

CO₂ EMİSYONU, YENİLENEBİLİR ENERJİ TÜKETİMİ VE EKONOMİK BÜYÜME ARASINDAKİ İLİŞKİNİN MS-VAR YAKLAŞIMI İLE MODELLENMESİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ***RELATIONSHIP AMONG CO₂ EMISSIONS, RENEWABLE AND ECONOMIC GROWTH WITH MODELING MS-VAR APPROACH: THE CASE OF TURKEY**

*Ayça BÜYÜKYILMAZ***
*Mehmet MERT****

Özet:

Bu çalışmada 1960-2010 yılları arasında kişi başı CO₂ emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişkinin modellenmesi amaçlanmaktadır. Bu çerçevede, Hamilton (1989) tarafından geliştirilen ve ekonometrik uygulamalarda yaygın olarak kullanılan tek değişkenli Markov rejim değişim modelinin Krolzig (1997) tarafından geliştirilen çok değişkenli versiyonunun (MS-VAR) Türkiye için uygulaması yapılmıştır. Markov rejim modelleri, rejim değişimlerinin yer aldığı ve bu değişimlerin hangi dönemlerde gerçekleştiği bilinmediği ve elde edilen sonuçların geleceğe yönelik tahminlerin olasılıksal olarak ifade edildiği doğrusal olmayan bir modelleme yaklaşımıdır. Ayrıca bu modeller ekonomik çevrimlerin tarihlendirilmesine de olanak tanımalarından dolayı çok tercih edilmektedir. Çalışmada MS-VAR modeli kullanılarak, kişi başı CO₂ emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişki analiz edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Yenilenebilir Enerji Tüketimi, MS-VAR Modeli, MS Granger Nedensellik Analizi.

Abstract:

The purpose of this study is to modelling the relationship among CO₂ emission per capita, renewable energy consumption per capita and gross domestic product per capita. In this context, the multivariate version of univariate Markov regime change model (MS-VAR) which is developed by Hamilton (1989) and is used prevalently in econometric applications, is performed for Turkey. Markov regime model is a non-linear model approach for changes that it is not known when they occurred and it is used to predict the results in stochastic way. Moreover, these

* Bu çalışma, "16. Ekonometri, Yöneyem Araştırması ve İstatistik Kongresi"nde bildiri olarak sunulmuştur.

** Arş. Gör., Akdeniz Üniversitesi İİBF, Ekonometri Bölümü - Antalya abuyukyilmaz@akdeniz.edu.tr

*** Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi İİBF, Ekonometri Bölümü - Antalya mmert@akdeniz.edu.tr

Ayça Büyükyılmaz, Mehmet Mert

CO₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği

Relationship Among CO₂ Emissions, Renewable and Economic Growth with Modeling MS-VAR Approach: The Case of Turkey

models are widely used because they also enable the dating of economic networks. This study the relationship among CO₂ emission, renewable energy consumption and gross domestic product were analyzed by the use of MS-VAR model.

Key words: Renewable Energy Consumption, MS-VAR Model, MS Granger Causality.

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ısınma ve iklim değişikliğinin artan etkilerinin hissedilmesiyle uluslararası platformlarda çevre ve enerji konuları birincil derecede önemli hale gelmiştir (Tiwari, 2011:95). 2005 yılında yürürlüğe giren 1997 Kyoto Protokolü'nde iklim değişikliğine neden olan sera gazı etkisinin 2008 ve 2012 yılları arasında 1990 yılına göre %5.2 azaltılması hedeflenmiştir. İklim değişikliğine neden olan bir çok sera gazı arasında yer alan karbondioksit (CO₂), tüm sera gazlarının %58.8'ini oluşturmaktadır (Pao vd., 2012:402). Fosil yakıtların yanması dünyadaki CO₂ emisyonunun %90'ını oluşturduğundan, tek başına CO₂ sera gazı emisyonuna en büyük katkıyı sağlamaktadır (Oliver vd., 2012). Fosil yakıtların yakın gelecekte tükenme tehlikesiyle karşı karşıya olmaları ve çevresel sonuçları nedeniyle enerji tüketiminin önemli bir bileşeni olarak yenilenebilir enerji kaynaklarının önemi artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları CO₂ emisyonunu azaltarak çevresel sorunların giderilmesine katkı sağlamalarının yanı sıra yerli kaynak olmalarından dolayı enerji ithalatına bağımlılığın azaltılmasına ve istihdamın gelişmesine de katkı sağladığından tercih edilmektedirler (Orucu ve Alp, 2007).

World Energy Outlook 2014¹ raporuna göre dünyada yenilenebilir enerji alanında yapılan yatırımlarda hızlı bir büyüme gerçekleşmektedir. 2009 yılında dünya enerji tüketiminin %16'sı yenilenebilir enerji üretimi ile karşılanırken, 2012 yılında %19'u karşılanmaktadır. Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarının potansiyeli ve çeşitliliği açısından zengin bir ülke olmasına rağmen, yenilenebilir enerji potansiyelinin %1'in den azını kullanmaktadır (Öcal ve Aslan, 2013:495). Türkiye'nin enerji üretiminin %86'sını fosil yakıtlar, %14'ünü ise yenilenebilir enerji kaynakları oluşturmakta ve söz konusu enerji kaynaklarındaki dışa bağımlılık enerji kaynaklarının ithalatına ödenen döviz miktarının artmasıyla ülke ekonomisini baskı altında tutmaktadır (Renewable Energy Policy Network, 2014). Dolayısıyla, ekonomik ve çevresel sorunlar açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem arz etmektedir. Literatürde birçok çalışmada, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile CO₂

¹ <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2014/>

emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin nedeni farklı ülkeler, dönemler, değişkenler ve farklı ekonometrik yöntemler kullanılarak araştırılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'nin 1960-2010 yılları arasında kişi başı CO₂ emisyonu, kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla arasındaki ilişkinin Markov rejim değişim modelleri kullanılarak analiz edilmesidir. Literatürde, Türkiye'de yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Markov rejim değişim modelleriyle araştıran çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle çalışmanın literatüre önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir. Çalışmanın ikinci bölümünde yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme konusunda yapılmış ampirik çalışmalar değerlendirilmektedir. Üçüncü bölümde, çalışmada kullanılacak değişkenler ve yöntem ile incelenen döneme ilişkin uygulama sonuçlarına yer verilmektedir. Son olarak, sonuç kısmında ise ampirik bulgulardan elde edilen sonuçlara yönelik değerlendirme ve politika önerileri yer almaktadır.

1. LİTERATÜR

Literatürde birçok çalışmada yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki incelenmiştir. Yapılan çalışmalarda farklı veri, dönem ve yöntem kullanıldığından görüş birliği sağlanamamıştır.

Menyah ve Rufael (2010), Amerika için 1960-2007 dönemini içeren CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi, nükleer enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Granger nedensellik testi ile araştırmışlardır. Nükleer enerji tüketiminin CO₂ emisyonunu azalttığını fakat yenilenebilir enerji tüketiminin ise CO₂ emisyonunu azaltmak için anlamlı düzeyde bir katkısının olmadığını belirlemişlerdir.

Apergis ve Payne (2010), 1992-2007 dönemini kapsayan Avrasya'daki 13 ülke için yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisini çok değişkenli panel veri yönetimiyle incelemişlerdir. Panel kointegrasyon testinin sonucuna göre reel Gayri Safi Yurtiçi Hâsıla, yenilenebilir enerji tüketimi, reel gayri safi sabit sermaye oluşumu ve işgücü arasında uzun dönemli bir denge ilişkisi olduğu, aynı zamanda hata düzeltme modeli analizi sonuçlarına göre, hem uzun hem de kısa dönemde yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasında çift yönlü nedenselliğin olduğunu belirlemişlerdir.

Narayan ve Narayan (2010), 1980-2004 dönemini kapsayan 43 gelişmekte olan ülke için Çevresel Kuznet Eğrisi hipotezini panel kointegrasyon yöntemiyle test etmişlerdir. Ampirik analiz sonucunda CO₂ emisyonunun uzun dönemde azaldığını ve Orta Doğu ile Güney Asya için

uzun dönemde gelir esnekliğinin kısa dönemden daha küçük olduğu bulgularını elde etmişlerdir.

Tuğcu ve ark. (2012), G7 ülkelerinin 1980-2009 dönemi için yenilenebilir ve yenilemeyen enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki uzun dönem ve nedensellik ilişkisini otoregresif dağıtılmış gecikme (ARDL) analizini kullanarak incelemişlerdir. Uzun dönem tahminlerine göre yenilenebilir ve yenilemeyen enerji tüketiminin ekonomik büyüme için önemli olduğunu ve genişletilmiş üretim fonksiyonunun ilişkiliyi açıklamada daha etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Öcal ve Aslan (2013), Türkiye için 1990-2010 dönemini içeren yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik bağlantısını ARDL yöntemi ile araştırmışlardır. ARDL sonucuna göre yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyüme üzerinde negatif bir etkiye sahip olduğunu ve Toda-Yamamoto nedensellik testine göre ise ekonomik büyümeden yenilenebilir enerjiye doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu tespit etmişlerdir.

Leitao (2014), Portekiz ekonomisi için 1970-2010 dönemini kapsayan ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu, yenilenebilir enerji tüketimi ve küreselleşme arasındaki ilişkiyi Genelleştirilmiş Momentler, En Küçük Kareler, Granger nedensellik ve VEC yöntemlerini kullanarak incelemiştir. Model sonuçlarına göre, küreselleşmenin ekonomik büyüme üzerinde pozitif etkiye sahip olduğunu ve Granger nedensellik sonucuna göre de ekonomik büyüme ve yenilenebilir enerji arasında tek yönlü bir nedenselliğin olduğunu belirlemiştir.

Apergis ve Danuletiu (2014), 80 ülke için 1990-2012 dönemini içeren yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi panel hata düzeltme modeli ile incelemişlerdir. Analiz sonuçlarına göre yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasında güçlü bir bağımlılık olduğunu ve ekonomik büyüme üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu elde etmişlerdir.

Bölük ve Mert (2014), 16 Avrupa Birliği ülkesi ve 1990-2008 dönemi için tahmin ettikleri panel veri modelinde çevresel Kuznets hipotezinin geçerliliğini test etmenin yanında, yenilenebilir kaynaklı enerji tüketimi ve fosil kaynaklı enerji tüketimini çoklu doğrusal bağlantı sorununu çözerek ve aynı modelde kullanarak yenilenebilir kaynaklı enerji tüketiminin fosil kaynaklı enerji tüketimine göre %50 daha az CO₂ emisyonuna neden olduğu sonucuna ulaşmışlardır.

Bu çalışma, Türkiye için yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi Markov rejim değişim yaklaşımını kullanarak açıklamaktadır. Bu nedenle bu çalışma, literatürde yapılan

çalışmalardan farklı olduğundan önceki ampirik çalışmaların tamamlayıcısı olarak düşünülebilir.

2. VERİ, YÖNTEM VE SONUÇLAR

2.1. Veri

Bu çalışmada, Dünya Bankası Kalkınma Göstergelerinden (World Data Bank Development Indicators) derlenen, Türkiye için, 1960-2010 dönemini kapsayan logaritması alınmış yıllık kişi başı CO₂ emisyonu (LCO₂), kişi başı yenilenebilir enerji tüketimi (LYEN) ve kişi başı gayri safi yurtiçi hâsıla (LGSYH) verisi kullanılmıştır. Çalışmada, bu değişkenler arasındaki ilişki Markov rejim değişim (MS-VAR) yöntemi kullanılarak incelenmiştir.

2.2. Yöntem

2.2.1. MS-VAR Model

Hamilton (1989)'ın çalışmalarıyla literatüründe popülerlik kazanan Markov rejim değişim modelleri, ekonomideki daralma ve genişleme dönemlerinin farklı rejimler olarak kabul edilmesi ve bu rejimler arasındaki geçişin olasılıksal olarak modellenmesi temeline dayanmaktadır (Krolzig,1997). Markov rejim değişim modelleri Krolzig (1997) tarafından çok değişkenli duruma geliştirilmiştir. Sims (1980)'den itibaren yaygın araştırma yöntemi olmuş doğrusal vektör otoregresif (VAR) modelleri rejim değişimi söz konusu olduğunda model parametrelerinin rejimle beraber değişmesine olanak tanımamaktadır (Krolzig,1998). Fakat MS-VAR modelleri rejim değişikliği söz konusu olduğunda VAR sürecinin parametrelerinin rejim değişikliği ile beraber değişebilmesine imkân tanımaktadır. Bu nedenle, MS-VAR modelleri rejim değişimi söz konusu olduğunda daha çok tercih edilmektedir. Bu modellerin parametreleri rejimlere bağlı olduğundan, VAR modelinin genelleştirilmiş hali gibi düşünülmektedir (Fallahi, 2011:4167). Krolzig (1998)'e göre M rejim sayısını göstermek üzere, $s_t \in \{1, \dots, M\}$, gözlemlenen zaman serisi vektörü y_t 'nin koşullu olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılmaktadır:

$$p(y_t|Y_{t-1}, s_t) = \begin{cases} s_t = 1 \text{ ise,} & f(y_t|Y_{t-1}, \theta_1) \\ & \vdots \\ s_t = M \text{ ise,} & f(y_t|Y_{t-1}, \theta_M) \end{cases} \quad (1)$$

Burada θ_m , rejim $m = 1, \dots, M$ 'deki VAR parametre vektörünü ve Y_{t-1} ise $\{y_{t-j}\}_{j=1}^{\infty}$ gözlem değerlerini ifade etmektedir. Her bir rejimdeki modelin doğrusal olduğu varsayılmaktadır. Her bir rejimdeki y_t , p . dereceden VAR süreci tarafından aşağıdaki gibi üretilmektedir:

$$y_t = v(s_t) + \sum_{j=1}^p A_j(s_t) y_{t-j} + u_t \quad (2)$$

$$u_t \sim \text{NID}\left(0, \sum(s_t)\right)$$

Burada $v(s_t)$, her bir rejimdeki kesişim katsayısını, $A_j(s_t)$, farklı rejimlerdeki değişkenlerin gecikmeli değerlerinin katsayısını ve $\sum(s_t)$ ise her bir rejimdeki hata teriminin varyansını göstermektedir. MS-VAR modellerinde rejim değişkeni s_t , kesikli durumlu homojen Markov zinciri tarafından üretilmektedir.

$$\Pr\left(s_t \mid \{s_{t-j}\}_{j=1}^{\infty}, \{y_{t-j}\}_{j=1}^{\infty}\right) = \Pr\left(s_t \mid s_{t-1}; \rho\right) \quad (3)$$

Burada ρ , rejim yaratan sürecin parametre vektörünü göstermektedir. Yani t zamanındaki rejim, sadece $t-1$ zamanındaki rejime bağlı olacaktır. Rejim değişkeni s_t 'nin doğrudan gözlemlenemediği, sadece gözlemlenmiş y_t 'nin davranışı ile açıklandığı ifade edilmektedir. Rejim i ve rejim j arasındaki bir değişimin olasılığı, sürecin rejim i 'de bulunma süresine bağlı olmadığından geçiş olasılıkları zaman içinde değişmemektedir.

$$\Pr(s_t = j \mid s_{t-1} = i, s_{t-2} = k, \dots) = \Pr(s_t = j \mid s_{t-1} = i) = p_{ij}, \quad \sum_{j=1}^M p_{ij} = 1, \quad (4)$$

$$i, j \in \{1, \dots, M\}$$

Burada p_{ij} , süreç $t-1$ zamanında i rejiminde iken t zamanındaki j rejimine geçiş olasılığını göstermektedir ve $p_{i1} + p_{i2} = 1$ 'dir (Kuan, 2002). $s_t \in \{1, \dots, M\}$ olmak üzere M -rejim için geçiş olasılıkları matrisi

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} p_{11} & \cdots & p_{M1} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ p_{1M} & \cdots & p_{MM} \end{bmatrix} \quad (5)$$

şeklinde gösterilmektedir (Hamilton, 1994:679; Franses ve Dijk, 2003:128).

MS-VAR modellemesinde iki durum söz konusu olmaktadır. Bunlardan ilki, y_t 'nin sabit teriminin rejimle birlikte değişmesi ve diğeri ise y_t 'nin ortalamasının rejimle birlikte değişmesi olarak ifade edilmektedir. Krolzig (1998,2003) ile Knüppel (2004)'ün işaret ettiği üzere bu iki model arasındaki temel farklılıklardan biri, sabiti içeren (MSI) modellerde rejimler arası geçişin ortalamayı içeren (MSM) modellere göre daha yumuşak olmasıdır. MSM modellerde rejimler arası geçiş daha keskindir.

MS-VAR modellerinde parametre tahmini maksimum olabilirlik yöntemine dayanan beklenti maksimizasyonu (EM) algoritması ile yapılmaktadır. EM algoritması, iterasyonlu bir maksimum olabilirlik yöntemidir (bkz. Krolzig, 1998).

2.2.2. MS-Granger Nedensellik Analizi

MS-Granger nedensellik testinin diğer klasik nedensellik testlerinden farkı yapısal kırılma ve konjonktürel dalgalanma söz konusu olduğunda daha uygun sonuçlar vermesidir. Klasik testlerin bir eksikliği zaman serilerinin doğrusal olmayan yapısını gözden kaçırmalarıdır.

Warne (2000) ile Psaradakis vd. (2005), MS-VAR modellerde Granger nedenselliği temel alan farklı bir nedensellik tanımlamışlardır.

$$\begin{bmatrix} LY_t \\ LX_t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_{1,s_t} \\ v_{2,s_t} \end{bmatrix} + \sum_{k=1}^q \begin{bmatrix} \phi_{11,s_t}^{(k)} & \phi_{12,s_t}^{(k)} \\ \phi_{21,s_t}^{(k)} & \phi_{22,s_t}^{(k)} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} LY_{t-k} \\ LX_{t-k} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} e_t \\ \varepsilon_t \end{bmatrix} \quad (6)$$

LX_t eşitliğinde LY_t 'nin herhangi bir katsayısı sıfırdan farklı ($H_0 = \phi_{12}^{(k)} = 0$ ve $H_0 = \phi_{21}^{(k)} = 0$) ise LY_t , LX_t 'nin Granger nedenidir.

2.2.3. Ampirik Sonuçlar

MS-VAR yönteminin uygulamasında yer alan serilerin durağan olması gerekmektedir. Bu nedenle, çalışmada kullanılan serilerin durağan olup olmadıklarının belirlenmesinde Augmented Dickey-Fuller (ADF) (1979) ve serilerdeki kırılmaları dikkate alan Zivot Andrews (1992) birim kök testleri kullanılmıştır. Düzeyde durağan olmadıkları görülen serilerin bir önceki yıla göre farkının alınmasıyla elde edilen serilere uygulanan birim kök testleri sonuçlarına göre serilerin birinci dereceden fark durağan I(1) oldukları belirlenmiştir. Bu çerçevede analize birinci farkı alınarak elde edilen seriler ile devam edilmesine karar verilmiştir.

Tablo 1: ADF ve Zivot Andrews Birim kök testi sonuçları

	ADF	Zivot Andrews	
	Sabit+Trend	Sabit+Trend	Kırılma Tarihi
LCO ₂	-2.4803	-3.8134	1978
LYEN	-2.1374	-0.8116	1997
LGSYH	-2.9941	-4.5562	1979
ΔLCO ₂	-7.8768	-8.8325	1982
ΔLYEN	-4.1326	-5.7959	1971
ΔLGSYH	-7.2337	-7.4713	1983

Zivot Andrews birim kök testi tablo kritik değerleri Sabit+Trend için %1; - 5.57, %5; -5.08'dir. Değişkenlerin düzey ADF birim kök testi sonuçları %1, %5 ve %10 önem düzeyinde anlamsızdır.

Yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ile CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiyi açıklamak üzere farklı rejim sayılarına ve AR derecelerine sahip modeller ile sabit terimin, sabit terim ve varyansın, rejimlere göre değiştiği ve değişmediği durumları içeren modeller, çeşitli MS-VAR spesifikasyonları 7 gecikmeye kadar 2 ve 3 rejimli olarak ele alınmıştır. Markov rejim modelleri AIC ve LR test istatistiklerine göre belirlenmiştir. Sabit terim ve otoregresif parametrelerin her rejimde değiştiği MSIA-VAR modeli diğer modellere göre test istatistiklerinde, otokorelasyon testlerinde ve kriz dönemleri yakalamada daha güvenilir sonuçlar verdiği için, yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme için MSIA(2)-VAR(7) ve CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme için MSIA(3)-VAR(6) modellerinin kullanılması tercih edilmiştir. Rejim sayısını belirlemek için öncelikle MSIA-VAR modeli, doğrusal VAR modeline karşı test edilmiştir ve doğrusal VAR modelinin seriler için uygun olduğunu söyleyen H_0 hipotezi istatistiksel olarak reddedilmiştir. MSIA(2)-VAR modeli MSIA(3)-VAR modeline karşı test edilmiştir ve yenilenebilir enerji tüketimi ve ekonomik büyüme için 2 rejimli MSIA-VAR modelinin uygun olduğu istatistiksel olarak kabul edilirken, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme için 3 rejimli MSIA-VAR modelinin istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir.

	Rejim 1		Rejim 2		Rejim 3	
	Δ LGSYH	Δ LCO ₂	Δ LGSYH	Δ LCO ₂	Δ LGSYH	Δ LCO ₂
Sabit	0.0247* (5.9291)	-0.0159* (-6.8038)	0.0228* (14.7214)	0.0297* (34.2324)	0.0370* (23.9847)	0.0180* (20.8066)
Δ LGSYH(-1)	-0.6735*	-0.0714*	-0.5363*	0.1421*	-0.0788	-0.2263*

Tablo 2: MSIA(3)-VAR(6) Model Sonuçları

Ayça Büyükyılmaz, Mehmet Mert
 Co₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği
 Relationship Among Co₂ Emissions, Renewable and Economic Growth with Modeling MS-VAR Approach: The Case of Turkey

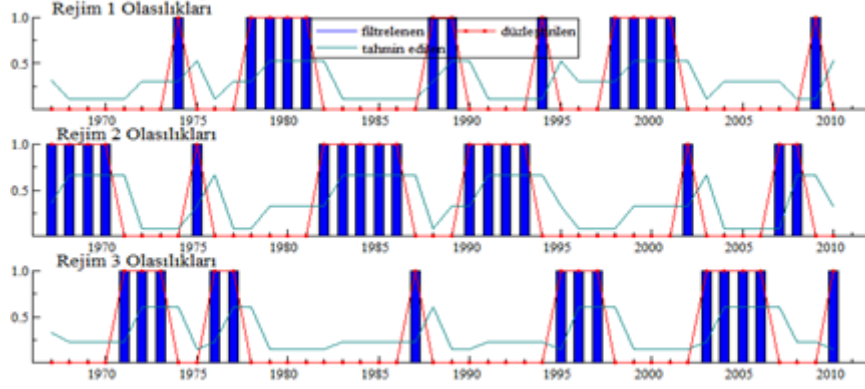
	(-9.3518)	(-1.7681)	(-8.3951)	(3.9668)	(-0.7301)	(-3.7392)
Δ LGSYH(-2)	0.2185* (2.7168)	0.7089* (15.7207)	-0.4024* (-4.3533)	1.3385* (25.8292)	-0.0077 (-0.0483)	0.0392 (0.4384)
Δ LGSYH(-3)	-0.5071* (-4.6289)	0.1290* (2.1016)	0.3387* (2.2090)	1.2481* (14.5205)	-0.2956* (-4.9329)	0.0392* (11.3119)
Δ LGSYH(-4)	-0.8861* (-20.6449)	-0.6620* (-27.5139)	-0.3636* (-7.3316)	-0.5809* (-20.8966)	0.8152* (10.2548)	0.3896* (8.7442)
Δ LGSYH(-5)	-0.0910* (-1.8956)	0.4616* (17.1495)	0.3193* (3.3679)	-2.0528* (-38.6255)	-0.8947* (-7.4889)	-0.2402* (-3.5870)
Δ LGSYH(-6)	-1.1669* (-19.2360)	-0.5153* (-15.1540)	-0.6509* (-3.5401)	-1.3853* (-13.4392)	0.0786 (0.5949)	-0.2418* (-3.2669)
Δ LCO ₂ (-1)	0.3867* (9.8135)	-0.0197 (-0.8952)	-0.0878 (-1.2660)	-0.7342* (-18.8779)	-0.6489* (-6.6699)	0.2393* (4.3880)
Δ LCO ₂ (-2)	-0.0447 (-0.7998)	0.073892* (2.3589)	-0.1227* (-2.7872)	-0.5719* (-23.1709)	-0.0812 (-0.8937)	0.0048 (0.0959)
Δ LCO ₂ (-3)	-0.0739 (-1.5581)	-0.3470* (-13.0480)	0.2094* (4.3289)	-0.8518* (-31.4067)	0.0306 (0.8636)	0.1383* (6.9721)
Δ LCO ₂ (-4)	0.2691* (4.2131)	1.1007* (30.7405)	0.0367 (0.3946)	-0.2502* (-4.7935)	-0.6387* (-6.1810)	-0.0988* (-1.7060)
Δ LCO ₂ (-5)	-0.3279* (-4.4526)	-0.0930* (-2.2523)	-0.0657 (-1.3351)	1.0346* (37.4558)	0.7072* (6.4753)	0.1511* (2.4670)
Δ LCO ₂ (-6)	0.3472* (6.4465)	-0.4521* (-14.9736)	0.2388* (2.2257)	0.9076* (15.0898)	0.1916* (3.6519)	0.3037* (10.3230)
P_{11}	0.5253	P_{12}	0.3246	P_{13}	0.1501	
P_{21}	0.1132	P_{22}	0.6603	P_{23}	0.2265	
P_{31}	0.3057	P_{32}	0.0828	P_{33}	0.6115	

Not: Parantez içindekiler t-istatistiklerini göstermektedir.

* % 10 veya daha küçük tablo değerleri için anlamlı katsayılar.

Rejim 1 resesyon (daralma), rejim 2 normal büyüme ve rejim 3 hızlı büyüme olarak tanımlanmaktadır. Tablo 2'den de görüleceği üzere daralma rejiminde iken tekrar daralma döneminde olma olasılığı $\Pr(s_t = 1 | s_{t-1} = 1) = 0.5253$, normal büyüme dönemindeyken tekrar normal büyüme döneminde olma olasılığı $\Pr(s_t = 2 | s_{t-1} = 2) = 0.6603$ ve hızlı büyüme takip eden dönemde tekrar hızlı büyümede olma olasılığı $\Pr(s_t = 3 | s_{t-1} = 3) = 0.6603$ olarak hesaplanmıştır. Elde edilen geçiş olasılıklarının yüksek olması söz konusu modelin ekonomik verilere iyi oturduğunu göstermektedir. Rejim 1, rejim 2 ve rejim 3'ün ikinci eşitliğinde Δ LGSYH değişkeninin tahmin edilen bütün gecikmeli değerlerine bakıldığında ekonomik büyümenin her üç rejimde de, CO₂ emisyonunun Granger nedeni olduğu görülmektedir. Üç rejimin ilk eşitliklerinde Δ LCO₂ değişkeninin tahmin edilen bütün gecikmeli değerleri incelendiğinde CO₂ emisyonunun, ekonomik büyümenin Granger nedeni olduğu yani ekonomik

büyüme ve CO₂ emisyonu arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğu görülmektedir.



Şekil 1: $\Delta LGSYH - \Delta LCO_2$ için Rejim Grafiği

Şekil 1 birinci, ikinci ve üçüncü rejim için her bir gözlem yılı itibarıyla düzleştirilmiş ve filtrelenmiş olasılıkları göstermektedir. Bu sonuçlara göre ekonomik büyümenin negatif seyir izlediği dönemlerde ekonomin daralma yani rejim 1'de olma olasılığının yükseldiği pozitif bir seyir izlediği dönemlerde ise genişleme yani rejim 2 ve rejim 3 döneminde yer alma olasılığının yükseldiği görülmektedir.

Tablo 3: MSIA(2)-VAR(7) Model Sonuçları

	Rejim 1		Rejim 2	
	$\Delta LGSYH$	$\Delta LYEN$	$\Delta LGSYH$	$\Delta LYEN$

Ayça Büyükyılmaz, Mehmet Mert

Co₂ Emisyonu, Yenilenebilir Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki İlişkinin MS-VAR Yaklaşımı ile Modellenmesi: Türkiye Örneği

Relationship Among Co₂ Emissions, Renewable and Economic Growth with Modeling MS-VAR Approach: The Case of Turkey

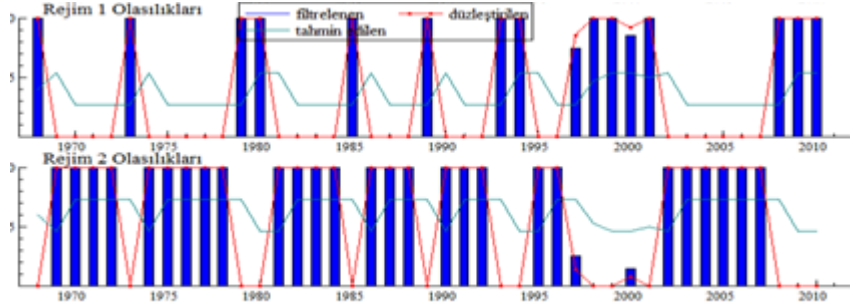
Sabit	0.0777* (6.5734)	-0.0565* (-4.4488)	0.0235* (8.3419)	-0.0049* (-1.6626)
Δ LGSYH(-1)	-1.9985* (-10.7579)	2.2457* (11.2283)	-0.0646 (-0.6661)	0.1861* (1.9253)
Δ LGSYH(-2)	0.5052* (2.3392)	-0.8317* (-3.6021)	-0.2279* (-2.8398)	-0.0364 (-0.4285)
Δ LGSYH(-3)	-1.3093* (-10.1187)	0.5390* (3.8753)	-0.2499* (-2.6611)	-0.1217 (-1.3347)
Δ LGSYH(-4)	-0.9332* (-5.6181)	0.5592* (3.1473)	0.0248 (0.3152)	0.1436* (1.7541)
Δ LGSYH(-5)	-0.8845* (-5.2258)	0.2881 (1.5892)	-0.0823 (-0.9827)	0.4481* (5.2115)
Δ LGSYH(-6)	-1.5655* (-7.4584)	-0.1984 (-0.8781)	-0.1415* (-1.8115)	0.1923* (2.3790)
Δ LGSYH(-7)	-1.2589* (-7.0604)	0.9756* (5.0801)	-0.3444* (-4.1224)	-0.3176* (-3.5495)
Δ LYEN(-1)	2.7658* (6.1450)	-2.1023* (-4.3337)	-0.1461 (-1.4672)	-0.0493 (-0.4698)
Δ LYEN(-2)	-0.4916* (-2.1174)	1.5562* (6.2356)	0.4054* (3.2602)	0.2787* (2.1992)
Δ LYEN(-3)	-1.8346* (-3.9186)	3.1376* (6.2516)	-0.1104 (-1.2457)	0.3308* (3.5142)
Δ LYEN(-4)	-2.1065* (-9.3677)	0.4160* (1.7279)	-0.0159 (-0.1394)	0.2179* (1.7940)
Δ LYEN(-5)	0.2648* (1.7427)	0.8589* (5.2508)	-0.1154 (-0.9093)	-0.1687 (-1.2745)
Δ LYEN(-6)	1.0105* (1.9512)	-2.3295* (-4.1855)	-0.3873* (-4.0924)	-0.0308 (-0.3096)
Δ LYEN(-7)	-0.84887 (-1.1564)	-1.1824 (-1.5057)	-0.1518 (-1.5674)	0.1249 (1.1986)
P_{11}	0.5378	P_{12}	0.4622	
P_{21}	0.2671	P_{22}	0.7329	

Not: Parantez içindekiler t-istatistiklerini göstermektedir.

* %10 veya daha küçük tablo değerleri için anlamlı katsayılar.

Tablo 3’de yer alan sonuçlara göre rejim 1 ve rejim 2’nin ikinci eşitliklerindeki Δ LGSYH değişkeninin tahmin edilen gecikmeli değerlerinin katsayılarından en az bir tanesinin %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu görülmektedir. Rejim 1 ve rejim 2’nin birinci eşitlikleri incelendiğinde Δ LYEN değişkeninin tahmin edilen gecikmeli değerlerinin katsayılarından en az bir tanesinin %5 anlamlılık düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olması yenilenebilir enerji tüketiminin ekonomik büyümenin Granger nedeni olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla her iki rejimde de yenilenebilir enerji tüketiminin, ekonomik büyümenin ve ekonomik büyümenin yenilenebilir enerji tüketiminin Granger nedeni olduğu

ve ekonomik büyüme ile yenilenebilir enerji tüketimi arasında çift yönlü bir nedenselliğin olduğu görülmektedir.



Şekil 2. $\Delta LGSYH - \Delta LYEN$ için Rejim Grafiği

Şekil 2'deki grafikler bir arada değerlendirildiğinde ekonomik büyümedeki yüksek oynaklıkların daralma yani rejim 1 tarafından, düşük oynaklığın ise büyüme yani rejim 2 tarafından yakalandığı görülmektedir.

3. SONUÇ

Bu çalışmada, Türkiye'nin 1961-2010 dönemlerini içeren yenilenebilir enerji tüketimi, CO₂ emisyonu ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki MS-VAR modeller kullanılarak değerlendirilmiştir. Analiz sonuçları değişkenlerin davranışındaki değişikliğin MS-VAR modeller ile belirlenmesinin mümkün olduğunu ve model katsayılarının rejimlere bağlı olduğunu göstermektedir.

Yapılan çalışma söz konusu değişkenler arasındaki ilişkinin doğrusal olmadığını, ilişkilerin rejimlere göre değişiklik gösterdiğini ve değişkenler arasında çift yönlü bir nedensellik ilişkisinin olduğunu göstermiştir. Bu değişkenler kullanılarak yapılan daha önceki çalışmalarda değişkenler arası ilişki doğrusal kabul edildiğinden yapılan çalışmanın kullanılan yöntem sayesinde ekonomik büyüme, CO₂ emisyonu ve yenilenebilir enerji tüketimi arasındaki nedenselliği daha güncel ve daha doğru bir şekilde ortaya koyduğunu söylemek mümkündür.

Enerjide %74 dışa bağımlı olan Türkiye, petrolün %92'sini, doğalgazın %98'ini ithalat yoluyla karşılamaktadır. Atmosfere karışan karbondioksitin %80 – 85'i fosil yakıtlardan kaynaklandığından günümüzde ekonomik ve çevresel sorunlar açısından yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı önem arz etmektedir. Sonuç olarak ekonominin büyümesinde, gelişmesinde ve refaha ulaşmasında CO₂ emisyonunun olduğu kadar yenilenebilir enerji tüketiminin de önemli etkisi vardır. Küresel ısınma ve buna bağlı olarak iklim değişikliği sorununun hissedilebilir şekilde var

olduğu günümüzde fosil yakıtta dayalı enerji politikalarının yenilenebilir ve sürdürülebilir hedefler doğrultusunda şekillenmesi ekonomik ve çevresel sorunların giderilmesinde önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Apergis, N., & Danuletiu, D. C. (2014). Renewable Energy and Economic Growth: Evidence from the Sign of panel Long-Run Causality, *International Journal of Energy Economics and Policy*, (4), 578-587.
- Apergis, N., & Payne, J. E., (2010). Renewable energy consumption and growth in Eurasia, *Energy Economics*, (32), 1392-1397.
- 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), 439-446.
- Dickey, D. A., & Fuller, W. A. (1979). Distribution of the Estimators for Autoregressive Time Series with a Unit Root, *Journal of the American Statistical Association*, (74), 427-431.
- Fallahi, F., (2011). Causal Relationship Between Eenergy Consumption (EC) and GDP: A Markov-Switching (MS) Causality, *Energy*, 36, 4165-4170.
- Franses, P. H., & Dijk, D.V. (2003). *Non-linear Time Series Models in Empirical Finance*. Cambridge University Press.
- Hamilton, J. D. (1994). *Time Series Analysis*. Princeton: Princeton University Press.
- Hamilton, J. D.(1989). A New Approach to the Economic Analysis of Nonstationary Time Series and the Business Cycle. *Econometrica*, 57, 2: 357–384.
- Knüppel, M. (2004). Testing for Business Cycle Asymmetries Based on Autoregressions with a Markov-Switching. Deutsche Bundesbank. Discussion Paper. Series 1: *Studies of the Economic Research Centre*. No: 41/2004.
- Krolzig, H. M. (1997). *Markov Switching Vector Autoregressions: Modeling, Statistical Inference, and Application to Business Cycle Analysis*. Springer Verlag.
- Krolzig, H. M. (1998). *Econometric Modeling of Markov-Switching Vector Autoregressions using MSVAR for OX*. Institute of Economics and Statistics and Nuffield College, Oxford.
- Krolzig, H. M. (2003). Constructing Turning Point Chronologies with Markov Switching Vector Autoregressive Models: The Euro-Zone Business Cycle. Working paper. in: Eurostat (ed.), Monographs of official statistics: Papers and proceedings of the colloquium on Modern Tools for Business Cycle Analysis, Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 147-190, 2004.
- Kuan, C. M. (2002). Lecture On The Markov Switching Model, *Institute of Economics Academia Sinica*, 1-30.
- Leitao, N. C. (2014). Economic Growth, Carbon Dioxide Emissions, Renewable Energy and Globalization, *International Journal of Energy Economics and Policy*, (4), 391-399.

- Menyah, K., & Rufael, Y. W. (2010). CO₂ emissions, nuclear energy, renewable energy and economic growth in the US, *Energy Policy*, (38), 2911-2915.
- Narayan, K. P. (2010). Narayan., Carbon Dioxide Emissions and Economic Growth: Panel Data Evidence From Developing Countries, *Energy Policy*, (38), 661-666.
- Orucu, A. Y. ve Alp, K. (2007). İklim Değişikliği Sürecinde Yenilenebilir Enerji Kaynakları. *UKİDEK Uluslararası Küresel İklim Değişikliği ve Çevresel Etkileri Konferansı*, , Konya, <http://www.ukidek.org>.
- Oliver, JGJ., Jansens, G, Peters Jahw. (2012). Trends in global CO₂ emissions. 2012 Report, JRC Background. 03 Aralık 2012, Studiesedgar.jrc.ec.europa.eu/CO2REPORT2012.pdf
- Öcal, O., Aslan, A. (2013). Renewable Enerby Consumption-Economic Growth Nexus in Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, (28), 494-499.
- Pao, H. T., Fu, H. C., & Tseng, C. L. (2012). Forecasting of CO₂ Emissions, Energy Consumption and Economic Growth in CHİNA Using an İmproved Grey Model. *Energy*, (40), 400-409.
- Psaradakis, Ravn M. Sola M. (2005). Markov Switching Causality and Money-Output Relationship, *Journal of Policy Modeling*, (27), 665-683.
- Tuğcu, C. T., Öztürk, I. ve Aslan, A. (2012). Renewable and Non-Renewable Energy Consumption and Economic Growth Relationship Revisited: Evidence from G7 Countries, *Energy Economics*, (34), 1942-50.
- Tiwari, K.A. (2011). Primary Energy Consumption, CO₂ emissions and Economic Growth: Evidence from India, *SEE Journal*, (6), 95-113.
- Warne, A. (2000). Causality and Regime Inference in a Markov Switching VAR, *Sveriges Riksbank*, 1-41.
- Zivot, E. and D. W. K. Andrews (1992). Further Evidence on the Great Crash, the OilPrice Shock and the Unit Root Hypothesis. *Journal of Business and Economic Statistics* 10, 251-270.
- 14 Mayıs 2015, <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2014/>
<http://www.ren21.net/REN21Activities/GlobalStatusReport.aspx>.