Yenilenebilir Enerji Tüketimi, İktisadi Büyüme ve Karbondioksit Emisyonu Arasındaki Nedensel İlişki: Orta Doğu ve Kuzey Afrika Ülkeleri Örneği

The Causal Relationship between Renewable Energy Consumption, Economic Growth and Carbon Dioxide Emissions: Evidence from Middle East and North Africa Countries

Prof. Dr. Ebru Çağlayan Akay (Marmara University, Turkey)

Asst. Prof. Dr. Raziiakhan Abdieva (Kyrgyzstan-Turkey Manas University, Kyrgyzstan)

Dr. Zamira Oskonbaeva (Kyrgyzstan-Turkey Manas University, Kyrgyzstan)

Abstract

Renewable energy plays a crucial role in increasing economic growth while reducing carbon dioxide emissions. The aim of this study is to examine the interaction between renewable energy consumption, economic growth and carbon dioxide emissions for selected Middle East and North Africa countries. For this aim, panel vector autoregression approach is used in the study. The annual data used in this study cover the period from 1988 to 2010 for Middle East and North Africa countries. Firstly, second generation unit root test are used to investigate stationarity properties of the variables and second generation panel cointegration test is applied to the data under consideration because of the cross-sectional dependence. Then a panel causality approach is proposed to examine the causal relationship between the variables. Finally, panel vector autoregression model, impulse-response and variance decomposition analysis are applied using generalized moment methods. The finding of this study shows that there is a bi-directional causality between growth and renewable energy consumption, which is consistent with the feedback hypothesis in terms of the energy consumption-growth nexus. It is found the evidence of unidirectional causality from carbon dioxide emissions to renewable energy consumption and from growth to carbon dioxide emissions. It is also found that the responses of growth to a shock of energy consumption are positive and the impact of renewable energy consumption on carbon dioxide emissions is negative.

1 Giriş

Ekonomik büyümeyi hedefleyen ülkeler, bu hedeflerine ulaşırken aynı zamanda çevreye de önem vermek zorundadır. “Düşük karbon ve yeşil büyüme” kavramına olan ilgi yıldan yıla önemli bir artış göstermektedir (Hwang ve Yoo 2014). Mevcut enerji kaynaklarının daha fazla kullanımı iklim değişikliğine neden olan sera gazlarının daha da artması anlamına gelmektedir. Bunun nedeni, fosil yakıtlarının yanma sırasında bol miktarda karbondioksit (CO₂) açığa çıkarmasıdır. Dünyadaki, sera gazlarının % 76’sını oluşturan CO₂ en önemli kirletici gaz olarak bilinmektedir (International Energy Agency IEA; 2012). Özellikle, 1997 yılında Kyoto Protokolü imzalandıktan sonra fosil yakıtlarının yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanılmasına güçlü bir vurgu yapılmıştır. Bu Protokol gelişmiş ülkeleri karbon dioksit emisyonunu sınırlama konusunda yükümlü kılmıştır (Silva, 2011). 2002’de yapılan Johannesburg zirvesinde ise enerjinin çevreye olan olumsuz etkilerine işaret edilmiştir. Kirletici emisyonlarının ana sorumlusu olarak CO₂ emisyonu kabul edilmiştir (Farhani ve Rejeb, 2012). Bu sorunun üstesinden gelebilmek için tüm dünya ülkeleri yenilenebilir enerji kaynaklarına daha fazla önem vermeye başlamışlardır. Araştırmacıların da yenilenebilir enerji tüketimi, iktisadi büyüme ve CO₂ arasındaki nedensel ilişkiyi ampirik olarak inceleyen çalışmalar üzerinde yoğunlaştıkları görülmektedir (Örneğin; Omri vd. 2015; Jebli ve Youssef 2015; Jaforullah ve King 2015; Apergis ve Payne 2014; Sebri ve Ben-Salha 2014; Shafiei ve Salim 2014; Lin ve Moubarak 2014; Bölük ve Mert 2014; Zeb vd. 2014; Al-Mulali vd. 2013). Bu çalışmalarda kullanılan verilerin, ülke sayısının, dönemin ve ekonometrik yöntemin değişik olmasından dolayı elde edilen bulgular da farklılık göstermektedir.

Orta Doğu ve Kuzey Afrika (MENA) ülkeleri gelişmekte olan ülkeler olduğundan Kyoto protokolüne imza atmamışlardır. Fakat, bu ülkeler de gelişmiş ülkelerin karşılaştıkları kirletici emisyonları azaltma, enerji kullanımını geliştirme ve bunun yanında ekonomik gelişmeyi sağlama gibi sorunlarla karşı karşıya kalmışlardır. MENA bölgesi dünyadaki petrol üretiminin ve ihracatının büyük payına sahiptir. Dünyanın bilinen ham petrol rezervlerinin yaklaşık üçte ikisi MENA bölgesindedir. Dünyanın toplam doğal gaz rezervlerinin % 15’i ise İran İslam Cumhuriyeti’nde bulunmaktadır. Cezayir, Fas, Tunus, Ürdün ve Suriye Arap Cumhuriyeti ise dünyanın fosfat üretiminin yaklaşık üçte birini oluşturmaktadır (Al-Irmani, 2006).

MENA bölgesi yenilenebilir enerji potansiyeli yönünden oldukça zengin bir bölgedir. MENA ülkelerinin güçlü yenilenebilir enerji kaynak tabanına sahip olması nedeniyle var olan potansiyel pazar büyüklüğü yenilenebilir enerji üretimini finanse eden uluslararası yatırımcı ve kuruluşların ilgisini çekmekte ve bu bölgede enerji

talebinin artmasına ve böylece müşteri tabanı gelişmektedir (Hamilton, 2011). MENA bölgesinde sürdürülebilir enerji arzı için enerji üretiminin çeşitli kaynaklardan sağlanması gerekir. Örneğin, doğal gaz ve özellikle yenilenebilir enerji kaynaklarına önem verilmeli ve böylelikle yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji üretiminin maliyetini azaltması ve çevrenin kirlenmemesi sağlanmalıdır (Griffiths, 2012).

Bu çalışmanın amacı, 1988-2010 dönemine ait yıllık verileri kullanarak, seçilmiş MENA ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi, iktisadi büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemektir. Bu amaç için Panel Vektöröregresyon (PVAR) yöntemi kullanılarak 3 değişkenli PVAR modeli tahmin edilmiştir. Ayrıca değişkenler arasındaki şokların etkisini belirlemek amacı ile etki tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizleri yapılmıştır.

Çalışmanın bundan sonraki bölümünde MENA ülkelerinde yenilenebilir enerjiye yer verilmiştir. Üçüncü bölüm konuyla ilgili literatürün incelendiği bölümdür. Dördüncü bölümde veri ve değişkenler hakkında açıklamalar yapılmıştır. Beşinci bölümde ise ekonometrik metodoloji ve tahmin sonuçları özetlenmiştir. Çalışma sonuç bölümüyle sona ermektedir.

2 MENA Bölgesinde Yenilenebilir Enerji

1990'larda dünya çapında artış gösteren yenilenebilir enerji 2000'li yıllara doğru hız kazanmaya başlamıştır. 2012 yılında yenilenebilir enerji küresel enerji tüketiminin %19'unu karşılamıştır. Yenilenebilir enerji küresel enerji üretim kapasitesinin %26,4'ünü oluşturmaktadır. Bunun yanı sıra küresel elektriğin % 22,1'i yenilenebilir kaynaklardan sağlanmıştır. 2014 yılında ise yenilenebilir enerji sektörüne 270 milyar dolar civarında yatırım yapılmıştır. 2004 yılında yenilenebilir enerji hedefini benimseyen ülke sayısı 48 iken 2014 yılında bu rakam 164'ü bulmuştur (Global Status Report, GSR 2015).

MENA bölgesi yenilenebilir enerji potansiyeli yönünden oldukça zengin bir bölgedir. Küresel yenilenebilir kaynak potansiyelinin % 45'i söz konusu bölgede bulunmaktadır (Jalilvand 2012). Dünya Bankası verilerine (International Finance Corporation, IFC, 2015) göre toplam güneş enerjisinin % 22-26 kadarlık kısmı MENA bölgesindedir. Sözkonusu bu oran yılda 1-2 milyon varil petrolden üretilen enerjiye eşdeğerdir. MENA bölgesinin güneş enerjisinin şimdiki elektriğe olan küresel talebi karşılamaya yetecek düzeyde olduğu düşünülmektedir (IFC, 2015).

2012 yılı sonu itibarıyla bu bölgede kurulu enerji kapasitesi 185000 MW civarında gerçekleşmiştir. Bunun 19000 MW'ı (ya da %10'u) yenilenebilir kaynaklara aittir (IFC 2015; MENA Renewables Status Report, RSR 2013). Orta Doğu'da toplam enerji üretiminde yenilenebilir kaynakların oranı 2010'da % 2 civarında iken 2035 yılına doğru bu oranın % 12'ye çıkartılması tahmin edilmektedir (World Energy Outlook, WEO, 2012). Söz konusu bölgede yenilenebilir enerji sektörüne 2012 yılında 2,9 milyar dolar yatırım yapılmış ve bu rakam 2011 ile kıyaslandığında yatırımın % 40 oranında ve 2004 yılına göre de 6,5 kat arttığını göstermektedir. Bunun yanı sıra, 2007 yılında MENA ülkelerinin ancak 5'inde yenilenebilir enerji hedefi benimsemiş, 2013 yılında ise bu rakam 21'i bulmuştur (MENA RSR, 2013). Bu gelişmeler MENA bölgesinde yenilenebilir kaynaklara olan ilginin yıldan yıla artmakta olduğunu göstermektedir.

Çalışmamızda MENA ülkeleri için yenilenebilir enerji tüketimi, iktisadi büyüme ve CO₂ arasındaki ilişkiye odaklanacağımızdan, 1988-2010 yılları arasında bu değişkenlerdeki değişim incelenmiştir. Şekil 1.'de seçilmiş MENA ülkeleri için GSYİH değerleri ele alınmıştır.

Şekil 1. MENA ülkelerinde GSYİH. Kaynak: Dünya Bankası 2015 Verileri

Şekil 1'e göre ele ülkeler içinde GSYİH'nın büyüklüğüne göre Türkiye, İran ve İsrail'in 1988-2010 yıllarında GSYİH ölçek ve hız açısından da daha büyük olduğu görülmektedir. İkinci grupta ise Cezayir ve Mısır ülkeleri gelmektedir. Diğer ülkelerin ise GSYİH büyüme hızının daha yavaş olduğu görülmektedir. Bu ülkeler için yenilenebilir enerji tüketimleri ise Şekil 2.'de görülmektedir.

Şekil 2.'ye göre, Türkiye, Mısır ve İran diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında yenilenebilir enerji tüketiminin en yüksek olduğu ülkelerdir. Irak'ta 2005'ten ve Fas'ta 2008'den itibaren yenilenebilir enerji tüketimi artmaya başlamıştır. Diğer ülkelerde ise yenilenebilir enerji tüketiminin düşük seviyede olduğu görülmektedir. Bu ülkeler için iklim değişikliğine neden olan sera gazları içinde en büyük çevre kirleticisi olarak kabul edilen CO₂ emisyonu oranları Şekil 3.'te ele alınmıştır.

Şekil 2. MENA Ülkelerinde Yenilenebilir Enerji. **Kaynak:** US Energy Information Administration 2015

Şekil 3. MENA Ülkelerinde CO2 emisyonu **Kaynak:** Dünya Bankası 2015 Verileri

Şekil 3.'e göre, İsrail ve İran CO₂ emisyonunun en yüksek olduğu ülkelerdir. İkinci grupta Lübnan, Türkiye, Cezayir ve Irak ülkeleri yer almaktadır. Bu ülkelerde CO₂ emisyonu seviyesi ilgili dönemde hemen hemen aynı derecede olmasına rağmen, diğer ülkelere göre nispeten daha yüksektir. Türkiye'de GSYİH hızlı bir şekilde büyümesine rağmen, CO₂ emisyonunun aynı seviyede kaldığı görülmektedir. Buna rağmen, diğer ülkeler ile karşılaştırıldığında, GSYİH İsrail ve İran'da hızla büyümekte olduğu, fakat bu ülkelerin aynı zamanda en çok CO₂ yayan ülkeler arasında olduğu görülmektedir.

3 Literatür

Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiler araştırmacıların ilgisini çeken cazip konulardan biri olmaktadır. Enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi ilk defa Kraft ve Kraft (1978) Granger nedensellik testini kullanarak incelemişlerdir. Bu konu ile yapılan sonraki ampirik çalışmaları bulgularına göre dört gruba ayırmak mümkündür. Birinci gruptaki araştırmaların sonuçları enerji tüketiminin ekonomik büyümeyi arttıracığını göstermiştir. Diğer bir değişle enerji tüketiminden ekonomik büyümeye doğru tek yönlü ilişki bulmuşlardır (Nerayah ve Smyth, 2005; Al-Iriani, 2006; Mehrara, 2007; Apergis ve Payne, 2010). Büyüme hipotezi olarak adlandırılan bu durumda incelenen ülkenin enerjiye bağımlı bir ülke olduğunu göstermektedir. Bu durumda enerji koruma politikalarının iktisadi büyümeyi olumsuz etkileyeceği vurgulanmaktadır. İkinci gruptaki çalışmalar ise ekonomik büyümeden enerji tüketimine doğru tek yönlü ilişki tespit etmiştir (Stern, 2000; Oh ve Lee, 2004; Yuan v.d., 2008; Apergis ve Payne, 2009). Koruma hipotezi olarak adlandırılan bu durumda incelenen ülkenin ekonomik büyümeyi devam ettirebilmek için enerjiye bağımlı olmadığı sonucu ortaya çıkmakta ve enerji koruma politikalarının ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeyeceğini göstermektedir. Üçüncü grup araştırmalarının sonuçları ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında iki yönlü ilişki tespit etmişlerdir (Masih ve Masih, 1997; Paul ve Bhattacharya, 2004; Lee v.d., 2008). Feedback hipotezi (Geri besleme) hipotezi olarak adlandırılan bu durumda ise, enerji tüketimiyle GSYİH arasında iki yönlü bir nedensellik mevcuttur ve bu iki değişken birlikte belirlenmekte ve aynı anda etkilenmektedir. Dördüncü gruptaki çalışmalar ise ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasında ilişkinin olmadığını açıklamışlardır (Cheng, 1995; Fatai v.d., 1995; Jobert ve Karanfil, 2007). Bu ise Nötrallite hipotezi (Yansızlık) olarak ifade edilir. Bu enerji koruma ya da genişletici politikaların büyüme üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir.

Son zamanlarda enerji tüketimi, özellikle yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ emisyonu arasındaki ilişkiyi incelemek büyük önem kazanmıştır. Bunun nedeni, enerji kullanımının sürdürülebilir kalkınmaya ulaşmada en iyi araç olarak görülmesidir (Farhani ve Rejeb, 2012). Literatürde MENA bölgesi için yapılmış enerji tüketimi ve büyüme ilişkisini inceleyen çalışmalar da bulunmaktadır. Örneğin, Farhani ve Rejeb (2012), Mbarek v.d. (2014), Arouri v.d. (2012), Shahateet (2014), Mehrara (2007), Saidi ve Hammami (2015) ve Omri (2013). Yapılan çalışmalar sonucunda enerji tüketimi ve büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin farklı sonuçlar verdiğini görülmüştür. Farhani (2015) ise 12 MENA ülkesinde 1975-2008 yılları arasında yenilenebilir enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve CO₂ arasında nedensellik ilişkisini panel eşbütünleşme tekniği ile incelemiştir. Granger nedensellik testi bu değişkenler arasında kısa vadede sadece yenilenebilir enerji tüketiminden CO₂'ye doğru tek yönlü ilişkinin bulunduğunu açıklamıştır. Uzun vadede ise ekonomik büyüme ve CO₂'den yenilenebilir enerji tüketimine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi tespit edilmiştir. Panel FMOLS ve

DOLS hesaplamaları sadece CO₂ emisyonunun yenilenebilir enerji tüketimi üzerinde etkili olduğunu göstermiştir.

4 Veri

Bu çalışmada 1988-2010 dönemine ait yıllık veriler kullanılarak MENA bölgesinde bulunan 9 ülke (Lübnan, İran, Irak, Cezayir, Mısır, Tunus, Fas, İsrail ve Türkiye) için yenilenebilir enerji tüketimi, iktisadi büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişki incelenmiştir. Uygulamada kullanılan verilere ilişkin bilgiler Tablo 1’de özetlenmiştir. Ayrıca çalışmada değişkenlerin logaritmik formları incelenmiştir.

Değişken	Kısaltma	Tanımlama	Kaynak
Yenilenebilir enerji	REC	Milyar kilovat saat	ABD Enerji Enformasyon İdaresi Veri
İktisadi büyüme	GDP	Sabit 2005 ABD\$	Dünya Bankası Veri tabanı
Karbondioksit emisyonu	CO2	Kişi başına metrik ton	Dünya Bankası Veri tabanı

Tablo 1. Veriler

5 Ekonometrik Metodoloji ve Sonuçları

Çalışmada ekonomik büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve CO₂ emisyonu arasındaki dinamik nedensellik ilişkisine odaklanılmış ve Panel VAR (PVAR) modeli kullanılmıştır. PVAR modeli Genelleştirilmiş Momentler Yöntemi (GMM) ile tahmin edilerek, etki tepki ve varyans ayrıştırması analizleri yapılmıştır. Burada ilk önce panel birim kök ve panel eş bütünleme analizleri ile incelenen seriler için durağanlık durumları ve bütünleme mertebeleri belirlenmiş ve değişkenler arasında uzun dönem ilişkinin varlığı araştırılmıştır.

5.1 Yatay Kesit Bağımlılık ve Birim Kök Analizi

Panel veriler kullanıldığında birim kök analizi iki farklı test yapısı ile incelenmektedir. Bunlar, birinci nesil (Levin, Lin ve Chu (LLC, 2002); Breitung (2000), Hadri (2000); Im, Pesaran ve Shin (IPS,1997); Harris ve Tzavalis (1999) ve ikinci nesil (Pesaran (2007); Moon ve Perron (2004); Bai ve Ng (2004) birim kök testleri olarak iki gruba ayrılmaktadır. Bu iki grup arasındaki temel fark, yatay kesit bağımlılık yani birimler arası korelasyonun varlığı ile ilgilidir. Yatay kesit bağımlılık olmadığında birinci nesil testler, yatay kesit bağımlılık olduğunda ise ikinci nesil testler kullanılmaktadır. Hangi nesil birim kök testleri ile inceleme yapılacağına karar verebilmek için ilk olarak yatay kesit bağımlılık olup olmadığının incelenmesi gerekir. Seriler arasındaki yatay kesit bağımlılığının dikkate alınıp alınmaması elde edilecek sonuçları önemli ölçüde etkilemektedir (Breusch ve Pagan, 1980; Pesaran, 2004). Pesaran (2004) tarafından önerilen CD (Cross-Section Dependence) Testi yatay kesit bağımlılığının analizinde yaygın olarak kullanılan testlerden biridir. Test istatistiği,

$$CD = \sqrt{\frac{1}{N(N-1)}} \sum_{i=j}^{N-1} \sum_{l=j+1}^N (T\hat{\rho}_{ij}^2 - 1) \sim N(0,1)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Burada ρ_{ij} her bir denklemin en küçük kareler yöntemi ile tahmininden elde edilen artıklar arasındaki basit korelasyon katsayısıdır. Pesaran (2004) CD testi sonuçları Tablo 2.’de özetlenmiştir.

Değişkenler	Test İstatistiği	Olasılık
LGDP	26.77	0,000
LREC	10.82	0,000
LCO2	11.25	0,000

Temel hipotez, $H_0: \rho_{ij} = \text{cor}(u_{it}, u_{jt}) = 0 \quad i \neq j$ şeklindedir ve yatay kesit bağımlılık olmadığını gösterir.

Tablo 2. Pesaran (2004) CD Testi Sonuçları

Tablo 2.’de özetlenen sonuçlara göre, tüm değişkenler için %1 anlamlılık düzeyinde temel hipotezin reddedildiği görülmektedir. Buna göre yatay kesit bağımlılık olduğuna karar verilmiştir. Bu durumda serilerin birim kök analizleri yatay kesit bağımlılığı dikkate alan ikinci nesil testlerden Pesaran (2007) tarafından geliştirilen CADF (Cross-Sectionally Augmented Dickey Fuller) testi ile incelenecektir. CADF testi, bilindik ADF regresyonunun gecikmeli yatay kesit ortalamaları ile genişletilmiş şeklini kullanmaktadır. Pesaran (2007) yaptığı Monte Carlo çalışmaları sonucunda CADF testinin hem $T > N$ hem de $N > T$ durumlarında geçerli olduğunu ortaya koymuştur. CADF regresyon denklemi, $\Delta Y_{it} = a_i + b_i Y_{i,t-1} + c_i \bar{Y}_{t-1} + d_i \Delta \bar{Y}_t + \varepsilon_{it}$ olarak yazılabilir. Burada $\Delta Y_{it} = Y_{it} - Y_{i,t-1}$; $\bar{Y}_t = N^{-1} \sum_{i=1}^N Y_{it}$ ve $\Delta \bar{Y}_t = N^{-1} \sum_{i=1}^N \Delta Y_{it}$ ’dir. $\bar{Y}_t$, tüm yatay kesit gözlemlerin (N) zamana (T) göre ortalamasını ifade etmektedir. Klasik ADF testinde olduğu gibi otokorelasyonun varlığı durumunda denklem genişletilmektedir. Bu testte CADF regresyon modelindeki b_i ’nin tahmin edilen t oranına bağlı olarak birim kök hipotezi test edilmektedir. t oranı $t_i(N, T)$ şeklinde gösterilir ve panelin her bir i. birimi için her bir CADF modelinden elde edilir. Test istatistiği, $CIPS(N, T) = N^{-1} \sum_{i=1}^N t_i(N, T)$ olarak hesaplanır. Ele aldığımız değişkenler için Pesaran (2007) CADF birim kök testi sonuçları Tablo 3.’de özetlenmiştir.

	t bar istatistiği	z bar istatistiği	Olasılık
Düzyey Seviyeleri (sabit+ trend)			
LGDP	-2.843**	-4.710 **	0.043
LREC	-2.585	-0.887	0.188
LCO2	-2.383	-0.236	0.407
İlk Farklar (sabit+ trend)			
ΔLGDP	-3.770***	-4.710***	0.000
ΔLREC	-3.706***	-4.505***	0.000
ΔLCO2	-3.028***	-2.316***	0.010

(i) Testlerin deterministik spesikasyonu sabit ve trendi içermektedir.
(ii) Temel hipotez birim kök vardır; seri durağan değildir şeklindedir.
(iii) *** ve ** sırasıyla % 1 ve % 5 kritik değerlerine göre anlamlılığı göstermektedir.
(iv) Kritik değerler Pesaran (2007) çalışmasından alınmıştır.

Tablo 3. Pesaran (2007) Birim Kök Testi Sonuçları

Tablo 3'teki sonuçlara göre, incelenen tüm serilerin birim kök içerdiği (% 1 anlamlılık düzeyine göre) düzeyde durağan olmadığı görülmektedir. Serilerin tümü birinci mertebeden durağandır, yani I(1)'dir. Bütünleme mertebeleri belirlenen değişkenler arasında uzun dönem ilişkisinin varlığını incelemek için eşbütünleme analizi yapılmıştır. Çalışmada yatay kesit bağımlılığa izin veren ikinci nesil eşbütünleme testi Westerlund (2007) tarafından geliştirilen panel eşbütünleme testleri kullanılmıştır. Testin uygulanmasında yatay kesit bağımlılık olması durumunda bootstrap olasılıkların hesaplanması gerekir.

5.2 Panel Eşbütünleme Analizi

Westerlund (2007) tarafından önerilen panel eşbütünleme testi dört adet test istatistiğinden oluşmaktadır. Bunlardan ikisi grup ortalamalarına dayalı (G_τ ve G_α) ve diğer ikisi ise panele (P_τ ve P_α) dayalı test istatistikleridir. Test için gecikme (lags) ve öncül (leads) değerlerin belirlenmesi gerekir. Westerlund (2007) orijinal makalesinde bu değerlerin belirlenmesinde Newey-West (1994) yönteminden yararlanmıştır. Testlerin amacı, her bir birimin kendi hata düzeltmesine sahip olup olmadığına karar vererek eşbütünlemenin varlığını araştırmaktır. Westerlund (2007) Testi sonuçları Tablo 4'te verilmiştir.

İstatistikler		Test istatistikleri	Olasılıklar
Grup Ortalaması	G_τ	-2.585	0.420
	G_α	-3.326	1.000
Panel	P_τ	-5.488	0.936
	P_α	-7.479	0.909

(i) Temel hipotez eşbütünleme yoktur şeklindedir.
(ii) Regresyon sabit ve trendi içermektedir.
(iii) gecikme ve öncül değerler $4*(T/100)^{2/9}$ ile hesaplanmıştır.

Tablo 4. Westerlund (2007) Testi Sonuçları

Tabloda özetlenen sonuçlar incelendiğinde, her dört test istatistiği tarafından da eşbütünleme yoktur temel hipotezinin reddedilemediği görülmektedir. Bu sonuçlara göre paneli oluşturan yatay kesit birimler arasında eşbütünleme olmadığına karar verilmiştir. Dolayısıyla, Westerlund (2007) testi sonuçlarına göre incelenen değişkenlerin uzun dönemde birlikte hareket etmedikleri söylenebilir.

Değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisini incelemek amacı ile Panel Granger nedensellik analizi yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 5'te özetlenmiştir.

Nedenselliğin Yönü	χ^2 test istatistiği	Olasılık	Sonuç
ΔLGDP→ΔLCO2	11.78696	0.0028	Granger nedeni
ΔLREC→ΔLCO2	2.151386	0.3411	Granger nedeni değil
ΔLCO2→ΔLGDP	2.265676	0.3221	Granger nedeni değil
ΔLREC→ΔLGDP	8.500187	0.0143	Granger nedeni
ΔLCO2→ΔLREC	42.27921	0.0000	Granger nedeni
ΔLGDP→ΔLREC	13.42195	0.0012	Granger nedeni

Temel hipotez Granger nedeni değildir şeklindedir.

Tablo 5. Nedensellik Testi Sonuçları

Tablo 5. incelendiğinde, büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü ilişkinin (Büyüme ↔ Yenilenebilir Enerji) mevcut olduğu görülmektedir. Bu durum karşısında yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasında geri besleme hipotezinin geçerli olduğu kanısına varılabilir. Ayrıca (Karbon dioksit Emisyonu → Yenilenebilir Enerji) karbon dioksit emisyonundan yenilenebilir enerjiye

doğru ve büyümeden karbondioksit emisyonuna doğru tek yönlü (*Büyüme → Karbondioksit Emisyonu*) nedensellik bulunmuştur.

5.3 Panel VAR Modeli

Büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu arasındaki ilişkiyi görmek amacı ile PVAR modeli tahmin edilmiştir. Çalışmamızda PVAR analizi üç kısımda ele alınmıştır. Birinci kısımda PVAR modeli değişkenler arasındaki ilişkiyi açıklamak amacı ile GMM ile tahmin edilmiştir. Daha sonra değişkenler arasındaki şokların etkisini belirlemek amacı ile etki tepki fonksiyonları ve varyans ayrıştırması analizleri yapılmıştır. Bir makro ekonomik büyüklüğün üzerinde en etkili değişkenin hangisi olduğu varyans ayrıştırması analizi ile etkili bulunan değişkenin politika aracı olarak kullanılabilir olup olmadığı ise, etki-tepki fonksiyonları ile belirlenmektedir (Lütkepohl, 2009).

Arellano ve Bover (1995) ortalama arındırma yoluyla sabit etkilerin modelden silinmesini önermektedir. Bu işlem tahmincilerin gecikmeli değerleri ile dönüştürülmüş değişkenler arasındaki dışsal ilişkiye zarar vermediğinden, PVAR modelin tahmini, tahmincilerin gecikmelerini araç değişken olarak kullanan GMM yaklaşımı ile yapılmaktadır (Love ve Zicchino, 2006). Çalışmamızda tahmin edilecek iki gecikmeli PVAR modeli, $Y_{it} = \Gamma_0 + \Gamma_1 Y_{it-1} + \Gamma_2 Y_{it-2} + \mu_i + \varepsilon_{it}$ olarak tanımlanmıştır. Burada μ_i birim etki, Y_{it} ise değişkenler vektörüdür. Modelimizde kullanılacak değişkenler; büyüme, yenilenebilir enerji tüketimi ve karbondioksit emisyonu değişkenleri olduğundan üç değişkenli PVAR modeli tahmin edilecektir. Yukarıda açıklamalar doğrultusunda, tahminler modelde sabit etkileri ortadan kaldıran GMM ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 6'da özetlenmiştir. Bu modeller Inessa Love tarafından yazılmış STATA kodları kullanılarak tahmin yapılmıştır.

	$\Delta LGDP_{t-1}$	$\Delta LREC_{t-1}$	$\Delta LCO2_{t-1}$	$\Delta LGDP_{t-2}$	$\Delta LREC_{t-2}$	$\Delta LCO2_{t-2}$
$\Delta LGDP_t$	-0.3785 (-1.5361)	0.0106 (1.0286)	0.3335 (1.2207)	-0.1404 (-1.6268)	0.0145 (1.4860)	-0.0256 (-0.2019)
$\Delta LREC_t$	-0.3793 (-0.7556)	-0.0364 (-0.5576)	0.2438 (0.5546)	-0.4204 (-1.0279)	0.0488 (0.6406)	0.0275 (0.0709)
$\Delta LCO2_t$	-0.1628 (-2.0097)	-0.0219 (-1.2725)	-0.0152 (-0.1172)	-0.0006 (-0.0097)	-0.0431 (-1.1956)	0.0368 (0.4503)

(i) Üç değişkenli PVAR modeli GMM yöntemi ile tahmin edilmiştir. Verilen değerler sütundaki değişkenlerin gecikmeleri ile satırda yer alan değişkenin regresyonu sonucu elde edilen katsayılarıdır.
(ii) Parantezin içindeki değerler t istatistikleridir.
(iii) Gecikme uzunluğu AIC kriterine göre 2'dir.

Tablo 6. Üç Değişkenli PVAR Modeli Tahminleri

PVAR sonuçları modelde kullanılan değişkenler arasındaki ilişkinin yönü hakkında bir bilgi sunmaktadır. Tablo 6'daki sonuçlara göre, büyüme değişkeni bağımlı değişken olarak ele alındığında yenilenebilir enerji değişkeni farklı gecikme uzunluklarında pozitif değer almaktadır. Diğer bir deyişle iki gecikmenin katsayıları 0.0106 ve 0.0145 sırasıyla yenilenebilir enerjide meydana gelecek bir şokun büyüme üzerindeki etkisinin pozitif yönde olduğunu göstermektedir. Bu sonuç yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi tetikleyeceği şeklinde yorumlanabilir. Karbondioksit emisyonu bağımlı değişken olarak ele alındığında ise, yenilenebilir enerjinin karbondioksit emisyonu üzerindeki etkisi iki gecikmede de negatif yönde olduğu gözlemlenmektedir. Yani -0.0219 ve -0.0431 katsayıları sırasıyla yenilenebilir enerjideki artışın karbondioksit emisyonu üzerinde azaltıcı yönde etki yapacağı söylenebilir.

VAR yaklaşımı etki-tepki fonksiyonlarının kullanımına da izin vermektedir. Etki tepki fonksiyonları hata terimlerinde zaman içinde meydana gelen değişmelerin içsel değişkenler üzerindeki etkilerini göstermektedir. Bu fonksiyonlar, rassal hata terimlerinden birindeki %1'lik standart hatalık şokun, içsel değişkenlerin şimdiki ve gelecekteki değerlerine olan etkisini yansıtır (Lütkepohl, 2009). Tahmin edilen etki – tepki fonksiyonları Şekil 4'te yer almaktadır. Etki tepki fonksiyonları ele alınan serilerin şoklar karşısındaki davranışlarını görebilmemiz açısından pratik bir yoldur. Şekil 4'teki sonuçlara göre büyüme değişkeninin hata teriminde meydana gelen bir birimlik şoka karşı yenilenebilir enerjinin verdiği tepki negatifken, karbondioksit emisyonunun tepkisi ilk dönemlerde negatif, ilerleyen dönemlerde ise pozitiftir. Karbondioksit emisyonundaki bir şoka karşı hem yenilenebilir enerjinin hem de büyümenin tepkisi ilk dönemlerde pozitif daha sonra ise negatiftir. Yenilenebilir enerjideki bir birimlik şoka karşı büyümenin gösterdiği tepki ilk başta negatif, ilerleyen dönemlerde ise pozitiftir ve karbondioksit emisyonunun tepkisi ise negatif yöndedir. Diğer bir deyişle yenilenebilir enerji tüketiminin artmasının karbondioksit emisyonu üzerinde azaltıcı etki yapacağı söylenebilir.

Son olarak PVAR modelinde ele aldığımız değişkenlerin varyansındaki değişmelerin kaynaklarını belirleyebilmek için varyans ayrıştırması analizi yapılmıştır. VAR modelinin hareketli ortalamalar bölümünden elde edilen varyans ayrıştırması, değişkenlerin kendilerinde ve diğer değişkenlerde meydana gelen şokların kaynaklarını yüzde olarak ifade eder. İncelenen değişkenlerde meydana gelecek bir değişimin yüzde kaçının kendisinden, yüzde kaçının diğer değişkenlerden kaynaklandığını gösterir. Bir değişimde meydana gelen değişmelerin büyük bölümü kendisindeki şoklardan kaynaklanıyorsa, bu değişkenin dışsal olarak hareket ettiğini gösterir (Enders, 1995). Varyans ayrıştırması analizi sonuçları Tablo 7'de özetlenmiştir.

Şekil 4. Etki –Tepki Fonksiyonları

Değişken	Y.Enerji	Büyüme	CO2 Emisyonu
Y.Enerji	0.9875	0.0101	0.0023
Büyüme	0.0313	0.8933	0.0752
CO2 Emis.	0.0831	0.0775	0.8393

Elde edilen varyans ayrıştırması sonuçları etki-tepki sonuçlarına dayanmaktadır. Satırda yeralan değişkenlerdeki değişimlerin yüzdesi sütunlarda açıklanmaktadır. Sonuçlar 10 period ilerisi içindir

Tablo 7. Varyans Ayrıştırması Sonuçları

Varyans ayrıştırması sonuçlarına göre, yenilenebilir enerjide meydana gelen değişimin yaklaşık % 99'u kendi geçmiş değerleri tarafından açıklanırken, yaklaşık %1'i büyüme tarafından açıklanmaktadır. Büyümede meydana gelen değişimlerin %89'u kendisi, %3'ü yenilenebilir enerji ve %7'si karbondioksit emisyonu tarafından açıklanmaktadır. Son olarak karbondioksit emisyonunda meydana gelen değişimlerin yaklaşık %84'ü kendi geçmiş değerleri tarafından, %7'si büyüme ve %8'si ise yenilenebilir enerji tarafından açıklanmaktadır. Kendisinden sonra büyümeyi etkileyen ikinci değişken karbondioksit emisyonu olarak belirlenmiş, bu değişkeni yenilenebilir enerji izlemiştir.

6 Sonuç

Bu çalışmada MENA bölgesinde bulunan 9 ülke (Lübnan, İran, Irak, Cezayir, Mısır, Tunus, Fas, İsrail ve Türkiye) için 1988-2010 dönemine ait yıllık verileri kullanarak yenilenebilir enerji tüketimi, büyüme ve karbondioksit emisyonu arasındaki dinamik ve nedensel ilişkinin varlığı incelenmiştir. Çalışmada panel veriler için uygulanan zaman serisi yöntemleri kullanılmıştır. Yatay kesit bağımlılığın bulunması nedeni ile ikinci nesil birim kök ve eş bütünleme testleri kullanılmıştır. Panel nedensellik ve panel VAR analizleri yapılarak değişkenler arasındaki ilişki incelenmiştir.

Nedensellik analizi sonuçlarına göre, büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Bu sonuç, yenilenebilir enerji tüketimi ile büyüme arasında geri besleme hipotezinin geçerli olduğunu gösterebilmektedir. Ayrıca karbondioksit emisyonundan yenilenebilir enerjiye doğru ve büyümeden karbondioksit emisyonuna doğru ise tek yönlü nedensellik olduğu görülmüştür.

Sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, ele alınan dönem ve ülkeler açısından bakıldığında büyümenin en önemli belirleyicisinin kendisi olduğu görülmektedir. Yenilenebilir enerjide meydana gelecek bir şokun büyüme üzerindeki etkisinin artırıcı yönde, karbondioksit emisyonu üzerinde ise azaltıcı yönde olduğu bulunmuştur. Bu sonuç yenilenebilir enerji tüketiminin büyümeyi tetikleyeceği şeklinde yorumlanabilir. Bunun yanında yenilenebilir enerji tüketiminin artmasının karbondioksit emisyonu üzerinde azaltıcı etki yapacağı söylenebilir.

Elde edilen ekonometrik bulgular, ele alınan ülkelere ait incelenen değişkenlerin zaman içerisinde birbirlerine gösterdikleri tepkiler araştırmacılar ve politika yapıcılar için uygun alternatif enerji ve çevre politikalarının uygulanması açısından bilgi sağlayabilir.

Kaynakça

- Al-mulali, U., Fereidouni, H.G., Lee, J.M., Che Sab, N.B., 2013. "Examining the bi-directional long run relationship between renewable energy consumption and GDP growth", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 22, p. 209-222.
- Apergis N, ve Payne J.E. 2009. "Energy consumption and economic growth in Central America: evidence from a panel cointegration and error correction model". *Energy Econ*, 31, p.211–216

- Apergis N. ve Payne J.E., 2010. "A panel study of nuclear energy consumption and economic growth". *Energy Econ* **32**, p. 545–549
- Apergis, N. ve Payne, J.E., 2014. "Renewable energy, output, CO₂ emissions, and fossil fuel prices in Central America: Evidence from a nonlinear panel smooth transition vector error correction model", *Energy Economics*, 42, p. 226-232.
- Al-Iriani, M.A., 2006. "Energy–GDP Relationship Revisited: An Example from GCC Countries Using Panel Causality". *Energy Policy*, **34**(17), p.3342-3350.
- Arellano, M., O. Bover. 1995. "Another Look at the Instrumental Variable Estimation of Error-Components Models". *Journal of Econometrics*, **68** p. 29–51.
- Arouri, M. E. H., Youssef, A. B., M'Henni, H. ve Rault, Ch. 2012. "Energy consumption, economic growth and CO₂ emissions in Middle East and North African countries". *Energy Policy*, **45**, pp.342-349.
- Bai, J., Ng, S., 2004. "A PANIC attack on unit roots and cointegration," *Econometrica*, **72**(4), p. 1127-117.
- Breitung, J., 2000. The local power of some unit root tests for panel data, In: *nonstationary panels, panels cointegration and dynamic panels*, Baltagi B.H. (ed). Elsevier Amsterdam, p.161-177.
- Bölük, G. ve Mert, M., 2014. "Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries", *Energy*, **74**,(1) p. 439-446.
- Breusch, T. S., Pagan, A. R., 1980. "The Lagrange Multiplier Test And Its Applications To Model Specification In Econometrics", *Review Of Economic Studies*, Blackwell Publishing, **47**(1), p. 239-253.
- Cheng, B. 1995. "An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic growth". *Energy Dev*, **21**, p.73–84
- Enders, W., 1995. **Applied Econometric Time Series**, John Wiley and Sons Inc., New York.
- Farhani, S., 2015. "Renewable energy consumption, economic growth and CO₂ emissions: Evidence from selected MENA countries" IPAG Working Paper Series, 2015-612.
- Fatai K, Oxley L, Scrimgeour, F. 2002. "Energy consumption and employment in New Zealand: searching for causality". Paper presented at NZAE conference, Wellington
- Griffiths, S., 2012. "MENA Renewable Energy Challenges of Meeting Future Regional Power Targets", <http://www.mesia.com/wp-content/uploads/2012/11/11.30-Sreve-Griffiths-Masdar-Institute.pdf>
- Hamilton, K., 2011. Investing in Renewable Energy in the MENA Region: Financier Perspectives, EEDP Working Paper
- Harris, R.D., Tzavalis, E., 1999. "Inference for unit roots in dynamic panels where the time dimension is fixed," *Journal of econometrics*, 91(2), p. 201-226.
- Hwang, Jo-Hee ve Yoo, Seung-Hoon, 2014. "Energy consumption, CO₂ emissions, and economic growth: evidence from Indonesia", *Quality & Quantity* 48, (1), pp. 63-73.
- Hadri, K., 2000. "Testing for unit roots in heterogeneous panel data", *Econometrics Journal*, **3**, pp. 148-161.
- International Energy Agency, 2011. http://www.iea.org/index_info.asp?id=1959
- International Energy Agency, 2012. CO₂ Emissions From Fuel Combustion
- International Finance Corporation, 2015. Knowledge series in MENA Issue 5
- Im, K.S., Pesaran, M.H., Shin, Y., 2003. "Testing for unit roots in heterogeneous panel", *Journal of Econometrics*, **115**, pp. 53-74.
- Jaforullah, M. ve King, A., 2015. "Does the use of renewable energy sources mitigate CO₂ emissions? A reassessment of the US evidence", *Energy Economics*, **49**, p. 711-717.
- Jalilvand, D.R., 2012. Renewable Energy for the Middle East and North Africa/ Policies for a Successful Transition
- Jebli, M.B. ve 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**, p. 173-185.
- Jobert, T. ve Karanfil, F. 2007. "Sectoral energy consumption by source and economic growth in Turkey". *Energy Policy*, **35**, p.5447–5456
- Kraft, J. ve Kraft, A., 1978. "On the relationship between energy and GNP". *J Energy Dev*, **3**:401–403
- Lee, C.C., Chang, C.P. ve Chen, P.F. 2008. "Energy-income causality in OECD countries revisited: the key role of capital stock". *Energy Econ*, **30**, p.2359–2373
- Levin, A., Lin, C.F., Chu, C.S.J., 2002. "Unit Root Test in Panel Data: Asymptotic and Finite Sample Properties", *Journal of Econometrics*, **108**, pp. 1-24.
- Lin, B. ve Moubarak, M., 2014. "Renewable energy consumption – Economic growth nexus for China", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **40**, p. 111-117.
- Love, I., Zicchino, L., 2006. "Financial development and dynamic investment behavior: Evidence from a panel VAR", *The Quarterly Review of Economics and Finance*, **46**, pp. 190-210.

- Lütkepohl, H., 2009. "Econometric Analysis with Vector Autoregressive Models", **Handbook of Computational Econometrics** içinde, Der: D.A. Belsley ve E.J. Kontoghiorghes, John Wiley & Sons, Ltd., UK.
- Masih A.M.M, ve Masih, R., 1997. "On temporal causal relationship between energy consumption, real income and prices; some new evidence from Asian energy dependent nics based on a multivariate cointegration/vector error correction approach". *Policy Model*, 19, p. 417–440
- Mbarek, M. B., Ali N. B. ve Feki, R., 2014. "Causality relationship between CO₂ emissions, GDP and energy intensity in Tunisia", *Environment, Development and Sustainability*, **Volume 16, Issue 6**, pp 1253-1262
- Mehrara M., 2007. "Energy consumption and economic growth: The case of oil exporting countries". *Energy Policy*, **35**, 2939–2945
- Moon, H.R., Perron, P., 2003. Panel evidence on units root in exchange rate interest rates with cross-sectional dependence. Manuscript, USC.
- Narayan P.K. ve Smyth R, 2005. "Electricity consumption, employment and real income in Australia evidence from multivariate Granger causality tests". *Energy Policy*, **33**:1109–1116
- Newey, W.K. ve K.D. West, 1994. "Automatic lag selection in covariance matrix estimation". *Review of Economic Studies* **61**, 631-653.
- Ocal, O. ve Aslan, A., 2013. "Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **28**, p. 494-499.
- Oh W. ve Lee K, 2004. "Causal relationship between energy consumption and GDP: the case of Korea 1970–1999". *Energy Econ*, **26** (1), p. 51–59
- Omri, A., 2013. "CO₂ emissions, energy consumption and economic growth nexus in MENA countries: Evidence from simultaneous equations models". *Energy Economics*, **40**, p. 657–664
- Omri, A., Mabrouk, N. B., Sassi-Tmar, A., 2015. "Modeling the causal linkages between nuclear energy, renewable energy and economic growth in developed and developing countries", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, **42**, p. 1012-1022.
- Paul, S. ve Bhattacharya, R.N., 2004. "Causality between energy consumption and economic growth in India: a note on conflicting results". *Energy Econ*, **26**, (6), p.977–983.
- Pesaran, H., 2004. "General Diagnostic Tests For Cross Section Dependence In Panels", Working Paper, No: 0435 University of Cambridge.
- Pesaran, M. H. 2007. "A Simple Panel Unit Root Test In The Presence Of Cross-section Dependence," *Journal Of Applied Econometrics*, **22**, p. 265–312.
- Saidi, K. ve Hammami, S. 2015. "The impact of CO₂ emissions and economic growth on energy consumption in 58 countries". *Energy Reports*, **1**, November, p. 62–70
- Sebri, M. ve 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**, p. 14-23.
- Shafiei, R. ve A. Salim, 2014. "Non-renewable and renewable energy consumption and CO₂ emissions in OECD countries: A comparative analysis". *Energy Policy*, **66**, p. 547-556.
- Shahateet, M. I., 2014. "Modeling Economic Growth and Energy Consumption in Arab Countries: Cointegration and Causality Analysis". *International Journal of Energy Economics and Policy*, **Vol. 4, No. 3**, pp.349-359
- Silva, S., I. Soares and C. Pinho 2011. "The impact of renewable energy sources on economic growth and CO₂ emissions - a SVAR approach". FEP Working Papers N. 407
- Stern, D.I., 2000. "A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the US macroeconomy". *Energy Econ*, **22**, p. 267–283.
- US Energy Information Administration 2015 <http://www.eia.gov>
- Worldbank 2015 <http://www.worldbank.org/>
- Westerlund, J., 2007. "Testing for Error Correction in Panel Data", *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, **69**(6), p. 709-748.
- Yuan, J., Kang, J-G, Zhao, C., Hu, Z, 2008. "Energy consumption and economic growth: evidence from China at both aggregated and disaggregated levels". *Energy Econ*, **30**, p.3077–3094
- Zeb, R., Salar L., Awan, U., Zaman, K. ve Shahbaz, M., 2014. "Causal links between renewable energy, environmental degradation and economic growth in selected SAARC countries: Progress towards green economy", *Renewable Energy*, **71**, p.123-132.