır. Bu testte de diğer iki testte olduğu gibi, otoregresif parametre var olduğu varsayılmaktadır ($\rho_i = \rho$).[123] Süreç, H_0 hipotezi altında fark durağan iken alternatif hipotez altında trend durağandır ($\rho_i < 0$):

$$H_0: \rho_i \equiv \sum_{k=1}^{p+1} \alpha_{ik} - 1 = 0 \qquad tüm\ i = 1, \dots, N\ için$$

Test iki aşamada uygulanır: İlk adımda, gecikmeli farkların ($\Delta Y_{it-1}, \dots, \Delta Y_{it-p}$), hem ΔY_{it} hem de Y_{it-1} ile regresyonu tahmin edilmekte ve kalıntılar elde edilmektedir. Bu kalıntılar sırasıyla e_{it} ve u_{it-1} 'dir. İkinci adımda ise olası bir farklı varyans durumuna karşı kalıntılar standartlaştırılmaktadır ($\tilde{e}_{it} = e_{it}/\sigma_i$ ve $\tilde{u}_{it} = u_{it}/\sigma_i$ şeklinde). Uygulamada çoğunlukla e_{it} 'nin varyansı kullanılmaktadır.[124] Standardize edilmiş artıklardan yararlanarak,

$$\tilde{u}_{it} = \rho\left(\tilde{w}_{i,t-1} - \tilde{w}_{i0}\right) + \beta t + v_{it} \qquad (3.34)$$

modeli tahmin edilir. Bu modelde $\rho = 0$ için test istatistiği,

$$\lambda = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\tilde{u}_{it-1} - \tilde{u}_{i0})\tilde{e}_{it}}{\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}(\tilde{u}_{it-1} - \tilde{u}_{i0})^2}} \qquad (3.35)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Bu istatistik, sırasıyla $T \to \infty$ ve $N \to \infty$'a giderken asimptotik olarak normal dağılmaktadır.[125]

[123] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.206
[124] A.e.
[125] Güriş, **a.g.e.**, s.215

3.5.1.4. Im, Pesaran ve Shin Panel Birim Kök Testi

LLC panel birim kök testinde yatay kesit birimlerinin otoregresif katsayısının homojen olması sınırlaması varken, Im, Pesaran ve Shin (IPS) panel birim kök testinde bu sınırlama bulunmamaktadır ve birim kök testi katsayılarının heterojen olmasına izin vermektedir. IPS testi, yatay kesit birimleri boyunca farklı seri korelasyon özellikleriyle hata terimi u_{it} ile ilişkili olduğunda Genişletilmiş Dickey Fuller (ADF) testini önermektedir. [126] Modelin hipotezlerine bakıldığında, sıfır hipotezi panelin her serisinde tüm i'ler için birim kök içerdiğini ($H_0: \rho_i = 0$), alternatif hipotez ($H_1: \rho_i < 0$) ise en az birinin birim kök içermediğini yani en az birinin durağan olduğunu belirmektedir (Bazı birimlerin birim kök içermesine izin vermektedir[127]).

IPS t istatistiği tüm bireysel ADF istatistiklerinin ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Bu durum aşağıda gösterilmiştir:

$$\bar{t} = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_{\rho i} \qquad (3.36)$$

Burada $t_{\rho i}$ bireysel test istatistiklerini ifade etmektedir;

$$t_{\mathrm{pi}} = \frac{\int_0^1 w_{iz} dw_{iz}}{\left[\int_0^1 w_{iz}^2\right]^{1/2}} = t_{\mathrm{iT}}$$

$\int w(r)$, Weiner integralini ifade etmektedir. IPS, t_{iT} 'nin sonlu ortalama ve varyansla özdeş ve bağımsız dağılımlı olduğunu varsaymaktadır. Testte hipotezleri sınamak için standart normal t dağılımı yerine, her bir grup için ayrı hesaplanan t değerlerinin aritmetik ortalaması ($\bar{t}$) kullanılmaktadır. Standartlaştırılmış $\bar{t}$ istaistiği, $W_{\bar{t}}$ olarak adlandırılırsa,

[126] Baltagi, **a.g.e.**, s.242
[127] A.e.

$$t_{IPS} = W_{\bar{t}} \frac{\sqrt{N}\left(\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} t_{iT}\right) - \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} E[t_{iT} \mid \rho_i = 0]}{\sqrt{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} var\langle[t_{iT} \mid \rho_i = 0]\rangle}} \Longrightarrow N(0,1) \qquad (3.37)$$

şeklinde ifade edilebilmektedir.[128] Burada $E[t_{iT} \mid \rho_i = 0]$ ve $var\langle[t_{iT} \mid \rho_i = 0]\rangle$, T_i ve ρ_i 'nin farklı değerleri için hesaplanan ortalama ve varyans değerleridir.

IPS testinin iki önemli özelliği mevcuttur. Öncelikle bu testin kullanılabilmesi için dengeli panel şartı yoktur. Ama birimlere ait zaman serilerinde boşluk olmamalıdır. Bir diğer özellik ise, T ve N'nin sırasıyla sonsuza gittiği durumda bu test asimptotik olarak geçerlidir.[129]

3.5.1.5. Hadri Panel Birim Kök Testi

Hadri testi, diğer birim kök testlerinden farklı bir özelliğe sahiptir. Bu test durağan olmayan alternatif hipoteze karşı durağan olan sıfır hipotezini test etmektedir.[130] Bu testin temelinde kalıntı temelli Lagrange Çarpanı (LM) testi yer almaktadır. Hadri (2000) sabit etkili veya hem sabit etkili hem trendli olmak üzere iki farklı modeli kullanmaktadır:[131]

$$Y_{it} = r_{it} + \varepsilon_{it} \qquad t = 1, \dots, T \quad i = 1, \dots, N \qquad \text{"sabit etkili"} \qquad (3.38)$$

$$Y_{it} = r_{it} + \beta_i t + \varepsilon_{it} \qquad \text{"hem sabit etkili hem trendli"} \qquad (3.39)$$

Modellerde yer alan r_{it} , rassal yürüyüşe sahip otoregresif bir sürece sahiptir ve $r_{it} = r_{i,t-1} + u_{it}$ şeklinde açılmaktadır. $\varepsilon_{it} \sim IIN(0, \sigma_\varepsilon^2)$ ve $u_{it} \sim IIN(0, \sigma_u^2)$ denklikleri sağlandığından tüm i ve t 'ler boyunca karşılıklı olarak bağımsız normal dağılıma sahiptirler.[132] Ayrıca u_{it} ile r_{it} korelasyonsuzdur.

[128] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.213
[129] A.e.
[130] Güriş, **a.g.e.**, s.211
[131] Baltagi, **a.g.e.**, s.246
[132] A.e.

Temel hipotez ($H_0: \sigma_u^2 = 0$) altında, Y_{it} (3.38) modelinde bir düzey etrafında ve (3.39) modelinde trend durağandır. (3.38) modeli,

$$Y_{it} = r_{i0} + \sum_{t=1}^{T} u_{it} + \varepsilon_{it} \quad veya \quad Y_{it} = r_{i0} + e_{it} \tag{3.40}$$

şeklinde yazılabilir. Hata terimi için $e_{it} = \sum_{t=1}^{t} u_{it} + \varepsilon_{it}$ kısaltması yapılmıştır. Ayrıca Başlangıç değeri "r_{i0}" bilinmeyen heterojen sabittir.[133]

Modelde dikkat edilmesi gereken nokta;

$\sigma_u^2 = 0$ ise yani temel hipotez doğruysa, $\varepsilon_{it} = e_{it}$ eşitliği vardır ve e_{it} durağandır ($r_{i,t}$ bir sabittir).

$\sigma_u^2 \neq 0$ ise, e_{it} durağan değildir ($r_{i,t}$ rassal yürüyüş süreci izlemektedir).[134]

Hadri testinde hipotezler,

$H_0: \lambda = 0$

$H_1: \lambda > 0$

şeklinde kurulmaktadır ($\lambda = \sigma_u^2/\sigma_e^2$ olarak hesaplanan hata varyansları oranıdır).

Hadri LM test istatistiği;

$$LM = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{T^2}\sum_{t=1}^{T} S_{it}^2}{\hat{\sigma}_e^2} \tag{3.41}$$

olarak formüle edilir. Burada S_{it} kalıntıların kısmi toplamıdır;

$$S_{it} = \sum_{t=1}^{T} \hat{e}_{it}$$

ve H_0 hipotezi altında $\hat{\sigma}_e^2$, σ_e^2 'nin tutarlı tahmincisidir. $\hat{\sigma}_e^2$,

[133] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.209
[134] A.e.

$$\hat{\sigma}_e^2 = \frac{1}{NT}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{e}_{it}^2 \qquad (3.42)$$

biçiminde hesaplanır.[135]

Hadri panel birim kök testinin özelliklerine bakıldığında, dengeli panel verisiyle çalışma zorunluluğu vardır. Test, hata terimlerinin normal dağıldığını varsaymaktadır. Ayrıca T ve N'nin sırasıyla sonsuza gittiği durumda asimptotik olarak geçerlidir. Hadri, T'nin büyük ve N'nin orta olduğu durumda uyguladığı testinin daha güçlü olduğunu ifade etmiştir.[136]

3.5.1.6. Fisher Panel Birim Kök Testleri

Fisher testlerinde, önce her bir birim için birim kök testi yapılmakta ve sonrasında bu testlerden elde edilen p-değerleri tüm testi oluşturmak için kullanılmaktadır. Fisher ADF testi zaman serileri için klasik ADF testini uygularken, Fisher Philips ve Peron testi zaman serileri için klasik Philips ve Perron (PP) testini her birime uygulamaktadır.[137]

Literatürde daha az kullanılmakla birlikte diğer ismi Mandala ve Wu (1999) panel birim kök testi olan Fisher ADF testinde model,

$$Y_{it} = d_{it} + X_{it} \qquad (i = 1, \dots, N \ ; \ t = 1, \dots, T_i) \qquad (3.43)$$

şeklinde kurulmaktadır. Bu modelde $d_{it} = \beta_{i0} + \beta_{i1}t + \cdots + \beta_{im_i}t^{m_i}$ ve $X_{it} = \alpha_i X_{it-1} + u_{it}$ eşitlikleri mevcuttur. Ayrıca u_{it} durağandır. Y_{it}, stokastik olmayan d_{it} ve stokastik olan X_{it} süreçlerinin birleşmesinden oluşmaktadır.[138]

Fisher ADF testinin hipotezleri,

$H_0: \rho_i = 0$ "tüm birimlerin zaman serileri birim köklüdür, durağan değildir"

[135] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.209
[136] A.e.
[137] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.214
[138] **A.e.**, s.215

H_0: $|\rho_i| < 0$ "bazı birimlerin zaman serileri durağandır, bazıları ise durağan değildir"

şeklinde kurulmaktadır. Fisher ADF ve Fisher Philips ve Perron testlerinde test istatistikleri sırasıyla,

$$\lambda = -2\sum_{i=1}^{N} \ln(p_i) \rightarrow X_{2N}^2 \qquad (3.44)$$

ve

$$Z = \frac{1}{2\sqrt{N}}\sum_{i=1}^{N}(-2\ln(p_i) - 2) \rightarrow N(0,1) \qquad (3.45)$$

şeklindedir. Burada geçen p_i, yatay kesit i için birim kök testinin olasılık değeridir.[139]

Fisher testlerinin önemli bazı özellikleri vardır. Özellikle dengeli panel verisiyle çalışılma zorunluluğu yoktur ve bireysel serilerde boşluklar bulunabilmektedir. Bu özellik diğer testlere göre esneklik sağlar. Ayrıca her iki testte de T'nin sonsuza gittiği durumda asimptotik olarak geçerlidir ve birim sayısı N sonlu ise, testler, alternatif hipoteze karşı tutarlıdır. [140]

3.5.2. İkinci Nesil Panel Birim Kök Testleri

İkinci nesil panel birim kök testleri, kesit birimleri arasındaki korelasyon durumunda meydana gelebilecek sonlu örnek özelliklerindeki sapmayı gidermek amacıyla geliştirilmişlerdir. Bu testler, kesit birimleri arasındaki korelasyonu faktör modeli veya genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemini kullanarak kurulan modeller ile gidermeye çalışmaktadır. Durağanlığı birimler arasındaki kesitsel bağlılığı dikkate alarak incelemektedir.[141]

[139] A.e.
[140] A.e.
[141] Güriş, **a.g.e.**, s.221

3.5.2.1. Moon ve Perron Panel Birim Kök Testi

Moon ve Perron (2004) panel birim kök testi, kesit birimlerin korelasyonlu olduğu durumda panel birim kökün analizi için faktör modeli yapısına dayanan bir yaklaşım önerir.[142] Bu test,

$$Y_{it} = \alpha_i + Y_{it}^0 \tag{3.46}$$

modelinden hareket etmiştir. Burada $Y_{it}^0 = p_i Y_{it-1}^0 + \varepsilon_{it}$ 'dir. Bunun yanında α_i sabit etkileri, ε_{it} gözlenemeyen hata terimlerini ifade etmektedir. ε_{it} , M tane gözlenemeyen tesadüfi faktör tarafından oluşturulmaktadır ve f_t artık şoklar olmak üzere, ε_{it} , $\varepsilon_{it} = \wedge_i' f_t + e_{it}$ şeklinde yazılabilmektedir. Burada $\wedge_i$, parametre vektörleri üzerine yüklenen tesadüfi olmayan faktörlerdir. Bu faktör sayısı (M) bilinmemektedir. Ayrıca modeldeki her bir ε_{it} , genel tesadüfi faktör f_t içermektedir.[143] Moon ve Perron testinde hipotezler,

$H_0: \rho_i = 1 \quad (tüm\ i = 1, \dots, M\ için\ birim\ kök\ vardır)$

$H_1: \rho_i < 1 \quad (bazı\ i'ler\ için\ birim\ kök\ yoktur)$

şeklinde kurulmaktadır. Hipotezlerin test edilmesi için önerilen iki test istatistiği mevcuttur;

$$t_a = \frac{\sqrt{N}T(\hat{p}_h^+ - 1)}{2\phi_e^4 / w_e^4} \tag{3.47}$$

$$t_b = \sqrt{N}T(\hat{p}_h^+ - 1)\sqrt{\frac{1}{NT^2} tr(Y_{-1} Q_\wedge Y'_{-1}) \frac{w_e^2}{\phi_e^4}} \tag{3.48}$$

burada $\hat{p}_h^+$, ρ'nun havuzlanmış sapması düzeltilmiş tahminidir ve

$$\hat{p}_h^+ = \frac{tr(Y_{-1} Q_\wedge Y'_{-1}) - NT\lambda_e^N}{tr(Y_{-1} Q_\wedge Y'_{-1})}$$

[142] **A.e.**, s.222
[143] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.220-221

şeklinde ifade edilir. $Q_{\wedge}$, faktör yüklemesi için uzayda otogonalliği üzerine izdüşümü alınmış matristir. w_{ei}^2 , e_{it} 'nin uzun dönem varyansıdır ve λ_{ei} , e_{it} 'nin tek yönlü uzun dönem varyansıdır. Ayrıca $\sigma_e^2, w_e^2 \; ve \; \lambda_e$ yatay kesit ortalamalardır. ϕ_e^4 'de $w_{e,i}^2$ 'ün yatay kesit ortalamasıdır. Son olarak Y_{-1} ise, gecikmeli değişkenlerin matrisidir.[144] Bu modelin analizi sonucunda bulunan test istatistikleri N ve T sonsuza giderken standart normal dağılıma sahiptir.

3.5.2.2. Phillips ve Sul Panel Birim Kök Testi

Phillips ve Sul (2003) yöntemi Moon ve Perron (2004) test sürecine benzer. Ancak en önemli farkları, Phillips ve Sul testinin sadece bir faktöre izin vermesi ve Moon ve Perron testindeki f_t 'nin zaman boyunca tıpkı standart normal dağılım gibi bağımsız dağılması gerekliliğidir.[145]

Test istatistiği, bireysel birim kök testlerinin p-değerlerinin bir kombinasyonudur:

$$Z = \frac{1}{\sqrt{N}} \sum_{i=1}^{N-1} \Phi^{-1} p_i \qquad (3.49)$$

Burada Φ^{-1}, standart normal değişken için ters kümülatif dağılım fonksiyonunu ifade ederken p_i tüm yatay kesit birimlerinin bireysel birim kök testlerinden elde edilen p değerleridir. Testte yaşanan ortogonalleşme süreci nedeniyle 1 adet yatay kesit boyut kaybı meydana gelmektedir. Yani toplamda N-1 öğe kullanılmaktadır. Temel hipotez, Z istatistiğinin büyük değerleri için reddedilmektedir.

3.5.2.3. Bai ve Ng Panel Birim Kök Testi

Bai ve Ng (2004), genel ve artık öğelerdeki durağanlığı ayrı ayrı test etmeyi öngören bir test oluşturmuştur. Kurulan dinamik faktör modeline bakıldığında,

$$Y_{it} = \alpha_i + \wedge_i f_t + Y_{it}^0 \qquad (3.50)$$

[144] **A.e.**, s.221
[145] Mehmet Öksüzkaya, "Seçilmiş AB Ülkeleri İçin Gelir-Tüketim ilişkisi: Panel Veri Yaklaşımı", Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013. s.32-33

şeklinde olduğu görülmektedir. Burada, α_i, deterministik bileşenleri, f_t faktör bileşenini, $\wedge_i$ faktör yüklerini ve Y_{it}^0 ise nedeni bilinmeyen hata terimini ifade etmektedir ve

$$Y_{it}^0 = \rho_i Y_{it-1}^0 + \varepsilon_{it}$$

şeklinde modellenir. Faktörlerin ve artık öğenin durağan olup olmadığı ayrı ayrı test edilmektedir. Bunun avantajı, kalıntıların durağan olup olmadığı önemsenmeden faktörlerin tutarlı tahminlerinin elde edilebilmesidir. Ayrıca Bai ve Ng, p-değerlerinin bir araya getirilmesi ile tahmin edilmiş olan faktörleştirilmemiş verinin bireysel ADF testleri sonuçlarının havuzlanmasını önermiştir.[146] Test istatistiği,

$$P_{\hat{e}}^c = \frac{-2\sum_{i=1}^{N} \ln P_{\hat{e}}^c(i) - 2N}{\sqrt{4N}} \xrightarrow{d} N(0,1) \qquad (3.51)$$

şeklindedir. Burada, $P_{\hat{e}}^c(i)$ yatay kesit i için tahmin edilen artık şokların ADF testlerinin p-değerleridir. Bu testte tüm birimlerin birim köke sahip olduğunu iddia eden sıfır hipotezi altında N sonsuza giderken Fisher testi standart normal dağılmaktadır.

3.5.2.4. Choi Panel Birim Kök Testi

Choi (2002) panel birim kök testi, kesit birimleri arasındaki korelasyonu hata bileşenleri modelini kullanarak engellemeye çalışan bir yaklaşım önermiştir. Test, tek genel faktör olan f_t için homojendir ve genelleştirilmiş en küçük kareler yöntemi ile serilerde kesitsel ortalamadan ve deterministik trendden arındırma işlemi yapmaktadır. Bu sayede, kesit birimleri arasındaki bağlılık ortadan kaldırılıp analiz gerçekleştirilmektedir. Böylece her bir zaman serisine Genelleştirilmiş Dickey Fuller (ADF) testi uygulanarak, test sonucu elde edilen p-değerlerinden yararlanılarak test istatistiği hesaplanmaktadır.[147]

[146] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.222
[147] Güriş, **a.g.e.**, s.224

Genelleştirilmiş En Küçük Kareler uygulandıktan sonra elde edilen artıkların her bir t için yatay kesit ortalamalarının tahmin edilmesi için,

$$\hat{f}_t = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}(Y_{it} - \hat{\alpha}_i) \qquad (3.52)$$

modeli kullanılmaktadır. Sonrasında ADF testlerinden elde edilen p olasılık değerleri vasıtasıyla üç test istatistiği hesaplanır. Tüm testler sıfır hipotezi altında N ve T sonsuza gidiyorken standart normal dağılıma yaklaşmaktadır.[148]

3.5.2.5. Pesaran Panel Birim Kök Testi

Pesaran (2003) panel birim kök testi, yatay kesit bağımlılığı durumunda geçerli olan heterojen faktör yükleriyle tanımlanmış tek faktör modelini önermiştir. Pesaran ortak faktörlerin tahmininde sapmalara dayanan birim kök testleri yerine,
standart Dickey Fuller (DF) veya Genişletilmiş Dickey Fuller regresyonlarını yatay kesit ortalama gecikme düzeyleri ile birinci farkı alınmış bireysel seriler ile zenginleştirmiştir.[149] Eğer kalıntı serisi korelasyonlu değil ise, i'nci ülke için regresyon,

$$Y_{it} = \alpha_i + \rho_i^* Y_{i,t-1} + d_0\bar{Y}_{t-1} + d_1\Delta\bar{Y}_t + \varepsilon_{it} \qquad (3.53)$$

şeklinde modellenir. Burada, $\bar{Y}_t$, tüm N gözlemlerinin t'ye göre ortalamasıdır. ρ_i ise en küçük kareler tahmincisidir. Bu modelin temelinde "*Yatay Kesit Genelleştirilmiş Dickey Fuller (CADF)"* yer almaktadır.

Modelin hata teriminde veya faktörde otokorelasyon olması durumunda, regresyon tek değişkenli durumda Y_{it} ve $\bar{Y}_t$ 'nin gecikmeli birinci farklarının eklenmesiyle genişletilebilmektedir. CADF regresyonu tahmin edildikten sonra, CIPS istatistiği hesaplanmaktadır (gecikmeli değişkenlerin t-istatistiklerinin ortalamaları alınarak).

[148] **A.e.**, s.224-225
[149] Öksüzkaya, **a.g.e.**, s.34

Bu istatistiğin birleşik asimptotik limiti standart değildir ve kritik değerler çeşitli N ve T değerleri için hesaplanmıştır.[150]

3.6. Panel Eşbütünleşme Testleri

Durağan olmayan panel veri serileri arasında uzun dönemli ilişkinin varlığını tespit edebilmek için kullanılan testlere genel olarak eşbütünleşme testleri adı verilmektedir. Son yıllarda uzun dönemli ilişkileri ortaya çıkarma amacıyla birçok yaklaşım geliştirilmiştir.

3.6.1. Kao Panel Eşbütünleşme Testleri

Kao (1999) Panel Eşbütünleşme Testleri, DF ve ADF temeline dayanan testlerdir. "Eşbütünleşme yoktur" şeklindeki sıfır hipotezini test etmektedir ($H_0: \rho = 1$). Bunun için Kao, DF ve ADF temelli birim kök testlerinin kullanımını önermiştir. DF testleri için ilk olarak sabit etkiler modelinin tahmininden kalıntılar elde edilmektedir.

Kao testi panel regresyon modeline,

$$Y_{it} = X'_{it}\beta + Z'_{it}\gamma + u_{it} \qquad (3.54)$$

şeklindeki denklem ile başlanmaktadır. Burada Y_{it} ve X_{it} birinci mertebeden durağandır. Z_{it} ise birim etkidir. Grup içi dönüşümün ardından Z_{it} modelden düşmektedir. Bu dönüşüm sırasında sabit etkiler modelinin tahmininden elde edilen kalıntılar, $\hat{u}_{it} = \rho\hat{u}_{it-1} + e_{it}$ şeklinde ifade edilmektedir. ρ'nun ve t-istatistiğinin tahmini işe aşağıdaki gibidir:

$$\hat{\rho} = \frac{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=2}^{T}\hat{u}_{it}\hat{u}_{it-1}}{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=2}^{T}\hat{u}_{it}^2} \quad ve \quad t_\rho = \frac{(\hat{\rho}-1)\sqrt{\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=2}^{T}\hat{u}_{it-1}^2}}{S_u} \qquad (3.55)$$

Burada ,

[150] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.224

$$S_u^2 = \frac{1}{NT}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=2}^{T}(\hat{u}_{it} - \hat{\rho}\hat{u}_{it-1})^2$$

eşitliği mevcuttur. Kao dört DF türü test önermiştir[151]:

$$DF_\rho = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}-1) + 3\sqrt{N}}{\sqrt{10.2}}$$

$$DF_t = \sqrt{1.25}t_\rho + \sqrt{1.785N}$$

$$DF_\rho^* = \frac{\sqrt{N}T(\hat{\rho}-1) + \frac{3\sqrt{N}\hat{\sigma}_e^2}{\hat{\sigma}_{0e}^2}}{\sqrt{3 + \frac{36\hat{\sigma}_e^4}{5\hat{\sigma}_{0e}^4}}}$$

$$DF_t^* = \frac{t_\rho + \frac{\sqrt{6N}\hat{\sigma}_e}{2\hat{\sigma}_{0e}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0e}^2}{2\hat{\sigma}_e^2} + \frac{3\hat{\sigma}_e^2}{10\hat{\sigma}_{0e}^2}}}$$

Burada $\hat{\sigma}_e^2 = \hat{\sum}_{YY} - \hat{\sum}_{YX}\hat{\sum}_{XX}^{-1}$ ve $\hat{\sigma}_{0e}^2 = \hat{\Omega}_{YY} - \hat{\Omega}_{YX}\hat{\Omega}_{XX}^{-1}$ eşitlikleri vardır. DF_ρ ve DF_t, bağımsız değişkenler ile hatalar arasında güçlü bir dışsallık varsayımına dayanmakta iken DF_ρ^* ve DF_t^* ise bağımsız değişkenler ile hatalar arasında içsel bir ilişki olduğu varsayımına dayanmaktadır. ADF testini elde edebilmek için,

$$\hat{u}_{it} = \rho\hat{u}_{it-1} + \sum_{i=1}^{p} v_j\,\Delta\hat{u}_{it-j} + e_{itp} \qquad (3.56)$$

şeklindeki regresyon modeli kullanılmaktadır. Modelde temel hipotezi sınamak için ADF test istatistiği,

[151] Baltagi, **a.g.e.**, s.252-253

$$ADF = \frac{t_{ADF} + \frac{\sqrt{6N}\hat{\sigma}_e}{2\hat{\sigma}_{0e}}}{\sqrt{\frac{\hat{\sigma}_{0e}^2}{2\hat{\sigma}_e^2} + \frac{3\hat{\sigma}_e^2}{10\hat{\sigma}_{0e}^2}}} \quad (3.57)$$

şeklinde kurulabilmektedir. Burada, t_{ADF} (3.56)'daki ρ'nun t istatistiğidir. DF_ρ, DF_t, DF_ρ^*, DF_t^* ve ADF'nin asimptotik dağılımı, standart normal dağılıma yakınsamaktadır.[152]

3.6.2. McCoskey ve Kao Panel Eşbütünleşme Testleri

McCoskey ve Kao (1998), sıfır hipotezinde "eşbütünleşme yoktur" ifadesi yerine "eşbütünleşme vardır" ifadesi bulunan kalıntı temelli bir test önermişlerdir. Bu test Lagrance Çarpanı (LM) testinin ve de zaman serisi literatüründe MA birim kök testi için Yerel En İyi Değişmez (LBI) testinin genişletilmiş halidir. Eşbütünleşme vektörünün yatay kesit gözlemlere göre değişmesine izin veren heterojen paneller için, asimptotikler her bir yatay kesit için bağımsız zaman serileri sonuçlarına bağlı haldedir. Eğim katsayısının ortak olduğu homojen panellerde ise tahmin birleşik olarak yapılmaktadır. Bu sayede asimptotik teori, panel veride eşbütünleşme ilişkisinin birleşik tahmini üzerine kuruludur.

Kalıntı temelli olan bu testte eşbütünleşik değişkenlerin etkin tahmin elde edilebilmesi için iki tahmin tekniği kullanılması gerekmektedir: Philips ve Hansen (1990)'nin önerdiği Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) ve Saikkonen (1991) ve Stock ve Watson (1993) tarafından önerilen Panel Dinamik En Küçük Kareler (PDOLS).[153]

Sabit ve eğim parametreleri değişen (birimlere göre) heterojen model,

$$Y_{it} = \mu_i + X_{it}'\beta_i + u_{it} \quad (3.58)$$

şeklinde kurulmaktadır. Burada,

[152] **A.e.**, s.253
[153] **A.e.**, s.254

$$X_{it} = X_{it-1} + \varepsilon_{it}$$

$$u_{it} = \gamma_{it} + e_{it}$$

$$\gamma_{it} = \gamma_{it-1} + \theta e_{it}$$

eşitlikleri mevcuttur. McCoskey ve Kao tarafından önerilmiş olan test istatistiği şu şekildedir:

$$LM = \frac{\frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\frac{1}{T^2}\sum_{t=1}^{T}S_{it}^2}{s^2} \qquad (3.59)$$

Burada S_{it}, kalıntıların kısmi toplamı ve s^2 ise σ_u^2 'nin tutarlı tahmincidir. LM test istatistiği sonucu, $\sqrt{N}(LM - \mu_v) \Longrightarrow N(0, \sigma_v^2)$ limit dağılımna uymaktadır.

3.6.3. Pedroni Panel Eşbütünleşme Testi

Pedroni (1995, 1999) panel eşbütünleşme testi, sıfır hipotezi seriler arasında eşbütünleşme yoktur temeline dayanan bir test türüdür. Eşbütünleşme varlığını yedi test istatistiği ile incelenmektedir. Bu yedi testin dördü grup içi, diğer üçü ise gruplar arası test istatistiği olarak adlandırılmaktadır. İki farklı test grubu arasındaki fark "otoregresif katsayı(ρ_i)" da ortaya çıkmaktadır. Grup içi istatistiklerde ρ_i için ortak bir değer tahmin edilirken, gruplar arası istatistiklerde bu katsayı için ortak bir değer tahmini yapılmamaktadır.

Pedroni testinde kurulan model, trendin ve ortalamanın varlığına göre düzenlenir. Hem trendin hem de ortalamanın olduğu denklem,

$$Y_{it} = \alpha_i + \delta_t t + \beta_{1i}X_{1i,t} + \cdots + \beta_{ki}X_{ki,t} + \hat{e}_{it} \qquad (3.60)$$

şeklinde gösterilebilir. Bu modelde $\hat{e}_{it}$ artıkları, $\hat{e}_{it} = \rho_i \hat{e}_{i,t-1} + v_{it}$ şeklinde tahmin edilmektedir.[154] Pedroni birinci grup test istatistikleri,

[154] Güriş, **a.g.e.**, s.269

- Panel varyans oranı (v) istatistiği:

$$T^2N^{3/2}Z_{\hat{v}_{N,T}} \equiv T^2N^{3/2}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11}^{-2}\hat{e}_{i,t-1}^{2}\right)^{-1}$$

- Panel Phillips ve Perron tipi ρ istatistiği:

$$T\sqrt{N}Z_{\hat{\rho},N,T-1} \equiv T\sqrt{N}\left(\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11i}^{-2}\hat{e}_{i,t-1}^{2}\right)^{-1}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11}^{-2}(\hat{e}_{i,t-1}\Delta\hat{e}_{i,t}-\hat{\lambda}_i)$$

- Panel Phillips ve Perron tipi t istatistiği (Parametrik olmayan):

$$Z_{t,N,T} \equiv \left(\tilde{\sigma}_{N,T}^{2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11}^{-2}\hat{e}_{i,t-1}^{2}\right)^{-1/2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11i}^{-2}(\hat{e}_{i,t-1}\Delta\hat{e}_{i,t}-\hat{\lambda}_i)$$

- Panel genişletilmiş Dickey Fuller tipi t istatistiği (Parametrik):

$$Z_{t,N,T}^{*} \equiv \left(\tilde{s}_{N,T}^{*2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11}^{-2}\hat{e}_{i,t-1}^{*2}\right)^{-1/2}\sum_{i=1}^{N}\sum_{t=1}^{T}\hat{L}_{11i}^{-2}\hat{e}_{i,t-1}^{*}\Delta\hat{e}_{i,t}^{*}$$

formülleri ile hesaplanabilirken, ikinci grup test istatistikleri ise,

- Grup Phillips ve Perron tipi ρ istatistiği:

$$TN^{-1/2}Z_{\hat{\rho},N,T-1} \equiv TN^{-1/2}\sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{t=1}^{T}\hat{e}_{i,t-1}^{2}\right)^{-1}\sum_{t=1}^{T}\left(\hat{e}_{i,t-1}\Delta\hat{e}_{i,t}-\hat{\lambda}_i\right)$$

- Grup Phillips ve Perron tipi t istatistiği (Parametrik olmayan):

$$N^{-1/2}Z_{t,N,T} \equiv N^{-1/2}\sum_{i=1}^{N}\left(\hat{\sigma}_i^2\sum_{t=1}^{T}\hat{e}_{i,t-1}^2\right)^{-1/2}\sum_{t=1}^{T}\left(\hat{e}_{i,t-1}\Delta\hat{e}_{i,t}-\hat{\lambda}_i\right)$$

- Grup genişletilmiş Dickey Fuller tipi t istatistiği (Parametrik):

$$N^{-1/2}Z_{t,N,T}^{*} \equiv N^{-1/2}\sum_{i=1}^{N}\left(\sum_{t=1}^{T}\hat{s}_i^{*2}\,\hat{e}_{i,t-1}^{*2}\right)^{-1/2}\sum_{t=1}^{T}\hat{e}_{i,t-1}^{*}\,\Delta\hat{e}_{i,t}^{*}$$

formülleri ile hesaplanabilmektedir.[155] Bu formüllerde yer alan $\hat{\sigma}_i^2$, $\hat{e}_{it}$'nin bireysel uzun dönem varyansı iken, $\hat{s}_i^2$ bireysel eş zamanlı varyansıdır. Bu ifadelerin farkları alındığında $\hat{\lambda}_i = \frac{1}{2}(\hat{\sigma}_i^2 - \hat{s}_i^2)$ eşitliği vardır.

3.6.4. Westerlund Panel Eşbütünleşme Testi

Westerlund (2007), panel veriler arasında eşbütünleşme varlığını sınamak için hata düzeltme modeli temelli dört adet test önermiştir. Tüm testlerin esası, her bir birimin kendi hata düzeltmesine sahip olup olmadığına karar verilmesi vasıtasıyla eşbütünleşmenin varlığının sınanmasıdır.[156] Bu testlerde kurulan temel regresyon modeli,

$$Y_{it} = \delta_i' d_t + \lambda_i'\Delta X_{it} + \gamma_i Y_{it-1} + \varphi_i X_{it-1} + e_{it} \qquad (3.61)$$

şeklindedir. Burada d_t, deterministik öğeler (sabit ve trend) vektörü, λ_i uzun dönem parametresi ve γ_i kısa dönem parametresidir.

[155] **A.e.**, s.270-271
[156] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.239

Otoregresif parametre (ρ) iki farklı şekilde değerlendirilebilir. İlk şekilde her bir birim için ayrı parametre (grup ortalaması varyans oranı istatistikleri) hesaplanırken ikinci şekil hesaplamada tüm panel için ortak bir ρ değeri (panel varyans oranı istatistikleri) hesaplanmaktadır. İki şekilde oluşturulan test istatistikleri de eşbütünleşme yoktur sıfır hipotezlerini test etmektedir.

Tüm panele ait bilgiler ile hesaplanan P_a ve P_t test istatistikleri sırasıyla,

- P_a istatistiği: $P_a = (\sum_{i=1}^{N} L_{i1}\ )^{-1} \sum_{i=1}^{N} L_{i12}$

- P_t istatistiği: $P_t = \hat{\sigma}^{-1}(\sum_{i=1}^{N} L_{i11})^{-1/2} \sum_{i=1}^{N} L_{i12}$

şeklinde hesaplanmaktadır. Her bir birim için tahmin edilen grup ortalama istatistikleri G_a ve G_t ise sırasıyla,

- G_a istatistiği: $G_a = \sum_{i=1}^{N} L_{i11}^{2} L_{i12}$

- G_t istatistiği: $G_t = \sum_{i=1}^{N} \hat{\sigma}_i^{-1} L_{i11}^{-1/2} L_{i1}$

şeklinde hesaplanmaktadır.[157]

[157] Tatoğlu, **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, s.240

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI TÜKETİMİ İLE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN TEST EDİLMESİ

Literatürde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi inceleyen birçok çalışma bulunmaktadır. Bu çalışmalara özellikle son yıllarda rastlamak mümkündür. Araştırma konusuna ve giderek artan enerji ihtiyacına çözüm olarak görülen yenilenebilir enerji kaynaklarına olan ilginin artması bu sonucu doğurmuştur.

Bu çalışmalara bakıldığında ilk olarak Sadorsky (2009) 18 gelişmekte olan ülke için 1994-2003 yılları arasındaki verileri kullanarak yapmış olduğu statik panel *sıradan en küçük kareler (OLS)* ve *dinamik OLS* analizleri sonucunda gayri safi yurt içi hasılanın yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkili olduğunu bulmuştur. Uzun vadede kişi başına gayri safi yurt içi hasıladaki %1'lik artış, kişi başına yenilenebilir enerji tüketimini yaklaşık %3.5 artıracağı sonucuna varmıştır.

Payne (2009) ABD üzerine 1949-2006 yılları arasındaki verileri kullanarak yapmış olduğu *Toda-Yamamoto prosedürü* ile gerçek gayri safi yurt içi hasıla ile hem yenilenebilir hem de yenilenemez enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi kurmuştur. Sonuç olarak ne yenilenebilir enerji ne de yenilenemez enerji tüketimleri ile ekonomik büyüme arasında nedensellik bulunmamıştır.

Apergis ve Peyne (2010a) sırasıyla 20 OECD ülkesinin 1985-2005 yılları arasındaki verilerine ve 13 Avrasya ülkesinin 1992-2007 arasındaki verilerine (2010b) panel eşbütünleşme testleri ve panel nedensellik testleri uygulamış, ayrıca yaptıkları yeni bir çalışma (2011) ile 6 Merkez Amerika ülkesinin 1980-2006 yılları arasındaki verilerine panel eşbütünleşme ve panel nedensellik testleri uygulayarak gayri safi yurt içi hasıla ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında karşılıklı ilişkilerin mevcut olduğunu bulmuşlardır.

Fang (2011) Çin Halk Cumhuriyeti üzerine 1978-2008 dönemi verilerini kullanarak yapmış olduğu *sıradan en küçük kareler (OLS)* analizi ile yenilenebilir enerji tüketiminin gayri safi yurt içi hasıla üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu saptamıştır.

Tiwari (2011) Hindistan üzerine 1960-2009 dönemi verilerini kullanarak yapmış olduğu çalışmada yapısal VAR modeli kullanarak yenilenebilir enerji tüketiminin, gayri safi yurt içi hasıla üzerinde etkisi olduğunu saptamıştır.

Salim ve Rafiq (2012) 6 büyük gelişmekte olan ülkenin 1980-2006 yılları arasındaki verilerini kullanarak gayri safi yurt içi hasıla ile yenilenebilir enerji arasında kısa dönemde karşılıklı ilişki olduğunu bulmuşlardır.

Öztürk ve Bilgili (2015a) Sahra Altı Afrika Bölgesi üzerine 1980-2009 dönemi verileri ile yapmış oldukları dinamik panel veri analizi sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olan biyokütle enerjisinin gayri safi yurt içi hasıla üzerinde etkili olduğunu ortaya koymuşlardır. Kurulan model sonucuna göre biyokütle tüketimindeki %1'lik bir artış gayri safi yurt içi hasılayı bu ülkelerde yaklaşık %0.82 artıracaktır. Yine aynı yıl içinde Öztürk ve Bilgili (2015b) G7 ülkeleri üzerine 1980-2009 dönemi verileri ile *panel Dinamik OLS* kullanarak biyokütle enerjisinin ekonomik büyüme üzerinde olumlu etkisi olduğunu göstermişlerdir.

Menegaki (2011) 1997-2007 döneminde 27 Avrupa ülkesi üzerine yapmış olduğu *tek yönlü panel tesadüfi etkiler modeli* ve panel nedensellik testleri sonucunda ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında bir ilişki bulamamıştır.

Tuğcu vd. (2012) G7 ülkeleri üzerine 1980-2009 dönemi verileri ile yapmış oldukları panel eşbütünleşme testlerinden *ARDL sınır testi*ni kullanarak söz konusu 7 ülke için ayrı ayrı sonuçlar bulmuşlardır. Sonuçlara göre Fransa, İtalya, Kanada ve ABD için yenilenebilir enerji tüketimi ile milli gelir arasında bir nedensellik ilişkisi bulunmamaktadır. İngiltere ve Japonya içinse karşılıklı bir nedensellik ilişkisinin varlığından söz etmek mümkündür. Milli gelirin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkisi olduğu sonucunun ortaya çıktığı tek ülke ise Almanya olmuştur.

Ai-mulali vd. (2013), 1980-2009 döneminde 108 ülke üzerine yapmış oldukları *FMOLS analizi* ile genel olarak karşılıklı bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir.

Ülkelerden %79'u için karşılıklı ilişkinin varlığını ortaya çıkarken, %19'u için herhangi bir ilişki bulunamamıştır. Geriye kalan %2'lik kesim ise ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde olumlu etkisinin olduğunu söylemektedir.

Cho vd. (2015) 1990-2010 döneminde 31 OECD ülkesi ve 49 OECD dışı ülke üzerinde yapmış oldukları *panel hata düzeltme modeli* vasıtasıyla gelişmiş ülkeler için gayri safi yurt içi hasılanın yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkisi olduğu ve bunun yanında gelişmekte olan ve daha gelişmemiş ülkeler için karşılıklı bir ilişkinin var olduğu ortaya çıkarılmıştır.

4.1. Araştırmanın Amacı ve Kapsamı

Bu çalışmada ülkelerin yenilenebilir enerji kaynakları tüketiminin, o ülkedeki ekonomik büyümeye olan etkisi araştırılmak istenmektedir. Araştırma ile asıl amaçlanan son yıllarda önemi giderek artan yenilenebilir enerji sektörünün ekonominin diğer sektörleriyle olan yapısal bağlılığı ve ekonomik büyüme üzerinde oynadığı rol göz önüne alındığında bu ilişkinin boyutunun tespit edilmesidir. Araştırma konusu olan yenilenebilir enerjinin artan önemi göz önüne alındığında ilerleyen yıllar için şimdiden gerçekleşen eğilimleri belirlemek ve geleceğe ışık tutmak, hem fosil yakıtların bir gün tükeneceği hem de atmosfere salınan zararlı gazların olumsuz sonuçları düşünüldüğünde hayati öneme sahip bir husustur. Bu amaca yönelik olarak yenilenebilir enerji kaynakları tüketim miktarları ve kişi başına düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla miktarları araştırmanın değişkenleri kapsamındadır. Bu çalışma sonucunda ülkelerin yöneldikleri yenilenebilir enerji kaynakları türleri belirlenecek olup ilerleyen dönemlerde hangi enerji türünün daha çok tercih edilebileceği tartışılmıştır.

4.2. Araştırma Verileri ve Yöntemi

Araştırmada 1995-2014 yılları arasında Avrupa Birliği'ne üye 27 ülkenin yıllık verileri kullanılmıştır. Hem milli gelirinin ve kişi başına düşen milli gelirinin hem de

yenilenebilir enerji tüketimlerinin diğer AB ülkelerine göre çok düşük olması nedeniyle sadece Malta analiz dışı bırakılmıştır. Bu kapsamda yer alan ülkelerin toplam yenilenebilir enerji kaynakları tüketimleri, türlerine göre yenilenebilir enerji kaynakları tüketimleri (Belediye atıkları, biyogaz enerjisi, likit biyoyakıt enerjisi, katı biyoyakıt enerjisi, toplam biyokütle enerjisi ve atıklar, jeotermal enerji, hidroelektrik enerjisi, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, dalga ve gelgit enerjisi) ve kişi başına düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla verileri kullanılmıştır. Enerji tüketiminin ülke sınırları içinde üretilen mal ve hizmetler ile bağlantılı olması nedeniyle Gayri Safi Milli Hasıla yerine 2005 yılı sabit dolar ile ölçülmüş Gayri Safi Yurt İçi Hasıla değeri kullanılmıştır. Enerji kaynakları tüketimi için Terajoule (TJ) enerji birimi kullanılmıştır. Tüm veriler doğal logaritmaları alınarak analiz edilmiştir. Bu çalışmada kişi başı GSYİH verileri Dünya Bankası'nın *Dünya Gelişmişlik Göstergeleri(World Development Indicators)* elektronik veritabanından alınmıştır. Yenilenebilir enerji tüketim miktarları ise AB'nin resmi istatistik kuruluşu olan Eurostat'ın *Enerji İstatistikleri(Energy Statistics)* veritabanından alınmıştır. Verilerin analiz edilmesinde EViews 9 istatistik paket programı[158] kullanılmıştır.

Araştırmada panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Zaman boyutunun 20 yıl (T=20) ve yatay kesit boyutunun 27 ülke (N=27) olduğu dengeli panel veri analizi kullanılmıştır. Kişi başına Gayri Safi Yurt İçi Hasıla ve bunun üzerinde etkili olabilecek bağımsız değişkenler modelde kısaltmalarla gösterilmiştir. Panel veri modelinde GSYIH, kişi başına düşen Gayri Safi Yurt İçi Hasıla miktarının logaritmasını temsil ederken toplam yenilenebilir enerji tüketiminin logaritması YEN ile ifade edilmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji kaynakları tüketimlerinin logaritmaları sırasıyla biyogaz (BG), likit biyoyakıt (LB), katı biyoyakıt (KB), toplam biyokütle ve atık (TBK), jeotermal enerji (JE), hidroelektrik enerjisi (HE), güneş enerjisi (GE), rüzgar enerjisi (RE), dalga ve gelgit enerjisi (DE) ve atıklardan elde edilen enerji (AE) şeklinde ifade edilmektedir.

[158] http://www.eviews.com/EViews9/EViews9SV/evstud9.html

4.3. Araştırma Modeli

AB ülkelerinin kişi başına düşen GSYİH miktarlarının açıklanmasında yenilenebilir enerji kaynakları tüketimlerinin etkisi olup olmadığını, varsa iktisadi olarak ne yönde ve ne kadar bir etki olduğunu tespit edebilmek adına açıklayıcı değişkenlerin mümkün kombinasyonları kullanılmıştır. İlk başta toplam yenilenebilir enerji tüketimlerinin milli gelire etkisini tespit edebilmek amacıyla,

Model 1:

$$GSYIH_{it} = \beta_0 + \beta_1 YEN_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.1)$$

kurulmuştur. Bu modelde,

$GSYIH_{it}$: t. yılda i. ülkenin kişi başına GSYİH miktarının logaritmasını

YEN_{it}: t. yılda i. ülkenin toplam yenilenebilir enerji tüketiminin logaritmasını

β_0: tüm birimler için sabit olan regresyon katsayısını

ε_{it}: t. yılda i. ülkenin tesadüfi hatasını göstermektedir.

Ülkelerin tükettikleri yenilenebilir enerji miktarı kalemlerinin milli gelir üzerindeki etkisini tespit edebilmek amacıyla,

Model 2:

$$GSYIH_{it} = \beta_0 + \beta_1 AE_{it} + \beta_2 BG_{it} + \beta_3 LB_{it} + \beta_4 KB_{it} + \beta_5 GE_{it} + \beta_6 RE_{it} + \beta_7 HE_{it} + \beta_8 JE_{it} + \beta_9 DE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.2)$$

kurulmuştur. Ayrıca atık ve biyokütle enerji türlerinin literatürde sıkça yer aldığı şekliyle bir arada modele dahil edilmesiyle,

Model 3:

$$GSYIH_{it} = \beta_0 + \beta_1 TBK_{it} + \beta_5 GE_{it} + \beta_6 RE_{it} + \beta_7 HE_{it} + \beta_8 JE_{it} + \beta_9 DE_{it} + \varepsilon_{it} \quad (4.3)$$

kurulmuştur.

4.4. Bulgular

Araştırma kapsamında kurulan modellerdeki tüm değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmıştır. Bu istatistikler Tablo 7 ve Tablo 8'de özetlenmiştir. Bağımlı değişkene bakıldığında bir kaç ülkeden dolayı büyük bir aralıkta olduğu ve uzak değerlerde seyrettiği görülmektedir. Araştırma kapsamında AB üyesi olan ve modele dahil edilen 27 ülkenin birkaçı dışında genelde birbirleri arasında ekonomik olarak çok büyük farklar bulunmamasına rağmen, bu değişken 3.413873 ile 4.943359 arasında değişmektedir. Açıklayıcı değişkenler açısından bakıldığında ise en küçük ve en büyük değerler arasında dalga ve gelgit enerjisi dışında büyük farklar olduğu görülmektedir. Değişkenlerin ortalama değerleri açısından en yüksek miktar toplam yenilenebilir enerji tüketimleridir. Türlere göre bakıldığında sırasıyla toplam biyokütle ve belediye atıkları tüketimi, katı biyoyakıt tüketimi ve hidroelektrik enerjisi tüketimi gelmektedir. En az tüketim ise dalga ve gelgit enerjisi tüketimidir. Değişkenlere ait standart sapmalara bakıldığında, en yüksek değerler belediye atıklarından elde edilen enerji tüketimi, likit biyoyakıt tüketimi ve rüzgar enerjisi tüketimi olarak göze çarpmaktadır. Yani bu üç değişken verileri diğer değişkenlere göre merkezden daha uzak bir şekilde dağılmaktadır.

Tablo 7. Bağımlı Değişkene Ait Tanımsal Ölçüler

	Ortalama	Sta. Sapma	Minimum	Maksimum	Gözlem Sayısı
GSYIH	4.282606	0.352784	3.413873	4.943359	540

Tablo 8. Açıklayıcı Değişkenlere Ait Tanımsal Ölçüler

	Ortalama	Sta. Sapma	Minimum	Maksimum	Gözlem Sayısı
YEN	4.937492	0.649258	3.095866	6.170962	540
AE	2.315135	1.884166	0	5.104337	540
BG	2.735400	1.397091	0	5.493123	540
LB	2.161013	1.862921	0	5.231821	540
KB	4.666715	0.705399	2.432969	5.679729	540
TBK	4.763812	0.677856	2.631444	6.017754	540
GE	2.075924	1.479335	0	5.193226	540
RE	2.550412	1.617052	0	5.314891	540
HE	3.816615	1.258797	0	5.454261	540
JE	1.636850	1.583876	0	5.340797	540
DE	0.130475	0.618688	0	3.274204	540

4.5. Panel Birim Kök Testleri

Kurulan üç modelin analizlerine geçmeden önce durağanlık durumu incelenmelidir. Eğer değişkenler içinde birim kök içeren bir değişken varsa bu o değişkenin durağan olmadığını ifade eder. Birim kök içeren bir seriyle ekonometrik analiz yapılması yanıltıcı sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Özellikle test istatistikleri ve açıklayıcılık katsayısı sapmalı sonuçlar vermektedir. Bu nedenle modellerde yer alan tüm değişkenlerin birim kök sınamaları yapılacaktır. Yapılacak olan testlerin seçiminde, modelde yer alan değişkenlerin ayrı ayrı otokorelasyon katsayısına sahip olmasına izin verip vermemesi önemli olmuştur. Her bir ülke için ayrı otokorelasyon katsayısına izin veren Im, Pesaran ve Shin testi, Fisher ADF (Augmented Dickey-Fuller) testi ve Fisher Phillips ve Perron testi uygulanmıştır. Söz konusu testlerin sıfır hipotezleri "seri birim kök içermektedir." iken alternatif hipotezleri "seri birim kök içermemektedir." şeklinde kurulmaktadır.

İlk kurulan modelde yer alan değişkenlerin birim kök sınamaları Tablo 9 ve Tablo 10'da gösterilmiştir. Değerlendirmede yer alan değişkenlerin birinci fark değerleri D parantezi içinde gösterilmektedir. Olasılık değeri olan p değeri, %5 anlamlılık seviyesinden yüksek çıkan seriler için sıfır hipotezi reddedilememektedir. Sonuç

olarak birim kök içerdikleri ve dolayısıyla durağan olmadıklarını yorumu yapılmaktadır. %5 anlamlılık seviyesinden düşük çıkması halinde ise sıfır hipotezi reddedilmektedir. Serinin birim kök içermediği dolayısıyla durağan olduğu söylenebilmektedir.

Birim kök test sonuçlarına bakıldığında trend ve sabit içerip içermediklerine göre ayrı ayrı test edilmiş olan iki değişkenin önemli oranda düzey değerlerinin birim kök içerdiği sonucuna ulaşılmıştır. Yani bu seriler durağan değildir. Birinci farkları alınarak tekrar analiz edildiğinde ise üç test sonucuna göre de sıfır hipotezi güçlü şekilde reddedilmekte ve durağan oldukları sonucu çıkmaktadır. Demek ki iki seri de birinci mertebeden "I(1)" durağandır. Birim kök testleri Schwarz bilgi kriteri (SIC)'ne göre otomatik gecikme uzunluğu seçilerek gerçekleştirilmiştir.

Tablo 9. GSYIH ve YEN Serileri için IPS Birim Kök Testi Sonuçları

	Seri	**IPS Değeri**	**p Değeri**
Trend	GSYIH	-3.48964	0.0002*
	YEN	4.00563	1.0000
	D(GSYIH)	-6.87502	0.0000*
	D(YEN)	-16.4863	0.0000*
Trend ve Sabit	GSYIH	3.63349	0.9999
	YEN	-2.56001	0.0052*
	D(GSYIH)	-6.84185	0.0000*
	D(YEN)	-13.7040	0.0000*

* p değeri %5 anlamlılık seviyesinden düşük olanları göstermektedir.

Tablo 10. GSYIH ve YEN Serileri için Fisher ADF ve Phillips-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

	Seri	Fisher ADF Değ.	p Değeri	Fisher PP Değeri	p Değeri
Hiçbiri	GSYIH	3.12650	1.0000	2.06394	1.0000
	YEN	2.18718	1.0000	0.52920	1.0000
	D(GSYIH)	185.683	0.0000*	180.327	0.0000*
	D(YEN)	303.677	0.0000*	342.454	0.0000*
Trend	GSYIH	94.8343	0.0005*	128.008	0.0000*
	YEN	34.0623	0.9845	28.7543	0.9981
	D(GSYIH)	138.501	0.0000*	143.809	0.0000*
	D(YEN)	331.703	0.0000*	450.386	0.0000*
Trend ve Sabit	GSYIH	29.4909	0.9974	15.7248	1.0000
	YEN	83.3519	0.0063*	83.5108	0.0061*
	D(GSYIH)	137.910	0.0000*	202.082	0.0000*
	D(YEN)	257.130	0.0000*	338.738	0.0000*

* p değeri %5 anlamlılık seviyesinden düşük olanları göstermektedir.

Model 1'in ardından Model 2 ve Model 3'te yer alan açıklayıcı değişkenler açısından birim kök sınamaları yapılmıştır. Ayrıca yine serilerin birinci farkları D parantezine alınarak ifade edilmiştir. Tablo 11'de Im, Pesaran ve Shin birim kök testi ve Tablo 12'de Fisher ADF ve Fisher Phillips ve Perron birim kök testi sonuçları yer almaktadır. Tablolar incelendiğinde açıklayıcı değişkenlerin büyük çoğunluğunun durağan olmadığı ama ilk farkları alındığında durağan hale geldiği görülebilmektedir (yapılan üç testten en az ikisi düzey değerlerinin birim kök içerdiği hipotezini reddedememiş, birinci farkları alındığında reddedebilmiştir). Bunun yanında BG ve HE değişkenleri için yapılan testlerin çoğunda birim kök içermediği ortaya çıkmıştır. Yani düzey durağan "I(0)" bir seridir. KB ve DE serilerinin ise düzey değerleri için test sonuçları farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Ama yapılan birim kök testlerinin çoğunda sıfır hipotezi reddedilememiştir. Bu değişkenler ancak birinci farkları alındığında reddedilebilmiş ve durağan hale gelmişlerdir. Yani diğer seriler gibi KB ve DE serileri de birinci mertebeden durağandır diyebiliriz. Birim kök testleri Schwarz bilgi kriteri (SIC)'ne göre otomatik gecikme uzunluğu seçilerek gerçekleştirilmiştir.

Genel olarak bakıldığında, Model 1'deki hem bağımlı değişken GSYIH hem de açıklayıcı değişken YEN birinci mertebeden durağandırlar. Hem düzey durağanlığı koşulunu sağlayamadıkları için hem de aynı mertebeden durağan oldukları için, durağan olmayan seriler arasında uzun dönemli ilişkileri ortaya çıkaran Johansen (1988) eşbütünleşme testi uygulanacaktır.

Model 2'deki bağımlı değişken GSYIH ve açıklayıcı değişkenler (BG ve HE hariç) birinci mertebeden durağandır. Aynı şekilde Model 3 içinde bakıldığında BG ve HE değişkenleri hariç tüm seriler birinci mertebeden durağandır. Bu nedenle yapılacak analizlerden BG ve HE değişenleri çıkarılacaktır. Model 1'de olduğu gibi düzey durağan olmayan ama aynı mertebeden durağan olan seriler arasında ilişkiyi ortaya çıkaran Johansen eşbütünleşme testi uygulanacaktır.

Tablo 11. Açıklayıcı değişkenler için IPS Birim Kök Testi Sonuçları

	Seri	**IPS Değeri**	**p Değeri**
Trend	AE	0.46589	0.6794
	BG	-0.72074	0.2355
	LB	4.00627	1.0000
	KB	-0.15043	0.4402
	TBK	2.93080	0.9983
	GE	11.5116	1.0000
	RE	-2.53470	0.0056*
	HE	-8.60306	0.0000*
	JE	-12.3289	0.0000*
	DE	-0.35380	0.3617
	D(AE)	-10.7705	0.0000*
	D(BG)	-21.8891	0.0000*
	D(LB)	-12.8010	0.0000*
	D(KB)	-16.8971	0.0000*
	D(TBK)	-14.4195	0.0000*
	D(GE)	-5.46202	0.0000*
	D(RE)	-8.68044	0.0000*
	D(HE)	-21.3070	0.0000*
	D(JE)	-10.6779	0.0000*
	D(DE)	-2.01996	0.0217*
	AE	0.80957	0.7909
	BG	-9.93599	0.0000*
	LB	-0.29710	0.3832
	KB	-4.56734	0.0000*

Trend ve Sabit	TBK	-3.75875	0.0008*
	GE	3.78326	0.9999
	RE	0.99951	0.8412
	HE	-9.27169	0.0000*
	JE	1.35466	0.9122
	DE	-1.61917	0.0527
	D(AE)	-10.2145	0.0000*
	D(BG)	-18.7077	0.0000*
	D(LB)	-9.12043	0.0000*
	D(KB)	-13.4963	0.0000*
	D(TBK)	-10.9639	0.0000*
	D(GE)	-5.47331	0.0000*
	D(RE)	-9.75069	0.0000*
	D(HE)	-17.3928	0.0000*
	D(JE)	-10.1102	0.0000*
	D(DE)	-1.90289	0.0285*

* p değeri %5 anlamlılık seviyesinden düşük olanları göstermektedir.

Tablo 12. Açıklayıcı değişkenler için Fisher ADF ve Phillips-Perron Birim Kök Testi Sonuçları

	Seri	**Fisher ADF Değeri**	**p Değeri**	**Fisher PP Değeri**	**p Değeri**
Hiçbiri	AE	4.75846	1.0000	4.59703	1.0000
	BG	14.4877	1.0000	3.82189	1.0000
	LB	10.3071	1.0000	9.63296	1.0000
	KB	4.14437	1.0000	5.22863	1.0000
	TBK	2.09207	1.0000	1.62577	1.0000
	GE	3.05300	1.0000	1.48902	1.0000
	RE	7.66753	1.0000	2.06225	1.0000
	HE	16.1794	1.0000	19.1620	1.0000
	JE	8.08213	1.0000	7.05300	1.0000
	DE	8.15242	0.0862	3.01209	0.5558
	D(AE)	218.016	0.0000*	246.690	0.0000*
	D(BG)	321.518	0.0000*	256.608	0.0000*
	D(LB)	334.454	0.0000*	341.882	0.0000*
	D(KB)	349.634	0.0000*	414.316	0.0000*
	D(TBK)	256.484	0.0000*	353.183	0.0000*
	D(GE)	121.097	0.0000*	152.453	0.0000*
	D(RE)	154.759	0.0000*	185.336	0.0000*
	D(HE)	574.882	0.0000*	561.991	0.0000*

	D(JE)	241.029	0.0000*	261.581	0.0000*
	D(DE)	23.8385	0.0001*	36.7968	0.0000*
Trend	AE	42.4580	0.2849	57.7486	0.0209*
	BG	110.596	0.0000*	77.6484	0.0192*
	LB	14.6349	1.0000	15.0703	1.0000
	KB	75.5309	0.0281*	64.3949	0.1573
	TBK	45.5208	0.7875	37.8305	0.9535
	GE	11.5350	1.0000	9.09411	1.0000
	RE	115.467	0.0000*	140.609	0.0000*
	HE	188.449	0.0000*	229.969	0.0000*
	JE	308.873	0.0000*	52.6201	0.0577
	DE	4.25717	0.3723	3.83525	0.4288
	D(AE)	176.814	0.0000*	186.355	0.0000*
	D(BG)	553.928	0.0000*	695.762	0.0000*
	D(LB)	243.357	0.0000*	253.129	0.0000*
	D(KB)	333.767	0.0000*	381.276	0.0000*
	D(TBK)	294.472	0.0000*	346.346	0.0000*
	D(GE)	128.398	0.0000*	132.736	0.0827
	D(RE)	171.151	0.0000*	201.128	0.0000*
	D(HE)	416.777	0.0000*	1089.42	0.0000*
	D(JE)	177.378	0.0000*	256.233	0.0000*
	D(DE)	12.2720	0.0154*	38.6520	0.0000*
Trend ve Sabit	AE	28.9334	0.8551	20.4089	0.9912
	BG	107.296	0.0000*	87.8997	0.0024*
	LB	50.4396	0.5354	38.2917	0.9219
	KB	117.827	0.0000*	64.6550	0.1520
	TBK	102.194	0.0001*	54.4796	0.4561
	GE	31.9129	0.9642	17.3997	1.0000
	RE	51.9589	0.4755	52.4591	0.4561
	HE	173.730	0.0000*	200.427	0.0000*
	JE	26.2752	0.9246	27.6528	0.8920
	DE	9.96464	0.0410*	10.0857	0.0390*
	D(AE)	156.269	0.0000*	181.791	0.0000*
	D(BG)	240.760	0.0000*	272.902	0.0000*
	D(LB)	167.039	0.0000*	189.030	0.0000*
	D(KB)	248.786	0.0000*	314.713	0.0000*
	D(TBK)	217.927	0.0000*	281.075	0.0000*
	D(GE)	119.470	0.0000*	105.267	0.0000*
	D(RE)	179.170	0.0000*	174.580	0.0000*
	D(HE)	314.552	0.0000*	528.385	0.0000*
	D(JE)	154.200	0.0000*	205.549	0.0000*
	D(DE)	10.1458	0.0380*	28.4560	0.0000*

* p değeri %5 anlamlılık seviyesinden düşük olanları göstermektedir.

4.6. Eşbütünleşme Analizi

Johansen eşbütünleşme testi, literatürde en sık tercih edilen eşbütünleşme testlerinden birisidir. Bu yöntem VAR (Vector Auto Regression) analizine dayanmaktadır.[159] VAR analizi yapılırken değişkenlerin durağan olmayan düzey değerleri modelde yer almaktadır. VAR modeli sayesinde içsel-dışsal ayrımı yok olmakta ve bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin açıklayıcı değişken olarak modelde yer alması nedeniyle geleceğe dönük güçlü tahminler yapılabilmektedir. Bu model için kurulan denklem sistemi,

$$\Delta Y_t = r_1 \Delta Y_{t-1} + \cdots + r_{k-1} \Delta Y_{t-k} + \prod \Delta Y_{t-k} + \varepsilon_t \qquad (4.4)$$

şeklinde tanımlanmaktadır. Burada,

$i = 1, \ldots, k$ iken $r_i = -I + \prod_1 + \cdots + \prod_i$ 'dir.

r matrisin rankını ifade ederken, $\prod$ katsayılar matrisini ifade etmektedir. Modelde $\prod$ katsayılar matrisinin rankı sistemde var olan eşbütünleşme ilişki sayısını vermektedir. Bu değer sıfıra eşitse, Y vektörünü oluşturan değişkenler arasında eşbütünleşmenin mevcut olmadığı anlaşılmakta iken, değerin 1'e eşit olması durumunda 1 adet eşbütünleşme ilişkisi mevcut olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca rank 1'den büyük bir değer ise birden çok eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu söylenebilmektedir.[160] Modeldeki seriler arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğunu Johansen eşbütünleşme testi vasıtasıyla hesaplanan maksimum özdeğer (max-eigen) ve iz (trace) istatistikleri ortaya çıkarmaktadır. Analizde rankın r'ye eşit ve ya küçük olduğunu iddia eden sıfır hipotezi sınanmaktadır. Bu sınamada maksimum özdeğer ve iz istatistikleri ile kritik değerler karşılaştırılarak sonuca varılmaktadır. Eğer bu test istatistikleri kritik değerden büyükse sıfır hipotezi reddedilmekte, bu da eşbütünleşme ilişkisi olduğunu ortaya koymaktadır.

[159] Recep Tarı ve Durmuş Çağrı Yıldırım, "Döviz Kuru Belirsizliğinin İhracata Etkisi: Türkiye İçin Bir Uygulama", **Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt: XVI, No: 2, 2009, s.100

[160] **A.e.**, s.101

Maksimum özdeğer ve iz test istatistiklerinin hesaplanmasında kullanılan denklemler sırasıyla şu şekildedir:

$$J_{iz} = -T \sum_{i=r+1}^{n} \ln (1 - \hat{\lambda}_i) \qquad (4.5)$$

$$J_{maks} = -T \ln\left(1 - \hat{\lambda}_{r+1}\right) \qquad (4.6)$$

Johansen eşbütünleşme testi, gecikme uzunluğuna (lag) karşı duyarlıdır. Bu nedenle modellerin gecikme uzunluğu, "gecikme uzunluğu kriteri" ile belirlenmiştir. Bu tespit yapılırken kriterin en düşük değeri belirlemiş olması önemlidir.

Model 1 için gecikme uzunluğu 4 olarak belirlenmiştir. Bu uzunluğun seçilmesinin nedeni Tablo 13'te görülebileceği üzere tüm bilgi kriterlerinin (Akaike AIC, Schwarz SC ve Hannan-Quinn HQ) arasında en düşük değeri belirleyen kriterin Akaike bilgi kriteri olmuş olmasıdır. Ayrıca seriler yıllık olduğu için maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak seçilmiştir.

Tablo 13. Model 1 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri

Lag	AIC	SC	HQ
0	2.617620	2.636455	2.625056
1	-9.205286	-9.148780	-9.182978
2	-9.388039	-9.293863*	-9.350859
3	-9.404066	-9.272219	-9.352014*
4	**-9.414309***	-9.244792	-9.347384

* Bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluğudur.

Gecikme uzunluğunun belirlenmesinden sonra VAR modeli uygulanacaktır. Tahmin edilecek olan VAR(4) modeli aşağıdaki gibi gösterilir:

$$GSYIH_t = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{1i} GSYIH_{t-1} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{2i} YEN_{t-1} + \varepsilon_{1t} \qquad (4.7)$$

$$YEN_t = \alpha_{20} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{1i} GSYIH_{t-1} + \sum_{i=1}^{4} \beta_{2i} YEN_{t-1} + \varepsilon_{2t} \qquad (4.8)$$

Kurulan model sonuçları Tablo 14'te gösterilmiştir. Burada parantez içinde gösterilen değerler "( )" standart hatalardır. Köşeli parantez içinde gösterilen değerler "[ ]" ise t istatistikleridir. Ayrıca "C" sabit parametreyi ifade etmektedir.

Tablo 14. Tahmin Edilen VAR(4) Modeli Sonuçları

GSYIH(-1)	1.476206	-0.303606
	(0.04816)	(0.13206)
	[30.6533]	[-2.29902]
GSYIH(-2)	-0.692601	0.719262
	(0.08473)	(0.23235)
	[-8.17421]	[3.09564]
GSYIH(-3)	0.329381	-0.566201
	(0.08454)	(0.23184)
	[3.89595]	[-2.44223]
GSYIH(-4)	-0.122318	0.168014
	(0.04759)	(0.13050)
	[-2.57035]	[1.28750]
YEN(-1)	-0.038094	0.976796
	(0.01737)	(0.04762)
	[-2.19360]	[20.5117]
YEN(-2)	0.039988	0.029054
	(0.02398)	(0.06574)
	[1.66789]	[0.44192]
YEN(-3)	-0.016533	0.064393
	(0.02301)	(0.06309)
	[-0.71860]	[1.02064]
YEN(-4)	0.012815	-0.078677
	(0.01589)	(0.04358)
	[0.80640]	[-1.80546]
C	0.055089	-0.011155
	(0.01038)	(0.02846)
	[5.30832]	[-0.39199]
R^2	0.998409	0.996577
Düzeltilmiş R^2	0.998379	0.996512
Log olabilirlik	1243.636	807.8512
Akaike AIC	-5.715907	-3.698385
Schwarz SC	-5.631148	-3.613626
Log olabilirlik		2051.491
Akaike Bilgi Kriteri		-9.414309
Schwarz Kriteri		-9.244792

VAR(4) modeli sonuçlarına göre (4.7) ve (4.8) denklemlerinde katsayılar yerine yerleştirildiğinde aşağıdaki eşitlikler meydana gelmiştir:

$$\begin{aligned}\mathrm{GSYIH_t} = {} & 0.055089 + 1.476206 * \mathrm{GSYIH_{t-1}} - 0.692601 * \mathrm{GSYIH_{t-2}} + 0.329381 \\ & * \mathrm{GSYIH_{t-3}} - 0.122318 * \mathrm{GSYIH_{t-4}} - 0.038094 * \mathrm{YEN_{t-1}} + 0.039988 \\ & * \mathrm{YEN_{t-2}} - 0.016533 * \mathrm{YEN_{t-3}} + 0.012815 * \mathrm{YEN_{t-4}}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\mathrm{YEN_t} = {} & -0.011155 - 0.303606 * \mathrm{GSYIH_{t-1}} + 0.719262 * \mathrm{GSYIH_{t-2}} - 0.566201 \\ & * \mathrm{GSYIH_{t-3}} + 0.168014 * \mathrm{GSYIH_{t-4}} + 0.976796 * \mathrm{YEN_{t-1}} + 0.029054 \\ & * \mathrm{YEN_{t-2}} + 0.064393 * \mathrm{YEN_{t-3}} - 0.078677 * \mathrm{YEN_{t-4}}\end{aligned}$$

VAR modeli tahmin edildikten sonra eşbütünleşme ilişkisinin varlığını test etmek üzere Johansen eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 15 ve Tablo 16'da gösterilmiştir. Bu testte sınanan sıfır hipotezi ve buna karşılık oluşturulan alternatif hipotez şu şekilde gösterilir:

$H_0: r = 0$ $(seriler\ arasında\ eşbütünleşme\ yoktur.)$

$H_1: r \leq 1$ $(seriler\ arasında\ eşbütünleşme\ vardır.)$

Eşbütünleşme testi için kurulan modelin hangi varsayımla uygulanması gerektiğine karar verilebilmesi için AIC ve SC bilgi kriterleri kullanılmıştır. Yine en düşük değeri veren bilgi kriteri seçilmiştir. Bunun sonucunda AIC tarafından kullanılması gerektiği belirlenen sabit terimli (intercept) ve trendli model seçilmiştir.

Tablo 15. GSYIH ile YEN Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları (Maksimum Özdeğer Testi)

Maksimum Özdeğer Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**Maksimum Özdeğer İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	40.22782	17.14769	0.0000
$H_0: r = 1$	14.63877	3.841466	0.0001

Tablo 16. GSYIH ile YEN Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları (İz Testi)

İz Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**İz İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	54.86659	18.39771	0.0000
$H_0: r \leq 1$	14.63877	3.841466	0.0001

Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarına göre her iki test türünde de sıfır hipotezleri güçlü bir şekilde reddedilmektedir. İlk hipoteze bakıldığında iki testinde olasılık değerinin %5 anlamlılık seviyesinin altında kaldığı görülür. Yani eşbütünleşme yoktur diyen sıfır hipotezi reddedilmekte ve GSYIH ile YEN değişkenleri arasında en az bir eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu görülmektedir. Aynı sonuca test istatistikleri ve kritik değere bakılarakta karar verilebilmektedir. Hesaplanan test istatistikleri sırasıyla 40.22782 ve 54.86659 iken kritik değerler sırasıyla 17.14769 ve 18.39771'dir. İki test istatistiği de kritik değerleri aşmaktadır. Sıfır hipotezi reddedilmiştir.

İkinci hipoteze bakıldığında, her iki test istatistiğine göre olasılık değerleri %5 anlamlılık seviyesinin çok altındadır. Bu nedenle değişkenler arasında en çok 1 eşbütünleşme ilişkisi vardır diyen sıfır hipotezi reddedilmektedir. Yani GSYIH ve YEN değişkenleri arasında en az iki eşbütünleşme ilişkisi (eşbütünleşik vektör) vardır. Ayrıca aynı sonuçlara istatistik değerleri ile kritik değerler karşılaştırılarak ulaşılabilmektedir.

Johansen eşbütünleşme yöntemi ile tespit edilen eşbütünleşme ilişkinin ne boyutta olduğunu anlayabilmek için normalize edilmiş eşbütünleştirici katsayıların yer aldığı

vektöre bakmak gerekmektedir. Tablo 17'de katsayılar gösterilmektedir. Normalize etme işlemi gelir değişkenine göre yapılmıştır.

Tablo 17. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü

Bağımlı Değişken	**Katsayı**	**Log olabilirlik**
GSYIH	1.000000	1920.847
Açıklayıcı Değişken	**Katsayı**	
YEN	0.083239	

Normalize edilmiş eşbütünleşme katsayılarına bakıldığında uzun dönemde gelir ile tüketim arasında pozitif yönde bir ilişki görülmektedir. Bu ilişkiye göre uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artış kişi başına düşen milli geliri %0.08 artırmaktadır. Normalize eşbütünleşik model,

$$GSYIH = 0.083239 * YEN + \varepsilon \quad (4.9)$$

şeklinde kurulur. Aradaki pozitif yönlü ilişki hem iktisadi olarak hem de literatürdeki çalışmalara bakılarak beklenilen yöndedir denebilir.

4.6.1. Hata Düzeltme Modeli

Johansen eşbütünleşme testi sonucunda seriler arasında uzun dönemde ilişki bulunmuştu. Bunun ardından kısa dönemli ilişki olup olmadığını tespit edebilmeyi sağlayan Hata Düzeltme Modeli (Vector Error Correction) test edilmiştir. Bu model kısa dönem ilişkilerinin yanı sıra uzun dönem ilişkilerini de ortaya koyabilmektedir.

Tablo 18. Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

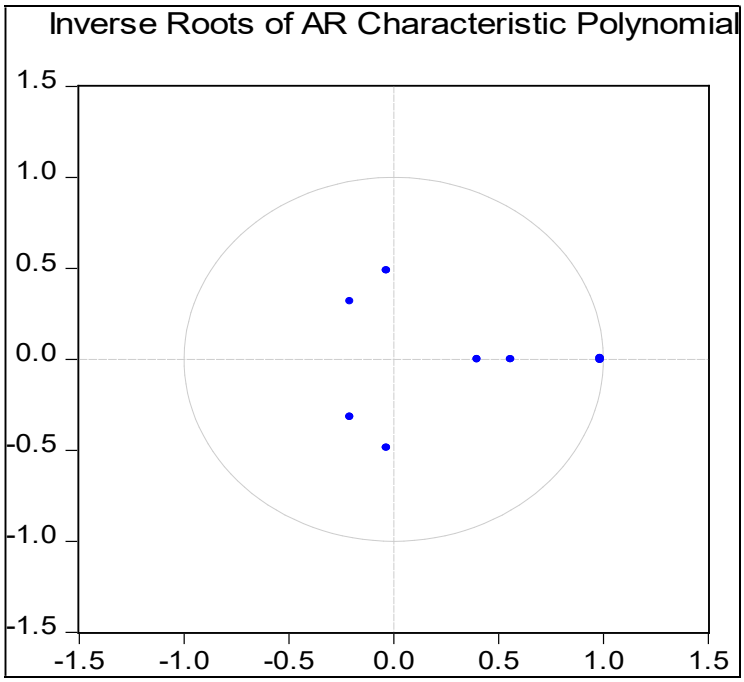
Değişken	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	p değeri
Hata Terimi(-1)	-0.013815	0.00224	-6.16415*	0.0000
D(GSYIH(-1))	0.472566	0.04811	9.82211*	0.0000
D(GSYIH(-2))	-0.220584	0.05356	-4.11857*	0.0000
D(GSYIH(-3))	0.130974	0.05376	2.43647*	0.0423
D(GSYIH(-4))	-0.002964	0.04844	-0.06120	0.2140
D(YEN(-1))	-0.033179	0.01774	-1.87079	0.1598
D(YEN(-2))	0.000742	0.01748	0.04245	0.5072
D(YEN(-3))	0.004418	0.01722	0.25659	0.4584
D(YEN(-4))	-0.010725	0.01650	-0.64993	0.8986
Sabit Terim	0.005294	0.00184	2.87703*	0.0000
R^2	0.346581			
Düzeltilmiş R^2	0.329997			

* %5 düzeyinde anlamlı.

Tablo 18'deki sonuçlar incelendiğinde kısa dönem hata teriminin gecikmeli değerinin (ECT_{t-1}) beklenildiği gibi negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bunun bir sonucu olarak kişi başına düşen milli gelirde bir şok yaşandığı taktirde meydana gelecek olan dengesizliğin yaklaşık %1'i (hata teriminin gecikmeli değerinin katsayı değeri -0.013815) bir sonraki yıl düzeltilecektir. Gelir değişkeninin tekrar dengeye gelme hızı görüldüğü gibi oldukça düşüktür. Yani dengeye gelmesi için geçmesi gereken zaman oldukça fazladır.

Bulunan test sonuçlarının doğruluğunu ortaya çıkarmak için çeşitli model doğrulama şartları vardır. Bunlardan ilki VAR modelinin karakteristik ters köklerini bulmadır. Şekil 17'de görülebileceği gibi ters kökleri temsil eden tüm noktalar birim çember içerisinde yer almaktadır. Yani test sonuçları durağan ve tutarlıdır.

Şekil 17. VAR Modelinin Karakteristik Ters Kökleri



Diğer model doğrulama şartları ise otokorelasyon sınamasının yapılması ve değişen varyans sorunu olup olmadığının belirlenmesidir. Öncelikle otokorelasyon sorunu olup olmadığını tespit etmek için LM testi yapılmıştır. Otokorelasyon sorunu yoktur diyen sıfır hipotezi sınanmıştır. Tablo 19'a göre 4 gecikme uzunluğuna sahip modelin otokorelasyon sorunu olmadığı görülmektedir. Olasılık değeri (0.3851) %5 anlamlılık seviyesinden büyüktür.

Tablo 19. Otokorelasyon LM Testi Sonuçları

Gecikme Sayısı	LM İstatistiği	p değeri
1	4.609111	0.3298
2	5.872639	0.2089
3	11.14036	0.0250
4	4.157556	0.3851

Son model doğrulama şartı olan hata terimlerinin eşit varyansa sahip olması, White testiyle sınanmıştır. Testin sonucunda hata terimlerinin farklı varyansa sahip

olduğunu iddia eden sıfır hipotezi reddedilememiştir. Bu nedenle kurulan modelde farklı varyans sorunu mevcuttur. Bu sorunun varlığında VAR modeli standart hataları ve varyansı sapmalı olabilmekte ve testin güvenilirlik derecesi düşebilmektedir. Bu nedenle değişkenler arasında şu ana kadar bulunan ilişkileri teyit etmek amacıyla eşbütünleşme testlerinden farklı varyans (heteroscedasticity) durumunu göz önünde bulunduran ve buna karşı dirençli bir yol izleyerek uzun dönem ilişkisini her bir birim için ayrı ve birlikte araştırmaya izin veren Pedroni panel eşbütünleşme yöntemi ve yine farklı varyans sorununa dirençli Kao eşbütünleşme yöntemi kullanılacaktır.

4.7. Farklı Varyans Sorununa Dirençli Eşbütünleşme Testleri

Kişi başına düşen milli gelir ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli ilişkinin varlığı Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri ile incelenmiştir. Pedroni ve Kao test sonuçları sırasıyla Tablo 20 ve Tablo 21'de görülmektedir. Testlerde sınanan sıfır hipotezi ve buna karşılık oluşturulan alternatif hipotez,

H_0: *Seriler arasında eşbütünleşme yoktur.*

H_1: *Seriler arasında eşbütünleşme vardır.*

şeklinde kurulur.

Tablo 20. Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boyut İçine Dayalı (Within-Dimension)				
	t-istatistiği	p değeri	Ağırlıklandırılmış t-istatistiği	p değeri
Panel v İstatistiği	-1.343150	0.9104	-1.068635	0.8574
Panel rho İstatistiği	-0.506931	0.3061	0.084973	0.5339
Panel PP İstatistiği	-2.253455*	0.0121	-1.852096*	0.0320
Panel ADF İstatistiği	-3.276287*	0.0005	-2.310857*	0.0104
Boyutlar Arasına Dayalı (Between-Dimension)				
Grup rho İstatistiği	2.455817	0.9930		
Grup PP İstatistiği	-0.514626	0.3034		
Grup ADF İstatistiği	-1.819185*	0.0344		
Düzeltilmiş Dickey-Fuller kalıntı varyansları kullanılmıştır.				
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.				
Testte Barlett Karnel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Pedroni eşbütünleşme yöntemi sonucunda bulunan değerler göz önüne alındığında, hem her birime ayrı hem de birimler için ortak olarak yapılan kalıntı temelli 7 testten * işareti bulunan 3'ü sıfır hipotezini %5 anlamlılık seviyesinde reddetmiştir. Yani gelir ile enerji tüketimi arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığını doğrulamışlardır. Ancak bunun yanında geri kalan 4 test sıfır hipotezini reddedememiştir. Yani iki değişken arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermişlerdir.

Karar vermek için hangi test istatistiğinin veya istatistiklerinin daha yetkin olduğu konusunda Pedroni (2004) çeşitli denemeler yapmıştır. Küçük ve büyük örnekli modeller üzerine Monte Carlo simülasyonu uygulamıştır. Yedi istatistiğin karşılaştırmalı olarak avantajlarını veri oluşum sürecine (Data Generating Process) göre değerlendirmiştir. Bunun sonucunda Pedroni (2004), küçük örnekle çalışıldığında Panel ADF ve Grup ADF istatistiklerinin diğer beş istatistikten daha iyi sonuç verdiklerini ortaya koymuştur. Özellikle 20 ve daha az dönem içeren panel verilerde bu sonuç ön plana çıkmaktadır. Bizim modelimiz için bu sonuç gösteriyor

ki değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi vardır. Çünkü hem Panel ADF hem de Grup ADF t istatistikleri için olasılık değerleri %5 anlamlılık seviyesinden düşüktür.

Pedroni eşbütünleşme testi sonucunda bulunan uzun dönemli eşbütünleşme analizinin doğruluğunu daha da pekiştirebilmek adına Kao eşbütünleşme testi uygulanmış ve Tablo 21'deki sonuçlara ulaşılmıştır.

Tablo 21. Kao Eşbütünleşme Testi Sonuçları

	t-istatistiği	**Olasılık**
ADF	-2.506079*	0.0061
Kalıntı Varyans	0.000333	
HAC Varyansı	0.000662	
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.		
Testte Barlett Karnel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.		

* %5 düzeyinde anlamlı.

Engle-Granger temelli bir test olan Kao eşbütünleşme test yöntemiyle bulunan sonuçlara göre t-istatistiğinin olasılık değeri 0.0061<0.05 olarak bulunmuştur. Yani sıfır hipotezi reddedilmekte ve gelir ile enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi varlığı doğrulanmaktadır.

Şu ana kadar yapılan üç test sonucuna göre de kişi başına gelir ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli ilişki varlığı tespit edilmiştir. Bu iktisadi olarak beklenilen bir durumdur ve bu çalışma ile ampirik olarak ortaya konmuştur.

Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri sonucuna göre tespit edilen uzun dönemli ilişki varlığının nihai sapmasız katsayılarını tahmin edebilmek için Pedroni (2000) tarafından geliştirilen FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Square) yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin değişken katsayılarını hesaplamasının yanı sıra otokorelasyon, değişken varyans ve içsellik gibi sorunlardan kaynaklanabilecek bozulmaları düzelterek sapmasız sonuçlar vermesi en büyük avantajıdır. FMOLS testi sonuçları Tablo 22'de gösterilmiştir.

Grup FMOLS uzun dönem katsayıları, grup tahmin ortalamalarının alınmasıyla bulunmaktadır. Bulunan uzun dönem katsayısına ait t-istatistiği ise standart bir normal dağılıma yakınsar. Bu yöntemi Monte Carlo simülasyonları ile sınayan Pedroni (2000), küçük örnekler ile çalışıldığında iyi sonuçlar verdiğini ortaya koymuştur. (Kök ve Şimşek, 2006)

Yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki uzun dönemli etkisine dair yapılan panel FMOLS test sonucuna göre ortaya çıkan etki beklenilen yönde pozitif ve anlamlıdır. Olasılık p değeri %5 anlamlılık seviyesinin çok altında olduğundan sıfır hipotezi güçlü şekilde reddedilmiştir. Yani modelde yer alan açıklayıcı değişkenin bağımlı değişken üzerinde etkisi doğrulanmıştır. Bu doğrulamanın sonucu olarak uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik bir artış, ekonomik büyüme üzerinde %0.883235'lik bir artışa neden olmaktadır. Bir başka deyişle, 27 Avrupa Birliği ülkesi genelinde yenilenebilir enerji kaynakları tüketimdeki esneklik yaklaşık %0.88'dir. Enerji tüketim değişkeninin gelir üzerinde etki katsayısı düşük görünse dahi iktisadi açıdan beklenilen yönde ve anlamlıdır.

Tablo 22. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	p değeri
YEN	0.883235	0.002609	338.4960	0.0000
Testte Barlett Karnel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

4.8. Ekonomik Büyüme ile Yenilenebilir Enerji Türleri Tüketimi Arasında İlişkinin Belirlenmesi

Tez kapsamında kurulan ilk model olan Model 1 (4.1), yapılan testler sonucunda doğrulanmıştır. Bu modele göre yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde uzun dönemli etkisi mevcuttur. Arada uzun dönemli ilişki bulunduktan sonra yenilenebilir enerji türleri açısından ekonomik büyüme üzerine nasıl bir etki var olduğunu ortaya koyabilmek adına oluşturulan Model 2 (4.2) ve Model 3 (4.3)

incelenmek istenmiştir. Bunun için öncelikle VAR modeli kurularak Johansen eşbütünleşme testi yapılmıştır. Birim kök testleri sonucunda düzey durağan oldukları anlaşılan iki seri (Biyogaz tüketimi ve hidroelektrik enerjisi tüketimi) modellerin dışında bırakılmıştır.

VAR modeli öncesinde gecikme uzunluğunun belirlenmesi Johansen testinin duyarlılığı düşünüldüğünde önem taşımaktadır. Model 2 ve Model 3 için gecikme uzunlukları sırasıyla 1 ve 4 olarak belirlenmiştir. Bu uzunlukların seçilmesinin nedeni ilk başta bilgi kriterleri tarafından en çok tercih edilen gecikme uzunluğu olmaları ardından ise en düşük değeri belirlemiş olmalarıdır. Ayrıca seriler yıllık olduğu için maksimum gecikme uzunluğu 4 olarak seçilmiştir.

Tablo 23. Model 2 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri

Lag	AIC	SC	HQ
0	19.85761	19.93295	19.88736
1	-9.126589	-8.448518*	**-8.858889***
2	-9.205852	-7.925051	-8.700197
3	-9.240564	-7.357034	-8.496954
4	-9.708409*	-7.222149	-8.726843

* Bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluğudur.

Tablo 24. Model 3 İçin Gecikme Uzunluğu Kriterleri

Lag	AIC	SC	HQ
0	13.40638	13.46289	13.42869
1	-11.23344	-10.83790*	-11.07729
2	-11.41307	-10.67849	-11.12306
3	-11.50248	-10.42887	-11.07862
4	**-12.02234***	-10.66969	-11.46463*

* Bilgi kriterlerinin seçmiş olduğu gecikme uzunluğudur.

Gecikme uzunluklarının belirlenmesinin ardından VAR modeli uygulanacaktır. Model 2 için tahmin edilecek olan VAR(1) modeli bizim ilgilendiğimiz şekliyle kısaca aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$GSYIH_t = \alpha_{10} + \beta_{1i}GSYIH_{t-1} + \beta_{2i}AE_{t-1} + \beta_{3i}LB_{t-1} + \beta_{4i}KB_{t-1} + \beta_{5i}GE_{t-1} + \beta_{6i}RE_{t-1} + \beta_{7i}JE_{t-1} + \beta_{8i}DE_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (4.9)$$

Model 3 için tahmin edilecek olan VAR(4) modeli ise bizim ilgilendiğimiz şekliyle aşağıdaki gibi gösterilir:

$$GSYIH_t = \alpha_{10} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{1i}GSYIH_{t-1} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{2i}TBK_{t-1} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{3i}GE_{t-1} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{4i}RE_{t-1} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{5i}JE_{t-1} + \sum_{i=1}^{4}\beta_{6i}DE_{t-1} + \varepsilon_{1t} \quad (4.10)$$

Tablo 25. Model 2 İçin VAR Modeli Sonuçları

	Katsayı	**Standart Hata**	**t-istatistiği**	**p değeri**
GSYIH(-1)	0.992726*	0.00321	309.553	0.0000
AE(-1)	0.000659	0.00057	1.16468	0.2442
LB(-1)	-0.002604*	0.00047	-5.52997	0.0000
KB(-1)	0.001647	0.00130	1.27007	0.2041
GE(-1)	-0.002237*	0.00070	-3.17894	0.0015
RE(-1)	0.000079	0.00071	0.11120	0.9115
JE(-1)	-0.000619	0.00050	-1.23136	0.2183
DE(-1)	0.001340	0.00112	1.19957	0.2304
Sabit Terim	0.042102*	0.01603	2.62584	0.0087

* %5 düzeyinde anlamlı.

Tablo 25'e bakıldığında bağımlı değişken GSYIH'nın bir dönem gecikmeli değerinin yanı sıra açıklayıcı değişkenlerden LB ve GE'nin bir dönem gecikmeli değerlerinin %5 anlamlılık seviyesinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ayrıca sabit terimde

anlamlıdır. Tablo 26'ya bakıldığında ise bağımlı değişkenin bir dönem, iki dönem ve üç dönem gecikmeli değerleri %5 seviyesinde anlamlıdır. GSYIH üzerinde bu üç değişkeninde etkisi vardır.

Tablo 26. Model 3 İçin VAR Modeli Sonuçları

	Katsayı	Standart Hata	t-istatistiği	p değeri
GSYIH(-1)	1.444067	0.04998	28.8931	0.0000
GSYIH(-2)	-0.661579	0.08624	-7.67109	0.0000
GSYIH(-3)	0.286760	0.08581	3.34170	0.0008
GSYIH(-4)	-0.073385	0.04949	-1.48280	0.1383
TBK(-1)	-0.018221	0.01345	-1.35511	0.1755
TBK(-2)	0.022854	0.01896	1.20540	0.2282
TBK(-3)	-0.013370	0.01863	-0.71785	0.4729
TBK(-4)	0.009970	0.01261	0.79062	0.4292
GE(-1)	-0.002546	0.00282	-0.90340	0.3664
GE(-2)	0.002114	0.00457	0.46222	0.6440
GE(-3)	-0.002629	0.00465	-0.56509	0.5721
GE(-4)	0.001323	0.00306	0.43216	0.6657
RE(-1)	0.003672	0.00330	1.11334	0.2657
RE(-2)	-0.009151	0.00510	-1.79439	0.0729
RE(-3)	0.007026	0.00483	1.45548	0.1457
RE(-4)	-0.002643	0.00311	-0.85062	0.3951
JE(-1)	0.001633	0.00183	0.89296	0.3720
JE(-2)	-0.002968	0.00250	-1.18790	0.2350
JE(-3)	0.001973	0.00251	0.78581	0.4321
JE(-4)	-0.001002	0.00182	-0.55019	0.5822
DE(-1)	0.013789	0.01501	0.91879	0.3583
DE(-2)	-0.012186	0.02184	-0.55790	0.5770
DE(-3)	0.001479	0.02338	0.06326	0.9496
DE(-4)	-0.003162	0.01854	-0.17055	0.8646
Sabit Terim	0.025100	0.01513	1.65909	0.0972

4.8.1. Model 2 İçin Johansen Eşbütünleşme Testi

VAR modellerinin belirlenmesinin ardından uzun dönemli ilişkinin varlığı Johansen eşbütünleşme testi çözülerek sınanmıştır. Testte kullanılan modelin sabit terim

ve/veya trend içerip içermemesi gerektiğine AIC ve SC bilgi kriterlerine bakılarak karar verilmiştir. Yine en düşük değeri veren bilgi kriteri seçilmiştir. Bunun sonucunda Model 2 için AIC tarafından kullanılması gerektiği belirlenen sabit terimli (intercept) ve trendsiz lineer model seçilmiştir.

Tablo 27. Model 2 için GSYIH ile Açıklayıcı Değişkenler Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

Maksimum Özdeğer Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**Maksimum Özdeğer İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	72.91211	52.36261	0.0001
$H_0: r = 1$	50.28789	46.23142	0.0175
$H_0: r = 2$	44.09109	40.07757	0.0167
$H_0: r = 3$	28.19998	33.87687	0.2044
$H_0: r = 4$	15.22272	27.58434	0.7304
$H_0: r = 5$	1.801000	21.13162	1.0000
$H_0: r = 6$	0.527701	14.26460	1.0000
$H_0: r = 7$	0.029791	3.841466	0.8629
İz Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**İz İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	213.0723	159.5297	0.0000
$H_0: r \leq 1$	140.1602	125.6154	0.0048
$H_0: r \leq 2$	89.87228	95.75366	0.1186
$H_0: r \leq 3$	45.78119	69.81889	0.8050
$H_0: r \leq 4$	17.58121	47.85613	0.9982
$H_0: r \leq 5$	2.358493	29.79707	1.0000
$H_0: r \leq 6$	0.557493	15.49471	1.0000
$H_0: r \leq 7$	0.029791	3.841466	0.8629

Eşbütünleşme testi sonuçlarına göre Model 2 için iki test istatistiği de uzun dönemli ilişki tespit etmiştir. Maksimum özdeğer istatistiği eşbütünleşme yoktur ($r = 0$), 1 tane eşbütünleşme vardır ($r = 1$) ve 2 tane eşbütünleşme vardır ($r = 2$) sıfır hipotezlerini %5 anlamlılık düzeyinde reddetmiştir. Demek ki değişkenler arasında 3 adet eşbütünleşik vektör bulunmaktadır. İz istatistiği ise eşbütünleşme yoktur ($r = 0$) ve 1 tane eşbütünleşme vardır ($r = 1$) hipotezlerini reddederken diğer hipotezleri

reddedememiştir. Yani değişkenler arasında 2 adet eşbütünleşik vektör bulunmaktadır.

Gelir değişkenine göre normalize edilmiş katsayılar hesaplamıştır. Değerler Tablo 28'de görülmektedir. Çıkan sonuçlara göre gelir ile pozitif yönlü ilişkiye sahip olan değişkenler LB ve JE'dir. İki değişkene bakıldığında en yüksek etki likit biyoyakıt tüketimine aittir. Likit biyoyakıt tüketimindeki %1'lik bir artış gelir üzerinde yaklaşık %0.45'lik bir artış sağlamaktayken, jeotermal enerji tüketimindeki %1'lik bir artış geliri yaklaşık %0.17 yükseltmektedir. Negatif yönde gelir üzerinde en çok etki eden değişken ise dalga ve gelgit enerji tüketimi değişkenidir. Dalga ve gelgit enerjisi üretim maliyetinin çok yüksek oluşu ve buna bağlı olarak tüketiminin diğer enerji kaynaklarına göre kısıtlı ve maliyetli olması bu sonucun ortaya çıkmasında önemli bir etkendir.

Tablo 28. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü

Bağımlı Değişken	**Katsayı**	**Log olabilirlik**
GSYIH	1.000000	2412.252
Açıklayıcı Değişken	**Katsayı**	
AE	-0.160635	
LB	0.451494	
KB	-0.164150	
GE	-0.047872	
RE	-0.027119	
JE	0.167479	
DE	-0.164591	
Sabit Terim	4.204838	

4.8.1.1. Hata Düzeltme Modeli

Johansen eşbütünleşme testi sonucunda seriler arasında uzun dönemde ilişki bulunmuştu. Uzun dönemli ilişkinin tespit edilmesinin yanında kısa dönemli de bir ilişki olup olmadığını tespit edebilmek için hata düzeltme modeli (Vector Error Correction) test edilmiştir.

Test sonucunda hata teriminin katsayısı olan uyarlama katsayısının bir dönem gecikmeli değeri beklenildiği gibi negatif değer (-0.006087) almıştır. Ayrıca bu değer istatistiksel olarak anlamlıdır. (p değeri < 0.05) Bu değerden yola çıkarak kişi başına düşen milli gelirde yaşanacak bir şokun sebep olacağı dengesizliğin yıl sonuna kadar yaklaşık %0.6 oranında düzeleceği söylenebilmektedir.

Tablo 29. Model 2 İçin Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	p değeri
Hata Terimi(-1)	-0.006087	0.00085	-7.19271*	0.0000
D(GSYIH(-1))	0.364025	0.04182	8.70405*	0.0000
D(AE(-1))	-0.001802	0.00239	-0.75408	0.4582
D(LB(-1))	0.001500	0.00107	1.39630	0.1627
D(KB(-1))	-0.003139	0.01143	-0.27450	0.7837
D(GE(-1))	0.001479	0.00257	0.57649	0.5643
D(RE(-1))	0.005565	0.00272	2.04591*	0.0408
D(JE(-1))	0.002198	0.00174	1.26370	0.2064
D(DE(-1))	0.013583	0.01443	0.94141	0.3466
Sabit Terim	0.004585	0.00089	5.17552	0.0000
R^2	0.330293			
Düzeltilmiş R^2	0.317630			

* %5 düzeyinde anlamlı.

4.8.2. Model 3 İçin Johansen Eşbütünleşme Testi

Testte kullanılan modelin sabit terim ve/veya trend içerip içermemesi gerektiğine AIC ve SC bilgi kriterlerine bakılarak karar verilmiştir. Yine en düşük değeri veren bilgi kriteri seçilmiştir. Bunun sonucunda Model 3 için SC tarafından kullanılması gerektiği belirlenen sabit terimli (intercept) ve trendsiz model seçilmiştir.

Tablo 30. Model 3 için GSYIH ile Açıklayıcı Değişkenler Arasında Johansen Eşbütünleşme Test Sonuçları

Maksimum Özdeğer Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**Maksimum Özdeğer İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	91.62958	40.95680	0.0000
$H_0: r = 1$	52.81934	34.80587	0.0001
$H_0: r = 2$	20.79754	28.58808	0.3535
$H_0: r = 3$	14.09570	22.29962	0.4533
$H_0: r = 4$	2.675637	15.89210	0.9955
$H_0: r = 5$	0.126858	9.164546	1.0000
İz Testi			
Eşbütünleşme Sayısı Hipotezi	**İz İstatistiği**	**Kritik Değer (%5)**	**Olasılık Değeri (p)**
$H_0: r = 0$	182.1447	103.8473	0.0000
$H_0: r \leq 1$	90.51507	76.97277	0.0032
$H_0: r \leq 2$	37.69573	54.07904	0.5883
$H_0: r \leq 3$	16.89820	35.19275	0.8904
$H_0: r \leq 4$	2.802495	20.26184	0.9997
$H_0: r \leq 5$	0.126858	9.164546	1.0000

Johansen test sonucuna göre her iki test istatistiği içinde ilk iki hipotez reddedilmiştir. İlk kurulan hipotez ($r = 0$) reddedildiği için eşbütünleşme ilişkisinin var olduğu ortaya çıkmıştır. Ardından ikinci hipotezlerde ($r = 1$ ve $r \leq 1$) reddedilmiş ve uzun dönemde değişkenler arasında iki eşbütünleşik vektör bulunduğu belirlenmiştir. Diğer dört hipotez ise reddedilememiştir. Yani ikiden fazla eşbütünleşik vektör yoktur.

Johansen testinin devamında gelir değişkenine göre normalize edilmiş katsayılar incelenmiştir. Çıkan sonuçlara göre gelir ile pozitif yönlü ilişkiye sahip olan değişkenler güneş enerjisi tüketimi, rüzgar enerjisi tüketimi ve jeotermal enerji tüketimleridir. Bu değerler Tablo 31'de gösterilmiştir. En yüksek etki rüzgar enerjisi tüketimine aittir. Hemen arkasından güneş enerjisi gelmektedir. Gelir üzerinde negatif yönlü olarak en etkili enerji kaynağı ise toplam biyokütle ve belediye atıkları tüketimidir. Rüzgar enerjisi tüketimindeki %1'lik artış gelir üzerinde yaklaşık

%0.24'lük bir artış sağlamaktadır. Bunun yanında toplam biyokütle ve belediye atıkları tüketimindeki %1'lik bir artış geliri yaklaşık %0.25 azaltmaktadır.

Tablo 31. Normalize Edilmiş Eşbütünleşme Vektörü

Bağımlı Değişken	**Katsayı**	**Log olabilirlik**
GSYIH	1.000000	2549.503
Açıklayıcı Değişken	**Katsayı**	
TBK	-0.248408	
GE	0.221771	
RE	0.239297	
JE	0.009521	
DE	-0.044511	
Sabit Terim	-5.504056	

4.8.2.1. Hata Düzeltme Modeli

Kısa dönemli bir ilişkinin var olup olmadığının tespit edilmesi için hata düzeltme modeli uygulanmıştır. Tablo 32'de sonuçlar görülmektedir. Buna göre hata teriminin bir dönem gecikmeli değeri beklenilen yönde negatif ve istatistiki olarak anlamlıdır. Kişi başına düşen milli gelirde yaşanabilecek bir şok durumunda oluşacak dengesizliklerin yaklaşık %0.6'sı yıl sonuna kadar düzelecektir. Gelir değişkeninin dengeye gelme hızı oldukça yavaştır.

Tablo 32. Model 3 İçin Hata Düzeltme Modeli Sonuçları

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t istatistiği	p değeri
Hata Terimi(-1)	-0.006443*	0.00085	-7.61658	0.0000
D(GSYIH(-1))	0.455342*	0.04948	9.20273	0.0000
D(GSYIH(-2))	-0.241498*	0.05451	-4.43019	0.0000
D(GSYIH(-3))	0.098706	0.05420	1.82110	0.0687
D(GSYIH(-4))	-0.022245	0.04962	-0.44828	0.6540
D(TBK(-1))	-0.019387	0.01323	-1.46564	0.1429
D(TBK(-2))	-0.000878	0.01300	-0.06751	0.9462
D(TBK(-3))	-0.000155	0.01306	-0.01189	0.9905
D(TBK(-4))	0.000475	0.012510	0.03792	0.9698
D(GE(-1))	0.000645	0.00287	0.22509	0.8219
D(GE(-2))	-0.000521	0.00301	-0.17321	0.8625
D(GE(-3))	-0.002549	0.00303	-0.84245	0.3996
D(GE(-4))	-0.000467	0.00304	-0.15382	0.8778
D(RE(-1))	0.001879	0.00328	0.57370	0.5662
D(RE(-2))	-0.006950*	0.00338	-2.05548	0.0399
D(RE(-3))	0.003764	0.00315	1.19301	0.2330
D(RE(-4))	-0.004653	0.00300	-1.55226	0.1207
D(JE(-1))	0.001352	0.00178	0.75736	0.4489
D(JE(-2))	-0.001576	0.00179	-0.88153	0.3781
D(JE(-3))	0.000339	0.00179	0.18908	0.8500
D(JE(-4))	-0.001686	0.00179	-0.94368	0.3454
D(DE(-1))	0.011769	0.01902	0.61872	0.5362
D(DE(-2))	0.000214	0.01504	0.01421	0.9887
D(DE(-3))	0.001833	0.01930	0.09488	0.9243
D(DE(-4))	0.001232	0.02525	0.04877	0.9611
R^2	0.377639			
Düzeltilmiş R^2	0.338332			

* %5 düzeyinde anlamlı.

Model 2 ve Model 3 için tüm testler yapıldıktan sonra otokorelasyon ve farklı varyans sorunları mevcut olup olmadığına bakmak için sınamalar yapılmıştır. Otokorelasyon sorunun tespit edilmesinde LM testi, farklı varyans sorununu tespit etmek için White testi uygulanmıştır. Sonuçlar Tablo 33'de yer almaktadır.

Tablo 33. Model 2 ve Model 3 İçin LM ve White Test Sonuçları

Model 2 (1 Lag)		**Model 3 (4 Lag)**	
LM İstatistiği	p değeri	LM İstatistiği	p değeri
36.26398	0.4563	57.62807	0.6997
White Ki-kare İstatistiği	p değeri	White Ki-kare İstatistiği	p değeri
6569.967	0.0000	4106.229	0.0000

LM otokorelasyon testi sonucuna göre iki model içinde 'otokorelasyon yoktur' sıfır hipotezi %5 anlamlılık seviyesinde reddedilememektedir. Modellerde otokorelasyon yoktur. White farklı varyanslılık test sonuçları göre ise her iki model içinde 'varyanslar eşit dağılmaktadır' sıfır hipotezi reddedilmiştir. Modellerde varyanslar eşit dağılmamaktadır.

Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarının sapmasız ve güvenilir olması için gereken koşullardan birisi olan varyansların eşit dağılması şartı sağlanamamaktadır. Bu nedenle Model 1 için yaptığımız gibi bazı değişkenler arasında bulunan uzun dönemli ilişkileri teyit etmek amacıyla farklı varyans durumuna dirençli Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri yapılmalıdır.

4.8.3. Farklı Varyans Sorununa Dirençli Eşbütünleşme Testleri

İlk olarak Model 2 ve Model 3 için Pedroni panel eşbütünleşme testi uygulanmış ve sonuçları Tablo 34 ve Tablo 35'te gösterilmiştir. Pedroni eşbütünleşme testi yapılırken değişkenlerin herhangi bir birimde tamamen etkisiz olduğu durumda söz

konusu birim modelden otomatik olarak çıkartılmaktadır. Bu sebeple iki model için yapılan testten daha iyi bir sonuç elde edebilmek için dalga ve gelgit enerjisi tüketimi değişkeni analizlerden çıkarılmıştır (Bu değişken 2 birim dışında diğer 25 birimde 0 değerini almakta ve bu da Pedroni testinde 25 birimin çıkartılması anlamına gelmektedir). Ayrıca yenilenebilir belediye atıklarından elde edilen enerji ve jeotermal enerji tüketimleri de ciddi sayıda birimin modelden çıkarılmasına neden olmaktadır. Bu iki değişkenin dahil olduğu (Tablo 34a) ve olmadığı (Tablo 34b) Pedroni testleri ayrı ayrı uygulanıp sonuçlar kıyaslanmıştır.

Tablo 34a. Model 2 (DE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boyut İçine Dayalı (Within-Dimension)				
	t-istatistiği	p değeri	Ağırlıklandırılmış t-istatistiği	p değeri
Panel v İstatistiği	-1.976874	0.9760	-2.043136	0.9795
Panel rho İstatistiği	4.408613	1.0000	3.560091	0.9998
Panel PP İstatistiği	2.109303	0.9825	-4.423409*	0.0000
Panel ADF İstatistiği	2.077527	0.9811	-2.765147*	0.0028
Boyutlar Arasına Dayalı (Between-Dimension)				
Grup rho İstatistiği	5.351256	1.0000		
Grup PP İstatistiği	-6.813438*	0.0000		
Grup ADF İstatistiği	-3.425600*	0.0003		
Düzeltilmiş Dickey-Fuller kalıntı varyansları kullanılmıştır.				
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.				
Testte Barlett Kernel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Tablo 34b. Model 2 (DE, AE ve JE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boyut İçine Dayalı (Within-Dimension)				
	t-istatistiği	p değeri	Ağırlıklandırılmış t-istatistiği	p değeri
Panel v İstatistiği	-0.707250	0.7603	-0.707480	0.7604
Panel rho İstatistiği	3.352647	0.9996	3.086868	0.9990
Panel PP İstatistiği	0.591033	0.7228	-0.281943	0.3890
Panel ADF İstatistiği	-0.102267	0.4593	-1.682404*	0.0462
Boyutlar Arasına Dayalı (Between-Dimension)				
Grup rho İstatistiği	5.033390	1.0000		
Grup PP İstatistiği	-1.009611	0.1563		
Grup ADF İstatistiği	-2.024777*	0.0214		
Düzeltilmiş Dickey-Fuller kalıntı varyansları kullanılmıştır.				
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.				
Testte Barlett Karnel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Pedroni eşbütünleşme yöntemi sonucunda bulunan değerler göz önüne alındığında, hem her birime ayrı hem de birimler için ortak olarak yapılan kalıntı temelli 7 testten sırasıyla 2'si ve 1'i sıfır hipotezini %5 anlamlılık seviyesinde reddetmiştir. Geriye kalan testler sıfır hipotezini reddedememiştir. Yani değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin olmadığını göstermişlerdir. Ancak 20 dönem içeren çalışmamız için iyi bir değerlendirme yapabilmek adına Pedroni(2004)'nin önerdiği panel ADF ve grup ADF test istatistiklerine bakılmasında fayda vardır.

ADF test istatistikleri sonucunda, hem DE hariç diğer tüm değişkenlerin modelde yer aldığı hem de DE'ne ilaveten JE ve AE'nin de model dışında bırakıldığı eşbütünleşme testlerine göre sonuçlar birbirine çok yakın çıkmıştır. Her iki testte de grup ADF istatistiği %5 anlamlılık seviyesinde reddedilirken, panel ADF istatistiği reddedilememiştir. Yani grup ADF için seriler arasında eşbütünleşme varken, panel ADF testi istatistiği için seriler arasında eşbütünleşme yoktur. Kesin bir karar verilememektedir.

Model 3 için yapılan Pedroni eşbütünleşme analizinde dalga ve gelgit enerjisi tüketimi değişkeni çıkarılmıştır. Bu değişkenin Model 2'de olduğu gibi çok fazla birim kaybına neden olacağından yine dışarıda bırakılmıştır. Bunun yanı sıra jeotermal enerji tüketiminin de önemli birim kaybına neden olduğu görüldüğünden dahil edilen (Tablo 35a) ve edilmeyen (Tablo35b) modeller ayrı ayrı incelenmiştir.

Tablo 35a. Model 3 (DE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boyut İçine Dayalı (Within-Dimension)				
	t-istatistiği	p değeri	Ağırlıklandırılmış t-istatistiği	p değeri
Panel v İstatistiği	-0.875141	0.8093	-0.669479	0.7484
Panel rho İstatistiği	2.994537	0.9986	2.519985	0.9941
Panel PP İstatistiği	0.890226	0.8133	-1.304048	0.0961
Panel ADF İstatistiği	-1.351686	0.0882	-2.038916*	0.0207
Boyutlar Arasına Dayalı (Between-Dimension)				
Grup rho İstatistiği	4.313736	1.0000		
Grup PP İstatistiği	-2.762860*	0.0029		
Grup ADF İstatistiği	-2.819015*	0.0024		
Düzeltilmiş Dickey-Fuller kalıntı varyansları kullanılmıştır.				
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.				
Testte Barlett Karnel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Pedroni test istatistikleri sonuçlarına göre 7 istatistikten 2'si %5 seviyesinin altındadır ve reddedilmektedir. Ancak panel ADF ve grup ADF testleri için durum eşittir. Panel ADF testine göre eşbütünleşme yokken (0.05<0.0882), grup ADF testine göre uzun dönemli bir ilişki vardır (0.05>0.0024). Sonuç olarak kesin bir karara varmak zordur. Tablo 35b'deki sonuçlara bakıldığında 7 istatistikten sadece birisinin sıfır hipotezini reddettiği görülür. Panel ve grup ADF istatistikleri ise farklı sonuçlar vermiştir. Panel ADF testi eşbütünleşme ilişkisi bulmamıştır (0.05<0.2262). Buna karşılık grup ADF test sonucuna göre eşbütünleşme ilişki vardır (0.05>0.0076).

Tablo 35b. Model 3 (DE ve JE Hariç) İçin Pedroni Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Boyut İçine Dayalı (Within-Dimension)				
	t-istatistiği	p değeri	Ağırlıklandırılmış t-istatistiği	p değeri
Panel v İstatistiği	-0.835236	0.7982	-0.503020	0.6925
Panel rho İstatistiği	2.343475	0.9904	2.282953	0.9888
Panel PP İstatistiği	0.750310	0.7735	0.068841	0.5274
Panel ADF İstatistiği	-0.751259	0.2262	-1.884296*	0.0298
Boyutlar Arasına Dayalı (Between-Dimension)				
Grup rho İstatistiği	4.242701	1.0000		
Grup PP İstatistiği	0.403688	0.6568		
Grup ADF İstatistiği	-2.426880*	0.0076		
Düzeltilmiş Dickey-Fuller kalıntı varyansları kullanılmıştır.				
Gecikme uzunluğu AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.				
Testte Barlett Kernel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Hem Model 2 hem de Model 3 için yapılan tüm Pedroni eşbütünleşme testlerine göre arada uzun dönemli bir ilişkinin olup olmadığı ortaya çıkmamıştır. Kesin bir sonuca varabilmek için bir başka Engle-Granger temelli test olan Kao eşbütünleşme analizi uygulanmıştır. Pedroni yöntemi ile birçok yönden benzerlik gösteren bir başka testin kullanılması sayesinde sonuçların desteklenmesi ve nihai kararın alınabilmesi sağlanır.

Tablo 36. Kao Eşbütünleşme Testi Sonuçları

Model 2	**t-istatistiği**	**Olasılık**
ADF	-3.104802*	0.0010
Kalıntı Varyans	0.000291	
HAC Varyansı	0.000501	
Model 3	**t-istatistiği**	**Olasılık**
ADF	-3.150014*	0.0008
Kalıntı Varyans	0.000294	
HAC Varyansı	0.000516	
Gecikme uzunlukları AIC bilgi kriteri tarafından otomatik olarak seçilmiştir.		
Testlerde Bartlett Kernel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.		

* %5 düzeyinde anlamlı.

Kao eşbütünleşme testi sonucu (Tablo 36) incelenirse Model 2 için yapılan analizin sıfır hipotezini güçlü şekilde reddettiği görülür. DE değişkeninin çıkarıldığı Pedroni testiyle örtüşmesi açısından bu değişken çıkarılıp tekrar analiz yapılmış ve sonucun değişmediği görülmüştür (Olasılık değeri 0.0008 çıkmakta ve sıfır hipotezi yine güçlü şekilde reddedilmektedir). Model 3 için Kao testi yapıldığında çıkan sonuçlar Model 2 için yapılanla benzerlik göstermektedir. Üçüncü modelde olasılık değeri 0.0008 olup %5 seviyesinden düşük olduğundan sıfır hipotezi reddedilmektedir. DE değişkenini analiz dışı bırakıp tekrar Kao testi uygulandığında sonuçlar değişmemiştir (olasılık değeri 0.0007 çıkmıştır). Her iki model içinde milli gelir ile yenilenebilir enerji kaynakları türlerine göre tüketimleri arasında uzun dönemli ilişkiye sahip oldukları söylenebilmektedir.

Genel olarak her iki model içinde yapılan Pedroni ve Kao eşbütünleşme testleri değerlendirildiğinde, değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşik vektör bulunduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuç iktisadi açıdan beklenilen bir durumdur ve bu çalışma ile ortaya konmuştur.

Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından her bir değişkene ait sapmasız nihai katsayılar elde edilmiştir. Bizim beklentilerimiz

çerçevesinde değişkenler arasında birlikte hareket eğiliminin tutarlılığı test edilmiştir. Bu katsayılar Pedroni'nin geliştirdiği FMOLS yöntemi ile belirlenmiştir. Sonuçlar Tablo 37'de görülmektedir. Tüm değişkenler analize dahil edildiğinde özellikle dalga ve gelgit enerji tüketimi sadece iki ülkede var olduğundan 25 gözlem kaybına neden olmaktadır. Ayrıca jeotermal enerji ve belediye atıkları enerji tüketimleri de bazı birimlerin analiz dışına çıkarılmasına neden olmaktadır. Bu yüzden DE değişkeni analiz dışında bırakılmıştır. JE ve AE değişkenleri ise analize dahil edilip ve analizden çıkarılıp ayrı ayrı test edilmiştir.

Tablo 37. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları

DE Çıkarılmış Model 2**				
Değişken	**Katsayı**	**Standart Hata**	**t-istatistiği**	**p değeri**
AE	0.034761*	0.008822	3.940266	0.0001
LB	0.008616*	0.001845	4.668790	0.0000
KB	-0.076037*	0.021246	-3.578833	0.0004
GE	-0.003968	0.003255	-1.219012	0.2241
RE	0.044517*	0.002850	15.62230	0.0000
JE	0.006733	0.010632	0.633305	0.5272
DE ve JE Çıkarılmış Model 2***				
AE	0.038552*	0.011641	3.311782	0.0010
LB	0.006175*	0.001772	3.485952	0.0006
KB	0.028596	0.025741	1.110928	0.2674
GE	-0.013006	0.009580	-1.357668	0.1754
RE	0.044614*	0.003764	11.85292	0.0000
DE, JE ve AE Çıkarılmış Model 2****				
LB	0.007311*	0.001599	4.571064	0.0000
KB	0.057370	0.029269	1.960118	0.0506
GE	-0.004173	0.013048	-0.319803	0.7493
RE	0.052049*	0.002890	18.01116	0.0000

Testte Bartlett Kernel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.

*** İngiltere, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, Hırvatistan, İrlanda, İsveç, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Lüksemburg, Slovenya ve Yunanistan modelden düşmüştür.*
**** Estonya, Hırvatistan, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Slovenya ve Yunanistan modelden düşmüştür.*
***** Estonya modelden düşmüştür.*

* %5 düzeyinde anlamlı.

Yenilenebilir enerji tüketim kalemlerinin ekonomik büyüme üzerindeki uzun dönemli etkisine ilişkin yapılan panel FMOLS test sonucuna göre ortaya çıkan etki beklenilen yönde pozitif ve anlamlıdır. Tablo 37'de gösterilen olasılık değerlerine göre RE ve LB değişkenleri her bir modelde geliri açıklama konusunda anlamlı çıkmıştır. AE ise son modelde analiz dışına çıkarılmış fakat yer aldığı iki testte de pozitif ve anlamlı bir etkisi olmuştur. Genel olarak bakıldığında kişi başına düşen milli gelir üzerinde uzun dönemde pozitif yönde en çok etkiye rüzgar enerjisi tüketimi sahiptir (0.044517 ile 0.052049 aralığında). Sadece DE çıkarılmış İlk modele göre yorum yapıldığında, uzun dönemde rüzgar enerjisi tüketimindeki %1'lik artış ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.0445'lık bir artışa neden olmaktadır. Ardından yenilenebilir belediye atıkları tüketimindeki %1'lik artış ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.0347'lik artış, likit biyoyakıt tüketimindeki %1'lik artış yaklaşık %0.0086'lik artış sağlamaktadır. Tüm bu pozitif yönlü etkilere karşı, katı biyoyakıt tüketimindeki %1'lik artış ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.0760'lık bir düşüşe neden olmaktadır. Bu değişken için sonuç iktisadi olarak beklenen yönde değildir. Güneş enerjisi ve jeotermal enerji tüketimlerinin ise uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde herhangi bir etkileri tespit edilmemiştir.

Panel FMOLS testleri arasında içerdiği ülke sayısı anlamında en etkili test DE, JE ve AE'nin çıkarıldığı modeldir. Sadece Estonya analize dahil edilmemiştir. Çıkan sonuçlara göre rüzgar ve likit biyoyakıt enerjisi tüketimleri yine beklenildiği gibi gelire yaptıkları etki ile pozitif ve anlamlı oldukları görülmüştür.

Tablo 38. Panel Grup FMOLS Yöntemi Sonuçları 2

DE Çıkarılmış Model 3**				
Değişken	**Katsayı**	**Standart Hata**	**t-istatistiği**	**p değeri**
TBK	-0.075186*	0.023851	3.152375	0.0018
GE	0.035067*	0.008593	4.080764	0.0001
RE	0.038040*	0.002627	14.48117	0.0000
JE	0.002036	0.008403	0.242315	0.8087
DE ve JE Çıkarılmış Model 3***				
TBK	0.119959*	0.035227	3.405310	0.0007
GE	-0.016697	0.016662	-1.002105	0.3168
RE	0.059322*	0.004484	13.22587	0.0000
Testte Bartlett Kernel metodu kullanılmış ve Bandwith genişliği Newey-West metodu ile otomatik olarak belirlenmiştir.				
*** İngiltere, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, İrlanda, İsveç, Letonya ve Lüksemburg modelden düşmüştür.*				
*** Estonya modelden düşmüştür.*				

* %5 düzeyinde anlamlı.

Üçüncü ve son model için yapılan FMOLS testi sonuçlarına göre (Tablo 38), sırf DE veya hem DE hem de JE'nin çıkarıldığı modellerde toplam biyokütle ve atık tüketimi ile rüzgar enerjisi tüketimi istatistiki olarak anlamlıdır. İlk analiz sonuçlarına göre toplam biyokütle ve atık tüketimindeki %1'lik bir artış ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.075'lik bir düşüşe sebep olmaktadır. Bunun yanında rüzgar ve güneş enerjisi tüketimleri ekonomik büyümeyi pozitif yönde etkilemektedir.

Analize dahil olan ülke sayısına göre en etkili model sadece Estonya'nın dahil edilmediği modeldir. İlk modelde olduğu gibi toplam biyokütle ve atık tüketimi ile rüzgar enerjisi tüketim istatistikleri anlamlıdır. Rüzgar enerjisi tüketimi ekonomik büyüme üzerinde yine olumlu yönde etkiye sahipken, toplam biyokütle ve atık tüketimi bu sefer olumlu etkiye sahiptir. Ekonomik büyüme üzerinde en çok etkiye %1'lik bir artışta yaklaşık olarak gelirde %0.12'lik artışla toplam biyokütle ve atık tüketiminin sebep olduğu tespit edilmiştir. Yani bu enerji türünün tüketiminin esnekliği %0.12'dir.

SONUÇ

Bu çalışmada, yenilenebilir enerji kaynakları ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiş ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin belirlenmesi için literatürde yatay kesit verileri ve zaman serisi verilerinin beraber kullanıldığı durumda sıkça tercih edilen panel veri analizi yöntemi kullanılmıştır. Panel veri analiz yöntemlerinden eşbütünleşme analizlerinin kullanıldığı çalışmada yenilenebilir enerji kaynakları tüketimleri ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönemli ilişkinin geçerliliği, 27 Avrupa Birliği ülkesinin 1995-2014 yılları arasındaki verileri kullanılarak araştırılmıştır. Avrupa Birliği üyesi ülkelerden sadece Malta çalışma kapsamı dışında bırakılmıştır.

Çalışmada yer alan değişkenlerin seçimi ve alt kategorilere ayrılması, literatürde sıkça yer verildiği şekliyle yapılmış ve analizlerin daha tutarlı sonuçlar vermesi istendiğinden logaritmaları alınmıştır. Araştırma kapsamında üç model kurulmuştur. Üç model içinde bağımlı değişken kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla miktarıdır. İlk modelde açıklayıcı değişken olarak sadece toplam yenilenebilir enerji tüketim miktarı bulunurken, ikinci modelde yenilenebilir enerji kaynakları türleri ayrı ayrı modele dahil edilmiş ve üçüncü modelde ise enerji kaynakları türleri günümüzde sıkça yapıldığı şekliyle kategorize edilerek açıklayıcı değişkenler olarak yer almıştır. Panel eşbütünleşme testine geçmeden önce çalışmada yer alacak tüm değişkenler için birim kök testleri yapılmış ve durağanlık mertebeleri belirlenmiştir. Seriler arasında heterojen dağılıma izin veren Im, Pesaran ve Shin(1997) birim kök testinin yanı sıra Fisher Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Fisher Philips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmıştır. Birim kök testleri sonucunda iki değişken hariç diğer tüm değişkenlerin birinci mertebeden durağan oldukları belirlenmiştir. Düzey durağan olan biyogaz ve hidrolik enerji kaynakları analizden çıkarılmış ve diğer değişkenler için uzun dönemli ilişki varlığını ortaya çıkarmada literatürde en sık tercih edilen testlerden biri olan Johansen eşbütünleşme testi kullanılmıştır. İlk kurulan model için yapılan VAR modeli ve Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarına göre değişkenler arasında uzun dönemli bir eşbütünleşme ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisi doğrulandığından hata düzeltme modeli (VEC) ile

kısa dönemde bir ilişkinin varlığı sınanmıştır. Hata düzeltme modeli sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde pozitif bir etkisi olduğu ve seriler arasında kısa dönemde yaşanacak dengesizliklerin uzun dönemde ortadan kalkıp, birlikte dengeye gelecekleri tespit edilmiştir. Ardından ikinci modele geçilmiştir. VAR modeli ve Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarına göre likit biyoyakıt tüketimi ile ekonomik büyüme arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi varlığı belirlenmiştir. Bunun dışında VAR modeline göre güneş enerjisi tüketiminin de ekonomik büyüme ile ilişkisi varken, Johansen testine göre jeotermal enerjinin ekonomik büyüme uzun dönemde ilişkisi vardır. Son olarak yapılan hata düzeltme modeline göre hata terimi anlamlı çıkmış ve açıklayıcı değişkenlerden sadece rüzgar enerjisinde kısa dönemde yaşanacak bir sapmanın, uzun dönemde ortadan kalkıp, değişkenlerin birlikte dengeye geleceği belirlenmiştir. Üçüncü model içinde VAR modeli ve Johansen testi uygulanmıştır. Sonuçlar incelendikten sonra değişkenler arasında uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Değişkenler arasında en büyük etki rüzgar enerjisi tüketimine aittir. Ardından güneş enerjisi gelmektedir. Dalga ve gelgit enerjisi ise ekonomik büyüme üzerinde negatif yönlü bir etkiye sahiptir. Kısa dönemde ise hata düzeltme modeli sonuçlarına göre sadece rüzgar enerjisi tüketiminde yaşanacak bir şokun, uzun dönemde gelir ile dengeye geleceği belirlenmiştir.

Johansen eşbütünleşme testinin uygulanmasının ardından sonuçların doğruluğu ve sapmasızlıklarının ortaya çıkarılması gerekmektedir. Bu sınamalar için serilerin hatalarının durağanlığını ortaya çıkaran ters kök yaklaşımı, otokorelasyonu ortaya çıkaran LM testi ve farklı varyans sorununu ortaya çıkaran White testi uygulanmıştır. Üç model içinde testler yapılmış ve tümünde hatalar arasında farklı varyans sorunu olduğu görülmüştür. Bu nedenle VAR modeli ve Johansen eşbütünleşme testi sonuçlarının sapmalı olabileceği göz önüne alınarak çıkan sonuçları teyit etmek amacıyla tüm sorunlara dirençli ve Engle-Granger temelli Pedroni eşbütünleşme testi ve Kao eşbütünleşme testi kullanımı uygun görülmüştür.

Birinci model için Pedroni eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Çalışmada zaman serilerinin 20 dönem olduğu göz önüne alınarak küçük örnek performansları daha iyi olan istatistik sonuçlarına bakılmış ve uzun dönemde değişkenler arasında

eşbütünleşme ilişkisi olduğu tespit edilmiştir. Ardından eşbütünleşmenin teyit edilebilmesi açısından Kao testi uygulanmıştır. Eşbütünleşme ilişkisi yine tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin bulunmasıyla birlikte değişkenlerin sapmasız katsayılarını belirlemek adına grup FMOLS yöntemi tercih edilmiştir. FMOLS test sonucuna göre değişkenler arasında ortaya çıkan eşbütünleşme ilişkisi pozitif yönde ve anlamlıdır. Uzun dönemde yenilenebilir enerji tüketimindeki %1'lik artış, ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.88'lik bir artış sağlamaktadır.

İkinci model için Pedroni eşbütünleşme testi uygulanmıştır. Bazı ülkelerin analiz dışında kalması nedeniyle önce dalga ve gelgit enerjisi ve ardından atık ve jeotermal enerji tüketimleri analiz dışında tutulup sonuçlar kıyaslanmıştır. Uzun dönemde açıklayıcı değişkenler ile bağımlı değişken arasında eşbütünleşme ilişkisi olduğuna veya olmadığına test istatistiklerinin ikisi birden farklı sonuçlar verdiğinden karar verilememiştir. Ardından eşbütünleşme varlığının ortaya çıkarılması için Kao testi uygulanmıştır. Eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Eşbütünleşme ilişkisinin bulunmasıyla FMOLS yöntemi uygulanmıştır. Bunun sonucunda rüzgar enerjisi ve likit biyoyakıt enerjisi tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkisi olduğu tespit edilmiştir. Estonya hariç diğer AB ülkeleri genelinde en çok etkiye rüzgar enerjisi tüketimi sahiptir. Uzun dönemde rüzgar enerjisi tüketimindeki %1'lik artışın ekonomik büyüme üzerinde yaklaşık %0.0520'lik bir artışa neden olduğu belirlenmiştir. Estonya'ya ilaveten Hırvatistan, Kıbrıs, Letonya, Litvanya, Slovenya ve Yunanistan da model dışı bırakıldığında rüzgar ve likit biyoyakıt tüketimlerinin yanında yenilenebilir belediye atıkları tüketiminin de ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönde etkisi olduğu belirlenmiştir.

Son olarak üçüncü model için yine Pedroni eşbütünleşme testi uygulanmış ve istatistiklerin farklı sonuçlar vermesi nedeniyle nihai karar verilememiştir. Ardından Kao testi uygulanmıştır. Kao testi sonucunda bağımlı ve açıklayıcı değişkenler arasında uzun dönemli eşbütünleşme ilişkisi tespit edilmiştir. Genel olarak eşbütünleşmenin varlığı tespit edildiğinden FMOLS testi ile nihai sapmasız katsayılar belirlenmiştir. Estonya hariç diğer AB ülkeleri genelinde toplam biyokütle ve belediye atıkları tüketimi ile rüzgar enerjisi tüketimlerinin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olduğu ortaya çıkarılmıştır. En büyük etki 0.119959 katsayısına sahip

olan toplam biyokütle ve belediye atıkları tüketimidir. Ayrıca analizden İngiltere, Çek Cumhuriyeti, Estonya, Finlandiya, İrlanda, İsveç, Letonya ve Lüksemburg çıkarıldığında anlamlı ilişki tespit edilen bu iki değişkene ilaveten güneş enerjisi tüketiminin de ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönde bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir.

Tez çalışması kapsamında yapılan tüm analizler göz önüne alındığında, toplam yenilenebilir enerji tüketiminin uzun dönemde ekonomik büyüme üzerinde pozitif yönde etkisi olduğunun tespit edilmesi iktisadi olarak beklenilen bir durumdur. Bununla birlikte yenilenebilir enerji üretim ve tüketimindeki artış trendinin devam etmesi beklenmektedir. Yani aradaki ilişkinin daha da güçlenmesi beklenmektedir. Ayrıca yenilenebilir enerji türlerinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi de araştırılmış ve genel olarak yapılan test sonuçlarına göre rüzgar enerjisi tüketimi, likit biyoyakıt tüketimi ve toplam biyoyakıt ve belediye atıkları tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde etkisi olduğu ortaya çıkarılmıştır. Özellikle rüzgar enerjisinin giderek daha fazla tüketildiği göz önüne alındığında gelecekte ekonomik büyüme üzerindeki etkisinin güçleneceği öngörülmektedir. Literatürde enerji kaynaklarını alt kategorilere ayırarak ekonomik büyüme ile ilişkisini ortaya koyan çalışmalar çok azdır. Genelde tek bir yenilenebilir enerji kaynağı seçilerek yapılan çalışmalara rastlanılmıştır. Bu yönüyle bakıldığında bu tez çalışması diğerlerinden ayrılmakta ve bundan sonra yapılacak çalışmalara fikir vermesi açısından önem arz etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından özellikle rüzgar, güneş ve dalga ve gelgit enerjilerine olan talebin gelecek yıllarda daha da artacağı düşünülmektedir. Dolayısıyla bu kaynaklara ağırlık verilmesi ve örnek kütlenin arttırılarak daha genel bir sonuç elde edilmesiyle iyi sonuçların ortaya çıkabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

Acaroğlu, Mustafa: **Alternatif Enerji Kaynakları**, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2013.

Ahn , Seung Chan; Moon, Hyungsik Roger : "Large-N and Large-T Properties of Panel Data Estimators and the Hausman Test", **USC CLEO Research Paper**, No:C01-20,2001,s.1-65. http://econpapers.repec.org/cpd/2002/23_Ahn.pdf

Al-mulali, Usama; Fereidoini, Hassan Gholipour; Lee, Janice Ym; Sab, Che Normee Binti Che : "Examining the Bi-Directional Long Run Relationship Between Renewable Energy Consumption and GDP Growth," **Renewable and Sustainable Energy Reviews,** C.XXII, Haziran 2013, s.209-222.

Akçiçek, Özgür: "Ekonomik Büyüme ve Yenilenebilir Enerji Tüketimi-Üretimi İlişkisi; Türkiye Örneği", Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015

Bhargava, Alok; Franzini, L., Narendranathan , W. : "Serial Correlation and the Fixed Effect Model", **Review of Economic Studies**, C:XLIX, No:4, 1982, s.533-549.

Apergis, Nicholas; Payne, James E: "Renewable Energy Consumption and Growth in Eurasia", **Energy Economics**, C.XXXII, No:6, 2010, s.1392-1397.

Apergis, Nicholas; Payne, James E: "Renewable Energy Consumption and Economic Growth: Evidence From A Panel of OECD Countries", **Energy Policy**, C.XXXVIII , No:1, 2010, s.656-660.

Australian Goverment Climate Change Impacts & Risk Management - A Guide for Business and Goverment, (Çevrimiçi) http://ccsl.iccip.net/risk-management.pdf, 19.12.2015.

Bai J.; Ng, S. : "A Panic Attack on Unit Roots and Cointegration", **Econometrica**, C:LXXII , No:4, 2004, s.1127-1177.

Balestra, P.; Nerlove : "Pooling Cross Section and Time Series Data in the Estimation of A Dynamic Model: The Demand for Natural Gas", **Econometrica**, C:XXXIV No:3, 1966, s.585-612.

Baltagi, Badi H : **Econometrics Analysis of Panel Data**, Third Edition, Chichester, John Wiley&Sons Ltd, 2005.

Başel, Didem Korkmaz : "Türkiye Jeotermal Enerji Potansiyelinin Araştırılması", İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 2010.

BP : Solar Energy, (Çevrimiçi) http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/renewable-energy/solar-energy.html, 12.12.2015.

BP : BP Statistical Review of World Energy June 2015, (Çevrimiçi) https://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/energy-economics/statistical-review-2015/bp-statistical-review-of-world-energy-2015-full-report.pdf, 28.11.2015

Breitung, Jörg : "The Local Power of Some Unit Root Tests for Panel Data" **In Advances in Econometrics**, C:XV, 2000, s.161-178.

Cho, Sangmin; Heo, Eunnyeong; Kim, Jihyo : "Causal Relationship Between Renewable Energy Cobsumption and Economic Growth: Comparison Between Developed and Less-Developed Countries", **Geosystem Engineering**, C:XVIII, No:6, 2015, s.1-8.

Choi, In : "Combination Unit Root Tests for Cross-Sectionally Correlated Panles", **Mimeo**, Hong Kong University os Science and Technology, 2002.

Choi, In : "Unit Root Tests for Panel Data", **Journal of International Money and Finance**, C:XX, No:2, 2001, s.249-272.

Dickey, D.; Fuller, W. : "Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series With A Unit Root", **Journal of the Anerican Statistical Association**, C:LXXIV, 1979, s.427-431.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Dalga Enerjisi Teknolojisi, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/teknoloji/dalga_enerjisi.aspx, 05.01.2016

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Hidroelektrik Enerjisi Nedir?, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/h_hidrolik_nedir.aspx, 12.12.2015

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Kömür Nedir, (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf, 28.11.2015.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Nükleer Enerji, (Çevrimiçi) http://www.enerji.gov.tr/File/?path=ROOT%2F1%2FDocuments%2FSayfalar%2FK%C3%B6m%C3%BCr+Nedir-.pdf

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Rüzgar Enerjisi, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/ruzgar-ruzgar_enerjisi.aspx, 12.12.2015.

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı : Azaltım, (Çevrimiçi) http://www.eie.gov.tr/iklim_deg/azaltim.aspx, 18.01.2016

EPA Global Greenhouse Gas Emissions Data, (Çevrimiçi) https://www3.epa.gov/climatechange/ghgemissions/global.html, 20.01.2016.

Europa Commission : Ocean Energy, (Çevrimiçi) http://ec.europa.eu/research/energy/eu/index_en.cfm?pg=research-ocean, 05.012016.

Europa Commission : Trends In Global CO2 Emissions 2014 Report, (Çevrimiçi) http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf, 25.01.2016.

Fang, Yiping : "Economic Welfare Impacts From Renewable Energy Consumption: The Chine Experience", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, C:XV, No:9, 2011, s.5120-5128.

Greene, William H. : **Econometric Analysis**, 2nd Edition, New Jersey, Printice Hall, 1993.

Greene, William H. : **Econometric Analysis**, Fifth Edition, New Jersey, Printice Hall, 2002.

Güriş, Selahattin: **Stata ile Panel Veri Modelleri**, Der Yayınları, İstanbul, 2015.

Gürsoy, Umur : **Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları**, Türk Tabipleri Birliği Yayınları, Ankara, 2004.

Hadri, Kaddour: "Testing for Stationarity in Heterogeneous Panel Data", **Econometrics Journal**, No:3, 2000, s.148-161.

Akbulut, Hale : "Transfer Harcamaları ve Büyüme ilişkisi: Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Dinamik Panel Veri Analizi", Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2013.

Harris, Richard D. F.; Tzavalis, Elias: "Inference for unit Roots in Dynamic Panels Where the Time Dimension is Fixed", **Journal of Econometrics**, C:XCI, No:2, 1999, s.201-226.

Hoch, I. : "Estimation of Production Function Parameters Combining Time Series and Cross-Section Data", **Econometrica**, C:XXX, 1962, s.34-53.

HSBC : Energy in 2050: Will fuel constraints thwart our growth projections?, (Çevrimiçi) https://www.hsbctrinkaus.de/tubweb/ pressroom.nsf/0/8A1297C2B031737CC125786200590774/$ File / hsbc _studie_energy_in_2050.pdf, 19.12.2015.

Hsiao, Cheng : **Analysis of Panel Data**, Second Edition, New York, Cambridge Univsersity Press, 2003.

IEA : CO_2 Emissions from Fuel Combustion, (Çevrimiçi) http://energyatlas.iea.org/?subject=1378539487, 22.01.2016.

IEA : Energy Atlas, (Çevrimiçi) http://energyatlas.iea.org/?subject=-1002896040&datapresentation=1&lang=en, 17.01.2016

IEA : Energy Indicators, (Çevrimiçi) http://energyatlas.iea.org/?subject=-297203538&datapresentation=1&lang=en, 18.01.2016

IEA : Energy Indicators, (Çevrimiçi) http://energyatlas.iea.org/?subject=-297203538&datapresentation=2&lang=en, 18.01.2016

IEA : Excerpt From CO_2 Emission From Fuel Combustion (2015 Edition), (Çevrimiçi) https://www.iea.org/publications/freepublications/publication /CO2EmissionsTrends.pdf, 25.01.2016

IEA : Excerpt From Renewables Information (2015 Edition), (Çevrimiçi) http://www.iea.org/publications/freepublications/publication /RENTEXT2015_PARTIIExcerpt.pdf, 25.01.2016

IEA : Sankey Diagram, (Çevrimiçi) http://www.iea.org/Sankey/#?c=World&s=Final consumption, 17.01.2016.

Im, Kyung So; Pesaran, M. Hashem; Shin, Yongcheol : "Testing for Unit Roos in Heterogeneous Panels", **Department of Applied Economics**, University of Cambridge, Discussion Paper, 1997.

Im, Kyung So; Pesaran, M. Hashem; Shin, Yongcheol : "Testing for Unit Roos in Heterogeneous Panels", **Journal of Econometrics**, C:CXV, No:1, 2003, s.53-74.

IPSS : Climate Change 2007 Synthesis Report, (Çevrimiçi) https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_full_report.pdf, 19.12.2015

IRENA : Renewable Energy Capacity Statistics 2015, (Çevrimiçi) http://www.irena.org/DocumentDownloads/Publications/ IRENA_RE_Capacity_Statistics_2015.pdf, 27.11.2015

IRENA : Renewable Power Generation Costs in 2014, (Çevrimiçi) http://www.irena.org/documentdownloads/publications/irena_re_ power_costs_2014_report.pdf, 27.01.2016

Hlouskova, Jaroslava; Wagner, Martin: "The Performance of Panel Unit Root and Stationarity Tests: Results from a Large Scale Simulation Study", **Econometric Reviews**, C:XXV, No:1, 2006, s.1-32.

Kao, Chihwa : "Spurious Regression and Residual-Based Tests for Cointegration in Panel Data", **Journal of Econometrics**, C:XC, No:1, 1999, s.1-44.

Klevmarken, Anders : "Modelling Labor Supply in A Dynamic Economy", **Working Paper Series**, Research Institute of Industrial Economics, 1989.

Koç, Erdem; Şenel, Mahmut Can : "Dünyada ve Türkiye'de Enerji Durumu - Genel Değerlendirme", **Mühendis ve Makina**, C: LIV, No: 639, 2013, s.32-44.

Kök, Recep; Şimşek, Nevzat: "Endüstri-içi Dış Ticaret, Patentler ve Uluslararası Teknolojik Yayılma", (Çevrimiçi) http://www.deu.edu.tr/userweb/recep.kok/endustriici_patent.pdf, 20.05.2016.

Kuh, Edwin : "The Validity of Cross-Sectionally Estimated Behaviour Equations in Time Series Applications", **Econometrica**, C:XXVII, No:2, 1959, s.197-214.

Levin, Andrew; Lin, Chein-Fu; Chu, Chia-Shang James : "Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties", Discussion Paper, 1992, s. 1-66.

Levin, Andrew; Lin, Chein-Fu; Chu, Chia-Shang James : "Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties", **Journal of Econometrics**, C:CVIII, No:1, 2002, s.1-24.

Maddala, G. S.; Wu, Shaowen "A Comparative Study of Unit root Tests With Panel Data and A New Simple Test", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, C:LXI, No:(S1), 1999, s.631-652.

McCoskey, Suzanne; Kao, Chihwa : "A Residual-Based Test of the Null of Cointegration in Panel Data", **Econometrics Reviews**, C:XVII, No:1, 1998, s.57-84.

Menegaki, Angeliki N. : "Growth and Renewable Energy in Europe: A Random Effect Model with Evidence for Neutrality Hypothesis", **Energy Economics**, C:XXXIII, No:2, 2011, s.257-263.

Moon, Hyungsik Roger; Perron, Benoit : "Testing for a Unit Root in Panles with Dynamic Factors", **Journal of Econometrics**, C:CXXII, No:1, 2004, s.81-126.

Mundlak, Yair : "Empirical Production Free of Management Bias", **Journal of Farm Economics**, C:XLIII, No:1, 1961, s.44-56.

Öksüzkaya, Mehmet : "Seçilmiş AB Ülkeleri İçin Gelir-Tüketim İlişkisi: Panel Veri Yaklaşımı", Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2013.

Özer, Mustafa; Çiftçi, Necati : "Ar-Ge Harcamaları ve İhracat İlişkisi: OECD Ülkeleri Panel Veri Analizi", **Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, No: 23, Ocak 2009, s.1-9.

Öztürk, İlhan; Bilgili, Faik : "Biomass Energy and Economic Growth Nexus in G7 Countries: Evidence from Dynamic Panel Data", **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, C:XLIX, 2015, s.132-138.

Öztürk, İlhan; Bilgili, Faik : "Economic Growth and Biomass Consumption Nexus: Dynamic Panel Analysis for Sub-Sahara African Countries", **Applied Energy**, C:CXXXVIII, 2005, s.110-116.

Öztürk, Hüseyin : **Yenilenebilir Enerji Kaynakları ve Kullanımı**, Teknik Yayınevi, Ankara, 2008.

Payne, James E. : "On the Dynamics of Energy Consumption and Output in the US", **Applied Energy**, C:LXXXVI, No:4,2009, s.575-577.

Pazarlıoğlu, Mehmet V.; Gürler, Özlem K.: "Telekominikasyon Yatırımları ve Ekonomik Büyüme: Panel Veri Yaklaşımı", **Finans Politik & Ekonomik Yorumlar**, C:XLIV, No:508, 2007, s.35-43.

Pedroni, Peter: "Critical Values for Cointegration Tests in Heterogeneous Panels with Multiple Regressors", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, C:LXI, 1999, s.653-670.

Pedroni, Peter: "Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels", **Nonstationary Panels, Panel Cointegration and Dynamic Panels**, C:XV, 2000, s.93-130.

Pedroni, Peter: "Panel Cointegration: Asymptotic and Finite Sample Properties of Pooled Time Series Test with An Application to the PPP Hypothesis", **Econometric Theory**, C:XX, No:3, 2004, s.597-625.

Pesaran, M. Hashem : "A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross Section Dependence", **Cambridge Working Papers in Economics**, 2003, s.1-24.

Phillips, Peter C.; Hansen, Bruce E.: "Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I (1) Processes", **The Review of Economic Studies**, C:LVII, No:1, 1990, s.99-125.

Phillips, Peter C.; Sul, Donggyu : "Dynamic Panel Estimation and Homogeneity Testing Under Cross Section Dependence", **The Econometrics Journal**, C:VI, No:1, 2003, s.217-259.

REN21 Renewables 2010: Global Status Report, (Çevrimiçi) http://www.ren21.net/Portals/0/documents/activities/gsr/REN21_GSR_2010_full_revised%20Sept2010.pdf, 25.12.2015

REN21 Renewables 2011: Global Status Report, (Çevrimiçi) http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2011_FINAL.pdf , 25.12.2015

REN21 Renewables 2012: Global Status Report, (Çevrimiçi) http://www.ren21.net/Portals/0/documents/Resources/GSR2012_low%20res_FINAL.pdf, 25.12.2015

REN21 Renewables 2015: Global Status Report, (Çevrimiçi) http://www.ren21.net/Portals/0/documents/e-paper/GSR2015/index.html, 27.11.2015

Sadorsky, Perry: "Renewable Energy Consumption and Income in Emerging Economies", **Energy Policy**, C:XXXVII, 2009, s.4021-4028.

Saikkonen, Pentti: "Asymptotically Efficient Estimation of Cointegration Regressions", **Econometric Theory**, C:VII, 1991, s.1-21.

Salim, Ruhul A.; Rafiq, Shuddhasattwa: "Why Do Some Emerging Economies Proactively Accelerate the Adoption of Renewable Energy?", **Energy Economics**, C:XXXIV, No:4, 2012, s.1051-1057.

Stock, James H.; Watson, Mark W.: "A Simple Estimator of Cointegrating Vectors in Higher Order Integrated Systems", **Econometrica**, C:LXI, No:4, 1993, s.783-820.

Taban, Sami : **İktisadi Büyüme Kavram ve Modeller**, Nobel Yayıncılık, Ankara, 2009

Tarı, Recep; Yıldırım, Durmuş Çağrı : "Döviz Kuru Belirsizliğinin İhracata Etkisi: Türkiye İçin Bir Uygulama", **Celal Bayar Üniversitesi Yönetim ve Ekonomi Dergisi**, Cilt: XVI, No: 2, 2009, s.95-105.

Taş, Nihat : "Ekonomik Değişkenlerin Panel Veri Analizi ile Çözümlenmesi", İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Doktora Tezi, 2012.

Tatlı, Halim : "Çok Değişkenli Bir Üretim Modeli ile Toplam Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Türkiye Örneği", **Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, C:XXXIII, No:4, 2015, s.135-157.

Tatoğlu, Ferda Yerdelen : **İleri Panel Veri Analizi Stata Uygulamalı**, 2.Baskı, Beta Basım, İstanbul, 2013

Tatoğlu, Ferda Yerdelen : **Panel Veri Ekonometrisi Stata Uygulamalı**, 2.Baskı, Beta Basım, İstanbul, 2013

Tiwari, Aviral Kumar : "A Structural VAR Analysis of Renewable Energy Consumption, Real GDP and CO2 Emissions: Evidence from India", **Economics Bulletin**, C:XXXI, No:2, 2011, s.1793-1806.

Tuğcu, Can Tansel; Öztürk, İlhan; Aslan, Alper : "Renewable and Non-renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries", **Energy Economics**, C:XXXIV, 2012, s.1942-1950.

Tüzüntürk, Selim: "Panel Veri Modellerinin Tahmininde Parametre Heterojenliğinin Önemi: Geleneksel Phillips Eğrisi Üzerine Bir Uygulama", **Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi**, C:XXI, No:2, 2007, s.1-14.

Westerlund, Joakim : "Testing for Error Correction in Panel Data", **Oxford Bulletin of Economics and Statistics**, C:LXIX, 2007, s.709-748.

World Bank : World Development Indicators, (Çevrimiçi) http://databank.worldbank.org/data/reports.aspx?source=2&country= &series=EG.USE.ELEC.KH.PC&period= 17.01.2016