

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
ULUSLARARASI TİCARET VE İŞLETMECİLİK ANABİLİM DALI
2023-YL-127

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ULUSLARARASI TİCARETİN
ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARBON AYAK İZİ
ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ: SEÇİLMİŞ ORTA
DOĞU VE KUZEY AFRIKA ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

HAZIRLAYAN
Gamze ERFİDAN

TEZ DANIŞMANI
Dr. Öğr. Üyesi Alper YILMAZ

AYDIN-2023

T.C.
AYDIN ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Bu tez de sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

.... / / 2023

Gamze ERFİDAN

ÖZET

YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ULUSLARARASI TİCARETİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARBON AYAK İZİ ÜZERİNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ: SEÇİLMİŞ ORTA DOĞU VE KUZEY AFRIKA ÜLKELERİ ÖRNEĞİ

Gamze ERFİDAN

Yüksek Lisans, Uluslararası Ticaret ve İşletmecilik Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Dr. Öğr. Üyesi Alper YILMAZ

2023, XV+141 sayfa

Yenilenebilir enerji kavramı birçok araştırmacının ilgisi çeken bir konudur. Özellikle dünya tarihinde yaşanan ve yaşanmakta olan fosil yakıtların neden olduğu enerji krizleri ve bu yakıtların çevreyi olumsuz etkilemesi yenilenebilir enerjiyle ilgili çalışmaların artmasına neden olmuştur. Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri yenilenebilir enerji kaynakları bakımından oldukça yüksek bir potansiyele sahip olmasına karşın henüz bunun küçük bir kısmını kullanmaktadır.

Bu çalışmada Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkelerinin ticari dışa açıklık ve yenilenebilir enerji tüketiminin karbon ayak izi (KAİ) büyüklüğü üzerindeki etkileri, panel veri yöntemi kullanılarak araştırılmıştır. Çalışmanın uygulama kısmında değişkenlere ait 1990-2017 dönemi yıllık verileri kullanılmıştır. Ampirik sonuçlara göre değişkenler arasında uzun dönemli denge ilişkisi olduğu ve karbon ayak izinin bağımlı değişken olduğu eşbütünleşme tahmincilerinin hesaplanan katsayılarına göre yenilenebilir enerji tüketiminin negatif, ticari açıklık değişkeninin ise pozitif etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

ANAHTAR SÖZCÜKLER: Yenilenebilir Enerji, Ticari Dışa Açıklık, Karbon Ayak İzi, Uluslararası Ticaret

ABSTRACT

EVALUATION THE ENVIRONMENTAL EFFECTS OF RENEWABLE ENERGY AND INTERNATIONAL TRADE THROUGH CARBON FOOTPRINT: A CASE OF SELECTED MIDDLE EAST AND NORTH AFRICAN COUNTRIES

Gamze ERFİDAN

Master Thesis, Department of International Trade and Business

Supervisor: Dr. Instructor Alper YILMAZ

2023, XV+141 pages

The concept of renewable energy is a distinguished subject for many researchers. The energy crises caused by fossil fuels throughout history, as well as their negative impact on the environment, have led to an increase in studies related to renewable energy. Despite the significant potential of renewable energy sources in the Middle East and North Africa countries, only a small fraction of it is currently being utilized.

In this study, the effects of trade openness and renewable energy consumption on the carbon footprint (CF) size of Middle East and North African countries were investigated using panel data methodology. The empirical part of the study utilized annual data from 1990 to 2017 for the variables. According to the empirical results, a long-run equilibrium relationship was found among the variables, and it was determined that renewable energy consumption had a negative effect while the trade openness variable had a positive effect on the carbon footprint, as indicated by the estimated coefficients of the cointegration estimators.

KEYWORDS: Renewable energy, Trade Openness, Carbon Footprint, International Trade

ÖNSÖZ

“Yenilenebilir Enerji ve Uluslararası Ticaretin Çevresel Etkilerinin Karbon Ayak İzi Üzerinden Değerlendirilmesi: Seçilmiş Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği” konusu üzerine yapmış olduğum çalışmada bana vermiş olduğu desteklerinden ve benimle paylaştığı bilgi ve deneyimlerinden dolayı danışman hocam, Sayın Dr. Öğr. Üyesi Alper YILMAZ’a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum. Öncelikle kardeşim Gizem ERFİDAN olmak üzere tezimi hazırlarken maddi ve manevi olarak beni her daim destekleyen aileme de teşekkürü borç bilirim.

Gamze ERFİDAN

İÇİNDEKİLER

KABUL VE ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK BİLDİRİM SAYFASI.....	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xii
TABLolar DİZİNİ.....	xiii
KISALTMALAR DİZİNİ	xiv
GİRİŞ.....	1
1. BÖLÜM	3
1. ENERJİ KAVRAMI VE YENİLEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI	3
1.1. Enerji Kavramı.....	3
1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	4
1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	6
1.3.1. Güneş Enerjisi.....	6
1.3.2. Rüzgâr Enerjisi	7
1.3.3. Hidrolik Enerji	8
1.3.4. Jeotermal Enerji	8
1.3.5. Biyokütle Enerjisi	9
1.3.6. Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	10
2. BÖLÜM	13
2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ GENEL GÖRÜNÜMÜ	13
2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	13
2.1.2. Güneş Enerjisi.....	18
2.1.2.1. Üretim ve tüketim durumu	18

2.1.2.2. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri	19
2.1.2.3. Fotovoltaik güneş pilleri.....	19
2.1.3. Rüzgâr Enerjisi	20
2.1.3.1. Potansiyeli ve kullanımı	20
2.1.3.2. Rüzgâr enerjisinin ekonomik yönü	21
2.1.4. Dünya’da ve Türkiye’de Hidrolik Enerji.....	22
2.1.5. Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji.....	24
2.1.6. Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisi.....	25
2.1.6.1. Enerji ormanı.....	26
2.1.6.2. Biyoyakıtlar	28
2.2. Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjinin Genel Görünümü	29
2.3. Enerji Kaynakları ve Çevre İlişkisi.....	33
3. BÖLÜM.....	38
3. TİCARİ DIŞA AÇIKLIK KAVRAMI	38
3.1. Ticari Açıklık ve Serbestleşme Kavramı	38
3.2. Ticari Açıklığın Motivasyonu.....	39
3.3. Ticari Dışa Açıklığın Ekonomik Etkileri.....	40
3.4. Ticari Dışa Açıklığın Avantajları ve Dezavantajları	40
3.4.1. Teknolojik Düzey	41
3.4.2. Verimlilik.....	42
3.4.3. Rekabet	42
3.4.4. İstihdam ve Uzmanlaşma.....	43
3.4.5. Dış Ticaret Hadleri	43
3.5. Ticari Açıklık Ölçüm Yöntemleri.....	44
3.6. Ticari Açıklığın Dış Ticaret Teorileri Kapsamında Değerlendirilmesi	46
3.6.1. Klasik Dönem Öncesi Serbestleşme Teorileri	46
3.6.2. Klasik Ticari Serbestleşme Teorileri	47

3.6.2.1. Mutlak üstünlükler teorisi	47
3.6.2.2. Karşılaştırmalı üstünlükler teorisi	47
3.6.2.3. Hecksher-Ohlin teorisi	48
3.6.3. Yeni Dış Ticaret Teorileri.....	48
3.6.3.1. Nitelikli işgücü teorisi	49
3.6.3.2. Teknoloji açığı teorisi.....	49
3.6.3.3. Ürün dönemleri teorisi	49
3.6.3.4. Tercihlerde benzerlik teorisi.....	50
3.6.3.5. Ölçek ekonomileri teorisi	51
3.6.3.6. Monopolcü rekabet teorisi.....	51
3.6.3.7. Rekabetçi üstünlük teorisi	51
3.7. Ticari Dış Açıklıkta Politika Uygulamaları ve Önemi.....	52
3.8. Çevre Politikalarında Ticari Açıklık.....	52
4. BÖLÜM	54
4. YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ULUSLARARASI TİCARETİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARBON AYAK İZİ ÜZERİNDEN AMPİRİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	54
4.1. Literatür Taraması.....	54
4.1.1. Ticari Açıklık ve Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar.....	54
4.1.2. Karbon Emisyonları, Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar.....	55
4.1.3. Enerji Kaynakları ile Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar.....	56
4.1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Karbon Emisyonları ve Ticari Açıklık İlişkisini İnceleyen Çalışmalar	57
4.1.5. Ekonomik Büyüme, Ticari Açıklık ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar	59
4.1.6. Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Salınımı Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar.....	60

4.1.7. Ekolojik Ayak İzi, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Ticari Açıklık Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar	65
4.2. Çalışmanın Önemi	70
4.3. Panel Veri Ekonometrisi	71
4.4. Veri ve Amaç	75
4.5. Ekonometrik Model	75
4.6. Ekonometrik Metot	77
4.6.1. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenite	77
4.6.2. Birim Kök Testi	80
4.6.3. Eşbütünleşme	83
4.6.4. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini	86
4.6.5. Nedensellik	100
4.7. Analiz Bulguları	105
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	122
6. KAYNAKLAR	124
ÖZGEÇMİŞ	141

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması	4
Şekil 2.1. Yıllara Göre Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Yüzdelik Değişimi	15
Şekil 2.2. 2021 ve 2030 Yılları Arasında Açıklanan Politikalar Senaryosuna Göre Elektrik Üretimindeki Değişim	17
Şekil 2.3. Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Exajoules)	17
Şekil 2.4. Yıllara Göre Dünya Güneş Enerjisi Kapasitesi	18
Şekil 2.5. Yıllara Göre Dünya Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi	20
Şekil 2.6. Yıllara Göre Dünya Hidrolik Elektrik Kullanımı (Exajoules)	22
Şekil 2.7. Türkiye’de Hidrolik Kaynaklardan Elektrik Üretimi	24
Şekil 2.8. Türkiye’de Jeotermal Kaynaktan Elektrik Üretimi	25
Şekil 2.9. Türkiye’de Atık Kaynaktan Elektrik Üretim	25
Şekil 2.10. Yıllara Göre Dünya Biyoyakıt Üretimi	28
Şekil 2.11. Türkiye’de Biyoyakıt Kaynaktan Elektrik Üretimi	29
Şekil 2.12. Yıllara Göre MENA Ülkelerinin Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Düzeyleri (2010-2027)	32
Şekil 2.13. Dünya Küresel Karbon Emisyonun Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi	34
Şekil 2.14. Dünya GSYİH'nın Karbondioksit Emisyon Yoğunluğu	35
Şekil 2.15. Dünya Net Sıfır Karbon Senaryosunda Enerji Sektörü Yatırımı (2021-2030) ...	37
Şekil 4.1. Panel Modeller	71

TABLolar DİZİNİ

Tablo 2.1. Dünya Fosil Yakıtların Kalan Ömürleri.....	13
Tablo 2.2. Dünya Yenilenebilir Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi.....	16
Tablo 2.3. Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Üretimi (2021 Yılı)	16
Tablo 2.4. Bölgelere Göre Dünyada Güneş Enerjisi Kapasitesi.....	19
Tablo 2.5. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi.....	21
Tablo 2.6. Dünyada Hidrolik Santralden Elektrik Üretimi	23
Tablo 2.7. Bölgelere Göre Biyoyakıt Üretimi	29
Tablo 2.8. Bazı Mena Ülkelerinde Uygulanmakta Olan Başlıca Yenilenebilir Enerji Politikaları.....	31
Tablo 2.9. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynak Bazlı Kurulu Güç ve Hedefleri	33
Tablo 2.10. Enerji Üretim Sistemlerinin Çevresel Etkileri Açısından Kıyaslanması	36
Tablo 4.1. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler	105
Tablo 4.2. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenite	107
Tablo 4.3. Panel Birim Kök Testi Sonuçları	109
Tablo 4.4. CADF Birim Kök Test Sonuçları (Tablo 4.3'ün devamı).....	110
Tablo 4.5. Durbin-Hausman (Durbin-H) Panel Eşbütünleşme Testi.....	112
Tablo 4.6. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini (Model; $K\hat{A}it = \alpha + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it}$).....	113
Tablo 4.7. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi	115
Tablo 4.8. Panel Model	116
Tablo 4.9. Panel Model İçin Tanısal Testler	117
Tablo 4.10. Panel Model İçin Tanısal Testler	118
Tablo 4.11. Bireysel Etkiler.....	118
Tablo 4.12. Sabit Etkilerin Anlamlılık Testi	119
Tablo 4.13. Rassal Etkilerin Anlamlılık Testi	120

KISALTMALAR DİZİNİ

ABD	: Amerika Birleşik Devletler
BAE	: Birleşik Arap Emirlikleri
BDT	: Bağımsız Devletler Topluluğu
BM	: Birleşmiş Milletler
BP	: British Petrol
BRICS	: Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti
CEBC	: Temiz Enerji İş Konseyi
CO ₂	: Karbondioksit
CREST	: Yenilenebilir Enerjiler ve Sürdürülebilir Teknoloji Merkezi
D8	: Gelişen Sekiz Ülke
FV	: Fotovoltaik
GSYH	: Gayri Safi Yurtiçi Hasıla
GWh	: Gigawatt Saat
HES	: Hidro Elektrik Santrali
IEA	: Uluslararası Enerji Ajansı
IFC	: Uluslararası Finans Kurumu
IMF	: Uluslararası Para Fonu
IRENA	: Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı
KAI	: Karbon Ayak İzi
MENA	: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri
MTA	: Maden Tetkik Arama
MtCO ₂	: Milyon Ton Karbondioksit Eşdeğeri
MW	: Megawatt
OECD	: Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü
TMMOB	: Türk Mühendis ve Mimar Odaları Birliği

TO	: Ticari Dışa Açıklık
TWh	: Tera Watt Saat
UNEP	: Birleşmiş Milletler Çevre Programı
WWF	: Dünya Doğayı Koruma Vakfı
YET	: Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Oranı
YY	: Yüzyıl



GİRİŞ

Orta Doğu ve Kuzey Afrika bölgesi yenilenebilir enerji açısından oldukça yüksek potansiyele sahip ülkelere ev sahipliği yapmaktadır. Buna karşılık bölge ülkelerinde fosil tabanlı yakıtların üretim ve tüketimi de oldukça fazladır. Bu ülkelerde yoğun olarak yaşanan petrol ve gaz ihracatı enerji sektörünü karbondan arındırmaya yönelik yapılan çalışmalara engel olmaktadır. Bölge ülkelerinin ihracatının büyük kısmı enerji kaleminden gelmektedir. Ancak bu kaynakların tükeniyor olması, bölge ülkelerinin ihracatını uzun vadede olumsuz etkileyerek, dış ticaret görünümünün bozulmasına neden olabilecektir. Ayrıca Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi, geleneksel yakıtların sektörel kullanımlarını azaltmayı hedeflemektedir. Bu nedenle hem karbon emisyonlarını azaltmak hem de ekonomilerini petrol ve gaz gelirlerine bağımlı olmaktan uzaklaştırmak için sahip oldukları yenilenebilir enerji potansiyelini kullanmaları faydalı olacaktır. Ülkeler, enerji üretimindeki mevcut kapasitelerini ve rekabet avantajlarını arttırabileceklerdir. Son dönemde yapılan ve yapılmakta olan çalışmalarla birlikte düşük karbonlu enerji üretimine geçişini hızlandırmayı sağlayarak enerji sektörleri için ihracat fırsatı yakalayabileceklerdir. En önemlisi ise iklim değişikliğine ve bölgede yaşanan küresel ısınmayla birlikte artan sıcaklıklardan dolayı yaşanan susuzluk sorunun azalmasına da yardımcı olaması beklenmektedir.

Bu çalışmanın temel amacı karbon ayak izi ile yenilenebilir enerji arasındaki ilişkisinin dış ticarete etkilerini Orta Doğu ve Kuzey Afrika ülkeleri örneği ile test etmektir. Bu amaç doğrultusunda çalışma dört ana bölümden oluşturularak tamamlanmıştır. Birinci bölümde enerji kavramı üzerinde durulmuş, enerji kaynakları sınıflandırılarak açıklanmıştır. Yenilenemeyen (kömür, petrol, doğal gaz, nükleer) ve yenilenebilir (güneş, rüzgâr, hidrolik, jeotermal, biyokütle) enerji kaynakları hakkında bilgi verilmiştir. İkinci bölümünde yenilenebilir enerji kaynakları tüm dünya ülkeleri açısından değerlendirilmiştir. Özellikle Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkelerinin potansiyelleri üzerinde durulmuştur. Üçüncü bölümünde ticari açıklık kavramıyla ilgili bilgiler verilmiştir. Dördüncü bölümde ise yenilenebilir enerji ve uluslararası ticaretin çevresel etkilerinin karbon ayak izi üzerinden değerlendirilmesi yapılmıştır. Bu kapsamda oluşturulan panel modellerde önce değişkenlerin birim kök özellikleri ile yatay kesit bağımlılığı incelenmiş, sonuçlara göre Durbin-Hausman Eşbütünleşme testi kullanılmış ve değişkenlerin uzun dönemde eşbütünleşme ilişkisi içinde olduğu tespit edilmiştir. Daha sonra eşbütünleşme katsayıları hesaplanarak bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkeni hangi yönde ve ne ölçüde etkilediği

tablolaştırılmıştır. Modeldeki değişkenlerin kısa dönem nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin (2012) testi, uzun dönem nedensellik ilişkisi ise Canning-Pedroni Nedensellik testi ile sınanmış ve son olarak hesaplanan panel model yorumlanmıştır.



1. BÖLÜM

1. ENERJİ KAVRAMI VE YENİLEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI

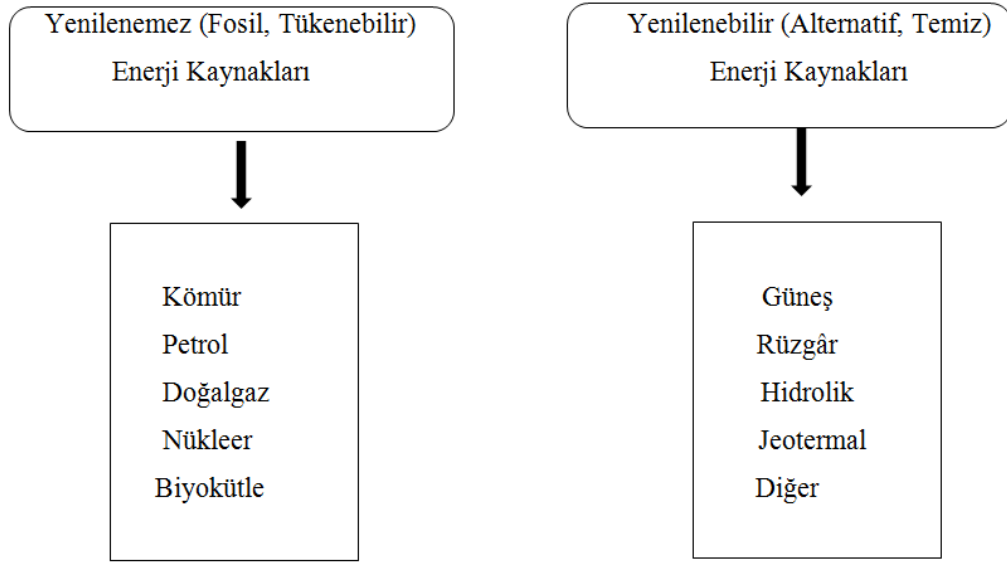
1.1. Enerji Kavramı

Enerji, insan hayatının vazgeçilmez bir unsuru olan, üzerine çok fazla düşünülen bir kavramdır. Ayrıca ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişimlerini sağlayarak toplumsal refahlarının artmasına katkıda bulunduğu için de insan hayatının vazgeçilmez bir parçasıdır ve uzun yıllar da böyle olmaya devam edecektir.

Bir sistemin veya bir cismin iş yapabilme yeteneği, bir işi yapabilmek için mutlak ihtiyacı olarak açıklanan enerji kavramı, modern anlamda ilk olarak filozoflar tarafından 1599 yılında kullanılmıştır. Ayrıca bu kavram Thomas Young tarafından 1807 yılında fizik teorisine adapte edilmiştir. Söz konusu kavramın ekonomik alanda ilk kez ele alınması ise Emanuele Sella tarafından 1910 yılında olmuştur. Sella, enerji bilimi olarak üretim süreci ile termodinamik arasındaki ilişkiyi incelemiştir (Yapraklı, 2013: 12).

Enerji kavramı, sanayi devrimine kadar olan zamanda insan ve hayvanların iş yapabilme yeteneği olarak görülmüştür (Yapraklı, 2013: 69). Bu dönemden sonraki süreçte, özellikle I. Dünya Savaşı'nın ardından, kas gücünün yerini petrol, doğalgaz ve elektrik gibi yeni güç kaynakları almaya başlamıştır. 1970'li yıllara gelindiğinde ise yenilenebilir enerji kaynakları önem kazanmıştır.

Enerji, çeşitli kaynaklardan yararlanılarak üretilmektedir. Birleşmiş Milletler (BM) tarafından enerji kaynakları, yenilenebilir enerji ve yenilemeyen enerji kaynakları şeklinde tasnif edilmiştir. Enerji kaynakları, oluşumlarına bağlı olarak yenilemeyen (fosil) ve yenilenebilir (alternatif) kaynaklar olmak üzere iki ana başlık halinde incelenmektedir (Öztürk, 2013). Şekil 1.1'de enerji kaynaklarının sınıflandırılması gösterilmektedir.



Şekil 1.1. Enerji Kaynaklarının Sınıflandırılması

1.2. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Bitkilerin ve hayvanların milyonlarca yıl içinde çürümesiyle oluşan bir yakıt türü olarak tanımlanan fosil yakıtlar, günümüzde kullanılan enerjinin büyük bir kısmını karşılar. Bunlar oluşma hızına oranla daha hızlı tüketildikleri için yenilenmeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilmektedir.

Özellikle hızlı nüfus artışı, şehirleşme ve sanayileşme gibi faktörler enerji gereksiniminin her geçen gün artmasına neden olmaktadır. Buna karşın bu yakıtların hızla tükenmesi, fiyatlarının sürekli dalgalanması, tüketimleri sonucunda çevreye verdikleri zararlar, insan sağlığı üzerinde zararlı etkiler bırakması gibi birçok olumsuz yanları da mevcuttur. Bu durum küresel ısınma ve sürdürülebilir büyüme bakımından alternatif arayışların gündeme gelmesine neden olmaktadır (Akova, 2008).

Dünya üzerinde katı, sıvı ve gaz halinde bulunan fosil yakıtların bünyesinde bulunan enerjilerin yakılmasıyla elde edilen yenilenemez enerji kaynakları, oluşumlarına göre kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji olmak üzere dört başlık altında toplanmak mümkündür (Koç ve Kaya, 2015: 37). Bu kısımda bu kaynaklar sırayla ele alınacaktır.

Kömür: Dünyada en fazla üretilen maddelerden biri olan kömür, çoğu zaman doğrudan yakıt olarak yakılmakla birlikte bazen de ısı ile ikincil yakıtlara dönüştürülerek kullanılmaktadır. Kömür kullanımının artmaya başlaması 18. YY'ın (yüzyıl) ikinci yarısına tekabül etmektedir (Acaroğlu, 2013: 26). Özellikle gelişen sanayi ile birlikte endüstride

kömür kullanımı artmış ve zaman içerisinde fosil yakıtlar arasında en yaygın biçimde kullanılan enerji kaynağı haline gelmiştir. Kömür, termik santrallerdeki elektriğin üretiminde, demir-çelik sanayi ve çimento imalatında, endüstriyel aşamaların çoğunda hem buhar üretmek hem de ısınma maksadı ile yoğun bir şekilde kullanılmaktadır.

Petrol: Suların denizlere sürüklediği bitki kalıntılarının uygun koşullar içerisinde, toprağın üstünde başkalaşmasıyla oluşan yenilenemez bir enerji kaynağıdır. Petrolün başlıca yaşam alanlarının denizler olduğu söylenebilir. Yerin altından ham olarak çıkarılan petrol, işlenerek kullanıma hazır hâle getirilmektedir. Petrolden elde ettiğimiz benzin, fuel oil, jel yakıt, motorin gibi ürünlerin kullanım alanları oldukça geniştir (Yapraklı, 2013: 31). Petrol, önemli bir sanayi girdisi olduğu için en çok kullanılan enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır. Bundan dolayı çevreyi en çok kirleten yakıt türüdür ve hangi alanda kullanılırsa kullanılsın kimyasal atık bırakarak çevre üzerinde ciddi problemler yaratmaktadır.

Doğal Gaz: Yakıtlar arasında ham petrolden sonra önemli bir yer teşkil eden doğal gaz, esâsen petrolün başka bir biçimidir. Doğal gaz, geçmiş yıllarda petrol üretiminin faydasız bir yan maddesi olarak görülmektedir. Günümüzde ise en değerli yakıt olarak yerini almıştır (Acaroğlu, 2013: 29). Ayrıca petrol ve kömüre göre çevreye daha az zarar veren, yanma ayarlanmasının hassas, ısı gücü değerlerinin yüksek, üretim ve tüketim noktalarına taşınması işlemlerinin daha kolay olması bu enerji kaynağının ön plana çıkmasında etkili olmuştur.

Nükleer Enerji: Bazı radyoaktif elementlerin atom çekirdekleri düzeyindeki parçalanması sonucu ortaya çıkar. Çevre kirliliği yaratamadığı için yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde gösterilen nükleer enerji, temel girdi maddelerinin dünyada sınırlı miktarda bulunması nedeniyle yenilenemeyen enerji kaynakları sınıfında yer almaktadır. Nükleer yakıtlar, petrol krizi gibi fosil yakıtlarda meydana gelebilecek dalgalanmalardan etkilenmezler. Fakat nükleer kaza riskinden kaynaklanan tehlike, buna bağlı olarak saçtıkları radyasyon ve nükleer artıkların saklanması bu enerji türünün en büyük dezavantajları olarak ortaya çıkmaktadır. (Yarman, 2011).

Yenilenemeyen enerji kaynakları 19. YY'dan günümüze kadar ekonomik hayatta yoğun bir şekilde kullanılarak ülkelerin ekonomik büyümelerine önemli katkılarda bulunmuşlardır. Bu kaynakların sınırlı olması, elde edilmeleri sürecinde insan sağlığına ve

çevreye zarar vermeleri nedeniyle ülkeler zararsız enerji kaynakları olarak da bilenen yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelmişlerdir (Yapraklı, 2013: 36).

1.3. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünyada yaşanan nüfus artışı, sanayileşme, kentleşme gibi faktörler giderek artmaktadır. Buna karşılık fosil yakıtların tükenmesi sorunu ile karşı karşıya kalınması, bu yakıtların neden olduğu gazlar nedeniyle çevreye olan zararlı etkileri ve buna bağlı olarak da dünyayı tehdit eden küresel ısınma ve iklim değişikliği gerçeği, yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş ihtiyacını arttırmaktadır. Bu bağlamda faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Küresel ısınmayı azaltarak iklim koşullarında istikrar sağlamaktadır.
- Giderek fosil yakıt ve diğer doğal kaynak stoklarının azalmasından doğan askeri çatışmaları ve jeopolitik gerginlikleri sona erdirerek ulusal güvenliği sağlamaktadır.
- Yıkıcı etkileri olan nükleer teknolojilerinin yaygınlaşmasını engellemektedir (Gürtunca, 2013: 392).
- Su ve topraktaki kirlilik miktarını azaltarak ekolojik dengenin düzelmesini sağlamaktadır.
- Düşük maliyetli enerji kullanımı sayesinde, atıkların geri dönüşümlerini sağlayarak, çevreye zarar verecek şekilde doğal kaynakların kullanılmasına engel olmaktadır.
- Sürdürülebilir bölgesel ekonomiler temiz ve pahalı olmayan enerjiyle geliştirecekleri için küresel yaşam standartlarının artmasına olanak sağlamaktadır.

Günümüzde enerji üretiminde pek çok gelişme meydana gelmektedir. Bunun sonucunda yenilenebilir enerji kaynaklarından yeni endüstriler ve iş alanlarının doğacağı söylenebilir. Bu da hem ülkelerin ekonomilerine hem de küresel ekonomilerin gelişmesine katkı sağlayacaktır. Kısacası yenilenebilir enerji kaynaklarının temiz, yerli, tükenmez ve ekonomik olmaları bu gelişmelerin artarak devam edeceği yönündedir (Külekçi, 2009).

1.3.1. Güneş Enerjisi

Güneş enerjisi, yeryüzünde bir ısı tesiri meydana getiren yenilenebilir bir enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Güneş enerjisi; fırınlarda ve ocaklarda, su ısıtıcılarında, odun kurutulmasında, hububat kurutucularında, binaların soğutma ve ısıtma sistemlerinde,

fotovoltaik pillerde olmak üzere pek çok alanda kullanılmaktadır. Kullanım alanı oldukça geniş olan bir enerji kaynağı seçeneğidir (TMMOB, 2006).

Güneş enerjisinin avantajları arasında doğal malzeme kullanılarak üretilmesi, çevreye zarar vermemesi, ekonomik ve dışa bağımlı olmaması sayılabilmektedir. Buna karşın veriminin düşük olması, mevsimsel ve günlük kesintilere uğraması bu enerji türünün kullanımını olumsuz etkilemektedir (Öztürk, 2008: 52).

1973-1974 yıllarında yaşanan petrol krizinden sonra güneş enerjisine yönelik çalışmalar hızlanmış, 1980'lerden günümüze kadar bu çalışmalar artarak devam etmiştir (Yılmaz ve Kalkan, 2017). Yapılan teknik çalışmalar ve geliştirilen teknolojiler sonucunda güneş enerjisi sistemlerinde ilerlemeler yaşanmakta ve maliyetleri her geçen gün azalmaktadır. Greenpeace'in yayımladığı raporda, 2040'a kadar dünya küresel enerji gereksiniminin %26'sının güneş enerjisinden elde edilerek bu sektörün 2 milyondan fazla kişiye istihdam imkânı sunacağı ifade edilmiştir (TMMOB, 2006: 92).

1.3.2. Rüzgâr Enerjisi

Rüzgârın gücünü keşfeden insanların onun enerjisinden faydalanmaya başlaması çok eski zamanlara dayanmaktadır. Rüzgâr gücünün ilk kez kullanımı yelkenli gemilerin hareket ettirilmesi ve yel değirmenlerinin çalıştırılması esnasındadır. Bugün ise rüzgâr enerjisi sayesinde elektrik enerjisi üretilmektedir. Rüzgârın elektrik enerjisi için ilk kez kullanımı ise Amerika'nın New York şehrinde gerçekleştirilmiştir. Rüzgâr enerjisinden sanayi devriminde pek fazla yararlanılmamış fakat 1973-1974 zaman zarfında patlak veren petrol krizi bu kaynağa olan ilgiyi yeniden arttırmıştır. Yaşanılan bu kriz modern rüzgâr türbinlerinin gelişip ilerleme göstermesinde mühim bir rol oynamıştır (TMMOB, 2006).

Rüzgâr enerjisi 1961 yılında BM tarafından yeni ve yenilenebilir kaynaklar içerisinde gösterilmiş, yenilenebilir enerjiler içinde en gelişmiş ve ticari bakımdan da en verimli enerji türü olduğu kabul edilmiştir (Yapraklı, 2013: 40).

Son dönemlerde birçok gelişme gösterdiğini söyleyebildiğimiz rüzgâr enerjisi teknolojisi küçük ölçekli mekanik su pompası, sistemlerle küçük birimlerin elektrik enerjisi gereksiniminin karşılanması ve doğrudan şebeke bağlantılı rüzgâr tarlası gibi pek çok alanda karşımıza çıkmaktadır. Rüzgâr türbini, inşa edildiği arazinin %5'ini kapladığı ve türbin

kanatları da yerden çok yüksekte olduğu için kalan arazi tarım, otlama ve diğer amaçlarla kullanılabilir. Ayrıca rüzgâr olduğu zamanlarda sürekli olarak enerji üretmektedir.

Kısacası rüzgâr enerjisi temiz, güvenilir, istikrarlı, bağımsız ve gelişen teknolojiyle birlikte üretilen enerjinin birim maliyetini düşüren bir enerji kaynağıdır. Rüzgâr enerjisinin en büyük dezavantajı ise üretim ve tüketim zamanları arasındaki zaman farkıdır. Söz konusu sistem sağlandığı takdirde yeryüzünün yaklaşık %95'inde rüzgâr enerjisinin elde edilebileceği öngörülmektedir (Öztürk, 2013: 23).

1.3.3. Hidrolik Enerji

Hidrolik enerji, genel anlamıyla sudan üretilen bir enerji olarak karşımıza çıkmaktadır. Sudan elde edilen bu enerji türü yenilenebilir enerji kaynakları içinde en çok faydalanılan ve kullanımı sırasında da en çok verim elde edilen enerji kaynağıdır (Koç ve Kaya, 2015).

Hidrolik enerji, nehirler üstüne barajların kurularak büyük miktardaki su rezervuarlarında suyu toplayıp biriktirmek ve biriken bu suyun potansiyel enerjisini elektrığe dönüştürülmesiyle ortaya çıkar. Çevre kirliliği yaratmayan, aşırı enerji ihtiyacında çok hızlı bir şekilde devreye giren, acil durumlarda ise çok hızlı devreden çıkabilen ve dışa bağımlı olmayan doğal bir enerji kaynağıdır. Buna karşın hidrolik enerjinin yatırım maliyetleri yüksek ve toplam inşaat süresi çok uzundur. Ayrıca barajlar çevresinde bölgenin ekolojik özelliklerini değiştirerek yerleşim bölgeleri ve antik bölgelerin sular altında kalmasına neden olabilmektedirler. Buna ilâveten yağış koşullarına bağlı olarak hidroelektrik santrallerin üretiminde (her yıl toplam üretim paylarında) dalgalanmalar yaşanabilmektedir (Öztürk, 2013).

1.3.4. Jeotermal Enerji

Yer kabuğundan gelen ısıнын, doğal yollarla yer altındaki sulara gönderilmesi sonucunda ısınan suyun, yeryüzüne çıkması ile teşekkül eden sıcak su ve bu suyun buharı olarak tanımlanan jeotermal kaynak iklimden bağımsızdır (Gürsoy, 2004). Jeotermal kaynak, doğal olarak yapılan sondajlarla veya kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Söz konusu kaynak, buhar ve sıcak su borularıyla ulaşımı sağlanarak elektrik üretilir. Ayrıca buhar veya sıcak su pompalayarak borular aracılığıyla da evlerin ısıtılmasında ve tarımda (seracılık) kullanılabilir.

Jeotermal enerji; sürekli güç üreten, verimi çok yüksek, tesis alanı gereksinimi az olan ve kullanıma hazır niteliği sayesinde istenildiği an kullanılabilen, dışa bağımlı olmayan doğal bir kaynaktır. Üretimi kolay olan jeotermal enerji için üst düzey bir teknolojiye ihtiyaç yoktur. Bu yüzden ki jeotermal enerjiye yapılan yatırımının kısa sürede geri ödenebilmesi noktası da ekonomik faydalılığının yüksek olduğunu göstermektedir (Özdamar, 2012). Hatta su içerisinde bulunan karbondioksit (CO₂) gazının değerlendirilmesi ve türbin çıkışındaki suyun seracılıkta ya da ısıtmada kullanılması ile geri ödeme süresi de daha kısa olabilmektedir. Buna karşılık jeotermal kaynakların yapılarında bazı zararlı kimyasal maddelere de (aşındırıcı ve kirlilik yaratan akışkan maddeler) rastlanabilmektedir.

Kısacası, jeotermal enerjiyi diğer enerji çeşitleri ile mukayese edecek olursak kendine özgü doğal üstünlüklere sahip olduğu açık bir şekilde ortadadır. Ayrıca fosil yakıtların yerine kullanılması, sera gazı emisyonlarının azalmasına katkıda bulunmaktadır. Bu durum jeotermal enerjinin çevre konusunda değerini daha da arttırmıştır. (Özdamar, 2012).

1.3.5. Biyokütle Enerjisi

Biyokütleden elde edilen biyokütle enerjisi, insanlığın ilk çağlarından günümüze kadar enerji üretimi için faydalanılan bir enerji türü olarak karşımıza çıkmaktadır (Kapluhan, 2014). Biyokütle odun, odun kömürü, hayvan ve inşaa dışkısı; tarım ürünleri ve orman sektörü organik atıkları, alkon ve metan mayalanması, farklı su bilgileri gibi canlı kaynaklar yoluyla kazanılan bir yenilenebilir enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır (Gürsoy, 2004: 127). Biyokütle enerjisi elde edilmelerine göre üç başlık altında sınıflandırılabilir:

- Bitkisel biyokütle enerji kaynakları.
- Hayvansal biyokütle enerji kaynakları.
- Teşekkülünü organik çöpler, şehir ve endüstriyel atıkların sağladığı biyokütle enerji kaynakları.

Biyokütle direkt yakılarak değerlendirildiği gibi farklı pek çok aşama içinde yakıt verimliliği artırılıp diğer yakıtlara muâdil özelliklerde alternatif biyo-yakıtlar elde edilerek enerji teknolojisinde de değerlendirilmektedir.

Biyokütle enerjisinin üretim ve çevrim teknolojilerinin iyi bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Her ölçekte enerji verimi için uygun, düşük ısı şiddetlerinin yeterli ve sürekli olması avantajları arasında gösterilmektedir. Buna karşılık düşük çevrim verimine sahip, taşıma ve işçilik maliyetlerinin yüksek, su içeriğinin fazla, fosil yakıtlara göre ısı değerinin düşük olması ve tarım alanları için rekabet yaratması gibi dezavantajları da bulunmaktadır (Öztürk, 2013).

Her ortamda yetiştirilebilen biyokütle; sosyo-ekonomik ilerleme sağlayan, depolanabilen, çevreye zarar vermeden elektrik üretebilen, taşıtlar için yakıt elde edilebilen ve kırsal kesim ekonomisinin canlanmasına önemli katkılar sağlayan stratejik bir enerji kaynağı olarak gösterilmektedir (Öztürk, 2013). Elektrik enerjisi üretimini sağlamada en büyük potansiyele sahip olan ve kısa bir süre zarfında ekonomik açıdan konvansiyonel yakıtlar ile rekabet etmesi beklenen güçlü bir enerji kaynağıdır. Ayrıca erozyon, çölleşme, biyoçeşitliliğin korunması, ekosistem, toprak ıslahı, kırsal kalkınma konuları ile iklim değişikliği ve kuraklaşma ile mücadelede önemli etkilerinden bazılarıdır (Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, 2006).

1.3.6. Diğer Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Bu kısımda diğer yenilenebilir enerji kaynakları olarak okyanus enerjisi, dalga enerjisi, küçük (barajsız) su gücü, hidrojen enerjisi ve biyogaz enerjisi sırasıyla ele alınacaktır.

Okyanus Enerjisi: Dünyanın dörtte üçünden fazlasını okyanuslar meydana getirir. Buna bağlı olarak dünyanın enerji ihtiyacını karşılamak için en fazla potansiyele sahip olan kaynak da okyanus enerjisidir. Okyanustan enerji üretimi gel-gitler, okyanus ısısı, dalgalar, akıntılar, tuzluluk oranı ve metan gazı vasıtasıyla gerçekleşmektedir. Okyanus enerjisinin avantajları; hiçbir çevre kirliliğine yol açmayan, sürekli kendini yenileyen, güç kaynağı sonsuz-bol olan ve elektrik şebekesi olmayan uzak bölgelere elektrik sağlayan bir enerji kaynağıdır. Okyanus enerjisinin kaynak potansiyeli yüksek olmasına karşın büyük ölçüde kullanılmamıştır. Bu nedenle yenilenebilir enerji pazarının en küçük kısmını okyanus gücü oluşturmaktadır (Karabağ vb., 2021: 233).

Dalga Enerjisi: Doğrudan dalgaların yüzeylerinden ya da yüzey altındaki basınç farklılıklarının yakalanmasıyla ortaya çıkan bir enerji çeşitidir. Kıyı şeridinde, kıyıya yakın veya kıyıdan uzak bölgelerde kurulan sistemlerle, dalgalardan gelen bu enerji kullanılabilir

hale dönüştürülmektedir. Potansiyeli, denizlerin ve okyanusların bulunduğu bölgelerde mevcut olan dalga enerjisinin güç kaynağı sonsuz ve boldur. Okyanus ve denizde çalışılacak diğer araştırmalarda potansiyel teknolojiiden faydalanmaya imkân sağlamaktadır. Tuzlu suyun tatlı su haline getirilip ihtiyaç bulunulan bölgelere pompalanmasına yardımcı olmaktadır. Dalga enerjisi yeni teknolojik gelişmeler çerçevesinde geleceğin enerji kaynaklarından biri olarak görülmektedir. Bunun yanı sıra her bir dalga boyutundan faydalanmak için bir tasarımın meydana getirilememesi, fizibilite çalışmalarının, kurulum ve bakım giderlerinin yüksek olması, enerji üretiminin doğal koşullara bağlı olması gibi olumsuz yanları bulunmaktadır (Yapraklı, 2013: 43-44).

Küçük (Barajsız) Su Gücü: Su gücünden faydalanırken ortaya çıkan kirlilik sorununu ve toplumsal maliyetleri engellemeyi amaçlayan yeni bir hidroelektrik yaklaşım olmakla beraber aynı zamanda küçük hidroelektrik santralleridir. Bu yolla ülkelerin toplam hidroelektrik enerji potansiyeli daha fazla değerlendirilmektedir. Ayrıca küçük su gücü enerjilerinin avantajlarına bu enerjilerin sisteme uzak küçük yerleşim yerlerinin elektrik enerjisi ihtiyacını karşılaması ve daha ekonomik olması, ülkelerin kırsal bölümlerinin yerel olanaklar ile kalkınmasını sağlaması gibi faktörler de eklenebilir (Gürsoy, 2004).

Hidrojen Enerjisi: Yenilenebilir enerji kaynakları içinde ehemmiyeti her geçen gün artmakta olan hidrojen, yıldız ve gezegenlerde serbest halde bulunmasına rağmen dünyada fazla miktarda olmakla beraber serbest değildir. Ayrıca hidrojen birincil enerji kaynakları ile çeşitli hammaddelerden üretilebilmekte ve üretiminde dönüştürme işlemi de yer almaktadır. Hidrojenden alevli yanma, doğrudan buhar üretimi, katalitik yanma, kimyasal dönüştürme, elektrokimyasal dönüştürme gibi pek çok alanda yakıt olarak faydalanılabilir. Ancak fosil yakıtlardan yalnızca alevli yanma uygulamalarında yararlanılmaktadır. Hidrojenin boru hatlarıyla naklinin yanında muhafaza edilebilmesi, hidrojeni elektrik enerjisi üretiminde de faydalı kılmaktadır. Çoğu araştırmacıya göre geleceğin yakıtı olarak görülen hidrojen için en elverişli sistem, hidrojenli yakıt pili teknolojisidir. Diğer uygulamalar ise uzay çalışmaları, askeri uygulamalar, evsel uygulamalar, sabit güç üretim sistemi, yüksek güç üretim sistemi uygulamaları, taşınabilir güç kaynağı uygulamaları, atık ve atık su uygulamaları, taşıt uygulamaları olarak sıralanabilir. Yakıt pillerinin taşıt ve aynı zamanda güç istasyonları uygulamalarında önümüzdeki zaman diliminde çok önemli kullanım alanına sahip olacağı âşikârdır. Dünyadaki önemli otomotiv şirketleri ve devletler, yakıt pillerinin geliştirilmesi için yüksek miktarda kaynak ayırmaktadırlar. Hem çevre dostu hem de yüksek

verime sahip olan yakıt pillerinin, gelecek zamanda uygun bütçelerle önem kazanacağı ve alternatif yakıtlar içinde yerini alacağı beklenmektedir (TMMOB, 2006).

Hidrojenden yakıt olarak faydalanıldığı enerji sistemlerinde, atmosfere atılan madde yalnızca su ve su buharıdır. Üretilen hidrojen, depolanabilir ve boru hatları veya tankerlerle taşınabilir. Küresel ısınmayı önlemek amacıyla, Kyoto Protokolü ile CO₂ emisyonlarına getirilen sınırlamalar, hidrojenin bir enerji taşıyıcısı olarak kullanımında büyük fayda sağlamaktadır (Öztürk, 2013). Hidrojen enerji sistemi üzerindeki çalışmalar 1974'de başlamıştır. Söz konusu çalışmaların daha da önem kazanarak 2071'li yıllar itibarıyla tamamlanması öngörülmektedir. Bununla birlikte hidrojenin yakıt olarak fosil kaynaklı sıvı ve gaz yakıtlarının yerini alacağı umut edilmektedir (Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, 2006).

Biyogaz Enerjisi: Biyogaz, hayvan gübresi kaynaklı olmakla beraber bazı bitkilerden, tarımsal ve organik atıktan da elde edilen bir enerji kaynağıdır. Biyogaz kullanımı II. Dünya Savaşı sonrası içinde bulunulan ekonomik kriz nedeniyle önemli bir şekilde gündeme gelmeye başlamış, savaş sonrası dönem biyogaz teknolojisi için atılım yılları olmuştur. Biyogaz kullanımının artması; çevreye zarar vermeden ısı ve elektrik enerjisi üretilmesini, organik atıkların kontrollü koşullarda depolanmasını, organik atık kaynaklı koku sorununun çözülmesini ve organik gübreden faydalanılmasını sağlamaktadır (Acaroğlu, 2013).

2. BÖLÜM

2. YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ GENEL GÖRÜNÜMÜ

2.1. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Dünyada kullanılan enerjinin büyük bir kısmının kaynağını petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar oluşturmaktadır. Yapılan araştırmalara göre de bu kaynakların sınırlı olduğu ve zaman içerisinde tükeneceği bilinmektedir.

Tablo 2.1. Dünya Fosil Yakıtların Kalan Ömürleri

Fosil Yakıtlar	Tahmini Kalan Süreleri (Yıl)
Kömür	200-250
Petrol	40-45
Doğalgaz	60-65

Kaynak: Ergün ve Polat, 2012

Tablo 2.1’de dünya fosil yakıtların kalan tahmini ömürleri gösterilmiştir. Dünyamızdaki kömür rezervlerinin 200-250 yıl, petrol rezervlerinin 40-45 yıl ve doğal gaz rezervlerinin ise 60-65 yıl sonra tükeneceği bilim insanları tarafından öngörülmektedir.

Yenilenebilir enerji, kısa bir zaman dilimi içerisinde kendini yeniden tazeleyebilen enerji anlamına gelmektedir. Bu zaman dilimi rüzgâr, hidro ve güneş enerjisi için anlık; biyokütle için ise birkaç yıllık bir zaman dilimi olarak düşünülmektedir (Ezan ve Dinçer, 2022: 112).

Enerji temini ve kullanımının neden olduğu bütün sorunlar, yeni ve temiz enerji kaynaklarının kullanımının devreye girmesi için yapılan çalışmaların artmasına sebep olmuştur. 1973-1974 yıllarında ortaya çıkan petrol kriziyle birlikte hem dışa bağımlılığı azaltan hem de çevreye duyarlı enerji politikaları ile ilgili gelişmeler ivme kazanmaya başlamıştır. Yenilenebilir enerji kaynaklarını teşvik etmek amacıyla farklı yöntemler uygulamaya konulmuştur. Bu bağlamda uygulamalar şu şekilde sıralanabilir (TMMOB, 2012):

Sabit Fiyat Uygulaması: En eski ve en yaygın olarak kullanılan bu yöntemde yenilenebilir enerji kaynağına dayalı üretim yapan şirketlerden garanti edilen bir fiyattan belli bir dönem (10-15 yıl) zarfında alım zorunluluğu uygulanmaktadır. Bu uygulama

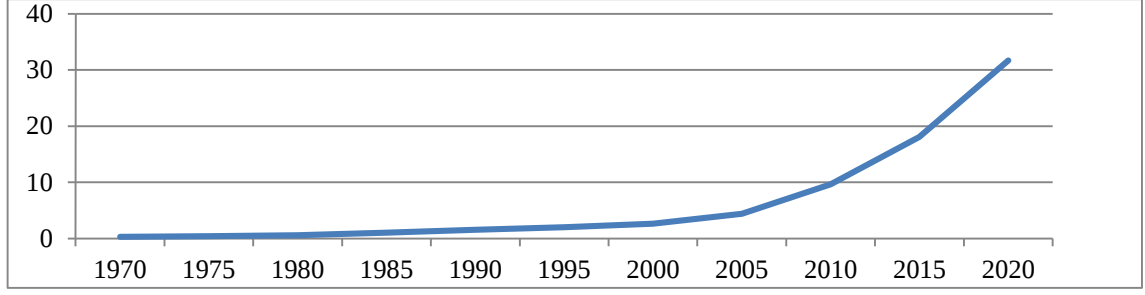
yöntemi, kurulu elektrik enerjisi potansiyelini arttırmasına rağmen üreticiler için rekabet ortamı oluşturmaması ve elektrik fiyatında bir azalma yaratmaması yönüyle eleştirilmektedir.

Kota (İhale) Yöntemi: Bu yöntemde fiyat düzenlemesi yoktur. Onun yerine miktar düzenlemesi yapılarak belirli zamanlarda daha önce belirlenen kapasitede kurulu güç hedeflenmekte ve bu kurulu güce ulaşmak için teklifler istenmektedir. Firmaların istedikleri teşvik miktarı en aşağıdan en yükseğe doğru sıralanmakta, belirlenen kurulu güce kadar olan tesisler teşvik edilmekte, diğerleri elenmektedir.

Yeşil Sertifika Yöntemi: Yeşil sertifika üreten firmalar aynı zamanda yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik de üretirler. Bu sertifikalar elektriğin kendisinden bağımsız bir şekilde alınıp satılabilmesi anlamına gelmektedir. Yeşil enerji kotası mevcut olan firmalar ve tüketiciler, söz konusu sertifikaları alıp kotalarını tamamlamakla birlikte ceza yükümlüğünden de kurtulurlar.

Dünya genelinde yenilenebilir enerjinin teşvikini ve kullanımı arttırabilmek amacıyla 1993'te Yenilenebilir Enerjiler ve Sürdürülebilir Teknoloji Merkezi (CREST) kurulmuştur. Bu bağlamda CREST'in faaliyette bulunduğu temel konular şu şekilde sıralanabilir:

- Yüksek kaliteli araştırma ve geliştirme kapsamında yenilenebilir enerjinin gelişimine ve tamamlanmasına yardımcı olmak.
- Yenilenebilir enerjinin değerini anlamak ve arttırmak için dünya çapında faaliyet gösteren organizasyonlar, enstitüler ve endüstriler ile birlikte araştırma çalışmaları yapmak.
- Yenilenebilir enerji sistemleri teknolojilerinin hem teorik hem de pratik aşamalarında eğitim ve öğretim hazırlıklarını oluşturmaktır (Karacan ve Atış, 2020).



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 2.1. Yıllara Göre Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Yüzdelik Değişimi

Şekil 2.1’de dünya üzerindeki yenilenebilir enerjinin yıllar içerisindeki yüzdelik değişimi gösterilmiştir. Kullanımdaki değişimin özellikle 1990’lı yıllarla birlikte artma eğilimine geçtiği görülmektedir. 2000’li yıllara gelindiğinde ise kullanımı hızla artmıştır. 2020 yılında bu oran %31,71 kadar çıkmıştır.

Günümüzde enerji sorunu, belli ülkelerin sorunu olmaktan çıkmış ve küresel bir problem halini almıştır (Akova, 2008: 7). Bu noktada dünyadaki pek çok ülke, fosil enerji kaynaklarına olan bağılıktan vazgeçmek amacıyla yenilenebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine önem vermektedir. Dünyada yaşanan gelişmeler göz önüne alındığında, enerji tüketiminin çok fazla olduğu gelişmiş ülkelerde enerji talebinin belirli bir noktaya vardığı ve talebin zamanla yavaşladığı görülmektedir. Gelecek yıllarda da enerji talep artışlarının başta gelişmekte olan ülkeler olmak üzere diğer dünya ülkelerinde de yoğunlaşması beklenmektedir.

Dünya Doğayı Koruma Vakfı’nın (WWF) Enerji Raporu’na göre, gerekli adımlar atıldığı takdirde 2050’de küresel enerji isteğinin neredeyse hepsinin yenilenebilir enerji kaynaklarından oluşması mümkün olacağı öngörülmektedir (Aydemir, 2013: 146).

Ayrıca küresel enerji krizinden kaynaklanan yüksek fosil yakıt ve elektrik fiyatları, yenilenebilir enerji teknolojilerini ekonomik olarak çok daha çekici hale getirmektedir. Rusya’nın Ukrayna’yı işgaliyle birlikte Avrupa’daki fosil yakıt ithalatçılarının enerji güvenliğine olan ihtiyacı artmıştır. Yenilenebilir enerji, enerji güvenliği açısından daha avantajlı duruma gelmeye başlamıştır. Yapılan araştırmalar son beş yıl içerisinde yenilenebilir enerji kullanımında %85’lik bir artış olacağını öngörmektedir. (IEA, 2023a: 17).

Tablo 2.2. Dünya Yenilenebilir Elektrik Kurulu Güç Kapasitesi

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2018 Yılı (GWh)	2021 Yılı (GWh)
Biyoenerji	130	143
Jeotermal	13.3	14.5
Hidrolik	1132	1195
Okyanus	0.5	0.5
Güneş Fotovoltaik (FV)	505	942
Güneş Termal	5.5	6.0
Toplam Yenilenebilir Güç Kapasitesi	1786.3	2301

Kaynak: REN21 Renewables Energy Global Status Report 2022

Tablo 2.2’de dünyada farklı yenilenebilir kaynaklardan elde edilen elektrik kurulu güç kapasitesi gigawatt saat (GWh) cinsinden verilmiştir. 2018 yılında 1786.3 GWh olan yenilenebilir kurulu güç kapasitesi, 2021 yılında 2307 GWh olarak tespit edilmiştir. Yıllar içerisinde okyanus enerjisinin kurulu güç kapasitesi sabit kalırken diğer kaynakların (biyoenerji, jeotermal, hidrolik, okyanus, güneş FV ve güneş termal) kurulu güç kapasiteleri artmıştır. En büyük artışın yaşandığı kaynak ise FV panellerden elde edilen güneş enerjisi olmuştur.

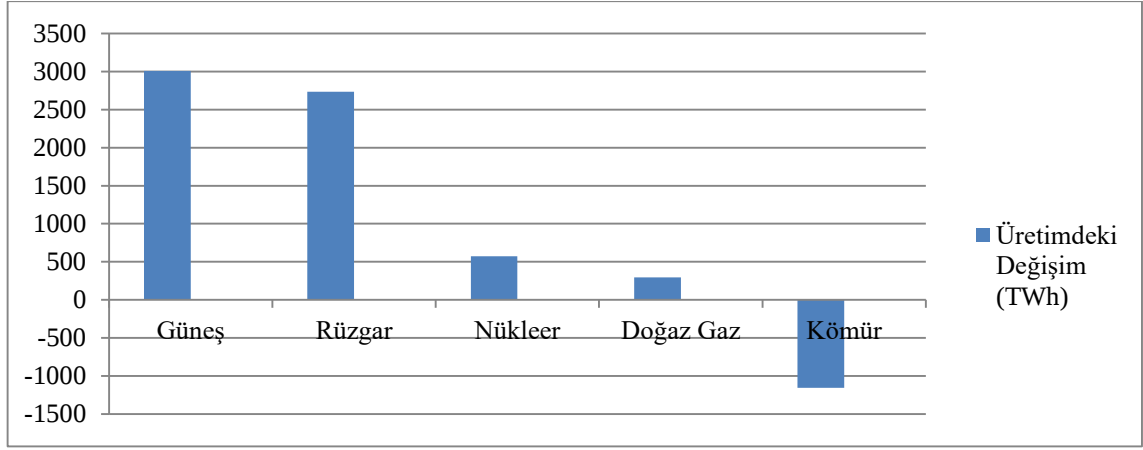
Tablo 2.3. Kaynaklarına Göre Yenilenebilir Enerji Üretimi (2021 Yılı)

Bölge	Rüzgâr	Güneş	Diğer Yenilenebilir	Toplam
Kuzey Amerika	439.6	182.4	92.1	714.1
Latin Amerika	108.2	37.2	84.0	229.3
Avrupa	503.0	195.6	247.9	946.5
Bağımsız Devletler Topluluğu (BDT)	4.6	4.1	0.9	9.6
Orta Doğu	2.9	15.2	0.4	18.5
Afrika	24.4	16.5	8.0	49.0
Asya Pasifik	779.2	581.5	329.4	1690.1

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Tablo 2.3’de dünyada kaynaklarına göre yenilenebilir enerji kaynaklarının üretim kapasiteleri terawatt saat (TWh) cinsinden verilmiştir. Veriler 2021 yılına aittir. Tabloda görüldüğü gibi Asya Pasifik bölgesi dünya yenilenebilir enerji üretiminin büyük bir kısmını gerçekleştirmektedir. Bunu Avrupa ve Kuzey Amerika bölgeleri takip etmektedir.

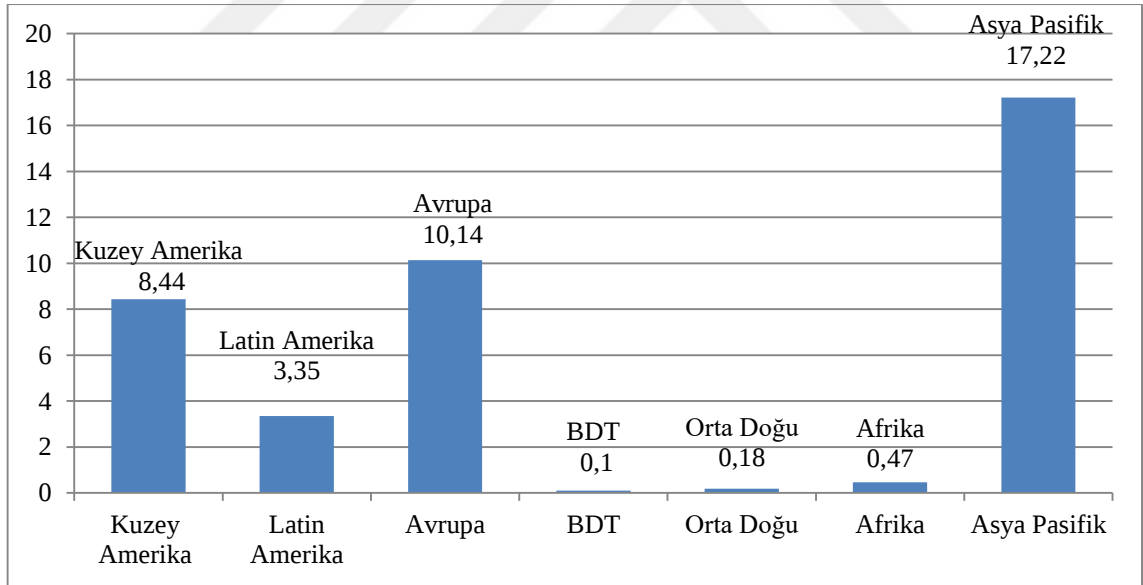
Yenilenebilir enerji kaynaklarının, 2027 yılına kadar küresel güç karışımını dönüştürerek en büyük elektrik kaynağı haline gelmesi beklenmektedir. Rüzgâr ve güneşten elde edilen elektrik önümüzdeki beş yıl içinde iki kattan fazla artarak 2027’de küresel enerji üretiminin neredeyse %20’sini sağlıyor olacaktır. Yapılan çalışmalar sonucunda toplam yenilenebilir elektrik üretiminin neredeyse %60 artması beklenmekte ve üç yıl içinde kömürü geçerek küresel olarak elektrik üretimi için birincil enerji kaynağı olacağı öngörülmektedir (IEA, 2023a: 10).



Kaynak: IEA Word Energy Outlook 2022

Şekil 2.2. 2021 ve 2030 Yılları Arasında Açıklanan Politikalar Senaryosuna Göre Elektrik Üretimindeki Değişim

Şekil 2.2’de dünyada 2021-2030 yılları arasında açıklanan politikalar senaryosuna göre elektrik üretimindeki değişim TWh cinsinden verilmiştir. Tabloya göre güneş enerjisinde 3008 TWh, rüzgâr enerjisinde 2733 TWh, nükleer enerjisinde 575 TWh, doğal gazda 295 TWh ve kömürde -1157 TWh değişim beklenmektedir.



Kaynak: BP Statistical Review of Word Energy 2022

Şekil 2.3. Dünya Yenilenebilir Enerji Tüketimi (Exajoules)

Şekil 2.3’de yenilenebilir enerji tüketimin bölgelere göre dağılımı verilmiştir. 2021 yılı itibarıyla yenilenebilir enerjinin en fazla olduğu bölge %43 ile Asya Pasifik olurken, ikinci sırada %21 ile Kuzey Amerika yer almıştır. Orta Doğu bölgesinde ise bu oran %18 olarak tespit edilmiştir.

Artan emisyonlar nedeniyle iklim ve çevre sorunlarının çok daha şiddetli hale gelmesi temiz enerji üretimini zorunlu kılmıştır (IEA, 2023b: 32). Günümüzde mevcut olan temiz teknoloji seçenekleri, çok daha verimli enerji kullanımı, daha temiz enerji üretimi ve yeni depolama türleri için seçenekler sunmaktadır.

Son yapılan çalışmalar yenilenebilir enerjinin depolanması üzerinde durmaktadır. Gelişen teknolojiler ile yenilenebilir enerji kaynaklarının depolama sorununa çözüm bulunmaya çalışılarak, bu kaynaklardan sağlanan faydanın maksimum düzeye çıkarılması amaçlanmaktadır (IEA, 2023b: 26).

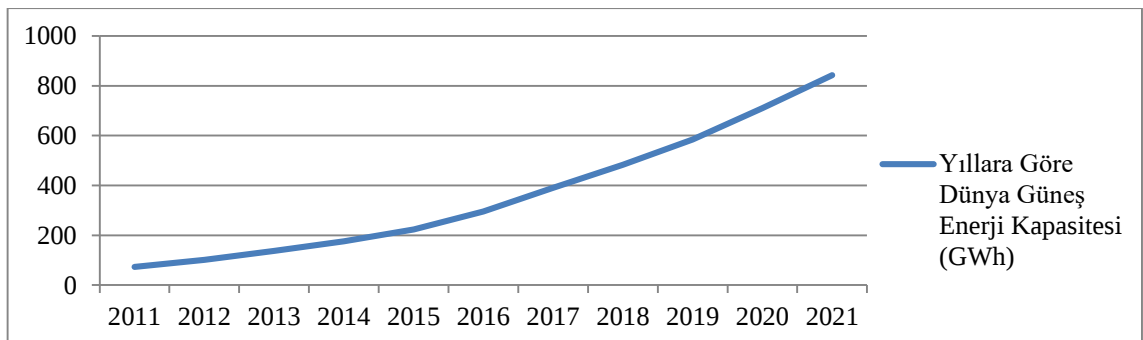
2.1.2. Güneş Enerjisi

Bu kısımda güneş enerjisinin dünya üzerindeki üretim ve tüketim durumu ele alınacaktır. Ayrıca son zamanlarda kullanımı artan yoğunlaştırı güneş enerji sistemleri ve FV güneş pilleri hakkında bilgi verilecektir.

2.1.2.1. Üretim ve tüketim durumu

Güneş enerjisi dünyada özellikle de Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkelerinin her yerinde kolay bir şekilde ulaşılabilen bir enerji kaynağı olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyada güneş enerjisinden daha fazla yararlanmak amacıyla çeşitli çalışmalar sürdürülmektedir. Özellikle geliştiren birçok teknolojiyle birlikte (FV güneş pilleri vb.) yakın gelecekte dünyada güneş enerjisinden elde edilen elektriğin artması beklenmektedir (Koç ve Kaya 2015).



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 2.4. Yıllara Göre Dünya Güneş Enerjisi Kapasitesi

Şekil 2.4’de yıllara göre dünya güneş enerjisi kapasitesine ilişkin oranlar GWh cinsinden verilmiştir. Sürekli artış eğiliminle olan bu oran 2021 yılı itibariyle 843,3 GWh olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2.4. Bölgelere Göre Dünyada Güneş Enerjisi Kapasitesi

Bölge	2021 Yılı Güneş Enerji Kapasitesi (GWh)
Kuzey Amerika	104.4
Güney Amerika	22.8
Avrupa	191.1
BDT	4.9
Orta Doğu	8.0
Afrika	10.3
Asya Pasifik	501.6

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Tablo 2.4’de bölgelere göre güneş enerji kapasitesi GWh cinsinden verilmiştir. 2021 yılında 501,6 GWh ile en çok kapasiteye sahip olan bölgesinin Asya Pasifik olduğu görülmektedir. Orta Doğu da ise 8.0 GWh olarak tespit edilmiştir.

2.1.2.2. Yoğunlaştırıcı güneş enerjisi sistemleri

Güneş enerjisi sistemlerinin dekorasyon ve optimizasyonu için bütün güneş ısıtım değerlerinin olması gerekir. Başlıca güneş enerjisi kaynaklarından yararlanılan yoğunlaştırıcı sistemler şunlardır (TMMOB, 2006);

- Güneş enerjileri su ısıtıcıları,
- Hububat kurutucuları,
- Güneş fırınları ve ocakları,
- Odun kurutması,
- Binaların soğutma ve ısıtma sistemleri,
- Fotovoltaik pillerdir.

2.1.2.3. Fotovoltaik güneş pilleri

Fotovoltaik güneş pilleri, güneş enerjisini elektrik enerjisine dönüştürür (Dinçer, 2011). Özellikle ulaşım araçlarında ve elektrik santrallerinde kullanılmaktadır. Günümüzde yenilenebilir enerji sektörünün, güneş fotovoltaik enerjisindeki genişlemeye ileriye doğru rekor bir adım atması beklenmektedir (Koç ve Kaya 2015).

Güneş enerji teknolojilerinin verimi son yıllarda büyük oranda artmaktadır. Üretim maliyetleri ise sürekli düşme eğilimindedir. Maliyetlerdeki düşme eğiliminin gelecekte de devam edeceği beklenmektedir. Özellikle FV sistem maliyetlerinin 2024 yılına %15-35 oranında azalarak fosil yakıtlarla rekabet edebilecek seviyeye gelmesi öngörülmektedir (Esen, 2020).

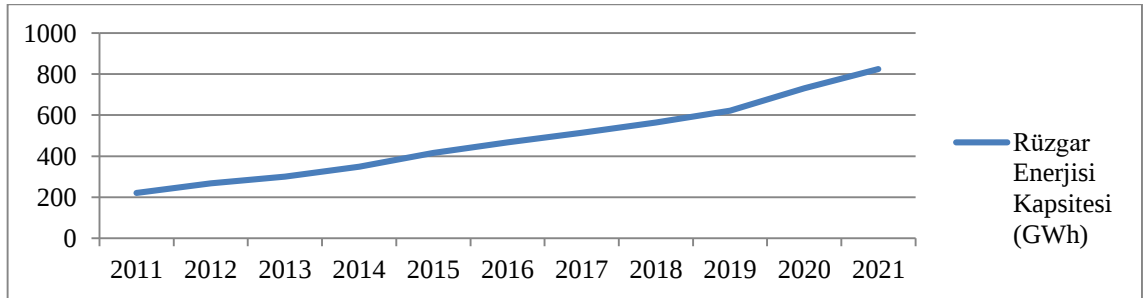
FV enerji tüm yenilenebilir enerji kaynaklarından daha büyük potansiyele sahip olan bir sistemdir. Kısacası tüm enerji teknolojileri arasında en umut verici olanı olarak karşımıza çıkmaktadır. Kurulumlarının da kolay ve hızlı olması dünyanın hızla artan enerji talebine karşılık vermesini sağlamaktadır (UNEP, 2023).

2.1.3. Rüzgâr Enerjisi

Bu kısımda rüzgâr enerjinin potansiyeli ve kullanımı hakkında bilgi verilecektir. Ayrıca rüzgâr enerjinin ekonomik yönüne değinilecektir.

2.1.3.1. Potansiyeli ve kullanımı

Dünya üzerindeki birçok ülke, rüzgâr enerjisinden faydalanmak için yoğun araştırmalar yaparak önemli teknolojik gelişmeler kaydetmektedir.



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 2.5. Yıllara Göre Dünya Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi

Şekil 2.5’de yıllara göre dünya rüzgâr enerji kapasitesine ilişkin oranlar GWh cinsinden verilmiştir. Sürekli artış eğiliminle olan bu oran 2021 yılı itibarıyla 824,3 GWh’ya kadar yükselmiştir.

Tablo 2.5. Bölgelere Göre Rüzgâr Enerjisi Kapasitesi

Bölge	2021 Yılı Güneş Enerji Kapasitesi (GWh)
Kuzey Amerika	154.7
Güney Amerika	31.8
Avrupa	232.1
BDT	3.3
Orta Doğu	1.0
Afrika	7.3
Asya Pasifik	394.2

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Tablo 2.5’da bölgelere göre rüzgâr enerji kapasitesi GWh cinsinden verilmiştir. 2021 yılında 394.2 GWh ile en yüksek kapasiteye Asya Pasifik bölgesinin sahip olduğu görülmektedir.

Uluslararası Enerji Ajansı (IEA) dünya rüzgâr enerjisi kapasitesini tespit edebilmek için pek çok araştırma yapmıştır. Bu çalışmalarda dünya teknik rüzgâr potansiyeli 53000 TWh/yıl olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerjisi yüksek olan bölgeler sırasıyla; Kuzey Amerika (14000TWh/yıl), Doğu Avrupa ve Rusya (10600 TWh/yıl), Afrika (10600 TWh/yıl), Güney Amerika (5400 TWh/yıl), Batı Avrupa (4800 TWh/yıl), Asya (4600 TWh/yıl) ve Okyanusya (3000 TWh/yıl) şeklindedir. Bu veriler, Kuzey Amerika, Doğu Avrupa-Rusya ve Afrika’nın dünya rüzgâr enerji potansiyelinin %66’sına sahip olduğunu göstermektedir (Güneyli, 2019: 213).

2.1.3.2. Rüzgâr enerjisinin ekonomik yönü

Rüzgâr enerjisi ekonomisinde etkili olan başlıca etmenleri aşağıdaki şekilde sıralayabiliriz (Türkiye Çevre Vakfı Yayınları, 2006: 73);

- Rüzgâr türbinleri,
- Temel ve şebeke bağlantısı dahil yatırım maliyeti,
- İşletme ve bakım maliyeti,
- Elektrik üretimi,
- Ortalama rüzgâr hızı,
- Türbin ömrü,
- Faiz oranı şeklindedir.

Bu faktörlerden en önemlilerini ise rüzgâr türbinlerinden elektrik üretimi ve onlarla ilgili yatırım maliyetleri oluşturmaktadır. Elektrik üretiminin rüzgâr koşullarına bağlı olması sebebiyle, uygulama yerinin doğru seçilmesi, ekonomik uygulanabilirlikte kilit nokta olarak görülmektedir.

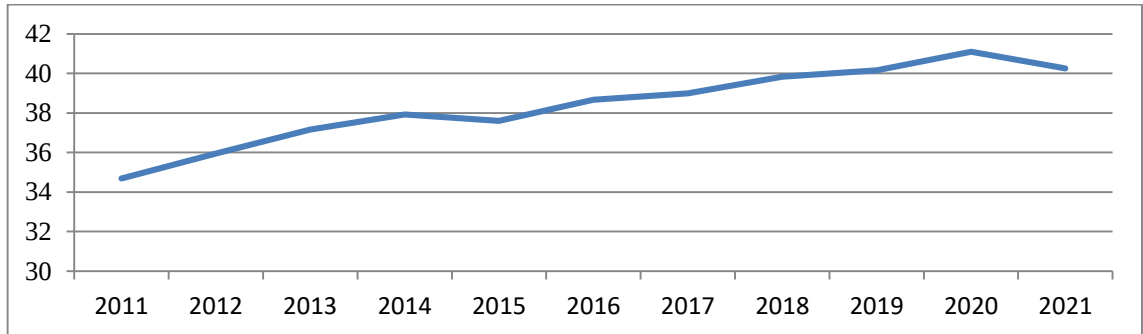
Teknolojisinin gelişmesiyle birlikte türbinlerin boyutları ve güçleri büyüyerek kule yükseklikleri artmaktadır. Bu ilerlemelere bağlı olarak türbinlerden alınan verim artmakta, buna karşılık yatırım maliyetleri ise azaltmaktadır. Günümüzde de en yüksek rüzgâr enerjisinin en düşük maliyetle üretilmesi için çalışmalar devam etmektedir.

Rüzgâr gücünün en büyük avantajı ise, diğer fosil yakıtlar ve nükleer enerji santralleri gibi üretilirken tek bir damla su bile harcamamasıdır. Bu özelliği ile diğer enerji üretimin sistemlerine üstünlük sağlayabilecektir (UNEP, 2023).

2.1.4. Dünya’da ve Türkiye’de Hidrolik Enerji

Gelişmiş ülkeler hemen hemen bütün akarsularının regülasyonlarını gerçekleştirecek barajlar ve rezervuarlarla su kaynaklarını yönetebilir hale gelmişlerdir. Gelişmekte olan ülkelerde zaten kıt olan akarsuların depolanması, kullanıma elverişli hale getirilmesi, suların sel ve taşkın etkilerinin ve kuraklığın etkisinin azaltılması, enerji elde edilmesi ne yazık ki istenilen düzeyde değildir. Özellikle son yıllarda yaşanan küresel kuraklık tehdidi, hidrolik enerjinin üretiminde dalgalanmalar yaşanmasına neden olmakta ve istenilen düzeyde kullanılmasını engellemektedir.

Hidroelektrik enerjisi dünyadaki elektriğin neredeyse beşte birini üretmekte ve elektriğin %92'sini yenilenebilir kaynaklardan sağlamaktadır (UNEP, 2023).



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 2.6. Yıllara Göre Dünya Hidrolik Elektrik Kullanımı (Exajoules)

Şekil 2.6’da Dünya hidrolik elektrik kullanımına ait veriler gösterilmiştir. Yıllar içerisinde dalgalanmalar yaşansada artış eğiliminde olduğu gözlenmektedir.

Tablo 2.6. Dünyada Hidrolik Santralden Elektrik Üretimi

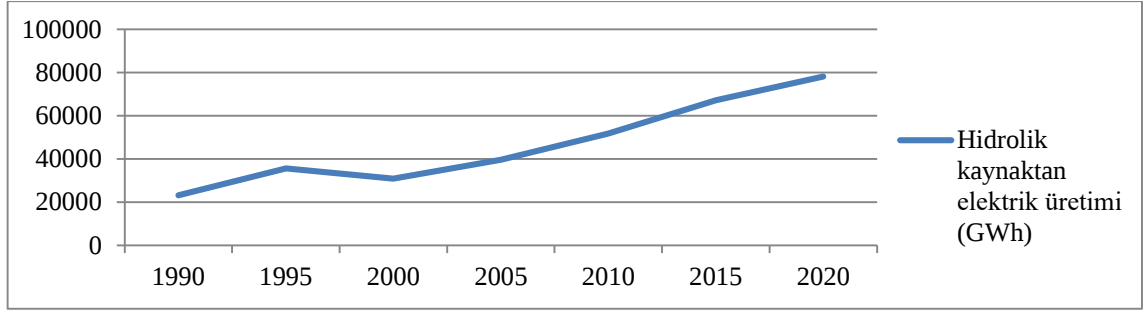
Bölge	2021 Yılı Elektrik Üretimi (TWh)
Kuzey Amerika	673.3
Güney Amerika	660.1
Avrupa	649.7
BDT	266.3
Orta Doğu	19.5
Afrika	153.4
Asya Pasifik	1851.6

Kaynak: BP Statistical Review of Word Energy 2022

Tablo 2.6’de dünya hidrolik santrali üretimi TWh cinsinden gösterilmiştir. 2021 verilerine göre en fazla üretimin 1851.6 TWh ile Asya Pasifik olduğu görülmektedir. Orta Doğu’da ise 19,5 TWh tespit edilmiştir.

Hidrojen üretmeye ayrılmış küresel yenilenebilir kapasite önümüzdeki beş yıl içinde 100 kat artarak endüstri ve ulaşımın karbondan arındırılması için fırsatlar sunmaktadır. Tüm kıtalarda 25'ten fazla ülkede uygulamaya konan politika ve hedeflerin, 2022-2027 döneminde hidrojen üretmeye odaklanan 50 GWh rüzgâr ve güneş FV kapasitesiyle sonuçlanması beklenmektedir. Bu genişleme coğrafi olarak çeşitlendirilmiş olup, büyümeye Çin öncülük etmekte, ardından Avustralya, Şili ve Amerika Birleşik Devletleri gelmektedir. Bu dört pazar birlikte, hidrojen üretimi için ayrılmış yenilenebilir kapasitenin kabaca üçte ikisini oluşturmaktadır. Hidrojene ayrılmış yenilenebilir kapasitenin, ihracat fırsatları nedeniyle MENA’da %13’ne yükselmesi öngörülmektedir (IEA, 2023a).

Özel sektörün ilgisi Türkiye’de 2005’de çıkarılan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Teşvik Kanunu” ile yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğunlaşmıştır. Yapılan ve yapılmakta olan yeni projelerle hidroelektrik santrallerinin (HES) kurulu güç olarak payları artmıştır (Karacan ve Atış, 2020: 219).



Kaynak: IEA Data and Statistics

Şekil 2.7. Türkiye’de Hidrolik Kaynaklardan Elektrik Üretimi

Şekil 2.7’de yıllara göre Türkiye’nin hidrolik kaynaktan elektrik üretimi GWh cinsinden verilmiştir. Özellikle 2005’de çıkarılan 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Teşvik Kanunu” ile gerçekleşen üretim artışı tabloda da görülmektedir. 2020 yılı itibarıyla üretim 78094 GWh olarak tespit edilmiştir.

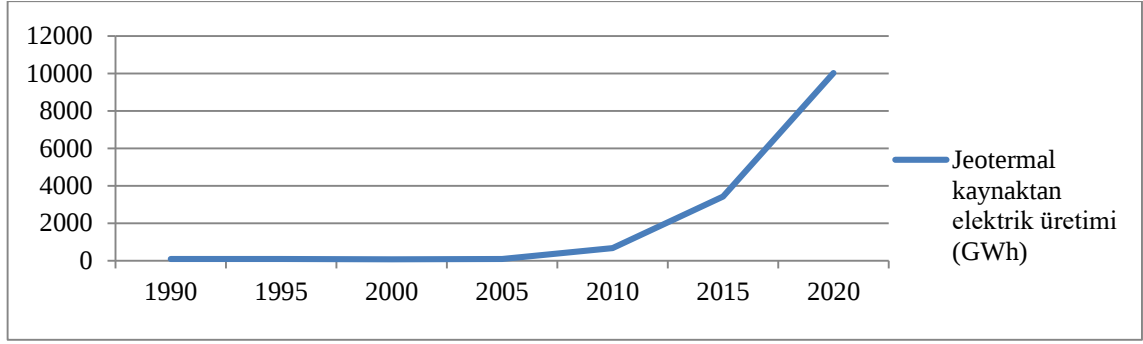
2.1.5. Dünya’da ve Türkiye’de Jeotermal Enerji

Türkiye, jeotermal enerji bakımından büyük bir potansiyele sahiptir. Bu durumda Türkiye’nin jeolojik konumunun ve buna bağlı tektonik yapısının tesiri vardır. 1962 yılında Maden Tetkik Arama (MTA) tarafından başlatılan Türkiye’nin Jeotermal Enerji Araştırması ile ülkemizde birçok termal kaynağa ulaşılmıştır.

Hidrojenin üretimi jeotermal kaynaklar sayesinde de sağlanmaktadır. Türkiye’de jeotermal enerji kullanımı ilk kez 1964’de gerçekleşmiştir. Burada Gönen’de bir otelde ısıtma amaçlanmıştır. Ardından 1987 yılında tekrar Gönen’de konut ısıtması amacıyla kullanılmaya başlanmıştır (TMMOB, 2006: 83).

Türkiye’deki Aydın-Germencik jeotermal alanı ise 1982’de keşfedilmiştir. 1983’te kuyu içi eşanjörlü ilk jeotermal ısıtma sistemi İzmir-Balçova’da kurulmuştur. Türkiye’nin ilk ve Avrupa’nın ikinci jeotermal enerji santrali Denizli-Kızıldere’de hizmete açılmıştır.

Türkiye’nin gelecek yıllardaki enerji gereksinimi dikkate alındığında sahip olduğu potansiyel sebebiyle jeotermal enerji, enerji sorunun tamamlayıcı bir gücü olarak görülmektedir. Devlet ve özel kesim tarafından konut ısıtması gibi kullanımı yaygın alanlara yatırım yaptırılması, ülke ekonomisine katkı sağlayacak, hava kirliliğinin azalmasında etkili olmakla birlikte petrol için harcanan döviz giderini de azaltacaktır.



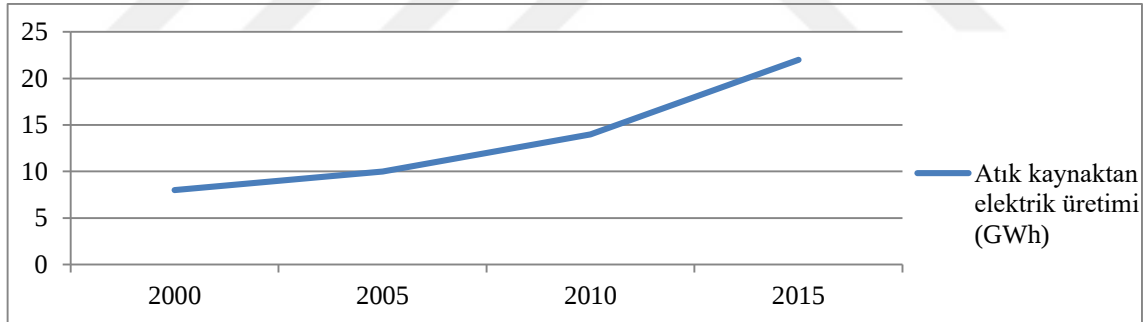
Kaynak: IEA Data and Statistics

Şekil 2.8. Türkiye’de Jeotermal Kaynaktan Elektrik Üretimi

Şekil 2.8’de yıllara göre Türkiye’nin jeotermal kaynaktan elektrik üretimi GWh cinsinden verilmiştir. 1990’lı yılların başında 80 GWh olan üretim, rekor bir artış göstererek 2020 yılında 10028 GWh ulaşmıştır.

2.1.6. Dünya’da ve Türkiye’de Biyokütle Enerjisi

Biyogaz ilk olarak 1859 yılında Hindistan’da üretilmeye başlatılmıştır. Türkiye’de ise biyogaz çalışmaları 1957’de Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü tarafından başlatılmış, yıllar içerisinde de önemli projeler üretilmiştir (Koçar vd., 2010).



Kaynak: IEA Data and Statistic

Şekil 2.9. Türkiye’de Atık Kaynaktan Elektrik Üretim

Şekil 2.9’de Türkiye’nin 2000-2015 yılları arasındaki atık kaynaktan elektrik üretimi GWh cinsinden gösterilmiştir. 2000’li yılların başında 8 GWh olan bu üretim, zaman içerisinde artış göstererek 2015 yılında 30 GWh çıkmıştır. Dünya genelinde biyokütle enerjisi uygulamaları şu şekilde sıralanabilir;

- Enerji ormancılığı ve enerji bitkileri tarımı,
- Tarımlı ormancılık uygulamaları,
- Çöplük gazı,

- Su bitkileri,
- Fermantasyondur.

Dünya genelinde biyogaz tesislerine ek olarak şebekeye bağlı olarak çalışan çöp termik santralleri vasıtasıyla elektrik üretimi yapılmaktadır. Özellikle Kuzey Avrupa’da yer alan ülkelerde biyogaz ile aktif hale gelen otoprodüktör kojenerasyon (enerji kullanımını daha verimli kılmak amacıyla yapılan elektrik ve ısı enerjisinin eş anlı üretilmesini temin eden teknoloji) tesisleri bulunmaktadır.

Çöpü bir tür biyogaz materyali olarak görmek mümkündür. Çöpün çöp termik santraller vasıtasıyla enerji üretiminde yer alması, hususiyetle kentsel çöpün yok olmasına da büyük katkı sağlayacaktır. Böylece çöp topluluklarında açılan özel sondaj kuyuları aracılığıyla metan gazı kullanım sahaları ortaya çıkmaktadır. Metan sondaj kuyuları vasıtasıyla teşekkül eden gaz, çevre sorununa sebep olmadan gaz türbinli bir santralde yakıt olarak kullanılabilir.

Özellikle son yıllarda biyokütle enerjisi yatırımlarının ve kullanım oranlarının artırılması için dünya çapında atılımlar yapılmaktadır. Önümüzdeki süreçte geleneksel biyokütlenin modern tesislerde biyoenerjiye evrimi sayesinde kullanım sahasına kazandırılacak olan biyoyakıtın yenilenebilir enerji kaynakları içinde çok mühim bir yer kaplayacağı düşünülmektedir (Kapluhan, 2014).

2.1.6.1. Enerji ormanı

Yeşil kömür olarak da adlandırılan enerji ormanı, enerji elde etmek amacıyla yakacak odun imalatı için işletilen ormanlara denilmektedir. Enerji ormanının önemi her geçen gün artış göstermektedir. Bu artışta, yetiştiriciliğe dayanmasının etkisi vardır. Bu sebeple yenilenebilir ve temiz niteliklerine sahiptir.

Enerjinin, özellikle büyük ölçeklerde, orman alanlarından sağlanması fikri, ormanlardan yararlanma sorununu da gündeme getirmektedir. Bu nedenle orman kaynaklarına uygun bir ekonomik kalkınma planı hazırlanmalı ve orman varlıklarını güvence altına almak gerekmektedir (İstanbulu, 1980: 37).

Günümüzde odun hammaddesi açığı giderek artış göstermektedir. Bu açığın hızlı gelişim gösteren ağaç çeşitleri vasıtasıyla kapamanması mümkündür. Hızlı gelişen ağaç

türleriyle yapılan ağaçlandırma çalışmalarının ve yoğun kültür yöntemlerinin uygulanması enerji ormanı kavramını ortaya çıkarmıştır.

Orman enerjisinin ilk olarak klasik kullanımından sonra modern kullanımından bahsedilebilir. Klasik kullanım, ormanlardan kazanılan enerjinin sadece ısınma ve pişirme amaçlı kullanılmasıdır. Bu kullanım şeklinin hem ilkel olması hem de ekonomik olmaması modern kullanım şeklini gündeme getirmiştir. Modern kullanıma geldiğimiz vakit ise ağaç tarımını görürüz. Hızlı bir şekilde büyüme gösteren çeşitlerden kurulan plântasyon (sanayi içinde faydalanılan bazı bitkilerin yaygın olarak bakılıp büyütüldüğü tarımsal işletme) alanlarında elde edilen odunun tesislerde yakılarak ısı ve elektrığe dönüştürülmesiyle karşımıza çıkmaktadır. Enerji ormancılığının yararları şu şekilde sıralanabilir:

- Enerjinin yerel kaynaklardan sağlanması.
- Diğer enerji kaynaklarına göre tükenme riskinin oldukça düşük olması.
- Diğer enerji kaynaklarına göre daha kolay erişim sağlanması.
- Kırsal kesimlerde yaşayan toplumlara istihdam imkânı yaratması.

Ekolojik koşulların elverdiği her ortamda ormancılık yapılabilmektedir. Bu koşulların en başında ise uygun alanların (iklimi, arazi yapısı, konumu, ekosistem yapısı, toplumsal yaşantıya olan ilişkisi vb.) varlığı gelmektedir. Enerji ormancılığı kapsamında yürütülen işler uygun olmayan mekanlarda yapıldığında ekolojik (biyolojik çeşitliliğinin azalması, bitki türlerinin zarar görmesi, arazideki verimliliğın azalması, toprak-su dengesi zarar görebilmesi, çevredeki orman ekosistemleri üzerinde olumsuz etkiler yaratması vb.), ekonomik ve toplumsal sorunlara yol açmaktadır. Enerji ormancılığı yapılırken bu koşulların göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Ekolojik koşulların elverişsiz olduğu ortamlarda enerji ormancılığı yapılmamasına dikkat edilmelidir.

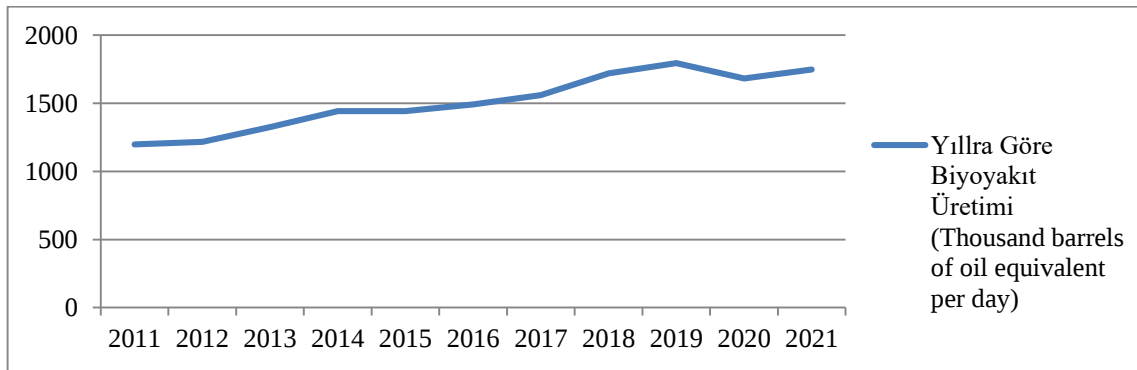
Uluslararası Enerji Birliği'ne üye olan ülkeler tarafından modern enerji ormancılığı uygulamaları geliştirilmiştir. Bu uygulamalar sayesinde 2050 yılına kadar enerji ihtiyacının %25-50'sini enerji ormancılığı ile karşılanması hedeflemektedir (Çağlar, 2012: 14).

2.1.6.2. Biyoyakıtlar

Biyoyakıtlar; biyomotorin, biyodizel, dizel ve yeşil dizel olarak da bilinmektedir. Biyoyakıtların üretiminde bitkisel yağlar (kolza, ayçiçek, soya ve kullanılmış kızartma yağları) ve alkol (sodyum ve potasyum) kullanılmaktadır.

Tarihte ilk defa 1900 yılların başında Rudolf Diesel adlı kişi bitkisel yağlarla motor yapabilme çabasına girişmiştir. Bunun sonucunda dizel motoru bulmuştur (Vermeersch, 2000). Bugün ise dünyanın birçok yerinde üretimi yapılmaktadır. Özellikle gelişmiş ülkelerde kullanımını ve bununla ilişkili olarak çevre bilincini artırmak için teşvikler ve muafiyetler uygulanmaktadır.

Dünya genelinde ise en yaygın kullanılan biyoyakıt, biyoetanol olarak karşımıza çıkmaktadır (Koçtürk ve Onurbas, 2012: 66). Biyoetanol üretimi 2011 ile 2021 arasında %26 artmıştır. Modern biyoenerji, 2020'de toplam küresel nihai enerji talebinin %5,3'ünü sağlayarak nihai enerji tüketiminde tüm yenilenebilir enerjinin yaklaşık %47'sini oluşturmuştur (REN21, 2022). Artan biyoetanol ve biyodizel kullanımı, petrol ithalatını azaltarak yerli kaynakların kullanımına da teşvik etmektedir. Ayrıca çevre dostu olmaları sera gazı emisyonlarının azaltmasını sağlamaktadır.



Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Şekil 2.10. Yıllara Göre Dünya Biyoyakıt Üretimi

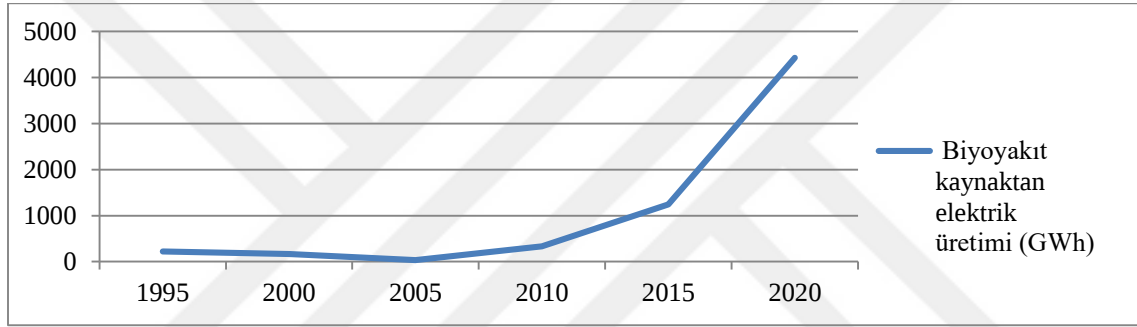
Şekil 2.10'de yıllara göre dünya biyoyakıt üretimi gösterilmiştir. Yıllar içerisinde dalgalanmalar yaşayan bu üretim, 2021 yılında 1747 thousand barrels of oil equivalent per day olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 2.7. Bölgelere Göre Biyoyakıt Üretimi

Bölge	2021 Yılı Biyoyakıt Üretimi (Thousand barrels of oil equivalent per day)
Kuzey Amerika	665
Güney Amerika	439
Avrupa	302
BDT	0
Orta Doğu	0
Afrika	2
Asya Pasifik	338

Kaynak: BP Statistical Review of World Energy 2022

Tablo 2.7’de bölgelere göre biyoyakıt üretimi verilmiştir. 2021 yılına göre en fazla biyoyakıt üretiminin Kuzey Amerika bölgesinde gerçekleştiği görülmektedir. Bunu diğer bölgeler takip etmektedir.



Kaynak: IEA Data And Statistics

Şekil 2.11. Türkiye’de Biyoyakıt Kaynaktan Elektrik Üretimi

Şekil 2.11’de yıllara göre Türkiye’nin biyoyakıt kaynaktan elektrik üretimi GWh cinsinden verilmiştir. 1995’li yılların başında 222 GWh olan üretim, sürekli artış göstererek 2020 yılında 4430 GWh seviyesine kadar çıkmıştır.

2.2. Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkelerinde Yenilenebilir Enerjinin Genel Görünümü

Orta Doğu’nun yanı sıra Kuzey Afrika’da da yer alan ülkeler, yenilenebilir enerji potansiyeli yüksek olan bölgeler olarak karşımıza çıkmaktadır. Yenilenebilir elektrik üretiminin 1990’lı yılların ardından dünya yenilenebilir enerji potansiyelinin fazla olduğu MENA ülkelerinde arttığını görürüz. MENA ülkelerindeki fosil yakıtlarının daha fazla tüketimi sebebiyle olacaktır ki yenilenebilir enerji üretimiyle birlikte tüketiminin de arzu edilen düzeylere ulaşması zaman almıştır. Gelecek zaman diliminde enerji kaynaklarının pek çoğunun yenilenebilir enerjiden kazanılacağı varsayımları MENA bölgesinin yönünü yenilenebilir enerjiye çevirmektedir (Karabulut ve Koyuncu, 2020: 1224). Orta Doğu ile

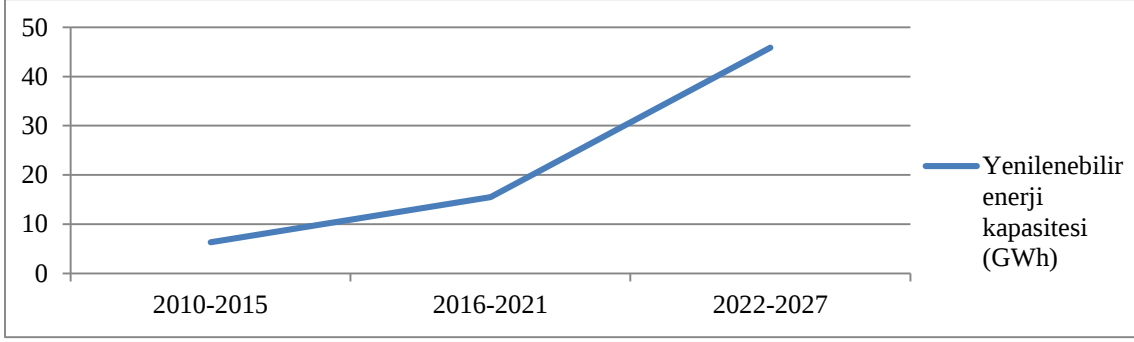
birlikte Kuzey Afrika'daki yenilenebilir kaynaklar; Mısır, Ürdün ve Fas'ın toplam iklim yatırımı potansiyeli 265 milyar dolardır. Bunun üçte birinden fazlası (97 milyar dolar) yenilenebilir enerji üretimi için kullanılmaktadır (IFC, 2016: 7).

Son olarak 2023 yılında Birleşik Arap Emirlikleri'nin (BAE) dünyanın önde gelen temiz enerji şirketlerinden biri olan Abu Dhabi Future Energy Company ve Masdar'ın (2006 yılında kurulan 40'tan fazla ülkede faaliyet gösteren BAE'nin temiz enerji santrali) uluslararası bilgi projesi üzerinde işbirliği yapmak için Uluslararası Yenilenebilir Enerji Ajansı (IRENA) ile bir anlaşma imzalanmıştır. Bu anlaşmanın amacı; 2030 yılına kadar küresel yenilenebilir enerji kapasitesini üçe katlamanın yollarını belirlemek ve güneş, rüzgâr, hidroelektrik, jeotermal ve bölgeye özgü verilerle tamamlanan pil depolama dahil diğer teknolojilere odaklanarak yenilenebilir enerji için küresel bir temel oluşturmaktır. Yapılan ve yapılmakta olan işbirlikleriyle birlikte yenilenebilir enerji kapasitesini arttırmak için çalışmalar devam etmektedir (IRENA, 2023). Bazı MENA ülkelerinde uygulanmakta olan başlıca yenilenebilir enerji politikaları Tablo 2.8'da özetlenmiştir.

Tablo 2.8. Bazı Mena Ülkelerinde Uygulanmakta Olan Başlıca Yenilenebilir Enerji Politikaları

Ülke	Politika	Amacı
Türkiye	Yeşil İklim Fonu ile Mutabakat Zaptı (2021)	Temiz enerji hedefine ulaşılabilmesi için, kamu ve özel iklim projelerini desteklemek.
Suudi Arabistan	Sudair Güneş Santrali Projesi (2021)	Ülkenin en büyük güneş santralini faaliyete geçirerek, 2030 yılına kadar ülkenin toplam yenilenebilir enerjisinin %70'inin bu santralden sağlanması.
Suudi Arabistan	Suudi Yeşil Girişimi (2021)	Suudi Arabistan'da 10 milyar ve Orta Doğu'da 50 milyar ağaç dikilmesi, Orta Doğu'da CO ₂ emisyonlarını azaltılması, 2030 yılına kadar yenilenebilir elektriğin payının %50'ye çıkarılması ve temiz hidrokarbon teknolojisi kullanılarak 130 MtCO ₂ 'den fazla emisyonun ortadan kaldırılması.
Suudi Arabistan	Suudi Yeşil Girişimi ve Yenilenebilir Yatırımlar (2021)	Ülkedeki güneş enerjisi projelerinin geliştirilmesi ve on yıl içerisinde yenilenebilir enerjiden elektrik üretiminde %50'lik bir paya ulaşılması.
Fas	Tatwir Yeşil Büyüme Programı (2021)	Mikro, küçük ve orta ölçekli işletmelerin yeşil sanayi sektörlerine teşvik edilmesi ve endüstriyel kirliliklerini azaltılması.
Fas	Endüstriyel Kurtarma Planı 2021-2023 (2020)	Yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak karbondan arındırılmış bir sanayi üssü kurmak ve endüstriyel rekabet gücünü arttırmak.
Suudi Arabistan	Suudi Ulusal Yenilenebilir Enerji Programı (2016)	2030 yılına kadar elektriğin %50'sinin yenilenebilir enerjiden elde edilmesi.
Fas	Fas Yenilenebilir Enerji Hedefi 2030 (2015)	Enerji üretimi içindeki yenilenebilir enerji payını 2030 yılına kadar %52 oranına ulaştırmak.
Mısır	Mısır Yenilenebilir Enerji Kanunu (203/2014 Sayılı Kararname) (2015)	Özel sektörü yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretmeye teşvik etmek.
Mısır	Mısır yenilenebilir enerji vergi teşvikleri (17/2015 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi) (2015)	Enerji üreticilerine vergi dışı teşvikler sunmak.
Mısır	Rüzgâr ve Güneş FV Projeleri İçin Tarife Garantisi (2014)	Yenilenebilir enerji üretimini arttırarak 2300 megawatt (MW) güneş kapasitesi ve 2000 MW rüzgâr kapasitesine ulaşmak.
Birleşik Arap Emirlikleri	Yurtdışı Yenilenebilir Enerji Geliştirme Yardım Programı (2013)	IRENA'nın en büyük fon sağlayıcısı olarak IRENA'ya üye olan gelişmekte olan ülkelerdeki yenilenebilir enerji projeleri desteklemek.
Mısır	Mısır Güneş Planı (2012)	2027 yılına kadar yaklaşık 3.500 MW güneş enerjisi santrali kurulmasını sağlamak.
Kuveyt	Kuveyt Yenilenebilir Enerji Hedefi (2012)	Yenilenebilir enerji üretim payını 2030 yılına kadar %15'e çıkarmak.
Cezayir	Yenilenebilir Enerji Ulusal Fonu (2009)	Yenilenebilir enerji projelerine finansal destek sağlamak.
Kuveyt	Yenilikçi Yenilenebilir Enerji Araştırma Programı (2009)	Yenilenebilir enerji arzıyla birlikte enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesini sağlamak ve temiz enerji teknolojilerini kullanmak.
Ürdün	Ulusal Enerji Verimliliği Stratejisi (2005)	Enerji verimliliğinin arttırılması için yenilenebilir enerji politikalarını benimsemek ve bu yönde uygulamalarda bulunmak.

Kaynak: IEA Policies Database



Kaynak: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022/executive-summary>

Şekil 2.12. Yıllara Göre MENA Ülkelerinin Yenilenebilir Enerji Kapasitesi Düzeyleri (2010-2027)

Şekil 2.12’de MENA ülkelerinde yenilenebilir enerji kapasite artışı gösterilmiştir. MENA’daki yenilenebilir elektrik kapasitesi artışının 2022-2027’de önceki beş yıllık döneme kıyasla üç kat artarak 45 GWh’a ulaşması beklenmektedir. MENA’nın 2022 ile 2027 arasındaki yenilenebilir kapasite büyümesinin %85’ini Suudi Arabistan, İsrail, Umman, BAE, Fas ve en son olarak Mısır oluşturmaktadır.

Çoğunlukla Fas ve Mısır’da olmak üzere karadaki rüzgâr gelişimi, bölgedeki büyümenin %15’ini oluştururken, hidroelektrik genişleme İran’da yoğunlaşmaktadır. Yenilenebilir kapasite artışının ana nedeni, hızla artan enerji talebi, uzun vadeli iklim hedefleri ve net ithalatçı ülkeler için fosil yakıtlardan uzaklaşan çeşitlendirmedir. Hidrojen ve amonyak üretimi de yenilenebilir enerji projelerine olan ilgiyi arttırmaya başlamıştır (IEA, 2023a: 76).

Abu-Dhabi merkezli Temiz Enerji İş Konseyi (CEBC) tarafından yapılan son araştırmalar, MENA bölgesinin dünyanın en büyük küresel yeşil hidrojen tedarikçisi olacağını öngörmektedir. Yapılan araştırmalar Fas’ın MENA’daki toplam mavi ve yeşil hidrojen projelerinin %19’una sahip olduğunu göstermektedir. Yeşil hidrojen, suyu yenilenebilir enerjiler tarafından üretilen güçle ayıran elektroliz adı verilen bir süreçle hidrojen ürettiği için net sıfır emisyona geçişte kullanılacak olan çok önemli bir varlıktır. Mavi hidrojen ise fosil yakıtlarla elektrolize güç sağlayarak sera gazı emisyonlarını azaltmak için karbon yakalama teknolojilerini kullanan bir sistemdir. MENA ülkelerinin mavi ve yeşil hidrojen girişimlerine katılımının ise 2020 ile 2021 arasında en yüksek artışın (%11’den %89’a) Fas’da çıktığı tespit edilmiştir. Fas, endüstrisinin karbondan arındırılmasını sağlamak için yeşil hidrojenden 183 bin ton yeşil amonyak üretmeyi planlamaktadır. Bu durum bölgenin kısa sürede temiz enerjiye geçişini hızlandırmak için attığı adımları göstermektedir (Temiz Enerji, 2022).

Özetle, MENA'nın yenilenebilir enerji arzının büyük oranda hidrojen üretimine ayrılmış tesislerden elde edilmesi beklenmektedir. Bu büyüme ise yenilenebilir enerjiye dayalı amonyak ihracatçısı olmayı hedefleyen Umman ve Suudi Arabistan ülkelerinde toplanmıştır. Yenilenebilir ek elektrik kapasitesinin diğer kullanımları arasında nakliye yakıtı için amonyak, petrokimya üretimi ve çelik üretimi gibi yerel endüstriler için de hidrojen enerjisi üretilmesi yer almaktadır.

Tablo 2.9. Türkiye'nin Yenilenebilir Enerji Kaynak Bazlı Kurulu Güç ve Hedefleri

Yenilenebilir Enerji Kaynakları	2020	2023
Hidrolik	29.790	34.000
Rüzgâr	8.034	20.000
Güneş	6.345	5.000
Jeotermal	1.515	1.000
Biyokütle	868	1.000
TOPLAM	46.552	61.000

Kaynak: İnat ve Özdemir Daşcıoğlu, 2021: 56

Tablo 2.9'da Türkiye'nin yenilenebilir enerji kaynak bazlı mevcut kurulu gücü ve hedefleri MW cinsinden gösterilmiştir. Türkiye; 2023 yılı sonuna kadar yenilenebilir enerjideki kurulu gücünü 34.000 MW hidroelektrik, 20.000 MW rüzgâr enerjisi, 5.000 MW güneş enerjisi, 1.000 MW jeotermal ve 1.000 MW biyokütle enerjisi olmak üzere toplamda 61.000 MW çıkartmayı hedeflemektedir (İnat ve Özdemir Daşcıoğlu, 2021: 56).

2.3. Enerji Kaynakları ve Çevre İlişkisi

Çevre politikaları, sürdürülebilir kalkınma sayesinde çevrenin korunmasını esas alır. Söz konusu politikaların esas amacı doğal kaynak yönetimi, insan sağlığının korunması ve doğal dengenin muhafaza edilmesidir. Yaşamın idâmesi için korunmuş çevre ile birlikte arz ve isteği karşılamakta yeterli olabilecek nitelikteki ulaşılabilir enerji temin edilmelidir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarına ilgi son zamanlarda giderek artmıştır. Bunda fosil yakıtların yol açtığı hem çevresel hem de sosyal meseleler etkili olmakla beraber söz konusu kaynakların önümüzdeki süreçte tükenebilecek olma ihtimalinin de etkisi vardır. Sürdürülebilir bir çevre ve gelecek için yenilenebilir enerji kaynaklarına gerekli yatırımların yapılması, fosil yakıt rezervlerinin tükenmesini beklemeden harekete geçilmesi büyük önem arz etmektedir. Güneş, rüzgâr ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarına verilen desteklerin artırılması ve enerji üretiminin bu kaynaklardan maksimum yararlanacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir (Aydemir, 2013).

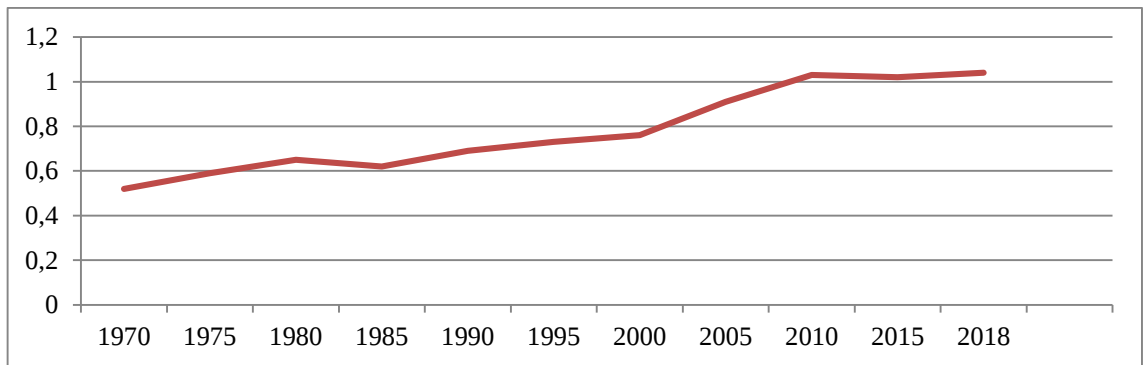
Fosil yakıtların kullanılması sonucunda deniz seviyelerinin yükselmesi, kuraklık, kirli sis ve ozon tabakasının delinmesi gibi başlıca çevre sorunları meydana gelmektedir. Özellikle 1980'lerin ardından çok fazla dile getirilen küresel ısınma da fosil yakıtların enerji üretiminde kullanılmalarının oldukça etkili olduğu tespit edilmiştir.

Enerji üretiminde kullanılan fosil yakıtların en büyük zararının çevre üzerinde görülmesi her geçen gün daha tehlikeli bir hal almaktadır. Artan sera gazı salınımıyla birlikte iklimler değişmekte ve dünya küresel ısınma soruyla karşı karşıya kalmaktadır (Adaçay, 2014). Küresel ısınmaya yol açan temel etken CO₂ emisyonudur. Bunun yanı sıra ozon tabakasını tahrip edici özelliği bulunan diğer zararlı emisyonlar da atmosfere karışmaktadır.

Ekolojik ayak izi, doğaya ne kadar sahip olduğumuzu ve bunun yanı sıra doğayı ne kadar kullandığımızı gösteren tek ölçü birimidir. Ekolojik ayak izi; ekim alanı, otlak alanı, balıkçılık alanları, yerleşim alanı, orman alanı ve karadaki karbon talebi olmak üzere üretken yüzey alanlarının kullanımlarını incelemektedir (Global Footprint Network, 2023).

Karbon ayak izi, ekolojik ayak izinin bütününün en büyük birleşimi olarak karşımıza çıkar. İnsanoğlunun yaşadığı süre zarfında yaptığı tüketim ve üretim sebebiyle dünyaya bıraktığı bir izdir (Özsoy, 2015: 200).

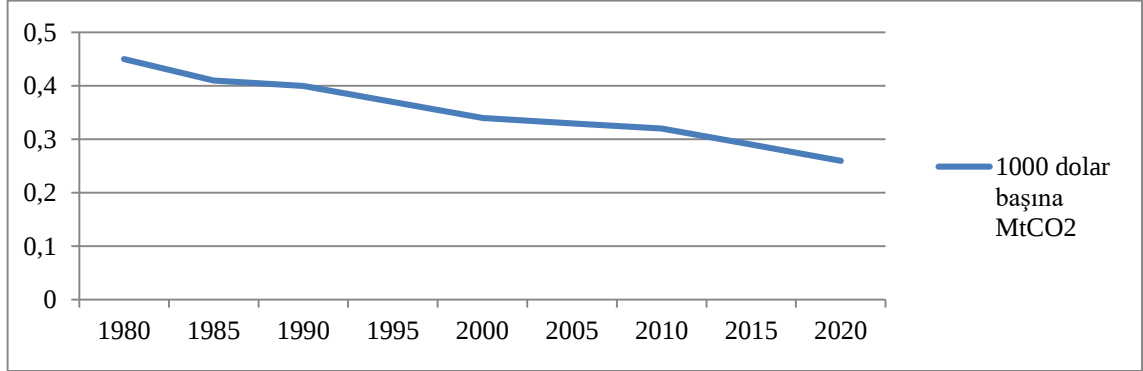
Ekolojik ayak izinin bileşenleri arasında karbon ayak izine ek olarak tarım arazisi ayak izi, orman ayak izi, yapılandırılmış alan ayak izi, balıkçılık sahası ayak izi ve otlak ayak izi sayılır. CO₂ salınımının bir ölçüsü olarak kabul edilen karbon ayak izi Küresel Ayak İzi (Global Footprint Network) tarafından yıllık olarak hesaplanmaktadır (Özsoy, 2015).



Kaynak: <https://data.footprintnetwork.org>

Şekil 2.13. Dünya Küresel Karbon Emisyonunun Yıllara Göre Yüzdelik Değişimi

Şekil 2.13’de 1970-2018 yılları arasında dünya karbon emisyonlarının yıllara göre yüzdelik değişimleri gösterilmiştir. Son yıllarda uygulanan çevreci politika ve buna bağlı olarak artan yenilenebilir enerji kullanımı bu oranın sabit kalmasını sağlamıştır.



Kaynak: <https://www.iea.org/reports/renewables-2022/executive-summary>

Şekil 2.14. Dünya GSYİH'nın Karbondioksit Emisyon Yoğunluğu

Şekil 2.14’de dünya GSYİH’nın emisyon yoğunluğunun yıllar itibariyle düştüğü görülmektedir. Bu düşüş 2021 yılında da devam ederek 1000 dolar başına 0,26 tCO₂ olarak görülmektedir.

Sera gazı, atmosferin ısınmasına sebep olur. Söz konusu olan sera gazı emisyonlarının kaynağının %85’ini enerji sektörü oluşturur. Bu emisyonların azaltılması için en etkili tedbir, yenilenebilir enerji kaynaklarını desteklenmesi ve geliştirilmesi yoluyla CO₂ emisyonlarının meydana gelmesini önlemektir (IEA, 2023b).

Diğer taraftan uluslararası ticaret de ekonominin hacmini artırarak çevresel bozulmalara neden olmaktadır. Artan ticaret hacmi ölçek etkisiyle de ekonominin boyutunun büyümesine ve bununla birlikte çevresel kirliliğin artmasına sebep olur (Dumrul ve Kılıçarslan 2020). Ancak gelişen teknolojiler ile birlikte çevre kalitesinin yükselmesine yönelik uygulamaları da teşvik etmektedir. Bunun sonucunda dış ticaret yoluyla artan üretim-gelir döngüsünün çevresel kirliliği azaltan temiz enerji kaynakları ile sağlanması beklenmektedir (Abbasi, 2012).

Fosil yakıtların mevcut rezerv miktarlarıyla dünya enerji gereksinimi için daha fazla yeterli olamayacağı bir gerçektir. Bu sebeple olacaktır ki temiz kaynaklara olan ihtiyaç daha da önem kazanmıştır. Yenilenebilir enerji kaynak kullanımı fosil yakıtlara bağımlılığı azatarak atmosferdeki kirletici gazların azalmasını sağlayabilmektedir. Bu yönüyle çevresel

açından önemli bir etkiye sahiptir. Tablo 2.10’da enerji üretim sistemlerinin çevresel etkileri kıyaslanarak gösterilmiştir.

Tablo 2.10. Enerji Üretim Sistemlerinin Çevresel Etkileri Açısından Kıyaslanması

Enerji Kaynakları	İklim Değişikliği	Asit Yağmuru	Su Kirliliği	Toprak Kirliliği	Gürültü	Radyasyon
Petrol	+	+	+	+	+	-
Kömür	+	+	+	+	+	+
Doğal gaz	+	+	+	-	+	-
Nükleer	-	-	+	+	-	+
Hidrolik	+	-	-	-	-	-
Rüzgâr	-	-	-	-	+	-
Güneş	-	-	-	-	-	-
Jeotermal	-	-	+	+	-	-

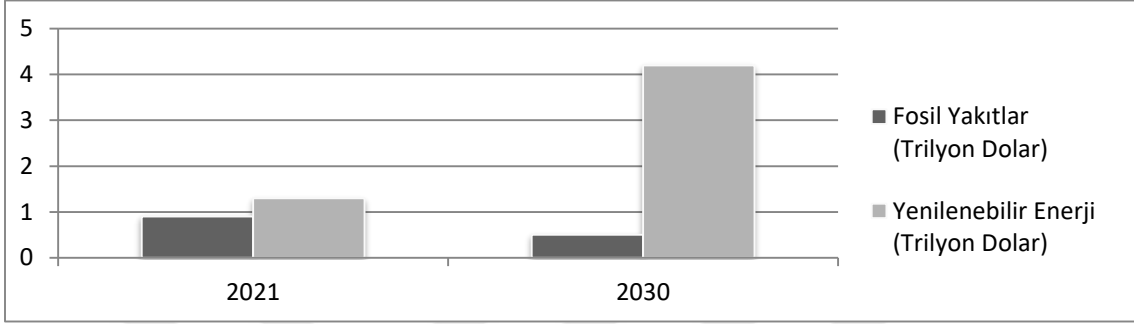
Kaynak: Yıldırım, 2016

Sonuç olarak yenilenebilir enerji kaynakları hem en az seviyede çevresel etki yaratır hem de işletme ve bakım giderleri çok azdır. Bu hususiyetler söz konusu kaynakları önemli kılmaktadır. Bunun yanı sıra bu kaynakların yerli niteliklere sahip olması ve güvenilir enerji temin etmesi gibi özellikleri de bu önemi daha da arttırmaktadır. Kendi ulusal kaynaklarını teknolojik olarak daha fazla kullanabilen ülkelerin gelecekte daha etkin konumda olacağı düşünülmektedir.

Dünyanın çevre sağlığının bozulmasıyla ilgili birçok çalışma yapılmıştır. Küresel ölçekte yapılan ilk çalışma 1972 yılında BM Çevre Sorunları Konferansı’dır. Diğer bir eylem ise 1983 yılında BM’in kararıyla kurulan Dünya Çevre ve Kalkınma Komisyonu’nun yayınladığı Brundtland Raporu’dur. Söz konusu olan rapor ortak geleceğimiz olarak da tanınmaktadır. Raporda özellikle fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan kirleticiler üzerinde durulmuştur (Gürsoy, 2004).

Özellikle 1990’lı yıllardan itibaren önem kazanan çevre bilinciyle yenilenemez kaynaklara bağlı enerji üretim ve tüketiminin yerel olsun bölgesel olsun ya da küresel düzeyde olsun birçok olumsuz etkisinin olduğu anlaşılmıştır. Bu durum da, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla ilgili çalışmaların artmasını ve desteklenmesini sağlamıştır. 2003 yılında ise insanların daha iyi bir dünyada yaşamak için oluşturduğu Yeni Enerji Hareketi (New Energy Movement) olarak adlandırılan ilk halk oluşumu kendini göstermeye başlamıştır. Daha sonraki yıllarda da ülkelerin birlikte hareket ettiği ve kar amacı gütmeyen çeşitli kuruluşlar ortaya çıkmıştır (Kalyani vd., 2015).

Ayrıca karbon emisyonlarını azaltmak için temiz enerji yatırımlarının da olması şarttır. Günümüzdeki birçok finansal kuruluş, fosil yakıtlara yapılan yatırımları en aza indirmek için hedefler belirlemektedir. Çoğu dünya ülkeleri de bu durumu desteklemekte ve temiz enerji yatırımlarını arttırmak için politika ve teşvikler uygulamaktadır. Yapılan çalışmalarla yatırımların 2030 yılına kadar büyük oranda artması beklenmektedir (Atelge, 2021).



Kaynak: IEA Word Energy Outlook 2022

Şekil 2.15. Dünya Net Sıfır Karbon Senaryosunda Enerji Sektörü Yatırımı (2021-2030)

Şekil 2.15’de dünyada net sıfır karbon emisyonları için yapılan ve yapılması planlanan yatırımlar verilmiştir. 2021 yılında fosil yakıtlara yapılan yatırımlar 0,9 trilyon dolar iken 2030 yılında 0,5 trilyon dolara düşmesi beklenmektedir. Buna karşılık yenilenebilir enerjiye yapılan yatırımlar 1,3 trilyon dolar iken 2030 yılında 4,2 trilyon dolara çıkması öngörülmektedir.

Son olarak, artık dünyanın her yerinde küresel iklim değişikliğinin ne kadar zararlı olduğu bilinmekte ve bu zararın önlenmesi için çalışmalar yapılmaya devam edilmektedir. Genellikle endüstriyel kuruluşların neden olduğu emisyonların belli sınırlar içinde kalmasını sağlamak için emisyon azaltımına ilişkin ekonomik yaklaşımlar uygulanmaktadır. Uygulanmakta olan başlıca ekonomik yaklaşımlar; ilave karbon vergi sistemi, emisyon ticareti sistemi, yenilenebilir enerji destekleri, emisyon azaltma kredisi gibi yaklaşımlardır (Karacan ve Atış, 2020).

3. BÖLÜM

3. TİCARİ DIŞA AÇIKLIK KAVRAMI

3.1. Ticari Açıklık ve Serbestleşme Kavramı

Ticari açıklık hem mal hem de hizmet ticareti üzerindeki mâni olacak hususiyetlerin yok edilerek uluslararası ticaretin rahat bir şekilde yapılmasıdır. Bu tanım bağlamında ticari açıklık, sosyal, kültürel, coğrafi ve ekonomik faktörlerin etkileşimi ile ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle ülkenin dış ticaret hacminin yüksek olması ticarete dışa açıklığın fiili bir ölçüsünü temsil etmektedir (Gnangnon, 2019: 501).

Genel itibarıyla ticaret, tarafların gelir elde etmek ve ihtiyaçlarını karşılamak için mal ve hizmetlerin gerek takas gerekse para birimleri üzerinden birbirleriyle değiştirilmesini ifade eden bir kavramdır. İlkel insanların takas yöntemi ile başlattıkları ticaret, paranın icadı ile ekonomik bir boyut kazanmıştır. Uluslararası ticaret ise söz konusu alım-satım işlemlerinin farklı ülkeler arasında gerçekleşmesidir. Kıt kaynakların dengesiz dağılımı dış ticaret yoluyla giderilmeye çalışılmaktadır. Bu da karşımıza ihracat ve ithalat kavramlarını çıkarmaktadır.

Ülkenin, bir malı yürürlükte olan hem ihracat hem de gümrük mevzuatı çerçevesi içinde kendi gümrük bölgesi dışının yanında serbest ticaret bölgesine de çıkarma işlemi olarak tanıtabileceğimiz ihracat için kısaca bir malın yurt dışına satılması işlemi de diyebiliriz (Gürsoy, 2015: 229). Bir başka tanımda ihracat, mal ve hizmetlerin ulusal sınırların dışına çıkarılması olarak tanımlanır (Kaya ve Uğurlu, 2013). İhracat döviz kazandırıcı niteliği ile milli gelire ve ekonomiye bir katkı olarak, ithalat ise tersine ekonomiden bir çıkış olarak değerlendirilmektedir (Kurt ve Zengin, 2016).

Ülkeler fiyat farklılıkları, ülke içi üretim yetersizliği ve mal farklılaştırılması (eksik rekabet şartları, benzer ülkeler arası ticaret vb.) gibi nedenler yüzünden dış ticarete yönelmektedir. Dış ticaret trampa ekonomisinden günümüze kadar toplumların başvurduğu bir yol olarak hala süregelmektedir. Buna bağlı olarak uluslararası ticaretin faydalarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- Ekonomik kalkınma dış ödemeleri dengeleme.
- Piyasa aksaklıklarını giderme.

- Yer, şekil ve mekân faydası yaratma.
- Yabancı sermaye çekme.
- Teknoloji ve know-how transferi.
- Nitelikli işgücü akımı.
- Ülke içi atıl kapasitenin değerlendirilmesi.
- Yurt içi üretimi arttırıcı etki yapması.
- Yurt içinde rekabeti artırması.
- Yerli firmalara yeni pazarlar bulma fırsatı.

Ticari serbestleşme ülkelerin doğrudan yabancı sermaye yatırımlarını da arttırmaktır. Ticari serbestleşme sürecinde ülkeler ticari engellerini kaldırır. Ticari serbestleşme sayesinde hem ulusal piyasalar yabancı mallara açılmakta hem de piyasalar daha rekabetçi bir hal almaktadır. Ayrıca bu durum kaynakların daha etkili dağıtılmasını sağlamaktadır (Acaravcı ve Akyol, 2017).

3.2. Ticari Açıklığın Motivasyonu

Ticari dışa açıklık; ülke ekonomilerinin iktisadi ve finansal olarak serbestleşme hareketi olarak tanımlanır. Küreselleşmenin bir sonucu olarak karşımıza çıkar.

Uluslararası ticaretin rolü ülkelerin kalkınma süreci için çok önemlidir. Çokuluslu ticaret, sanayileşmenin ve modern teknolojinin faydalarının gelişmiş ülkelere az gelişmiş ülkelere transferi için bir aktarım kuşağı işlevi görür. Çokuluslu ticaret sürecinin arkasında ticaret serbestleşmesi vardır ve serbestleşmenin önemli bir bileşeni ticari açıklıktır (Naveed ve Shabbir, 2006: 137).

Dışa açıklık kavramı küreselleşmenin tamamlayıcı bir cüzüdüdür. Ticari açıklığın yüksek olması o ülkenin küresel ekonomi ile daha entegre olduğuna işaret eder. Bu göstergeler bir ülkenin iç piyasasının erişilebilirlik durumunu belirlemekte ve bunları mal-hizmet ticareti yapmayı arzulayan yabancı ülkelere sunmaktadır.

Ülkelerin hem ticari liberalizasyonu gereksinim olarak görmelerinin sebebini hem de ticari açıdan dışa açık hale gelmeye çalışma isteklerinin asıl nedenini ticaretten kazandıkları

kârlar ile açıklamak mümkündür (Saçık, 2009). Sonuç olarak ticari açıklığın motivasyonu ülkelerin elde ettikleri kazanç ve bu kazançlar sonucunda elde ettikleri ekonomik güçleridir.

3.3. Ticari Dışa Açıklığın Ekonomik Etkileri

Ticari dışa açıklık kavramı ülkelerin serbestleşme dereceleriyle ilgilidir. Günümüzde çoğu ekonomistler ticari dışa açıklığın kapalı ekonomilere göre ülkelerin kalkınmasında daha etkili bir süreç olduğunu savunmaktadır.

Dışa açıklığın düşük olduğu ekonomilerde, karşılıklılık ilkesi gereği yerli firmaların yabancı pazarlara erişimi sınırlı kalmakta, iç piyasada rekabeti baskılayarak performansı olumsuz etkilemektedir. Yabancı yatırımların hem bir ülke hem de bölgelere doğru yol aldığı bir kanal niteliği taşıyan uluslararası ticaretin açıklığında aktarılan kaynaklar gelişmekte olan ülkeler açısından ekonomik gelişimin temel esaslarından birini oluşturmaktadır (Özcan vd., 2018: 62).

Gelişmekte olan ülkelerin büyüme serüvenlerindeki her bir aşamada ticari açıklık önemli bir yer arz etmektedir. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler başka bir finansal yardım ve krediye ihtiyaç duyarlar. Bu gereksinimi ise çoğunlukla iktisadi büyüme aşamasında hissederek. Söz konusu ihtiyaç ise çoğu kez gelişmiş ülkeler tarafından sağlanır. Az gelişmiş ve gelişmekte olan ekonomiler aldıkları kredileri geri ödenme aşamasına geldikleri zaman ise bazı zorluklar yaşarlar ve finansal bakımdan zor durumda kalmış olurlar. Dışa açıklığın yüksek olduğu ekonomilerin finansal piyasaları daha çok yabancı kaynak çekebilecek ve ülkenin dış finansman sorununu hafifletebilecektir. Günümüzde yaygın olarak kabul edilen düşünce, uzun bir süre zarfında ticari açıklığın ekonomik gelişmeye ve büyümeye katkı sağlayacağıdır (Mercan ve Göçer 2014).

3.4. Ticari Dışa Açıklığın Avantajları ve Dezavantajları

Ülkeler arasında ilk ticari ilişkiler Avrupa'da 15. ve 18. YY'da ortaya çıkmış ve Merkantilizmle birlikte gelişmeye başlamıştır (Sakya vd., 2012: 23). Uluslararası ticaret günümüzde ekonomik faaliyetlerin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Uluslararası ticarete açılmak, ihracat performansını yükseltmek, yurt dışında daha çok rekabet etmek ekonomilerin gelişmesinde ve büyümesinde çok önemli bir faktör haline gelmiştir. Ancak dışa açılmanın dezavantajları da vardır. İlk olarak dışa açılmanın avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz:

- İhracatın büyümeye olan katkısı artar.
- Yabancı sermaye yatırımlarına teşvik artar.
- Kalkınmışlık seviyeleri yükselir.
- Ülkeler dış yatırımlara açık hale gelir.
- Verimlilik ve rekabet gücü artmaktadır.
- Teknolojik yenilik, inovasyon ve araştırma-geliştirme çalışmaları artar.
- İşgücü ve yurt içi uzmanlaşma artar.
- Yurt içi ekonominin uluslararası pazarla bütünleşmesini sağlar.
- Ülkelerin gelişimini hızlandırır.

Daha önce de belirtildiğimiz gibi dışa açılmanın olumsuz etkilileri de mevcuttur. Dışa açılmanın dezavantajlarını ise şu şekilde sıralayabiliriz:

- İthalat artışları cari açık dengesinde negatif bir etki yaratabilir.
- İthalat kontrolden çıkabilir.
- Ödemeler dengesi kaynaklı krizlere yol açabilir.
- Ülke dış borç krizine girebilir.
- Dışa bağımlılık artabilir.
- Yerli firmalar piyasadan silinebilir.

3.4.1. Teknolojik Düzey

Yeni bir malın teşekkülüne sebep olan ya da var olan malların hem daha ucuz hem de daha kaliteli bir şekilde imâlatına imkân tanıyan bilgi, beceri ve süreçler olarak değerlendirilebilen teknoloji küreselleşmeyle birlikte uluslararası ekonomik ilişkilerin ve ticaretin ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir (Seyitoğlu, 2020: 728).

Ülkeler ileri teknoloji içeren pek çok teknoloji transferi kanallarına sahiptir. Ülkelerin ticaret yapması birçok yeniliğin üreticiye ulaşmasını sağlamaktadır. Bu yenilikler içinde pek çok teknoloji, fikir ve yeni üretim teknikleri zikredilebilir. Üretim teknolojilerinin gelişmesi ülkelerin kalkınmaları açısından büyük önem taşımaktadır. Yeni

bir üretim yöntemi ya da yeni bir mal icat edilmesi şeklinde karşımıza çıkan teknolojik gelişmeler hem piyasada var olan malların daha verimli bir şekilde üretilmesini sağlar hem de pek çok farklı ve çeşitli özelliklere sahip yeni malların teşekkülüne sebep olur (Seyitoğlu, 2020: 133).

Teknolojik düzey mal ticaretini geliştirmekte etkili olmakla beraber yeni malların ortaya çıkarılmasında ve var olan malların daha ucuz ve daha kaliteli niteliklere sahip olacak bir şekilde üretilmesinde etkilidir. Bu durum sayesinde dış ticaret ekonomiler, ticareti teşvik eden teknolojik yeniliklerden daha iyi faydalanır. Özellikle sanayileşmiş ülkeler üst düzey nitelikteki teknolojik gelişmeler göstermektedir. Bu da olumlu bir yayılma görmemize sebebiyet verir. Bu hususlara bağlı olarak üretimde daha büyük ölçekli üretimden bahsetmek mümkün bir akımları gelişme ve ilerleme gösterir. Dışa açık hâl alır (pozitif ölçek ekonomileri) ve ekonomik büyüme oranını hızlanmasından söz edilebilir (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011).

3.4.2. Verimlilik

Verimlilik kavramı; en az maliyet ve kaynak kullanımı ile amaçlanan hedeflere en etkili şekilde ulaşabilmektir (Ülgen ve Mirze 2010: 25). Verimlilik üretim süreci sonucunda elde edilen çıktı ile üretimde kullanılan girdileri ifade ettiği için ülkelerin kaynaklarını doğru kullanması gerekir. Verimlilik arttığı zaman ihracatın artması da beklenir. Ayrıca dış pazara açılma ile birlikte yeni teknolojilerin kullanımı gündeme gelecek bu da verimliliği arttıracaktır.

Ticari açıklık ile verimlilik arasında önemli bir ilişkinin varlığından bahsedilebilir. Söz konusu ilişkiye bakıldığında doğru orantılı bir bağ görülür. Şöyle ki genellikle uluslararası ticaretin yanı sıra büyük pazarlardan da kazanılan gelirlerin artması ile uluslararası teknolojilerin hem transferi hem de verimlilik artışının sağlanacağı yönündedir (Tupy, 2005).

3.4.3. Rekabet

Ülkelerin rekabet gücü, refah seviyesini arttırmak için tüm politikaların bütünleştiği süreç olarak tanımlanmaktadır. Ticari dışa açıklığın artması uluslararası arenada daha çok yerli firmanın birbirleriyle mücadele etmesi anlamına gelmektedir. Uluslararası oyuncu sayısının artması ile üreticilerin kendi aralarındaki rekabetin artırması kaçınılmazdır.

Firmalar ülkeleri temsil ettiği için dolaylı olarak ülkeler arasındaki rekabette artmış olacaktır (Adıgüzel, 2011: 241).

Rekabet gücünün geliştirilmesi; ülkenin yaşam standartlarının iyileşmesi, üretimde verimliliğin artması ve istihdamın yükselmesi için bir ön koşuldur. Bu bağlamda ülkelerin uluslararası rekabetçilik hedeflerinin öncelik kazandığı görülmektedir. Bir ekonominin uluslararası rekabet gücünün artması, ülke ekonomisinde zincirleme bir reaksiyonun tetiklenmesine yol açmaktadır (Adıgüzel, 2011).

3.4.4. İstihdam ve Uzmanlaşma

Ticari dışa açıklık, işletmelerin küresel pazarlara erişimini artırarak istihdamı artırabilir. İhracatın artması, işletmelerin büyümesine ve yeni işlerin yaratılmasına yol açabilir. Ayrıca, işletmeler ithalat yoluyla daha ucuz hammadde ve girdiler satın alarak üretim maliyetlerini düşürebilirler. Bu da işletmelerin karlılığını artırarak istihdamı artırabilir. Ticari dışa açıklık, ülkelerin kendi üretim avantajlarına odaklanmalarını teşvik ederek uzmanlaşmayı artırabilir. Ülkeler, kendi üretim avantajlarına dayalı olarak ürettikleri malları diğer ülkelerle ticaret yaparak daha fazla kar elde edebilirler. Bu da ülkelerin belirli sektörlerle odaklanmasına ve bu sektörlerde uzmanlaşmasına yol açabilir. Uzmanlaşma, işletmelerin daha verimli hale gelmesini sağlar ve üretim maliyetlerini düşürür. Bu da işletmelerin büyümesine ve yeni işlerin yaratılmasına yol açarak istihdamı artırabilir. Sonuç olarak, ticari dışa açıklık da istihdam ve uzmanlaşma üzerinde önemli bir etkiye sahip olabilir. İşletmeler, küresel pazarlara erişerek yeni işler yaratabilir ve ihracat yoluyla büyüyebilirler. Ayrıca, ülkelerin kendi üretim avantajlarına odaklanması, işletmelerin daha verimli hale gelmesine ve uzmanlaşmalarına yol açarak istihdamı artırabilir.

3.4.5. Dış Ticaret Hadleri

İhracat fiyat endeksinin ithalat fiyat endeksine oranlanması ile hesaplanan dış ticaret haddi bir birim ihraç malına denk gelen ithal malın değerini ifade eder. Dış ticaret hadleri, dış ticaret işlemi neticesinde kârlı ya da zararlı olma durumunu göstermeye yarayan bir vasıta olarak kabul edilir (Seyitoğlu, 2020).

Dış ticaret hadlerinin bozulması ihraç mallarının daha ucuza satılıp ithal mallarının daha pahalıya alınması anlamına gelmektedir. Ülkenin ihraç malları ithal mallarına oranla daha da pahalıyorsa, ticaret hadleri söz konusu ülke lehine değişim göstermiş demektir ve bu

yapıda dış ticaret açığını kapatmak kolaylaşır. Tersı durumda ise ticaret hadleri ülke aleyhine gelişmiş demektir ve bu da dış ticaret açığını kapatmayı zorlaştırır. Dışa açık ekonomiler için dış ticaret haddeleri önem teşkil etmektedir (Aslan ve Yrk, 2008).

3.5. Ticari Açıklık lm Yöntemleri

Ticari açıklık ölçüsü ldk standarttır. İhracat ve ithalat, GSYİH'nın yüzdesi olarak tanımlanır. Bu gösterge, toplam ticaretin (ihracat + ithalat) yerli üretim büyüklüğüne göre önemini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Liberati, 2007: 221). Standart olarak kullanılan ölçünün dışında araştırmacıların ticari açıklığının hesaplanmasında kullandıkları farklı ölçüm yöntemleri de bulunmaktadır. Ticari açıklık oranını belirleyen birçok model ve modele bağlı olarak geliştiren ölçüm yöntemlerini řu şekilde sıralayabiliriz (Jallow, 2019);

- Ticaret bağımlılık oranı,
- İhracatın büyüme hızı,
- Tarife oranları,
- Toplanan tarife oranları,
- Nicel kısıtlamaların kapsamı,
- Karaborsa primi,
- Miras vakfı endeksi,
- Uluslararası Para Fonu (IMF) ticaret kısıtlama endeksi,
- Dünya Bankasının dış yönelim endeksi,
- Sachs ve Warner endeksi,
- Leamer açıklık endeksidir.

Bu noktada dış ticareti ölçmek için en sık kullanılan; ticaret payları, tarifeler, tarife dışı engeller, nitel ölçütler, bileşik ölçüler, fiyata dayanan ölçütler gibi göstergeler sırasıyla ele alınacaktır.

Ticaret Payları: Ticaret paylarına ya da başka bir adlandırma ile ticaret yoğunluk oranına ihracat ve ithalat toplamının GSYİH'ya oranlanmasıyla ulaşılır. Ticari açıklığın

ölçülmesinde en sık kullanılan yöntemdir. Bu ölçüm yönteminin yaygın olarak kullanılmasının nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz:

- İhracat, ithalat ve GSYİH verilerine kolay ulaşılması.
- Çok sık kullanıldığı için çalışmalar arası karşılaştırılabilirliği kolay olması.

Çok sık kullanılmayan ithalat penetrasyon oranı ise ticaret payları oranının farklı bir yöntemi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu hesap belli bir ticari malın ithalatının yurtiçi üretim toplamına bölünmesi ile yapılır. Bunun sonucunda da yurtiçi üreticinin uluslararası rekabet gücü belirlenmiş olur.

Tarifeler: Birbirinden farklı pek çok malın vergi oranlarının listelerini ifade eden kavram tarifedir. Bu kapsamda dış ticaret politikasının en eskisi olmakla beraber, en yaygın kullanım alanına sahip önemli bir vasıtası olarak gümrük vergileri (devletin ithal malları ülke sınırlarından girişi esnasında aldığı vergi türü) sayılabilir (İspiroğlu, 2018).

Tarifeler en çok tercih edilen araçlar olmakla birlikte bu yöntemde verilere ulaşmanın zor olması tarifelerin kullanılabilirliğini engellemektedir. Tarifeler kısıtlamaların direkt olarak göstergeleri şeklinde düşünülmektedir. Bu sebeple olacaktır ki ticari açıklığı ölçmede tercih edilir.

Tarife Dışı Engeller: Tarife dışı engeller, tarife dışı korumacılık uygulamaları olarak kabul edilir. Tarife dışı engeller ticareti söz konusu olan mal ya da hizmetlerin hem fiyatlarını hem de miktarlarını her bakımdan etkiler. İthalat kotaları, gönüllü ihracat kısıtlamaları, sübvansiyon uygulamaları, görünmez engeller vb. tarife dışı engel örnekleridir (Şahin, 2015: 460). Tarife dışı engellerin uluslararası ticarete etkin bir şekilde rol alması ticari açıklığı engellemekte, ürün ve hizmetlerin de uluslararası pazarlarda yer almalarını olumsuz yönde etkilemektedir (Gürce, 2021).

Nitel Ölçütler: Nitel ölçütler sayısal ibarelerle ifade edilemezler. Bunun yanı sıra bu ölçütler modellerde kukla değişken olarak yerini almaktadır. Nitel ölçütler kurum ve kuruluşlar aracılığıyla elde edilmektedir (Şahin, 2015).

Bileşik Ölçütler: Ülkelerin yapısal özelliklerinin, kurumsal düzenlemelerinin ve ticari engellerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir ölçüttür. Bu ölçüm yönteminin örnekleri arasında Dünya Bankası ve Sachs-Warner endekslerini zikretmek mümkündür

(Saçık, 2009: 540). Açıklığı pek çok etmenin tesiri altında kalan bir durum olarak kabul edip ölçümünü gerçekleştirmek açıklığı yalnızca bir ölçüyle ifade etmekten daha iyidir. Bu yüzden çoğunlukla tercih edilen çalışmalar endeks oluşturarak açıklık ölçümü yapılanlardır. Bunların sayısı da oldukça fazladır.

Fiyata Dayalı Ölçütler: Yurtiçi fiyatlar ile uluslararası fiyatların mukayese edilmesi, fiyat çarpıklıklarını tespit etmek ve ticaret politikalarının yönünü belirlemek için kullanılır (Şahin, 2015).

3.6. Ticari Açıklığın Dış Ticaret Teorileri Kapsamında Değerlendirilmesi

Doğal kaynakların yeryüzüne homojen olarak dağılmaması ve ülkelerin kendi üretimlerinin yeterli seviyede olmaması ülkeler arasında ticari ilişkilerin oluşmasına yol açmıştır. Bu kapsamda da ülkeler arasında gerçekleşecek dış ticaretin açıklık derecesi hakkında farklı görüşler öne sürülmüştür (Seyitoğlu, 2020). Öne sürülen bu farklı görüşleri, klasik dönem öncesi serbestleşme teorileri ve klasik ticari serbestleşme teorileri olarak ele almak mümkündür. Bu kısımda bu teoriler ile ilgili açıklamalara yer verilecektir.

3.6.1. Klasik Dönem Öncesi Serbestleşme Teorileri

Klasik akım dış ticaret teorilerinin temel taşı olarak kabul edilir. Söz konusu akımın ortaya çıkışı 1700'lü yıllara dayanmaktadır. Klasik akımın uluslararası ticaret hakkındaki görüşlerinden önce merkantilizm ve buna karşılık ortaya çıkan fizyokrasidir.

Merkantilistlerin görüşü, dış ticareti gerçekleştiren iki ülke için her bir tarafın da refah seviyelerinde birden bire sıçrama olamayacağı yönündedir (Balan, 2016: 10). Dış ticarete sadece bir ülkenin kazançlı çıkacağını ortaya koymuşlardır. Ülke içindeki servetin ve zenginliğin sabit olduğunu, bu nedenle de bunlardan daha çok pay alabilmenin tek koşulunun diğer ülkelerin daha az pay almasıyla mümkün olacağına inanmışlardır (Küçükcalay, 2015). Bu noktada ise ülkelerin sahip oldukları gücü altın ve gümüş rezervlerine bağlamış, bu rezervleri arttırmak içinde ihracatın teşvik edilip ithalatın kısıtlanması gerektiğini savunmuşlardır (Ertek, 2020).

Merkantilizm müdahaleci bir yapıya sahiptir. Söz konusu yapıya bir tepki olarak fizyokratlar liberal görüşü savunucusu olmuşlardır. Sanayi devriminin ardından Merkantilizm'e karşı liberal görüşler güç kazanmaya başlamıştır. Ekonomideki meselenin artık üretim olmadığı bunun yerine üretilen malların mesele olarak kabul edildiği görüşü

yaygınlık göstermiştir. Bu da Merkantilist düşünce ile yaşanan mücadeleyi beraberinde getirmiştir (Seyitoğlu, 2020: 26).

Günümüzdeki dış ticaret teorilerinin tümü Klasik iktisatçıların öne sürdükleri fikirlere (liberalleşme vb.) yapılmış olan katkılarla gelişme göstermiştir (Acar, 2017).

3.6.2. Klasik Ticari Serbestleşme Teorileri

Klasik ticari serbestleşme teorileri; mutlak üstünlükler teorisi, karşılaştırmalı üstünlükler teorisi ve Hecksher-Ohlin teorisi olarak üç başlıkta ele alınacaktır.

3.6.2.1. Mutlak üstünlükler teorisi

Adam Smith tarafından 1776 yılında ortaya atılan teori, dış ticaretin serbestçe yapılabileceğini savunarak mutlak üstünlüklerin üzerinde durmuştur. Merkantilistlerin dış ticareti sınırlandırma konusundaki görüşlerine karşı çıkarak uluslararası ticareti ilk kez bilimsel olarak açıklamıştır (Seyitoğlu, 2020).

Adam Smith, dış ticarete serbestleşmenin artmasıyla birlikte ülke içindeki iş bölümü ve verimliliğin artacağını savunmuştur (Küçükkalay, 2015). Teoriye göre, ülkelerin mutlak olarak üstün olduğu bir malda uzmanlaşarak bu maldan elde edilen ürünlerin üretimlerini arttırmaları gerekmektedir. Bu sayede ülkeler mutlak olarak düşük maliyetle ürettikleri ürünleri ihraç edip yüksek maliyetle ürettiklerini ithal ederek dış ticarete bir avantaj elde etmiş olacaklardır.

3.6.2.2. Karşılaştırmalı üstünlükler teorisi

Ricardo mutlak üstünlükler teorisinden yola çıkarak 1817’de karşılaştırılmamalı üstünlükler teorisini öne sürmüştür. Uluslararası ticaretin mutlak üstünlüklere dayandırılmaması gerektiğini savunarak üstünlüklerin dereceleri üzerinde durmuştur (Balan, 2016: 13).

Uluslararası ticarete mühim olan husus üstünlük derecesidir. Malların üretiminde en yüksek derecede üstünlüğe sahip olan ülkenin söz konusu malda uzmanlaşması sağlanmalıdır.

Ülkeler sahip oldukları doğal imkânlardan dolayı bir malı başka bir ülkeye göre daha ucuza üretebilirler. Ülkeler arasındaki emek ve sermaye hareketliliğinin sınırlı olmasından

dolayı bir ülke, diğer bir ülkeye göre bazı malların üretiminde göreceli (nispi) olarak avantajlı veya dezavantajlı konumda olabilir (Ersoy, 2008).

Teoriye göre ekonomi dengede olduğu zaman, dışarıdan daha ucuza elde ettiği hiçbir malı yurt içinde üretmemelidir. Dış ticaret bu şekilde yapıldığında her iki ülke içinde menfaat sağlayacağı görüşü hakimdir.

3.6.2.3. Heckscher-Ohlin teorisi

Faktör donatımı teorisi olarak da adlandırılan Heckscher-Ohlin teorisi; bir ülkenin ihraç edebileceği mallar, üretim sürecinde ülkede fazla miktarda bulunan faktörün yoğun olarak kullanıldığı mallar demektir. Söz konusu olan teoriyi E. Heckscher ve B. Ohlin ortaya atmıştır (Kurdoğlu, 1975: 26).

Heckscher-Ohlin modeli ticaretin karşılıklı olarak kazanımlı bir alışveriş niteliği taşıması gerektiğini savunur. Buradan hareketle söz konusu model karşılıklı ticaret yapan her iki ülkenin refah kazançlarını analiz eder. Modelde savunulan hususlar arasında uluslararası ticaret, kaynakların sektörler arasında yeniden dağıtılmasını, her bir ülkenin üretimde hem ucuz hem de bol olan faktörün olduğu ürünü ihraç etmesi bunun aksine pahalı olan malı ise ithal etmesi gerektiği yer alır. Ayrıca söz konusu model ticari açıklığı, gelişmekte olan ülkelerin yapısında kritik bir nitelik taşıyan politika olarak görmektedir (Saçık, 2009).

3.6.3. Yeni Dış Ticaret Teorileri

1960'lı yıllardan itibaren literatüre uluslararası ticaretin nedenlerini açıklamak amacıyla yeni teoriler girmeye başlamıştır. Bu yeni teorilerin geliştirilmesi uluslararası ticaret gibi, birçok ülke arasında gerçekleşen, sınırsız mal ve hizmeti içine alan bir alanı yalnızca basit bir modelden açıklığa kavuşturmak mümkün olamayacağı için uluslararası iktisat alanında önemli bir ilerleme olarak kabul edilmiştir. Bir teori yalnızca belirli grup malların ticaretini açıklayabilir. Bu yüzden birbirinden farklı özellikler taşıyan mallardaki ticareti açıklığı kavuşturmak için pek çok hipotezin varlığına ihtiyaç vardır. Başka bir deyişle, yeni teoremler Faktör Donatımı'nın yetersiz kaldığı alanları tamamlamakta önemli bir katkı sağlamıştır (Seyitoğlu, 2020: 105). Bu bağlamda yeni dış ticaret teorileri alt başlıklar halinde açıklanacaktır.

3.6.3.1. Nitelikli işgücü teorisi

Nitelikli işgücü teorisi Keesing ve Kenen tarafından öne sürülmüştür. Teoriye göre, hem mesleki hem de nitelikli işgücü bakımından pek çok üstünlüğe sahip olan ülkelerin üretimi çoğu zaman söz konusu faktörlerle ilişkili olan mallarda uzmanlaşmaktadır. Bunun tam tersi niteliklere sahip ülkeler ise niteliksiz emek taşıyan malların üretiminde uzmanlık gösterecektir (Seyitoğlu, 2020). Sanayi ülkeleri tarafından gerçekleşen ticaretin büyük bir kısmı nitelikli işgücü farkları ile açıklamaktadır (Balan, 2016: 34).

3.6.3.2. Teknoloji açığı teorisi

Teknoloji açığı teorisi Poster tarafından ortaya atılmıştır. Teori sanayileşmiş ülkeler arasındaki ticarete, yeni ürün ve üretim süreçlerine dayandırmaktadır (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011).

Söz konusu teori yeni bir mal ya da üretim sürecine sahip sanayileşmiş ülkelerin mallarının ilk ihracatçısı konumunda oldukları görüşüne sahiptir. Zaman içerisinde ise öğrenme, taklit etme gibi yollarla diğer ülkeler bu malların ihracatçı haline gelmektedir. Daha az teknolojiye sahip olan bu ülkeler malı ilk icat etmiş olan ülkeden daha az bir maliyet ile ürettikleri için, diğer ülkeler bu ülkeler ile rekabet edemez ve malın ithalatçısı olurlar (Seyitoğlu 2020).

Teknolojiyi ilk icat eden ülke açısından taklit süresi ne kadar geç olursa yeni ürünün piyasaya sürülmesinden elde edilecek olan yüksek karlar söz konusu ülkenin avantajına olacaktır. Bu süreçte teknoloji icat eden ülkeler, diğer ülkelerin bunu taklit etmesini önlemek için girişimlerde bulunmaktadır. Bu noktada da patent ve lisans yasaları önemli rol oynamaktadır (Ağcadağ ve Gövdere, 2021).

Kısacası teori, teknolojik yeniliğin ticaretin temelini oluşturduğunu savunmaktadır. Sanayileşmiş ülkeler arasındaki ticaretin önemli bir bölümünü yeni teknolojilerin bulunarak üretilmesine bağlamaktadır.

3.6.3.3. Ürün dönemleri teorisi

Ürün dönemleri teorisini ortaya atan kişi Vernon'dur. Bu teori teknoloji açığı teorisinin geliştirilmiş hali olarak karşımıza çıkmaktadır. Teori, ülkelerin ürettikleri mallarda ya da ilk defa üretecek oldukları mallarda uzmanlaşmaları gerektiği, malın yeni

mal vaziyetinden eski mal konumuna gelirken ülkeler arasındaki el değıştirme sürecini açıklamaktadır (Vernon, 1966). Vernon, ürün ömrünü beş döneme ayırmıştır:

- Birinci dönem, yeni ürün yurtiçi piyasasında üretilmeye başlanır.
- İkinci dönem, ürünün olgunlaşma evresidir. Bu dönemde ürün yurtiçi piyasasındaki üretimini artırarak ürünü ihraç etmeye başlar.
- Üçüncü dönem, üretim teknolojisinin yaygınlaştığı ve standartlaşmaya başladığı dönemdir.
- Dördüncü dönem de ürün, üretim maliyetinin daha alt seviyeye sahip olduğu ülkelerde üretilmeye başlar. Bazı ihracatçı ülkeler, ürünün lisansını alır. Böylece bu ülkeler düşük maliyetli üretim yapmış olmakla beraber ihracatlarında da artış görülür. Bunun aksi bir durumu, yenilikçi ülkenin ihracatında azalma meydana gelerek gerçekleşir.
- Beşinci bölüm de ise yenilikçi ülkenin iç piyasa talebi de yerli üretim yerine ithalat yoluyla karşılanmaya başlanmıştır. Üretim teknolojisi tüm dünyaya yayılmıştır ve en ucuza üreten ülkeden ürünlerin ithalatı yapılmıştır.

Sonuç olarak yenilikçi olan ülke zamanla ürünün üretimini daha düşük maliyet ile üreten ülkeye bırakmış olmaktadır (Dinler, 2012: 562-563).

3.6.3.4. Tercihlerde benzerlik teorisi

Tercihlerde benzerlik teorisi 1961 yılında Linder tarafından ortaya atılmıştır. Linder dış ticareti, iç ticaretin genişlemesi olarak kabul etmiştir. Yani yurtiçinde talebi olmayan bir malın ihraç edilmesinin mümkün olmayacağını savunmuştur (Aslan ve Yörük, 2008).

Teori, talep yapıları benzer olan ülkelerin daha yoğun bir dış ticaret ilişkisi içerisinde olacağını üzerinde durmuştur. Sanayi ürünleri üzerindeki ticaretin üretimin maliyetinden daha çok, ülkeler arasında zevk ve tercihlerin benzerliğine bağlanmıştır. Bu ürünler hem arz ve talepleri hem de gelir düzeyleri aynı ya da benzer olan ülkelere ihraç edilmektedir (Seyitoğlu, 2020).

3.6.3.5. Ölçek ekonomileri teorisi

Ölçek ekonomileri teorisi, ölçek ekonomilerinin yaratacağı maliyet avantajları üzerinde duran teori, II. Dünya Savaşı sonrasında sanayileşmiş ülkeler arasında artan ticaret ilişkisini açıklamak için ortaya atılmıştır (Balan, 2016: 37).

Uluslararası ticaret ülkelerin pazar paylarını arttırmaktadır. Artan pazar paylarıyla birlikte firmalar ölçek ekonomilerinden yararlanma fırsatı elde edeceklerdir. Teoriye göre ülkeler ölçek ekonomilerinden (azalan maliyetlerinden) faydalanarak elde ettikleri malların ihracatını, faydalanamadıklarının ise ithalatını yapmalıdır (Yüksel ve Sarıdoğan, 2011). Bu durum bir süre sonra ülkelerin refahının artmasını sağlayacaktır.

3.6.3.6. Monopolcü rekabet teorisi

Helpman tarafından 1981 yılında ortaya atılan teori, dış ticarete sebep olan şeyi mal farklılaştırılması olarak görmüştür. Tüketici tercihlerinde farklılıklar görülmektedir. Bu sebeple olacaktır ki firmalar birbirinden farklı mallar üretmektedir. Böylece her firma hem kendi farklılaştırmış olduğu ürününde ölçek ekonomilerinden faydalanmış olur hem de maliyetlerini düşürme fırsatına erişir (Balan, 2016: 43).

Teori, sanayi malları arasında meydana gelen karşılıklı ticareti ölçek ekonomilerine dayandırarak açıklamaya çalışmıştır. Bu bağlamda sanayi kesiminde faaliyet gösteren firmaları monopolcü rekabet olarak görmüştür. Firmalar ölçek ekonomilerinden yararlanarak (ölçeğe göre artan getiri) bazı mallarda uzmanlaşacak ve uzmanlaştığı malları ihraç edecektir. Ölçeğe göre azalan getiri elde ettikleri (uzmanlaşamadıkları) malları ise ithal edeceklerdir (Dura, 2000: 12-13).

3.6.3.7. Rekabetçi üstünlük teorisi

Klasikler ülkeler arasındaki rekabet gücü farklılığını, maliyet ve teknolojiadaki farklılıklarla; neoklasik iktisatçılar faktör fiyatlarındaki farklılıklarla ortaya koymuştur. Sonraki yıllarda ortaya atılan teoriler ise ülkelerin uluslararası rekabetteki başarısının nedenlerini; teknoloji, ürün, ölçek ve talep eksenli yaklaşımlarla açıklamaya çalışmıştır.

Micheal E. Porter tarafından geliştirilen rekabetçi üstünlükler teorisi, dış ticaret yapan firmaların küresel ölçekte nasıl başarılı olacaklarına ilişkin koşullar üzerinde

durmaktadır. Teori ülkelerin ihracat yapısının güçlü olmasını, çokuluslu şirketlerin rekabetçi bir özelliğe sahip olmasına dayandırmaktadır (Adıgüzel, 2011).

3.7. Ticari Dışa Açıklıkta Politika Uygulamaları ve Önemi

1980’li yıllar ulusal ekonomilerin dünya ekonomileri ile bütünleştiği yıllar olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bütünleşme sonucu ticari açıklık ve serbestleşme uluslararası ticaretin anahtar kelimesi haline gelmiştir. Ticari açıklık ve serbestleşmeyle birlikte küreselleşme de ivme kazanmıştır. Bu kapsamda da birçok ülke piyasalara müdahaleci olmayan ve serbestlik gösteren politikaları benimseyerek ticaret politikalarını yeniden düzenlemiştir.

Ülkelerin yürüttükleri liberal ekonomi politikaları ile ticari açıklık meydana gelir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler çeşitli sebeplerle ekonomilerini hem ticari hem de finansal bakımdan serbestleştirme politikaları izlemektedirler. Söz konusu sebepler arasında bu ülkelerin üretim seviyelerini üst noktaya taşıma, eksiksiz bir istihdam alanına kavuşma, döviz kuru riskinden kaçınma istekleri vb. sayılabilir.

Görüldüğü üzere ticari açıklığa yönelik uygulanan politikalar olumlu sonuçlar verebileceği gibi olumsuz ve istenmeyen sonuçlarla karşılaşmamıza sebep olabilir. Bu durumda hem ülkelerin ekonomik düzeyleri hem de küresel değişim ve gelişmeleri göznünde bulundurulmalıdır.

3.8. Çevre Politikalarında Ticari Açıklık

Çevre politikaları toplumların sağlıklı çevre koşulları altında yaşamlarını idâme ettirebilmesine yardımcı olmak ve doğal yapının korunmasını sağlamak için vardır. Bu yüzden çevre politikaları kapsamında hem mevcut olan yaşam kalitesini korumak ve iyileştirmek hem de gelecekteki yaşam kalitesini arttırmak için birtakım önlemler alınır. Çünkü çevresel sorunlar küreseldir. Bir ülkede meydana gelen nükleer kaza ve radyasyon sızıntısı, tanker kazalarıyla yayılan petrol sızıntıları, kaliteli yakıt kullanımına önem vermeyen büyük bir metropolün neden olduğu hava kirliliği rahatlıkla ulusal sınırların dışına çıkabilmektedir.

Ticari açıklığın gelir kaynaklı kirliliğe sebep olması Sanayi Devrimi’nden beri devamlı artış gösteren çevresel bozulma ile açıklanmıştır (Çoban ve Özkan 2022: 482).

Ekonomi büyüyen ölçekte yer alır. Bu yüzden olacaktır ki ekonomik kalkınma sürecinin ilk basamaklarında çevre artan bir biçimde bozulma göstermektedir. Bununla birlikte ekonomik kalkınmayla beraber eşit gelir seviyesine gelindiği vakit daha yüksek gelirli çevre dostu teknolojilerde ilerleme görülürken kamu tercihleri de çevre dostu politikalara eğilimlerini arttırmaktadır. Bunlara bağlı olarak çevresel kalitenin de iyileştiği gözlemlenir (Koçak, 2017: 257).

Gelişmekte olan ülkelerde sermaye kıt bir kaynaktır. Bu ülkelerin teknolojik gelişme seviyeleri ise yetersizdir. Uluslararası ticarete açılan ülke bu kanallar aracılığıyla daha çok yabancı sermaye, nitelikli işgücü, know-how ve teknoloji çekerek, mevcut endüstrilerini modernize edebilir, enerji yoğunluğunun düşük olduğu son teknoloji ile donatılmış yeni fabrikalar kurabilir. Ülkelerin genel endüstrileşme görünümünde meydana gelen böylesine bir yapısal değişim, kirletici ağır sanayiler (demir-çelik, kömür) yerine çevre dostu temiz enerjilerin kullanıldığı, daha yüksek katma değerli ileri sanayilerin gelişmesine yardımcı olacaktır. Bu yönde bir yapısal dönüşümü ülkelerin kendi içsel dinamizmi ile yakalaması uzun yıllar alabilir. Ama dışa açıklık bu sürecin hızlamasını sağlayacaktır.

Dış ticaret ve çevre ilişkisi 1990'lı yılların başından beri en önemli tartışılan konular arasında yer almıştır. 1970'li yıllardan beri dünya doğal zenginliğinin %30'nun kaybedildiği gözlemlenmiştir. Bu durumu azaltmanın ve dış ticarete daha güçlü konuma gelmenin yolu da temiz enerjinin kullanılması yönündedir (Seymen, 2005: 109).

4. BÖLÜM

4. YENİLENEBİLİR ENERJİ VE ULUSLARARASI TİCARETİN ÇEVRESEL ETKİLERİNİN KARBON AYAK İZİ ÜZERİNDEN AMPİRİK OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

4.1. Literatür Taraması

Yenilenebilir enerji üzerine yapılan çalışmaların son yıllarda artmasıyla birlikte literatüre oldukça katkı sağlanmıştır. Yenilenebilir enerji, ticari açıklık ve çevresel etkileri arasındaki ilişki çeşitli çalışmalar kapsamında vektör hata düzeltme modeli, regresyon analizi, panel veri analizi, panel birim kök testleri, VAR, Granger nedensellik analizi gibi testleri ile incelenmiştir. Bu çalışmalar yapılırken birçok farklı değişkenler kullanılmıştır. Bu kısımda araştırmanın niteliğine uygun olarak yapılan çalışmalar sırasıyla ele alınacaktır.

4.1.1. Ticari Açıklık ve Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Managi (2004), serbest ticaretin çevre için zararlı mı yoksa yararlı mı olduğu şeklindeki ampirik soruya cevap bulmak için 1960-1999 yılları arasında 63 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler açısından kapsamlı bir panel veri yöntemi kullanılarak araştırma yapmıştır. Ticaretin serbestleştirilmesinin CO₂ düzeyine etkisi analiz edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda ticari açıklıktaki %1'lik bir artışın, CO₂ %0,579 arttırdığı tespit edilmiş ve ticaretin çevreyi olumsuz yönde etkilediği sonucuna varılmıştır.

Al-mulali (2012), Suudi Arabistan, Suriye, BAE, Katar, Kuveyt, İran, Bahreyn, Lübnan, Mısır, Umman, Ürdün ve Yemen olmak üzere 12 Orta Doğu ülkesinde CO₂ emisyonunu etkileyen başlıca faktörleri 1990-2009 yıllarına ait verileri panel veri modelini kullanarak incelemiştir. Sonuçlar, toplam birincil enerji tüketiminin, doğrudan yabancı yatırım net girişlerinin, GSYİH'nın ve toplam ticaretin, CO₂ emisyonunu artırmada önemli faktörler olduğunu göstermiştir. Ayrıca toplam ticaretin CO₂ emisyonunu artırdığı kanısına ulaşılmış ve çevre korumasını artırmak için ticaretle ilgili önlem ve politikaların benimsenmesi gerektiğini vurgulamıştır.

Al-Mulali ve Ozturk (2015), MENA bölgesinde çevresel bozulmaya neden olan olayları incelemek için çalışma yapmışlardır. Gösterge olarak ekolojik ayak izini kullanan çevresel bozulmayı temsil eden bir panel modeli oluşturarak 1996-2012 döneminde seçilmiş

MENA ülkelerini baz almışlardır. Pedroni eşbütünleşme testinin sonuçlarına göre ekolojik ayak izi, kentleşme, enerji tüketimi, ticari açıklık, endüstriyel gelişme ve siyasi istikrarın eşbütünleşik olduğu görülmüştür. Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (FMOLS) sonuçlarına göre ise enerji tüketimi, kentleşme, ticari açıklık ve endüstriyel gelişmenin çevresel zararı arttırdığı görülmüştür. Siyasi istikrarın ise bu zararı uzun vadede azalttığı tespit edilmiştir. Ek olarak da Granger nedensellik testi yapılmıştır. Kullanılan değişkenlerin ekolojik ayak izini hem kısa ve hem de uzun dönemde nedensellik olarak etkilediği görülmüştür.

Ho ve Iyke (2019), 17 Orta ve Orta ve Doğu Avrupa ülkelerinde ticari açıklığın CO₂ emisyonu üzerindeki etkilerini 1994-2014 dönemi için ticari açıklığın bir bileşik ticaret payı ölçüsünü kullanarak incelemişlerdir. Bunun sonucunda CO₂ emisyonunun uzun vadede ticari açıklıkla ilişkili olduğunu tespit edilmiştir.

Musah vd. (2021), Pakistan, Türkiye, Nijerya, Mısır, Endonezya, Malezya, İran ve Bangladeş olmak üzere D8 (Gelişen Sekiz Ülke) ülkelerinin ticari açıklık ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1990-2016 dönemini içeren dengesiz bir panel veri setiyle araştırmışlardır. Edinilen bulgular sonucunda ticari açıklığın CO₂ emisyonlarını arttırdığı görülmüştür. Nedensellik bağlantılarında ise ticari açıklık ve CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğu saptanmıştır.

4.1.2. Karbon Emisyonları, Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Apergis vd. (2010), 19 gelişmiş ve gelişmekte olan ülke grupları için CO₂ emisyonları, yenilenebilir enerji tüketimi, nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini 1984-2007 dönemi verileri ile panel hata düzeltme modelini kullanarak incelemişlerdir. Uzun vadede CO₂ emisyonları ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki tespit edilmiştir. Nedensellik ilişkisi sonucu kısa vadede ise yenilenebilir enerji tüketiminin emisyonlardaki azalmaya katkıda bulunmadığı görülmüştür.

Omri (2013), BAE, Ürdün, Kuveyt, Lübnan, Fas, Cezayir, Suudi Arabistan, Suriye, Bahreyn, Mısır, İran, Katar, Tunus ve Umman olmak üzere 14 MENA ülkesinin kirletici emisyonlar, enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi 1990-2011 yıllarına ait panel verilerine dayanan Cobb-Douglas üretim fonksiyonunu kullanarak incelemişlerdir.

Çalışma sonucunda enerji tüketiminden CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü olarak bir nedensellik ilişkisi olduğu tespit edilmiştir.

Jebli ve Youssef (2015), Tunus'un kişi başına CO₂ salınımı, GSYİH, yenilenebilir ve yenilenemeyen enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1980-2009 dönemlerine ait verileri baz alarak Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modeli (ARDL) sınır testi, Vektör Hata Düzeltme Modeli (VECM) ve Granger nedensellik yöntemlerini kullanarak araştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda kısa dönemde GSYİH, CO₂ salınımı ve yenilenemeyen enerjiden yenilenebilir enerjiye tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Uzun vadede ise yenilenemeyen enerjinin CO₂ salınımı üzerinde etkili olduğu ve yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salınımını azalttığı görülmüştür.

4.1.3. Enerji Kaynakları ile Karbon Emisyonları Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Al-mulali ve Sheau-Ting (2014), Amerika, Asya Pasifik, Batı Avrupa, Sahra Altı Afrika, Doğu Avrupa, Kuzey Afrika ve Orta Doğu ve bölgelerinden 189 ülke seçerek, ticaret-CO₂ emisyonu, ihracat-CO₂ emisyonu, ticaret-enerji tüketimi, ihracat-enerji tüketimi, ithalat-enerji tüketimi ve ithalat-CO₂ emisyonu arasındaki çift yönlü ilişkiyi panel FMOLS yöntemi ile 1990-2011 dönemini kapsayan verileri kullanarak araştırmışlardır. Yapılan analizler sonucunda Doğu Avrupa bölgesine ait ülkelerde negatif bir ilişki tespit edilirken diğer tüm bölgelere ait ülkelerde ise uzun dönemde pozitif bir ilişki saptanmıştır.

Shafiei ve Salim (2014), OECD ülkelerinin CO₂ emisyonlarının belirleyicilerini ortaya çıkarmak amacıyla yenilenebilir enerji tüketimi, yenilenemez enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi 1980-2011 dönemine ait verilerini STIRPAT modelini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan çalışma sonucunda yenilenemez enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını artırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonlarını azalttığı görülmüştür.

Farhani ve Shahbaz (2014), Fas, Sudan, Cezayir, İran, İsrail, Ürdün, Mısır, Tunus, Suriye ve Türkiye olmak üzere seçilmiş MENA ülkeleri için yenilenebilir ve yenilenemez elektrik tüketimi, çıktı ve CO₂ emisyonları arasındaki nedensellik ilişkisini 1980-2009 dönemine ait verileri FMOLS ve Dinamik En Küçük Kareler (DOLS) paneli yöntemlerini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan analiz sonucunda kısa vadede yenilenebilir-yenilenemez elektrik tüketimi ve çıktısından CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi

görülmüş; uzun vadede ise yenilenebilir-yenilenemez elektrik tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Wang ve Zhao (2015), Çin'de enerjiyle ilgili faktörlerin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini incelemek için bir STIRPAT (nüfus, refah ve teknoloji üzerindeki regresyon yoluyla stokastik etkiler) modelini kullanarak mekânsal panel modeli ile araştırmışlardır. Kısmi En Küçük Kare (PLS) yöntemini kullanarak Çin'in üç farklı gelir bölgesinde CO₂ emisyonlarını etkileyen itici faktörlerin bir analizini yapılarak Çin'de eyalet başına düşen CO₂ emisyonlarının yayılma etkileri test edilmiştir. Yapılan çalışmalar ile kişi başına düşen GSYİH, enerji yoğunluğu, endüstriyel yapı ve şehirleşmenin CO₂ emisyonları üzerinde olumlu ve anlamlı etkileri olduğu; nüfus katsayısının ise anlamlı etkileri olmadığı tespit edilmiştir. Edinilen sonuçlar neticesinde ticaret büyümesinin CO₂ emisyonlarındaki artışın olumlu itici güçlerden biri olduğu ve az gelişmiş bölgelerde ticaretin etkisinin gelişmekte olan ve gelişmiş bölgelere göre daha büyük olduğu görülmüştür.

Zaidi vd. (2018), Pakistan'daki CO₂ emisyonlarında yenilenebilir enerji tüketimi ve yenilenemez enerji tüketiminin rollerini analiz etmek için 1970-2016 dönemine ait verileri ARDL modeli kullanarak incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda Pakistan'daki yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerindeki etkisinin çok düşük olduğu tespit edilmiştir.

4.1.4. Yenilenebilir Enerji Kaynakları, Karbon Emisyonları ve Ticari Açıklık İlişkisini İnceleyen Çalışmalar

Sulaiman vd. (2013), Malezya'daki CO₂ emisyonunun ve küresel ısınmaya yol açan sera gazı emisyonlarının etkisini azaltmada yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyelini araştırmak için yenilenebilir enerji kaynakları ile üretilen elektriğin çevre ve ticari açıklık üzerindeki etkisi Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi kapsamında 1980-2009 dönemi verilerini baz alarak araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda yenilenebilir kaynaklardan elektrik üretiminin CO₂ emisyonlarına göre esnekliklerinin hem kısa hem de uzun vade de negatif olduğu tespit edilmiş, ticari açıklığın ise uzun vade de CO₂ emisyonları üzerinde olumsuz bir etkiye sebep olduğu görülmüştür.

Sebri ve Ben-Salha (2014), BRICS (Brezilya, Rusya, Hindistan, Çin ve Güney Afrika Cumhuriyeti) ülkelerinde yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiler 1971-2010 dönemine ait veriler baz alınarak

ARDL sınır testi yaklaşımı ve VECM uzun vadeli ve nedensellik ilişkilerini incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tespit edilmiş; yenilenebilir enerji tüketimini teşvik etmede ticari açıklık ve CO₂ emisyonlarının önemli bir etkisi olduğu kanıtlanmıştır.

Jabeen (2015), Pakistan için ticaret, gelir artışı, enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi Johansen'in Eşbütünleşme prosedürü, Eşbütünleşik Vektör Otoregresif modelinin katsayılarını kullanarak incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda CO₂ emisyonları, ticarete açıklık ve enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu görülmüş ve CO₂ emisyonlarının enerji tüketimi ile arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Ayrıca enerji tüketiminin çevre üzerinde olumsuz, ticaretin ise çevre üzerinde olumlu bir etki bıraktığı tespit edilmiştir.

Rafiq vd. (2016), yükselen 22 ülkeden oluşan bir panelde nüfus, refah, kentleşme ve ticaretin serbestleştirilmesinin CO₂ emisyonları ve enerji yoğunluğu üzerindeki etkisini 1980-2010 yıllarına ait verilerle hem doğrusal hem de doğrusal olmayan panel veri modelleme tekniklerini kullanarak analiz etmişlerdir. Yapılan analizler sonucunda nüfus ve refahın, CO₂ emisyonları ve enerji yoğunluğunu artırırken, yenilenebilir enerjinin atıl durumda olduğunu görülmüştür. Ayrıca ticari açıklığının CO₂ emisyonlarını ve enerji yoğunluğunu önemli boyutta azalttığı tespit edilmiştir.

Shahbaz vd. (2017), Pakistan'da CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, ticari açıklık ve finansal gelişme arasındaki ilişkiyi 1971-2011 yıllarını kapsayan verileri, zaman serisi ve ARDL sınır testini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda uzun vadede ticari açıklıktaki %1'lik artışın CO₂ emisyonunu %0.165 oranında artırdığı; kısa vade de ise %0.087 oranında arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca Granger nedensellik testi sonuçlarına göre de enerji tüketimden ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Ansari vd. (2020), ekonomik büyümenin, uluslararası ticaretin ve enerji tüketiminin küresel CO₂ emisyonları üzerindeki etkisini ve Çevresel Kuznets Eğrisinin geçerliliğini en çok CO₂ yayıcıları olan ABD (Amerika Birleşik Devletleri), Avustralya, Japonya, Kanada, İngiltere, İtalya, İspanya, İran, Fransa ve Suudi Arabistan ülkelerinin 1971-2013 dönemi verileri ile zaman serisi yöntemini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda

ABD, Avustralya, İran, Suudi Arabistan, Kanada, İtalya, İngiltere Fransa ve İspanya’da CO₂ emisyonları ile belirleyicileri arasında CO₂ ana belirleyicisinin enerji tüketimi olduğu görülmüş ve aralarında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir. ABD, Kanada, İran, Suudi Arabistan ve İngiltere’de CO₂ emisyonları ile enerji tüketimi arasında ise uzun vadede çift yönlü bir nedensellik ilişkisine rastlanmıştır. Ayrıca ABD, Kanada, İran ve Fransa’da ekonomik büyümeden ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisini olduğu görülmüş ve Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi yalnızca ABD için doğrulanmıştır.

4.1.5. Ekonomik Büyüme, Ticari Açıklık ve Enerji Tüketimi Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Sadorsky (2011), Bahreyn, BAE, İran, Ürdün, Suudi Arabistan, Suriye, Umman ve Katar olmak üzere seçilmiş Orta Doğu ülkelerinde ticaretin enerji tüketimi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla 1980-2007 dönemine ait veriler panel eşbütünleşme veri tahmin teknikleri kullanılarak incelemiştir. Kısa vadede ihracattan enerji tüketimine doğru nedensellik ilişkisi görülürken, enerjiden ihracata doğru nedensellik ilişkisi bulunamamıştır. Bu, ihracatı teşvik politikalarının enerji talebini etkileyeceği, ancak enerji tasarrufu politikalarının ihracattaki büyümeyi etkilemeyeceği anlamına gelir. Kısa vadeli nedensellik testleri, ithalat ve enerji tüketimi arasındaki ilişkinin çift yönlü olduğunu göstermektedir. FMOLS'den tahmin edilen uzun dönem esneklikler ise ihracattaki yüzde birlik artışın enerji tüketimini yüzde 0.11, ithalattaki yüzde birlik artışın ise enerji tüketimini %0.04 arttırdığı tespit edilmiştir. Kısa ve uzun vadede elde edilen bu sonuçlar, artan ticaret hacminin enerji talebini etkilediğini ortaya koymuştur.

Ozturk ve Acaravci (2013), 1960-2007 döneminde Türkiye için ARDL sınır testi, VECM ve Granger nedensellik yöntemini kullanarak enerji tüketimi, ticari açıklık, finansal gelişme, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Sonuçlar ekonomik büyümenin, enerji tüketiminin ve ticari açıklığın uzun vadede CO₂ emisyonlarını olumlu etkilediğini göstermiş; enerji tüketimi ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonlarına doğru çift yönlü bir nedensellik saptanmıştır.

Nasreen ve Anwar (2014), Japonya, Çin, Pakistan, Hindistan, Endonezya, İran, Kore, Malezya, Nepal, Filipinler, Sri Lanka, Ürdün, Tayland ve Vietnam olmak üzere seçilmiş Asya ülkelerinin ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji tüketimi arasındaki

nedensellik ilişkisini 1980-2011 dönemine ait verileri kullanarak araştırmışlardır. Araştırmada Panel Eşbütünleşme ve nedensellik yaklaşımları kullanılmıştır. Yapılan analizler ticari açıklığın ve ekonomik büyümenin enerji tüketimi üzerinde pozitif bir etki yarattığını göstermiştir. Ayrıca enerji tüketimi ile ekonomik büyüme, ticari açıklık ve enerji üretimi arasındaki çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

Özçağ (2015), Türkiye'nin enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticari dış açıklık arasındaki ilişki incelenmiştir. Değişler arasındaki ilişki 1960-2013 dönemi verileri baz alınarak Augmented Dickey-Fuller (ADF) birim kök ve ADRL eşbütünleşme testlerini kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda dış açıklık ile enerji tüketimi arasındaki ilişki anlamsız olarak çıkmıştır.

Tiba vd. (2016), seçilmiş 24 orta ve yüksek gelirli ülkelerin yenilenebilir enerji, çevre, dış ticaret ve büyüme arasındaki ilişkiyi eş zamanlı denklem paneli veri modellerini kullanarak 1990-2011 dönemlerine ait verileri baz alarak incelemişlerdir. Analiz sonucunda yüksek gelirli ülkeler için yenilenebilir enerji ile büyüme arasında, CO₂ emisyonları ile ekonomik büyüme arasında dış ticaret ile büyüme arasında ve yenilenebilir enerji arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken; dış ticaret ile yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonları ile ticaret arasında tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Orta gelirli ülkeler için ise yenilenebilir enerji ile büyüme arasında, CO₂ emisyonları ile büyüme arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken, yenilenebilir enerjiden CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır.

4.1.6. Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Karbondioksit Salınımı Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Leitao (2014), ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve küreselleşme arasındaki ilişkiyi Portekiz için 1970-2010 dönemini kapsayan veriler ile En Küçük Kareler, Genelleştirilmiş Moment Yöntemi (GMM), Granger nedensellik ve VECM yöntemleri ile incelemiştir. Yapılan incelmeler sonucunda, küreselleşmenin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğu tespit edilmiş; yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Akay vd. (2015), Tunus, Lübnan, Fas, İsrail, İran, Irak, Cezayir, Mısır ve Türkiye olmak üzere seçilmiş MENA ülkesi için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki dinamik ve nedensellik ilişkinin varlığı 1988-2010 yıllarını

kapsayan verileri kullanarak Panel nedensellik ve Panel VAR yöntemiyle incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi; CO₂ emisyonundan yenilenebilir enerjiye doğru ve büyümeden CO₂ emisyonuna doğru ise tek yönlü nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ salınımını üzerinde olumlu (azaltıcı) bir etki yarattığı da görülmüştür.

Farhani (2015), BAE, İran, İsrail, Cezayir, Kıbrıs, Mısır, Kuveyt, Fas, Umman, Ürdün, Suudi Arabistan, Sudan, Suriye, Türkiye ve Tunus olmak üzere seçilmiş olan MENA ülkeleri için ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ salınımı arasındaki nedensellik ilişkisini 1975-2008 dönemini kapsayan verileri Panel Eşbütünleşme tekniğini kullanarak incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda, kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂ salınımına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Uzun dönemde ise CO₂ salınımı ve ekonomik büyümeden yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Lebe (2016), Türkiye'nin Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi geçerliğini ölçmek amacıyla enerji tüketimi, CO₂ emisyonunu, finansal gelişme ve ticari dışa açıklık verilerini 1960-2010 yılları için ARDL sınır testi ve Granger nedensellik testi ile incelemiştir. Yapılan analizler sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye için geçerli olduğu kanıtlanmış; enerji tüketiminin ve ticari dışa açıklığın CO₂ emisyonunu pozitif yönde etkilediği yani arttırdığı görülmüştür. Uzun dönemde ise dışa açıklıktan CO₂ emisyonuna ve enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Spetan (2016), Ürdün'de yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ salınımı ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini 1986-2012 dönemlerine ait veriler ile eşbütünleşme testi ve Panel Vektör Hata Düzeltme (PVECM) yöntemlerini kullanarak araştırmıştır. Ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji tüketimi arasında uzun dönemli bir denge ilişkisinin olduğuna ve yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasında kısa dönemde tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu sonucuna varılmıştır.

Dogan ve Seker (2016), Avrupa Birliği için yenilenemez ve yenilenebilir enerji, reel gelir ve ticari açıklığın CO₂ emisyonları üzerindeki etkilerini 1980-2012 dönemi için Çevresel Kuznets Eğrisi modelinde yatay kesit bağımlılığına dayanlı panel tahmin teknikleri, DOLS tahmincisini ve Dumitrescu-Hurlin yaklaşımını kullanarak incelemişlerdir.

Yapılan analizler yenilenebilir enerji ve ticaretin CO₂ emisyonlarını azalttığı, yenilenemez enerjinin ise CO₂ emisyonlarını artırdığını göstererek Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin doğruluğu kanıtlanmıştır. Yenilenebilir enerji ve CO₂ emisyonları arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Gerçek gelirden CO₂ emisyonlarına, ticarete açıklıktan CO₂ emisyonlarına ve CO₂ emisyonlarından yenilenemez enerjiye doğru ise tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Bilgili vd. (2016), Amerika, Avustralya, Avusturya, Fransa, Danimarka, Finlandiya, Hollanda, İsveç, İtalya, Belçika, Kanada, Lüksemburg, Yeni Zelanda, Yunanistan, Norveç, Portekiz ve Türkiye olmak üzere 17 OECD ülkesi için yenilenebilir enerji tüketiminin çevresel kalite üzerindeki potansiyel etkisini Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini ele alarak 1977-2010 dönemini kapsayan verileri kullanarak incelemiştir. Kısacası çalışma çevresel kalite (CO₂ emisyonları açısından), kişi başına düşen gelir ve kişi başına gelir arasında ters U şeklinde bir ilişki olup olmadığını gözlemlemek için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezini analiz etmiştir. Yapılan analiz sonucunda Çevresel Kuznets Eğrisi modelinde yenilenebilir enerjiden CO₂ emisyonlarına doğru negatif bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Acaravcı ve Erdoğan (2017), yenilenebilir enerji üretimi açısından dünyanın ilk beş ülkesi arasında sayılan Amerika, Brezilya, Çin, Kanada ve Rusya için yenilenebilir enerji üretimi, çevre kirliliği ve gelir arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Bu çalışma 1992-2013 döneminin verilerini kapsayan DOLS panel veri yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji üretiminin, çevre kirliliği üzerinde olumsuz etkiye; kişi başı gelirin ise çevre kirliliği üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür.

Zhang vd. (2017), Brezilya, Çin, Filipinler, Güney Afrika, Hindistan, Meksika, Malezya, Endonezya, Tayland ve Türkiye olmak üzere 10 yeni sanayileşmiş ülke için Çevresel Kuznets eğrisinin geçerliliğini incelemekte ve ticari açıklığın CO₂ emisyonlarını, reel GSYİH ve toplam birincil enerji tüketimi ile birlikte nasıl etkilediğini 1971-2013 dönemini baz alarak araştırmışlardır. Edinilen bulgular Çevresel Kusntezs Eğrisinin varlığını desteklemiş; ticari açıklığın CO₂ emisyonları olumsuz yönde etkilediği bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca, kısa vadede enerji tüketiminden CO₂ emisyonlarına ve ticari açıklıktan enerji tüketimine doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Cetin vd. (2018), Türkiye için ticari açıklığı kullanarak Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini araştırmışlardır. Enerji tüketimi, ticari açıklık,

ekonomik büyüme, finansal gelişme ve CO₂ emisyonları değişkenlerini 1960-2013 dönemine ait zaman serisi verileri ile Lee ve Strazicich testi ve Granger testleri ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, Genişletilmiş Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin Türkiye'de geçerli olduğunu ve ticari açıklığın CO₂ emisyonları üzerinde pozitif bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Enerji tüketimi ve ticari açıklıktan CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Yapılan analiz ile hipotezin Türkiye için hem uzun hem de kısa vadede geçerli olduğunu kanıtlanmıştır.

Rasoulinezhad ve Saboori (2018), Azerbaycan, Beyaz Rusya, Ermenistan, Gürcistan, Kazakistan, Kırgızistan, Moldova, Rusya, Tacikistan, Türkmenistan, Ukrayna ve Özbekistan olmak üzere seçilen BDT bölgesi için 1992-2015 dönemine ait ekonomik büyüme, enerji tüketimi, CO₂ emisyonları, finansal açıklık ve ticari açıklık arasındaki ilişkiyi panel birim kök testi, panel eşbütünleşme tahmin yöntemleri (DOLS ve FMOLS) ve nedensellik testlerini kullanarak incelemişlerdir. Edinilen bulgularda ticari açıklıktan CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Kaygısız (2018), Türkiye'de Çevresel Kuznets Eğrisi teorisinin geçerli olup olmadığını test etmek için yapmıştır. Bu kapsamda 1968-2015 dönemi yıllık verileri baz alınarak Johansen Eşbütünleşme ve Hata Düzeltme analizleri kullanılmıştır. Çalışmaya ticari açıklık ve enerji kullanımı değişkenleri de eklenerek çevre kirliliği üzerindeki tepkileri incelenmiştir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki tespit edilmiştir. Ancak Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliği doğrulanamamıştır. Enerji tüketimi ve ticari açıklık oranının, CO₂ emisyonunu olumlu yönde etkilediği görülmüştür. Ticari açıklık oranı ile CO₂ emisyonu arasında da pozitif bir ilişki tespit edilmiştir. Bunun sonucunda da uluslararası ticaretin ülkenin çevre kalitesini olumsuz yönde etkilediği yargısına ulaşılmıştır.

Yıldırım (2019), Türkiye için kişi başına gelir, CO₂ emisyonu ve kişi başına enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1961-2014 dönemi verilerini baz alarak Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) Birim kök testi, Engle-Granger Eşbütünleşme testi ve VECM yöntemleriyle incelemiştir. Analiz sonucunda enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu saptanmıştır.

Canbay (2019), Türkiye'nin iktisadi büyüme ve yenilenebilir enerji kullanımının çevre kirliliği üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yapmıştır. 1990-2016 yıllarına ait veriler ARDL sınır testi ile analiz edilmiştir. Sonuçlara göre değişkenler arasında

eşbütünleşme ilişkisi görülmüştür. Hem kısa hem de uzun dönemde iktisadi büyümenin CO₂ emisyon miktarını arttırdığı, yenilenebilir enerji tüketiminin ise bu miktarı azalttığı tespit edilmiştir.

Yücesan vd. (2019), Türkiye, Mısır, İran, Cezayir, Lübnan, Irak, Tunus ve Ürdün olmak üzere seçilmiş MENA ülkelerinin ekonomik büyüme ve enerji tüketiminin CO₂ emisyonları üzerinde nasıl bir etki yaratacağını araştırmışlardır. 1988-2014 dönemine ait veriler kullanılarak panel veri analiz yöntemiyle çalışılmıştır. Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ile CO₂ emisyonları arasında uzun dönemli bir ilişki olduğu tesit edilerek; enerji tüketiminin CO₂ emisyon miktarını arttırdığı, ekonomik büyümenin ise CO₂ emisyonlarını azalttığı görülmüştür. Enerji tüketiminden CO₂ emisyonuna doğru ise tek yönlü bir nedensellik saptanmıştır.

Nathaniel ve Iheonu (2019), Mozambik, Cezayir, Demokratik Kongo Cumhuriyeti, Nijerya, Kongo Cumhuriyeti, Mısır, Benin, Gana, Kenya, Fildişi Sahili, Fas, Botsvana, Senegal, Gabon, Güney Afrika, Sudan, Togo, Kamerun ve Tunus olmak üzere seçilmiş Afrika ülkelerinin CO₂ azaltımı üzerinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin önemini araştırmak amacıyla yapmışlardır. 1990-2014 dönemi panel veri Genişletilmiş Ortalama Grup tahmincisi (AMG) tahmin tekniğini kullanılarak analiz edilmiştir. Analiz sonucunda değişkenlerin yenilenebilir enerji tüketiminin Afrika'da CO₂ emisyonlarını önemsiz ölçüde engellediğini, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonlarını önemli ölçüde artırdığını tespit edilmiştir. Nedensellik bağlamında ise yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminden CO₂ emisyonlarına doğru tek yönlü bir nedensellik görülmüştür.

Razmi vd. (2020), İran'da yenilenebilir enerji tüketimi ile GSYH arasındaki ilişkiyi ölçmek için yapmışlardır. 1990-2014 dönemine ait verileri ARDL yaklaşımı ile analiz etmişlerdir. Edinilen bulgular, yenilenebilir enerji tüketiminin hem kısa hem de uzun dönemde GSYH'yı pozitif yönde etkilediği göstermiştir.

Sun vd. (2020), Sahra Altı Afrika ülkelerinde CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticari açıklık arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapmışlardır. 1990-2014 dönemlerine ait verileri bir panel eşbütünleşme modeli kullanılarak analiz edilmiştir. Yapılan analizler ile CO₂ emisyonları, enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve ticari açıklık arasında uzun vadeli bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır. Ayrıca ticari açıklık

için kare terimi kullanan panelde Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğinde de olumsuz bir etki yarattığına ve buna bağlı olarak da uzun vadede ticaretin çevre kirliliğini azaltıcı yönde bir etkide bulunabileceği görülmüştür.

Nathaniel vd. (2020), MENA ülkelerinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin çevre üzerindeki etkisini, kentleşme, finansal gelişme ve ekonomik büyüme ile arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. 1990-2016 dönemine ait veriler Artırılmış Ortalama Grup Algoritmasını yöntemiyle analiz edilmiştir. Kentleşme, finansal gelişme ve ekonomik büyümenin çevresel bozulmaya etkide bulunduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerjinin çevresel kaliteye anlamlı bir katkıda bulunmadığını, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise çevresel bozulmaya etkisi olduğu tespit edilmiştir. Kentleşme, ekonomik büyüme ve enerji tüketiminden çevresel bozulmaya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi saptanmıştır.

Karabulut ve Koyuncu (2020), Cezayir, Mısır, İran, Irak, Ürdün, Lübnan, Fas, Suudi Arabistan, Tunus, Yemen ve BAE olmak üzere seçilmiş bazı MENA ülkelerinin ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonları arasındaki ilişkiyi incelemek amacıyla yapmışlardır. Çalışmada 1992-2014 dönemleri için panel veri analiz yöntemi kullanılmıştır. Penroni Eşbütünleşme testi ve Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Değişkenler arasında tek yönlü bir ilişkinin olduğu tespit edilmiştir.

Ikpurı ve Maku (2020), Cezayir, Fas, İran, İsrail, Mısır, Ürdün, Lübnan ve Tunus olmak üzere seçilmiş bazı MENA ülkesinden oluşan bir ülke grubu için yenilenebilir enerji, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisini incelemişlerdir. Çalışma 1990-2018 dönemini verileri ile panel birim kök testi, eşbütünleşme testi ve FMOLS-DOLS testi ile analiz edilmiştir. Mısır'da CO₂ emisyonu ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında pozitif ve anlamlı bir ilişki görülmüş, Ürdün ve Tunus'da negatif ve anlamlı bir ilişki saptanmıştır. Cezayir, İran, İsrail ve Ürdün gibi ülkeler için ise CO₂ emisyonun yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğu görülmüştür.

4.1.7. Ekolojik Ayak İzi, Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Ticari Açıklık Arasındaki İlişkiyi İnceleyen Çalışmalar

Al-mulali vd. (2016), 58 gelişmiş ve gelişmekte olan ülkede yenilenebilir enerji üretiminin su ve toprak ayak izi üzerindeki etkisini araştırmak için 1980-2009 dönemini kapayan bir çalışma yapmışlardır. Ekolojik ayak izi bir gösterge olarak kullanılarak, sabit

etkiler, fark ve sistem GMM yaklaşımları kullanılmış ve ampirik sonuçlarda güvenilirliğini kontrol etmek için sekiz farklı model oluşturulmuştur. Yapılan analizler ile farklı yöntem ve modellerin kullanılmasına rağmen bütün sonuçlar aynı çıkmış, GSYİH büyümesi, kentleşme ve ticaret açıklığı su ve toprak ayak izini artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca yenilenebilir enerji üretimi, ekolojik ayak izi üzerindeki olumlu etkisi nedeniyle su ve arazi verimsizliğini artığı belirtilmiştir. Bunların yanı sıra, GSYİH karesine dayalı olarak, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin mevcut olmadığı, yenilenebilir enerji üretiminin karesinin ise gelecekte yenilenebilir enerji üretiminin su ve arazi ayak izini artırmaya devam edeceğini gösteren sonuçlara varılmıştır.

Charfeddine (2017), Katar'ın enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmak için 1970-2015 dönemine ait veriler Markov Anahtarlamalı Denge Düzeltme Modelini kullanmıştır. Sonuçlar Çevresel Kuznets eğrisi hipotezinin CO₂ emisyonları ve ekolojik ayak izi kirleticileri için ve U-şekilli davranışın toplam ekolojik ayak izi için geçerli olduğu görülmüştür. Yapılan analizler sonucunda ticari açıklığın ekolojik ayak izini olumsuz olarak arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca ekolojik ayak izi ile CO₂ emisyonu arasında negatif ilişkili, CO₂ emisyonu ile enerji tüketimi arasında ise pozitif ilişki görülmüştür.

Uddin vd. (2017), Amerika, Avustralya, Avusturya, Çin, Brezilya, İsveç, İsviçre, Belçika, Kanada, Kıbrıs, Danimarka, Fransa, Almanya, İtalya, Japonya, Meksika, Nijerya, Filipinler, Hindistan, Endonezya, Güney Kore, Sri Lanka, Tayland, Tunus, Türkiye, İngiltere ve Vietnam olmak üzere seçilmiş yüksek emisyonlu 27 ülkenin ekonomik büyüme, finansal gelişme ve ekolojik ayak izi üzerinde ticari açıklık arasındaki uzun vadeli tahminler için 1991–2012 dönemine DOLS yöntemini uygulamışlardır. Edinilen bulgular reel gelirin ekolojik ayak izini pozitif ve anlamlı, ticari açıklığın ise negatif ve önemsiz yönde etkilediğini göstermiştir.

Nathaniel vd. (2019), Güney Afrika için kentleşme, ekolojik ayak izi ve enerji tüketimi arasındaki ilişkiyi 1965-2014 dönemini kapsayan veriler üzerinden ARDL tahmin tekniğini ve Granger nedensellik analizini uygulayarak açıklamışlardır. Ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine ve enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir.

Ibrahiem ve Hanafy (2020), Mısır'da ekolojik ayak izleri, ekonomik büyüme, küreselleşme, fosil yakıt enerji tüketimi ve nüfus arasındaki uzun vadeli ilişkileri araştırmak için 1971-2014 dönemi ait verileri FMOLS, DOLS yöntemleri ve nedensellik ilişkisi için de Tado-Yamamoto yaklaşımını kullanarak araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda çevrenin bozulma nedeninin reel gelir ve fosil yakıt tüketimi olduğunu, küreselleşme ve nüfusun ise bunu azalttığı bulgusuna ulaşılmıştır. Küreselleşme, nüfus ve fosil yakıt enerji tüketiminden ekolojik ayak izine kadar tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilirken; reel gelir, küreselleşme ve ekolojik ayak izi arasında ise çift yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

Nathaniel vd. (2020), MENA ülkelerinde yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketiminin çevresel etkisini, kentleşme, finansal gelişme ve ekonomik büyüme bağlamında 1990-2016 dönemini baz alarak Artırılmış Ortalama Grup Algoritması ile incelemişlerdir. Değişkenler arasında uzun dönemli bir ilişki saptanmıştır. Finansal gelişme, ekonomik büyüme ve kentleşmenin çevresel bozulmaya sebep olduğu gözlenmiştir. Kentleşme, ekonomik büyüme ve enerji kullanımından çevresel bozulmaya doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Edinilen bulgular örneklenen ülkelerin yaklaşık %84'ünde yenilenebilir enerjinin çevresel kaliteye anlamlı bir katkıda bulunmadığını tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma seçilen ülke grubu için yenilenebilir enerjinin çevresel kaliteye anlamlı bir katkıda bulunmadığını, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise çevresel bozulmaya önemli ölçüde katkı sağladığı ortaya koymuştur.

Sharif vd. (2020), Türkiye'nin yenilenemez ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla 19651-2017 dönemi için nicel otoregresif dağıtılmış gecikme (QARDL) yaklaşımını ile Granger nedensellik testini kullanarak incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda ekolojik ayak izi ile diğer değişkenler arasında pozitif bir korelasyon bulunmuştur. Uzun vadede ise yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izini azalttığı tespit edilmiştir. Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında çift yönlü bir nedensellik saptanmıştır.

Aydın ve Turan (2020), BRICS'in ekonomik büyüme, ticari açıklık, finansal açıklık ve enerji yoğunluğunun ekolojik ayak izi üzerindeki etkisini 1996-2016 dönemi için Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi çerçevesinde incelemişlerdir. Sonuçlar, Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin tüm BRICS ülkelerinde geçerli olmadığını göstermiştir. Enerji yoğunluğunun Rusya dışındaki BRICS ülkelerinde çevresel bozulma için en önemli

değişken olduğu saptanmıştır. Ticari açıklığının Çin ve Hindistan'da çevre kirliliğini azalttığı, Güney Afrika'da ise çevre kirliliğini arttırdığını gözlenmiştir.

Shahzad vd. (2020), ABD'de enerji tüketimi ve ekolojik ayak izi arasındaki ilişkiyi araştırmak 1965-2017 dönemi verileri ile ekonomik karmaşıklık ve fosil yakıt enerjisi kullanımının ekolojik ayak izi üzerindeki doğrusal ve asimetrik etkilerini araştırmışlardır. Analiz için nicel birim kök testi, QARDL ve nicel Granger nedensellik testleri kullanılmıştır. Ekonomik karmaşıklığın ve fosil yakıt enerji tüketiminin ekolojik ayak izini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiş, enerji tüketimi ile ekolojik ayak izi arasında nedensellik tespit edilmiştir.

Liu vd. (2021), Çin'in hane halkı tüketimine bağlı emisyonlarını 1995-2017 dönemine verileri baz alarak incelemişlerdir. Edinilen sonuçlara göre hane halkı tüketiminin CO₂ emisyonlarını artırdığı; yenilenebilir enerji tüketiminin ve teknolojik yeniliklerin ise CO₂ emisyonlarını azalttığı tespit edilmiştir.

Nathaniel vd. (2021a), Bangladeş, Meksika, Nijerya, Pakistan, Filipinler, Güney Kore, Mısır, Endonezya, İran, Türkiye ve Vietnam ülkeleri için çevresel düzenlemelerin ekolojik ayak izleri üzerindeki etkisini 1990-2016 verilerini baz alarak ekonometrik analiz yöntemiyle incelemişlerdir. Seçilmiş ülkelerde mevcut çevre düzenlemelerinin ekolojik ayak izlerini azaltmada etkisiz olduğu görülmüş, artan enerji tüketimi ve ticari dışa açıklığın ekolojik ayak izlerini artırdığı bulgusuna ulaşılmıştır. Ayrıca Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezi de doğrulanmıştır.

Topcu (2021), Türkiye'de 1990-2015 dönemi için ihracat, ithalat ve yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izine etkisini incelemiştir. Augmented Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök testleri uygulanmış; değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkiler Johansen Eşbütünleşme testi ile incelenmiştir. FMOLS, DOLS ve Kanonik Eşbütünleşme Regresyon (CCR) Modelleri ile uzun vadeli esneklik katsayıları tahmin edilmiştir. Yapılan analizler sonucunda değişkenler arasında bir eşbütünleşme ilişkisinin olduğunu görülmüş; yenilenebilir enerji tüketiminin artmasıyla ekolojik ayak izinin alacağı sonucuna varılmıştır.

Nathaniel (2021b), Endonezya'nın enerji kullanımı, kentleşme, ticaret ve ekonomik büyümenin ekolojik ayak izi tarafından yakalanan çevre üzerindeki etkisini 1971-2014 dönemine ait verileri kullanarak incelemiştir. Edinilen bulgular sonucunda kentleşmenin,

ekonomik büyümenin ve enerji tüketiminin çevresel bozulmayı artırdığını, ticareti ise uzun vadede olumsuz etkilediğini tespit edilmiştir. Diğer bulgulara ise ekonomik büyümeden ekolojik ayak izine ve kentleşmeden enerji kullanımına doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi olduğu görülmüştür.

Xue vd. (2021), Hindistan, Bangladeş, Pakistan ve Sri Lanka olmak üzere seçilmiş Güney Asya fosil yakıt bağımlısı ülkeleri için yenilenebilir enerji kullanımının ekolojik ayak izleri üzerindeki etkilerini ekonometrik analiz yöntemiyle araştırmışlardır. Yapılan analizler; yenilenebilir enerji tüketiminin ekolojik ayak izlerini azalttığını, yenilenemeyen enerji kullanımının ise ekolojik ayak izlerini artırdığını göstermiştir. Ayrıca çalışma Çevresel Kuznets eğrisinin ve kirlilik cenneti hipotezlerinin geçerliliğini de doğrulamaktadır. Bunlara ek olarak da genel enerji kullanımı, ekonomik büyüme ve kurumsal kaliteden ekolojik ayak izlerine kadar tek yönlü nedensellik ilişkisi görülürken; doğrudan yabancı yatırım girişleri ile ekolojik ayak izleri arasındaki çift yönlü nedensellik ilişkisi görülmüştür.

Alharthi vd. (2021), MENA ülkelerindeki CO₂ emisyonları, reel gelir, yenilenebilir ve yenilenemez enerji tüketimi ve şehirleşme verileri üzerinde yeni nicel teknikler uygulayarak Çevresel Kuznets Eğrisi çerçevesinde CO₂ emisyonlarını belirleyen faktörleri analiz etmek amacıyla 1990-2015 dönemini baz alarak incelemişlerdir. Yapılan incelemeler sonucunda yenilenebilir enerji tüketiminin CO₂ emisyonlarını azalttığı, yenilenemeyen enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonlarını arttırdığı görülmüş ve sonuçlar Çevresel Kuznets Eğrisi hipotezinin geçerliliğini doğrulamıştır.

Majeed vd. (2021), Pakistan için çevresel kalite üzerindeki ekonomik büyüme ile birlikte enerji tüketiminin hem toplu hem de ayrıık biçimlerinin asimetrik etkilerini araştırmak amacıyla 1971-2014 dönemlerini Doğrusal Olmayan Otoregresif Dağıtılmış Gecikme (NARDL) yöntemiyle analiz etmişlerdir. Uzun vadeli dengede, enerji tüketimindeki olumsuz şokların ekolojik ayak izini önemli ölçüde azalttığı sonucuna varılmıştır.

Sahoo ve Sethi (2021), 36 gelişmekte olan ülkeler için yenilenebilir, yenilenemez enerji, doğal kaynaklar, insan sermayesi ve küreselleşme arasındaki ilişkiyi ekolojik ayak izi üzerinde 1990-2016 dönemi verileri ile Westerlund Eşbütünleşme tekniğini uygulayarak uzun dönem esnekliği MG, AMG ve DCCE aracılığıyla incelemişlerdir. Değişkenler

arasındaki uzun dönemli ilişkinin sağlamlık kontrolü için FMOLS ve DOLS yaklaşımını, nedensellik ilişkinin yönü için de Dumitrescu-Hurlin nedensellik testini kullanmışlardır. Edinilen bulgular ekonomik büyümenin, yenilenemeyen enerjinin, doğal kaynakların ve kentleşmenin ekolojik ayak izini artırarak çevresel kaliteyi düşürdüğünü göstermiştir. Ekolojik ayak izi ile doğal kaynaklar arasında geri besleme etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

4.2. Çalışmanın Önemi

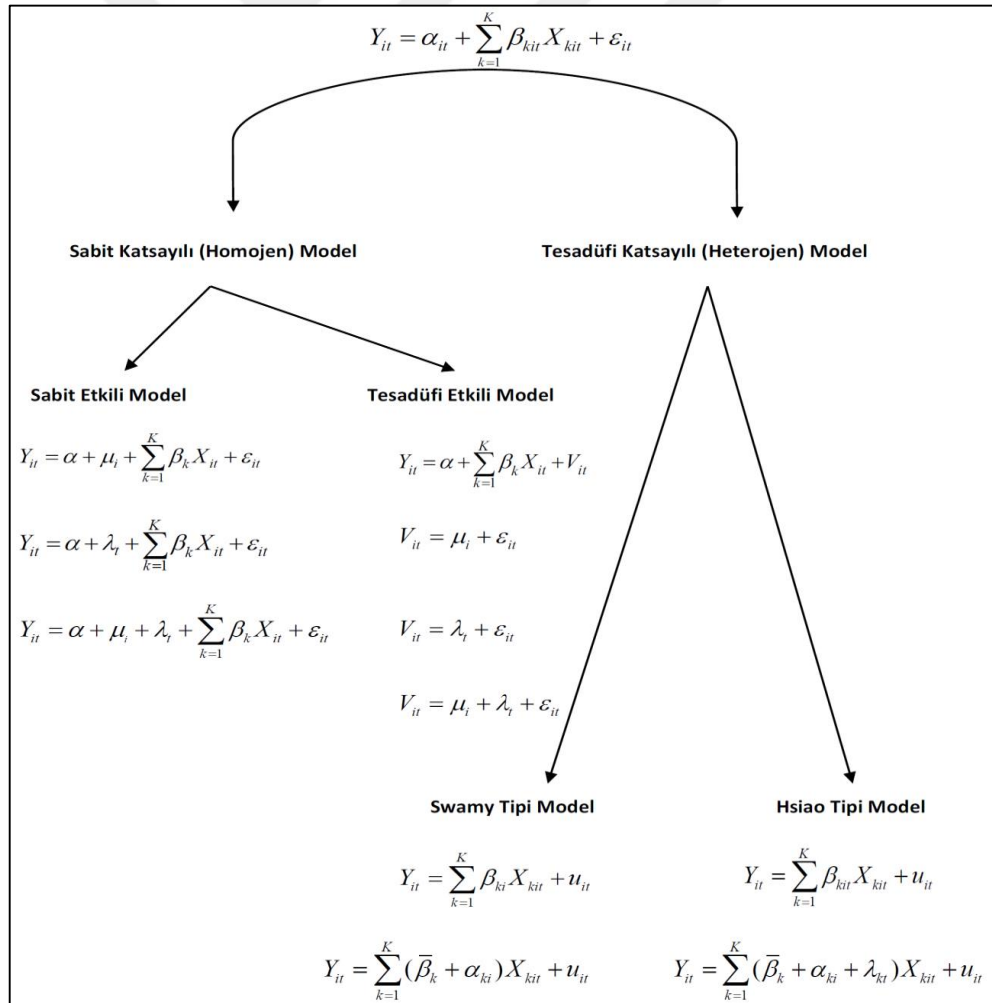
Çalışmada bağımlı değişken olarak alınan karbon ayak izi kavramı sera gazı salınımının ölçüldüğü ve analiz edildiği bir kavramdır. Sera gazları CO₂, metan (CH₄), nitro oksit (N₂O), hidroklorokarbonlar (HCFs) ve sülfür heksafloritden (SF₆) oluşmakta ancak bunlar içinde belirleyici salınım CO₂ kaynaklı olmaktadır. Karbon salınımının en büyük nedeni ise sanayileşme, şehirleşme, enerji kaynaklarının kullanımı gibi insan kaynaklı kullanımlardır (Wandana vd., 2021: 73). Bilindiği gibi sera gazlarının atmosferde hızlı şekilde artması nedeniyle daha çok güneş ışını sera gazlarıyla yeryüzünde tutularak küresel sıcaklıkların artmasına ve iklim değişikliğine neden olmaktadır. Bunun sonucunda uzun vadede dünyanın fiziksel yapısında geri dönüşümü imkansız olan farklılıkların meydana geleceği, iklim koşullarının sertleşeceği, kuraklıkların şiddetleneceği, küresel göçü tetikleyebileceği, kıtlıklara neden olabileceği, seller ve toprak bozulmalarının artacağı beklenmektedir. Dolayısıyla söz konusu bozulmayı durdurmak için ortaya konulacak politika önerileri kritik önemde olacaktır.

Literatürdeki diğer çalışmalar bağımlı değişken olarak kişi başı karbon salınımı ya da toplam salınımı kullanırken bu çalışmada karbon ayak izi bağımlı değişken olarak belirlenmiştir. Karbondioksit salınımı çerçevesinde bireylerin veya şirketlerin direkt olarak veya kullandığı ürünlerin imâlâtı bakımından enerji tüketimiyle dünyaya verdikleri zarar açısından konu ele alınmıştır. Her bir birey içinde bulunduğu yaşam alanına ve sahip olduğu hayat tarzına göre çeşitli miktarda karbon salınımına sebep olmaktadır. Karbon ayak izi evde (elektrik, doğalgaz, sıvı yakıt, kömür, LPG), uçuş sırasında veya araba, motosiklet, otobüs vs. kullanımı gibi günlük hayatta ne kadar CO₂ salınımı gerçekleştiğini gösterdiği için ve yenilen gıda türünden ulaşım tarzına ve elektrik tüketimine bağlı olarak herkesin karbon ayak izi farklı olduğu için çalışmada bu farklılıklar dikkate alınmış olmaktadır. Diğer yandan küreselleşen dünyada uluslararası ticaretin önündeki engellerin kalkması, ekonomik entegrasyonlar ve mal ve hizmet akımları günlük hayatı doğrudan etkilemektedir.

Ayrıca tüm dünyada küresel ısınmaya karşı farkındalık artmış, ülkeler Paris İklim Anlaşması çerçevesinde temiz enerji kaynaklarına yönelmek ve hedefleri yakalamak için pek çok taahhütte bulunmuşlardır. Dolayısıyla enerji ve dış ticaret politikalarının şekillenmesinde küresel ısınma ve iklim değişikliği sorunsalı önde gelen kabullerden biri olmaktadır.

4.3. Panel Veri Ekonometrisi

Bu çalışmada sağladığı avantajlar ve zamana göre çeşitli ülkelerdeki genel durumun tespitiğini araştırarak son dönemlerde kullanılan ekonometrik yöntemleri sunduğu için panel veri modeli kullanılmıştır. Panel veri analizi, zaman boyutuna sahip olan yatay kesit verileri başka şekilde söyleyecek olursak panel veriler kullanılarak meydana getirilen modeller vasıtasıyla farklı pek çok ekonomik ilişkilerin öngörülmesi metodu olarak adlandırılmaktadır (Tatoğlu, 2014: 6). Şekil 4.1’de panel modeller verilmiştir.



Kaynak: Güriş, S. ve Kömürakan, 2019: 548

Şekil 4.1. Panel Modeller

Panel veri modelleri zaman serilerini (yıllar) ile yatay kesit verileri (örneğin ülkeler) tek bir model çatısı altında birleştiren yöntemlerdir. Zaman serisi verisi değişkenlerin değerlerinin gün, ay, yıl, mevsim gibi zaman dilimlerine bağlı olarak değişimini içeren veriler şeklinde karşımıza çıkmaktadır. Yatay kesit veri ise zamanın belirli bir noktasında, çeşitli birimlerden elde edilen verilerdir. İşte panel modellerde her bir kesit, ilgili zaman biriminde analiz edilerek genel model ve bireysel etkiler tahmin edilmektedir (Sevüktekin, 1989).

Panel modellerin geçmişten günümüze kullanımının yaygınlaşmasında araştırmacılara sağladığı avantajlar etkili olmuştur. İlk olarak panel veri yöntemi kullanılarak yapılan analizler neticesinde ulaşılan öngörüler daha çok bilgi temin etmekte ve daha etkili bir nitelik taşımaktadır. Çünkü zaman ve kesitlerin bir arada toplanılmasıyla daha fazla aydınlatıcı veri, daha çok değişkenlik, değişkenler arasında daha az doğrusal bağlantı, daha çok serbestlik derecesi (gözlem sayısının artması nedeniyle) ve daha az sapmalı tahmin elde edilebilmektedir (Hsiao, 2003: 3). Diğer bir avantaj çoklu doğrusal bağlantı ile ilgilidir. Zaman serisi modellerinde Çoklu Doğrusal Bağlantı (multicollinearity) meselesinin aksine panel veri modellerinde değişkenlerin iki boyutta ifade edilmesi yüzünden daha az Çoklu Doğrusal Bağlantı ortaya çıkmaktadır (Baltagi, 2005: 5).

Üçüncü olarak panel modeller yalnızca yatay-kesit veya tek başına zaman serisi analizleri vasıtasıyla tespit edilemeyecek tesirlerin görülmesini sağlar. Çünkü burada tüm ülkeler düzeyinde analizi gerçekleştirmek mümkündür. Böylece bireysel ülkeler seviyesinde tek tek yürütülecek olan politika programları yerine müşterek niteliğe sahip iktisat politikaları geliştirilebilecektir. Ayrıca panel modellerde heterojenliğin kontrol edilebilmesine ve modele katılabilmesi araştırmacıların aynı panel modeli içinde ülke bazında yorum yapılabilmesine olanak sağlar (Gujarati, 2004). Böylelikle bilgi kullanımı ve iktisadi çıkarım yapılabilme durumu artmaktadır. Bunun yanı sıra hem belirli bir gruba yönelik olan bireysel iktisat politikaları hem de herkesi ilgilendirecek ortak iktisat politikaları geliştirilebilmektedir (Hsiao, 2003: 7).

Dördüncü olarak panel veri analizinde rastlanılmayan başka bir deyişle açıklayıcı değişkenler haricinde başka etkiler de modelin kapsamı içerisinde yer alır. Yani ihmal edilmiş faktörlerin yol açacağı sorunlar ve tahmin sapmalarının azaltılmasına imkan tanınır (Pindyck ve Rubinfeld, 1998). Bu gözlenemeyen tesirlerin, sabit veya rassal olma durumuna bağlı olarak panel veri modelleri tasnif edilir. Ancak söz konusu olan bu tesirler

modelin deterministik kısmında olursa sabit etki modeli, rassal kısmında olması durumunda ise rassal etki modeli olarak ele alınır. Böylelikle hem daha çok bilgi ve değişken barındırabilir hem de daha güvenli öngörüler söylenebilir (Baltagi, 2011: 305).

Buna karşın panel modellerin bazı dezavantajları da vardır. İlk olarak verilerin tespit edilmesi ve düzene sokulması esnasında bazı problemler oluşabilmektedir. Bunlardan biri veri toplama ve ölçüm hatalarının meydana gelmesidir. Bu duruma sebep ankete katılımcılarına ulaşamaması olduğu gibi ulaşılan birimlerden cevap gelmemesi ya da eksik cevap gelmesi vb. pek çok şey olabilir. Ayrıca söylemek gerekirse modele yatay kesit ilave edilmesiyle birlikte veri miktarının artırılması, ölçüm hatalarının artışına sebebiyet verecektir (Gülmez ve Yardımcıoğlu, 2012: 342).

İkinci olarak her bir birim için zaman serisi boyutu kısa olabilir. Bu da bazı testlerin yapılmasını engeller. Panel modellerde gözlem sayısı çok olduğu için verilerde ölçüm hataları da artmaktadır (Şükrüoğlu, 2008: 3). Diğer bir sorun kısa zaman boyutu olarak karşımıza çıkmaktadır. Bilhassa mikro panel veri analizleri her birey için yıllık verileri barındıran panellerden meydana gelmektedir. Zaman boyutunun artırılması, maliyetlerin arttırılmasıyla mümkün olmakta bu da veri toplama maliyetlerini arttırmaktadır. Kesit seçimine bağımlılık sorunu ise bir ülke ya da bölgeyi ile ilgilendirecek uzun bir zaman boyutunu içeren makro panellerde verinin toplanmasına ilişkin meseleleri barındırabilmekte ve bazı yanıltıcı neticeler meydana gelebilmektedir. Son olarak kesit ve zaman boyutu arasında oluşan parametre farklılıklarının (heterogeneity) dikkate alınmadığı koşullarda bazı sapmalar oluşmakta ve bu durum parametrelerin tutarsız ve anlamlı olmayan düşüncelerine neden olmaktadır (Baltagi, 2005: 7-9).

Panel modeller dengeli ve dengesiz olarak ikiye ayrılabilir. Eğer her bir birim tüm zaman dilimlerinde incelenmişse dengeli panel, bazı zamanların kayıp olduğu birimler için ise dengesiz panel terimleri kullanılmaktadır (Güriş ve Kızılarşan, 2017: 16).

Panel modelin iki katmanı olduğu için bireysel etkiler ile zaman etkisinin ayrıştırılması gerekir. Birimlerin vasıflarını gösteren değişkenler birim etki olarak adlandırılır. Birim etki, zamana göre değişmeyen ancak birimlere göre (örneğin ülkelere) değişen bir etkidir. İkincisi zaman etkisidir. Modeldeki her bir zaman diliminin kendine has nitelikleri vardır. Bu zaman vasıflarını aksettiren değişken için ise zaman etkisi terimi kullanılır. Bu etki öncekinin aksine kesitlere göre değil zamana göre değişen bir terimdir.

Söz gelimi makro iktisadi veriler ile uğraşırken belirli dönemlerde kriz, sel, deprem gibi etkiler verilebilir (Tatoğlu, 2014: 8).

Panel modellerde diğer önemli bir kavram içsellik ve dışsallık sorunudur. İlki modelde yer alan bazı değişkenlerin ihmal edilmesi ve ölçme hatası gibi nedenlerden kaynaklanan içsellik sorundur. Bağımsız değişkenler ile hata teriminin ilişkili olması içsellik sorunu; bu ikisinin ilişkili olmaması ise dışsallık sorunu olarak adlandırılmaktadır. Eğer bu ikisi aynı dönemde ilişkisiz ise zayıf dışsallık ($E[u_{it} ; X_{it}], t=1,2,...,T$) bağımsız değişkenin hem geçmiş hem de gelecek değerleri ile hata teriminin korelasyonsuz olduğu (tersi de geçerlidir) koşullarda da katı dışsallık ($E[u_{it} | X_{i1}, X_{i2}, X_{i3},..., X_{iT},]=0 \ t=1,2,...,T$) var demektir. Bu problemler göz ardı edilerek gerçekleştirilen analizlerde tutarsız sonuçlar ortaya çıkar. Dolayısıyla araç değişken kullanımı gibi çeşitli yöntemlerle sorun çözülmeden model tahmin edilmemelidir (Kurt ve Gümüş, 2020: 94-96).

Panel modellerde homojenlik ve heterojenlik kavramlarına da değinilmelidir. Homojenlik panel veri analizinde kesitlerin benzer özelliklere sahip olması, heterojenlik ise benzer özelliklere sahip olmaması demektir. Örneğin paneldeki ülkelerin benzer özelliklere sahip olması durumunda panel modelde homojenlik varsayılabilir. Eğer ülkelerin farklı bireysel özelliklerinin (eğitim düzeyi, gelişmişlik, gelir gibi) sonuçları etkilediği düşünülüyorsa modelin heterojen olduğu varsayılır. Buna karar verilirken çeşitli testler kullanılmaktadır. Bu testler sonucunda birimlerin heterojen olması durumunda eşbütünleşme, nedensellik gibi testlerin heterojenliğin dikkate alınarak uygulanması gerekir (Güriş ve Kömüryakan, 2019: 547). Eğer dikkat edilmezse ve homojen panel veri için kullanılan yollar ile analiz işlemi sürdürülürse yanlış bir şekilde meydana getirilen modele bağlı olarak ulaşılan sonuçlarda güvenilir olmayacaktır (Greene, 2002: 797). Bu konuda ilk çalışmayı 1970 yılında Swamy yapmıştır (Swamy, 1970). Pesaran ve Yamagata (2008), N ve T'nin çeşitli büyüklüklere sahip olmalarını ve homojenite varsayımının denenmesine olanak sağlayan, Swamy testinden faydalanan iki homojenite testi oluşturmuşlardır (Öztürk, 2018: 5).

Panel modelde dikkat edilmesi gereken diğer bir husus yatay kesit bağımlılığıdır. Bu kavram modelin her bir birimi için hesaplanan hata terimleri arasında korelasyon olması demektir. Panel modellerde birim veya zaman tesirlerinin kesitler boyunca birbirinden bağımsız bir şekilde dağıldığı varsayılır. Birimler arasındaki ilişki çok önemlidir. Birimler arası korelasyon ülke, bölge, eyalet ve şehirler gibi birimlerle çalışıldığında söz konusu

olmaktadır. Özellikle küreselleşmenin, uluslararası ticaret seviyesinin ve finansal entegrasyon düzeyinin artması ile birlikte herhangi bir ülkede patlak veren ekonomik şok her ülkeyi aynı derecede etkilemeyecektir. Yani 2008'deki küresel finansal krizde karşılaşılan durumların yaşanması beklenmez. Bu sebeple yatay kesit bağımlılığının üzerinde durularak gerekli testlerin yapılması sonuçların güvenilirliği açısından önemlidir (Menyah vd., 2014: 389).

4.4. Veri ve Amaç

Çalışmanın amacı ülkelerin ticari dışa açıklık oranları ve yenilenebilir enerji tüketimlerinin, fosil yakıtlarının yanmasından veya kullandığımız ürünlerin üretimi ve neticesinde bozulmalarıyla alakalı olan CO₂ emisyonlarının ölçüsü karbon ayak izi (KAİ) büyüklüğü üzerindeki etkilerini, MENA bazında panel veri yöntemlerinden faydalanarak araştırmak ve politika önerileri ileri sürmektir. Bu çalışmada MENA ülkelerinden, 1990-2017 döneminde verisi olan seçilmiş 7 ülkeye (İsrail, Ürdün, Lübnan, Libya, Tunus, BAE ve Türkiye) ait karbon ayak izi (metrik ton), ticari dışa açıklık (dış ticaret hacminin milli gelire yüzdesi) ve yenilenebilir enerji tüketimi (toplam enerji tüketimi içindeki yüzdesi) verileri kullanılmıştır. Dünya Bankası veri tabanı ve Global Footprint Network Enstitüsü söz konusu olan verilerin kaynaklarıdır. Bunun için Gauss ve Ewies paket programı kullanılmıştır.

4.5. Ekonometrik Model

Çalışmada kullanılan panel veri modelinin en genel hali şu şekilde yazılabilir;

$$y_{it} = \alpha_{it} + \beta_{1it}x_{1it} + \beta_{2it}x_{2it} + \dots + \beta_{Kit}x_{Kit} + u_{it} \quad (1)$$

Bu modelde bağımlı değişken y , bağımsız değişken (k tane) ise X 'dir. Sabit terimi α parametresi belirtmektedir. u terimi ise hem sıfır ortalamayı hem de hata terimini belirtmektedir. Hata terimi sabit varyansa sahiptir. Buradaki i 1'den N 'ye kadar kesit indeksini (ülke, şehir, firma, birey ve benzeri gibi) verir. Buna ilâve olarak t , 1'den T 'ye kadar zaman indeksini (yıllık, üç aylık, aylık gibi) sunmaktadır. Değişkenlerin, parametrelerin ve hata teriminin i ve t alt indeksini taşıması, panel veri setine sahip olduklarını göstermektedir.

Bu modelde her bir kesitin ona denk gelen zaman döneminde bağımsız değişkene gösterdiği tepki katsayıları vardır. Fakat öngörülmesi gereken parametre sayısı gözlem sayısından çoktur. Bu şartlar altında modeli tahmin etmek mümkün değildir. Bu yüzden olacaktır ki hata terimi, regresyon katsayıları ve açıklayıcı değişkenler ile alakalı birtakım varsayımlar yapılmaktadır (Matyas ve Sevestre, 1996). Regresyon katsayıları (betalar) ile ilgili olarak homojenite varsayıldığında, model aşağıdaki gibi gösterilir;

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{i=1}^t \beta X_{it} + u_{it} \quad (2)$$

Bunun için kullanılan diğer bir adlandırma da “Birleştirilmiş Regresyon Modeli”dir. Söz konusu modelde, α parametresi sabit terimdir. β parametreleri her açıklayıcı değişkenin tüm birimler üzerindeki tesirlerini ifade etmektedir. Burada α ve β (eğim) parametrelerinde birimler arasında zamanda çeşitlilik meydana gelmediği kabul edilmektedir (Tüzüntürk, 2007: 2). Modelde sabit-eğim parametreleri zamana ve birimlere göre değişmektedir. Bu panel metodolojinin bir gereği olarak görülebilir. Çalışmada bağımlı değişken Y, karbon ayak izini (KAİ) ve X, yenilenebilir enerji tüketiminin toplam enerji tüketimi içindeki oranını (YET) ve dış ticaret hacminin milli gelire oranı olan ticari açıklık oranını (TA) gösteren açıklayıcı değişkenler matrisini vermektedir. Modelde bireysel tesirler de görülmektedir. Bağımsız değişkenlerin bağımlı değişkene etkisi araştırılan kesit spesifik nitelikler, her ülkenin alt yapısı, gelişmişlik düzeyi, gelir seviyesi, eğitim seviyesi, istihdam alanları gibi etmenleri belirtmek için bu unsurlar aşağıdaki modele eklenmiştir;

$$Y_{it} = \alpha + \sum_{i=1}^t \beta X_{it} + \mu_i + u_{it} \quad (3)$$

Kesit etkilerinin başka bir deyişle bireysel etkilerin (μ_i) panel modele ilave edilmesi hususunda sabit ve tesadüfi olarak iki yöntem söz konusudur (Kıral ve Çelik 2018). Paneldeki N tane kesit belirli bir gruptan geliyorsa (MENA ülkeleri gibi) ve söz konusu gruptaki her eleman modele katılıyorsa μ_i ’lerle ilgili varsayım sabittir. Bu koşullar içinde sabit etkiler modeli (fixed effect) tercih edilir. Ancak büyük bir topluluktan bir örneklem oluşturulursa rassal etkiler (random effect) modeli tercih edilecektir. Bu noktada literatürde yer alan Hausman testi (1978) açıklayıcı değişkenlerle bireysel etkiler arasındaki ilişkinin durumunu gösterir. Test sonucuna göre bu gibi bir ilişki söz konusuysa panel model “Within Transformation” yöntemi ile tahmin edilmelidir. Ancak ilişkiden bahsedilemiyorsa GLS

(Generalized Least Squares) metodu söz konusu olacaktır (Erlat, 2015). Bu çalışmada da yenilenebilir enerji tüketimi, ticari açıklık ve karbon ayak izi arasındaki nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisi aşağıda gösterilmiş olan model çerçevesinde ele alınmıştır;

$$KA\dot{I}_{it} = f(YET_{it}; TO_{it}) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

$$KA\dot{I}_{it} = \alpha + \beta X_{it} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (5)$$

Modelde $KA\dot{I}$, ilgili ülkenin karbon ayak izi miktarını (ton), YET yenilenebilir enerji tüketiminin nihai enerji tüketimindeki yüzdesini ve TO değişkeni ihracat ve ithalatın toplamının milli gelir içindeki yüzdesini temsil etmektedir. Modelde bağımlı değişken karbon ayak izidir. X ise açıklayıcı değişkenler vektörünü gösterir. Ayrıca X , ticari açıklık ve yenilenebilir enerji tüketimi değişkenlerini içermektedir. En son olarak β parametresinin de eğim katsayılarını ifade ettiği söylenebilir. μ_i her bir ülkenin modele etkisini anlatan bireysel etkilerini gösterirken α da modeldeki sabit terimdir. Rassal hata terimlerini (stochastic error term) ε_{it} , i ve t ise sırasıyla yatay kesit birimlerini (ülkeler; $i=1, 2, \dots, 7$) ve zaman aralığını ($T = 1990 \dots 2017$) ifade etmektedir. Yenilenebilir elektrik üretimi MENA ülkelerinde 1990'lerin ardından artmaya başlar. Bu sebeple veriler 1990 yılından itibaren ele alınmıştır. Seçilen ülkeler; İsrail, Ürdün, Lübnan, Libya, Tunus, BAE ve Türkiye'dir. Yenilenebilir enerji potansiyelleri yüksek olduğu için bu ülkeler seçilmiştir.

4.6. Ekonometrik Metot

4.6.1. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenite

Panel veri teorisi kapsamında analize modelin yatay kesit bağımlılığı ve birim kök durumu incelenerek başlanılması izlenecek en iyi yoldur. Yatay kesit bağımlılığı hem kesit birimlerin birbirleriyle bağıntı durumunu hem de seriye gelen şoklardan birimlerin etkilenme hallerini gösterir. Yatay kesit bağımlılığı çok fazla görmek mümkündür. Çünkü dışsal bir şok neticesinde kesitlerin hepsinin (örneğin ülkelerin) benzer oranda etki altında kalması varsayımı gerçekten uzaktır. Küreselleşmenin genişlediği, uluslararası ticaretin hız kazandığı, mal, hizmet ve finans akımlarının arttığı günümüz global ekonomik sisteminde bir ülkede patlak veren ekonomik şokun, modeldeki her ülkede çeşitli şekillerde etki bırakması düşünülür. Her bir ülkenin ekonomik durumu, sosyal hayatı, kalkınmışlık derecesi, yaşam koşulları, hukuk düzeni, eğitimi ve gelir seviyesi, çeşitlilik gösterir. Bu yüzden yatay kesit bağımlılığı göz önüne alınmadan ortaya konan analizlerde elde edilen neticeler hem sapmalı

hem de tutarsız olacaktır. Bu sebeple unutulmaması gereken önemli hususlardan birisi analiz yapmaya başlamadan önce seriler arasında yatay kesit bağımlılığı olup olmadığının test etmektir (Menyah vd., 2014, 235). Ayrıca her ülkeyi tesiri altına alan ekonomik bir kriz ya da şok, bağımlı değişkene tesir eden ancak gözlemlenemeyen unsurların varlığından veya mekânsal bağımlılık gibi hususlardan da ileri gelebilir (De Hoyos ve Sarafidis, 2006). Bu esnada yatay kesit bağımlılığına karar vermek maksadıyla çalışmada ilk olarak Breusch ve Pagan'ın (1980) geliştirtirdiği LM testine yer verilmiştir. Ayrıca araştırmada Pesaran vd. (2008)'in literatüre kazandırdıkları Bias Adjusted CD testi, Pesaran (2004)'ın CD_{LM} ve CD testleri yer alır. Testleri yürütebilmek için ilk şu model tahmin edilir;

$$\Delta y_{i,t} = d_i + \delta_i y_{i,t} + \sum_{j=1}^{p_i} \lambda_{i,j} \Delta y_{i,t} + u_{i,t} \quad (6)$$

Burada Y bağımlı değişkeni, j kesit sayısını, t ise zaman boyutunu, p modeldeki gecikme sayısını, u_{it} öngörülemeyen faktörlerden kaynaklanan hata terimini, göstermektedir. d_i deterministik elemanları (mevsimsel kukla, sabit yada trend gibi) temsil etmektedir. Testte boş hipotez, tüm t ve $i \neq j$ olmak üzere $H_0: Cov(u_{it}; u_{jt}) = 0$ şeklindedir. Alternatif hipotez de hiç olmazsa bir çift $i \neq j$ kısıtı için $H_1: Cov(u_{it}; u_{jt}) \neq 0$ ile gösterilir. Bu noktada yatay kesit bağımlılığını test etmek için ilk olarak Breusch ve Pagan (1980) LM test istatistiği geliştirilmiştir;

$$LM = T \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \hat{\rho}_{ij}^2 \quad (7)$$

LM istatistiğinde N kesit sayısını (örneğin ülke sayısı), T zamanı, $\hat{\rho}_{ij}$ her bir “i” için (yani ülke için) 5 numaralı eşitliğin en küçük kareler yöntemi vasıtasıyla öngörüldükten sonra çıkan hata terimlerinin (kalıntılar) içindeki ikili korelasyonların örneklem tahminini ifade etmektedir. Test ki kare dağılımına sahiptir ve testin, zaman boyutu T'nin yatay kesit boyutu N'den büyük olduğu koşullarda faydalanılacağı düşünülmektedir. Ancak bu testte N'nin göreceli olarak az, T'nin yeteri kadar büyük olması testin doğruluğu açısından önemlidir. Söz konusu olan bu eksikliği ortadan kaldırmak için Pesaran (2004) aşağıda yer alan LM testini öne sürmüştür;

$$CD_{LM} = \left[\frac{1}{N(N-1)} \right]^{1/2} \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N (T \hat{\rho}_{ij}^2 - 1) \quad (8)$$

Bu testte ilk sırada $T \rightarrow \infty$ sonra da $N \rightarrow \infty$ şeklinde boş hipotez testi standart normal dağılım göstermektedir. Söz konusu test hem N hem de T 'nin büyük olduğu koşullar altında da uygulanmakta ve yatay kesit bağımlılığı tespit edilebilmektedir. Ancak T 'nin görece küçük olduğu koşullarda boyut bozulması (size distortion) ortaya çıkmakta ve N büyüdükçe sapmalar da daha çok artmaktadır. Bu durumda da çok sayıda N ve az sayıdaki T için test ihtiyacı ortaya çıkmıştır. $N > T$ olduğu durumlarda yatay kesit bağımlılığı için CD testi geliştirilmiştir. Pesaran (2004) bu amaç doğrultusunda aşağıdaki testi teklif etmiştir;

$$CD = \sqrt{\frac{2T}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij} \right) \quad (9)$$

Söz konusu test yatay kesit kalıntıları arasındaki korelasyon katsayılarının toplamına dayanır. Yatay kesitler arasında ilişkinin olmadığını gösteren H_0 hipotezi altında (yatay kesit bağımlılığı yoktur) test istatistiği standart normal dağılım ifade eder (Guloglu ve Ivrendi, 2010: 384). Yatay kesit bağımlılık testlerinden sonuncusu Pesaran ve Yamagata'nın (2008) geliştirdikleri sapması düzeltilmiş LM_{adj} (Bias Adjusted Lagrange Multiplier) testidir;

$$LM_{ADJ} = \sqrt{\frac{2}{N(N-1)}} \left(\sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=i+1}^N \rho_{ij} \right) T \hat{\rho}_{ij} \frac{(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2 - \mu_{Tij}}{\sqrt{v_{Tij}^2}} \quad (10)$$

Bu notasyonda aynı şekilde N kesit sayısını, ρ , model en küçük kareler yöntemi ile öngörülür. Bunun ardından çıkan hata terimlerine (kalıntılar) ait olan ikili korelasyonların örneklem tahminini, k açıklayıcı değişkenleri (regressor), μ_{Tij} , $(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin ortalamasını v_{Tij}^2 , $(T-k)\hat{\rho}_{ij}^2$ 'nin varyansını ifade etmektedir. Bu denkliğe bağlı olarak ulaşılan test istatistiği, asimptotik olarak standart normal dağılım ortaya koyar. Test sonuçlarına bağlı olarak H_0 hipotezinin kabul görmesi, ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının yokluğu demektir. Bu koşullar altında analiz birinci nesil panel birim kök testleri ile sürdürülür. Ancak, H_0 hipotezi reddedilir ve ülkeler arasında yatay kesit bağımlılığının varlığı söz konusu olursa analiz ikinci nesil panel birim kök testleri ile sürdürülür (Baltagi, 2008: 284).

Modelde var olan eğim katsayılarının kesitler arasındaki homojenliği Delta Testi ile incelenebilir. Bu test eşbütünleşme ve nedensellik testlerinde grup ya da panel istatistiklerinden hangisinin kullanılacağını belirleyecektir. Eğim parametrelerinin kesitler için homojen olup olmadığına ilişkin ilk çalışma Swamy (1970)'e aittir. Swamy'ın (1970) çalışmasından hareketle Pesaran ve Yamagata'nın (2008) önerisi birim boyutu N 'in ve

zaman boyutu T'nin büyük olduğu panel veri modelleri için asimptotik olarak normal dağılım standardize edilmiş dağılım istatistikleridir. Swamy testini yeniden ölçeklendiren iki tane homojenite testi alana kazandırmışlardır. Bu testler Delta ($\tilde{\Delta}$) ve Uyarlanmış Delta ($\tilde{\Delta}_{adj}$) testleri olarak ikiye ayrılmaktadır. İlk olarak $y_{i,t} = \beta_i'x_{i,t} + u_{i,t}$ modeli $u_{i,t}$, i.i.d. $(0, \sigma_i^2)$ olmak üzere tahmin edilir. Buradaki boş hipotez $H_0: \beta_i = \beta$ yani paneldeki eğim katsayıları homojen ve alternatif hipotez $H_1: \beta_i \neq \beta$ model heterojendir yani katsayılar farklıdır şeklindedir;

$$\tilde{\Delta} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - k}{\sqrt{2k}} \right) \quad \tilde{\Delta}_{adj} = \sqrt{N} \left(\frac{N^{-1}\tilde{S} - E(\tilde{z}_{iT})}{\sqrt{\text{var}(\tilde{z}_{iT})}} \right) \quad (11)$$

Denklemden $E(\tilde{z}_{iT}) = k$ ve $\text{var}(\tilde{z}_{iT}) = 2k(T-k-1)/T+1$ 'dir. Aynı şekilde T zaman, N kesit boyutu ve k açıklayıcı değişken sayıdır. $\tilde{S}$ ise Swamy test istatistiğini göstermektedir.

4.6.2. Birim Kök Testi

Modelin yatay kesit ve homojenite durumuna göz attıktan sonra üçüncü olarak kullanılan serilerin birim kök özelliklerine bakılmalıdır. Burada serilerin durağan olup olmadığının belirlenmesi gerekmektedir. Genel olarak durağanlık bir serinin varyansının, ortak varyansının ve ortalamasının gözlem aralığında değişmemesi, iki dönem arasındaki kovaryansının, yalnızca iki dönem arasındaki uzaklığa bağlı olmasıdır (Gujarati, 1999: 713). Hem zaman serilerinde hem de panel modellerde durağan olmayan serilerin kullanılması çeşitli problemlere yol açar. Bu şekilde regresyon modelinin varsayımları ihlal edilmiş olur. Böylece hem tahmin sonuçları hem de parametreler güvenilir olmaz. Dolayısıyla bu sorunlarla karşılaşmamak için, sağlıklı ve güvenilir tahminler yapabilmek için durağan seriler kullanılmalıdır (Wooldridge, 2002).

Panel birim kök uygulanmaya başlamadan önce serilerin yatay kesit bağımlılığına mutlaka dikkat edilmelidir. Bunda panel birim kök testlerinin yapısının etkisi vardır. Söz konusu testler yatay kesit bağımlılığını dikkate alan testler (ikinci kuşak testler) ve yatay kesit bağımlılığını dikkate almayanlar testler (birinci kuşak testler) şeklinde ayrılırlar. Birinci kuşak testler de homojen ve heterojen modeller olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Hadri (2000), Levin, Lin ve Chu (2002), Breitung ve Das (2005) ve homojen model varsayımına dayanırken; Maddala ve Wu (1999), Im vd. (2003) ve Choi (2001) testleri heterojen model varsayımına dayanmaktadır. Dolayısıyla birim kökün varlığını test etmek

için önce yatay kesit bağımlılığının sınanması gerekmektedir. Panel verilerinin yatay kesit bağımlılığı ret edilirse birinci nesil birim kök testleri, ret edilmez ise ikinci nesil birim kök testlerinin kullanılması modelin tahmin gücünü artıracaktır (Çınar, 2010).

Birinci kuşak testler, yatay kesit birimlerin bağımsız olduğunu varsaymaktadır. Başka bir deyişle paneli meydana getiren birimlerden birinin uğradığı şoktan bütün yatay kesitlerin eşit seviyede etkilendikleri düşünülür. Ancak yukarıda zikredildiği gibi çağımızdaki küresel ekonomik sisteminde uluslararası ekonomilerinin birbiriyle ilişki ve bağımlılık derecesi dikkate alınırsa gelen dış şoktan birimlerin birbirinden farklı seviyelerde tesir altında kalması daha gerçekçi bir yaklaşımdır. Söz konusu eksikliği ortadan kaldırmak amacıyla ikinci nesil birim kök testleri oluşturulmuştur. Literatürdeki çalışmalarda en çok tercih edilen ikincil nesil birim kök testlerinden Bai ve Ng (2004), Yatay Kesit Bağımlılığı Eklenmiş Dickey Fuller Testi (CADF) Pesaran (2007), Hadri ve Kurozumi (2012) testleri kullanılmıştır.

Pesaran (2007) CADF testinde y_{it} serisinin birim kök süreç barındırıp barındırmadığı i kesit sayısı ve T zamanı ifade etmek üzere $y_{it} = (1-\phi)\mu_i + \phi y_{i,t-1} + u_{it}$ modeli ile test edilir. Yapılan ilk test budur. Buradaki hata terimi u_{it} , $u_{it} = \gamma_i f_t + \varepsilon_{it}$ biçiminde iki kısım olarak tasnif edilebilir. Buradaki f_t gözlemlenemeyen ortak etkileri ifade ederken ε_{it} de hata terimini göstermektedir. y_{it} ve u_{it} yeniden yazılırsa;

$$\Delta y_{it} = \alpha_i + \beta_i y_{i,t-1} + \gamma_i f_t + \varepsilon_{it} \quad (12)$$

ortaya çıkar. Buradaki sabit terim alfa; $\alpha_i = (1-\phi)\mu_i$, $\beta_i = -(1-\phi)$ 'dir. Bu testte birim kök süreç $\phi = 1$ ile gösterilebilir. Testin boş hipotezi tüm i 'ler için $H_0: \beta_i = 0$ ve alternatif hipotezi $i = 1, 2, \dots, N_1$ ve $\beta_i = 0$, $i = N_1+1, N_2+2, \dots, N$ olmak üzere $H_1: \beta_i < 0$ 'dir.

Bai ve Ng (2004) PANIC (Panel Analysis of Nonstationarity in the Idiosyncratic and Common) test, yapılan ikinci testtir. Test gözlemlenemeyen müsterek etkenlerin durağan olma ya da olmama vaziyetlerine bağlıdır. Faktör modeli;

$$y_{it} = \mu_i + \lambda' F_t + \varepsilon_{it} \quad (13)$$

olmak üzere $i = 1, \dots, N$ için ε_{it} hata terimini (bu terimin ortalaması sıfırdır ve F_t 'ye ortogonaldır) gösterir. Bu denklemin birinci farkı alınır $\Delta y_{it} = \lambda' f_t + \Delta \varepsilon_{it}$ ortaya çıkar. Burada

$f_t = \Delta F_t$ 'dir. Δy_{it} 'ye temel bileşenler analizi uygulanırsa r faktörlü $\hat{f}_t$ ulaşılır. Daha sonra $t=2, \dots, T$ için $\hat{F}_t = \sum_{s=2}^t \hat{f}_s$, yukarıdaki y_{it} eşitliğiyle tutarlı olacak şekilde EKK yöntemi vasıtasıyla hesaplanır ve böylece μ_i , λ_i ve $\hat{\varepsilon}_{it}$ 'ye ulaşılır. Boş hipotezin $H_0 = \text{Seri durağan değil}$ olduğu ADF testi, ortak bileşen $\hat{F}_t$ 'nin durağanlığını görmek için kullanılır.

Hadri ve Kurozumi (2012) testinde ise yatay kesit bağımlılığı modele dahil edilir. Bu her bir kesitin ortalamasından faydalanılarak yapılır. İlk olarak $y_{it} = z_t' \delta_i + f_t \gamma_i + \varepsilon_{it}$ modeli tahmin edilir. Burada $i = 1, \dots, N$ ve $t = 1, \dots, T$ şeklinde kesit ve zaman boyutunu, z_t deterministik bileşenleri ve hata terimi $\varepsilon_{it} = \phi_{1i} \varepsilon_{it-1} + \dots + \phi_{pi} \varepsilon_{it-p} + v_{it}$ şeklindedir. Ekonometrik literatürde deterministik bileşen, $z_t = z_t^\mu = 1$ ya da $z_t = z_t^\tau = [1, t]'$ olarak düşünülür. Hadri testinde söz konusu iki unsur da dikkate alınmıştır. Bu bileşenlerin katsayıları $z = 1$ iken $\delta_i = \alpha_i$ şeklinde ve $z = [1, t]'$ iken $\delta_i = [\alpha_i, \beta_i]'$ olarak kabul edilir. Yukarıda gösterilen modelde $z_t' \delta_i$ bireysel tesirleri ve f_t gözlemlenemeyen ortak tesirleri, γ_i yük faktörünü ve bilindiği gibi ε_{it} hata terimini ifade eder. Gecikme uzunluğu p kesitten kesite değişim gösterir. Daha sonra bu model AR (p) olarak düşünülür. İşte bu modelde boş hipotez $H_0: \phi(1) \neq 0$ seri durağan değil şeklindeyken, alternatif hipotez $H_1: \phi(1) = 0$ yani seri durağan şeklindedir. Her bir i için yatay kesit bağımlılığının düzeltilmesi y_{it} 'nin $w_t = [z_t', \bar{y}_t, \bar{y}_{t-1}, \dots, \bar{y}_{t-p}]$ üzerine regres edilmesi ile tespit edilir. Çünkü ε_{it} , AR (p) süreci izlemektedir. Durağanlığa karar vermek için test istatistiği hesaplanır ve kritik değerlerle karşılaştırılır. $\bar{ST} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N ST_i$, $ST_i = \frac{1}{\hat{\sigma}_i^2 T^2} \sum_{t=1}^T (S_{it}^w)^2$ ve $S_{it}^w = \sum_{s=1}^t \hat{\varepsilon}_{is}$ olmak üzere;

$$Z_A = \frac{\sqrt{N}(\bar{ST} - \xi)}{\varsigma} \quad (14)$$

olarak hesaplanır. KPSS test istatistiğinin ortalaması, Z_A istatistiğindeki ST 'dir. Başka bir deyişle KPSS testinin bir nevi panel versiyonun Z_A olduğu düşünülebilir. Denklemdaki “ ς ” ST 'nin varyansını, “ ξ ” ifadesi de uzun dönemli varyansı ortaya koymaktadır.

4.6.3. Eşbütünleşme

Eşbütünleşme, ekonomik değişkenler arasındaki uzun süre zarfındaki müşterek bir hareket veya ilişkidir. Paneli meydana getiren değişkenlerin uzun bir zaman diliminde birlikte hareket edip etmediklerini tespit etmek politika önerileri açısından önem arz eder. Ancak serilerin birim kök süreçten arındırmak için birinci farkının alınması hem geçmiş dönemlerde maruz kaldığı kalıcı şokların tesirini ortadan kaldırır hem de dönemler arasında bu şoklar haricinde oluşabilecek uzun süreli ilişkilerin de yok olmasına sebebiyet vermektedir. Böylelikle uzun döneme ait tüm bilgiler ortadan kaldırılır ve durağanlaştırılmış veriler arasında bir regresyon meydana gelir. Ayrıca uzun dönem denge ilişkisi de sağlanamayacaktır. Bu şartlar altında eşbütünleşme için klasik EKK yöntemini tercih etmek doğru olmayacaktır.

Eşbütünleşme, durağan olmayan iki zaman serisinin aynı derecede entegre oldukları zaman ortaya çıkar. Söz gelimi eşbütünleşme analizi, seriler arasında uzun dönemde karşılıklı bir ilişkinin varlığı ya da yokluğu seriler birinci düzeyde durağanken incelenmek istenirse uygulanabilir. Bu analiz iki serinin aynı dereceden entegre olmasına sebep olur. Ayrıca serilerdeki trendin birbirini yok etmesine yol açar. Buna ek olarak trend faktöründen arındırılmış bir ilişkiden söz edilebilir. Eşbütünleşme yaklaşımının bir özelliği de bilgi yitimine ve çözümsüzlüğüne engel olmasıdır. Bu durum uzun dönem serilerinde fark alınmasından kaynaklanır. Eşbütünleşme testi serilerin aynı derecede durağanlaştıkları bilgisine ulaşılmasının ve VAR gecikme sayısının tespit edilmesinin ardından yapılabilir. Tüm seriler eşit seviyede bütünleşik olduğunda seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı ya da yokluğu ölçülebilir (Nargeleçkenler ve Sevüktekin, 2010: 483).

Eşbütünleşme kavramı herhangi iki iktisadi değişkene ait olan zaman serilerinin durağan bir doğrusal kombinasyonunun eğer varsa ekonometrik olarak belirlenebileceğini ifade eder. Bu seriler durağan olmayabilir. Durağan olmayan iki zaman serisi aynı seviyede bütünleşikseler, iki seri arasında uzun dönemli ilişkiden söz edilebilir. İki serinin aynı dereceden entegre olması ikisindeki trendin birbirini götürmesine sebep olur. Ayrıca trend faktöründen arındırılmış bir ilişkinin bulunmasına yol açar. Seriler arasında uzun dönemli bir ilişkinin varlığı ya da yokluğu tüm seriler eşit düzeyde bütünleşik olduğu zaman test edilebilir (Turan, 2018).

Çalışmada Durbin-Hausman testi kullanılmıştır. Testte bağımsız değişkenler $I(0)$ ya da $I(1)$ gibi ayrı derecelerde durağan olabilir. Ayrıca şunu söylemek gerekir ki bağımlı değişkenin mutlaka durağan olmamalıdır. Test uygulanırken önce serilerin seviye değerleri kullanılarak test yürütülür. Eğer boş hipotez reddedilirse bağımlı değişken üzerine birim kök testi uygulanır. Bu sırada birim kök varsa eşbütünleşme var demektir. Ayrıca bu testten heterojenlik ve homojenlik varsayımları olarak faydalanılır (Westerlund, 2008).

Durbin-Hausman testi iki tip test istatistiği sunar. Bunlar grup ve paneldir. Westerlund (2008) Durbin-Hausman yönteminde, eşbütünleşme ilişkisinin varlığı, grup ve panel için ayrı test edilir. Heterojenlik varsayımı kabul edilmişse grup istatistikleri incelenir. Homojenlik varsayımı kabul görmüşse panel istatistiklerine bakılır. Grup testinde otoregresif parametrenin kesitler arasında farklılaşmasına izin verilmektedir. Bu durum testte H_0 hipotezinin reddedilmesini, en azından bazı kesitler için eşbütünleşme olduğunu ifade eder. Panel testinde ise, otoregresif parametrenin bütün kesitler için aynı olduğu düşünülür. Bu varsayım kapsamında, H_0 hipotezi kabul görmediğinde tüm kesitler için eşbütünleşme ilişkisi söz konusu olacaktır (Di Iorio ve Fachin, 2008).

Tahmin sürecinde öncelik kalıntılara verilmiştir. Kalıntılara OLS yerine temel bileşenler (PCA) prosedürü izlenerek ulaşılır. Bunda ortak faktör meselesi etkilidir. Kalıntılara ulaşılmasının ardından kalıntılara OLS tahmini ve test istatistikleri yapılır. Bu süreçte varyans ve bant genişliği (bandwith) bilgilerinden faydalanılır (Topal, 2017). Test istatistiğinin hesaplanmasında, paneli oluşturan ülkelere has sabit ve trend değişkenlerden yararlanılmaktadır. Ayrıca aşağıda yer alan hipotezler sınanmaktadır:

$$H_0: \Phi_i = 1, \text{Eşbütünleşme ilişkisi yoktur. } (i=1,2, \dots, n)$$

$$H_1: \Phi_i < 1, \text{Eşbütünleşme ilişkisi vardır. } (i=1,2, \dots, n)$$

Hipotezlerin ret veya kabulüne, elde edilen test istatistiğinin normal dağılım tablosu kritik değerleriyle mukayese edilmesiyle karar verilmektedir. Buna göre, ulaşılan test istatistiği 1,645'ten büyük olduğunda (% 5 anlamlılık düzeyi), H_0 reddedilip eşbütünleşme ilişkisinin varlığı kabul edilmektedir. Veri modelini ilk olarak panel oluşturur;

$$y_{it} = \alpha_i + \beta_i x_{it} + z_{it} \quad (15)$$

$$x_{it} = \delta X_{it-1} + w_{it} \quad (16)$$

Kalıntıları gösteren z_{it} dağılımının, aşağıdaki denklemle uyum sağlayacağı düşünülür. Söz konusu denklem de hata terimi bileşenlerine göre sınıflandırılmıştır. Ayrıca ortak faktör varsayımı uygulanarak yatay kesit bağımlılığı da göz önünde bulundurulmuştur;

$$z_{it} = \lambda_i' F_t + e_{it} \quad (17)$$

$$F_{jt} = p_j F_{jt-1} + u_{jt} \quad (18)$$

$$e_{it} = \phi_i e_{it-1} + v_{it} \text{ (Her } j \text{ için } p_j < 1 \text{)} \quad (19)$$

Burada F_t ; F_{jt} k-boyutlu ortak faktör vektörüdür ($j=1....k$) ve λ_i ise; faktör yüklerinin uyumlu vektörüdür. Öncelikle Durbin-Hausman testini oluşturmak için, (17) no'lu denklemde fark alınır;

$$\Delta z_{it} = \lambda_i' \Delta F_t + \Delta e_{it} \quad (20)$$

Fark denkleminde Δz_{it} bilinirse, λ_i ve ΔF_t temel bileşenler metoduyla direkt bir biçimde öngörülebilir. Ancak Δz_{it} bilinmemektedir ve bu sebepten ötürü denklem (21)'de yazılan OLS tahmini yerine, temel bileşenler analizinin uygulanması doğru olacaktır;

$$\Delta \hat{z}_{it} = \Delta y_{it} - \hat{\beta}_i \Delta x_{it} \quad (21)$$

Burada $\hat{\beta}_i$; Δy_{it} 'nin Δx_{it} üzerine regres edilmesiyle elde edilebilir. ΔF_t 'nin temel bileşen tahmincisi $\Delta \hat{F}_t$; $(T-1) \times (T-1)$ boyutlu $\Delta \hat{z}_{it} \Delta \hat{z}_{it}'$ matrisinin en büyük Eigen değeriyle uyumlu Eigen vektörü $\sqrt{T-1}$ defa hesaplanarak ulaşılır. Öngörülen faktör yükleri matrisi $\hat{\lambda} = \Delta \hat{F}' \Delta \hat{z} / (T-1)$ ile hesaplanır. $\hat{\lambda}_i$ ve $\Delta \hat{F}_t$ bu hesaplamanın ardından kalıntıların (resid) birinci farkı aşağıda yer alan bir şekilde ifade edilebilir;

$$\Delta \hat{e}_{it} = \Delta \hat{z}_{it} - \lambda_i' \Delta \hat{F}_t \quad (22)$$

Denklem 22'de hata terimi $\hat{e}_{it} = \sum_{j=2}^t \Delta \hat{e}_{ij}$ şeklindedir. Eşbütünleşmenin olmadığını belirten boş hipotez, denklem (23) yoluyla $\phi_i = 1$ olup olmadığını test edilmesiyle asimtotik eşdeğerdir;

$$\hat{e}_{it} = \phi_i \hat{e}_{it-1} + \text{hata terimi} \quad (23)$$

Durbin-Hausman testi için gerekli olan çekirdek tahminci (kernel estimator) şöyledir;

$$\hat{\omega}_i = \frac{1}{T-1} \sum_{j=M_i}^{M_i} \left(1 - \frac{j}{M_i+1}\right) \sum_{t=j+1}^T \hat{u}_{it} \hat{u}_{it-j} \quad (24)$$

Burada $\hat{u}_{it}$ denklem (23)'den elde edilen OLS kalıntılarıdır ve M_i ise bant genişliği (bandwidth) parametresidir. $\hat{\omega}_i^2$ 'nin değeri, $\hat{u}_{it}$ 'nin uzun dönem varyansı ω_i^2 'nin tahmini ile tutarlıdır. Buna karşılık gelen eşanlı varyans tahmini $\hat{\sigma}_i^2$ ile belirtilebilir. Verilen bu tahminlerle iki farklı varyans oranları yazılabilir: $\hat{S}_i = \hat{\omega}_i^2 / \hat{\sigma}_i^4$ ve $\hat{S}_i = \hat{\omega}_i^2 / (\hat{\sigma}_i^2)^2$. Burada;

$$\hat{\omega}_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\omega}_i^2 ; \hat{\sigma}_n^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \hat{\sigma}_i^2 \quad (25)$$

Tüm hesaplamaların ardından Durbin-Hausman grup ve panel (DH_g, DH_p) istatistikleri denklem (26) vasıtasıyla tahmin edilebilir;

$$DH_g = \sum_{i=1}^n \hat{S}_i (\tilde{\phi}_i - \hat{\phi}_i)^2 \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \text{ ve } DH_p = \hat{S}_n (\tilde{\phi} - \hat{\phi})^2 \sum_{i=1}^n \sum_{t=2}^T \hat{e}_{it-1}^2 \quad (26)$$

4.6.4. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini

Analiz neticesinde değişkenler arasında bu yönde bir ilişki söz konusu olursa ilişkinin katsayılarının tahmin edilmesi gerekir. Bu yorum yapabilmek için de ihtiyaçtır. Bu durumda klasik En Küçük Kareler (EKK) yöntemi yerine Bai vd. (2009)'ın Cup-FMOLS (Continuous Updated Fully Modified Ordinary Least Squares), Pesaran vd. (1999)'ın PMG (Pooled Mean Group), Eberhardt ve Teal (2010)'ın AMG (Augmented Mean Group), Phillips ve Hansen (1990) ve Pedroni (2000)'ın FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares), Saikkonen (1991)'ın DOLS (Dynamic Least Squares) ve Pesaran (2006)'ın CCE (Common Correlated Effect) gibi çeşitli tahminler kullanılmaktadır. Çünkü klasik regresyon modelinden faydalandığında katsayı tahminleri süper tutarlı olur. Ayrıca eşbütünleşme içsellik sorununa sebep olur (Nargelecekenler, 2009). Bu noktada ise dışsal şoklar modeldeki içsel değişkenlerle ilişkili olur ve $E(u | x) \neq 0$ durumunda ortaya çıkar. Diğer yandan panel modellerde zaman boyutunun uzun olması durumunda beta katsayılarının yatay kesit birimleri için farklı olma olasılığı (heterojenlik) yükselmektedir. Sabit etkiler ya da rassal etkiler metotları homojenlik varsayımına dayandığı için etkin yöntemler arasında sayılamayacaktır. Çünkü bu tahminler bireysel grupları havuzlamaya ve sadece sabit terimlerin farklılaşmasına müsâade etmektedir. Diğer tüm katsayılar ve hata varyansları gruplar arasında aynıdır. Zaman boyutunun uzun olması durağanlık meselesine de beraberinde getirebilir. İkinci mesele ise yatay kesit bağımlılığıdır. Kullanılacak tahminlerin buna izin vermesi gerekir (Kar ve Kar, 2019: 1001). İşte bu koşullar içerisinde

artık klasik EKK tahmincileri sapmasız olamaz. Dolayısıyla devreye yukarıda zikredilen tahminciler girmektedir (Gujarati, 2004).

Pesaran ve Smith (1995)'ın Ortalama Grup (Mean Group) ve Pesaran, Shin ve Smith (1999)'ın Havuzlanmış Ortalama Grup (Pooled Mean Group) yöntemleri kullanılan ilk tahmincilerdendir. Bu iki tahminci genellikle panel modellerde kullanılır. Değişkenler arasındaki dinamik ilişkileri dikkate alabilmesi diğer tahminciler karşısındaki avantajıdır. Bunun yanı sıra değişkenler arasındaki kısa süreli ilişkinin verdiği bilgiler de kullanılarak uzun dönem parametreler öngörülmektedir. Bunu yaparken MG tahmincisi modeldeki sabit terim, hata düzeltme terimi ve eğim parametrelerinin ülkeler arasında değişmesine izin verir. Bu tahminci paneldeki her grubun ayrı ayrı tahminlerinin ortalamasıdır. Pesaran ve Smith (1995)'a göre parametrelerin ortalaması alınarak yapıldığı için MG tahmincisi tutarlıdır. Pirotte (1999) çalışmasında geniş örneklemelerde MG'nin etkili bir uzun dönem tahmincisi olduğunu göstermiştir. Bu tahminci katsayıların kesitten kesite farklılık göstermesine (heterojenliğe) izin vermektedir (Kar ve Kar, 2019: 1001). Fakat örneklem sayısının çok olduğu durumlarda grup tahminci etkinlikten uzaklaşır. Yani bu tahmincinin tutarlı olabilmesi için, gerekli koşul zaman ve kesit boyutunun birbirine yakın olması ve yeteri kadar (20-30 ülke gibi) geniş olması gerekmektedir (Özer, 2017: 116).

Pesaran, Shin ve Smith (1999) PMG tahmincisini söz konusu eksikliği gidermek için önermiştir. Burada sabit terimler, uzun dönem dengeye gelme (uyarlama) hızı ve hata varyansları dâhil olmak üzere kısa dönem katsayılarının ülkeden ülkeye heterojen olmasına izin verilir. Söz gelimi bireysel ülke katsayılarının basit ortalamasını alarak ülkeler arasında kısa dönem katsayılarının tutarlı tahmincisi olmaktadır (Loayza ve Ranciere, 2004: 6). Ancak uzun dönem eşbütünleşme katsayıları ve kesitler arasındaki varyans (eğim katsayıları) kesitler arasında homojendir (Büberkökü, 2016: 289). PMG tahmincisi uzun ve kısa dönem tahminleri arasındaki ayarlama dinamiğini vurgular. Fakat bu katsayının anlamlı olması için hata düzeltme terimi istatistiksel olarak anlamlı olmalıdır. Tahminciler ARDL modeli üzerinden hesaplandığı için hata düzeltme modeli neticesinde ulaşılan artıklar ilişkisiz olmalı ve açıklayıcı değişkenler dışsal olarak da işlenmelidir. Son olarak N'nin küçük ve T'nin büyük olduğu hallerde de tahminci olarak kullanılabilir (Özer, 2017: 116; İzgi ve Konu, 2019: 104). MG ve PMG için ilk olarak Otoregresif Dağıtılmış Gecikme Modeli (ARDL) modeli yazılır;

$$y_{it} = \sum_{j=1}^p \lambda_{ij} y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^q \delta_{ij} X_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (27)$$

Eşitlikte $i = 1, 2, \dots, N$ kesit sayısını, $t = 1, 2, \dots, T$ zaman boyutunu, X_{it} $k \times 1$ boyutlu açıklayıcı değişkenler matrisini, δ_{it} bunlara ait $k \times 1$ boyutlu katsayılar matrisini, λ_{ij} sabit sayıları (scalar) ve μ_i bireysel etkileri temsil etmektedir. Bu modelde her bir kesitte modelin gerçek değerlere uygulanması (fit) için T yeteri kadar uzun olmalıdır. Son olarak istenilirse modele mevsimsel kukla ya da trend eklenebilir. Eğer 27 numaralı eşitlik $I(1)$ yani birinci farkında durağan ve eşbütünleşik ise hata terimi tüm kesitler için seviyesinde durağan yani $I(0)$ olacaktır. Eşbütünleşmede uzun dönemde sapmalar kaybolur ve iki değişken arasındaki durağan durum dengesi tekrar tesis edilir. Ancak kısa dönemde değişkenlerde dengenin bozulması nedeniyle sapmalar olabilir. Bu durum hata düzeltme modeli şeklinde ifade edilirse;

$$\Delta y_{it} = \phi_i (y_{i,t-1} - \theta_i X_{it}) + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij}^* \Delta y_{i,t-1} + \sum_{j=0}^{q-1} \delta_{ij}^* \Delta X_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (28)$$

Eşitlikte uzun dönem hata düzeltme mekanizmasını yani uyarılama hızını

$$\phi_i = -(1 - \sum_{j=1}^p \lambda_{ij}), \text{ uzun dönem eşbütünleşme katsayılarını } \theta_i = \frac{\sum_{j=0}^q \delta_{ij}}{1 - \sum_{k=1}^p \lambda_{ik}} \text{ ve kısa dönem hata}$$

düzeltilme katsayılarını $\lambda_{ij}^* = - \sum_{m=j+1}^p \lambda_{im}$ göstermektedir. Eğer $\phi_i = 0$ ise eşbütünleşme yoktur.

Eşbütünleşme için bu katsayının sıfırdan farklı negatif ve istatistiksel olarak anlamlı olması gerekir. Eşitlik 28 sabit etkiler ya da rassal etkilerden hangisine uygunsa ona göre tahmin edilir. MG tahmincisinde, yeteri kadar uzun T altında, her bir kesit/grup için regresyon analizi yapılır ve uzun dönem eşbütünleşme katsayılarının basit aritmetik ortalaması MG tahmincisini verir (Blackburne ve Frank, 2007).

PMG ise ilave olarak havuzlanmış (modelde uzun dönem katsayıları üzerindeki homojenlik kısıtı ile bu katsayıların gruplar arasındaki ortalamalarının bir arada ele alınması) şekilde hesaplanır. Eşitlik 28'de hata teriminin varyansı sıfırdan büyük ($\sigma_i^2 > 0$) ve sıfır ortalamaya sahiptir. Kesit ile boyutlar arasında aynı ve bağımsız dağılım gösterir

(identically and independently distributed-i.i.d.). X ve Y gibi iki değişken arasında eşbütünleşme çıkması durumunda ($\phi_i < 0$) eşitliği aşağıdaki gibi ifade etmek mümkündür;

$$y_{it} = \theta_i x_n + \eta_{it} \quad (29)$$

Eşitlikte $i = 1, 2, \dots, N$ kesit sayısını ve $t = 1, 2, \dots, T$ zaman boyutunu vermektedir. Teta uzun dönem eğim katsayıları $\theta_i' = \frac{\beta_i'}{\theta_i}$ 'dir ve kesitler arasında homojendir. η_{it} , sabit etkiler de dahil olmak üzere sıfırdan farklı ortalamaya sahip durağan hata terimidir. Eşitlik 28 tekrar yazılırsa;

$$\Delta y_{it} = \phi_i \eta_{i,t-1} + \sum_{j=1}^{p-1} \lambda_{ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=0}^{q-1} \gamma'_{ij} \Delta x_{i,t-j} + \mu_i + \varepsilon_{it} \quad (30)$$

Eşitlikte aynı şekilde $\eta_{i,t-1}$ hata terimidir. ϕ_i , uzun dönem dengesine uyarlama hızını gösteren hata düzeltme terimi katsayısıdır. PMG tahmincisi kısa dönem katsayıların, sabit terimin ve hata varyansının kesitler arasında heterojen olmasına izin verirken uzun dönem katsayılarını homojen olarak görür (Zaman vd., 2019: 7). Yani tüm i 'ler için teta $\theta_i = 0$ 'dır. Tüm PMG tahmincilerini hesaplamak için Pesaran vd. (1999) çalışmalarında ε_{it} hata teriminin normal dağıldığını varsayarak havuzlanmış Maksimum Olabilirlik Tahmini (Maximum Likelihood Estimation-MLE) yaklaşımını önermiş ve PMG tahmincilerini aşağıdaki gibi hesaplamıştır (Mahyideen vd., 2012: 370);

$$\hat{\phi}_{PMG} = \frac{\sum_{i=1}^N \check{\phi}_i}{N}; \quad \hat{\beta}_{PMG} = \frac{\sum_{i=1}^N \check{\beta}_i}{N}; \quad \hat{\lambda}_{jPMG} = \frac{\sum_{i=1}^N \check{\lambda}_i}{N} \quad (j=1,2,\dots,p-1); \quad \hat{\gamma}_{jPMG} = \frac{\sum_{i=1}^N \check{\gamma}_i}{N} \quad (j=1,2,\dots,q-1); \quad \hat{\theta}_{PMG} = \bar{\theta}$$

Ancak hem MG hem de PMG yatay kesit bağımlılığına dirençli tahminciler değildir. Modelde bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin yer alması içsellik sorununa yol açabilmektedir. Bu durumda MG ve PMG tahmincileri yanıltıcı olur (Sisay, 2015: 3-4). İşte bu noktada Eberhardt ve Teal (2010) iki aşamalı Genişletilmiş Ortalama Grup (Augmented Mean Group-AMG) tahmincisini önermektedir.

Eberhardt ve Teal (2010) tarafından CCE tahmincisine alternatif olarak literatüre kazandırılan AMG tahmincisi, yatay kesit bağımlılığını ortak faktörleri dinamik süreç mekanizması ile dikkate alır ve zaman kukla (time dummies) değişkenleri kullanılır. Panelin

geneli için uzun dönem eşbütünleşme katsayılarını üretirken aritmetik ortalamalarını ağırlıklandırır. Durağan olmama durumunda da kullanılabilen ve paneli meydana getiren ülkelere ve panelin geneline ait eşbütünleşme katsayılarını hesaplayabilen bir tahmincidir. Hata teriminin sebep olduğu içsellik meselesinin varlığı durumunda da kullanılabilmektedir. Her yatay kesit için farklı (heterojen) eğim parametreleri tahminine izin verir (Eryugur ve Özokçu, 2016: 235). İlk önce zaman boş değişkenlerinin de eklendiği (augmented) havuzlanmış regresyon modeli serilerin birinci farkları kullanılarak EKK yöntemi ile tahmin edilir. Böylelikle gözlemlenemeyen ortak faktör tahmin edilir. Ortak dinamik süreçten kasıt budur;

$$\Delta y_{it} = b' \Delta x_{it} + \sum_{t=1}^T c_t \Delta D_t + e_{it} \quad (31)$$

Eşitlikte b' ortalama grup tahmin katsayılarını, y_{it} , $i = 1, 2, \dots, N$; $t = 1, 2, \dots, T$ olmak üzere i . kesite ait bağımlı değişkeni, e_{it} , hata terimini, x_{it} , $k \times 1$ boyutlu açıklayıcı değişkenler (gözlemlenebilen ortak değişkenler) vektörünü, c_t ve D_t zaman boş değişkenlerini (t adet) göstermektedir. Zaman boş değişkenlerinin katsayısı c_t , tüm panel kesitleri arasında bireysel etkiler katsayısı “ $\hat{\mu}_t^*$ ” olarak $\hat{c}_t = \hat{\mu}_t^*$ ’ye dönüştürülür. $\hat{\mu}_t^*$ elde edildikten sonra ikinci adımda, bunun da içinde olduğu her bir kesit için c_i , katsayısı aşağıdaki model tahmin edilerek hesaplanır (Eberhardt, 2012: 64);

$$y_{it} = \alpha_i + b_i' x_{it} + c_i t + d_i \hat{\mu}_t^* + e_{it} \quad (32)$$

İşte buradaki açıklayıcı değişkenlerin katsayısı AMG tahmincisi, $\hat{b}_{AMG} = N^{-1} \sum_i \hat{b}_i$ verir.

CCE tahmincisi Pesaran (2006) çalışmasında önerilmiştir. Monte Carlo simülasyonlarında CCE tahmincilerinin hem $T > N$ iken hem de küçük örneklemelerde dahil son derece verimli neticeler sağladığı tespit edilmiştir. Yatay kesit bağımlılığının önemsendiği bu yöntemde ilk olarak her bir kesitin eşbütünleşme katsayıları tahmin edilmekte ardından panele ait eşbütünleşme katsayısı, kesitlerin katsayılarının aritmetik ortalaması alınarak bulunmaktadır. Ayrıca bağımlı ve bağımsız değişkenin yatay kesit ortalamaları hesaplamaya dahil edildiği için test istatistiği katsayılarının ülkeler arasında değişmesine izin verilmektedir. Kesitler için $i = 1, 2, \dots, N$ ve t yıllar için $t = 1, 2, \dots, T$ olmak üzere y_{it} bağımlı değişkene ait panel modelden hareketle;

$$y_i = x_i\beta + F\lambda_i + \varepsilon_i \quad (33)$$

modeli tahmin edilir. Burada y_i vektörü $y_i = (y_{i,1}, y_{i,2}, \dots, y_{i,T})'$ bağımlı değişkeni, $x_i = (x_{i,1}, x_{i,2}, \dots, x_{i,T})'$ olmak üzere $T \times k$ boyutlu bağımsız değişkenler matrisini, $F = (F_1, F_2, \dots, F_T)$ olmak üzere gözlemlenemeyen ortak faktör matrisini, λ_i bu $r \times 1$ boyutlu faktör yükleri vektörünü (bağımsız değişkenler ve deterministik bileşenlerle ilişkili ortak etkiler) ve $\varepsilon_i = (\varepsilon_{i,1}, \varepsilon_{i,2}, \dots, \varepsilon_{i,T})'$ $T \times 1$ boyutlu hata terimini vermektedir. Bu durumda modelde bilinmeyen faktörlerin etkisi artık $F\lambda_i + \varepsilon_i$ olmaktadır. Bu birleşik hata teriminin elbette bağımsız değişkenlerle ilişkili olmaması gerekir (Banerjee ve Silvestre, 2017: 6). Aksi halde tahmincilerin tutarlılık varsayımı ihlal edilir. Bu durumda bağımsız değişkenlerin;

$$x_i = F\Lambda_i' + v_i \quad (34)$$

olduğu varsayımı yapılabilir. Eşitlikteki Λ_i , $k \times r$ boyutlu heterojen (kesitten kesite farklı) yük matrisini ve $v_i = (v_{i,1}, v_{i,2}, \dots, v_{i,T})'$ olmak üzere $T \times k$ boyutlu i.i.d. (idiosyncratic) hata terimini vermektedir. Burada ε_i hata teriminin bağımsız değişken $x_{i,t}$ 'nin şimdiki ve geçmiş değerleri ile ilişkisiz ancak gelecek değerleri ile ilişkili olduğunu varsayılmıştır. Yani otoregresif modellerdeki (AR) gibi $x_{i,t}$ 'ler, $y_{i,t}$ 'nin gecikmeli değerlerini de içermektedir. Bu özelliği kullanarak CCE tahmincisini bulmak için $T \times (k+1)$ boyutlu gözlemlenebilir z matrisi $z_i = (y_i, x_i) = (z_{i,1}, z_{i,2}, \dots, z_{i,T})'$ şeklinde tanımlanır. 33 ve 34 numaralı eşitlikler z için yeniden düzenlenirse; $z_i = FC_i + u_i$ elde edilir. Eşitlikte $C_i = (\Lambda_i'\beta + \lambda_i, \Lambda_i')$ olmak üzere $r \times (k+1)$ boyutlu değişkeni ve $u_i = (v_i\beta + \varepsilon_i, v_i) = (u_{i,1}, u_{i,2}, \dots, u_{i,T})'$ $T \times (k+1)$ boyutlu hata terimini verir. Ortak faktörlerin tahmin değeri buradaki z 'lerin ortalamasına eşittir ($\hat{F} = \bar{z}$). Daha sonra A_i şeklinde bir A matrisi tanımlanır. A değerlerinin ortalaması $\bar{A} = N^{-1} \sum_{i=1}^N A_i$ 'dir. Bu durumda CCE tahmincisi, F yerine $\hat{F}$ 'yi kullanarak havuzlanmış EKK ile tahmin edilince ortaya çıkan büyüklük beta katsayıları olacaktır;

$$\beta_{CCE} = \left(\sum_{i=1}^N x_i' M_{\hat{F}} x_i \right)^{-1} \sum_{i=1}^N x_i' M_{\hat{F}} y_i \quad (35)$$

Görüldüğü gibi modeldeki x_i ve y_i sırasıyla $\bar{x}_t = 1/N \sum_{i=1}^N x_{i,t}$ açıklayıcı değişkenlere ait yatay kesit ortalamalarını ve $\bar{y}_t = 1/N \sum_{i=1}^N y_{i,t}$ ise bağımlı değişkene ait yatay kesit ortalamalarını verir. M_A matrisi $M_A = I_T - A(A'A)^+ A' = I_T - P_A$ şeklindedir (Juodis vd., 2021: 327). CCE tahmincisi sayesinde yatay kesit bağımlılığı dikkate alınmakta, zamana bağlı olmayan gözlemlenemeyen faktörlerin kesitler arasında farklı etkilerde bulunmasına izin verilmekte ve tanımlama sorunu (açıklayıcı değişkenlerin arasında f_t varsa β_i 'lerin tanımsız olması) çözülmektedir. Pesaran (2006) araştırmasında CCE tahmin edicisinin küçük örneklerde CCEMG tahmin edicisinden daha iyi neticeler sunduğunu Monte Carlo Simülasyonu ile gözler önüne sermiştir (Eberhardt, 2012: 63-64; Topal ve Ünver, 2016: 66).

Pedroni'nin (2000) geliştirdiği Dinamik En Küçük Kareler (Dynamic Ordinary Least Square-DOLS) yöntemi ve Tam Değiştirilmiş En Küçük Kareler (Full Modified Ordinary Least Square-FMOLS) metodu olarak iki farklı yöntemin varlığından söz etmek mümkündür. FMOLS yöntemi, standar sabit etkili tahmincilerde görülen otokorelasyon, değişen varyans gibi etkinsizlikleri çözerken, DOLS yöntemi sürece dinamik unsurları da dahil ederek klasik EKK tahmincisindeki sapmaları giderebilmektedir (Gülmez ve Yardımcıoğlu, 2012: 347). Heterojenliğin kabul edildiği bu tahminde sabit terim, hata terimi ve bağımsız değişkenlerin farkları arasındaki olası korelasyon önem arz etmektedir. FMOLS tahmincisinin küçük örneklerdeki t istatistiğinin performansı için Monte Carlo Simülasyonlarının yeterli olduğu tespit edilmiştir (Kök ve Şimşek, 2006: 7-8).

DOLS tahmincisi Saikkonen (1991) ve Stock ve Watson (1993) çalışmalarındaki homojen eşbütünleşik modele dayandırılarak Pedroni, Phillips ve Moon tarafından FMOLS'e alternatif olarak geliştirilen parametrik bir tahmincidir. Tahminci homojendir, yani katsayılar kesitten kesite değişmemektedir. Fakat kısa dönem katsayılar tahmin edilirken, kesitlere ait farklı birim ve zaman etkileri ve yatay kesit bağımlılığı dikkate alınır (Nargelecekenler, 2009: 171). İlk olarak panel model belirtilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \theta_t + \gamma' x_{it} + u_{it} \quad (36)$$

$$\Delta x_{it} = v_{it} \quad (37)$$

$k + 1$ boyutlu eşitlik 36'da, y_{it} , skaler (bir değer ve birim ile ifade edilen, cebirsel işleme tabi tutulabilen ve yön gerektirmeyen büyüklük) bağımlı değişken, x_{it} , k boyutlu bağımlı değişken vektörü, $(1, - \gamma')$ ifadesi Y ve X arasındaki homojen eşbütünleşme vektörü, $(y_{it} - \gamma' x_{it})$ dengeden sapmayı gösteren birleşik hata terimi, α_i bireysel etkiler, λ_t birimlere ilişkin spesifik doğrusal trend ve θ ortak zaman faktörüdür. Aynı ve bağımsız dağılmış (i.i.d.) hata terimi u_{it} kesitler arasında bağımsız ancak zaman boyutunda bağımlıdır (Mark ve Sul, 2003: 4). DOLS tahmincisi hesaplanırken sabit etkiler modeli (bireysel etkiler, heterojen doğrusal trend ve ortak zaman etkileri incelenir), heterojen trend eklenmiş sabit etkiler modeli ve sabit etkiler, trend ve ortak trend etkisinin eklendiği model olmak üzere üç farklı şekilde hesaplanır. İlk durum sabit etkiler modelinde $\theta_t = 0$ ve $\lambda_t = 0$ 'dır. Bu modele bireysel sabit etkilerin katsayıları da eklenir. Buna göre eşitlik 36 tekrar yazılırsa;

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma' x_{it} + u_{it}^* \quad (38)$$

Eşitlik 38'deki hata terimi u_{it} , $v_{it} = \Delta x_{it}$ 'nin öncül ve gecikmeleri (p_i) ile ilişkilidir. Söz konusu dışsallığı kontrol etmek için hata terimi (p_i) ile ifade edilen öncül ve gecikmelere uygulanırsa;

$$u_{it}^* = \sum_{s=-p_i}^{p_i} \delta'_{i,s} v_{it-s} + u_{it} \quad (39)$$

Eşitlikte v_{it} yerine Δx_{it} koyulursa;

$$u_{it}^* = \sum_{s=-p_i}^{p_i} \delta'_{i,s} \Delta x_{it-s} + u_{it} \quad (40)$$

Eşitlik 40, $u_{it}^* = \delta_i' z_{it} + u_{it}$ şeklinde yazılabilir. Burada $\delta_{i,s}$, $k \times 1$ boyutlu öngörü katsayıları vektörünü, $\delta_i = (\delta'_{i,-p_i}, \dots, \delta'_{i,0}, \dots, \delta'_{i,p_i})'$, $(2p_i + 1)k$ boyutlu vektörü ve $z_{it} = (\Delta x'_{it-p_i}, \dots, \Delta x'_{it}, \dots, \Delta x'_{it+p_i})'$ bağımsız değişken x_{it} 'nin birinci farkına ait öncül ve gecikmelerin $(2p_i + 1)k$ boyutlu vektörüdür. Öngörülmüş hata terimi u_{it} , v_{it} 'nin tüm öncül

ve gecikmelerine ortogonal olacak şekilde oluşturulur. Eşitlik 40, eşitlik 38’de yerine koyulursa;

$$y_{it} = \alpha_i + \gamma' x_{it} + \delta_i' z_{it} + u_{it} \quad (41)$$

Eşitlik 35, her bir kesit için kovaryans durağan vektörel süreci $w_{it} = (u_{it}, v_t')'$ ifade eder. Şimdi eşitlik 41 zaman serisi ortalaması alınır;

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it} = \alpha_i + \gamma' \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it} + \delta_i' \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it} + \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T u_{it} \quad (42)$$

elde edilir. Eşitlik 41, eşitlik 42’den çıkarılırsa;

$$\tilde{y}_{it} = \gamma' \tilde{x}_{it} + \delta_i' \tilde{z}_{it} + \tilde{u}_{it} \quad (43)$$

modeldeki değişkenlerin zaman serisi ortalamasından sapmasını göstermektedir. Yani gözlemler kendi zaman serisi ortalamasından farkları alınmıştır;

$$\tilde{y}_{it} = y_{it} - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it} ; \tilde{x}_{it} = x_{it} - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it} ; \tilde{z}_{it} = z_{it} - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it} ; \tilde{u}_{it} = u_{it} - \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T u_{it} \quad (44)$$

Son adımda tahminciyi hesaplayabilmek için $2k(1 + \sum_{i=1}^N p_i)$ boyutlu $\tilde{q}_{it}$ vektörü tanımlanır. Bu vektörün k elemandan oluşan ilk satırı $\tilde{x}_{it}$ ’dir. $k(1 + \sum_{j=1}^{i-1} (2p_j + 1))$ ’dan $k(1 + \sum_{j=1}^i (2p_j + 1))$ boyuta kadar $\tilde{z}_{it}$ ve diğer kalanlar sıfırdır. Bu durumda $\tilde{q}_{it}$ matrisi aşağıdaki gibi görünmektedir;

$$\begin{aligned} \tilde{q}_{1t} &= (\tilde{x}_{1t} \quad \tilde{z}_{1t} \quad 0' \dots 0')' \\ \tilde{q}_{2t} &= (\tilde{x}_{2t} \quad 0' \quad \tilde{z}_{2t} \dots 0')' \\ &\vdots \\ \tilde{q}_{Nt} &= (\tilde{x}_{Nt} \quad 0' \quad 0' \dots \tilde{z}_{Nt}')' \end{aligned}$$

Bu matrise göre tüm katsayıları gösteren vektör beta ise, $\beta = (\gamma', \delta_1', \dots, \delta_N')'$ dir. Temel katsayı vektöründen sonra buna ait regresyonun kısa yazılımı; $\tilde{y}_{it} = \beta' \tilde{q}_{it} + \tilde{u}_{it}$ şeklindedir. Bu durumda sabit etkiler model için panel DOLS tahmincisi β_{NT} şu şekilde elde edilir;

$$(\beta_{NT} - \beta) = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{q}_{it} \tilde{q}_{it}' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{q}_{it} \tilde{u}_{it} \right] \quad (45)$$

İkinci durum heterojen trend eklenmiş sabit etkiler modelidir. Yani hem bireysel sabit etkiler hem de heterojen zaman trendleri modele eklenmektedir. 40 numaralı denklem 38’de yerine koyulursa (tüm t’ler için $\theta_i = 0$);

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_i t + \gamma' x_{it} + \delta_i' z_{it} + u_{it} \quad (46)$$

Eşitlik zaman serisine bölünürse;

$$\frac{1}{T} \sum_{t=1}^T y_{it} = \alpha_i + \lambda_i \frac{T+1}{2} + \gamma' \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T x_{it} + \delta_i' \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T z_{it} + \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T u_{it} \quad (47)$$

elde edilir. Görüldüğü gibi $\frac{T+1}{2} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T t$ ’dir. Sabit etkileri kontrol edebilmek için eşitlik 46 numaralı eşitlik 47’den çıkarılır ve şu eşitlik elde edilir;

$$\tilde{y}_{it} = \lambda_i \tilde{t} + \gamma' \tilde{x}_{it} + \delta_i' \tilde{z}_{it} + \tilde{u}_{it} \quad (48)$$

Eşitlikte işaretli ifadeler modeldeki değişkenlerin zaman serisi ortalamasından sapmasını göstermektedir. 48 numaralı eşitlik belirlendikten sonra panel DOLS tahmincisini tahmin etmek için trend eğim katsayıları vektörü $\lambda_N = (\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_N)'$ ve tüm katsayılar vektörü $\beta = (\gamma', \lambda_N', \delta_1', \dots, \delta_N')'$ olmak üzere tanımlanarak $2k(1 + \sum_{i=1}^N p_i)$ boyutlu $\tilde{q}_{it}$ vektörü;

$$\begin{aligned} \tilde{q}_{1t}' &= (\tilde{x}_{1t} \quad \tilde{t} \quad 0 \dots 0 \quad \tilde{z}_{1t}' \quad 0' \dots 0')' \\ \tilde{q}_{2t}' &= (\tilde{x}_{2t}' \quad 0 \quad \tilde{t} \dots 0 \quad 0' \quad \tilde{z}_{2t}' \dots 0')' \\ \vdots & \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \quad \vdots \\ \tilde{q}_{Nt}' &= (\tilde{x}_{Nt}' \quad 0 \quad 0 \dots \tilde{t} \quad 0' \quad 0' \dots \tilde{z}_{Nt}')' \end{aligned}$$

Bu durumda heterojen trend eklenmiş panel DOLS tahmincisi aşağıdaki gibi elde edilebilir;

$$\beta_{NT} = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{q}_{it} \tilde{q}_{it}' \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \tilde{q}_{it} \tilde{y}_{it} \right] \quad (49)$$

Son durumda sabit etkiler, heterojen trendler ve ortak zaman etkisi birlikte ele alınır. İlk olarak 38 numaralı eşitlikte belirtilen panel model öngörölmüş hata terimi ile ifade edilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \lambda_t + \theta_t + \gamma'x_{it} + \delta_i'z_{it} + u_{it} \quad (50)$$

Bu modelde zaman etkisi eklenmişti. Bunu kontrol etmek için yatay kesit ortalamaları kullanılır. Çünkü tüm kesitler için öngörölmüş katsayılara (δ_i) heterojenlik varsayımı eklendiği için söz konusu ortalama $\sum_{j=1}^N \delta_j'z_{jt}$ şeklinde hesaplayarak δ_i 'ler elde edilebilir. Ancak bu yöntem karmaşık olduğu için tahmin problemi adım adım ilerlenerek ve dışsalılık problemi nedeniyle eşbütünleşme vektörünün tahmininden ayrı olarak ele alınır. Bunun için $\eta_{it} = (1, t, z_{it}')'$ ve $x_{it}^{**} = x_{it} - \Phi_i \eta_{it}$ olmak üzere y_{it} 'nin η_{it} ve x_{it}^{**} üzerine gelecek değerlerinin öngörölmesi amacıyla yapılan regresyon işleminden elde edilen hata terimleri y_{it}^{**} olarak tanımlanır. Buradaki Φ_i , $(k+2) \times p_i$ boyutlu regresyon işlemi katsayılar matrisidir. y_{it} ve x_{it} 'nin yerine eşitlik 50'te yerine koyulursa;

$$y_{it}^{**} = \gamma'x_{it}^{**} + \theta_t + u_{it} \quad (51)$$

Burada amaç γ hakkında tahmin ve yorum yapmaktır. Bunun için eşitlik 51'in yatay kesit ortalaması alınır yani terimler kesit sayısına bölünür;

$$\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_{jt}^{**} = \gamma' \left[\frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{jt}^{**} \right] + \theta_t + \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_{jt} \quad (52)$$

Ortak zaman etkisinden kurtulmak için eşitlik 52 eşitlik 51'ten çıkarılır;

$$y_{it}^{**+} = \gamma'x_{it}^{**+} + u_{it}^+ \quad (53)$$

elde edilir. Buradaki artı işaretli ifadeler o değişkene ait gözlemlerin kendi yatay kesit ortalamasından farklarının alındığını gösterir.

$$y_{it}^{**+} = y_{it}^{**} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_{jt}^{**}$$

$$x_{it}^{**+} = x_{it}^{**} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{jt}^{**}$$

$$u_{it}^{**+} = u_{it}^{**} - \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N u_{jt}^{**}$$

Artık panel DOLS tahmincisi şu şekilde ifade edilebilir;

$$\gamma_{NT} = \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T x_{it}^{**+} x_{it}^{**+0} \right]^{-1} \left[\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T x_{it}^{**+} y_{it}^{**+} \right] \quad (54)$$

FMOLS yöntemi ilk olarak Phillips ve Hansen (1990) çalışmasında ortaya atılmıştır. Eşbütünleşme çıkması durumunda, otokorelasyonu ve içsellik sorununu dikkate almak için tahmincinin En Küçük Kareler (OLS) kısmında parametrik olmayan düzeltmeler yapılır. Bu noktada bağımlı değişken, bağımsız değişkenler üzerinde dışsallaştırılır ve uzun dönem tutarlı varyans tahmin edilir. Zaten FMOLS ve DOLS tahmincilerinin çıkış noktası içsellik sorununu çözmektir. Ancak FMOLS bu tahmini yaparken dışsallığı yarı parametrik şekilde dikkate alırken, DOLS parametrik şekilde yapar (Sender, 2013).

Tanımlanacak olursa FMOLS tahmincisi, eşbütünleşik denklemin ve stokastik şokların uzun zaman zarfındaki korelasyonunun sebep olduğu bu meselelerden kurtulmak maksadıyla açıklayıcı değişkenlerle hata terimi arasındaki içsellik problemini ve hata terimleri arasındaki otokorelasyonu göz önünde tutan yarı-parametrik bir düzeltme yoludur (Topaloğlu ve Ege, 2020: 1382).

FMOLS yöntemi, asimtotik etkinliği temin etmek için klasik EKK'yı modifiye eder ve buna ilâveten eşbütünleşme ilişkisinin sebep olduğu içselliği test eder (Rukhsana ve Shahbaz, 2008). Aynı zamanda bu süreçte serisel korelasyon etkilerini de göz önünde tutar. FMOLS yöntemi yarı-parametrik düzeltme işlemini gerçekleştirir. Nihai aşamada ulaşılan FMOLS tahmincisi asimtotik olarak hem yansızdır hem de etkindir. Böylece bu iki problem çözülmüş olur. FMOLS yönetiminde sabit terim, hata terimi ve değişkenler arasındaki heterojenliğe müsâade veren korelasyonun derecesi göz önünde tutulur (Gündoğan ve Tok, 2019: 137). Pedroni (2000) çalışmasında FMOLS metodunun küçük örneklerdeki gücünü Monte Carlo Simülasyonları ile araştırmış ve t istatistiğinin küçük örneklerdeki

performansının yeterli olduğunu tespit etmiştir (Gülmez, 2015: 24). İlk olarak aşağıdaki panel modelden hareket edilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \beta x_{it} + u_{it} \quad (55)$$

$$x_{it} = x_{it-1} + v_{it} \quad (56)$$

Eşitliklerde y_{it} bağımlı değişkeni, x_{it} m boyutlu bağımsız değişkenler vektörünü ve α_i eşbütünleşmeye izin veren spesifik sabit etkileri belirtir. Paneli oluşturan kesitler asimptotik dağılıma sahiptir ve aralarında bağımlılığın olmadığı varsayılmaktadır. 55 numaralı denklem eşbütünleşme denklemdir. Ancak bu denklem $\text{Cov}(u_{it} ; v_{it}) = 0$ varsayımı altında geçerlidir. İşte bu varsayım eleştirilmektedir. Eğer kovaryans sıfır çıkmazsa yani hata terimleri arasında ilişki varsa sapma (bias) tahminciler sapmalı olur. Ayrıca dışsallık (second order bias) ve otokorelasyon problemi ortaya çıkar. İşte FMOLS, DOLS ve IMOLS yöntemlerinin çıkış noktası modelin en küçük kareler kısmında yapılan yarı parametrik ya da parametrik düzeltmelerdir.

Örnekte eğer eşbütünleşme ilişkisi çıkarsa, yani y_{it} birinci dereceden bütünleşikse β , tahmin edilmesi gereken uzun dönem eşbütünleşme vektörü olacaktır (Pedroni, 2000). Burada ilk olarak eşitlik 55'daki model her bir yatay kesit için FMOLS tahmincisi kullanılarak tahmin edilir. 56 numaralı eşitlikteki vektör hata düzeltme süreci $\xi = (\mu_{it}, \varepsilon_{it})'$, asimptotik kovaryans matrisi Ω_i ile birlikte durağandır. Bu matris kesitten kesite değişmektedir; $\Omega_i = \lim_{T \rightarrow \infty} E[T^{-1}(\sum_{t=1}^T \xi_{it})(\sum_{t=1}^T \xi_{it}')]$. Kovaryans matrisi $\Omega_i = \Omega_i^0 + \Gamma_i + \Gamma_i'$ şeklinde ayrıştırılabilir. Eşitlikteki Ω_i^0 eş zamanlı kovaryansı ve Γ_i otokovaryansların ağırlıklı toplamını göstermektedir. Bu matrisin diagonal dışındaki terimleri bağımlı ve bağımsız değişken arasındaki iki yönlü (feedback) ilişkiyi gösterir. Sonraki adımda a asimptotik kovaryans matrisi Ω_i , alt üçgen matrisi (kare matrisin özel bir türü) L_i 'yi elde etmek için üçgenselleştirilir. Matris cebirinde bu işlem matrise alt (lower) ve üst (upper) üçgen matris olarak ifade etmek için ayrıştırma yapılmasıdır. Alt üçgen matris L_i aşağıdaki gibi ifade edilebilir;

$$L_{11i} = \Omega_{11i} - \Omega_{21i}^2 / \Omega_{11i}^{1/2}, L_{12i} = 0, L_{21i} = \Omega_{21i} / \Omega_{11i}^{1/2}, L_{22i} = \Omega_{22i}^{1/2}$$

Pedroni (2000) çalışmasında kovaryans matrisinin tahmininde değişen varyansa karşı dikkatli olunması için Newey-West tahmincisinin kullanılmasını önermektedir. Böylelikle parametrik olmayan düzeltme yapılmış olur. Newey-West tahmincisi tüm korelasyonları ileri ve geri doğru dikkate alır. Ancak bu sonsuza kadar yapılamayacağı için seri en çok 10 gecikme olacak şekilde budanır (truncate). Daha sonra hata terimlerine ağırlık verilmelidir. Çünkü u_{it} ve v_{it} aynı ağırlıkta olamaz. Belli bir zaman noktasından uzaklaştıkça ağırlık azalır. Dolayısıyla asimptotik kovaryans matrisi Ω_i oluşturulurken buna dikkat edilir. Daha sonra eşitlik 55 ve 56 üzerinden Panel OLS tahmincisi tahmin edilir;

$$\hat{\beta}_{NT} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(y_{it} - y_i) \quad (57)$$

Son adımda ise her bir yatay kesitteki FMOLS tahmininden hareketle ulaşılan eşbütünleşme katsayılarının ortalaması alınarak panel için eşbütünleşme vektörü aşağıda gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Nazlıoğlu, 2010: 98-99);

$$\hat{\beta}_{NT}^* - \beta = \left(\sum_{i=1}^N \hat{L}_{22}^{-2} \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)^2 \right)^{-1} \sum_{i=1}^N \hat{L}_{11}^{-1} \hat{L}_{22}^{-1} \left(\sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i) u_{it}^* - T \gamma_i \right) \quad (58)$$

Eşitlikteki $\hat{L}_i$, asimptotik kovaryans matrisinin $(\Omega_i = \Omega_i^0 + \Gamma_i + \Gamma_i')$ tutarlı tahmincisinin ayrıştırılmış alt üçgen matrisi, $u_{it}^* = u_{it} - \frac{\hat{L}_{21i}}{\hat{L}_{22i}} \Delta x_{it}$ ve oto korelasyon uyum parametresi $\hat{\gamma}_i \equiv \hat{\Gamma}_{21i} + \hat{\Omega}_{21i}^0 - \frac{\hat{L}_{21i}}{\hat{L}_{22i}} (\hat{\Gamma}_{22i} + \hat{\Omega}_{22i}^0)$ 'dir.

Eşbütünleşme tahmincilerinden son olarak Bai ve Kao (2006) tarafından ortaya konulan Cup-FMOLS (Continuous Updated Fully Modified Ordinary Least Squares)'ten bahsedilebilir. Bai ve Kao (2006) ve Bai vd. (2009) çalışmalarında geliştirdiği Cup-FMOLS yatay kesit bağımlılığını CCE ve AMG tahmincileri ile birlikte dikkate alan bir yöntemdir. Bunun için modelin hata terimindeki her bir kesit için mevcut olan ortak faktörleri önemser. Cup-FMOLS tahmincisi, yukarıda anlatılan FMOLS tahmincisi ile yakın prosedürlere bağlı olarak geliştiği için benzer ismi almıştır. Cup-FMOLS tahmincisinde Kao ve Chiang (2000)'ın çalışmasındaki FMOLS modeli, gözlemlenemeyen $I(0)$ faktörü ile genişletilir.

Tahminci asimptotik olarak sapmasızdır ve normal dağılmaktadır (Bottaso vd., 2011: 13-14). İlk olarak aşağıdaki modelden hareket edilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + u_{it} \quad (59)$$

Panel modelde X açıklayıcı değişkenleri ($x_{it} = x_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$) ve u hata terimini ($u_{it} = \lambda_i' f_t + \eta_{it}$) vermektedir. Hata terimi λ_i' ve f_t olarak ayrıştırılmıştır. Bu terimler yatay kesit bağımlılığının dikkate alınması için modelde yer verilen faktör yüklerini (f) ve gözlenemeyen $I(0)$ faktörleri (λ) temsil etmektedir. Bağımlı değişken kesitler arası ilişkili ve açıklayıcı değişkenler kesitler arası bağımsızdır. Modelde uzun dönem kovaryans matrisi (w), $1/\sqrt{T} \sum_{t=1}^{TR} w_t \rightarrow B_1(r)$ varsayımı altında $w_t = (f_t', \eta_{it}', \varepsilon_{it}')'$ şeklinde ifade edilir. Bu ifade daha sonra Phillips ve Hansen (1990) çalışmasındaki FMOLS tahmincisinden hareketle aşağıdaki gibi tahmin edilebilir;

$$\hat{\beta}_{Cup-FM} = \left(\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i)(x_{it} - \bar{x}_i)' \right)^{-1} x \left(\sum_{i=1}^N \left(\sum_{t=1}^T (x_{it} - \bar{x}_i) \hat{y}_{it}^+ - T(\hat{\Delta}_{\varepsilon u} + \hat{\Delta}_{\varepsilon f} \hat{\lambda}) \right) \right) \quad (60)$$

$$\text{Burada} \quad \hat{y}_{it}^+ = y_{it} - (\hat{\Omega}_{ue} + \hat{\lambda}_i' \hat{\Omega}_{f\varepsilon}) \hat{\Omega}_{\varepsilon\varepsilon}^{-1} \Delta x_{it}, \quad y_{it} = \alpha_i + \beta' x_{it} + \lambda_i' f_t + u_{it},$$

$(\hat{\Delta}_{\varepsilon f}^+; \hat{\Delta}_{\varepsilon u}^+) = \hat{\Delta}_{\varepsilon b} - \Delta_{\varepsilon\varepsilon} \hat{\Omega}_{\varepsilon\varepsilon}^{-1} \hat{\Omega}_{\varepsilon b}$, $z_{\varepsilon b} = (z_{\varepsilon f} \ z_{\varepsilon u})$ ve $z = (\Delta, \Omega)$ şeklindedir. FMOLS tahmincisi ile faktör yüklerinin olduğu $x_{it} = x_{i,t-1} + \varepsilon_{it}$, $f_t = f_{t-1} + \eta_t$ 'den ulaşılan β parametreleri yakınsama olana kadar bir önceki tahmin aşamasının hata terimlerine yer verilerek her zaman tekrar edilmektedir. Böylece prosedür daima güncellenen (continuously updated) FMOLS başka bir şekilde söylemek gerekirse CUP-FM tahmincisi olarak isimlendirilmektedir (Choi, 2015: 53).

4.6.5. Nedensellik

Çalışmada eşbütünleşme tahmincileri belirlendikten sonra nedensellik ilişkisi incelenmiştir. Nedenselliğin belirlenebilmesi için Granger (1969) modeli kullanılmıştır. Dışsalılık kavramı ile birlikte ortaya atılan bu kavrama göre eğer X değişkenine ait malumatların modele ilave edilmesi, Y değişkeninin tahminine katkıda bulunuyorsa, X değişkeni Y 'nin sebebidir (Granger, 1969). Fakat bunu korelasyonla karıştırmamak gerekir. Korelasyon X ve Y gibi iki değişken arasında olan ilişkinin yönünü (pozitif ya da negatif

ilişki) ve derecesini gösterir. İki değişken arasında korelasyon olması demek direkt nedensellik olduğu anlamına gelmez. Nedensellik X değişkeninin geçmiş değerlerinin y'nin cari ve gelecek değerleri için gösterdiği öngörü gücü demektir. X değişkeni Y'nin şimdiki ya da gelecekteki değerlerinin tahmin edilmesinde yardımcı dokunuyorsa X'den Y'ye nedensellik ilişkisi var demektir. Buna karşın X'in gecikmelerine ait parametrelerin istatistiki olarak anlamlı olması gerektiği göz ardı edilmemelidir. Aslında korelasyon katsayısı hareketin kaynağını ve değişimin hangi değişkenden kaynaklandığını ifade etmez. Nedensellik ise bize bu durumu vermektedir. (Engeloğlu vd., 2015).

Granger nedensellik testinin kullanım alanı zaman içerisinde genişlemiştir. Öyle ki panel modellere de uygulanır duruma getirilmiştir. Söz konusu durum araştırmacılara bazı avantajlar kazandırmıştır. Panel modeller kesit boyutuna da sahip olduğundan daha çok gözlem ihtiva etmekte ve kısa zaman periyodunda bile nedensellik testleri yapılabilir (Hood vd., 2008: 2). Bu bağlamda çeşitli formattaki ilişkilerde kullanılabilen Granger nedensellik testlerinin panel veri için uygulanan yolları da vardır. Bunlardan ilki homojen paneller için uygulanan Holtz-Eakin vd. (1988) yaklaşımıdır. Yazarlar Panel Vektör Otoregresif Modellerin (PVAR) hem hesaplanabildiği hem de tahmin edilebildiği bir yol ortaya koymuştur. Bunlardan ikincisi ise değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmadığı durumlarda tercih edilen Dumitrescu-Hurlin (2012) yöntemidir. Yazarlar sabit katsayılarla birlikte heterojen yapıdaki paneller için standart Granger nedensellik testini uygulayarak yeni bir yöntem oluşturmuşlardır. Yatay kesitlerdeki zaman serileri için standart olarak uygulanan yöntemlerin doğal genişletilmiş versiyonu gibidir. Üçüncü yöntem geldiğimiz vakit eşbütünleşme çıkması hâlinde uygulanan ve Canning ve Pedroni (2008), Narayan ve Smyth (2009) araştırmalarında zikredilen Panel Vektör Hata Düzeltmesi (PVCMT)'ne dayalı bir yöntem olduğunu söylemek mümkündür.

Bu çalışmada panel modeldeki değişkenlerin kısa dönem nedensellik ilişkisi Dumitrescu-Hurlin testi, uzun dönem nedensellik ilişkisi ise Canning-Pedroni Nedensellik testi ile sınanmıştır.

İlk olarak kısa dönemli nedenselliğin testinde Dumitrescu-Hurlin'in (2012) yapmış olduğu nedensellik testinden faydalanılmıştır. Bu hem yatay kesit bağımlılığına ek olarak heterojenliği ve homojenliği de göz önünde bulundurmaktadır. Zaman boyutu T ve kesit sayısı N olmak üzere $T < N$ veya $N < T$ iken tercih edilebilir. Bu test ile eşbütünleşmeden söz edilsin ya da edilmesin nedensellik analizi uygulanabilmektedir (Alper ve Oransay,

2015: 80). Bu testte temel hipotez altında homojen Granger nedensellik ilişkisinin yokluğu, en az bir yatay kesitte bu ilişkinin varlığı alternatif hipotezine karşın sınanır. X ve Y gibi iki durağan seri aşağıda yer alan doğrusal heterojen modeldeki gibi gösterilir;

$$y_t = \alpha + \sum_{k=1}^K \gamma_k y_{t-k} + \sum_{k=1}^K \beta_k x_{t-k} + \varepsilon_t \quad (61)$$

X'in Y üzerindeki nedenselliğini sınamak için uygulanacak bu modelde X'in geçmiş değerleri Y'nin cari değerlerinin tahmininde istatistiksel olarak anlamlı ise X'den Y'ye nedensellik vardır. Modelde $t = 1, \dots, T$ zaman boyutunu, $n = 1, \dots, N$ kesit boyutunu, α bireysel etkileri gösteren sabiti γ_k gecikme parametrelerini ve β_k regresyon eğim katsayılarını ifade etmektedir. Testte gecikme uzunluğu K'nın yatay kesitlerde aynı olduğu, eğim katsayıları ve gecikme parametrelerinin ise birimler arasında değiştiği kabul edilir. Bu modelde tüm birimler için nedensellik olmadığını belirten boş hipotez $H_0 = \beta_i = 0$ ($\forall i = 1, \dots, N$) ve bazı kesitler için nedensellik ilişkisine ifade eden alternatif hipotez olmak üzere $H_1 = \beta_i = 0$ ($\forall i = 1, \dots, N_1$) ve $\beta_i \neq 0$ ($\forall i = N_1 + 1, \dots, N$)'dir. Burada N_1 bilinmemekle beraber $0 \leq N_1 / N < 1$ koşulunu sağlamaktadır. Burada N_1 / N ifadesi birden küçüktür. Eğer $N_1 = N$ ise o kesit için nedensellik yoktur. Eğer $N_1 = 0$ ise tüm kesitler için nedensellik vardır. Eğer $N_1 > 0$ ise nedensellik ilişkisi heterojendir. Regresyon modeli nedensellikler her ülkede farklılık göstermektedir. Karar vermek için hesaplanan ortalama bireysel Wald test istatistiği ise $W_{N,T}^{Hnc} = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N W_{i,t}$ şeklinde hesaplanır. $W_{i,t}$ ifadesi i. kesit için nedenselliği test etmekte kullanılan ve bireysel test $H_0 : \beta_i = 0$ 'a denk gelen Wald istatistiğidir. Ancak nedenselliğin olmadığını ifade eden boş hipotez altında bireysel Wald istatistikleri K serbestlik derecesiyle ki kare dağılımına yakınsarlar. $W_{i,T} \xrightarrow{d} \chi^2(K), \forall i = 1, \dots, N$. Yani T sonsuza giderken $\{W_{i,T}\}_{i=1}^N$ aynı dağılımı gösterir. Burada T sonsuza giderse bireysel Wald istatistikleri $W_{i,T}$ 'ler, $E(W_{i,T}) = K$ ve $V(W_{i,T}) = 2K$ olmak üzere bir birinden bağımsız ve aynı dağılıma sahip (i.i.d.) olacaklardır. İlk önce T sonra N sonsuza gittikçe bireysel Wald istatistikleri $W_{i,T}$ sonlu ikinci derece moment (örneğin X değişkeni için $\text{Var}(X) = E(X^2) - E(X^1)$) sayesinde i.i.d olacaktır. Bu sebeple boş hipotezi test etmek için faydalandığımız $W_{N,T}^{Hnc}$ istatistiği aşağıda yer alan dağılıma yakınsayacaktır;

$$Z_{N,T}^{Hnc} = \sqrt{\frac{N}{2K}} (W_{N,T}^{Hnc} - K) \xrightarrow[T, N \rightarrow \infty]{d} N(0,1) \quad (62)$$

Bireysel hata terimleri $\varepsilon_{i,t}$, $\forall t = 1, \dots, T$, beklenen değeri sıfır olduğu zaman bağımsız ve normal dağılım ortaya çıkacaktır. Ayrıca onlu heterojen varyansa $E(\varepsilon_{i,t}^2) = \sigma_{\varepsilon,i}^2$ sahip olacaktır. Bu varsayım altında eğer $T > 5+3K$ söz konusuysa $w_{i,t}$ başka bir deyişle Wald istatistikleri bağımsız olacaktır fakat i.i.d. olmayacaktır. Böyle bir durum söz konusu olduğunda aşağıda yer alan test istatistiğinden yararlanılmalıdır;

$$Z_N^{Hnc} = \frac{\sqrt{N} \left[W_{N,T}^{Hnc} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(W_{i,T}) \right]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(W_{i,T})}} \xrightarrow[N \rightarrow \infty]{d} N(0,1) \quad (63)$$

Uygulanan Monte Carlo Simülasyonları test istatistiğinin $\tilde{Z}_{N,T}^{Hnc}$ küçük boyutlu panellerde bile boyut ve güç unsurlarının iyi bir duruma sahip olduğunu belirtmiştir. Hem dengesiz panellerin hem de pek çok açıklayıcı değişkenin ve kesit birimlerin de heterojen gecikme uzunluklarına sahip olduğu paneller için de kullanılabilir. Bu sebepten ötürü $\tilde{Z}_{N,T}^{Hnc}$ aşağıda yer alan şekilde uyarlanmıştır;

$$\tilde{Z}_N^{Hnc} = \frac{\sqrt{N} \left[W_{N,T}^{Hnc} - N^{-1} \sum_{i=1}^N E(\tilde{W}_{i,T}) \right]}{\sqrt{N^{-1} \sum_{i=1}^N Var(\tilde{W}_{i,T})}} \quad (64)$$

İkinci olarak uzun dönemde nedensellik, Canning-Pedroni testi ile analiz edilmiştir. Söz konusu test uzun dönem nedenselliği gösterir. Buna ek olarak nedenselliğin yönünü hem pozitif hem de negatif olarak belirtmektedir. Test Hata Düzeltme Mekanizmasına (ECM) dayalı nedensellik testidir. Unutulmaması gereken bir husus da bu testi uygulamak için seriler arasında eşbütünleşme olmasının şart olduğudur. Ayrıca panel de heterojen yapıda olmalıdır. İlk olarak aşağıda yer alan panel regresyon modeli tahmin edilir;

$$y_{it} = \alpha_i + \delta_i t + \gamma_t + X_{it} \beta_i + e_{it} \quad (65)$$

Aynı şekilde Y bağımlı değişkeni, X bağımsız değişkenler vektörünü i kesit ve T zaman boyutunu ifade etmektedir. Söz konusu değişkenler durağan değildir. Değişkenler

arasında eşbütünleşme ilişkisi bulunursa seriler hata düzeltme modeli şeklinde ifade edilir. Yapılan bu modeli tahmin etmek için uygulanan model iki aşamalıdır. İlk olarak her bir kesit için yukarıda zikredilen X ve Y gibi değişken arasındaki eşbütünleşme ilişkisi Johansen Maksimum Olabilirlik ya da FMOLS yöntemi ile öngörülür. Eşbütünleşmenin bulunduğu modelde hata terimleri serisi $I(0)$ 'dır. İkinci olarak ise $\hat{e}_t = y_t - \hat{\alpha}_t - \hat{b}_t - \hat{\beta}_t X_t$ şeklinde belirtilen hata terimi aşağıda yer alan hata düzeltme modeli tahmin edilir;

$$\Delta y_{it} = c_{1i} + \lambda_{1i} \hat{e}_{it-1} + \sum_{j=1}^K \varphi_{11ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^K \varphi_{12ij} \Delta x_{i,t-j} + e_{1it} \quad (66)$$

$$\Delta x_{it} = c_{2i} + \lambda_{2i} \hat{e}_{it-1} + \sum_{j=1}^K \varphi_{21ij} \Delta y_{i,t-j} + \sum_{j=1}^K \varphi_{22ij} \Delta x_{i,t-j} + e_{2it} \quad (67)$$

Hata terimi e_{it} hata düzeltme terimidir. Söz konusu terim ilgili değişkenin uzun dönem dengesinden ne kadar sapma gösterdiğini belirtir. Ayrıca dengeye yeniden ulaşılması için hangi oranda değişimin olmasını gerektiğini ifade eder. Granger nedensellik metodolojisine göre hata düzeltme teriminin katsayıları olan uyarlama katsayıları λ_{1i} ve λ_{2i} 'nin en az birinin sıfırdan farklı olmalıdır. Dinamik Hata Düzeltme denklemi Δx_t 'deki eşbütünleşme ilişkisinin gecikmeli değeri λ_{2i} katsayısı, yalnızca X'in inovasyonlarının Y üzerinde bir tesiri olmadığında sıfır olur. Sıfır olması boş hipotez eşbütünleşme yoktur ($\lambda_{2i} = 0$) şeklindedir. Diğer bir husus ise nedenselliğin işareti ile alakalıdır. Hata düzeltme terimlerinin katsayılarının birbirine oranı yani oranı $-\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$, Y'nin X üzerindeki

inovasyonların uzun dönem etkilerinin işareti ile aynıdır. Başka bir deyişle bu oran uzun dönem nedenselliğin yönünü ve işaretini aynı anda ifade eder. Tam tersine $-\frac{\lambda_1}{\lambda_2}$ oranı ise

Y'nin X üzerindeki uzun dönem nedenselliğini ve işaretini verir. Testte son olarak grup ortalamaları ile tüm panel için nedensellik araştırılır. Ayrıca panelin tümü için yorum yapılır. Grup ortalaması testi her bir kesite ait λ_2 testlerin örneklem ortalamasını yani

$\bar{\lambda}_2 = N^{-1} \sum_{i=1}^N \bar{\lambda}_{2i}$ 'yı esas alır. Bu durumdaki test istatistiği $\bar{t}_{\lambda_2} = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_{\lambda_2}$ şeklinde hesaplanır.

Her kesite ait test istatistiğinde boş hipotez uzun dönemde eşbütünleşme yoktur ($t_{\lambda_2} = 0$) şeklindedir. t_{λ_2} testi standart normal dağılıma sahiptir. Panelde genel olarak Lambda

Pearson $\frac{\lambda_2}{\lambda_1}$ oranının kararı için test istatistiğinin olasılık değerleri üzerinde durulur.

İstatistik $P_{\lambda_2} = -2 \sum_{i=1}^N \ln p_{\lambda_{2i}}$ şeklinde hesaplanır ve her iki alternatifte de pozitif işaretlidir.

Bu eşitlikte $\ln p_{\lambda_{2i}}$ ilgili kesite ait t istatistiklerinin olasılık değerlerinin logaritmasıdır ve boş hipotez $\lambda_{2i} = 0$ (uzun dönemde değişkenler arasında nedensellik yoktur) şeklindedir. P_{λ_2} istatistiği $2N$ serbestlik derecesiyle ki kare dağılımı gösterir.

4.7. Analiz Bulguları

Çalışmanın bu kısmında belirtilen panel modeller kullanılarak elde edilen analiz sonuçları yorumlanmıştır. Bu kapsamda değişkenler arasındaki ilişkiler ele alınmıştır. Üzerinde durulan husus ise nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisidir. Söz konusu ilişki türlü testlerle denenmiş ve testlerin neticeleri tartışılmaya çalışılmıştır. Son olarak panel model tahmin edilmiştir. Ancak ilk önce istatistiksel ön bilgi edinebilmek için değişkenlerin tanımlayıcı istatistikleri dikkate alınmalıdır.

Tablo 4.1. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	KAİ	YET	TA
Ortalama	3.03	6.97	86.34
Medyan	2.01	4.8	85.75
En yüksek	11.87	24.5	176.7
En düşük	0.53	0.1	30.5
Standart Sapma.	2.94	6.15	32.38
Eğiklik	1.785	1.014	0.605
Basıklık	3.078	3.143	3.963
Jarque-Bera	2.296	2.258	3.202
Olasılık	0.31	0.32	0.21
Toplam	593.6	1,3658	16,922.2
Hata Kar. Toplamı	1680.5	7380.7	2044609
Gözlem sayısı	196	196	196

Korelasyon			
	KAİ	YET	TA
KAİ	1	-0,497	0,543
YET	-0,497	1	0,494
TA	0,543	0,494	1

Kovaryans			
	KAİ	YET	TA
KAİ	8,57	-8,93	23,03
YET	-8,93	37,65	98,03
TA	23,03	98,03	1043,16

Tablo 4.1’de çalışmada kullanılan KAİ, YET ve TO için betimleyici istatistikler başka bir deyişle minimum ve maksimum değerlerin yanında standart sapma ve medyan değerleri gösterilmiştir. Ayrıca verilerin dağılımına yer verilmiştir. Betimleyici istatistiklerde ilk olarak bakılması gereken özellikler çarpıklık veya eğiklik (Skewness) ve basıklık (Kurtosis) değerleridir. Bu değerler bize verilerin dağılımının normalliği hakkında ön bilgi verir. Skewness diğer bir tabirle eğiklik değeri, dağılımın ortalamaya göre simetrisizliğini gösterir (Doane ve Seward, 2011). Mod, medyan ve ortalama değerlerinin sıralamasına göre, eğiklik değeri sıfırdan küçükse dağılımın sola eğiktir. Söz konusu değer

sıfırdan büyük olduğu vakit ise sağa eğiktir. Son olarak bu değer sıfıra yakın olduğu zaman ya da mod, medyan ve ortalama değerleri birbirine çok yakın olduğunda simetrik olduğu ifade edilebilir. Tüm değişkenler için pozitif çıkan Skewness değerleri dağılımın biraz sağa eğik olduğunu göstermiş olur. Kurtosis değeri (dördüncü moment) ise normal dağılıma göre basıklık veya şişkinliği ifade eder. Değer 3'ten büyükse (leptokurtic) dağılımın şişkin olur. Aynı şekilde değer 3'ten küçük olduğu vakit ise (platykurtic) dağılım yanlardan basık ya da sivridir. Her üç değişken için 3'ten büyük çıkan değerler dağılımın sivri yapıda (leptokurtic) olduğunu gösterir. Burada ise serilerin dağılımının sivri yapıya yakın olduğu söylenebilir. Normalite bahsinde daha kesin hükümlere varabilmek için Jarque-Bera değerleri normal dağılım test sonuçları dikkate alınmalıdır. Çarpıklık ve eğiklik değerleri vasıtasıyla sonuç elde edilmektedir. Normal dağılım için ideal olan eğiklik değeri 0 iken basıklık için ideal değer 3'tür. Dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi de Jarque-Bera değerinin 5'ten küçük ve olasılık değerinin 0.10 değerinden yüksek olması şartıdır (Teyyare, 2018: 130). Bunlar dikkate alındığında Tablo 4.1'de görüldüğü üzere Jarque-Bera testi sonuçları bakımından seriler normal dağılmaktadır.

Tanısal tabloda korelasyon ve kovaryans ilişkileri de görülmektedir. Tanımlanacak olursa korelasyon iki seri arasındaki ilişkinin derecesini gösterir. İki değişken aynı yönde ya da ters yönde hareket ettiğinde bu iki değişkenin ilişkili olduğu anlamına gelir. Pozitif ilişki, değişkenler aynı yönde hareket ettiğinde söz konusu olur. Değişkenlerin ters yönde hareket ettiği durumlarda ise negatif ilişkiden söz edilir. Korelasyon matrisine göre karbon ayak izi değişkeni yenilenebilir enerji tüketimi ile negatif ilişkili olmasına karşın ticari açıklık ve ile pozitif ilişkilidir. Buna ek olarak söylemek gerekir ki yenilenebilir enerji tüketimi ile ticari açıklık arasında pozitif ilişki mevcuttur. İlişkinin derecesi dikkate alınırsa karbon ayak izi ile yenilenebilir enerji arasında yaklaşık %50 ilişkinin varlığı tespit edilir.

Ayrıca ticari açıklık arasında %54'lük orta düzeyde kuvvette ilişkiden de söz edilecektir. Kovaryans iki değişken arasındaki artış-azalış ilişkisini meydana çıkarır. Eğer iki veri arasında hesaplanan kovaryans pozitif olduğu vakit bu verilerin birbirleriyle doğru orantılı olduğu söylenebilir. Başka bir şekilde söyleyecek olursak iki veri de aynı anda azalış ya da artış gösterir. Kovaryans negatif ise ters orantıdan söz edilecektir. Kovaryansın sıfır veya sıfıra yakın olduğu zaman ise bu veriler arasında lineer ilişkiden bahsedilemez. Yorumlanan şey kovaryansın büyüklüğü değil işaretidir. Bu da kovaryansın büyüklüğünün önemiyetini gösterir. Tabloda da görüldüğü üzere negatif bir ilişki, karbon ayak izi ile

yenilenebilir enerji tüketimi arasında söz konusudur. Buna karşılık karbon ayak izi ile ticari açıklık arasında pozitif ilişkinin olduğundan söz edilir.

Çalışmada tanısal vasıfların ardından buradaki değişkenlerin durağanlık durumları araştırılmıştır. Durağan olmayan seriler birim kök süreçten yok edilmezse bazı sorunlarla karşılaşılabilir. Söz gelimi sahte regresyon problemi ortaya çıkabilir. Bu sebeple serilerin farkının alınarak birim kök sürecin temizlenmesi gerekmektedir. Ayrıca serilerin durağan hale getirilmesinin ardından kullanılmalıdır (Wooldridge, 2002).

Birim kök testleri birincil nesil ve ikincil nesil testler şeklinde tasnif edilmektedir. Birincil nesil testler yatay kesit bağımlılığını dikkate almazlar. İkincil nesil testler ise birincil nesil testlerin aksine hem yatay kesit bağımlılığını hem de serilerin homojenlik ve heterojenlik durumunu önemserler (Çınar, 2011). Bu sebeple serilerin yatay kesit bağımlılığı ve heterojenite durumu öğrenildikten sonra hangi birim kök testlerinin kullanılacağına karar verilmelidir. Öncelikle serilerin yatay kesit bağımlılığı ve homojenite durumuna bakılmış ve Tablo 4.2’de sonuçlar paylaşılmıştır.

Tablo 4.2. Yatay Kesit Bağımlılığı ve Homojenite

Yatay Kesit Bağımlılığı	Karbon Ayak İzi		Yenilenebilir Enerji		Ticari Açıklık	
	Test İstatistiği	Olasılık	Test İstatistiği	Olasılık	Test İstatistiği	Olasılık
CDLM ₁	40.33***	0.00	55.11***	0.00	76.21***	0.00
CDLM ₂	2.98***	0.00	5.26***	0.00	8.53***	0.00
CDLM	-0.25	0.38	1.27*	0.09	5.51***	0.00
Bias Adj. CD	6.11***	0.00	9.91***	0.00	6.12***	0.00
Homojenite-Heterojenite						
Δ Testi	10.51***	0.00	9.19***	0.00	14.85***	0.00
$\Delta_{adj.}$ Testi	10.93***	0.00	9.90***	0.00	16.81***	0.00

Not: ***, ** ve * sırasıyla 1%, 5% ve 10% önem seviyelerinde boş hipotezin rededilme yüzdeleri göstermektedir.

Tablo 4.2, CD_{LM} (Pesaran, 2004-CD) testi hariç CD_{LM1}, (Breusch-Pagan, 1980) CD_{LM2} (Pesaran 2006-CDLM) ve Sapması Düzeltilmiş (Bias Adjausted-Pesaran vd., 2008) testlerine göre olasılık değerleri, panele ait seriler arasında yatay kesitin yokluğunu ifade eden boş hipotezin %1 anlamlılık düzeyinde kabul görmediğini yansıtır. Bu sebeple olacaktır ki ikincil nesil birim kök testlerinin kullanılması gerektiği söylenir. Tablonun alt kısmına geldiğimizde ise katsayıların homojenlik durumlarının ele alındığı görülür. Dışsal şokların her kesite ait katsayılara tesiri birbirinden farklıdır. Bu sebeple nedensellik ve eşbütünleşme test sonuçları heterojenlik varsayımına bağlı olarak yorumlanmalıdır.

Homojenlik ve yatay kesit bağımlılığı ele alınmasının ardından birim kök sınamasına sıra gelmektedir. Bu kısımda ikincil nesil testlerden, PANIC (2004) , CADF (2007) ve Hadri ve Kurozumi (2012) testleri kullanılmıştır.



Tablo 4.3. Panel Birim Kök Testi Sonuçları

		Seviye					Birinci Fark	
Değişkenler	PANIC Testi		Hadri-Kurozumi Testi		PANIC Testi		Hadri-Kurozumi Testi	
	P^{choi}	P^{MW}	Z^{spac}	Z^{la}	P^{choi}	P^{MW}	Z^{spac}	Z^{la}
KAI	-0,371 (0,64)	12,03 (0,60)	1,61 (0,87)	-2,08 (0,98)	6,35 (0,00)	47,61 (0,00)	2,41 (0,00)***	2,24***
YET	-0,07 (0,52)	13,61 (0,47)	0,86 (0,81)	-1,14 (0,87)	4,84 (0,00)	39,65 (0,00)	1,34 (0,08)*	4,05***
TA	1,18 (0,86)	7,75 (0,90)	-1,34 (0,91)	-0,66 (0,74)	6,76 (0,00)	49,81 (0,00)	3,45 (0,00)***	3,22***

Not: Parantez içindeki değerler olasılık değerleridir. ***, ** ve * sırasıyla 1%, 5% ve 10% önem seviyelerinde boş hipotezin reddedilme yüzdelerini göstermektedir.

Tablo 4.3’de panel birim kök testinin sonuçları görülmektedir. Birim kök testinin neticesine göre serilerin seviye değerlerinde durağan olmadığı (olasılık değerlerinin %10’dan büyük olduğu) tespit edilmiştir. Bunun yanında dikkat edilirse serilerin birinci farkı alındığı vakit serilerin durağanlaştığını (olasılık değerlerinin %10’dan küçük olduğu) görülür.

Üçüncü birim kök testi CADF (Pesaran, 2007) testidir. Diğer testlerden farkı hem ülke hemde panelin geneli bazında sonuçlar vermesidir.

Tablo 4.4. CADF Birim Kök Test Sonuçları (Tablo 4.3’ün devamı)

	Ülkeler	Seviye		1. Fark	
Karbon Ayak İzi		CADF-stat	Sonuç	CADF-stat	Sonuç
	İsrail	-2.473	H ₀ Kabul	-4.638***	H ₀ Red
	Ürdün	-3.486	H ₀ Kabul	-3.918**	H ₀ Red
	Lübnan	-1.891	H ₀ Kabul	-2.599	H ₀ Kabul
	Libya	-1.143	H ₀ Kabul	-2.701	H ₀ Kabul
	Tunus	-1.312	H ₀ Kabul	-3.559*	H ₀ Red
	BAE	-1.624	H ₀ Kabul	-3.672*	H ₀ Red
	Türkiye	-1.177	H ₀ Kabul	-3.553*	H ₀ Red
		Panel Sonucu:		Panel Sonucu:	
		CIPS-stat	-1.896	CIPS-stat	-3.358*
		H ₀ Kabul Br Kök var		H ₀ Red (%10) Br Kök Yok	
	Ülkeler	Seviye		1. Fark	
Yenilenebilir Enerji Tüketimi		CADF-stat	Sonuç	CADF-stat	Sonuç
	İsrail	-2.297	H ₀ Kabul	-4.463	H ₀ Red
	Ürdün	1.211	H ₀ Kabul	-0.809	H ₀ Kabul
	Lübnan	-2.331	H ₀ Kabul	-3.686	H ₀ Red
	Libya	-2.169	H ₀ Kabul	-4.901	H ₀ Red
	Tunus	-1.946	H ₀ Kabul	-5.122	H ₀ Red
	BAE	0.121	H ₀ Kabul	-3.657	H ₀ Red
	Türkiye	-1.801	H ₀ Kabul	-3.696	H ₀ Red
		Panel Sonucu:		Panel Sonucu:	
		CIPS-stat	-1.316	CIPS-stat	-3.619
		H ₀ Kabul Br Kök var		H ₀ Red (%10) Br Kök Yok	
	Ülkeler	Seviye		1. Fark	
Ticari Açıklık		CADF-stat	Sonuç	CADF-stat	Sonuç
	İsrail	-1.194	H ₀ Kabul	-3.833*	H ₀ Red
	Ürdün	-1.701	H ₀ Kabul	-3.513*	H ₀ Red
	Lübnan	-2.322	H ₀ Kabul	-4.109**	H ₀ Red
	Libya	-3.396	H ₀ Kabul	-5.591***	H ₀ Red
	Tunus	-3.201	H ₀ Kabul	-3.772*	H ₀ Red
	BAE	-1.427	H ₀ Kabul	-3.175	H ₀ Kabul
	Türkiye	-2.370	H ₀ Kabul	-3.541*	H ₀ Red
		Panel Sonucu:		Panel Sonucu:	
		CIPS-stat :	-2.231	CIPS-stat :	-3.976
		H ₀ Kabul Br Kök var		H ₀ Red (%10) Br Kök Yok	

Not: Pesaran (2007) çalışmasında test için kritik değerleri belirlemiştir. Zaman boyutu T = 30 ve kesit sayısı N=10 için kritik değerler, bireysel bazda -4,67 (%1 önem seviyesinde), -3,87 (%5 önem seviyesinde) ve -3,49 (%10 önem seviyesinde) olarak belirtilmiştir. Tüm paneli temsil etmek üzere bireysel CADF değerlerinin basit ortalaması olan CIPS istatistikleri için kritik değerler %1, %5 ve %10 önem seviyelerinde sırasıyla -3.1/-2,86/-2,73 şeklindedir. (Pesaran 2007: 281, Table II.c).

Tablo 4.4'te de olduğu gibi ilk önce ülke bazında test sonuçları görülmektedir. İkinci olarak ise panel bazında (CIPS istatistikleri) test sonuçları verilmiştir. Bu testte boş hipotez "*seri durağan değildir*" şeklindedir. Söz gelimi karbon ayak izi değişkeni için İsrail'in -2.473 olan test istatistiği -3.49'dan büyük olduğu için birim kök vardır. Serinin birinci farkı alındığında test istatistiği -4,638'e düşmüş ve %1 önem düzeyinde birim kök olduğunu ifade eden boş hipotez kuvvetli şekilde ret edilmiştir. Bu değişkende sadece Lübnan ve Libya için serilerin farkının alınmasına rağmen birim kök süreç devam etmiştir. Ancak panelin geneli için CIPS istatistiğine bakıldığında seviye değerinde -1,896 ile birim köke işaret eden test istatistiğinin birinci farkı alındıktan sonra -3.358'e düştüğü ve karbon ayak izi değişkeninin %10 önem düzeyinde durağan hale geldiği görülmüştür. Ticari açıklık ve yenilenebilir enerji değişkenleri içinde test sonuçları incelendiğinde panelin geneli olarak bu serilerinde birinci farkı alındıktan sonra durağan hale geldiği söylenebilir.

Durbin-Hausman eşbütünleşme testinde serilerin birinci farklarının (durağan) kullanılır. Burada da serilerin farkı alınıp durağan hale getirilmesinin ardından Durbin-Hausman eşbütünleşme testi kullanılmıştır. Seriler hem $I(0)$ hem de $I(1)$ 'de Durbin-Hausman eşbütünleşme testi uygulanabilir. Bu da testin olumlu tarafıdır. Söz konusu test hem yatay kesit bağımlılığını hem de serilerin homojenlik ve heterojenlik özelliklerini önemser. Test uygulanırken serilerin seviye değerleri kullanılarak hesaplanır. Test istatistiğine göre boş hipotez ret edilirse bağımlı değişken üzerine birim kök testi uygulanır. Burada birim kök varsa eşbütünleşme var demektir. Testte var olan üç modelden bahsedilebilir. Sabit ve trendin olmadığını Model 1 gösterirken, Model 2 sabitli terimin varlığını, Model 3 ise sabit ve trendli modeli ifade etmektedir.

Test bizimle paneldeki birimler için eşbütünleşme tahmin sonuçlarını paylaşmaktadır. Bunun yanında panelin geneli için de bu sonuçlar verilmektedir. Ancak bu çalışmada bir hususa dikkat edilmelidir. Çalışmadaki panel heterojen bir yapıya sahiptir. Bu sebeple grup istatistiklerine bağlı olarak karar vermek gerekecektir.

Tablo 4.5. Durbin-Hausman (Durbin-H) Panel Eşbütünleşme Testi

Modeller	Panel ve Grup İstatistiği	İstatistik Değeri	Olasılık	Karar
Model 0	Durbin-H Grup İstatistiği	-1.557**	0,06	Eşbütünleşme
KAI=f(TA; YET)	Durbin-H Panel İstatistiği	-1.394**	0,08	Eşbütünleşme
Model 1	Durbin-H Grup İstatistiği	-1.828**	0,03	Eşbütünleşme
KAI=f(TA; YET)	Durbin-H Panel İstatistiği	-0.997	0,15	Eşbütünleşme
Model 2	Durbin-H Grup İstatistiği	2.413	0,98	Eşbütünleşme
KAI=f(TA; YET)	Durbin-H Panel İstatistiği	-0.247	0,41	Eşbütünleşme

Not: ***, ** ve * sırasıyla 1%, 5% and 10% önem seviyelerinde boş hipotezin rededilme yüzdeleri göstermektedir.

Tablo 4.5’de Durbin-Hausman panel eşbütünleşme testinin sonuçları verilmiştir. Tablodan anlaşılabacağı üzere karbon ayak izi değişkeninin bağımlı değişken olarak alındığı model 0 ve model 1’de eşbütünleşme ilişkisinden söz edilemez iddiasındaki boş hipotez %10 önem düzeyinde kabul görmemiştir. Dikkat edilecek olursa sabit ve trendli modelde (model 2) olasılık değeri %10’dan büyüktür. Bu yüzden eşbütünleşme bulunamamıştır. Genel bir değerlendirme yapacak olursak karbon ayak izi değişkeni ile yenilenebilir enerji tüketimi ve ticari açıklık değişkenleri arasında uzun dönemli bir ilişkinin olmadığı düşüncesine sahip olabiliriz.

Nedensellik ile eşbütünleşme ilişkisinin incelenmesinin ardından eşbütünleşme katsayıları üzerinde durulmuştur. EKK metodu yerine Bai ve Kao’nun (2006) teklif ettiği Cup-FMOLS (Continuous Updated Fully Modified Ordinary Least Squares), Pesaran et al. (1999) tarafından önerilen PMG (Pooled Mean Group), Eberhardt ve Teal (2010) çalışmasında önerilen AMG (Augmented Mean Group), Phillips ve Hansen (1990) ve Pedroni (2000) çalışmalarında belirtilen FMOLS (Fully Modified Ordinary Least Squares), Saikkonen (1991) çalışmasında önerilen DOLS (Dynamic Least Squares) ve Pesaran’ın (2006) teklif ettiği CCE (Common Correlated Effect)’ten hareketle altı farklı sonuca yer verilmiştir.

Tablo 4.6. Eşbütünleşme Katsayılarının Tahmini (Model; $KA_{it} = \alpha + \beta_i X_{it} + \varepsilon_{it}$)

Tahminci	β_i		Standart Sapma		t-İstatistiği	
	YET	TA	YET	TA	YET	TA
OLS	-1.671	0.126	4.961	0.381	-0.337	0.331
Cup-FM	-0.312	0.481	0.175	0.258	-1.782	1.864
Ba-OLS	-0.408	1.227	0.201	0.234	-2.031	5.243
Tahminci	β_i		Z İstatistiği		Olasılık Değeri	
	YET	TA	YET	TA	YET	TA
MG	-0.319	0.021	-2.19	0.27	0.02	0.01
PMG	-0.220	0.044	-2.21	1.82	0.02	0.08
AMG	-0.217	0.038	-1.88	1.24	0.06	0.09
CCE	-0.297	0.089	-1.56	0.17	0.09	0.84
Tahminci	β_i		T - İstatistiği		Olasılık Değeri	
	YET	TA	YET	TA	YET	TA
DOLS	-0.243	0.024	-10.97	9.09	0.00	0.00
FMOLS	-0,253	0.044	-38.96	10.65	0.00	0.00

Not: DOLS için öncül ve gecikmeler için maksimum gecikme sayısı 3 alınmış ve optimal uzunluklar Schwarz bilgi ölçütleri esas alınarak tespit edilmiştir. Ba-OLS tahmincisinde müşterek faktör miktarı en fazla 2 olarak alınmıştır. Ayrıca Schwarz bilgi kriterinden faydalanılmıştır. FMOLS yönteminde ise Bartlett Kernel ve Newey-West Automatic Bandwidth method kullanılmıştır.

Panel modelde karbon ayak izi değişkenini bağımlı değişken olarak kabul edilir. Söz konusu modelde ilk önce EKK (OLS) metoduna göre YET katsayısı (-1.671) bağımlı değişken ile negatif ilişkili çıkmıştır. Aynı zamanda ticaret değişkenin de pozitif (0.126) ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Bu veriler değerlendirilecek olursa enerji ve ticaret değişkenlerindeki her bir birimlik artış karbon ayak izi değişkeni üzerinde 1,671 birim düşüşe neden olmakla beraber 0.126 birim artışa da sebebiyet vermektedir. Katsayıların t istatistiğine bakıldığı vakit ise (-0.337 ve 0.331) 1.68'den küçük olduğu tespit edilir. Bu yüzden istatistiksel bakımdan bir anlam ifade etmemektedir. Cup-FM bakımından ise YET tüketimi katsayısı (-0.312) aynı şekilde negatif ve ticari açıklık değişkeni pozitif (0.481) korelasyonlu olduğu tespit edilmektedir. Enerji ve ticaret değişkenlerinde meydana gelen her bir birimlik artış KAİ değişkeni üzerinde önce 0.321 birim düşüş sonra ise 0.481 birim artışa sebep olmaktadır. Katsayıların t istatistiği 1.68'den büyük olduğu için istatistiksel olarak %10'da anlamlıdır. Ba-OLS yöntemine göre enerji ve ticaret değişkenler için katsayılar sırasıyla 0.408 ve 1.227'dir ve katsayılara ait t istatistiğine göre sonuçlar anlamlıdır. MG'ye göre ise enerji katsayısı benzer şekilde negatif ilişkili (-0.319) ve olasılık değeri (0.02) %10'dan küçük olduğu için anlamlıdır. Aynı şekilde ticaret değişkeni de pozitif ilişkili (0.021) ve olasılık değerine göre (0.01) istatistiksel olarak anlamlıdır. PMG'ye göre katsayılar sırasıyla -0.220 ve 0.044 ve olasılık değerleri 0.02 ve 0.08 olmak üzere istatistiksel olarak anlamlıdır. Değerlendirmede bulunacak olursak enerji ve ticaret değişkenlerindeki her bir birimlik artış karbon ayak izi değişkeni üzerinde sırasıyla 0.220 birim düşüş ve 0.126 birim artışa sebebiyet verdiğini tespit edip söyleyebiliriz. AMG

tahmincisine göre yenilenebilir enerji için katsayı -0.217 ile negatif ilişkili ve 0.06 olasılık değeri ile istatistiksel olarak anlamlıdır. Ticaret değişkeni de katsayı 0.038 ile pozitif ilişkili ve 0.09 olasılık değeri ile istatistiksel olarak anlamlıdır. CCE tahmincisine göre enerji değişkeni katsayısının -0.297 ve olasılık değerinin 0.09 ile anlamlıdır. Ancak ticaret değişkeninin 0.089 çıkan katsayısının anlamsız (0.084) olduğu tespit edilebilir. DOLS yöntemine geldiğimizde ise enerji ve ticaret değişkeni için katsayılar sırasıyla -0.243 ve 0.024, %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu görürüz. FMOLS yöntemine göre de aynı katsayılar -0.253 ve 0.044, %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Genel bir değerlendirmede bulunulacak olursa yenilenebilir enerji tüketiminin karbon ayak izi değişkeni ile negatif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki içinde olduğu söylenebilir. Ayrıca katsayının yaklaşık olarak 0.2 ile 0.4 arasında değiştiği açık bir şekilde bellidir. Buna ek olarak ticaret değişkeninin daha küçük katsayı ile (0.02 ile 1.2 arasında) pozitif ve anlamlı bir ilişki içinde olduğu sonucu çıkartılabilir.

Eşbütünleşme ilişkisinin tespit edilmesinin ardından çalışmanın bu bölümünde değişkenler arasındaki nedensellik analiz edilmiştir. Nedenselliğin yönü ve etkileşimi ilgili politikaların kararlaştırılmasında fayda sağlayacaktır.

Tablo 4.1. Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik Testi

Gecikme	Boş Hipotez	W İstatistiği	Z bar-İstatistiği	Olasılık
1	YET değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	0.98	-0.201	0.84
	KAİ değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.615	0.826	0.44
	YET değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.891	1.263	0.22
	TA değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	5.247	6.591	0.00
	KAİ değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.041	-0.084	0.93
	TA değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.751	1.039	0.29
Gecikme	Boş Hipotez	W İstatistiği	Z bar-İstatistiği	Olasılık
2	YET değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	4.621	2.554	0.01
	KAİ değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	3.425	1.281	0.21
	YET değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	2.869	0.689	0.49
	TA değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	5.869	3.883	0.00
	KAİ değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.385	-0.891	0.37
	TA değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	2.741	0.552	0.58
Gecikme	Boş Hipotez	W İstatistiği	Z bar-İstatistiği	Olasılık
3	YET değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	5.117	2.724	0.01
	KAİ değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	4.911	1.223	0.22
	YET değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	4.004	0.489	0.62
	TA değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	7.561	3.371	0.00
	KAİ değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	1.981	-1.148	0.25
	TA değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	3.921	0.422	0.671
Gecikme	Boş Hipotez	W İstatistiği	Z bar-İstatistiği	Olasılık
4	YET değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	7.154	2.148	0.05
	KAİ değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	6.560	1.202	0.23
	YET değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	7.384	1.722	0.08
	TA değişkeni, YET değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	9.456	3.032	0.00
	KAİ değişkeni, TA değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	4.137	-0.335	0.73
	TA değişkeni, KAİ değişkeninin homojen olarak nedenseli değildir	4.923	0.162	0.87

Not: Kullanılan değişkenlerin seviyeleri birim kök ihtiva etmesinden dolayı nedensellik analizinde durağan nitelik taşıyan birinci farkları kullanılmıştır.

Tablo 4.7’de Dumitrescu-Hurlin Panel Nedensellik testinin sonuçları yer almaktadır. Yıllık frekansta 4 gecikmeye kadar değerlendirilen Dumitrescu-Hurlin panel nedensellik testi için birinci gecikme hariç diğer tüm gecikmelerde yenilenebilir enerji tüketiminden karbon ayak izi değişkenine tek taraflı nedensellik görülmektedir. Ticari açıklık ve yenilenebilir enerji değişkenleri arasında ise olasılık değerlerine göre tüm gecikmelerde ticaret değişkeninden yenilenebilir enerji değişkenine doğru tek taraflı nedensellik bulunmuştur. Karbon ayak izi değişkeninden ise diğer iki değişkene doğru nedensellik olmadığını söyleyen boş hipotez, olasılık değerlerine göre ret edilememiştir.

Tablo 4.8. Panel Model

Tek Yönlü Model			
Model :	$KAI_{it} = -0.169 - 0.276YET_{it} + 0.301TA_{it}$		
T istatistiği	(-0.56)	(-8.36)	(5.34)
Olasılık Değeri	(0.57)	(0.00)	(0.00)
R kare	0.589		
Uyarlanmış R kare	0.575		
F İstatistiği	37.34		
Olasılık (F ist)	0.00		
DW	0.431		
Çift Yönlü Model			
Model :	$KAI_{it} = -0.199 - 0.271YET_{it} + 0.214TA_{it}$		
T istatistiği	(0.64)	(-8.78)	(3.69)
Olasılık Değeri	(0.52)	(0.00)	(0.00)
R kare	0.613		
Uyarlanmış R kare	0.601		
F İstatistiği	38.78		
Olasılık (F ist)	0.00		
DW	0.461		

Nedensellik ve eşbütünleşme ilişkisi araştırıldıktan sonra Tablo 4.8’de panel model tahmin edilmiştir. Buna göre bağımlı değişkenin karbon ayak izi olduğu tek yönlü (sadece kesit etkisi) modelde yenilenebilir enerji ile pozitif, ticari açıklık değişkeni pozitif ilişki söz konusudur. Bağımsız değişkenlerin katsayıları için hem t istatistiği hem de olasılık değerleri katsayıların anlamlı nitelik taşıdığını ifade etmektedir. Enerji değişkenindeki bir birimlik artış karbon değişkeninde yaklaşık 0.276 br’lik azalışa neden olmaktadır. İkinci olarak ticaret değişkeni katsayısı yorumlanırsa bu değişkendeki bir birimlik artış karbon ayak izi değişkeninde 0.301 br’lik artışa yol açmaktadır. -0.169 modelin sabit terimidir. İkincisi ise kesit ve zaman tesirinin göz önünde tutulduğu çift yönlü modeldir. Katsayıların işaretinin aynı olmakla beraber birbirlerine de çok yakın olduğu bilinmektedir. Sabit katsayı (-0.199) enerji değişkeni negatif, ticaret değişkeni pozitif katsayıdır. Katsayılar benzer bir biçimde yorumlanabilir. Ancak uyarlanmış R² istatistiğine göre modelin açıklama gücü %58,9’dan %61,3’e çıkmıştır. Yine F istatistiğinin olasılık değeri %1 önem düzeyinde her iki modelin

çoğunlukla anlamlı olduğunu ifade etmektedir. Otokorelasyon için DW istatistiği yerine LM istatistiği kullanılmıştır. Söz konusu istatistiklik panel modellerde geçerlidir. Model oluşturulurken bireysel tesirler Swamy-Arora yöntemi vasıtasıyla modelin kapsamı içinde yerini almıştır.

Tablo 4.9. Panel Model İçin Tanısal Testler

Test	Test İstatistiği	Olasılık
<i>Rassal Etkiler (BP Testi);</i>		
LM-Grup Rassal Etki	2229.96	0.00
LM-Zaman Rassal Etki	14.19	0.27
LM-İki Yönlü Rassal Etki	2244.16	0.00
<i>Rassal Etkiler (Honda);</i>		
Honda-Grup Rassal Etki	47.22	0.00
Honda-Zaman Rassal Etki	-3.76	0.98
Honda-İki Yönlü Rassal etki	30.72	0.00
<i>Hausman Testi;</i>	1.131	0.00
<i>Değişen Varyans;</i>		
LM_H Rassal Etki	206.44	0.00
<i>Rassal Etki Modeli Otokorelasyon Testi;</i>		
$LM_{\mu\rho}$ -İstatistiği	2231.31	0.00
$LM_{\mu\rho}$ - İstatistiği	2099.04	0.00
$LM_{\rho/\mu}$ - İstatistiği	1.35	0.24

Rassal etki modeli tahmin edildikten sonra modelin sağlıklı olup olmadığının belirlenebilmesi için otokorelasyon ve değişen varyans durumuna bakılmış ve sonuçlar tablo 4.9’da verilmiştir. İlk önce kesit ve zaman tesirlerinin anlamlılığı BP testi ile denenmiştir. Tabloda grup tabiri kesit etkisini karşılamakla beraber zaman ibaresi de zaman etkisi için kullanılmıştır. Daha sonra ise aynı işlem Honda testinden faydalanılarak gerçekleştirilmiştir. Olasılık değerlerine göre kesit etkisi anlamlıdır. Ancak zaman etkisinin istatistiksel olarak anlamsız olduğu görülür. Dikkat edilecek husus her iki etki beraber olduğunda anlamlı görüldüğüdür. Bunlara ilave olarak Hausman testinden bahsetmek gerekir. Rassal etkiler (μ_i) ile açıklayıcı değişkenler (X) arasında ilişkinin olmadığını söyleyen boş hipotez %1’de kabul görmemektedir. Dördüncü olarak değişen varyans, LM_H Rassal Etki ile 206,44 test istatistiği değerini alarak %1 önem seviyesinde modelde değişen varyans olarak yer aldığını belirtmektedir.

Değişen varyansın ardından rassal tesirinde olan otokorelasyon incelenmiştir. $LM_{\mu\rho}$ istatistiğine göre 2231,31 bulunan test istatistiğine göre %1 önem düzeyinde boş hipotez kabul edilmemektedir. Bu şartlar altında rassal etki ve otokorelasyon birlikte vardır. $LM_{\mu\rho}$ -İstatistiği (2099,04) otokorelasyon varken rassal etkini olduğunu yine %1 önem düzeyinde göstermektedir. $LM_{\rho/\mu}$ - İstatistiği ise (1,35) rassal etki varken otokorelasyonun olmadığını söyleyen boş hipotezi reddetmektedir. Modelimizde otokorelasyon vardır. Çif yönlü (zaman

ve kesit etkisinin birlikte olduğu) sabit etki modeline göre model değişen varyans (LM_H Sabit Etki, 206,44 ve olasılık 0,00) ve otokorelasyon (LM_p - İstatistiği, 2231,31 ve olasılık 0,00) içermektedir. Nitekim model “cross section weights” düzeltilmesi uygulanarak en baştan tahmin edilmiştir.

Tablo 4.10. Panel Model İçin Tanısal Testler

Tek Yönlü Model			
Model :	$KA_{it} = -0.154 - 0.280REC_{it} + 0.298TO_{it}$		
T istatistiği	(-0.22)	(-4.92)	(1.85)
Olasılık Değeri	-0.81	(0.00)	(0.06)
R kare	0.634		
Uyarlanmış R kare	0.621		
F İstatistiği	38.24		
Olasılık (F ist)	0.00		
DW	0.417		
Çift Yönlü Model			
Model :	$KA_{it} = -0.486 - 0.269REC_{it} + 0.148TO_{it}$		
T istatistiği	-0.61	(-5.41)	(2.04)
Olasılık Değeri	-0.54	(0.00)	(0.07)
R kare	0.634		
Uyarlanmış R kare	0.621		
F İstatistiği	38.24		
Olasılık (F ist)	0.00		
DW	0.417		

Panel model için yapılan tanısal testlerin sonuçları tablo 4.10’da verilmiştir. Katsayılar ve t istatistiklerinin değişiklik gösterdiği görülmüştür.

Nihai modele ulaşılmasının ardından modele ilave edilen bireysel etkiler diğer bir deyişle ülkeye has ekonomik, coğrafi, siyasi vb. nitelikleri gösteren modele dahil bireysel tesirlere Tablo 4.11’de yer verilmiştir. Yorumlanan şey katsayıların kendisi değil işaretidir.

Tablo 4.11. Bireysel Etkiler

Kesit Numarası	Ülke	Bireysel Etki
1	İsrail	0.6759
2	Ürdün	-0.9771
3	Lübnan	0.2017
4	Libya	-0.1942
5	Tunus	-0.6176
6	BAE	0.7552
7	Türkiye	0.1560

Modelimizde karbon büyüklüğü bağımlı değişkeni için İsrail, Lübnan, BAE ve Türkiye pozitif etkide bulunurken, diğer ülkeler negatif tesire sahiptir. Ancak bu tesirlerin anlamlılığını test etmek gerekir. Bu sebeple aşağıdaki modeller tahmin edilir ve F testi sonuçları değerlendirilir;

$$y_{it} = \beta_0 + X\beta + D_{\mu}\mu + \varepsilon_{it}$$

$$y_{it} = \beta_0 + X\beta + D_{\mu}\mu + D_{\lambda}\lambda + \varepsilon_{it}$$

Burada yer alan ilk denklem tek yönlü modeli içerir. Söz konusu modeller yalnızca kesit/bireysel tesirleri, ikinci denklem çift yönlü modeli başka bir deyişle kesit ve zaman etkilerini birlikte kapsayan modellerdir. $D_{\mu}\mu$ bireysel etkileri, $D_{\lambda}\lambda$ zaman faktörünü simgelemektedir. İşte bu noktada F testi söz konusu etkilerin modele katılıp katılmaması için uygulanır. Burada boş hipotez; $H_0: \mu_1 = \mu_2 = \dots \mu_{N-1} = 0$ ve alternatif hipotez (en az biri için) şeklindedir. Boş hipotez red ise sabit etkiler anlamlıdır, yani modele dahil edilir. Bu hipotezi test etmek için kullanılan F test istatistiği; $F_{\mu} = \frac{(RSS_{UR} - RSS_R) / N - 1}{RSS_{UR} / NT - (N + k)}$ şeklinde hesaplanır. Formülde, RSS hata karelerinin toplamını, UR kısıtlanmamış modeli, N x T toplam gözlem sayısını, k parametre sayısını, μ kesit etkisini ve λ zaman etkisini ifade etmektedir. Tablo 4.12’de sonuçlar verilmektedir.

Tablo 4.12. Sabit Etkilerin Anlamlılık Testi

Etki Testi	Test İstatistiği	Serbestlik Derecesi	Olasılık
Cross-section F	344.7	-6,160	0.00
Cross-section Chi-square	516.22	6	0.00
Period F	3.08	-27,160	0.00
Period Chi-square	81.97	27	0.00
Cross-Section/Period F	75.43	-33,160	0.00
Cross-Section/Period Chi-square	550.15	33	0.00

İlk olarak $F_{\mu/\lambda}$ başka bir ifade ile Cross section F testine göre boş hipotez ($H_0: \mu = 0 \mid \lambda \neq 0$; $H_1: \mu \neq 0 \mid \lambda \neq 0$) %1’de reddedilmektedir. Nitekim kesit etkisi olduğu vakit zaman etkisinin de olduğu söylenebilir. İkinci olarak $F_{\lambda/\mu}$ Period F testi dikkate alınmalıdır. Söz konusu teste göre boş hipotez ($H_0: \lambda = 0 \mid \mu \neq 0$) şeklindedir. Ayrıca daha önce de görüldüğü gibi %1’de reddedilmektedir. Burada da zaman etkisi söz konusu olduğunda kesit etkisinin anlamlı olduğu görülür. Son $F_{\mu\lambda}$, Cross-Section/Period F testidir. Bu test ise boş hipotez ($H_0: \mu = \lambda = 0$) yine reddetmektedir. Başka bir deyişle her iki etki birlikte anlamlıdır.

Rassal etkilerin testi için yine aynı model üzerinden boş hipotez; $H_0: \sigma_{\mu}^2 = 0$ olduğunda kesit etkisinden söz edilemez, $H_1: \sigma_{\mu}^2 \neq 0$ red ise rassal etki vardır, $H_0: \sigma_{\lambda}^2 = 0$ ise zaman etkisinden bahsedilemez $\sigma_{\lambda}^2 \neq 0$ ise zaman etkisi vardır şeklindedir. Boş hipotez

altında pooled (havuz) model, alternatif hipotez altında rassal model test edilir. Test istatistiği için LM_μ ve LM_λ hesaplanır;

$$LM_\mu = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{t=1}^N \left(\sum_{i=1}^T \hat{u}_{it} \right)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2} - 1 \right] \approx \chi_1^2 ; LM_\lambda = \frac{NT}{2(T-1)} \left[\frac{\sum_{t=1}^T \left(\sum_{i=1}^N \hat{u}_{it} \right)^2}{\sum_{i=1}^N \sum_{t=1}^T \hat{u}_{it}^2} - 1 \right] \approx \chi_1^2$$

Rassal düzlemde çift yönlü etkiler için boş hipotez $H_0: \sigma_\mu^2 = \sigma_\lambda^2 = 0$ kabul ise çift yönlü kesit ve zaman etkileri anlamsız ve $H_1: \sigma_\mu^2 = \sigma_\lambda^2 \neq 0$ reddedilirse çift yönlü kesit ve zaman etkileri anlamlıdır. Ancak alternatif hipotez altında varyansın negatif olma ihtimali sebebiyle Honda (1985) bu sorunu çözmek için hipotezleri $H_0: \sigma_\mu^2 = 0$ ve $H_1: \sigma_\mu^2 > 0$ şeklinde değiştirmiştir. Hipotezin sınanması için yukarıda yer alan LM istatistiğinin karekökü alınır. $Honda_\mu = \sqrt{LM_\mu} \sim N(0,1)$ standart normal dağılıma sahiptir. Zaman etkisinde ise boş hipotez $H_0: \sigma_\lambda^2 = 0$ ve alternatif hipotez $H_1: \sigma_\lambda^2 > 0$ şeklindedir. Honda'nın lambda istatistiği ise $\sqrt{LM_\lambda} \sim N(0,1)$ standart normal dağılıma sahiptir. Eğer model çift yönlü ise boş hipotez $H_0: \sigma_\mu^2 = \sigma_\lambda^2 = 0$ ve alternatif hipotez $H_1: \sigma_\mu^2 > 0, \sigma_\lambda^2 > 0$ şeklindedir. Bu hipotezleri sınamak için kullanılan test istatistiği $Honda_{\mu\lambda} = \frac{1}{2} \sqrt{LM_\mu} + \sqrt{LM_\lambda} \sim N(0,1)$ aynı şekilde standart normal dağılıma sahiptir. Test istatistiği ki kare dağılımı gösterir. Karar verirken 1,28 değerinden büyük çıkarsa boş hipotez reddedilir. Aynı şekilde olasılık değeri de %10'dan yüksek olursa boş hipotez reddedilir. Buradan hareketle kesit ve zaman etkilerinin birlikte anlamlı olduğu söylenebilir.

Tablo 4.13. Rassal Etkilerin Anlamlılık Testi

Test	Kesit Etkisi (tek yönlü)	Zaman Etkisi (tek yönlü)	Kesit ve Zaman Etkisi (çift yönlü)
BP	2246.62 (0.00)	9.89 (0.00)	2256.51 (0.00)
Honda	47.39 (0.00)	-3.14 (.00)	31.29 (0.00)

Kaynak: Güriş ve Kömüryakan, 2019: 548

Tablo 4.13'te rassal etkilerin anlamlılık testi sonuçları verilmiştir. Kesit ve zaman etkilerinin anlamlılığı ilk satırda BP testi vasıtasıyla sınanmıştır. Burada yer alan olasılık değerlerinden hareketle kesit ve zaman etkisinin anlamlı olduğunu söyleyebiliriz. Aynı işlem daha sonra Honda testinden faydalanılarak uygulanmıştır. Olasılık değerlerine göre

kesit etkisi anlamlı, zaman etkisi istatistiksel bakımdan anlamsız olarak karşımıza çıkar. Ancak her iki etki birlikte var olduğunda anlamlı görünmektedir.



5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya birincil enerji kaynaklarının büyük bir kısmı fosil kaynaklıdır. Bu yakıtların bir süre sonra tükeneyeceği de öngörülmekle birlikte bu kaynaklar ekonomiye ve çevreye de verdikleri zarar da dünyayı tehdit etmektedir.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının uluslararası ticarete etkileri, küresel enerji sektörü ve ekonomik ilişkiler açısından önemli bir akademik araştırma konusudur. Günümüzde, yenilenebilir enerji kaynaklarına olan küresel talep artmakta ve bu da bu kaynakların uluslararası ticaretini geliştirmektedir. Yenilenebilir enerji ihracatı, kaynak zengini ülkeler için yeni bir gelir kaynağı oluştururken, enerji ithalatçısı ülkeler için enerji güvenliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif sağlamaktadır.

Ticari açıklık ile karbon ayak izi arsısında karmaşık bir ilişki söz konusudur. Ticari açıklığın artması, uluslararası ticaretin hacmini ve yoğunluğunu artırmaktadır. Artan mal ve hizmet üretimi ve taşımacılık faaliyetleriyle birlikte sera gazı emisyonlarının da artabilir. Ticari açıklık, enerji yoğun endüstrilerin büyümesini ve karbon yoğunluğunun yükselmesine etki edebilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının uluslararası ticareti, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine de katkıda bulunabilir. Bir ülke, kendi yenilenebilir enerji kaynaklarını kullanarak enerji talebini karşılamaya odaklanırken, diğer ülkelerle enerji alışverişi yaparak karbondioksit salınımını azaltabilir. Bu şekilde, küresel iklim değişikliği ile mücadelede önemli bir adım atılabilir. Ayrıca, yenilenebilir enerji kaynaklarının uluslararası ticareti, teknoloji transferini teşvik ederek gelişmekte olan ülkelerin yenilenebilir enerji alanındaki altyapılarını güçlendirebilir ve bu ülkelerin sürdürülebilir kalkınmalarına katkı sağlayabilir.

Tüm dünyada olduğu gibi MENA ülkelerinde de enerji sektörünün ekonomik, çevresel ve sosyal açıdan sürdürülebilir bir biçimde olması gerekmektedir. Bu durum hem ekonominin dışa açıklığını arttıracak hem de karbon ayak izinde artışı dengeli hale getirecektir. Yenilenebilir enerjiye teşvikin artırılması için bu kaynakların üretimini gerçekleştirebilecek güçlü yasal düzenlemelerin yapılması gerekmektedir. Bu noktada, uluslararası ticaret politikalarının ve düzenlemelerin yenilenebilir enerji kaynaklarının ticaretini desteklemesi ve teşvik etmesi büyük önem taşımaktadır.

Sonuç olarak, ticari açıklık ve yenilenebilir enerji tüketimi, karbon ayak izi büyüklüğünü etkileyen önemli faktörlerdir. Ticari açıklık, sera gazı emisyonlarını

çoğaltacak ticaret faaliyetlerini arttırabilir. Yenilenebilir enerji tüketimi ise daha temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı kullanımı sağlayarak karbon ayak izini azaltabilir. Bu nedenle, çevresel sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmak için, ticari politikaların ve enerji politikalarının birlikte ele alınması ve uyumlu bir şekilde uygulanması önemlidir.



6. KAYNAKLAR

- Abbasi, T., & Abbasi, S. A. (2012). Is the Use of Renewable Energy Sources an Answer to the Problems of Global Warming and Pollution?. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 42(2), 99-154.
- Acar, S. (2017). *Uluslararası Reel Ticaret: Teori, Politika* (Beşinci baskı). İzmir.
- Acaravcı, A., & Akyol, M. (2017). Türkiye’de Doğrudan Yabancı Yatırımlar, Dış Ticaret ve Ekonomik Büyüme İlişkisi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 3(1), 17-33.
- Acaravcı, A., & Erdoğan, S. (2017). Yenilenebilir Enerji, Çevre ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Seçilmiş Ülkeler için Ampirik Bir Analiz. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 13(1), 53-64.
- Acaroğlu, M. (2013). *Alternatif Enerji Kaynakları* (Genişletilmiş üçüncü baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Adaçay, F. R (2014). Türkiye İçin Enerji ve Kalkınmada Perspektifler. *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6(2). 87-103.
- Adıgüzel, M. (2011). *Uluslararası Rekabet Gücü Belirleyici Faktörler ve Ölçülmesi, Türkiye Bağlamında Bir Değerlendirme*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım
- Ağcadağ, D., & Gövdere B. (2021). Temel Kaynaklarla Yeni Dış Ticaret Teorileri. *Journal of International Management, Educational and Economics Perspectives*, 9(1), 1-14.
- Akay, E. Ç., Abdieva, R., & Oskonbaeva, Z. (2015). Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği. *International Conference on Eurasian Economies*, 2, 628-636.
- Akova, İ. (2008). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Alharthi, M., Dogan, E., & Taskin, D. (2021). Analysis of CO₂ Emissions and Energy Consumption by Sources in MENA Countries: Evidence From Quantile Regressions. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 38901-38908.
- Al-Mulali, U. (2012). Factors Affecting CO₂ Emission in the Middle East: A Panel Data Analysis. *Energy*, 44(1), 564-569.
- Al-Mulali, U., & Ozturk, I. (2015). The Effect of Energy Consumption, Urbanization, Trade Openness, Industrial Output, and the Political Stability on the Environmental Degradation in the MENA (Middle East And North African) Region. *Energy*, 84, 382-389.
- Al-Mulali, U., & Sheau-Ting, L. (2014). Econometric Analysis of Trade, Exports, Imports, Energy Consumption and CO₂ Emission in Six Regions. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 33, 484-498.

- Al-Mulali, U., Solarin, S. A., Sheau-Ting, L., & Ozturk, I. (2016). Does Moving Towards Renewable Energy Cause Water and Land Inefficiency?. An Empirical Investigation. *Energy Policy*, 93, 303-314.
- Alper, A.E., & Oransay, G. (2015). Cari Açık ve Finansal Gelişmişlik İlişkisinin Panel Nedensellik Analizi Ekseninde Değerlendirilmesi. *Uluslararası Ekonomi ve Yenilik Dergisi*, 1(2), 73-85.
- Ansari, M. A., Haider, S., & Khan, N. A. (2020). Does Trade Openness Affects Global Carbon Dioxide Emissions: Evidence from the Top CO₂ Emitters. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(1), 32-53.
- Apergis, N., Payne, J. E., Menyah, K., & Wolde-Rufael, Y. (2010). On the Causal Dynamics Between Emissions, Nuclear Energy, Renewable Energy, and Economic Growth. *Ecological Economics*, 69(11), 2255-2260.
- Aslan, N., & Yörük, D. (2008). Teoride ve Dış Ticaret Hadleri ve Kalkınma İlişkisi. *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 25(2), 33-69.
- Atelge, M. R. (2021). The Potential of Biogas Production as a Biofuel from Cattle Manure in Turkey and Projected Impact on The Reduction of Carbon Emissions for 2030 and 2053. *International Journal of Innovative Engineering Applications*, 5(1), 56-64.
- Aydemir, R. (2013). *Sürdürülebilir Yaşam ve Enerji Söyleşileri* (Birinci Baskı). İstanbul: Sokak Kitapları Yayınları.
- Aydın, M., & Turan, Y. E. (2020). The Influence of Financial Openness, Trade Openness, and Energy Intensity on Ecological Footprint: Revisiting the Environmental Kuznets Curve Hypothesis for BRICS Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(34), 43233-43245.
- Bai, J., & Kao, C. (2006). On the Estimation and Inference of a Panel Cointegration Model with Cross-Sectional Dependence. *Contributions to Economic Analysis*, 274, 3-30.
- Bai, J., & Ng, S. (2004). A PANIC Attack on Unit Roots and Cointegration. *Econometrica*, 72(4), 1127-1177.
- Bai, J., Kao, C., & Ng, S. (2009). Panel Cointegration with Global Stochastic Trends. *Journal of Econometrics*, 149(1), 82-99.
- Balan, F. (2016). *Türkiye’de Küresel Ticaret*. Bursa: Dora Yayıncılık
- Baltagi, B. (2011). *Econometric Analysis of Panel Data* (Third Edition). Jhon Wiley&Sons Inc, England.
- Baltagi, B. H. (2005). *Econometric Analysis of Panel Data*, Third Edition, John Wiley&Sons Inc, England.
- Baltagi, B.H. (2008). *Econometric Analysis of Panel Data*. John Wiley and Sons Inc, Chichester.

- Banerjee, A., & Carrion-i-Silvestre, J. L. (2017). Testing for Panel Cointegration Using Common Correlated Effects Estimators. *Journal of Time Series Analysis*, 38(4), 610-636.
- Bilgili, F., Koçak, E., & Bulut, Ü. (2016). The Dynamic Impact of Renewable Energy Consumption on CO₂ Emissions: A Revisited Environmental Kuznets Curve Approach. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 838-845.
- Blackburne, E. F., & Frank, M. W. (2007). Estimation of Nonstationary Heterogeneous Panels. *The Stata Journal*, 7(2), 197-208.
- Bottaso, A., Castagnetti, C., & Conti, M. (2011). *And Yet they Co-Move! Public Capital and Productivity in OECD: A Panel Cointegration Analysis with Cross-Section Dependence* (No. 154). Quaderni di Dipartimento.
- BP. (2022). Statistical Review of World Energy.
- Breitung, J., & Das, S. (2005). Panel Unit Root Tests Under Cross-Sectional Dependence. *Statistica Neerlandica*, 59(4), 414-433.
- Breusch, T. S., & Pagan, A. R. (1980). The Lagrange Multiplier Test and its Applications to Model Specification Tests in Econometrics. *The Review of Economic Studies*, 47(1), 239-253.
- Büberkökü, Ö. (2016). Uluslararası Sermaye Hareketliliğinin İncelenmesi: Yükselen Piyasa Ekonomileri Üzerine Bir Uygulama. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 8(15), 281-298.
- Canbay, Ş. (2019). Türkiye'de İktisadi Büyüme ile Yenilenebilir Enerji Tüketiminin Çevre Kirliliği Üzerindeki Etkileri. *Maliye Dergisi*, 176, 140-151.
- Canning, D., & Pedroni, P. (2008). Infrastructure, Long-Run Economic Growth and Causality Tests for Cointegrated Panels. *The Manchester School*, 76(5), 504-527.
- Cetin, M., Ecevit, E., & Yucel, A. G. (2018). The Impact of Economic Growth, Energy Consumption, Trade Openness, and Financial Development on Carbon Emissions: Empirical Evidence from Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(36), 36589-36603.
- Charfeddine, L. (2017). The Impact of Energy Consumption and Economic Development on Ecological Footprint and CO₂ Emissions: Evidence from a Markov Switching Equilibrium Correction Model. *Energy Economics*, 65, 355-374.
- Choi, I. (2001). Unit Root Tests for Panel Data. *Journal of International Money and Finance*, 20(2), 249-272.
- Choi, I. (2015). Panel Cointegration. B.H. Baltagi (ed.), *The Oxford Handbook of Panel Data*, New York, NY: Oxford University Press, 46-75.
- Çağlar, Y. (2012). *Türkiye'de Enerji Ormancılığının Gereği, Kısıtları ve Olanakları*. Ankara: Emo Yayıncılık.

- Çınar, S. (2010). OECD Ülkelerinde Kişi Başına GSYİH Durağan mı?. Panel Veri Analizi. *Marmara Üniversitesi İİBF Dergisi*, 29(2), 591-601.
- Çınar, S. (2011). Gelir ve CO₂ Emisyonu İlişkisi: Panel Birim Kök ve Eşbütünleşme Testi. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 30(2), 71-83.
- Çoban, M. N., & Özkan, O. (2022). Türkiye'de Enerji Tüketimi, Ticari Açıklık, CO₂ Emisyonları ve Kirlilik Sığınağı Hipotezi: Yeni Dinamik ARDL Simülasyonlarından Kanıtlar. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 11(2), 480-507.
- De Hoyos, R. E., & Sarafidis, V. (2006). Testing for Cross-Sectional Dependence in Panel-Data Models. *The Stata Journal*, 6(4), 482-496.
- Di Iorio, F., & Fachin, S. (2008). *A Note on the Estimation of Long-Run Relationships in Dependent Cointegrated Panels*. MPRA Paper, 12053, University Library of Munich, Germany.
- Dinçer, F. (2011). Türkiye'de Güneş Enerjisinden Elektrik Üretimi Potansiyeli-Ekonomik Analizi ve AB Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Değerlendirme. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 14(1), 8-17.
- Dinler, Z. (2012). *İktisada Giriş* (On sekizinci basım). Bursa: Ekin Kitabevi Yayınları.
- Doane, D. P., & Seward, L. E. (2011). Measuring Skewness: A Forgotten Statistic?. *Journal of Statistics Education*, 19(2), 1-18.
- Dogan, E., & Seker, F. (2016). Determinants of CO₂ Emissions in the European Union: The Role of Renewable and Non-Renewable Energy. *Renewable Energy*, 94, 429-439.
- Dumitrescu, E. I., & Hurlin, C. (2012). Testing for Granger Non-Causality in Heterogeneous Panels. *Economic Modelling*, 29(4), 1450-1460.
- Dumrul, Y., & Kılıçarslan, Z. (2020). Türkiye'nin Uluslararası Ticareti ve Ekolojik Ayak İzi. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 9(3), 1589-1597.
- Dura, C. (2000). Yeni Dış Ticaret Teorileri: Genel Bir Bakış. *Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 16, 1-16.
- Eberhardt, M. (2012). Estimating Panel Time-Series Models with Heterogeneous Slopes. *The Stata Journal*, 12(1), 61-71.
- Eberhardt, M., & Teal F. (2010). *Productivity Analysis in Global Manufacturing Production*. Economic Series Working Paper No: 515 University of Oxford Department of Economics, University of Oxford.
- Engeloğlu, Ö., Meral, İ. G., & Genç, K. (2015). Türkiye İçin Yapılan Nedensellik Uygulamaları Üzerine Literatür Araştırması. *Social Sciences Research Journal*, 4(2), 142-154.
- Ergün, S., & Polat, M. A. (2012). Nükleer Enerji ve Türkiye'ye Yansımaları. *İnönü Üniversitesi Uluslararası Sosyal Bilimler Dergisi*, 1(2), 35-58.

- Erlat, H. (2015). Panel Data: A Selective Survey, Department of Economics (Third Revision) June-July 2015, Middle East Technical University, 06800 Ankara.
- Ersoy, A. (2008). *İktisadi Teoriler ve Düşünceler Tarihi* (Üçüncü baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Ertek, T. (2020). *Makroekonomiye Giriş (Basından Örneklerle) (İkinci Basım)*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Eruygur, H. O., & Özokcu, S. (2016). Türkiye’de İklim Değişikliğinin Buğday Verimi Üzerine Etkileri: Bir Heterojen Panel Çalışması. *Ekonomik Yaklaşım*, 27(101), 219-255.
- Esen, E. (2020). 5 Yıl İçinde Küresel Yenilenebilir Enerji Sektörünün Yükseleni Güneş Olacak. *Gündergi*, 6(15).
- Ezan A. M., & Dinçer, İ. (2022). *Enerji: Kavramlar ve Uygulamalar*. Türkiye Bilimler Akademisi. Ankara: Semih Ofset Basım.
- Farhani, S. (2015). Renewable Energy Consumption, Economin Growth and CO₂ emissions: Evidence from selected MENA countries. *IPAG Working Paper Series*, 1(2), 24-41.
- Farhani, S., & Shahbaz, M. (2014). What Role of Renewable and Non-Renewable Electricity Consumption and Output is Needed to Initially Mitigate CO₂ Emissions in MENA Region?. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 40, 80-90.
- Global Footprint Network (2023). 22 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.footprintnetwork.org/our-work/ecological-footprint/> adresinden alınmıştır.
- Gnangnon, S. K. (2019). Tax Reform and Trade Openness in Developing Countries. *Journal of Economic Integration*, 34(3), 498-519.
- Granger, C. W. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.
- Greene, W. H. (2002). *Econometric Analysis*. New Jersey: Pearson Education.
- Gujarati, D. N. (1999). *Basic Econometrics, Mc Graw Hill*. (Third Edition). İstanbul: Literatür Yayıncılık.
- Gujarati, D. N. (2004). *Basic Econometrics*. (Fourth Edition). The Mc. Grow Hill Co.
- Guloglu, B., & Ivrendi, M. (2010). Output Fluctuations: Transitory or Permanent?. The Case of Latin America. *Applied Economics Letters*, 17(4), 381-386.
- Gülmez, A. (2015). OECD Ülkelerinde Ekonomik Büyüme ve Hava Kirliliği İlişkisi: Panel Veri Analizi. *Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 9(3), 18-30.

- Gülmez, A., & Yardımcıoğlu F. (2012). OECD Ülkelerinde Ar-Ge Harcamaları ve Ekonomik Büyüme İlişkisi: Panel Eşbütünleşme ve Panel Nedensellik Analizi (1990-2010). *Maliye Dergisi*, 163(1), 335-353.
- Gündoğan, H., & Tok, D. (2019). Petrole Bağımlı Ülkelerde Petrol Fiyatlarının Sanayi Üretimine Etkisi: Panel Nedensellik Çalışması. *Ege Akademik Bakış*, 19(1), 131-140.
- Güneyli, A. (2019). Rüzgâr Ekonomisi. 5. İzmir Rüzgâr Sempozyumu, 3-5 Ekim 2019. 4 Şubat 2023 tarihinde <http://www.ruzgarsempozyumu.org/wp-content/uploads/2019/RUZGAR2019.pdf> adresinden alınmıştır.
- Gürce, M. Y. (2021). Uluslararası Pazarlarda Tarife Dışı Engeller. *Aurum Sosyal Bilimler Dergisi*, 6(1), 79-90.
- Güriş, S., & Kızıllarslan, Ş. (2017). Dengesiz Panel Veri Modeli ile EM Algoritması Sonuçlarının Karşılaştırılması. *Marmara Üniversitesi Öneri Dergisi*, 12(47), 15-30.
- Güriş, S., & Kömüryakan, F. (2019). Panel Verilerin Homojen Gruplara Ayrılması ve Tesadüfi Katsayılı Model Yaklaşımı. *Uluslararası Balkan ve Yakın Doğu İktisat, İşletme ve Yönetim Bilimleri Kongresi*, Tekirdağ.
- Gürsoy, U. (2004). *Enerjide Toplumsal Maliyet ve Temiz ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları* (Birinci baskı). Ankara: Türk Tabipleri Birliği Yayınları.
- Gürsoy, Y. (2015). *Dış Ticaret İşlemleri Yönetimi* (Dokuzuncu baskı). Bursa: Ekin Basım Yayın Dağıtım.
- Hadri, K. (2000). Testing for Stationarity in Heterogeneous Panel Data. *The Econometrics Journal*, 3(2), 148-161.
- Hadri, K., & Kurozumi, E. (2012). A Simple Panel Stationarity Tests in the Presence of Cross-Sectional Dependence. *Economics Letters*, 115(1), 31-34.
- Hausman, J. A. (1978). Specification Tests in Econometrics. *Econometrica*, 46(6), 1251-1271.
- Ho, S. Y., & Iyke, B. N. (2019). Trade Openness and Carbon Emissions: Evidence From Central and Eastern European Countries. *Review of Economics*, 70(1), 41-67.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H. S. (1988). Estimating Vector Autoregressions with Panel Data. *Econometrica*, 1371-1395.
- Holtz-Eakin, D., Newey, W., & Rosen, H.S. (1988). Estimating Vector Autoregressions Panel Data. *Econometrica*, 56(6), 1371-1395.
- Hood, M. V., Kidd, Q., & Morris, I. L. (2008). Two Sides of the Same Coin: Employing Granger Causality Tests in a Time Series Cross-Section Framework. *Political Analysis*, 16(3), 324-344.
- Hsiao, C. (2003). *Analysis of Panel Data*, Cambridge University Press, United Kingdom.

- Ibrahiem, D. M., & Hanafy, S. A. (2020). Dynamic Linkages Amongst Ecological Footprints, Fossil Fuel Energy Consumption and Globalization: An Empirical Analysis. *Management of Environmental Quality: An International Journal*, 31(6), 1549-1568.
- IEA. (2023a). Renewables 2022 Analysis and Forecast to 2027.
- IEA. (2023b). World Energy Outlook 2022.
- IEA. Data And Statistics, 25 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.iea.org/countries/turkiye/> adresinden alınmıştır.
- IEA. Policies Database, 22 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.iea.org/policies?topic%5B0%5D=Renewable%20Energy> adresinden alınmıştır.
- IEA. Renewables 2022 Executive Summary, 15 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.iea.org/reports/renewables-2022/executive-summary> adresinden alınmıştır.
- IFC. (2016). *International Finance Corporation Climate Investment Opportunities in Emerging Markets An IFC Analysis*. Pennsylvania Avenue, N.W. Washington, D.C.
- Ikpuri, P. O., & Maku, O. A. (2020). A Multivariate Analysis between Renewable Energy, Carbon Emission and Economic Growth: New Evidences from Selected Middle East and North Africa Countries. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 10(6), 440-450.
- Im, K. S., Pesaran, M. H., & Shin, Y. (2003). Testing for Unit Roots in Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 115(1), 53-74.
- IRENA. (2023). International Renewable Energy Agency, 30 Mayıs 2023 tarihinde <https://www.irena.org/News/pressreleases/2023/May/Masdar-and-IRENA-set-a-roadmap-for-COP28-to-triple-global-renewable-energy-capacity-by-2030> adresinden alınmıştır.
- İnat, K., & Özdemir Daşcıoğlu, B. Z. (Editörler), (2021). *Dünya Enerji Trendleri Rezervler, Kaynaklar ve Politikalar*. (Birinci baskı). İstanbul: SETA Kitapları.
- İspiroğlu, F. (2018). *Yükselen Piyasa Ekonomilerinde Ticari Dışa Açıklığın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: Ekonometrik Bir Uygulama*. Yayımlanmış Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kahramanmaraş.
- İstanbul, T. (1980). Orman-Enerji İlişkileri. *İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 30(1).
- İzgi, B. B., & Konu, A. (2019). Genç İşsizliğini Belirleyen Unsurlar: BRICS Ülkeleri ile Türkiye Panel ARDL Uygulaması. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 95-112.

- Jabeen, A. (2015). Is Trade Liberalization, Economic Growth, Energy Consumption Good for the Environment?. *Romanian Journal of Fiscal Policy*, 6(2), 1-13.
- Jallow, L. (2019). *Ticari Dışa Açıklık Oranı ile Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişki: Gambiya Üzerine Bir Uygulama*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi. Kocaeli Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli.
- Jebli, M. B., & Youssef, S. B. (2015). The Environmental Kuznets Curve, Economic Growth, Renewable and Non-Renewable Energy and Trade in Tunisia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 47, 173-185.
- Juodis, A., Karabiyik, H., & Westerlund, J. (2021). On the Robustness of the Pooled CCE Estimator. *Journal of Econometrics*, 220(2), 325-348.
- Kalyani, V. L., Dudy, M. K., & Pareek, S. (2015). Green Enerji: The Need of Word. *Journal of Management Engineering and Information Technology*, 2(5), 18-26.
- Kapluhan, E. (2014). Enerji Coğrafyası Açısından Bir İnceleme: Biyokütle Enerjisinin Dünyadaki ve Türkiye'deki Kullanım Durumu. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 30, 97-125.
- Kar, M., & Kar, B. B. (2019), OECD Ülkelerinde Mobil İletişimin Talep Esnekliklerinin Tahmini. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 15(4), 991-1009.
- Karabağ, N., Kayıkcı, C. B. Ç., & Öngen, A. (2021). % 100 Yenilenebilir Enerjiye Geçiş Yolunda Dünya ve Türkiye. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 230-240.
- Karabulut, T., & Koyuncu T. (2020). Yenilenebilir Enerji ve Karbondioksit (CO₂) Emisyonun Büyüme Üzerindeki Etkileri: Mena Ülkeleri Örneği. *Journal of Social, Humanities and Administrative Sciences*, 6(29), 1222-1231.
- Karacan, A. R., & Atış E. (2020). *Çevre Ekonomisi ve Politikası: Ekonomi, Politika, Uluslararası ve Ulusal Çevre Koruma Girişimleri*. (Genişletilmiş üçüncü baskı). İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Kaya, V., & Uğurlu S. (2013). Ar-Ge Harcamaları ile İhracat Arasındaki İlişki: Türkiye Örneği, 1990-2011. *Ekev Akademi Dergisi*, 57, 269-282.
- Kaygısız, A. D. (2018). Çevresel Kuznets Hipotezi: Türkiye Üzerine Ampirik Bir Uygulama. *Süleyman Demirel Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(32), 186-204.
- Kıral, G., & Çelik, C.(2018). Panel Veri Analizi ve Kümeleme Yöntemi ile Türkiye'de Konut Talebinin İncelenmesi. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 32(4), 1009-1026.
- Koç, E., & Kaya, K. (2015). Enerji Kaynakları-Yenilenebilir Enerji Durumu. *Mühendis ve Makine Dergisi*, 56(668), 36-47.
- Koçak, E. (2017). Finansal Gelişme Çevresel Kaliteyi Etkiler Mi?. Yükselen Piyasa Ekonomileri İçin Ampirik Kanıtlar. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 13(3), 535-552.

- Koçar G., Eryaşar A., Ersöz Ö., Arıcı Ş., & Durmuş A. (2010). *Biyogaz Teknolojileri*. İzmir: Ege Üniversitesi Basımevi.
- Koçtürk, D., & Onurbas, A. A. (2012). Benzin Motorlarında Biyoetanol Kullanımının Çevresel Etkilerinin Belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 4(2), 65-74.
- Kök, R., & Şimşek, N. (2006, 11-13 Eylül). Endüstri-İçerici Dış Ticaret, Patentler ve Uluslararası Teknolojik Yayılma. *Türkiye Ekonomi Kurumu Uluslararası Ekonomi Konferansı*, Ankara, 1-67.
- Kurdoğlu, Ç. (1975). *Dış Ticaret ve Teknik Seçimi*. Ankara: Ankara Üniversitesi Basımevi.
- Kurt, B., & Zengin H. (2016). İthalatın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Doğrudan ve Dolaylı Etkileri: Feder-Ram Modeli. *Uluslararası Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2(4), 67-86.
- Kurt, M., & Gümüş, E. (2020). Türkiye’de Eğitim Kademelerinin Bireysel Getirileri: Panel Veri Setinden Kanıtlar. *Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Dergisi*, 53(1), 87-115.
- Küçükcalay, A. M. (2015). *İktisadi Düşünce Tarihi* (Dördüncü baskı) İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Külekiçi, Ö. C. (2009). Yenilenebilir Enerji Kaynakları Arasında Jeotermal Enerjinin Yeri ve Türkiye Açısından Önemi. *Ankara Üniversitesi Çevre Bilimleri Dergisi*, 1(2) , 83-91.
- Lebe, F. (2016). Çevresel Kuznets Eğrisi Hipotezi: Türkiye İçin Eşbütünleşme ve Nedensellik Analizi. *Doğuş Üniversitesi Dergisi*, 17(2), 177-194.
- Leitao, N. C. (2014). Economic Growth, Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy and Globalization. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 4, 391-399.
- Levin, A., Lin, C. F., & Chu, C. S. J. (2002). Unit Root Tests in Panel Data: Asymptotic and Finite-Sample Properties. *Journal of Econometrics*, 108(1), 1-24.
- Liberati, P. (2007). Trade Openness, Capital Openness and Government Size. *Journal of Public Policy*, 27(2), 215-247.
- Liu, J., Murshed, M., Chen, F., Shahbaz, M., Kirikkaleli, D., & Khan, Z. (2021). An Empirical Analysis of the Household Consumption-Induced Carbon Emissions in China. *Sustainable Production and Consumption*, 26, 943-957.
- Loayza, N., & Ranciere, R. (2004). Financial Development, Financial Fragility and Growth, WPS-3431.
- Maddala, G. S. & Wu, S. (1999). A Comparative Study of Unit Root Tests with Panel Data and a New Simple Test. *Oxford Bulletin in Econometrics and Statistics*, 61(1), 631-652.

- Mahyideen, J. M., Ismail, N. W., & Hook, L. S. (2012). A Pooled Mean Group Estimation on ICT Infrastructure and Economic Growth in ASEAN-5 Countries. *International Journal of Economics and Management*, 6(2), 360-378.
- Majeed, M. T., Tauqir, A., Mazhar, M., & Samreen, I. (2021). Asymmetric Effects of Energy Consumption and Economic Growth on Ecological Footprint: New Evidence From Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 28, 32945-32961.
- Managi, S. (2004). Trade Liberalization and the Environment: Carbon Dioxide for 1960-1999. *Economics Bulletin*, 17(1), 1-5.
- Manning, J., & Garbon J. (2013). *Yeşil Enerji, Yeni Enerji Buluşları Dünyamızı Nasıl Değiştirir?* (Çev. Gürtunca, S.). İstanbul: Sistem Yayıncılık (Eserin orijinali 2011’de yayımlandı).
- Mark, N. C., & Sul, D. (2003). Cointegration Vector Estimation by Panel DOLS and Long-run Money Demand. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 65(3), 655-680.
- Matyas, L., & Sevestre, P. (1996). *The Econometrics of Panel Data*. Kluwer Academic Publishers.
- Menyah, K., Nazlioglu, Ş., & Wolde-Rufael, Y. (2014). Financial Development, Trade Openness and Economic Growth in African Countries: New Insights from a Panel Causality Approach. *Economic Modelling*, 37, 386-394.
- Mercan, M., & Göçer, İ. (2014). Ticari Dışa Açıklığın Ekonomik Etkileri: Orta Asya Ülkeleri İçin Ampirik Bir Analiz. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 10(22), 27-44.
- Musah, M., Kong, Y., & Mensah, I. A. (2021). Trade Openness and CO₂ Emanations: A Heterogeneous Analysis on the Developing Eight (D8) Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(1), 44200-44215.
- Narayan, P. K., & Smyth, R. (2009). Multivariate Granger Causality Between Electricity Consumption, Exports and Gdp: Evidence From a Panel of Middle Eastern Countries. *Energy Policy*, 37(1), 229-236.
- Nargeleçekenler, M. (2009). *Makroekonomik ve Finansal Serilerin Ekonometrik Analizi: Panel Veri Yaklaşımı*. Yayımlanmış Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa.
- Nargeleçekenler, M., & Sevüktekin, M. (2010). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi Eviews Uygulamalı* (Üçüncü baskı). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Nasreen, S., & Anwar, S. (2014). Causal Relationship Between Trade Openness, Economic Growth and Energy Consumption: A Panel Data Analysis of Asian Countries. *Energy Policy*, 69, 82-91.
- Nathaniel, S. P. (2021b). Ecological Footprint, Energy Use, Trade, and Urbanization Linkage in Indonesia. *Geojournal*, 86, 2057-2070.

- Nathaniel, S. P., & Iheonu, C. I. (2019). Carbon Dioxide Abatement in Africa: The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption. *Science of The Total Environment*, 679, 337-345.
- Nathaniel, S. P., Murshed, M., & Bassim, M. (2021a). The Nexus Between Economic Growth, Energy Use, International Trade and Ecological Footprints: The Role of Environmental Regulations in N11 Countries. *Energy, Ecology and Environment*, 6(6), 496-512.
- Nathaniel, S., Anyanwu, O., & Shah, M. (2020). Renewable Energy, Urbanization, and Ecological Footprint in the Middle East and North Africa Region. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 14601-14613.
- Nathaniel, S., Nwodo, O., Adediran, A., Sharma, G., Shah, M., & Adeleye, N. (2019). Ecological Footprint, Urbanization, and Energy Consumption in South Africa: Including the Excluded. *Environmental Science and Pollution Research*, 26(26), 27168-27179.
- Naveed, A., & Shabbir, G. (2006). Trade Openness, Fdi and Economic Growth: A Panel Study. *Pakistan Economic and Social Review*, 44(1), 137-154.
- Nazlıoğlu, Ş. (2010). *Makro İktisat Politikalarının Tarım Sektörü Üzerindeki Etkileri: Gelişmiş ve Gelişmekte Olan Ülkeler İçin Bir Karşılaştırma*. Yayınlanmış Doktora Tezi, Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kayseri.
- Omri, A. (2013). CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth Nexus in MENA Countries: Evidence from Simultaneous Equations Models. *Energy Economics*, 40, 657-664.
- Ozturk, I., & Acaravci, A. (2013). The Long-Run and Causal Analysis of Energy, Growth, Openness and Financial Development on Carbon Emissions in Turkey. *Energy Economics*, 36, 262-267.
- Özcan, C. C., Özmen, İ., & Özcan, G. (2018). Ticari Dışa Açıklığın Ekonomik Büyümeye Etkisi: Yükselen Piyasa Ekonomileri. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 40, 60-73.
- Özçağ, M. (2015). Türkiye’de Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme ve Dışa Açıklık İlişkisi: ARDL Modeli. *Finans Politik ve Ekonomik Yorumlar*, 52(605), 7-17.
- Özdamar, N. (2012). *Jeotermal Enerji Çevre ve Tarım*. Aydın: Tuna Matbaacılık.
- Özer, P. (2017). *Ar-Ge Harcamaları, Patent Başvuru Sayısı ve Ekonomik Büyüme: OECD Ülkeleri Üzerine Bir Uygulama*. Yayımlanmış Yüksek Lisans Tezi, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kütahya.
- Özsoy, E. C. (2015). Düşük Karbon Ekonomisi ve Türkiye’nin Karbon Ayak İzi. *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 4(9), 198-215.
- Öztürk, E. (2018). Elektrik Tüketimi ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkisi: Üst Orta Gelir Grubu Ülkeler Panel Veri Analizi. *Uluslararası İşletme, Ekonomi ve Yönetim Perspektifleri Dergisi*, 2(1) 1-10.

- Öztürk, H. (2013). *Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. İstanbul: Birsen Yayınevi.
- Pedroni, P. (2000). Fully Modified OLS for Heterogeneous Cointegrated Panels; No 2000-03; Department of Economics Working Papers, Department of Economics, Williams College: Williamstown, MA, USA.
- Pesaran M. H. (2006). Estimation and Inference in Large Heterogeneous Panels with a Multifactor Error. *Econometrica*, 74(4), 967-1012.
- Pesaran, H. M. (2004). *General Diagnostic Tests for Cross Section Dependence in Panels*. University of Cambridge Working Paper, 0435.
- Pesaran, H. M., Shin, Y., & Smith, R. P. (1999). Pooled Mean Group Estimation of Dynamic Heterogeneous Panels. *J. Am. Stat. Assoc*, 94, 621-634.
- Pesaran, H., & Smith, R. (1995). Estimating Long-Run Relationships from Dynamic Heterogeneous Panels. *Journal of Econometrics*, 68(1), 79-113.
- Pesaran, M. H. (2007). A Simple Panel Unit Root Test in the Presence of Cross-Section Dependence. *Journal of Applied Econometrics*, 22, 265-312.
- Pesaran, M. H., & Yamagata, T. (2008). Testing Slope Homogeneity in Large Panels. *Journal of Econometrics*, 142, 50-93.
- Pesaran, M. H., Ullah, A., & Yamagata, T. (2008). A Bias-Adjusted LM Test of Error Cross-Section Independence. *The Econometrics Journal*, 11(1), 105-127.
- Phillips, P. C., & Hansen, B. E. (1990). Statistical Inference in Instrumental Variables Regression with I (1) Processes. *The Review of Economic Studies*, 57(1), 99-125.
- Pindyck, R. S., & Rubinfeld, D. L. (1998). *Econometric Models and Economic Forecasts* (Fourth Edition). McGraw-Hill, New York.
- Pirotte, A. (1999). Convergence of the Static Estimation Toward the Long Run Effects of Dynamic Panel Data Models. *Economics Letters*, 63(2), 151-158.
- Rafiq, S., Salim, R., & Nielsen, I. (2016). Urbanization, Openness, Emissions and Energy Intensity: A Study of Increasingly Urbanized Emerging Economies. *Energy Economics*, 56, 20-28.
- Rasoulinezhad, E., & Saboori, B. (2018). Panel Estimation for Renewable and Non-Renewable Energy Consumption, Economic Growth, CO₂ Emissions, the Composite Trade Intensity and Financial Openness of the Commonwealth of Independent States. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(18), 17354-17370.
- Razmi, S. F., Bajgiran, B. R., Behname, M., Salari, T. E., & Razmi, S. M. J. (2020). The Relationship of Renewable Energy Consumption to Stock Market Development and Economic Growth in Iran. *Renewable Energy*, 145, 2019-2024.
- REN21. (2022). Renewables 2022 Global Status Report.

- Saçık, S. Y. (2009). Büyümenin Bir Kaynağı Olarak Ticari Dışa Açıklık. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 9(18), 273-294.
- Sadorsky, P. (2011). Trade and Energy Consumption in the Middle East. *Energy Economics*, 33(5), 739-749.
- Sahoo, M., & Sethi, N. (2021). The İntermittent Effects of Renewable Energy on Ecological Footprint: Evidence from Developing Countries. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(40), 56401-56417.
- Saikkonen, P. (1991). Asymptotically Efficient Estimation of Cointegration Regressions. *Econometric Theory*, 7(1), 1-21.
- Sakyi, D., Villaverde, J., Maza, A., & Reddy Chittedi, K. (2012). Trade Openness, Growth and Development: Evidence from Heterogeneous Panel Cointegration Analysis for Middle-İncome Countries. *Cuadernos de Economía*, 31(57), 21-40.
- Sebri, M., & Ben-Salha, O. (2014). On the Causal Dynamics between Economic Growth, Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions and Trade Openness: Fresh Evidence from BRICS Countries. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 39, 14-23.
- Sender, S. (2013). An Exact Finite-Sample Correction To Fully-Modified Estimators of Cointegrated Panels, 21 Mart 2021 tarihinde https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2207938 adresinden alınmıştır.
- Sevüktekin, M. (1989). Ekonometrik Araştırmalarda Verilerin Kullanılması. *Uludağ Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 10(1-2), 117-127.
- Seyitoğlu, H. (2020). *Uluslararası İktisat Teori Politika ve Uygulama* (Genişletilmiş yirmi ikinci baskı). İstanbul: Güzem Can Yayınları.
- Seymen, D. (2005). Dış Ticaret-Çevre İlişkilerinin Dengelenmesi: Sürdürülebilir Ticaret, Teori ve Türkiye Değerlendirmesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(3), 99-127.
- Shafiei, S., & Salim, R. A. (2014). Non-Renewable and Renewable Energy Consumption and CO₂ Emissions in OECD Countries: A Comparative Analysis. *Energy Policy*, 66, 547-556.
- Shahbaz, S. J. H., Kumar, R., Zakaria, M., & Hurr, M. (2017). Carbon Emission, Energy Consumption, Trade Openness and Financial Development in Pakistan: A Revisit. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 185-192.
- Shahzad, U., Fareed, Z., Shahzad, F., & Shahzad, K. (2020). Investigating the Nexus between Economic Complexity, Energy Consumption and Ecological Footprint for the United States: New Insights from Quantile Methods. *Journal of Cleaner Production*, 279.
- Sharif, A., Tuzemen, Ö. B., Uzuner, G., Ozturk, I., & Sinha, A. (2020). Revisiting the Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption on Turkey's Ecological

Footprint: Evidence from Quantile ARDL Approach. *Sustainable Cities and Society*, 57.

- Shibamoto, M., & Tsutsui, Y (2014). Note on the Interpretation of Convergence Speed in the Dynamic Panel Model. *Applied Economics Letters*, 21(8), 533-535.
- Sisay, D. (2015). Alternative Estimations of Manufactured Exports: Mean-Group, Pooled Mean-Group and GMM Estimators. *Denmarks Statistic, Modelgruppen*, 15(1), 1-11.
- Spetan, K. (2016). Renewable Energy Consumption, CO₂ Emissions and Economic Growth: A Case of Jordan. *International Journal of Business and Economics Research*, 5(6), 217-226.
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (1998). Median Unbiased Estimation of Coefficient Variance in a Time-Varying Parameter Model. *Journal of the American Statistical Association*, 93(441), 349-358.
- Sulaiman, J., Azman, A., & Saboori, B. (2013). The Potential of Renewable Energy: Using the Environmental Kuznets Curve Model. *American Journal of Environmental Sciences*, 9(2), 103-112.
- Sun, H., Enna, L., Monney, A., Tran, D. K., Rasoulinezhad, E., & Taghizadeh-Hesary, F. (2020). The Long-Run Effects of Trade Openness on Carbon Emissions in Sub-Saharan African Countries. *Energies*, 13(20).
- Swamy, P. A. V. B. (1970). Efficient Inference in a Random Coefficient Regression Model. *Econometrica*, 38(2), 311-323.
- Şahin, Y. B. (2015). Dışa Açıklığın Ölçüm Yöntemleri. *The Journal of Academic Social Science Studies*, 33, 455-463.
- Şükrüoğlu, D. (2008). *Eşanlı Panel Veri Modelleri ve Bir Uygulama*. Yayımlanmış Doktora Tezi, Marmara Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Tatoğlu, F. Y. (2014). *Panel Veri Analizi*, 20 Mart 2021 tarihinde http://auzefkitap.istanbul.edu.tr/kitap/ekonometri_ue/panelverianalizi.pdf adresinden alınmıştır.
- Temiz Enerji (2022, Ağustos). *Orta Doğu ve Kuzey Afrika En Büyük Yeşil Hidrojen Tedarikçileri Olarak Görülüyor*, 11 Mayıs 2023 tarihinde <https://temizenerji.org/2022/08/24/orta-dogu-ve-kuzey-afrika-en-buyuk-yesil-hidrojen-tedarikcileri-olarak-goruluyor/> adresinden alınmıştır.
- Teyyare, E. (2018). Tasarruf-Yatırım-Kurumsal Kalite İlişkisine Yönelik Bir Analiz: Türkiye Örneği. *Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 18(1), 119-139.
- Tiba, S., Omri, A., & Frikha, M. (2016). The Four-Way Linkages between Renewable Energy, Environmental Quality, Trade and Economic Growth: A Comparative Analysis between High and Middle-Income Countries. *Energy Systems*, 7(1), 103-144.

- TMMOB (2006). *Enerji Politikaları Yerli, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Raporu*. Ankara.
- TMMOB (2012). 6. Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu “Bildiriler Kitabı” 14-15-16 Ekim (Birinci baskı). Denizli: EMO Yayıncılık.
- Topal, M. H. (2017). Vergi Yapısının Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi: OECD Ülkelerinden Ampirik Bir Analiz. *Siyaset, Ekonomi ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 5(3), 183-206.
- Topal, M. H., & Ünver, M. (2016). Yolsuzluğun Belirleyicileri: Kırılgan Ekonomiler İçin Panel Eş-bütünleşme Analizi. *Balkan ve Yakın Doğu Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(2), 58-68.
- Topaloğlu, E. E., & Ege, İ. (2020). Kredi Temerrüt Swapları (CDS) ile Borsa İstanbul 100 Endeksi Arasındaki İlişki: Kısa ve Uzun Dönemli Zaman Serisi Analizleri. *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 12(2), 1373-1393.
- Topcu, A. B. (2021). The Impact of Export, Import, and Renewable Energy Consumption on Turkey’s Ecological Footprint. *Journal of Economics, Finance and Accountig*, 8(1), 31-38.
- Tupy, M. L. (2005). Trade Liberalization and Poverty Reduction in Sub-Sahara Africa. *Cato Institute Policy Analysis*, 557, 1-23.
- Turan, Z. (2018). Türkiye’de Tarımsal Mal Ticaretinin ve Hayvancılığın Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi (1990-2014). *International Journal of Disciplines in Economics and Administrative Sciences Studies*, 4(8), 200-209.
- Türkiye Çevre Vakfı Yayınları (2006). *Türkiye’nin Yenilenebilir Enerji Kaynakları*. Ankara: Önder Matbaa.
- Tüzüntürk, S. (2007). Panel Veri Modellerinin Tahmininde Parametre Heterojenliğinin Önemi: Geleneksel Phillips Eğrisi Üzerine Bir Uygulama. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 21(2), 1-14.
- Uddin, G. A., Salahuddin, M., Alam, K., & Gow, J. (2017). Ecological Footprint and Real Income: Panel Data Evidence from the 27 Highest Emitting Countries. *Ecological Indicators*, 77, 166-175.
- UNEP. (2023). Renewable Energy. *Our Planet*, 16(4), 2-30.
- Ülgen, H., & Mirze, S. K. (2010). *İşletmelerde Stratejik Yönetim* (Beşinci baskı). İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Vermeersch, G. (2000). Development of a Biodiesel Activity, 3. International Congress and Expo Lipids, Fats, and Oils, Würzburg-Almanya.
- Vernon, R. (1966). International Investment and International Trade in the Product Cycle. *Quarterly Journal of Economics*, 80(2), 190-207.

- Wandana, L. S., Wadanambi, R. T., Preethika, D. D. P., Dassanayake, N. P., Chathumini, K. K. G. L., & Udara S. P. R. (2021). Carbon Footprint Analysis: Promoting Sustainable Development. *Journal of Research Technology and Engineering*, 2(1), 73-80.
- Wang, Y., & Zhao, T. (2015). Impacts of Energy-Related CO₂ Emissions: Evidence from Under Developed, Developing and Highly Developed Regions in China. *Ecological Indicators*, 50, 186-195.
- Westerlund, J. (2008). Panel Cointegration Tests of the Fisher Effect. *Journal of Applied Econometrics*, 23(2), 193-223.
- Wooldridge, J. M. (2002). *Econometric Analysis of Cross Section and Panel Data*. Cambridge: The MIT Press.
- World Bank, 30 Ekim 2022 tarihinde <http://wdi.worldbank.org/table/3.13> adresinden alınmıştır.
- Xue, L., Haseeb, M., Mahmood, H., Alkhateeb, T. T. Y., & Murshed, M. (2021). Renewable Energy Use and Ecological Footprints Mitigation: Evidence from Selected South Asian Economies. *Sustainability*, 13(4), 1613.
- Yapraklı, S. (2013). *Enerjiye Dayalı Büyüme Türk Sanayi Sektörü Üzerine Uygulamalar*. İstanbul: Beta Yayıncılık.
- Yarman, T. (2011). *Geçmişte ve Bugün Nükleer Enerji Tartışması* (Birinci basım). İstanbul: Okan Üniversitesi Yayınları.
- Yıldırım, C. Y. (2019). Türkiye’de Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme: Granger Nedensellik Yaklaşımı. *İktisadi, İdari ve Siyasal Araştırmalar Dergisi*, 4(9), 119-145.
- Yıldırım, H. H. (2016). *Türkiye’de Enerji Sorunu, Alternatif Çözüm Önerileri için Rüzgâr Enerjisi ve Yatırımları: Güney Marmara Bölgesinde Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarının Risk ve Getiri Değerlendirmesi Üzerine Bir Uygulama*. Yayımlanmış Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz, S., & Kalkan, D. K. (2017). Enerji Güvenliği Kavramı: 1973 Petrol Krizi Işığında Bir Tartışma. *Uluslararası Kriz ve Siyaset Araştırma Dergisi*, 1(3), 169-199.
- Yücesan, M., Yağış, O., & Torun M. (2019). Ekonomik Büyüme ve Enerji Tüketiminin CO₂ Emisyonu Üzerindeki Etkileri: Seçilmiş Mena Ülkeleri İçin Panel Veri Analizi. *Yönetim ve Araştırma Dergisi*, 17(4), 351-368.
- Yüksel, E., & Sarıdoğan, E. (2011). Uluslararası Ticaret Teorileri ve Paul R.Krugman’ın Katkıları. *Öneri Dergisi*, 9(35), 199-206.
- Zaidi, S. A. H., Hou, F., & Mirza, F. M. (2018). The Role of Renewable and Non-Renewable Energy Consumption in CO₂ Emissions: A Disaggregate Analysis of Pakistan. *Environmental Science and Pollution Research*, 25(31), 31616-31629.

- Zaman, K., Ghazali, B., Khan, A., Rosman, A. S., Sriyanto, S. Hishan, S., & Abu Bakar Z. (2019). Pooled Mean Group Estimation for Growth, Inequality, and Poverty Triangle: Evidence from 124 Countries. *Journal of Poverty*, 24(1), 1-19.
- Zhang, S., Liu, X., & Bae, J. (2017). Does Trade Openness Affect CO₂ Emissions: Evidence From Ten Newly Industrialized Countries?. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(21), 17616-17625.

