Enerji ve Ekonomik Büyüme İlişkisinin Çok Değişkenli VAR Yaklaşımı ile Tahmini

Deniz AYTAÇ*

Özet

Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki ekonomik politikalara yön vermede önemli bir göstergedir. Bu noktadan hareketle makalede enerji ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisi Türkiye'de 1975-2006 yıllarını kapsayan dönem için incelenmiştir. Granger nedensellik ve çok değişkenli vektör otoregresyon (VAR) modellerinin kullanıldığı çalışmada, enerji tüketiminden işgücüne ve ekonomik büyümeden sermayeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: *Enerji Tüketimi, Ekonomik Büyüme, Granger Nedensellik, Vektör Otoregresyon (VAR)*

A Forecast of the Relation Between Energy and Economic Growth with a Multivariate VAR Approach

Abstract

The relationship between energy and economic growth is an important indicator for giving direction to economic policies. From this point this paper examines the casual relationship between economic growth and energy use for the period 1975-2006 in Turkey. Using Granger causality and multivariate vector autoregression tecchnique, the emprical results indicate that Granger causality is running from energy consumption to labour, and also from capital to economic growth.

Key Words*: Energy Consumption, Economic Growth, Granger Causality, Vector Autoregression (VAR)*

JEL Classification Codes: *Q40, Q43*

* Hacettepe Üniversitesi Doktora Öğrencisi, aytac.deniz @gmail.com

Giriş

Enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin varlığı ya da yokluğu, özellikle enerji piyasalarında devletin etkin olarak bulunduğu ülkelerde enerji politikalarına yön vermede önemli bir göstergedir. Enerji tüketimi ile büyüme arasında bir ilişkinin olmaması, enerji koruma politikalarının (enerji tasarrufu, enerji vergileri, enerji fiyat politikaları vb.) büyümeyi olumsuz etkileme olasılığını ortadan kaldırmaktadır. Tersine, enerji tüketimi ile büyüme arasında bir nedensellik ilişkisinin söz konusu olduğu durumlarda ise, enerji tüketimini azaltıcı koruma politikaları büyümeyi olumsuz etkileyebilmektedir.

Enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki literatürde iki uçta yer alan, iki temel görüşün varlığını gündeme getirmektedir. Ekonomik büyüme söz konusu olduğunda diğer üretim faktörleri olan işgücü ve sermayeyi tali faktörler olarak niteleyen ve büyüme üzerinde etkili temel faktörü; enerji olarak gören biyofizik ekonomisi, bu görüşü termodinamiğin üç temel kuralına dayandırır. Ekonomiyi bir termodinamik alt sistem olarak yorumlayan biyofizik yaklaşımda enerjinin ekonomik büyüme üzerindeki etkisi çok açıktır (Cleveland vd. 1984:890-895). Bu kapsamdaki önemli çalışmalardan Odum ve Odum (1976) çalışmasında, ekonomik büyümenin kaynağı sorusu ve ekonomik ilişkiler biyofizik yaklaşımla ele alınmıştır. ABD ekonomisi için yapılan çalışmada, enerji kullanımı ile gayri safi milli hasıla arasında güçlü bir korelasyon olduğu tespit edilmiştir.

Bu görüşün tam aksi noktasında ise, neo-klasik büyüme teorisi yer almaktadır. Neo-klasik büyüme teorisi kısaca; durağan durum dengesinde büyüme oranının dışsal olduğu ve tasarrufun bu oran üzerinde herhangi bir etkisinin olmadığı, teknolojik gelişmenin olmadığı durumlarda girdinin büyüme oranını nüfus artış oranı faktörünün belirlediği ve büyüme oranının artmasını sağlayabilecek tek unsurun teknolojik gelişme olduğu varsayımlarına dayanır (Dornbusch ve Fischer 1984:269-272). Neo-klasik büyüme teorisinin bu varsayımlarına karşılık gerek geliştirilen içsel büyüme modelleri ile kamu harcamalarının (Barro,1988), beşeri sermayenin (Lucas,1988), gerekse bazı neo klasik iktisatçıların Hamilton (1983), Burbridge ve Harisson (1984) katkıları ile enerjinin, ekonomik büyüme üzerinde etkili faktörler olabileceği ortaya konulmuştur.

Hamilton (1983), Burbridge ve Harisson (1984) gibi neoklasik iktisatçılara göre, enerji ekonomide büyük bir rol oynayabilmektedir. Sanayide kullanılan enerji miktarı arttıkça üretim miktarının ve dolayısıyla hasılanın artacağı varsayıldığında, tek sektörlü neo-klasik üretim teknolojisi çerçevesinde sermaye (K), işgücü (L) ve enerji (E) ayrı girdiler olarak tanımlanabilir. Böylece üretim fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilir (Ghali ve Sakka, 2004:228):

$Q=f(K,L,E)$

Bu paralelde ekonomik büyüme söz konusu olduğunda yukarıdaki üretim fonksiyonu içinde yer alan üç temel üretim faktörü arasındaki ilişki de önem kazanmaktadır. Enerji ile ekonomik büyüme arasındaki pozitif yönlü bir ilişkide, enerji tüketimini azaltıcı yönde uygulamalar ekonomik büyümeyi olumsuz etkileyebilecektir. Benzer sonuçlar sermaye ve işgücü açısından da geçerli olabilmektedir. Ekonomi politikalarına yön vermede bir diğer önemli nokta, üretim faktörleri arasındaki ilişkilerdir. Bu noktada endüstriler arasında farklılıklar olmakla birlikte genel olarak enerji kullanımı ve sermaye arasında tamamlayıcılığın, işgücü ve sermaye arasında ikame ilişkisinin bulunması beklenmektedir (Stern ve

Cleveland, 2004:20). Burada göz önünde bulundurulması gereken nokta ise üretim faktörleri arasındaki ilişkilerin ülkelerin yapısal özellikleri paralelinde değişebilmesidir. Bu noktada incelenen ülkelerde özellikle kayıt dışı ekonominin varlığı değişkenler arasındaki ilişkinin beklentilerin dışında oluşmasına sebep olabilmektedir.

1. Literatür

Bu gelişmeler ışığında enerji ve büyüme arasındaki ilişki farklı yöntemlerle sınanmıştır. Bu yöntemlerden ilki; üretim fonksiyonu temelli çalışmalardır. Fakat üretim fonksiyonu temelli çalışmaların zayıf noktası, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki yüksek korelasyona bağlı olarak büyümenin enerji kullanımını teşvik ederken, enerji kullanımının büyüme için gerekli olmayabileceği sonucuna işaret etmesidir (Stern, 1993:139).

Diğer bir yöntem ise nedensellik analizleridir. Yöntemin kullanıldığı ilk çalışma Kraft ve Kraft (1978) çalışmasıdır. Bu çalışmada 1950-1970 yılları arasında ABD için Sim's nedensellik testi kullanılarak enerji tüketimi ile Gayri Safi Yurtiçi Hasıla (GSYİH) arasındaki ilişki incelenmiştir. Çalışmada GSYİH'den enerji tüketimine doğru tek yönlü pozitif bir nedenselliğin bulunduğu belirlenmiştir. Akarca ve Long (1980), 1950-1968 döneminde, yine Sim's nedenselliğini kullanarak ABD için yaptığı çalışmada enerji tüketimi ile GSYİH arasında bir ilişki bulamamışlardır. Yine iki değişkenin kullanıldığı diğer çalışmalarda çelişen sonuçlarla karşılaşılmıştır. Örneğin Yu ve Choi (1985), 1954-1976 yıllarını kapsayan dönemde Güney Kore ve Filipinler için yaptıkları nedensellik analizinde, söz konusu ülkeler için sırası ile büyümeden enerji tüketimine ve enerji tüketiminden büyümeye doğru tek yönlü nedenselliğin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Erol ve Yu (1992) ise Amerika için yaptıkları çalışmada, büyüme ile enerji tüketimi arasında bir nedenselliğin olmadığını tespit etmişlerdir. Soytaş ve Sarı (2003), 1950-1992 dönemi için yıllık veri ve VECM modeli kullanarak yaptıkları çalışmada, Türkiye için uzun dönemde enerji tüketiminden kişi başı GSYİH'ye doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu sonucuna varmışlardır. Sarı ve Soytaş (2004) çalışmasında, 1969-1999 yılları arasında yıllık veri kullanarak GSYİH'nin tahmin edilen hata varyansının %21'inin enerji tüketimi tarafından açıklandığı sonucuna ulaşılmıştır. Lise ve Montfort (2007) çalışmasında ise, 1970-2003 dönemi için GSYİH ve toplam birincil enerji tüketimi yıllık verilerini kullanarak, hata düzeltme modeli ile Türkiye'de enerji tüketimi ve GSYİH'nin eşbütünleşik olduğu ve GSYİH'den enerji tüketimine doğru nedenselliğin olduğu sonucuna varmışlardır.

Görüldüğü üzere iki değişkenin kullanıldığı, enerji ve büyüme arasındaki ilişkinin test edildiği çalışmalarda birbiri ile çelişen sonuçlara ulaşılmıştır.

Üretim faktörleri arasındaki ilişkinin test edildiği çalışmalarda da elde edilen sonuçlar farklılık göstermektedir. Enerji ve sermaye arasındaki ilişkinin tespiti konusunda yapılan ekonometrik çalışmalarda Brendt ve Wood (1979), bu iki üretim faktörü arasında ikame ilişkisinin olduğu sonucuna varırken, Apostolakis (1990) çalışmasında, kullanılan seriler paralelinde çapraz kesit ve zaman serileri açısından sonuçların farklılaştığı fakat uzun dönemde enerji ve sermaye arasında ikame, kısa dönemde ise daha çok tamamlayıcı ilişkinin olduğu sonucuna varmıştır.

Bu noktada Stern (1993) çalışmasında, vektör otoreresyon (VAR) modelini kullanarak çoklu nedensellik sınamasını gündeme getirmiştir. Çalışmada kullanılan

çok değişkenli Granger testinin, sahte korelasyonlardan sakınılması ve nedensellik testlerinin genel geçerliliğinin analizinde sağladığı yardımlar nedeni ile iki değişkenli Granger testine göre avantajlı olduğu ifade edilmektedir. Çalışmamızın da temelini oluşturan bu uygulamada Stern (1993), 1947-1990 dönemi ABD ekonomisi için enerji tüketimi ve GSYİH arasındaki ilişkiyi, enerji, işgücü, sermaye ve GSYİH değişkenlerini kullanarak incelemiştir. Çalışmada, enerji tüketiminden GSYİH'ye doğru nedenselliğin olduğu, enerji ve sermaye arasında incelenen dönemde bir ilişkinin olmadığı, işgücü ve sermaye arasında ise ikame özelliğinin olduğu sonucuna varılmıştır.

Stern'in çok değişkenli model çalışmalarına paralel bir çalışma da Ghali ve Sakka (2004) çalışmalarıdır. Çalışmada eşbütünleşme ve vektör hata düzeltme modeli kullanılarak enerji, çıktı, sermaye ve işgücü arasındaki ilişki Kanada için test edilmiş ve çıktı, sermaye, işgücü ve enerji değişkenlerinin eş bütünleşik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Sarı ve Soytaş (2007) tarafından gerçekleştirilen çalışmada ise gelişmekte olan ülkelerde büyüme ve enerji tüketimi ilişkisi, enerji tüketimi, milli gelir (GSYİH), yatırım ve işgücü çoklu değişkenleri kullanılarak, VAR metodu ile analiz edilmiş ve enerjideki tüketimindeki bir birimlik artışın, GSYİH büyüme oranını Pakistan için %30, Singapur için %32, Tunus ve Malezya için ise %13 oranında artırdığı belirlenmiştir.

Soytaş ve Sarı (2007) tarafından yapılan bir diğer çalışmada ise; 1968-2002 yılları arasında Türkiye için enerji büyüme ilişkisi imalat sanayi istihdamı, endüstrinin toplam elektrik tüketimi, sanayi toplam sabit yatırımları ve imalat sanayi katma değeri yıllık verileri kullanılarak, VECM modeli yardımı ile test edilmiştir. Sonuçta Türkiye için söz konusu dönemde elektrik tüketiminden imalat sanayi katma değerine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuş ve elektriğin uzun dönemde işgücü ve sabit yatırımın Granger nedeni olduğu tespiti yapılmıştır. Ghali ve Saka (2004), Sarı ve Soytaş (2007), Soytaş ve Sarı (2007) çalışmalarının önemli bir ortak noktası ise; değişkenlerin büyüme hızlarının kullanılmış olmasıdır.

Jobert ve Karanfil (2007) çalışmasında ise, 1960-2003 yılları arasında Türkiye için sanayi, konut ve toplam enerji tüketimleri, sanayi katma değeri ve reel GSYİH yıllık verileri kullanılmış, eşbütünleşme ve Granger nedensellik testleri yapılmıştır. Çalışma sonucunda toplam enerji tüketimi ile reel GSYİH ve sanayi enerji tüketimi ile sanayi katma değeri arasında nötr bir ilişki olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Söz konusu değişkenler dışında, enerji ve ekonomik büyüme ilişkisini inceleyen çalışmaları enerji, gelir ve fiyat değişkenlerinin yer aldığı diğer çok değişken temelli modeller izlemiştir (Masih ve Masih 1997, 1998; Asafe-Adjaye: 2000; Mahadevan ve Asafu-Adjaye 2007).

2. Veriler ve Metodoloji

Literatür bölümünde değindiğimiz örneklerde olduğu gibi çalışmamızda da çoklu nedensellik ilişkisi kapsamında enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki üzerinde durulacaktır. Bu ilişki ise daha önce Ghali ve Sakka (2004), Lee ve Chang (2007), Soytaş ve Sarı (2007), Sarı ve Soytaş (2007) makalelerinde farklılaştırılarak kullanılan neo-klasik üretim fonksiyonundan hareketle incelenecektir. Enerjinin bir üretim faktörü olarak yer aldığı neo-klasik üretim fonksiyonu aşağıdaki şekilde ifade edilebilir:

$$Q=f(K,L,E) \quad (1)$$

Lee ve Chang (2007) çalışmalarında, Pokorovski'ye atfen, üretim sisteminin uygun tüm kaynakları kapsayabileceğini belirtmişlerdir. Bu noktadan hareketle Ghali ve Sakka (2004), Lee ve Chang (2007), Soytaş ve Sarı (2007), Sarı ve Soytaş (2007) çalışmalarında, neo-klasik üretim fonksiyonunu ekonomik büyüme, sermaye, işgücü ve enerji değişkenlerinin büyüme hızları üzerine kurmuşlardır. Böylece daha önce yapılan çalışmalarda kullanılanlardan farklı değişkenlerin tahminde kullanılabilmesi söz konusu olmuştur.

Ghali ve Sakka (2004)'nın çalışmalarında farklılaştırdıkları üretim fonksiyonu, aşağıdaki eşitlikle gösterilmektedir:

$$\hat{Y}_t=a\hat{K}_t+b\hat{L}_t+c\hat{E}_t \quad (2)$$

Bu fonksiyonda değişkenlerin üzerindeki işaret büyüme hızlarını ifade etmektedir ve denklemde bir değişkenin büyüme hızındaki gelişme diğer değişkenleri anlamlı olarak etkilemektedir. Sabit parametreler olan a, b ve c ise çıktının sırası ile sermaye, işgücü ve enerji ile ilgili elastikiyetini göstermektedir (Ghali ve Sakka, 2004:228). Bu doğrultuda çalışmamızda enerji ve büyüme arasındaki ilişki, büyüme hızlarından hareketle incelenecektir. Diğer bir ifade ile birincil enerji tüketimindeki büyüme hızının, ekonomik büyüme hızı üzerindeki etkisi, sermaye ve işgücü büyüme hızlarının da değişken olarak kullanıldığı bir tahmin ile ele alınacaktır.

Bu paralelde 1975-2006 yılları için Türkiye'de enerji, sermaye ve işgücü üretim faktörlerinin büyüme hızı (oranı) ile ekonomik büyüme artış hızı arasındaki ilişki VAR ve Granger nedensellik testleri kullanılarak sınanacaktır. Bu noktada sermaye değişkeni için söz konusu dönemde toplam sabit sermaye yatırımları ve ekonomik büyüme değişkeni olarak GSMH büyüme hızı Devlet Planlama Teşkilatı verilerinden, toplam birincil enerji tüketimi Enerji Bakanlığından, işgücü için kullanılacak toplam istihdam verileri ise TÜİK'den elde edilmiştir. Söz konusu kurumlardan elde edilen verilerin büyüme hızları (GSMH büyüme hızı hariç) tarafımızdan hesaplanmıştır.

Bu aşamada ilk olarak değişkenlerin birim kök içerip içermediği incelenmiştir. Birçok makroekonomik zaman serisi birim kök içermektedir (Nelson ve Ploser 1982). Birim kök içeren seriler ise durağanlık özelliğini yitirmekte, durağan olamayan seriler ise yapılan tahminlerin sonuçlarını olumsuz olarak etkileyebilmektedir. Bu bağlamda serilerin birim kök içerip içermedikleri sağlıklı bir tahmin yapılabilmesi için önemlidir. Bu nokta da çalışmamızda birim kök analizi için Genişletilmiş Dickey Fuller (AUG) ve Phillips-Perron testleri uygulanacaktır.

Birim kök testlerinin temelini Dickey Fuller testi oluşturmaktadır. Fakat Dickey Fuller (DF) Testi hata terimlerinin otokorelasyon içermesi durumunda yetersiz kalmakta diğer bir ifade ile otoregresif bir modelde hata teriminde otokorelasyonun söz konusu olması DF Testinin etkin kullanımını engellemektedir (Madala ve Kim, 1998:75-76). Dickey Fuller birim kök testinin bu eksikliği ise Genişletilmiş Dickey Fuller Testi kullanılarak giderilebilmektedir. Hata terimlerinde otokorelasyonun söz konusu olduğu durumlarda serisinin gecikmeli değerleri yardımıyla otokorelasyon ortadan kaldırılabilmektedir. Bu noktada Dickey ve Fuller birim kök testinde yer alan bağımlı değişkenin gecikmeli değerlerinin bağımsız değişken olarak modele dahil edilmesi ile Genişletilmiş Dickey Fuller Testi geliştirilmiştir.

Genişletilmiş Dickey Fuller Testi için aşağıdaki eşitlikler kullanılmaktadır:

$$\Delta Y_t = \emptyset Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \psi \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \emptyset Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \psi \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$$\Delta Y_t = \alpha_0 + \alpha_1 t + \emptyset Y_{t-1} + \sum_{i=1}^{n} \psi \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Eşitliklerde yer alan n gecikme sayısı, farklı bilgi kriterleri kullanılarak tespit edilmekte ve n sayıda gecikmeli otoregresif süreci içeren ADF testlerinde Dickey Fuller birim kök testleri için hesaplanan t istatistiği kritik değerleri kullanılmaktadır. Çalışmamızda değişkenlerin birim kök sınamalarında ADF testinin yanı sıra Phillip-Perron birim kök testine de yer verilmektedir.

ADF testinde hata terimlerindeki otokorelasyon sorunun çözümünde modele gecikmeli değerler eklenirken, Phillips-Perron (1988) birim kök testinde, parametrik olmayan bir yaklaşım kullanılmaktadır. Phillips-Perron birim kök testinde kullanılan eşitlik ise aşağıda belirtildiği gibidir:

$$Y_t = \alpha + \emptyset Y_{t-1} + \varepsilon_t \quad (4)$$

Kısaca değinilen birim kök testlerinin çalışmamızda kullanılan değişkenler üzerindeki sınama sonuçları ise Tablo 1'de gösterilmektedir.

Tablo 1: Birim Kök Testleri Sonuçları

Değişkenler	ADF-istatistiği (düzey)	MacKinnon 5% kritik değer	PP-istatistiği (düzey)	MacKinnon 5% kritik değer
Lngnp	-5.024519*	-4.309824	-3.229392***	-3.218382
Lnfc	-3.659123**	-3.574244	-3.726577**	-3.568379
Lnl	-5.777573*	-4.296729	-5.777933*	-4.296729
Lnte	-5.344187*	-4.309829	-7.323360*	-4.2966729

Lngnp GSMH büyüme hızını, Lnfc sabit sermaye büyüme hızını, Lnl toplam istihdam büyüme hızını, Lnte toplam birincil enerji büyüme hızını temsil etmektedir. Kritik Değerler MacKinnon (1996)'dan alınmıştır.

*%1'de anlamlı, **%5'de anlamlı, ***%10'da anlamlı

Tablo 1'de belirtildiği üzere; tüm değişkenler farklı anlamlılık düzeylerinde de olsa durağandır. Diğer bir ifade ile çalışmamızda kullanacağımız değişkenler birim kök içermemekte ve yapılacak tahminler için bir olumsuzluk söz konusu olmamaktadır.

Çalışmamızın bu aşamasında durağan değişkenler ile VAR uygulaması paralelinde tahminler yapılacaktır. Söz konusu model ile yapılan tahminlerde kullanılan tüm değişkenler kesin bir içsel, dışsal değişken ayrımı yapılmaksızın bir arada ele alınır ve ekonometrik modelin şekillendirilmesi aşamasında, belirli ve

modelin oluşumuna etki eden katı bir iktisadi teorinin varlığı kabul edilmez. Ayrıca iktisadi teorinin öne sürdüğü kısıtlamaların ve varsayımların modelin tanımını bozmasına da izin verilmez (Özgen ve Güloğlu, 2004:95). Bu özellikleri içeren VAR yaklaşımının kullanıldığı modellerde, belli bir sayıda değişken seçilmekte ve değişkenler kendi gecikme değerleri ve diğer değişkenlerin gecikmeli değerleri aynı model içinde birlikte değerlendirilmekte, seçilen bütün değişkenler birlikte ele alınmakta ve bir sistem bütünlüğü içerisinde incelenmektedir (Kibritçioğlu ve Kibritçioğlu, 1999:25).

Bu açıklamalar ışığında, birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkinin incelenmesinde, aşağıda belirtilen vektör otoregresif (VAR) modelden yararlanılacaktır.

$$Lngnp_t=\alpha_1+\sum_{i=1}^{k}\beta_{1i}\,lngnp_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\gamma_{1i}lnl_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\lambda_{1i}lnfc_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\theta_{1i}lnte_{t-i}+u_{1t} \quad (5)$$

$$Lnl_t=\alpha_2+\sum_{i=1}^{k}\beta_{2i}lngnp_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\gamma_{2i}lnl_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\lambda_{2i}lnfc_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\theta_{2i}lnte_{t-i}+u_{2t}$$

$$Lnfc_t=\alpha_3+\sum_{i=1}^{k}\beta_{3i}lngnp_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\gamma_{3i}lnl_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\lambda_{3i}lnfc_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\theta_{3i}lnte_{t-i}+u_{3t}$$

$$Lnte_t=\alpha_4+\sum_{i=1}^{k}\beta_{4i}lngnp_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\gamma_{4i}lnl_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\lambda_{4i}lnfc_{t-i}+\sum_{i=1}^{k}\theta_{4i}lnte_{t-i}+u_{4t}$$

VAR modeli kullanılarak yapılan tahminlerde önemli adımlardan bir diğeri de gecikme uzunluğunun tahminidir. VAR modeli uygulamasında optimal gecikme uzunluğu farklı kriterler yardımı ile tespit edilebilmektedir. Bu kriterler; Akaike Bilgi Kriteri (AIC), Shwarz Kriteri (SC) ve Hannan Quinn (HQ)'dir. VAR modeli gecikme uzunluğu kritik değerleri en küçük yapan gecikme uzunluğu olarak seçilmektedir. Ayrıca tahminimizde bu kriterler yanında, otokorelasyon içermeyen gecikme uzunluğu da kullanılacaktır.

Tahminin bir diğer aşaması olan Granger nedensellik testi ise; en genel tanımlama ile X ve Y gibi iki değişken arasındaki ilişkiden hareketle kurulacak bir örnekle tanımlanabilir. Eğer X değişkeni Y değişkenin Granger nedeni ise, X'deki değişmeler Y'deki değişmelere öncülük edecektir. Böylece Y'nin başka değişkenlerle (kendi geçmiş değerlerini içeren) regresyonuna X değişkeninin geçmiş veya gecikmeli değerleri dahil edildiğinde tahmin anlamlı bir şekilde iyileşiyorsa, bu durumda X'in Y'nin Granger nedeni olduğu söylenebilir (Guajarati, 2004:697).

Yukarıda değindiğimiz gecikme uzunluğu seçimi ise özellikle Granger nedensellik testi için ayrıca önemlidir. Gecikme içeren dağıtılmış ve/veya otoregresif modeller, iktisadi değişkenlerde nedensellik kavramını ortaya çıkarırlar. Bu noktada Granger nedensellik testi gecikme uzunluğu seçimine karşı oldukça duyarlıdır (Gujarati, 2004:703). Bu duyarlılık göz önüne alınarak seçilen gecikme uzunluğu ile değişkenler arasındaki Granger nedenselliği test edilmiştir. Toplam birincil enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki nedensellik ilişkisinin tahmininde gecikme uzunluğu üç olarak bulunmuş ve sonuçlar Tablo 2'de özetlenmiştir.

Tablo 2: Toplam Birincil Enerji Tüketimi ve Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkileri

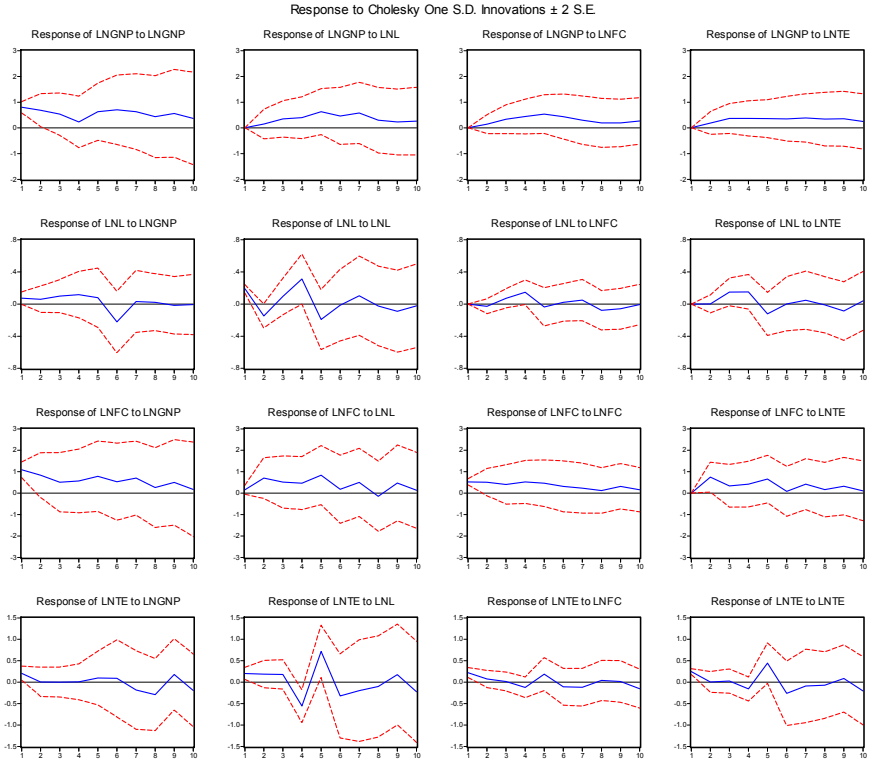
Boş Hipotez:	Obs	F-İstatistiği	Olasılık
Lnl Lngnp'nin Granger nedeni değildir.	28	0.32923	0.80425
Lngnp Lnl'nin Granger nedeni değildir.		0.17448	0.91246
Lnfc Lngnp'nin Granger nedeni değildir.	28	2.00063	0.14476
Lngnp Lnfc'nin Granger nedeni değildir.		2.79639	0.06526***
Lnte lngnp'nin Granger nedeni değildir.	28	1.58672	0.22242
Lngnp lnte'nin Granger nedeni değildir.		0.59865	0.62297
Lnfc Lnl'nin Granger nedeni değildir.	28	0.21417	0.88545
Lnl Lnfc'nin Granger nedeni değildir.		0.11253	0.95181
Lnte Lnl'in Granger nedeni değildir.	28	2.40838	0.10573
Lnl Lnte'nin Granger nedeni değildir.		10.6545	0.00018*
Lnte lnfc'nin Granger nedeni değildir.	28	1.07364	0.38161
Lnfc Lnte'nin Granger nedeni değildir.		0.16966	0.91567

* %1'de anlamlı,***%10'da anlamlı

Tablo 2'de görüldüğü üzere %10 anlamlılık düzeyinde boş hipotez red edilmektedir. Ayrıca ekonomik büyümeden (Lngnp) sabit sermaye yatırımlarına (Lnfc) doğru tek yönlü bir nedensellik ilişkisi söz konusuyken, toplam işgücünden (Lnl) toplam birincil enerji tüketimine (Lnte) doğru %1 anlamlılık düzeyinde yine tek yönlü bir ilişkinin olduğu görülmektedir. Toplam birincil enerji ile ekonomik büyüme arasında ise herhangi bir nedensellik ilişkisine ulaşılamamıştır. Elde edilen nedensellik ilişkileri ışığında uygulanan politikalar kapsamında ekonomik büyümenin düşmesi, sabit sermaye yatırımlarını olumsuz etkileyecektir. Ayrıca enerji ve işgücü arasındaki nedensellik ilişkisi ise bu iki değişkenin sahip olduğu ikame özelliğinden kaynaklanmaktadır.

Yapısal bir sorun içermeyen VAR analizimizde bir sonraki aşama ise değişkenlerin birbiri üzerindeki etkisinin etki-tepki ve varyans ayrıştırma yöntemleri ile incelenmesidir. Etki-tepki analizi bir değişkende meydana gelecek rastgele bir birimlik standart sapma şokun sistemdeki diğer değişkenler üzerindeki etkisini analiz etmede ve bu bağlamda ekonomik politikalara yön vermede önemli işleve sahiptir.

Tablo 3: Etki-Tepki Analizi Sonuçları



Etki tepki analizi sonuçları nedensellik analizi paralelinde sonuçlanmış ve Tablo 3'te görüldüğü üzere Lnfc, Lngnp'deki bir birim standart sapmalık şoka, ilk dönemden itibaren düşüş ile tepki vermiş ve bu düşüş üçüncü döneme kadar sürmüştür. Bu dönemden sonra ise dalgalı bir seyir izlemiştir. Lnte ise Lnl'deki bir birim standart sapmalık şoka, üçüncü dönemde büyük bir düşüş ile karşılık vermiş ve daha sonra dalgalı bir süreç izlemiştir.

Bu aşamada üzerinde duracağımız bir diğer analiz, varyans ayrıştırması analizidir. Kullanılan değişkenlerde meydana gelecek bir değişimin kaynağını gösteren varyans ayrıştırması analizi ise, aynı zamanda değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin derecesi konusunda bilgi vermektedir (Enders, 2004). Nedensellik ilişkisi paralelinde ve Ek Tablo 1 ışığında Lngnp, Lnfc'deki bir değişimi ilk dönem itibarıyla %79,75 oranında açıklarken, bu oran onuncu dönem sonunda %44,18'e gerilemiştir. Diğer değişkenlerin Lnfc üzerideki açıklayıcılığı ise, onuncu dönem sonunda Lnl'de %23,57, Lnte'de ise %16,74 düzeyinde gerçekleşmiştir. Lnte'deki bir değişim ise, yine nedensellik ilişkisi paralelinde Lnl tarafından ilk dönemde %21,15, beşinci dönem sonunda %67,90 oranında açıklanmakta ve bu oran onuncu dönem sonunda gerilemekle birlikte %58,72 oranını korumaktadır. Lnte'deki bir değişimin açıklanmasında Lnl dışında ilk dönem itibarıyla Lngnp %22,24, Lnfc %25,55 oranlarına sahip olsalar da, bu oranlar on dönem sonunda sırası ile %12,51 ve %7,82 seviyelerine gerilemektedir. Ekonomik

büyüme üzerinde meydana gelebilecek bir değişimi açıklamada ise, üretim faktörleri içinde en büyük paya Lnl on dönem sonunda %21,17 ile sahip iken, onu %15,03 ile Lnfc ve %14,62 ile Lnte izlemektedir (Tüm değişkenleri kapsayan varyans ayrıştırma analizi için bakınız: Ek Tablo 1).

Sonuç

Türkiye için yapılan birçok çalışmada kullanılan veriler, zaman aralığı ve kullanılan yöntemdeki farklılıklar, enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki konusunda sonuçların farklılaşmasına sebep olmaktadır.

Çoklu değişkenlerin kullanıldığı çalışmamızda birincil enerji tüketimi ile büyüme arasında bir nedensellik ilişkisine rastlanmamış, buna karşılık büyümeden sabit sermaye yatırımlarına doğru tek yönlü bir nedenselliğin olduğu sonucuna varılmıştır. Bu noktada sabit sermaye yatırımlarındaki bir düşme ve bu düşüşe neden olacak politika uygulamaları, ekonomik büyümeyi olumsuz olarak etkileyecektir. Ayrıca çalışmada ikame ilişkisine paralel olarak işgücünden enerji tüketimine doğru tek yönlü bir ilişkinin olduğu bulunmuştur. Elde edilen bu sonuçlar Robert ve Karanfil'in çalışmasına paralel iken, değişkenlerin büyüme hızının kullanıldığı Sarı ve Soytaş'ın 2007'deki çalışması ile çelişmektedir. Bu noktada Sarı ve Soytaş (2007)'ın birincil enerji yerine elektrik enerjisi değişkenini kullanması, sonuçların çelişen değil birbirini destekleyen sonuçlar olabileceğini de gündeme getirmektedir. Cleveland vd. 2000 yılında yaptıkları çalışmada, kullanılan enerji türleri bileşimindeki değişimin, diğer bir ifade ile kömürden petrole ve petrolden birincil elektriğe geçişin, enerji/GSYİH oranında değişime ve düşüşe neden olduğu sonucuna varmışlardır. Teknik değişmeler ise elektrik enerjisi gibi yüksek kaliteli enerji kullanımını arttırırken, düşük kalitede enerji kullanımını azaltmaktadır. Bu değişim, enerji tüketiminde etkinliği arttırırken, enerji kullanımı ve ekonomik çıktı arasında ayrışmaya izin vermektedir (Cleveland vd., 2000:311-313). Benzer şekilde Türkiye'de de artan elektrik enerjisi kullanımına bağlı olarak yüksek kaliteli enerji tüketimi artmakta, elektrik enerjisi ile ekonomik çıktı arasındaki bağ kuvvetlenirken, konvansiyonel enerji ile büyüme arasındaki bağ zayıflamaktadır. Dolayısıyla enerji politikalarının oluşturulmasında ağırlığın konvansiyonel enerji türlerinden, yüksek kaliteli enerji türlerine doğru kaydırılması, ekonomik büyümenin hızlandırılması açısından önem kazanmaktadır. Birincil enerji tüketimi söz konusu olduğunda ise, uygulanacak koruma politikalarının (enerji tasarrufu, enerji vergileri, enerji fiyat politikaları vb.) değişkenler arasında nedenselliğin bulunmamasının ekonomik büyümeyi olumsuz etkilemeyeceği sonucuna varılmaktadır.

Kaynakça

Akarca, A. T. ve Long, T. V. (1980), "On the Relationship Between Energy and GNP: A Reexamination", *Journal of Energy and Development*, 5, 326-331.

Asafu-Adjaye, J. (2000), "The Relationship Between Energy Consumption Energy Prices nad Growth: Time Series Evidence From Asian Developing Countries", *Energy Economics*, 22, 615-625.

Apostolakis, B. E. (1990), "Energy-Capital Substitutability/Complementarity: The Dichotomy'', *Energy Economics*, 12, 48-58.

Barro, R. J. (1988), "Goverment Spending in a Simple Model of Endogenous Growth'', *NBER Working Paper,* No:2588.

Brendt, E. R. ve Wood, D. O.(1979), "Engineering and Econometric Interpretations of Energy-Capital Complementarity'', *American Economic Review*, 69, 342-354.

Burbridge, J. ve Harrison, A. (1984), "Testing for the Effects of Oil Prices Rises Using Vector Autoregression", *International Economic Review*, 25, 459-484.

Cleveland, C. J.; Costanza, R.; Hall, C. A. S. ve Kaufmann, R. K. (1984), "Energy and the US Economy: A Biophsical Perspective", *Science*, 225, 890-897.

Cleveland, C. J.; Kaufmann, R.K. ve Stern, D. I. (2000), "Analysis Aggregation and the Role of Energy in the Economy", *Ecological Economics*, 32, 301-317.

Dornbusch, R. ve Fischer, S. (1984), *Macroeconomics*, New York: McGrow-Hill.

Enders, W. (2004), *Applied Econometric Time Series***,** New York: John Wiley and Sons INC.

Erol, U. ve Yu, E.S.H. (1987), "On the Causal Relationship Between Energy and Income for Industrializing Countries", *Journal of Energy Development*, 13, 113-122.

Gujarati, D. N. (2004), *Basic Econometrics*, New York: McGraw-Hill.

Ghali, K. H. ve El-Sakka, M.I.T. (2004), "Energy Use and Output Growth in Canada:A Multivariate Cointegration Analysis", *Energy Economics*, 24, 355-365.

Hamilton, J. D. (1983), "Oil and the Macroeconomy Since World War II'', *Journal of Political Economy*, 91, 228-248.

Jobert, T. ve Karanfil, F. (2007), "Sectoral Energy Consumption by Source and Economic Growth in Turkey", *Energy Policy*, 35, 5447-5456.

Kraft, J. ve Kraft, A. (1978), "On the Relationship Between Enegy and GDP", *Journal of Energy Development,* 3, 401-403.

Kibritçioğlu, A. ve Kibritçioğlu, B. (1999) "Ham Petrol ve Akaryakıt Ürünü Fiyat Artışlarının Türkiye'deki Enflasyonist Etkileri", *T.C. Başbakanlık Hazine Müsteşarlığı Araştırmalar Genel Müdürlüğü*, Nisan, 1-38.

Lee, C. C. ve Chang, C. P. (2007), "Energy Consumption and GDP Revisited: A Panel Analysis of Developed and Developing Countries", *Energy Economics*, 29, 1206-1223.

MacKinnon, J. (1996), "Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests'', *Journal of Applied Econometrics*, 11, 601-618.

Madala, G. S. ve Kim, I.(1998), *Unit Root, Cointegration and Structural Change,* UK: Cambridge University Press.

Mahadevan, R. ve Asafu-Adjaye, J. (2007), "Energy Consumption ,Economic Growth and Prices: A Reassesment Using Panel VECM for Developed and Developing Countries'', *Energy Policy,* 35, 2482-2490.

Masih, A .M. M. ve Masih, R. (1997),"On the Temporal Causal Relationship Between Energy Consumption, Real Income, and Prices: Some New Evidence from Asian-Energy Dependent NICs Based on a Multivariate Cointegration Vector Error Correction Approach", *Journal of Policy Modeling,* 19, 417–440.

Masih, A. M. M. ve Masih, R.(1998), "A Multivariate Cointegrated Modeling Approach in Testing Temporal Causality Between Energy Consumption, Real Income and Prices with an Application to two Asian LDCs", *Applied Economics*, 30, 1287-1298.

Nelson, C. R. ve Plosser, C. I. (1982), "Trends and Random Walks in Macroeconomic Time Series Some Evidence and Implications", *Journal of Monetary Economics*, 10, 139–162.

Oh, W. ve Lee, K. (2004), "Energy Consumption and Economic Growth in Korea: Testing Causality Relation", *Journal of Policy Modelling*, 26, 973-981.

Odum, H. ve Odum, E. (1976), *Energy Basis for Man and Nature*, New York: Mc-Graw-Hill.

Özgen, F. B. ve Güloğlu, B. (2004), "Türkiye'de İç Borçların İktisadi Etkilerinin VAR Tekniği ile Analizi'', *METU Studies in Development*, 31 Haziran, 93-114

Phillips, P. ve Perron, P. (1988), "Testing for Unit Root in the Time Series Regression", *Biometrika***,** 75, 336–340.

Sarı, R. ve Soytas, U. (2007), "The Growth of Income and Energy Consuption in Six Developing Countries", *Energy Policy*, 35, 889-898.

Soytaş, U. ve Sarı, R. (2007), "The Relationship Between Energy and Production Evidence From Turkish Manufacturing Industry", *Energy Policy*, 29, 1151-1165.

Smith, S. (1998), "Environmental and Public Finance Aspects of Taxation of Energy", *Oxford Economic Review of Economic Policy,* 14 (4), 64-83.

Stern, D. I. (1993), "Energy and Growth in the USA: A Multivariate Approach", *Energy Economics,* 15, 137-150.

Stern, D. I. ve Cleveland, C. J.(2004), "Energy and Economic Growth'', *Rensselear Working Papers in Economics*, Number 0410.

Yu, E. ve Choi, I. (1985), "The Casual Relationship Between Energy and GNP: An International Comparison", *Journal of Energy and Development*, 10, 249-272.

Ekler

Ek Tablo 1: Varyans Ayrıştırma Testi Sonuçları

Lngnp					
	S.E.	LNGNP	LNL	LNFC	LNTE
1	0.799119	100.0000	0.000000	0.000000	0.000000
2	1.090237	93.41535	1.863348	1.684931	3.036375
3	1.356667	75.92978	7.689873	7.264858	9.115489
4	1.540588	61.08328	12.48249	13.67910	12.75513
5	1.892386	51.45126	19.42275	17.06993	12.05606
6	2.144982	50.82430	19.78023	17.37223	12.02324
7	2.360356	49.13301	22.36366	15.91567	12.58766
8	2.450026	48.75449	22.21707	15.39909	13.62935
9	2.555639	49.65978	21.21262	14.70937	14.41823
10	2.620095	49.16472	21.17859	15.03086	14.62583
Lnl					
	S.E.	LNGNP	LNL	LNFC	LNTE
1	0.203454	12.98111	87.01889	0.000000	0.000000
2	0.259295	13.29468	85.58845	1.105712	0.011159
3	0.336174	16.45512	58.62483	5.048719	19.87133
4	0.517981	12.05682	60.79338	10.21630	16.93350
5	0.572321	11.77867	61.02272	8.758119	18.44050
6	0.614494	23.30548	52.98237	7.714311	15.99784
7	0.627820	22.59147	53.52337	8.013392	15.87177
8	0.633582	22.30467	52.70261	9.386651	15.60606
9	0.648688	21.33491	52.19289	9.787105	16.68510
10	0.650306	21.23889	52.04023	9.749498	16.97138

Lnfc

	S.E.	LNGNP	LNL	LNFC	LNTE
1	1.220126	79.75390	1.663352	18.58275	0.000000
2	1.868931	54.15842	14.58484	15.41352	15.84321
3	2.071141	50.06872	18.03220	16.32564	15.57345
4	2.295501	46.83107	18.75341	18.40469	16.01083
5	2.689164	42.60907	23.47383	16.36041	17.55668
6	2.765428	43.97696	22.60417	16.73461	16.68425
7	2.934449	44.73338	22.95179	15.47757	16.83727
8	2.956065	44.82810	22.87664	15.40560	16.88966
9	3.068741	44.25234	23.59848	15.36976	16.77941
10	3.081702	44.18504	23.57591	15.49191	16.74715

Lnte

	S.E.	LNGNP	LNL	LNFC	LNTE
1	0.440356	22.14583	21.15165	25.55986	31.14266
2	0.483700	18.36359	32.36763	23.44998	25.81880
3	0.516826	16.08537	40.44961	20.62026	22.84476
4	0.785844	6.969515	67.74744	11.26658	14.01647
5	1.172428	3.783898	67.90833	7.584413	20.72336
6	1.250971	3.819196	66.15989	7.401064	22.61985
7	1.288571	5.658652	64.70999	7.828466	21.80290
8	1.327007	10.11584	61.58410	7.471399	20.82866
9	1.353669	11.49347	60.91012	7.192362	20.40404
10	1.409443	12.51145	58.72984	7.824615	20.93409