

MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLER İLE ENERJİ PİYASALARI ARASINDAKİ İLİŞKİNİN KEŞFİ: TÜRKİYE ÖRNEĞİ*

EXPLORATION OF THE RELATIONSHIP BETWEEN ENERGY MARKETS AND MACROECONOMIC VARIABLES: THE CASE OF TURKEY

Dr. Salih PARMAKSIZ¹

ÖZ

Çalışmanın amacı, Türkiye enerji piyasasının makroekonomik değişkenler ile olan ilişkisini ampirik yöntemlerle keşfetmektir. Araştırmaya enerji piyasalarının temeli olan Türkiye Gün Öncesi Piyasası fiyatı tanımına sahip Piyasa Takas Fiyatı ve altı makroekonomik değişken dahil edilmiştir. Çalışmada 2011 yılı Aralık ayı başlangıçlı 2021 Mayıs ayı dahil olmak üzere aradaki tüm dönemi kapsayan aylık veriler kullanılmıştır. Araştırmada ekonometrik yöntemler olan Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap Nedensellik Testi ve Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif (ARDL) Model kullanılmıştır. ARDL modeline dahil edilen açıklayıcı değişkenler ile Piyasa Takas Fiyatı arasındaki nedenselliğin Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap Nedensellik Testi ile sınanması sonucu bütün açıklayıcı değişkenlerin Piyasa Takas Fiyatı'nın nedeni olduğu tespit edilmiştir. ARDL modeli sonuçlarına göre Türkiye elektrik tüketimi, yenilenebilir enerji kaynaklı üretim, nominal Dolar/TL kuru, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ağırlıklı fonlama maliyeti, Borsa İstanbul 100 endeksi ve doğal gaz fiyatlarından oluşan bağımsız değişken kümesinde yer alan bütün açıklayıcı değişkenlerin Piyasa Takas Fiyatı üzerinde kısa ve uzun dönem bazlı pozitif ve negatif etkilerinin var olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre Piyasa Takas Fiyatı'nın hareket yönünün analiz edilmesi süreçlerinde makroekonomik göstergeler de yakından takip edilmelidir. Enerji piyasaları paydaşlarının finansal piyasalarla olan yapısal ilişkilerinin göz önünde bulundurulması da Piyasa Takas Fiyatı'nın hareketlerinin incelenmesinde mutlak önem göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Türkiye Gün Öncesi Piyasası, Piyasa Takas Fiyatı, Bootstrap Nedensellik Testi, ARDL.

JEL Sınıflandırma Kodları: Q43, C58, E44.


ABSTRACT

The aim of the study is to explore the relationship between the Turkish energy market and macroeconomic variables through empirical methods. The study includes the Market Clearing Price (MCP) as well as six macroeconomic variables. Monthly data covering the entire period from December 2011 to May 2021 is used in the analysis. The econometric methods applied in the research are the Hacker and Hatemi-J (2010) Bootstrap Causality Test and the ARDL Model. The results of testing the causality between the MCP and the explanatory variables included in the ARDL model using the Bootstrap Causality Test reveal that all the explanatory variables cause changes in the MCP. According to the ARDL model results, all the explanatory variables, which include Turkey's electricity consumption, renewable energy-based production, nominal USD/TRY exchange rate, the Central Bank of Turkey's weighted funding cost, BIST100 index, and natural gas prices, have short-term and long-term positive and negative effects on the MCP. Based on these findings, it is essential to closely monitor macroeconomic indicators in analyzing the movement direction of the MCP. Additionally, the structural relationship between the stakeholders in energy markets and financial markets must be considered when examining the movements of the MCP.

Keywords: Turkish Day-Ahead Market, Market Clearing Price, Bootstrap Causality Test, ARDL.

JEL Classification Codes: Q43, C58, E44.

* Bu çalışma Ozan ÖZDEMİR danışmanlığında Salih PARMAKSIZ tarafından hazırlanan ve 14.06.2023 tarihinde savunulan "Makroekonomik Değişkenler ile Enerji Piyasaları Arasındaki İlişkinin Keşfi: Türkiye Örneği" başlıklı doktora tezinden yararlanarak hazırlanmıştır.

¹  Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Rektörlük, salihparmaksiz@isparta.edu.tr

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Purpose and Scope:

As a result of the steps taken for the formation and development of energy markets in Turkey since the 2000s, investments in the energy sector have reached serious levels today. As a result of the investments made, the country's electricity generation installed power capacity, the number of domestic and foreign participants in the markets and transaction volumes on trading platforms are increasing in parallel with the growing national economy. In addition to this, the fact that some products of the financial markets have been made energy-oriented has also ensured diversity and increased awareness among the society. In this context, the aim of the study is to provide information about the Turkish Day Ahead Electricity Market (DAM) and to explore the relationship of the relevant market with macroeconomic variables through empirical methods.

Design/methodology/approach:

As a result of the literature research conducted within the scope of the research, in the three-stage analysis plan of the study; it is preferred to use three different unit root tests to determine the degree of stationarity of the data set on the basis of variables, to perform the Bootstrap causality test to discover causality between variables and to apply the ARDL Bounds test to test the long and short-term relationships of the variables. While the dependent variable used in the analysis is the Market Clearing Price (MCP), the independent variables are Turkey's total electricity consumption amount, Turkey's electricity production amount from renewable energy sources, nominal dollar exchange rate, weighted average funding cost of the Central Bank of the Republic of Turkey, BIST100 index and natural gas price. Logarithmic transformation is applied to the variables included in the research.

Findings:

Using the ARDL model, the long and short-term effects of macroeconomic variables on MCP are estimated and interpreted. Before the ARDL model, it is first formally tested with Hacker and Hatemi-J (2010) Bootstrap causality test whether the independent variables determined under the umbrella of a priori information and studies in the literature were related to MCP. Causality test results show that all variables taken as explanatory variables are the cause of MCP. This result can be considered as proof of the suitability of the variables determined to explain MCP. The outputs of the model indicate that the increase in total consumption and natural gas prices has positive effects on MCP in the long term. 1% increase in total consumption and natural gas prices increases the MCP by 1.26% and 0.54%, respectively, in the long run. Increasing the amount of electricity produced from renewable energy sources by 1% reduces the MCP by 0.24% in the long term. 1% increase in the nominal Dollar/TL exchange rate increases the MCP by 2.61% in the long term and by 0.99% in the short term. The interest rate variable reduces the MCP in the long and short term, and a 1% increase in this variable reduces the MCP by approximately 0.01% in the long term and by approximately 0.04% in the short term. Although it is observed that the coefficients of the interest rate variable are quite small in the short term compared to other variables, the coefficients of this variable are negative and statistically significant in the first and second lags, in addition to the current period. The most striking results of the model are observed in the coefficients of the BIST100 variable. It is observed that the increase in the BIST100 index level affects MCP negatively in the short term and positively in the long term. 1% increase in the BIST100 index reduces the MCP by 0.33% in the short term and increases it by 0.42% in the long term. Considering the dynamics of the energy and manufacturing industry sectors, it can be said that this result is reasonable and logical. It is expected that the BIST100 index, which rises as investors who want to evaluate their savings by ignoring options such as production in the short term, use their resources to buy stocks, would decrease the MCP. In fact, if investors increase the BIST100 index by using the resources they have and increasing their stock demands, it is likely that the energy demand would also decrease since these resources are not transferred to the production channel. With decreasing energy demand, MCP is expected to move negatively. On the other hand, large companies that collect investors' resources by selling shares in the long term can direct these resources to large-scale investments and therefore production. Especially by increasing production capacity through large-scale investments, energy demand and MCP may increase. It is observed that the effects of the variables in the model on MCP are consistent with expectations.

Conclusion and Discussion:

The study, which empirically analyzes the MCP, which is of critical importance for Turkey's energy markets, offers important policy recommendations. The course of macroeconomic variables should be carefully followed in research on MCP and policy decisions planned to be implemented. The intertwined structure of the actors in the energy markets with the financial markets and their perspectives on macroeconomic changes should be carefully analyzed and these issues should be taken into account in policy practices. Although MCP is a well-known variable for energy markets, the number of studies in this field in the academic world specifically for Turkey is limited. The study may reveal important results by providing a set of information about Turkey's energy markets, which are newly aware of the society. Alternative ways can be offered by creating scientific awareness in the management decisions of current market participants and policy makers. As a result of presenting the relationship between markets and possible topics to be studied, academic researchers can be guided about the methods by which practical applications in the markets are made and how to develop them.

1. GİRİŞ

Yaşamsal döngünün sürdürülebilmesi için gereken ihtiyaçların elde edilebilmesinde enerji kullanımına gerek duyulmaktadır. Bu sebeple enerji, özellikle imalat sanayi başta olmak üzere birçok sanayi kolunda üretimin sağlanmasında vazgeçilemeyecek bir konuma sahiptir. Günümüz dünyasında enerji, arz ve talep üzerindeki etkisine göre ülke ekonomilerinin dünya sıralamasını belirleyebilecek bir güçtedir. Enerjinin tüm sektörlerle olan organik bağı ve üretimin ana girdisi olması araştırmacıları bu alanda çalışmalar yapmaya tetikleyen faktörlerdir.

Son yıllarda yaşanan teknolojik ve ekonomik gelişmeler sonucu elektrik enerjisine olan ihtiyaç her geçen gün katlanarak artmaktadır. Özellikle, elektrikli araçlar, akıllı telefonlar ve kripto madenciliğinin artması ile elektronik cihazların kullanımının yaygınlaşması elektrik enerjisine olan talebin artmasına zemin oluşturmuştur. Teknolojik ve ekonomik gelişmelerin yanı sıra sosyokültürel yaşam içerisinde de elektrik enerjisi günlük hayatın ayrılmaz bir parçası haline gelmiştir. Ülkelerde kişi başına düşen elektrik enerji tüketimi ekonomik gelişmişlik göstergesi olarak kabul edilmeye başlanmıştır. Buna ek olarak, toplumların elektriğe ulaşımı ve elektrik kullanımının yaygınlaşma seviyesi toplumların refah göstergelerinden biri olarak nitelendirilmektedir.

Türkiye’de enerji ticareti faaliyetlerinin gerçekleştiği spot piyasaların işletmesi Enerji Piyasaları İşletme AŞ (EPİAŞ) sorumluluğundadır. EPİAŞ’ın işlettiği enerji piyasalarından biri olan Gün Öncesi Piyasası’nda (GÖP) sistem üzerinde saatlik olarak arz ve talep arasındaki dengeye göre Piyasa Takas Fiyatı (PTF) oluşmaktadır. Türkiye elektrik piyasalarında oluşan bu fiyat, ülke geneli üretilen ve kullanılan elektrik enerjisinin temel fiyatı olarak tanımlanmaktadır. Dolayısıyla PTF, Türkiye elektrik piyasaları için önem derecesi yüksek bir gösterge fiyat tanımına sahip olup Türkiye’de enerji ticaretini şekillendirmektedir.

Türkiye enerji piyasalarının durumu hakkında önemli göstergelerden biri olan PTF’nin seyrinin takip edilebilmesi ve bu değişkeni etkileyen makroekonomik faktörlerin analiz edilmesi araştırmanın özgünlüğü açısından dikkat çekmektedir. Araştırmada kullanılan ampirik yöntemlerin birlikte kullanılması da çalışmanın dikkat çeken unsurlarından birisidir. PTF’nin belirli bir seviyede öngörülebilmesi piyasa katılımcılarının ve karar vericilerin stratejik yönetimlerini doğru bir şekilde yapmalarına imkan sağlamaktadır. Bu nedenle PTF’nin başarılı öngörüsünün sağlanabilmesi Türkiye enerji piyasaları için önem arz etmektedir. Bu kapsamda, PTF ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkilerin ortaya çıkarılması piyasa paydaşlarının ve politika yapıcılarının daha sağlıklı aksiyon ve karar almalarına olanak sağlayabilecektir. Enerji piyasaları ile araştırma için seçilen makroekonomik değişkenler arasındaki iç içe geçmiş yapının analiz edilmesi ve PTF’nin makroekonomik değişimler karşısında nasıl tepki vereceğinin incelenmesi aydınlatıcı ve yol gösterici bilgiler sunabilecektir.

Çalışmanın amacı Türkiye enerji piyasası hakkında bilgi vermek ve ilgili piyasanın makroekonomik değişkenler ile olan ilişkisini ampirik yöntemlerle keşfetmektir. Türkiye enerji piyasalarında aktif portföy yönetimi yapan işletmeler, enerji piyasalarında rol almak isteyen yatırımcılar ve akademik çalışmalarında enerji ve finans piyasaları üzerine çalışma yapmak isteyen araştırmacılar bu çalışma sayesinde Türkiye enerji piyasaları hakkında detaylı bilgiye sahip olabilecek ve her iki piyasanın parametreleri arasındaki ilişkinin güncel ampirik çalışmalarla keşfine ulaşabileceklerdir. Ayrıca, politik anlamda karar verici konumundaki yöneticiler ampirik analizler sonucu keşfedilen ilişkiyi de dikkate alarak karar verme süreçlerinde çalışmadan faydalanabileceklerdir.

Çalışmada, açıklayıcı değişken olarak seçilen makroekonomik değişkenlerin PTF’ye etkileri ampirik olarak analiz edilmektedir. ARDL sınır testinin kullanıldığı bu çalışmada, 2011:12-2021:05 dönemini kapsayan aylık frekanslı verilere yer verilmiştir. Ayrıca modele alınan açıklayıcı değişkenlerin PTF’nin nedeni olup olmadığı Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap nedensellik testi ile sınanmıştır. Toplam tüketim, yenilenebilir enerji kaynaklı üretim, nominal Dolar/TL kuru, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ağırlıklı fonlama maliyeti, Borsa İstanbul 100 endeksi ve doğal gaz fiyatlarından oluşan bağımsız değişken kümesinde yer alan bütün açıklayıcı değişkenlerin PTF’nin nedeni olduğu tespit edilmiştir. Dolayısıyla modele alınan açıklayıcı değişkenler ile Piyasa Takas Fiyatı arasındaki ilişkiler ARDL yaklaşımı kullanılarak ampirik olarak analiz edilmiştir. ARDL modeli sonuçlarına göre nominal Dolar/TL kuru hem uzun hem kısa dönemde, Türkiye toplam elektrik tüketimi ve doğal gaz fiyatları uzun dönemde Piyasa Takas Fiyatı’nı artırıcı yönde etki etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektrik üretim miktarının uzun dönemde, faiz oranının ise uzun ve kısa dönemde Piyasa Takas Fiyatı’nı düşürücü yönde etkileri vardır. Piyasa Takas Fiyatı’nın kısa vadede cari dönemdeki faiz değişkenine ek olarak, birinci ve ikinci gecikmeli faiz değişkeninden de negatif yönde etkilendiği gözlenmiştir. BIST100 endeksinin artışı karşısında, Piyasa Takas Fiyatı kısa dönemde negatif, uzun dönemde pozitif tepkiler vermektedir.

2. TÜRKİYE GÜN ÖNCESİ ELEKTRİK PİYASASI (GÖP)

Elektrik ticaretinde spot piyasalar, elektriğin teslim edilmesi gereken gün ve saatten önce gerekli tüm faaliyetleri gerçekleştirebilen, piyasa işletmecisi olan EPİAŞ tarafından işletilen ve kontrol edilen organize piyasalardır. Elektrikte depolamanın yüksek maliyetli ve kolay olmaması en temel özelliklerden birisidir. Diğer bir temel özellik ise elektrikte üretim ve tüketimin her daim birbirlerine eşit olması gereklidir. Elektrikte arz ile talep arasındaki dengenin kurulabilmesi için piyasa ve sistem işletmecisine ihtiyaç duyulmaktadır. Fiziki dengenin korunması, sistem kısıtlarının kontrol edilmesi, ortak piyasa mantığı çerçevesinde tek fiyat oluşturulması ve dengeleme uzlaştırmanın yapılabilmesi ilgili ihtiyacın gereklilikleridir (EPİAŞ, 2019).

Gün Öncesi Piyasası (GÖP), piyasa işletmecisi tarafından işletilen organize bir piyasa olup enerji piyasalarında elektriğin teslimat gününden bir gün önce dengeleme ve elektrik ticareti için kullanılan önemli bir piyasadır. Bu piyasanın amaçları; elektrik enerjisi için referans ve ortak bir fiyatın oluşturulması, piyasa katılımcılarının kendi aralarında gerçekleştirdiği ikili anlaşmalara ek bir sonraki gün için enerji ticareti yapma fırsatı sunarak portföylerini dengeleme imkanı sağlaması, sistem işletmecisine teslimat öncesi günde arz talep dengesinin sağlandığı sistemin oluşturulması, sürekli ve yüksek miktarda arz kısıtlarında teklif bölgelerinin oluşturulması ile sistem işletmecisine gün öncesinde kısıt yönetimi imkanı sağlanmasıdır. Ek olarak, Gün Öncesi Piyasası'nda piyasa katılımcılarının karşılıklı olmayan işlemler yapmış olması durumunda EPİAŞ tarafından yapılan kontrollerle bu işlemler tespit edilerek ilgili katılımcılara ceza süreci başlatılmaktadır (EPİAŞ, 2019).

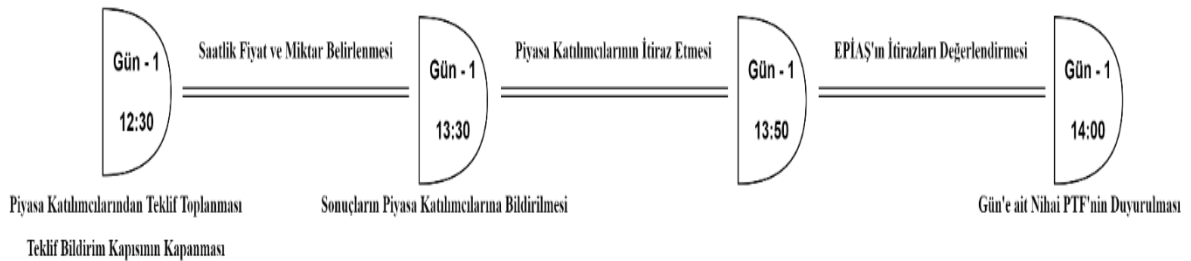
2.1. Gün Öncesi Piyasası'nda Genel Esaslar

Piyasa katılımcılarının Gün Öncesi Piyasası'nda aktif işlemler yapabilmeleri ve portföylerini yönetebilmeleri için belirtilen temel esasları bilerek uymaları gerekmektedir. Piyasaya katılım zorunlu değildir. Piyasa katılım anlaşması ile GÖP katılım anlaşmasının da imzalanması zorunludur. Piyasa portföy bazlı olup üretim ve tüketim taraflı olmak üzere her katılımcı kendi portföyünü dengeler. Piyasa Takas Fiyatı (PTF) referans fiyat olarak belirlenir. İşlemler saatlik bazda 24 saat olacak şekilde günlük olarak yapılır. Fiyat seviyelerine göre arz tarafı üreteceği talep tarafı tüketileceği miktarları belirler. Piyasada yapılan işlemler sonucunda ilgili katılımcıya fiziksel elektrik arz veya talep yükümlülüğü doğar. Katılımcılar piyasada saatlik, blok ve esnek olmak üzere üç ayrı formda teklif verebilirler. Enerji miktarı lot olarak ifade edilir. 1 Lot 0,1 MWh olarak tanımlanmış olup 10 Lot 1 MWh'a eşittir. Teklif girişlerinde pozitif miktarlar sistemden elektrik alışı ifade ederken negatif miktarlar elektrik satışı ifade eder (EPİAŞ, 2019).

2.2. Gün Öncesi Piyasası'nda Süreçler

Piyasa katılımcılarının Gün Öncesi Piyasası'nda aktif işlemler yapabilmeleri ve portföylerini yönetebilmeleri için aşağıda belirtilen süreçleri bilerek uymaları gerekmektedir. Ayrıca, araştırmacılar için Gün Öncesi Piyasası'nda süreçler hakkında fikir oluşması amacıyla genel yapının görünümü Şekil 1'de gösterilmektedir. Tedarik ve ticaretin yapılması planlanan günden bir gün önce saat 12:30'a kadar piyasa katılımcılarından teklifler toplanır ve 12:30'da teklif bildirim kapısı kapanır. 12:30-13:30 arasında optimizasyon algoritması ile ilgili gün için saatlik fiyat ve miktar belirlenir ve 13:30'da sonuçlar tüm piyasa katılımcılarına bildirilir. 13:30-13:50 arasında piyasa katılımcılarının sonuçlara itiraz etme hakkı bulunur. 13:50-14:00 arasında EPİAŞ katılımcıların itirazlarını inceler ve 14:00'te fiyatlar kesinleşerek nihai sonuçlar duyurulur (EPİAŞ, 2019).

Şekil 1. Gün Öncesi Piyasası'nda Süreçler



Kaynak: (EPİAŞ, 2019).

2.3. Gün Öncesi Piyasası'nda Teklif Tipleri

Gün Öncesi Piyasası'nda saatlik, blok ve esnek olmak üzere üç teklif tipi bulunmaktadır. Saatlik teklifte alış ve satış yönünde 32 ayrı seviye olmak üzere toplam 64 seviye, blok teklif 50 seviye esnek teklif 6 seviyedir. Tekliflerde arz-talep dengesinin oluşmasında, elektriği arz eden satıcı konumundaki katılımcılar enerjiyi yüksek fiyatla satma eğilimine talep eden alıcı konumundaki katılımcılar da düşük fiyatla alma eğilimine sahiptirler (EPİAŞ, 2019).

2.4. Referans Fiyatın Belirlenmesinde Genel Kurallar

EPİAŞ tarafından PTF her gün Gün Öncesi Piyasası referans fiyatı olarak kamuoyuna ve piyasa oyuncularına açıklanmakta olup sonuçların belirli özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bu özellikler sırasıyla sunulmuştur. Arz ve talep her periyot için eşit seviyede olmalıdır. Herhangi bir saat için belirlenen PTF'ye yönelik eşleşmiş miktar o saat için teklifin eşleşme miktarıdır. Saatlik teklifte PTF'ye karşılık bir fiyat dağılımı bulunmuyorsa ilgili miktar lineer interpolasyon yöntemi ile hesaplanır. Esnek ve blok tekliflerde bütünlük esastır ve kısmi kabul durumu söz konusu değildir. Satış yönlü blok tekliflerde geçerli saatlerin ağırlıklı ortalama PTF'sinden düşük veya eşit fiyatlılar kabul edilir. Alış yönlülerde ise tam tersi olacak şekilde yüksek veya eşit fiyatlılar kabul edilir. Üst blok teklifler kabul edilmeden alt blok teklifler kabul edilemez. Esnek tekliflerde, en yüksek PTF'ye eşit veya daha düşük fiyat teklif edilmişse kabul edilebilir ve maksimum bir periyotta bir esnek teklif kabul edilir. Piyasa katılımcılarına ait olan bütün saatlik teklifler baz alınır. Alınan baz teklifler blok ve esnek teklifler birleştirilerek optimizasyon aracında 24 saatlik yani günlük periyotta toplum adına toplam fazlayı en yüksek seviyeye taşıyacak bir şekilde optimize edilir. Tüketicilerin ve üreticilerin eşleştirme sonucunda oluşan fazlalıklarının toplamı günlük toplam piyasa fazlasıdır. Eşleştirme sonucunda oluşan alış miktarı karşılığında verilen fiyat ile oluşan fiyat arasındaki tüketici fazlası, satış miktarı karşılığında oluşan fiyat ile verilen fiyat arasındaki fark ise üretici fazlasıdır. Alış blok tekliflerde, kapsanan aralığın ortalama fiyatı teklif fiyatından daha düşük ise kabul edilir. Yüksek olan tekliflerde eğer günlük toplam fazlanın maksimize edilmesine katkı sağlanıyorsa teklif kabul edilebilir. Bu durum satış yönlü blok tekliflerde tam tersi şekilde işlemektedir. Arz ile talebin kesişemediği ve tekliflerin birbirleri ile bağlantı kurulması durumunda blok teklifler günlük toplam fazlayı maksimize edebiliyorlarsa kabul edilebilirler. Etkin ve şeffaf bir piyasada katılımcılar marjinal maliyetleri dikkate alarak teklif verirler. Piyasada üretici ve tüketici olmak üzere tüm katılımcıların günlük toplam fazlalıkları birleştirildiğinde piyasanın günlük toplam fazlası elde edilir. Arz ve talebin kesişmemesi durumunda alış yönlü teklif miktarları tüm piyasa oyuncularını eşit seviyede etkileyecek formda indirilerek ilgili kesişme sağlanır. Bu durumda arz ve talep eğrileri bir doğru boyunca kesişiyorsa maksimum toplam fazlanın elde edildiği fiyat seviyesi referans fiyat olarak belirlenir (EPİAŞ, 2019).

2.5. Merit Order Yapısı

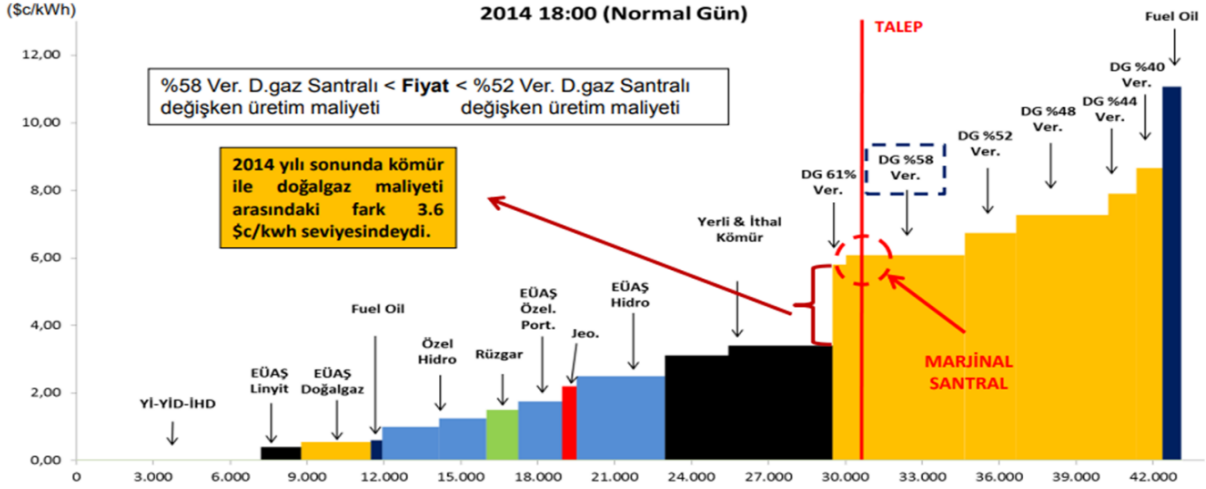
Türkçesi "Liyakat Sırası" veya "Fayda Sırası" olarak tanımlanan Merit Order, enerji piyasaları literatüründe elektrik üretiminde çeşitli kaynakların üretim maliyetlerine göre sıralanmasını ifade etmektedir. Elektrik piyasalarında fiyatlar arz ve talep eğrilerinin kesişmeleri sonucu oluşurken, arz tarafı talep tarafına göre daha esnek ve etkin bir şekilde planlanabilmektedir. Genellikle, talep tarafında görevli tedarik şirketleri elektrik fiyatının maliyetine her ne olursa olsun katlanmak zorunda kalırken arz tarafında maliyet esaslı işlem yapma etkinliği daha aktiftir. Bu sebeple arz eğrisine ait merit order dik veya dik seviyeye yakın bir formdaki bir talep eğrisi tarafından kesilerek referans fiyat oluşumu elde edilir. Burada temel yöntem, üretim maliyeti yüksek olan santrallerin maliyetlerinin olası en düşük seviyeye çekilmesi ile marjinal maliyeti sıfır olarak kabul görmüş yenilenebilir enerji kaynaklarına ait üretimin en üst seviyeye çekilmesi sonucu toplum adına en uygun fiyatın sistem üzerinde oluşmasını sağlamaktır (Uslu, 2019).

Şekil 2'de 2014 yılına ait standart bir günün saat 18:00 için örnek merit order grafiği bulunmaktadır. Görüldüğü üzere kaynak ve kuruluş türlerine göre üretim maliyetleri dikkate alınarak belirli bir sıralama ile arz eğrisi oluşturulmuştur. Arz eğrisi ile talep eğrisinin kesiştiği noktada bulunan marjinal santral o saatteki fiyatı belirleyen santral olarak tanımlanmaktadır. Talep çizgisinin sol tarafında bulunmakta olan santrallerin tamamı sistem içerisinde çalışarak elektrik üretirken sağ tarafta kalan santrallerin maliyet yükümlülükleri karşılanamadığı için üretim gerçekleştirilmez. Merit order üzerinde santrallerin kendi aralarındaki rekabet politikaları fiyatlamının ana stratejisini belirlemektedir (Garanti Bankası, 2015).

Örnek üzerinde da anlaşılacağı üzere, fiyattan bağımsız ve fiyata bağlı kademeli üretim seviyelerine sahip kaynak ve santral türleri bulunmaktadır. Yap işlet, yap işlet devret ve işletme hakkı devri santralleri genellikle

fiyattan bağımsız bir politika izlerken Elektrik Üretim A.Ş. (EÜAŞ) bünyesinde bulunan santraller kurumun enerji politikalarına ait stratejilere ve sistemsel gereksinime göre farklı seviyeler belirlemektedir. EÜAŞ'ın orta vadede su tutup tutmama kararı ile diğer paydaşlarla yapacağı ticaretlerin finansal detayları burada önem arz etmektedir (EPDK, 2021).

Şekil 2. Merit Order Örneği



Kaynak: (Garanti Bankası, 2015).

Sıralama daha sonra yenilenebilir enerji kaynaklarından güneş, hidroelektrik, jeotermal, rüzgar vs. şeklinde sıralanmaktadır. Mevsimsel olarak hidroelektrik ve rüzgar santraller merit order üzerinde fiyatın belirlendiği seviyeyi ciddi etkileyebilirken güneş santralleri gündüz saatlerinde önemli etkiye sahip olabilmektedirler. Artan üretim miktarları ile maliyeti daha yüksek olan kömür ve doğal gaz santrallerine ihtiyaç azalırken fiyatın daha düşük çıkması sağlanabilir ve doğal olarak azalan üretim miktarları ile durum tam tersine dönebilmektedir (EPDK, 2021).

Yenilenebilir enerji kaynaklı santrallerden sonra sistemde yerli ve ithal kömür santralleri ile doğal gaz santralleri yer alırlar. Kömür ve doğal gaz kaynaklı santrallerin sıralaması küresel piyasalarda kömür ve doğal gaz fiyatları ile ortaya çıkan maliyetlere ve yerli kömürün çıkarılarak kullanılabilir hale getirilme maliyetine bağlı olarak değişmektedir. Söz konusu bu santrallerin verimlilik oranları santrallerin çalışıp çalışmaması noktasında önemli bir karar faktörüdür. Ek olarak, Türkiye'nin ithal ettiği doğal gaz için yapılan ulusal kontratların finansal detaylarına ve enerji ticaret şirketlerinin portföy yönetiminde sahip oldukları politikalar sonucu yaptıkları anlaşmaların detaylarına göre değişim gösterebilmektedir (Uslu, 2019).

3. MAKROEKONOMİK DEĞİŞKENLER İLE ENERJİ PİYASALARININ İLİŞKİSİ

3.1. Literatür Taraması

Çalışmanın yararlandığı doktora tezi çalışmasının araştırması kapsamında geniş bir literatür taraması yapılmış olup ilgili taramanın özetine bu çalışmada da yer verilmiştir. Enerji sektörünü temel alan çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Bu araştırmaların büyük bir çoğunluğu (Bowden ve Payne, 2008; Özata, 2010; Ertuğrul, 2011; Yıldırım vd., 2012; Erdoğan ve Gürbüz, 2014; Pata vd., 2016; Yenilmez ve Erdem, 2018; Kırca vd., 2020; Hassan ve Kankanamge, 2021 ve Berksun vd., 2021) enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanmakla beraber yenilenebilir enerji tüketiminin de ekonomik büyüme üzerindeki etkilerini analiz eden çalışmalara da literatürde rastlanmaktadır (Öcal ve Aslan, 2013; Bakırtaş ve Çetin, 2015; Bulut ve Muratoğlu, 2018; Alper, 2018 ve Şenkardeşler, 2021). Ekonomik büyümeye ek olarak, enerji tüketiminin CO2 gibi çevresel faktörler (Altıntaş, 2013; Malik, 2021 ve Atgür, 2021), dış ticaret (Yanar ve Kerimoğlu, 2011; Shahbaz vd., 2013 ve Akbulut Yıldız, 2021), faiz oranı, işsizlik (Doğrul ve Soytaş, 2010) ve yabancı sermaye yatırımları (Çetin ve Kantarcı, 2020) gibi makroekonomik değişkenler üzerindeki etkileri konu alınmıştır. Enerji sektöründeki gelişmelerin finansal piyasalara etkileri de literatürde öne çıkan konulardandır. Bu kapsamda; Sandal vd. (2017), Öget ve Şahin (2017), Akkaya ve Sarı (2019), Ocaklı (2020), Çevik vd. (2020), Temel ve Eryiğit (2021), İlarlan

(2021) ve Abioğlu (2021) petrol fiyatlarının hisse senedi piyasalarına etkilerini incelemiştir. Komal ve Abbas (2015), Keskingöz ve İnançlı (2016), Çolpan Nart ve Karabıyık (2018) ve Tuncay ve Oruç (2020) enerji tüketimi ile finansal gelişmişlik arasındaki ilişkiyi analiz etmiştir. Diğer yandan; Garcia vd. (2005), Tayşi vd. (2015), Şenocak ve Kahveci (2016), Dalgın (2017), Karabiber ve Xydis (2019), Kabak ve Taşdemir (2020), Gündüz vd. (2020), Dursun vd. (2020), Derinkuyu vd. (2020), Li ve Becker (2021) ve Ertaylan vd. (2021) Gün Öncesi Piyasası elektrik fiyatlarının seyrini tahmin etmişlerdir. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, Gün Öncesi Piyasası elektrik fiyatlarına etki eden makroekonomik değişkenleri ampirik olarak araştıran çalışma sayısının sınırlı olduğu dikkatleri çekmektedir.

3.2. Araştırmanın Amacı

Çalışmada, Türkiye enerji piyasalarından Gün Öncesi Elektrik Piyasası hakkında detaylı bilgilendirmenin yapılması ve makroekonomik değişkenler ile enerji piyasaları arasındaki ilişkinin keşfedilmesi amaçlanmaktadır.

3.3. Araştırmanın Önemi ve Literatüre Katkısı

Kamuoyu tarafından farkındalığı düşük olan Türkiye Gün Öncesi Elektrik Piyasası hakkında detaylı anlatımın yapılması ve makroekonomik değişkenler ile ilgili piyasanın ilişkisinin ortaya konulması sonucunda çalışmanın topluma sağlayabileceği aşağıda belirtilen faydalar çalışmanın önemini ortaya koymaktadır.

Çalışmanın bulguları sonucu; tasarruf sahibi yatırımcıların enerji piyasalarında aktif rol almalarının teşvik edilmesi ile ulusal ekonomiye katkı sağlanabilir, mevcut piyasa katılımcılarının yönetim kararlarına yol gösterilebilir ve akademik çalışmalar yapan araştırmacılara piyasalar arası ilişki ve çalışılması muhtemel konular hakkında farkındalık oluşturulabilir.

Yapılan literatür araştırmasında çalışmada ele alınan konuların bir bütün halinde incelendiği gözlenmemiştir. Bu bağlamda çalışmanın literatüre katkısı, ele alınan konular hakkında Türkiye enerji piyasalarında aktif portföy yönetimi yapan işletmelere, piyasalarda rol almak isteyen yatırımcılara ve akademik çalışmalarında enerji ve finans piyasaları üzerine çalışma yapmak isteyen araştırmacılara bütüncül bir yaklaşım kullanılarak detaylı bilgilendirmenin sağlanmış olmasıdır.

Çalışmada ayrıca ampirik yöntem olarak ekonometrik analizlerin kullanılması çalışmanın önem derecesini artırmaktadır. ARDL modeli ile makroekonomik değişkenlerin PTF'ye etkileri uzun ve kısa dönem için analiz edilerek literatüre yeni bakış açıları sağlanmaktadır. TCMB ağırlıklı fonlama faizi ve BIST100 gibi serilerin modelde kullanılması ile yöntem ve bulgular açısından literatüre katkılar sağlanmıştır. Özellikle BIST seviyesinin kısa ve uzun dönemde PTF üzerine farklılaşan etkilerinin tahmin edilip yorumlanması açısından bu çalışma literatürde önemli bir yer alabilir. Yapılan analizler ve elde edilen bulgular açısından bu çalışma önemli üst düzey karar vericilere de yol gösterir niteliğe sahiptir.

3.4. Araştırmanın Modeli ve Araştırmada Kullanılan Veri Seti

Araştırma kapsamında enerji ve finans piyasalarına ait olan ve analizlerde kullanılan veriler, bağımlı değişken Piyasa Takas Fiyatı olurken bağımsız değişkenler Türkiye toplam elektrik tüketim miktarı, Türkiye yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretim miktarı, nominal dolar kuru, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası (TCMB) ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti, BIST100 endeksi ve doğal gaz fiyatı şeklinde sıralanmaktadır. Çalışmaya konu olan değişkenlere logaritmik transformasyon uygulanmıştır.

Enerji ve finans piyasalarının dinamik yapısı araştırmada kullanılan veri setinin frekansı ve dönemi hakkında karar verme noktasında zorlayıcı olmuştur. Kullanılması planlanan verilerin bir kısmının aylık frekansta olmasından kaynaklı tüm değişkenlerin veri seti aylık frekansta olarak düzenlenmiştir. Veri setinin dönemi, çalışmanın konusunun belirlenmesinin ardından Aralık 2011-Mayıs 2021 dönemi içerisindeki 114 ay olarak belirlenmiştir. Modelde bağımlı değişken olarak kullanılan PTF Aralık 2011 dönemi itibari ile oluşmaya başladığı için ilgili dönem veri setinin başlangıcı olarak seçilmiştir. Literatür taramasında da görüldüğü gibi özellikle saatlik ilerleyen enerji piyasaları hakkında yapılan çalışmalarda belirli bir dönemin seçilmesi gerekliliği çalışmanın bir kısmı olarak dikkat çekmektedir. Araştırmada kullanılan veriler yukarıda belirtilen frekans ve tarih aralığında kamuya açık kaynaklardan elde edilmiştir. Verilere, araştırma kapsamında ekonometrik analizlerde rahat kullanım için belirli bir kısaltma yapılması gerekmektedir. Tablo 1'de verilerin elde edildiği kaynaklar, veriler için belirlenen kısaltmalar ve verilerin birimleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Verilere Ait Kaynak, Kısaltma ve Birim Listesi

Değişken	Kaynak	Kısaltma	Birim
Piyasa Takas Fiyatı	https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/piyasalar/gop/ptf.xhtml	PTF	TL/MWh
Toplam Elektrik Tüketimi	https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/tuketim/.xhtml	TT	MWh
Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Elektrik Üretimi	https://seffaflik.epias.com.tr/transparency/uretim/.xhtml	YEK	MWh
Nominal Dolar Kuru	https://tr.investing.com/currencies/usd-try-historical-data	USD	USD/TL
TCMB Ağırlıklı Ortalama Fonlama Maliyeti	https://evds2.tcmb.gov.tr/index.php?/evds/dashboard/1441	TCMB	%
BIST100	https://tr.investing.com/indices/ise-100-historical-data	BIST	XU100
Doğal Gaz Fiyatı	https://tr.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas	DG	USD/MMBtu

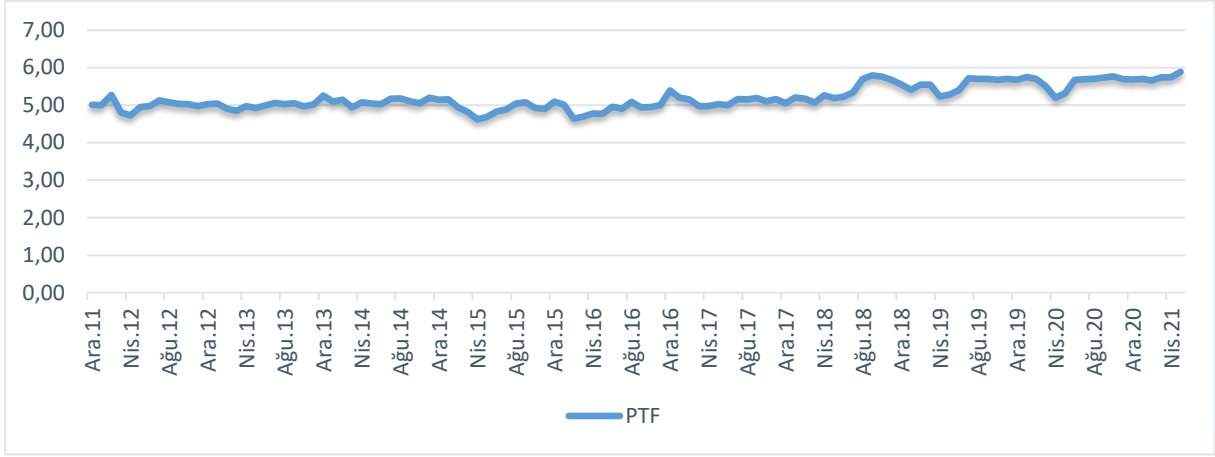
Araştırma kapsamında belirlenen PTF'nin tahmin modeli Denklem 1'de gösterilmektedir.

$$PTF_t = f(TT_t, YEK_t, USD_t, TCMB_t, BIST_t, DG_t) \quad (1)$$

Elektrik piyasalarında talep olarak tanımlanan Türkiye toplam elektrik tüketiminin artması ile merit order üzerinde PTF'nin pozitif yönlü hareketi sonucu yükselmektedir. Bu nedenle modelde TT'nin katsayısı olan β_1 katsayısının işareti pozitif olarak beklenmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilerek elde edilen elektrik düşük maliyetli bir kaynak niteliği taşımasından dolayı enerji arzında düşük maliyetli bir güç yaratması PTF üzerinde azaltıcı yönde bir role sahip olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynaklı üretimin artmasının PTF seviyesini aşağıya çekmesi ve modelde YEK'in katsayısı olan β_2 katsayısını negatif yapması beklenmektedir. Nominal dolar kurunun artmasının enerji ithalatçısı konumunda olan Türkiye özelinde enerji fiyatlarını yani PTF'yi yükseltmesi, modelde USD'nin katsayısı olan β_3 katsayısının artı işaretli olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Reel sektörde yatırım kararları alınırken dikkate alınan en önemli faktörlerden biri faiz oranı olarak öne çıkmaktadır (Türkay ve Demir, 2012). Artan faiz oranının yatırımları negatif yönde etkilemesi iki farklı açıdan açıklanabilmektedir. İlk olarak, kredi olarak kullanılan kaynaklar faiz oranlarının yüksek olduğu durumlarda geri ödeme sürecinde daha yüksek maliyetlerle ortaya çıkmaktadır. Bu durumda girişimcilerin beklenen kar marjının azalmasına bağlı olarak yatırımdan vazgeçmeleri söz konusu olabilmektedir. Diğer bir açıdan incelendiğinde potansiyel faiz getirisinin artması karşısında risk olarak yatırım yapmayı planlayan girişimciler, beklenen kar ile mevduatlarını faize aktarmaları halinde kazanacakları potansiyel faiz karı arasında ciddi bir fark yok ise yatırım kararlarını sorgulayarak yatırım yapmamayı tercih edebilirler. Dolayısıyla bu şartlar altında modelde TCMB'nin katsayısı olan β_4 'ün eksi işaretli olması beklenmektedir. BIST100 endeksindeki artışın Türkiye'de ekonomik gelişmelerin iyiye gidiyor olduğuna işaret eden bir göstere olarak kabul edilebileceği varsayımı altında reel sektör üretim hacminin de yüksek olacağı ve bu nedenle enerji talebinin de yüksek olması gerektiği düşünülmektedir ve bu sebeple modelde BIST'in katsayısı olan β_5 katsayısının pozitif olması beklenmektedir. Doğal gaz fiyatlarındaki artışların elektrik enerjisi maliyetlerini artırması açısından PTF'yi yukarı çekmesi sonucu modelde DG'nin katsayısı olan β_6 'nın işaretinin pozitif olması beklenmektedir.

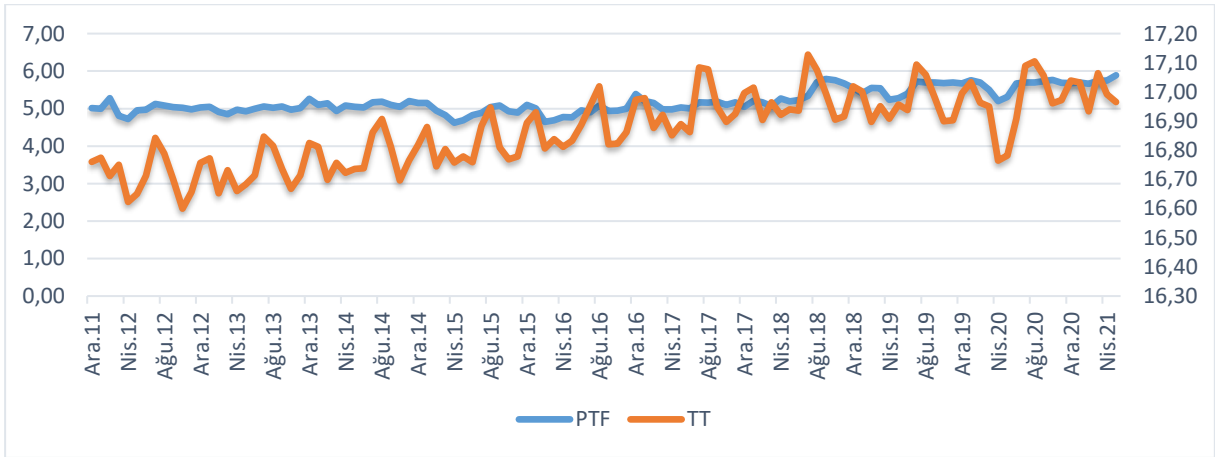
Çalışmanın ikinci bölümünde de anlatıldığı gibi Piyasa Takas Fiyatı (PTF), Türkiye enerji piyasalarındaki ticari aktivitelerin ve ilgili enerji ve finans piyasalarında oluşan fiyatların merkezinde önemli bir konuma sahiptir. Bu sebeple çalışmada PTF bağımlı değişken olarak belirlenmiş ve ekonometrik analizler bu kapsamda gerçekleştirilmiştir. Şekil 3'te belirlenen dönem içerisinde PTF'ye ait aylık veri seti gösterilmektedir. Görüldüğü üzere PTF yıllar içerisinde artan bir trende sahiptir. Şekil 4, Şekil 5, Şekil 6, Şekil 7, Şekil 8 ve Şekil 9'da ise PTF ile çalışma kapsamında alınan bağımsız değişkenlerin aylık kırımları gösterilmektedir.

Şekil 3. Piyasa Takas Fiyatı Aylık Kırılımı



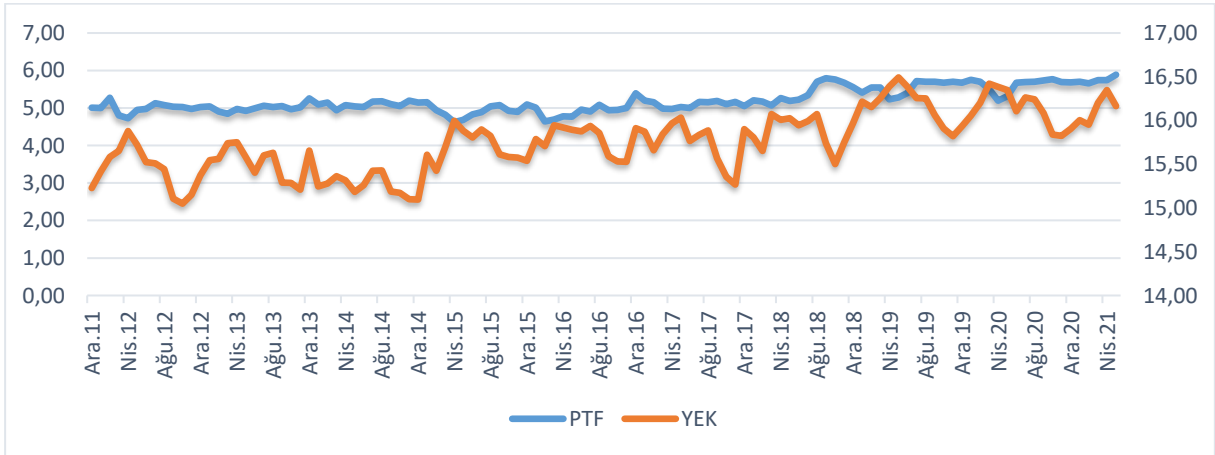
Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021)'den alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 4. Piyasa Takas Fiyatının ve Toplam Elektrik Tüketiminin Aylık Kırılımı



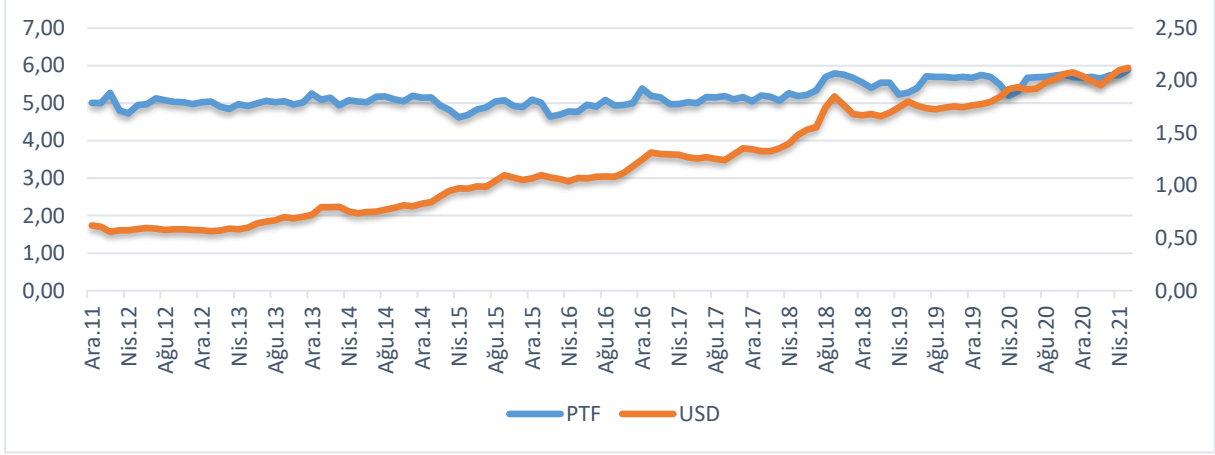
Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021)'den alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 5. Piyasa Takas Fiyatının ve Yenilenebilir Enerji Kaynaklı Elektrik Üretiminin Aylık Kırılımı



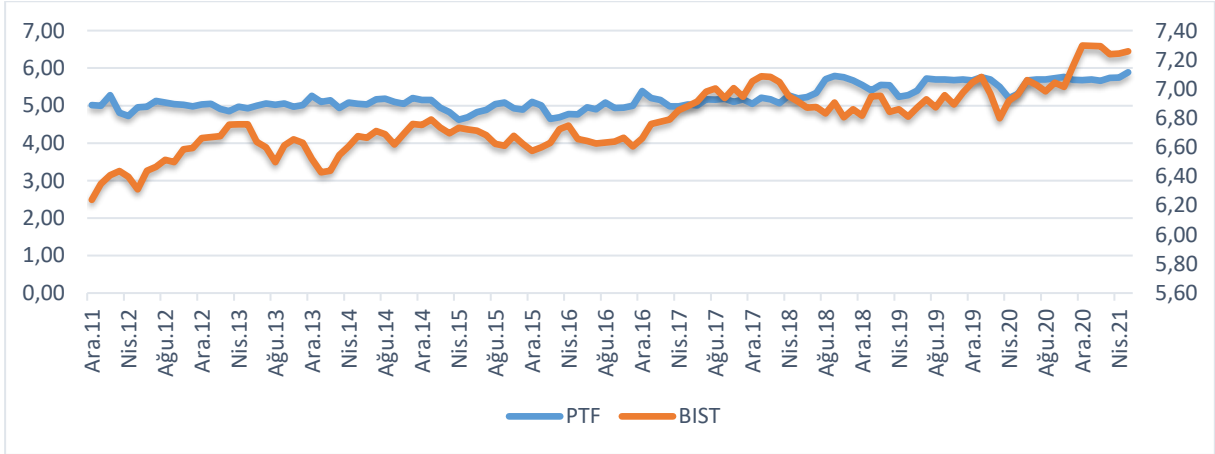
Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021)'den alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 6. Piyasa Takas Fiyatının ve Nominal Dolar Kurunun Aylık Kırılımı



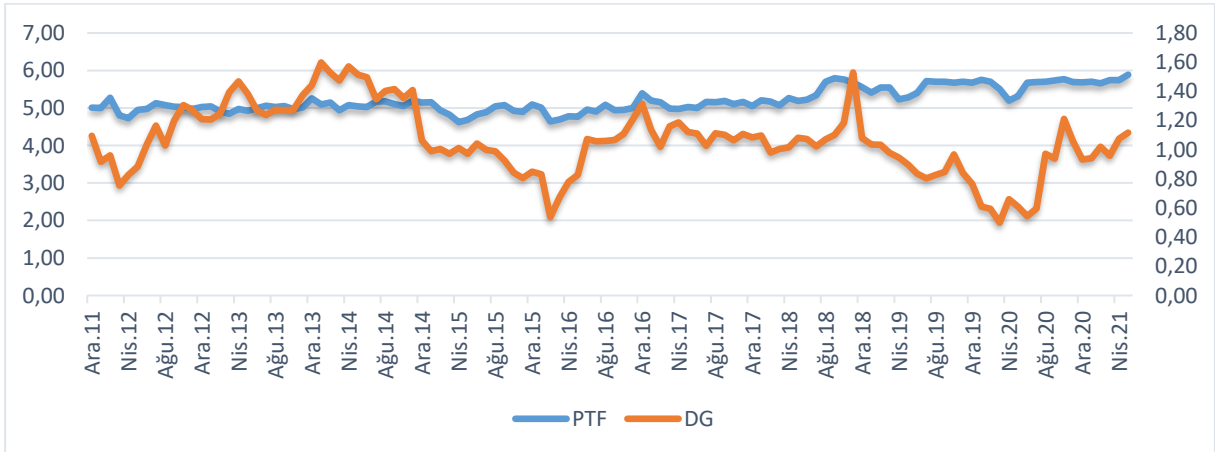
Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021) ve Investing (2021a)'dan alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 7. Piyasa Takas Fiyatının ve BIST100 Endeksinin Aylık Kırılımı

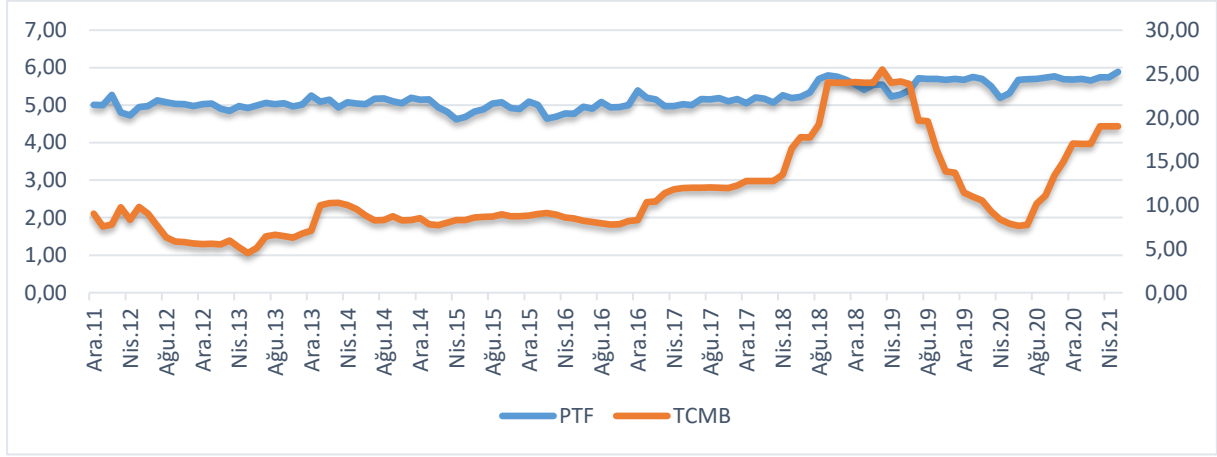


Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021) ve Investing (2021b)'den alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 8. Piyasa Takas Fiyatının ve Doğal Gaz Fiyatının Aylık Kırılımı



Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021) ve TradingEconomics (2021)'den alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Şekil 9. Piyasa Takas Fiyatının ve TCMB Ağırlıklı Ortalama Fonlama Maliyetinin Aylık Kırılımı

Kaynak: EPİAŞ Şeffaflık Platformu (2021) ve TCMB (2021)'de alınan verilerden yararlanılarak hazırlanmıştır.

Türkiye toplam elektrik tüketimi ve yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen toplam elektrik üretimi, PTF'nin ülke elektrik arz talebinin kesişimi ile olan ilişkisinden kaynaklı bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Elektrik tüketimi ile PTF arasında pozitif bir ilişki görülürken yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen üretim ile PTF arasında negatif bir ilişki görülmektedir. Finansal piyasalara ait değişkenler olan nominal dolar kuru ve BIST100 endeksi çalışma kapsamı içerisinde PTF ile ilişkilerinin keşifleri amacı ile bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. Nominal dolar kurunun PTF üzerinde etkisi görülebilirken PTF'nin BIST ile olan ilişkisi çalışmanın ilerleyen kısımlarında ampirik analizlerle detaylandırılacaktır. Uluslararası enerji piyasalarına ait veri olan doğal gaz fiyatları çalışma kapsamı içerisinde PTF ile ilişkisinin keşfi amacı ile bağımsız değişken olarak kullanılmıştır. Görüldüğü üzere doğal gaz fiyatları PTF üzerinde negatif bir etkiye sahip olabilmektedir. Türkiye ekonomisi ile ilgili değişken olan TCMB ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti çalışma kapsamı içerisinde PTF ile ilişkisinin keşfi amacı ile bağımsız değişkenler olarak kullanılmıştır. PTF'nin TCMB ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti yani faiz ile olan ilişkisi çalışmanın ilerleyen kısımlarında ampirik analizlerle detaylandırılacaktır.

TCMB ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti, merkez bankasının politika faizi olarak bilinen haftalık repo faizi ile bankalara gecelik borç verme faizinin ağırlıklı ortalaması olarak tanımlanmaktadır. Hesaplaması, bankalar tarafından gecelik ve haftalık periyotta TCMB'den borçlanılarak alınan tutarların miktar ağırlıklarına göre faizlerinin ortalamasının alınarak yapılmaktadır (Eğilmez, 2022).

4. EKONOMETRİK METODOLOJİ

Çalışma kapsamında yapılan literatür taramasında, araştırmacılar tarafından yapılan analizlerde birçok farklı ekonometrik yöntemin kullanıldığı görülmüştür. Araştırmalar sonucunda çalışmanın üç aşamalı analiz planında; elde edilen veri setinin değişkenler bazında durağanlık derecelerinin belirlenmesi için üç farklı birim kök testinin kullanılması, değişkenler arası nedenselliğin keşfi için Bootstrap nedensellik testinin yapılması ve değişkenlerin uzun ve kısa dönemli ilişkilerinin test edilmesi için ARDL Sınır testinin uygulanması tercih edilmiştir.

Çalışma için elde edilen verilerin analizleri Microsoft Excel, EViews Version.10 ve GAUSS Light Version.16 programları kullanılarak elde edilmiştir. Çalışmanın bu bölümünde analiz kısmında kullanılmış olan zaman serisi modellerinin detaylandırılması yapılacaktır.

4.1. Zaman Serilerinde Durağanlık

Zaman serilerinin ekonometrik analizlerinde ilk adım her bir zaman serisinin durağanlık analizinin yapılmasıdır. İlgili zaman dilimi içerisinde bir serinin durağan olma koşulu yani serinin ortalaması, varyansı ve kovaryansının sabit olma koşulu ileriye yönelik doğru tahminleme yapabilmek için ilk önceliktir. Zaman serilerinin bazılarında bu koşul direkt elde edilebilirken bazılarında durağan olmama durumunu ortadan kaldırmak adına ilgili değişkene ait serinin farkı alınarak durağanlık elde edilebilmektedir (Kocabıyık, 2013).

Durağan olmayan serilerin istatistiksel analizlerinde sahte regresyonların varlığı ortaya çıkmaktadır. Sahte regresyonlarda yüksek bir R^2 ve anlamlı bir t istatistiğinin varlığı elde edilse bile ekonometrik yorum açısından anlamsızlık söz konusudur. Zaman serilerinde durağanlık birim kök testleri ile kontrol edilebilmektedir (Sevüktekin ve Nargeleçkenler, 2007).

4.1.1. Augmented Dickey Fuller (ADF) Testi

ADF birim kök testinde analizler yalın model, sabitli model ile sabitli ve trendli model olmak üzere üç ayrı modelin birlikte kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Analiz sonucu elde edilen kritik değerler MacKinnon kritik değerleri ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerine göre kıyaslanır ve elde edilen analiz sonuçları ile sıfır hipotezi test edilmektedir. ADF Testinin sabit terimli ve sabit terim-trendli denklemi ile sıfır ve alternatif hipotezler Denklem 2'de gösterilmektedir (MacKinnon, 1996).

$$\Delta Y_t = \alpha + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \Delta Y_{t-1} + e_t \quad (\text{Sabit Terimli Model})$$

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{j=1}^k \Delta Y_{t-1} + e_t \quad (\text{Sabit Terimli ve Trendli Model}) \quad (2)$$

$H_0: \delta = 0$ (Birim kök vardır, seri durağan değildir.)

$H_1: \delta < 0$ (Birim kök yoktur, seri durağandır.)

ADF Testi, Dickey Fuller Testinin denkleminin genişletilmiş halidir. Dickey Fuller Testinde sahip olunan adımlarda hata payları dikkate alındığında otokorelasyonun var olmadığı varsayımı yapılmaktadır. Ancak hata terimlerinin otokorelasyonu söz konusu olduğunda bağımlı değişkenin geçmişe yönelik gecikmeli değerlerinin denkleme eklenmesi gerekmekte ve ADF Testinin ana denklemi ortaya çıkmaktadır (Bozkurt, 2007).

ADF Testi kapsamında hata payındaki otokorelasyonun doğru tespit edilmesi gerekmektedir ki ortadan kaldırılabilsin. Bu durum modele doğru gecikme seviyesinin seçilmesi ile sağlanabilmektedir. Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Schwartz Kriteri (SC) doğru gecikme seviyesinin seçilmesi noktasında literatürde sıklıkla kullanılan iki ayrı yöntemdir (Kocabıyık, 2013).

4.1.2. Phillips-Perron (PP) Testi

Phillips ve Perron tarafından 1988 yılında önerilen PP birim kök testinde analizler sabitli model ile sabitli ve trendli model olmak üzere iki ayrı modelin birlikte kullanılması ile gerçekleştirilmektedir. Analiz sonucu elde edilen kritik değerler MacKinnon kritik değerleri ile %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeylerine göre kıyaslanır ve elde edilen analiz sonuçları sıfır ve alternatif olmak üzere iki hipoteze karşı test edilmektedir. Denklem 3, PP Testinin genel denklemi ile sıfır ve alternatif hipotezleri göstermektedir (Çağlayan ve Saçaklı, 2006).

$$\Delta Y_t = a y_{t-1} + x' \delta + e_t \quad (3)$$

$H_0: a = 0$ (Birim kök vardır, seri durağan değildir.)

$H_1: a < 0$ (Birim kök yoktur, seri durağandır.)

PP Testinde parametrik olmayan düzeltmeler kullanılarak test istatistiğinin hesaplaması elde edilmektedir. Bu sebeple test istatistiğinin asimptotik dağılımı otokorelasyon tarafından etkilenmemektedir. Ayrıca, PP ve ADF testlerinin test istatistiklerinin asimptotik dağılımları aynı olduğu için MacKinnon kritik değerleri ile PP Testinin test istatistikleri karşılaştırılabilmektedir (Çağlayan ve Saçaklı, 2006). Trendli zaman serilerinde PP Birim Kök Testi, DF ve ADF Birim Kök Testlerine göre daha sağlam sonuçlar vermektedir. Bu nedenle, PP Birim Kök Testi de ayrıca uygulanmıştır.

4.1.3. Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin (KPSS) Testi

Kwiatkowski, Phillips, Schmidt ve Shin tarafından 1992 yılında önerilen KPSS birim kök testi artıkların uzun dönem varyansının parametrik olmayan tahmincisine dayanmaktadır (Çağlayan ve Saçaklı, 2006). Denklem 4'te KPSS birim kök testinin eşitliği gösterilmektedir.

$$y_t = x_t' \delta + u_t \quad (4)$$

Denklemden x_t sabit veya sabit ve trendi ifade eden deterministik bir bileşendir. İlgili denklem ile elde edilen artıklar aşağıda belirtilen denklem ile test istatistiğinin hesaplanmasında kullanılmaktadır. LM test istatistiği KPSS

kritik değerleri ile karşılaştırılır ve elde edilen analiz sonuçları aşağıda belirtilen sıfır ve alternatif olmak üzere iki hipoteze karşı test edilmektedir. Denklem 5’de de görüldüğü üzere, KPSS birim kök testinde hipotezler ADF ve PP testlerindeki hipotezlerden farklıdır (Çağlayan ve Saçaklı, 2006).

$$LM = T^{-2} \sum_{t=1}^T S_t^2 / f_0 \quad (5)$$

$H_0: p < 1$ (Birim kök yoktur, seri durağandır.)

$H_1: p = 1$ (Birim kök vardır, seri durağan değildir.)

KPSS Birim Kök Testi, yardımcı regresyon artıklarındaki otokorelasyon ve değişen varyansa karşı dayanıklıdır, bu nedenle regresyon modelinin ilave bağımlı değişken gecikmeleriyle manuel olarak genişletilmesine gerek yoktur. Bu itibarla çalışmada, değişkenlerin durağanlıkları sınanırken KPSS Testi de kullanılmıştır.

4.2. Zaman Serilerinde Nedensellik

Zaman serilerinde nedensellik, değişkenler arasında zamana dayalı gecikmeli bir ilişki olarak tanımlanmaktadır. Örnekle açıklamak gerekirse X isimli değişkenin geçmiş değerleri hakkında elde edilen bilgiler sayesinde Y isimli değişken hakkında öngöründe bulunulabilmesi X değişkeninin Y değişkenini tahmin etme gücüne sahipliği ve nedeni olduğu ifade edilebilmektedir. Nedensellik testi, Granger tarafından ilk kez 1969 yılında ekonometri literatürüne kazandırılmış sonrasında Toda ve Yamamoto’nun çalışmaları ardından Hacker ve Hatemi-J’nin çalışmaları sonucu yapılan eklemelerle geliştirilmiştir (Kambur ve Aksoy, 2022).

4.2.1. Hacker ve Hatemi-J Nedensellik Testi

Hacker ve Hatemi-J (2006), özellikle Toda ve Yamamoto (1995) nedensellik analizini kastederek birim kök devrimi ile literatürde yeni bir takım nedensellik analizleri yapıldığına dikkat çekmiştir. Ancak Modifiye Wald testine dayanan nedensellik analizlerinin örneklem boyutundan da incelenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Yapılan simülasyon analizleri, küçük örneklerde bu testlerin dayandığı χ^2 dağılımının zayıf bir performans gösterdiğini işaret etmektedir. Hacker-Hatemi, bu problemin bertaraf edilmesi amacıyla kaldırıcı bootstrap yöntemini önermiştir. Bu kapsamda yapılan Monte Carlo simülasyonları, kaldırıcı bootstrap kullanılarak elde edilen sonuçların daha düşük bir hata payına sahip olduğunu göstermiştir (Hacker ve Hatemi-J, 2006).

Özetle bu yaklaşımda, Toda-Yamamoto nedensellik testi baz alınmakta olup Toda- Yamamoto yaklaşımında hata terimlerinin normal dağılmaması ve ARCH etkisi içermesi durumlarında bootstrap simülasyonu ile daha etkin kritik değerler hesaplanarak yeni bir nedensellik testi gerçekleştirilmektedir (Hacker ve Hatemi-J, 2006).

Bu yaklaşımda VAR sistemi tahmin edilirken optimal gecikme uzunluğu Denklem 6’da gösterilen Hatemi-J (2003) bilgi kriteri esas alınarak belirlenmektedir (Hacker ve Hatemi-J, 2006).

$$HTJ = \ln(|\Omega| + j \left(\frac{n^2 \ln T + 2n^2 \ln(\ln T)}{2T} \right)) \quad (6)$$

Denklemden $|\Omega|$, j gecikme uzunluğuna bağlı olarak tahmin edilen VAR modelinin hata terimlerine ait varyans-kovaryans matrisini göstermektedir. N, VAR modelindeki denklem sayısını, T ise verinin zaman serisi boyutunu temsil etmektedir. Optimal gecikme uzunluğu VAR modelinde yer alan değişkenlerin maksimum bütünleşme derecesinin sayısı (d_{max}) kadar artırılarak model tahmin edilmektedir. Modifiye Wald testi optimal gecikme sayısı kadar kısıt konularak yapılmakta ve kritik değerler bootstrap kullanılarak hesaplanmaktadır (Bayoğlu, 2018).

Hacker ve Hatemi-J (2006) çalışmasında tahmin edilen VAR ($j + d_{max}$) modelinin eşitliği Denklem 7’de gösterilmektedir.

$$Y_t = c + \alpha_1 Y_{t-1} + \alpha_2 Y_{t-2} + \dots + \alpha_j Y_{t-j} \dots \dots + \alpha_{j+d_{max}} Y_{t-j-d_{max}} + \mu_t \quad (7)$$

Denklemden; Y_t değişkenlerin vektörünü, c sabit terimlerin yer aldığı vektörü, μ_t hata terimi vektörünü ve α değerleri katsayıları göstermektedir. J ve d_{max} sırasıyla gecikme ve maksimum eşbütünleşme sayılarını temsil etmektedir. Bu nedensellik testinde de Toda ve Yamamoto (1995) çalışmasında olduğu gibi analizlerde kullanılan serilerin durağan olma şartı yoktur. Hacker ve Hatemi-J (2006)’nin Toda ve Yamamoto (1995) çalışmasından en büyük farkı, veri setinde yer alan değerlerden yeniden örnekleme yöntemini kullanarak (bootstrap) test istatistik dağılımını tahmin etmesidir. Böylece özellikle küçük örneklerde olası sapmalar en aza indirilmektedir (Hacker ve Hatemi-J, 2006).

Bootstrap işlemi yapılırken ilk olarak Granger nedenselliğinin olmadığı anlamına gelen sıfır hipotezi ile Denklem 8'de gösterilen K^* verisinin elde edildiği simülasyonlar yapılmaktadır.

$$K^* = \check{E}Z + \psi^* \quad (8)$$

Yukarıda yer alan eşitlikte bağımsız değişkenler Z , tahmin edilen parametreler \check{E} ve bootstrap hata terimleri ψ^* sembolleriyle ifade edilmektedir. Parametre değerleri $\check{E} = KZ'(ZZ')^{-1}$ formülü kullanılarak hesaplanmaktadır. Yeni kurulan bootstrap modelinde regresyon hata terimlerinin yerine olasılıkları $\frac{1}{T}$ olan T sayıda rassal bootstrap hata terimi geçmektedir. Bu süreçte, değişen varyans sorunundan kurtulmak için bootstrap hata terimlerinin ortalaması ile her bir bootstrap hata teriminin farkı alınmaktadır. Bağımsız değişkenler matrisi ise Denklem 9'daki gibi formülize edilmektedir.

$$\begin{aligned} h_i &= \text{diag} (X_1 (X_1' X_1)^{-1} X_1') & i &= 1, 2 \dots j \\ h_j &= \text{diag} (X (X' X)^{-1} X) & j &= i - 1 \end{aligned} \quad (9)$$

Denklem 8'de; W , X_{1t} 'nin gecikmeli değerleri, olmak üzere X ve X_i ; $X = (W - 1' \dots W - P')$ ve $X_i = (W_i - 1' \dots W_i - P')$ şeklinde gösterilebilir. X_{1t} 'nin belirlendiği modelde ise X , bağımsız değişkenler matrisidir. Bu eşitlik, X_{1t} 'den X_{jt} 'ye göre Granger nedensellik kısıtı altında test edilir. Bu modele ait hata terimi aşağıda gösterildiği gibidir (Hacker ve Hatemi-J, 2006).

Literatürdeki nedensellik testi ile ilgili önerilen çalışmalara ait yaklaşımlarda gecikme uzunluğunun önceden bilindiği varsayılarak ampirik analizler gerçekleştirilmektedir. Ancak yapılan analizlerde gecikme uzunluğunun önceden bilinmesinin elde edilen sonuçların sağlamlığı açısından önem teşkil ettiği tespit edilmiştir. Hacker ve Hatemi-J (2010) nedensellik testleri sonuçlarının etkinliği sınanırken gecikme uzunluğunun içselleştirilmesi gerektiğini savunmuşlardır. Bu nedenle Hacker ve Hatemi-J, veriye dayalı gecikme uzunluğunun ön seçiminin dikkate alındığı Bootstrap nedensellik Testi olarak isimlendirilen yeni bir yaklaşımı önermişlerdir (Hacker ve Hatemi-J, 2010).

Uygulamalı ekonometri çalışan araştırmacılar, genellikle gecikme uzunluğunu bilmezler ve bu nedenle ellerindeki veri setini kullanarak optimal gecikme uzunluğunu tespit ederler (Hacker ve Hatemi-J, 2010). $k=0, 1, 2, \dots$ olmak üzere k değişken içeren klasik VAR(k) modeli esas alınarak modele simülasyonlar ve bootstrap işlemleri uygulanmıştır.

Ampirik ekonometrik çalışmalarda araştırmacılar genellikle geniş çaplı bir veri setine sahip değillerdir ve bu nedenle bir test istatistiği ile çıkarım yapabilmek için değişkenlerin dağılımlarının asimptotik bir dağılıma yakınsayıp yakınsamadığını kontrol etmektedirler. Bu noktada araştırmacılar bilgi-ölçütü minimize etmeye ya da başka bir veri güdümlü tekniğe başvurmuşlardır. Hacker ve Hatemi-J (2010) yaptıkları çalışma ile bu sorunun aşılması için bootstrap yaklaşımını önermişlerdir.

4.3. Zaman Serilerinde Uzun ve Kısa Dönemli İlişki

Zaman serilerinin kısa ve uzun dönemli ilişkileri üzerinden yapılan analizlerde değişkenlerin eşbütünlüşme dereceleri esas alınmaktadır. Engle-Granger (1987) aynı dereceden durağan olan değişkenlerin düzeyde durağan olmaları da uzun dönemli ilişkilerinin durağan olabileceğine dikkat çekerek yeni bir yaklaşım önermiştir. Bu yaklaşım ile değişkenler arasındaki kısa ve uzun dönemli ilişkilerin yorumlanabilmesine imkan sağlanmıştır. Daha sonra Pesaran vd. (2001) tarafından ARDL yaklaşımı önerilmiş ve bu yaklaşımda değişkenler, düzeyde durağan (I(0)) ya da birinci derece fark durağan (I(1)) olabilmektedir. Ancak ikinci derece fark durağan (I(2)) bir ya da birden fazla değişkene sahip bir model ARDL ile tahmin edilemez. Ayrıca, bu yaklaşım küçük örneklemeler üzerine yapılan çalışmalarda da başarılı sonuçlar vermektedir.

4.3.1. Autoregressive Distributed Lag (ARDL) Sınır Testi

Değişkenlerin durağan olmadığı durumlarda tahmin edilen modellerde sahte regresyon problemi ile karşı karşıya kalına bilinmektedir (Granger ve Newbold, 1974). Serilere fark işlemi uygulanarak durağan hale getirilmesi sonrası yapılan tahminlerde her ne kadar sahte regresyon sorunu aşılmış olsa da ciddi düzeyde bir bilgi kaybı söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle serilerin durağan olmaları dahi uzun dönemde dengeye gelebileceği, yani eşbütünlüşme ilişkisi içerisinde olabilecekleri ifade edilerek serilerin farkı alınmadan da tahmin edilebileceği

üzerinde durulmuştur. Eğer seriler arasında eşbütünlüşme ilişkisi var ise yapılan bu tahminler değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkileri göstermektedir.

Engle ve Granger (1987), Johansen (1988) ve Johansen ve Juselius (1990) gibi klasik eşbütünlüşme testleri modeldeki bütün değişkenlerin aynı dereceden durağan olmasını gerektirmektedir. Ancak, Pesaran ve Shin (1998) ile Pesaran vd. (2001) tarafından geliştirilmiş olan Gecikmesi Dağıtılmış Otoregresif Model (Autoregressive Distributed Lag, ARDL) yaklaşımı ile değişkenlerin aynı dereceden durağan olması gerektiği şartı ortadan kaldırılmıştır. Modelde yer alan değişkenler I(0) ya da I(1) ise ARDL yöntemi ile değişkenlerin uzun ve kısa dönem dengeleri tahmin edilebilir. Fakat burada dikkat edilmesi gereken en temel husus modeldeki değişkenlerin en az bir tanesinin durağanlık derecesi 2 (I(2)) ya da daha fazla dereceden (I(P)) ise bu durumda ARDL yaklaşımı kullanılamamaktadır.

ARDL modelinin klasik eşbütünlüşme testlerine göre sağladığı diğer bir avantaj ise küçük örneklerde de kullanıma uygun olmasıdır (Kamaruddin ve Jusoff, 2009). Yani küçük örneklerde ARDL modeli Johansen ve Engle-Granger test sonuçlarına göre daha güvenilir sonuçlar üretmektedir (Narayan, 2005). Ayrıca, ARDL modeli ile kısa ve uzun dönemli denklemlerin aynı anda tahmin edilmesi uygulamada kolaylık sağlamaktadır.

ARDL eşbütünlüşme modeline ait sınır testi eşitliği Denklem 10'da gösterilmektedir.

$$\Delta Y_t = \pi_0 + \sum_{i=1}^m \pi_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^m \pi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \dots + \sum_{i=0}^m \pi_{ki} \Delta X_{kt-i} + \gamma_1 Y_{t-1} + \gamma_2 X_{1t-1} + \dots + \gamma_k X_{kt-1} + \mu_t \quad (10)$$

ΔY_t , çalışmanın bir derece farkı alınmış bağımlı değişkenidir. Açıklayıcı değişkenler iki farklı gruba ayrılmaktadır. Birinci grupta bağımlı değişkeni de kapsayan bir derece farkları alınmış gecikmeli açıklayıcı değişkenler yer almaktadır. Bu grupta bulunan bağımlı değişkenin gecikmesi birinci dereceden, bağımsız değişkenlerin gecikmeleri ise cari dönemden başlamaktadır. İkinci grupta tüm açıklayıcı değişkenlerin düzey değerlerine ait bir dönem gecikmeli seriler içerilmektedir.

Model tahmin edilirken ilk olarak değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin test edilebilmesi amacıyla uygun gecikme uzunluğunun belirlenmesi gerekmektedir. Akaike, Schwarz, Hannan Quin ya da uyarlanmış belirlenme katsayısı (\bar{R}^2) kriterleri baz alınarak optimal gecikme uzunluğuna karar verilmektedir. Uygun gecikme uzunluğu belirlendikten sonra buna göre kurulan model en küçük kareler yöntemi ile tahmin edilmek suretiyle ARDL modeli kapsamında eşbütünlüşme testi yapılmaktadır.

k değeri modelin optimal gecikme uzunluğu olmak üzere bu teste ilişkin sıfır ve alternatif hipotezler aşağıda belirtilen şekildedir.

$$H_0: \gamma_1 = \gamma_2 = \dots = \gamma_k = 0 \rightarrow \text{Eşbütünlüşme yoktur.}$$

$$H_1: \gamma_1 \neq \gamma_2 \neq \dots \neq \gamma_k \neq 0 \rightarrow \text{Eşbütünlüşme vardır}$$

Yukarıda belirtilen sıfır hipotezinin reddedilmesi değişkenler arasındaki eşbütünlüşme ilişkisinin varlığını, reddedilememesi eşbütünlüşme ilişkisinin yokluğunu ifade etmektedir. H_0 hipotezinin sınanması için Wald testi ile F istatistiği hesaplanmış olup bu değer Pesaran, Shin ve Smith (2001) çalışmasında türetilen tablo değerleri ile karşılaştırılmaktadır. Pesaran, Shin ve Smith tablo değerlerini alt ve üst olarak göstermiştir. Eğer Wald testi ile hesaplanan F istatistiği alt tablo değerinden küçük ise sıfır hipotezi reddedilemez. Bu da değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin olmadığı anlamına gelmektedir. Eğer hesaplanan F test istatistiği üst tablo değerinden büyük ise sıfır hipotezi reddedilir dolayısıyla değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. F istatistiğinin alt ve üst tablo değerinin arasında olduğu diğer bir senaryoda ise eşbütünlüşmeye ilişkin herhangi bir yorum yapılamamaktadır. Çünkü alt ve üst sınırın arasında kalan alan ARDL modeli için kararsızlık bölgesi olarak belirlenmiştir. (Kremers vd., 1992; Banerjee vd., 1998).

ARDL modelinin uygulanabilmesi için durağanlık koşuluna ek olarak değişkenler arasında eşbütünlüşme ilişkisinin olması gerekmektedir. Eşbütünlüşme şartının sağlandığı varsayımı ile kurulan uzun dönemli eşitlik Denklem 11'de gösterilmektedir. Bu model ARDL modelinin ana denkleminin ilk grupta toplanan değişkenleri ile kurulsa da belirlenen gecikme sayıları değişkenlik göstermektedir. Denklemler dikkatle incelendiğinde, ARDL'nin ana modelinde toplam fonksiyonlarının hepsi m ifadesi ile sınırlandırılırken bu modelde n ve r ile sınırlandırılmaktadır.

$$Y_t = \pi_0 + \sum_{i=1}^m \pi_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \pi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \dots + \sum_{i=0}^r \pi_{ki} \Delta X_{kt-i} + \mu_t \quad (11)$$

Uzun dönemli katsayılar hesaplanırken sınır testindeki bağımsız değişkenlerin katsayıları bağımlı değişkenin bir gecikmeli değerinin katsayılarının negatif işaretlisine bölünür. (Şimşek ve Kadılar, 2004). ARDL modelinin kısa dönemli eşitliği Denklem 12’de gösterilmektedir.

$$\Delta Y_t = \pi_0 + \sum_{i=1}^m \pi_{1i} \Delta Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \pi_{2i} \Delta X_{1t-i} + \dots + \sum_{i=0}^r \pi_{ki} \Delta X_{kt-i} + e c_{\mu_t} + \mu_t \quad (12)$$

Denklem 12’nin Denklem 11’den farkı hata düzeltme terimini içermesi ve düzey yerine bir derece farkı alınmış bağımlı değişkenin kullanılmasıdır. Hata düzeltme terimi ise bir önceki denklemden elde edilen hata terimi serilerinin bir derece farkı alınmış halidir ve kısa dönemli dengesizliklerin uzun dönemde dengeye gelme hızını göstermektedir. Hata düzeltme terimine ait katsayının yorumlanabilmesi için iki temel şart vardır. Bunlar, bir değişkene ait katsayının istatistiksel olarak anlamlı olması ve katsayı değerinin -1 ile 0 arasında olmasıdır. Bir değişkene ait katsayısının değeri 0’dan -1’e doğru yaklaştıkça kısa dönemli dengesizliklerin uzun dönemde dengeye gelme hızının yükseldiği anlamını taşımaktadır. Örneğin, hata düzeltme terimi -0,50 olduğunda her bir dönemde kısa dönemde dengesizliklerinin yarısının giderildiği yani modelin iki dönemde dengeye geldiği şeklinde yorumlanmaktadır. Eğer hata düzeltme terimi -0,1 değerini aldığımda kısa dönemli dengesizliklerin her dönemde %10’unun giderildiği ve 10 dönemde modelin dengeye geldiği şeklinde yorumlanmaktadır.

4.4. Ekonometrik Analiz Sonuçları

ARDL modelinin teorik altyapısının anlatıldığı bölümlerde ifade edildiği gibi, değişkenlere ilişkin durağanlık derecelerinin ve değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkilerinin olup olmadığının kontrol edilmesi gerekmektedir. ARDL yaklaşımının uygulanabilmesi için modeldeki değişkenlerin düzeyde durağan (I(0)) ya da birinci derece fark durağan (I(1)) olması gerekmektedir birlikte değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisi olmalıdır. Bu nedenle ilk olarak ADF, PP ve KPSS birim kök testleri ile değişkenlerin durağanlıkları sınamış ardından ARDL Sınır Testi ile serilerin eş bütünleşik olup olmadıkları test edilmiştir. Bu bölümde ayrıca, PTF’ye ilişkin model tahmin edilmeden önce modele alınan bağımsız değişkenlerin PTF ile olan ilişkileri analiz edilmiştir. Bu kapsamda, Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap nedensellik testi uygulanarak değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi test edilmiştir.

4.4.1. Birim Kök Testleri Sonuçları

Tablo 2, Tablo 3 ve Tablo 4’te ADF, PP ve KPSS birim kök testlerine ilişkin sonuçlar özetlenmiştir. Tablo 2’ye göre PTF, TCMB ve BIST değişkenleri sabit terim içeren modelde birinci fark durağan iken sabit terim-trend içeren modelde düzeyde durağandır. TT ve USD hem sabit terimli hem de sabit terim-trendli modellerde birinci fark durağan, YEK düzeyde durağandır. DG ise sabit terimli modelde birinci derece durağan sabit terimli-trendli modelde düzeyde durağandır.

Tablo 2. ADF Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken		Sabit	Sabit ve Trend	Değişken		Sabit	Sabit ve Trend
PTF	Test İst.	-1,949	-3,755	ΔPTF	Test İst.	-11,159	-11,140
	p-değeri	0,309	0,023		p-değeri	0,000	0,000
TT	Test İst.	-0,691	-1,545	ΔTT	Test İst.	-4,079	-4,064
	p-değeri	0,843	0,808		p-değeri	0,002	0,010
YEK	Test İst.	-3,004	-4,541	ΔYEK	Test İst.	-7,260	-7,225
	p-değeri	0,038	0,002		p-değeri	0,000	0,000
USD	Test İst.	0,454	-3,020	ΔUSD	Test İst.	-8,452	-8,494
	p-değeri	0,984	0,132		p-değeri	0,000	0,000
TCMB	Test İst.	-2,281	-3,712	ΔTCMB	Test İst.	-3,333	-3,357
	p-değeri	0,180	0,026		p-değeri	0,016	0,063
BIST	Test İst.	-1,788	-3,429	ΔBIST	Test İst.	-10,512	-10,462
	p-değeri	0,385	0,053		p-değeri	0,000	0,000
DG	Test İst.	-2,648	-2,947	ΔDG	Test İst.	-11,820	-11,766
	p-değeri	0,087	0,152		p-değeri	0,000	0,000

Not: Maksimum gecikme 12 olarak alınmış olup optimal gecikme sayısı SC kriterine göre belirlenmiştir.

Tablo 3'te özetlenen PP birim kök test sonuçlarına göre PTF, USD ve BIST sabit terimli modellerde birinci fark, sabit terim-trendli modellerde düzeyde durağandır. TT, YEK ve DG değişkenleri sabit terimli ve sabit terimli-trendli modellerde düzeyde durağan, TCMB değişkeni birinci derece fark durağandır.

Tablo 3. PP Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken		Sabit	Sabit ve Trend	Değişken		Sabit	Sabit ve Trend
PTF	Test İst.	-1,372	-3,617	Δ PTF	Test İst.	-15,323	-17,488
	p-değeri	0,594	0,033		p-değeri	0,000	0,000
TT	Test İst.	-4,000	-6,771	Δ TT	Test İst.	-22,193	-22,008
	p-değeri	0,002	0,000		p-değeri	0,000	0,000
YEK	Test İst.	-3,034	-4,711	Δ YEK	Test İst.	-10,966	-10,911
	p-değeri	0,035	0,001		p-değeri	0,000	0,000
USD	Test İst.	0,871	-3,293	Δ USD	Test İst.	-6,704	-6,748
	p-değeri	0,995	0,073		p-değeri	0,000	0,000
TCMB	Test İst.	-1,557	-2,473	Δ TCMB	Test İst.	-8,713	-8,694
	p-değeri	0,501	0,341		p-değeri	0,000	0,000
BIST	Test İst.	-1,677	-3,665	Δ BIST	Test İst.	-14,286	-14,282
	p-değeri	0,440	0,029		p-değeri	0,000	0,000
DG	Test İst.	-2,601	-2,921	Δ DG	Test İst.	-12,063	-12,007
	p-değeri	0,096	0,160		p-değeri	0,000	0,000

Not: Maksimum gecikme 12 olarak alınmış olup optimal gecikme sayısı SC kriterine göre belirlenmiştir.

Tablo 4'te yer alan KPSS birim kök testi sonuçlarına göre; PTF ve USD her iki modele göre birinci derece fark durağan, TCMB ile DG değişkenleri ise düzeyde durağandır. TT, YEK ve BIST değişkenleri sabit terim içeren modele göre birinci derece fark durağan sabit terim-trend içeren modele göre düzeyde durağandır.

Tablo 4. KPSS Birim Kök Testi Sonuçları

Değişken		Sabit	Sabit ve Trend	Değişken		Sabit	Sabit ve Trend
PTF	LM Test İst.	1,049	0,271	Δ PTF	LM Test İst.	0,252	0,112
TT	LM Test İst.	1,266	0,170	Δ TT	LM Test İst.	0,130	0,129
YEK	LM Test İst.	1,133	0,072	Δ YEK	LM Test İst.	0,019	0,018
USD	LM Test İst.	1,224	0,217	Δ USD	LM Test İst.	0,203	0,047
TCMB	LM Test İst.	0,707	0,074	Δ TCMB	LM Test İst.	0,064	0,049
BIST	LM Test İst.	1,107	0,059	Δ BIST	LM Test İst.	0,193	0,188
DG	LM Test İst.	0,466	0,065	Δ DG	LM Test İst.	0,065	0,064

Not: Sabit terimle kurulan modelin tablo değerleri %1, %5 ve %10 düzeyi için sırasıyla 0,739, 0,463 ve 0,347 iken sabit terim ve trend ile kurulan modeller için 0,216, 0,146 ve 0,119'dur.

Birim kök testlerine ait elde edilen bulgular incelendiğinde modelin sabit terimle ya da sabit terim-trendle kurulmasına ve tercih edilen birim kök testi türlerine göre değişkenlik arz ettiği dikkatleri çekmektedir. Fakat modelde yer alan bütün değişkenler ya düzeyde ya da birinci derece fark durağandır. Bu durum ARDL modelinin uygulanabilmesi için gerekli şart olan serilerin düzeyde ya da birinci derece fark durağan olması koşulunu sağladığını göstermektedir. Ayrıca serilerin durağanlığına ilişkin elde edilen bulguların üç farklı birim kök testi ile teyit edilmiş olması durağanlığına ilişkin sonuçların sağlamlığına kanıt olarak gösterilebilir.

4.4.2. Bootstrap Nedensellik Testi Sonuçları

Çalışmanın ana çatısını teşkil eden Piyasa Takas Fiyatı ve bu değişkeni etkileyen faktörlerin analiz edilmesi kapsamında, modele alınması planlanan değişkenler önsel bilgilerden ve konu ile ilgili literatür taraması kapsamında özetlenen çalışmalardan faydalanılarak belirlenmiştir. Bu nedenle, ARDL modelini tahmin sürecine

geçilmeden önce modelin bağımsız değişkenleri ile bağımlı değişkeni arasındaki nedensellik ilişkisi formel olarak test edilmek istenmiş ve Hacker ve Hatemi-J (2010) çalışmasında önerilen Bootstrap nedensellik testi ile değişkenler arasındaki nedensellik ilişkileri sınanmıştır. Test sonucu elde edilen Wald istatistik değeri Bootstrap kritik değerlerinden büyükse testin sıfır hipotezi yani ilgili bağımsız değişken ile PTF arasında nedensellik ilişkisinin bulunmadığı reddedilmektedir.

Tablo 5'te raporlanan sonuçlar TT, YEK, USD, TCMB, BIST ve DG'nin PTF'nin nedeni olduğunu göstermektedir. Başka bir ifade ile bu sonuçlar, bağımsız değişken olarak modele alınan değişkenlerin PTF'nin nedeni olduğunu göstermekle beraber belirlenen bu değişkenlerin PTF'yi analiz etmek için de uygun olduğu anlamını taşımaktadır. Ek olarak, PTF yalnızca DG ile karşılıklı nedensellik ilişkisi içerisinde olup modelde yer alan diğer değişkenlerin nedeni değildir.

Tablo 5. Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap Nedensellik Testi Sonuçları

Nedensellik İlişkisi	W İst.	Bootstrap Kritik Değerler			Gecikme Uzunluğu
		%10	%5	%1	
TT PTF'nin nedenidir.	6,063	4,933	6,740	11,285	2
YEK PTF'nin nedenidir.	6,169	4,943	6,794	11,272	2
USD PTF'nin nedenidir.	8,614	4,677	6,250	9,623	2
TCMB PTF'nin nedenidir.	9,490	4,691	6,238	9,890	2
BIST PTF'nin nedenidir.	9,027	4,697	6,125	10,322	2
DG PTF'nin nedenidir.	10,695	4,733	6,418	9,838	2
PTF DG'nin nedenidir.	18,682	4,859	6,397	9,893	2

Not: Bootstrap kritik değerleri 10.000 tekrardan elde edilmiş olup optimal gecikme uzunluğu SIC bilgi kriteri esas alınarak belirlenmiştir.

4.4.3. ARDL Sınır Testi Sonuçları

ARDL modelinin uygulanabilmesi için gerekli iki temel koşuldan ilki olan, modelde yer alan değişkenlerin durağanlık şartının sağlandığı gözlemlenmiştir. Serilerin ya düzeyde (I(0)) ya da birinci derece farkta durağan (I(1)) olması itibarıyla söz konusu koşul sağlanmaktadır. ARDL'nin ikinci temel koşulu serilerin eş bütünlük olması gerektirir. Bunun için ARDL sınır testleri gerçekleştirilerek değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisi sınanmıştır.

Tablo 6. ARDL F Sınır Testi Sonuçları

F İst. k=6	Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)	Anlamlılık Düzeyi
17,31	2,53	3,59	%10
	2,87	4,00	%5
	3,60	4,90	%1

Tablo 7. ARDL T Sınır Testi Sonuçları

T İst. k=6	Alt Sınır I(0)	Üst Sınır I(1)	Anlamlılık Düzeyi
-9,71	-3,13	-4,37	%10
	-3,41	-4,96	%5
	-3,96	-5,31	%1

Tablo 6 ve Tablo 7'de sırasıyla F ve T sınır testine ait çıktılar raporlanmaktadır. Her iki teste göre hesaplanan test istatistiğinin üst sınırıya ait %10, %5 ve %1 anlamlılık düzeyindeki tablo değerlerinden mutlak olarak büyük olduğu görülmektedir. Bu durumda her üç anlamlılık düzeyi için de değişkenler arasında eşbütünlük ilişkisinin olmadığı yönündeki sıfır hipotezi reddedilmekte ve değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkisinin olduğu istatistiksel olarak teyit edilmektedir.

Elde edilen bulgular, tahminlerin ARDL modeli ile yapılabilmesi için gerekli koşulların sağlandığını göstermektedir. ARDL modeli ile tahmin sırasında elde edilen sonuç görselleri çalışmanın ekler kısmında ayrıca

belirtirken, tahmin edilen uzun ve kısa dönemli katsayılar Tablo 8’de özetlenmektedir. Çalışma kapsamında kullanılan değişkenlerin zamanlama yapıları dikkate alınarak oluşan ARDL (1,0,0,1,3,1,0) modeline dayalı tahmin sonuçlarında uzun dönemde bütün değişkenler yer alırken kısa dönemde toplam tüketim, yenilenebilir enerji kaynaklı üretim ve doğal gaz fiyatı yer almamaktadır.

Tablo 8. ARDL (1,0,0,1,3,1,0) Tahmin Sonuçları

Uzun Dönemli Denklemler				
Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T İst	p-değeri
TT	1,26	0,22	5,86	0,00
YEK	-0,24	0,07	-3,38	0,00
USD	2,61	0,24	10,84	0,00
TCMB	-0,01	0,00	-1,93	0,06
BIST	0,42	0,15	2,83	0,01
DG	0,54	0,09	5,74	0,00
TREND	-0,03	0,00	-8,27	0,00
Kısa Dönemli Denklemler				
Değişkenler	Katsayı	Std. Hata	T İst	p-değeri
Sabit	-11,42	1,00	-11,46	0,00
TREND	-0,02	0,00	-11,03	0,00
Δ USD	0,99	0,29	3,44	0,00
Δ TCMB	-0,04	0,01	-4,16	0,00
Δ TCMB(-1)	-0,03	0,01	-3,83	0,00
Δ TCMB (-2)	-0,03	0,01	-3,59	0,00
Δ BIST	-0,33	0,14	-2,25	0,03
HDK(-1)	-0,67	0,06	-11,47	0,00

Tablo 8’de uzun dönemli tahmin sonuçlarına göre toplam tüketim (TT), nominal Dolar/TL kuru (USD), Borsa İstanbul 100 endeksi (BIST100) ve doğal gaz fiyatı (DG) değişkenlerinin Piyasa Takas Fiyatı’na (PTF) uzun dönemli pozitif yönlü ve istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunmaktadır. Öte yandan, yenilenebilir enerji kaynaklı üretim (YEK) ve Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası ağırlıklı fonlama maliyeti (TCMB) yani faiz oranı değişkenlerinin PTF’ye negatif yönde ve istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunmaktadır. PTF üzerinde esnekliği en yüksek iki değişken sırasıyla nominal Dolar/TL kuru ve toplam tüketim olarak öne çıkmaktadır. Nominal Dolar/TL kurundaki ve toplam tüketimdeki yüzde %1’lik artış, PTF’yi sırasıyla %2,61 ve %1,26 oranında artırmaktadır. PTF üzerinde en etkili üçüncü ve dördüncü değişkenler doğal gaz fiyatı ve BIST endeksi olup bu değişkenlerdeki %1’lik artış PTF’yi %0,54 ve %0,42 oranında artırmaktadır. PTF üzerindeki etkisi en az olan yenilenebilir enerji kaynaklı üretim ve faiz oranı değişkenlerindeki %1’lik artış PTF’yi %0,24 ve %0,01 oranında düşürmektedir. Bu sonuç, PTF’nin uzun dönemde toplam tüketim ve nominal dolar kurundaki değişimlere karşı esnekliğe sahip olduğunu ve modelde yer alan diğer değişkenlere karşı esnekliğin olmadığı anlamına gelmektedir.

Tablo 8’de kısa dönemli tahmin sonuçlarına göre nominal Dolar/TL kur artışının PTF’yi artırdığını, faiz ve BIST100 değişkenlerindeki artışın PTF’yi azalttığını göstermektedir. Faiz değişkeni cari dönemin yanı sıra birinci ve ikinci gecikmesinde de PTF’yi negatif etkilemektedir. Kısa dönemde, modelimizin iki yönlü logaritmik ve bağımsız değişkenlere ait katsayıların mutlak olarak 1’den küçük olması nedeniyle PTF modeldeki hiçbir değişkene göre esnek değildir. Ayrıca HDK (-1) ifadesi ile gösterilen hata düzeltme katsayısının yorumlanabilmesi için gerekli şartlar sağlanmaktadır. Bu katsayı (HDK (-1)) -0,67 olarak, -1 ile 0 arasında bir değer olup istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu da kısa dönemli dengesizliklerin her dönemde yaklaşık %67’sinin giderildiği ve modelin yaklaşık bir buçuk dönemde dengeye geldiği şeklinde yorumlanmaktadır.

Uzun dönemde, toplam tüketimin ve doğal gaz fiyatının PTF’yi pozitif yönde etkilemesi beklentileri karşılamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin kullanılması yani enerji talebine karşılık düşük maliyetli alternatif bir arz kaynağının yaratılması sonucu PTF’nin negatif yönde etkilenme beklentisi de karşılanmaktadır. Nominal

Dolar/TL kurundaki artışın gerek kısa gerekse de uzun dönemde PTF'yi pozitif yönde etkilemesi beklentilerle tutarlıdır. Buna ek olarak nominal Dolar/TL kurunun PTF'ye uzun dönemdeki etkisinin kısa dönemdeki etkisine göre daha baskın olması makul bir senaryo olarak değerlendirilebilir. Faiz oranının yükselmesi kısa ve uzun dönemde PTF'yi negatif yönde baskılamaktadır ve bu durum beklentileri karşılamaktadır. Çünkü daha önceki aşamalarda ifade edildiği gibi artan faiz oranları karşısında girişimcilerin yatırım talebini azaltması beklenir. Bu durumda enerji talebinin azalması ve talep azalmasına bağlı olarak PTF'nin düşmesi beklenir. Faiz oranlarının etkisinin diğer değişkenlere göre daha düşük düzeylerde seyretmesine rağmen söz konusu etki gecikmeli olarak da PTF'yi negatif yönde etkilemektedir. Bu bulgu, geçmiş dönemlerde yapılan faiz değişimlerinin de girişimciler tarafından yakından takip edildiğini işaret etmektedir. Doğal gaz fiyatlarının artmasıyla PTF'nin pozitif yönlü hareketler yapması beklentileri haklı çıkarmaktadır. Çalışmanın en kritik bulgularından birisi ise BIST ile PTF arasındaki ilişkidir. BIST'ın kısa dönemde PTF'yi negatif yönde, uzun dönemde ise pozitif yönde etkilediği görülmektedir. Bu bulgu, kısa dönemde BIST100 seviyesinin yükselmesi karşısında; tasarruflarını borsada değerlendirmek isteyen yatırımcıların kaynaklarını üretim maksatlı yatırım yapmak yerine hisse senedine yönlendirmeleri, üretime dayalı olarak ihtiyaç duyabilecekleri enerji taleplerini azaltmalarına neden olabilecektir şeklinde yorumlanmıştır. Bu senaryoda kısa dönemde PTF'nin BIST100 artışlarından negatif yönde etkilenmesi beklenir. Fakat uzun dönemde, yatırımcıların kaynaklarını bir kısım hisselerini satarak alan büyük firmalar bu ek kaynakları kullanarak daha büyük yatırımlar yapabilecektir. Yatırımcıların kaynaklarını toplayan bu firmalar, üretim amaçlı yatırım yaparak enerji taleplerini artıracaklardır. Artan enerji talebinin PTF seviyesini yükselttiği söylenebilir. Çalışma bu bulgusu yönüyle de literatüre yeni bir bakış açısı sunmaktadır. Özetle, enerji piyasaları için oldukça önemli bir gösterge niteliği taşıyan PTF ile ilgili analiz çalışması yapılırken makroekonomik değişkenlerin seyrinin de dikkate alınması gerektiği değerlendirilmektedir.

Çalışmada, ARDL modelinin varsayımları da test edilmiştir. Ek Tablo 1, Ek Tablo 2 ve Ek Tablo 3'te sırasıyla, Breusch-Godfrey Otokorelasyon LM Testi, Jarque-Bera Normallik Testi ve Breusch-Pagan-Godfrey Heteroskedastisite (Değişen Varyans) sonuçları raporlanmaktadır. Elde edilen bulgular, ARDL modelinde otokorelasyon ve değişen varyans olmadığı ve hataların normal dağılımlı olduğunu göstermektedir. Ayrıca, Ek Tablo 4 ve Ek Tablo 5'te CUSUM eğrisinin güven sınırları içinde kaldığı yani, modelin zamanla geçerliliğinin devam ettiği gözlenmektedir. Özetle, ARDL Modelinin ekonometrik varsayımları karşıladığı tespit edilmiştir.

5. SONUÇ

Türkiye enerji piyasalarının gidişatı hakkında önemli bir gösterge olan PTF'nin seyri kamu otoritesi, özel sektör paydaşları ve akademi camiası tarafından yakından takip edilmektedir. Çalışmada ekonometrik model kapsamında toplam tüketim, yenilenebilir enerji kaynaklı elektrik üretimi, nominal dolar kuru, Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası'nın ağırlıklı fonlama maliyeti (faiz oranı), BIST100 Endeksi ve doğal gaz fiyatı değişkenlerinin bağımsız değişken olarak bağımlı değişken olan PTF üzerindeki etkileri ampirik olarak araştırılmaktadır. 2011:12-2021:05 dönemini kapsayan aylık frekanslı Türkiye verilerinin kullanıldığı çalışmada, ekonometrik yöntem olarak ARDL modelinden faydalanılmıştır. ARDL modelinin kullanılmasıyla makroekonomik değişkenlerin PTF üzerindeki uzun ve kısa dönemli etkileri tahmin edilerek yorumlanmıştır.

ARDL modelinden önce ilk olarak önsel bilgiler ve literatürdeki çalışmalar çatısı altında belirlenen bağımsız değişkenlerin PTF ile ilgili olup olmadığı Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap nedensellik testi ile formel olarak test edilmiştir. Nedensellik testi sonuçları açıklayıcı değişken olarak alınan tüm değişkenlerin PTF'nin nedeni olduğunu göstermiştir. Bu sonuç, PTF'yi açıklamak için belirlenen değişkenlerin uygunluğunun ispatı olarak kabul edilebilir. ARDL modelinin uygulanabilmesi için gerekli olan koşullardan ilki olan değişkenlere ait serilerin düzeyde ya da birinci derece fark durağan olması koşulu ADF, PP ve KPSS birim kök testleri ile sınanmıştır. Birim kök testi sonuçları, modeldeki bütün değişkenlerin ya düzeyde ya da birinci derece fark durağan olduğunu yani ARDL modelinin uygulanabilmesi için ilk koşulun sağlandığını göstermektedir. ARDL modelinin uygulanabilmesi için sağlanması gereken ikinci koşul olan değişkenlerin eşbütünleşme ilişkisine sahip olmaları gerekliliği ARDL sınır testleri ile sınanmıştır. Bulgular, değişkenlerin eşbütünleşme içerisinde olduğunu yani ARDL modeli için gerekli olan ikinci koşulun da sağlandığını işaret etmektedir. Tahminlerin ARDL yaklaşımı ile yapılabileceğinin teyit edilmesinden sonra ARDL modeli tahmin edilmiştir.

Modelin çıktuları toplam tüketim ve doğal gaz fiyatlarının artmasının uzun dönemde PTF'yi pozitif yönde etkileme sahip olduğunu işaret etmektedir. Toplam tüketimin ve doğal gaz fiyatlarının %1 artması, PTF'yi uzun dönemde sırasıyla %1,26 ve %0,54 oranında artırmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik miktarının

%1 oranında artması uzun dönemde PTF'yi %0,24 oranında düşürmektedir. Nominal Dolar/TL kurunun %1 oranında artması PTF'yi uzun dönemde %2,61 artırırken kısa dönemde %0,99 oranında artırmaktadır. Faiz oranı değişkeni uzun ve kısa dönemde PTF'yi düşürmekte olup bu değişkenindeki %1 oranındaki artışın PTF'yi uzun dönemde yaklaşık %0,01, kısa dönemde ise yaklaşık %0,04 oranında azaltmaktadır. Kısa dönemde, diğer değişkenlere nazaran faiz oranı değişkenine ait katsayıların oldukça küçük olduğu gözlenirse de cari döneme ek olarak birinci ve ikinci gecikmede de bu değişkenin katsayıları negatif ve istatistiksel olarak anlamlıdır.

Modelin en dikkat çekici sonuçları BIST100 değişkenine ait katsayılarla gözlenmiştir. BIST100 endeksi seviyesindeki yükselmenin kısa dönemde PTF'yi negatif yönde etkilediği uzun dönemde ise pozitif yönde etkilendiği görülmüştür. BIST100 endeksinin %1 oranında yükselmesi kısa dönemde PTF'yi %0,33 oranında azaltırken, uzun dönemde %0,42 oranında artırmaktadır. Enerji ve imalat sanayi sektörlerinin dinamikleri göz önünde bulundurulduğunda elde edilen bu sonucun makul ve mantıklı olduğu söylenebilir. Kısa dönemde üretim gibi opsiyonların göz ardı edilerek tasarruflarını değerlendirmek isteyen yatırımcıların kaynaklarını hisse senedi almak üzere kullanmasıyla yükselen BIST100 endeksinin PTF'yi düşürmesi beklenir. Esasında, yatırımcıların ellerindeki kaynakları kullanıp hisse senedi taleplerini artırarak BIST100 endeksinin yükselmesi durumunda söz konusu kaynaklar üretim kanalına aktarılmadığından enerji talebinin de azalması muhtemeldir. Azalan enerji talebi ile PTF'nin negatif yönlü hareket etmesi beklenir. Diğer yandan, uzun dönemde yatırımcıların kaynaklarını hisse senedi satmak suretiyle toplayan büyük firmalar bu topladıkları kaynakları büyük ölçekli yatırımlara dolayısıyla üretime yönlendirebilmektedir. Özellikle büyük ölçekli yatırımlar ile üretim kapasitesinin artırılmasıyla, enerji talebinin ve PTF'nin artması söz konusu olabilecektir. Modelde yer alan değişkenlerin PTF üzerindeki etkilerinin beklentilerle tutarlı olduğu gözlenmiştir.

Çalışmada toplam tüketim ve yenilenebilir enerji kaynaklı üretimin PTF üzerindeki etkileri hakkında elde edilen bulgular (Bowden ve Payne, 2008; Özata, 2010; Ertuğrul, 2011; Yıldırım vd., 2012; Erdoğan ve Gürbüz, 2014; Pata vd., 2016; Usta ve Berber, 2017; Yenilmez ve Erdem, 2018; Kırca vd., 2020; Hassan ve Kankanamge, 2021; Berksun vd., 2021) enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkiye odaklanan çalışmaların bulguları ile örtüşmektedir. Çalışma bulgularından faiz oranının fiyatlara olan etkisi de (Doğrul ve Soytaş, 2010 ve Çetin ve Kantarcı, 2020) çalışmalarının sonuçlarına uyum sağlamaktadır. Literatür taramasında BIST100'ün enerji piyasalarında oluşan fiyatlara etkisi üzerine yapılan çalışmalara rastlanılmamış olup çalışma kapsamında doğal gaz fiyatının PTF üzerine etkisi hakkında elde edilen bulgular (Garcia vd., 2005; Tayşi vd., 2015; Şenocak ve Kahveci, 2016; Dalgın, 2017; Karabiber ve Xydis, 2019; Yanar ve Akay, 2020; Kabak ve Taşdemir, 2020; Gündüz vd., 2020; Dursun vd., 2020; Derinkuyu vd., 2020; Li ve Becker, 2021 ve Ertaylan vd., 2021) gün öncesi piyasası elektrik fiyatlarının seyrinin tahmin edilmesi üzerine yapılan çalışmaların bulguları ile paralellik göstermektedir.

PTF ile makroekonomik değişkenler arasındaki ilişkileri inceleyen bu çalışma literatüre birçok farklı açıdan katkı sağlamaktadır. Ekonometrik bir yaklaşım ile makroekonomik değişkenlerin bir araya toplanarak PTF üzerindeki etkilerinin ampirik olarak araştırılması literatüre geniş bir bakış açısı sunmaktadır. Modele alınan açıklayıcı değişkenlerin Hacker ve Hatemi-J (2010) Bootstrap nedensellik testi ile süzgeçten geçirilmesi ve ARDL modelinin nedensellik testi sonuçlarına göre kurulması önemli bir farklılıktır. ARDL yaklaşımı kısa ve uzun dönemli ilişkilerin tahmin edilmesine ve zamana bağlı olarak farklılaşan tepkilerin ölçülebilmesine olanak sağlamaktadır. BIST100 ve faiz oranı gibi değişkenlerin enerji sektörünün dinamikleri göz önünde bulundurularak uzun ve kısa dönemde PTF'ye etkilerinin analiz edilmesi, çalışmanın literatüre bir diğer önemli katkısıdır. BIST100'ün PTF üzerinde kısa ve uzun dönemde farklılaşan etkiler göstermesi ARDL modelinin kullanılmasının bu araştırma için ne denli önemli olduğunu ispat etmekle birlikte, bu bulgu yönüyle, çalışma literatürde nadirdir.

Enerji piyasaları için her ne kadar PTF çok bilinen bir değişken olsa da akademi dünyasında Türkiye özelinde bu alanda yapılan çalışma sayısı kısıtlıdır. Ayrıca, PTF ya da GÖP üzerine yapılan çalışmaların genellikle bu serilerin seyrini tahmin etmeyi amaçladığı gözlenmiş olup bu değişkenin makroekonomik göstergeler ile ilişkisi çok nadir çalışılan konulardan birisidir. Araştırmacılar, makroekonomik göstergelerle yapılan çalışmalarda, enerji üretimi ya da tüketimi değişkenlerini kullanmayı tercih etmişlerdir. Bu alanda yapılan çalışma sayısının artırılması, bulguların sağlamlığının analiz edilmesi açısından yol gösterici olabilecektir. PTF ile büyüme, imalat sanayi üretimi, ihracat ya da ithalat arasındaki ilişkiler de ampirik olarak araştırılması gereken konular olarak öne çıkmaktadır. Literatürde çoğunlukla makroekonomik göstergeler ile enerji tüketimi ilişkilendirilerek çok sayıda çalışma yapılmasına karşın enerji tüketiminin yerine PTF'nin kullanılması literatüre farklı bakış açıları getirebilecektir. Araştırmacıların özellikle ihracat piyasalarının PTF ile olan ilişkisinin detaylı olarak analiz edilmesi Türkiye özelinde önemli politika önerileri sunabilecektir.

Türkiye enerji piyasaları açısından kritik düzeyde öneme sahip olan PTF'nin ampirik olarak analiz edildiği bu araştırma önemli politika önerileri de sunmaktadır. PTF ile ilgili yapılan araştırmalarda ya da uygulanması planlanan politika kararlarında, makroekonomik değişkenlerin seyri dikkatlice takip edilmelidir. Enerji piyasalarındaki aktörlerin finansal piyasalar ile olan iç içe geçmiş yapısı ya da makroekonomik değişimlere olan bakış açıları da araştırmacılar tarafından dikkatle analiz edilmeli ve politika uygulamalarında da bu hususlar dikkate alınmalıdır.

YAZARIN BEYANI

Katkı Oranı Beyanı: Yazar, çalışmanın tümüne tek başına katkı sağlamıştır.

Destek ve Teşekkür Beyanı: Bu çalışmanın temelini oluşturan doktora tez çalışmasında danışmanlık desteği sağlayan Doç. Dr. Ozan Özdemir'e teşekkür ederim.

Çatışma Beyanı: Çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması söz konusu değildir.

KAYNAKÇA

- Abioğlu, V. (2021). Türkiye'de petrol fiyatları ve sanayi sektörleri arasında volatilité yayılımı ve korelasyon: Riskten korunma ve portföy çeşitlendirme üzerine etkileri. *Sosyoekonomi*, 29(47), 79-106.
- Akbulut, G. (2021). OPEC üyesi orta doğu ülkelerinde CO2 emisyonu, enerji tüketimi ve ticari açıklık: Panel ARDL yaklaşımı. *Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 35(1), 83-102.
- Akkaya, B. M. ve Sarı, R. (2019). Oil prices and banking stocks nexus: Evidence from an oil-dependent country. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 9(59), 34-47.
- Alper, F. Ö. (2018). Yenilenebilir enerji ve ekonomik büyüme arasındaki ilişki: 1990-2017 Türkiye örneği. *Çankırı Karatekin Üniversitesi İİBF Dergisi*, 8(2), 223-242.
- Altıntaş, H. (2013). Türkiye'de birincil enerji tüketimi, karbondioksit emisyonu ve ekonomik büyüme ilişkisi: Eşbütünlük ve nedensellik analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 263-294.
- Atgür, M. (2021). Ekonomik büyüme, enerji tüketimi ve karbon emisyonları ilişkisi: Çin örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 23(1), 172-186.
- Bakırtaş, İ. ve Çetin, M. A. (2015). Yenilenebilir enerji tüketimi ile ekonomik büyüme arasındaki ilişki: G-20 ülkeleri. *Sosyoekonomi*, 24(28), 131-145.
- Berksun, D., Doğan, N. ve Berument, M. (2021). Electricity consumption and economic growth in Turkey: A mixed frequency VAR approach. *Energy Economics Letters*, 8(1), 95-108.
- Bowden, N. ve Payne, J. (2008). The causal relationship between U.S. energy consumption and real output. *Journal of Policy Modeling*, 31(2), 180-188.
- Bozkurt, H. Y. (2007). *Zaman Serileri Analizi* (2. Baskı). Ekin Kitabevi.
- Bulut, Ü. ve Muratoğlu, G. (2018). Renewable energy in Turkey: great potential, low but increasing utilization, and an empirical analysis on renewable energy-growth nexus. *Energy Policy*, 123(C), 240-250.
- Çağlayan, E. ve Saçaklı, İ. (2006). Satın alma gücü paritesinin geçerliliğinin sıfır frekansta spektrum tahmincisine dayanan birim kök testleri ile incelenmesi. *İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 20(1), 121-137.
- Çetin, M. ve Kantarcı, T. (2020). Türkiye ekonomisinde yabancı sermaye yatırımları ile enerji tüketimi arasındaki ilişki: Simetrik/asimetrik nedensellik analizi. *Uluslararası Yönetim İktisat ve İşletme Dergisi*, 16(4), 817-839.

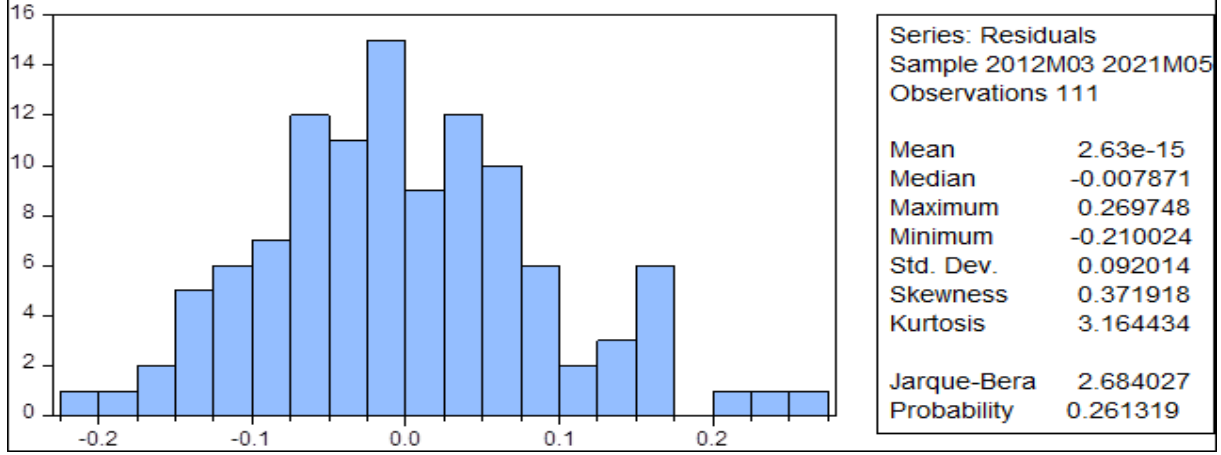
- Çevik, N. K., Çevik, E. ve Diboğlu, S. (2020). Oil prices, stock market returns and volatility spillovers: Evidence from Turkey. *Journal of Policy Modeling*, 42(3), 597-614.
- Çolpan, E. ve Karabıyık, C. (2018). Finansal gelişmenin enerji tüketimine etkisi: OECD ülkeleri üzerine bir uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 20(2), 189-210.
- Dalgın, A. (2017). *Yapay sinir ağları kullanılarak Türkiye gün öncesi piyasası elektrik fiyat tahmini* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Teknik Üniversitesi.
- Derinkuyu, K., Tanrısever, F., Kurt, N. ve Ceyhan, G. (2019). Optimizing day-ahead electricity market prices: Increasing the total surplus for energy exchange İstanbul. *Manufacturing and Service Operations Management*, 22(4), 1-17.
- Doğrul, H. ve Soytaş, U. (2010). Relationship between oil prices, interest rate, and unemployment: Evidence from an emerging market. *Energy Economics*, 32(6), 1523-1528.
- Dursun, A., Eke, İ. ve Tezcan, S. S. (2020). Gün öncesi piyasası için yapay sinir ağları ile Türkiye enterkonnekte sistemi iletim hatları kayıplarının tahmini. *Uluslararası Mühendislik Araştırma ve Geliştirme Dergisi*, 12(2), 549-564.
- Eğilmez, M. (2022). *TCMB ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti*. <https://www.mahfiegilmez.com/2015/06/tcmb-agrlikl-ortalama-fonlama-maliyeti.html> adresinden 18 Ekim 2022 tarihinde alınmıştır.
- EPDK. (2021, 6 Temmuz). *Piyasa raporlar*. <https://www.epdk.gov.tr/Detay/Icerik/16/piyasa-raporlari> adresinden 16 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- EPİAŞ. (2019). *Gün öncesi piyasası kullanım kılavuzu*. EPİAŞ. <https://www.epias.com.tr/gun-oncesi-piyasasi/gop-kullanici-kilavuzu/> adresinden 16 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- EPİAŞ. (2019). *EPİAŞ 2019-2023 Stratejik plan*. EPİAŞ. https://www.epias.com.tr/wp-content/uploads/2020/04/epias_stratejik_plan_2_Y.pdf adresinden 16 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- EPİAŞ Şeffaflık Platformu. (2021). *Elektrik Raporları*. EPİAŞ. <https://rapor.epias.com.tr/rapor/> adresinden 16 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- Erdoğan, S. ve Gürbüz, S. (2014). Türkiye'de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme ilişkisi: Yapısal kırılmalı zaman serisi analizi. *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 2(32), 79-87.
- Ertaylan, A., Aktaş, Ö. ve Doğan, Y. (2021). Yapay sinir ağları ile piyasa takas fiyatı tahminlemesi. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 93-105.
- Ertuğrul, H. M. (2011). Türkiye'de elektrik tüketimi büyüme ilişkisi: Dinamik analiz. *Selçuk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 7(25), 249-265.
- Garanti Bankası. (2015). *2015 Elektrik sektör raporu 10 yıllık projeksiyon*. Garanti Bankası. <https://www.garantibbvainvestorrelations.com/tr/images/pdf/elektrik-piyasasi-turkce.pdf> adresinden 16 Temmuz 2021 tarihinde alınmıştır.
- Garcia, R., Contreras, J., Member, S., van Akkeren, M. ve Garcia, J. B. (2005). A GARCH forecasting model to predict day-ahead electricity prices. *IEEE Transactions On Power Systems*, 20(2), 867-874.
- Granger, C. (1969). Investigating causal relations by econometric models and cross-spectral methods. *Econometrica*, 37(3), 424-438.

- Granger, C. ve Newbold, P. (1974). Spurious regressions in econometrics. *Journal of Econometrics*, 2(2), 111-120.
- Gündüz, S., Uğurlu, U. ve Öksüz, İ. (2020). Electricity price prediction using encoder-decoder recurrent neural networks in Turkish day ahead market. *28th Signal Processing and Communications Applications Conference* (s. 19-23). Gaziantep, Türkiye.
- Hacker, R. ve Hatemi-J, A. (2006). Tests for causality between integrated variables using asymptotic and bootstrap distributions: Theory and application. *Applied Economics*, 38(13), 1489-1500.
- Hacker, R. ve Hatemi-J, A. (2010). A bootstrap test for causality with endogenous lag. *CESIS Electronic Working Paper Series*, (23), 1-21.
- Hassan, Y. A. ve Kankanamge, A. (2021). Electricity consumption and economic growth in the presence of structural breaks: Evidence from Sri Lanka. *Journal of Smart Economic Growth*, 6(1), 1-17.
- İlarslan, K. (2021). Uluslararası fosil yakıt fiyatlarının finansal piyasalar üzerindeki etkisinin ARDL sınır testi ile incelenmesi: 1986-2019 Dönemi Türkiye Örneği. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 13(24), 143-158.
- Investing. (2021a). *Döviz kuru*. Investing. <https://tr.investing.com/currencies/usd-try-historical-data> adresinden 1 Haziran 2021 tarihinde alınmıştır.
- Investing. (2021b). *BIST100 endeksi*. Investing. <https://tr.investing.com/indices/ise-100-historical-data> adresinden 1 Haziran 2021 tarihinde alınmıştır.
- Kabak, M. ve Taşdemir, T. (2020). Electricity day ahead market price forecasting by using artificial neural networks: An application for Turkey. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 3(45), 2317-2326.
- Kambur, E. ve Aksoy, M. (2022). 1998-2018 döneminde Türkiye’de turizme yapılan yatırım ile ekonomik büyüme ilişkisinin granger nedensellik ve todayamamoto yöntemleri ile analizi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, 32(3), 1099-1112.
- Karabiber, O. A. ve Xydis, G. (2019). Electricity price forecasting in the Danish day ahead market using the TBATS, ANN and ARIMA methods. *MDPI Energies*, 12(5), 1-29.
- Keskingöz, H. ve İnançlı, S. (2016). Türkiye’de finansal gelişme ve enerji tüketimi arasında nedensellik ilişkisi: 1960-2011 Dönemi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İİBF Dergisi*, 11(3), 101-114.
- Kırca, M., Canbay, Ş. ve Pirli, K. (2020). Is the relationship between oil-gas prices index and economic growth in Turkey permanent? *Resources Policy*, 69, 1-9.
- Kocabıyık, T. (2013). *Borsalar arasında etkileşim: G-8 ülkeleri ve Türkiye üzerine ampirik bir araştırma* [Doktora Tezi]. Süleyman Demirel Üniversitesi.
- Komal, R. ve Abbas, F. (2015). Linking financial development, economic growth and energy consumption in Pakistan. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44(17), 211-220.
- Li, W. ve Becker, M. D. (2021). Day-ahead electricity prices prediction applying hybrid models of LSTM-based deep learning methods and feature selection algorithms under consideration of market coupling. *Norwegian University of Science and Technology Business School*, 237(C), 1-16.
- MacKinnon, J. G. (1996). Numerical distribution functions for unit root and cointegration tests. *Journal Of Applied Econometrics*, 11(6), 601-618.
- Malik, M. A. (2021). Economic growth, energy consumption, and environmental quality nexus in Turkey: Evidence from simultaneous equation models. *Environmental Science and Pollution Research*, 28(12), 1-12.

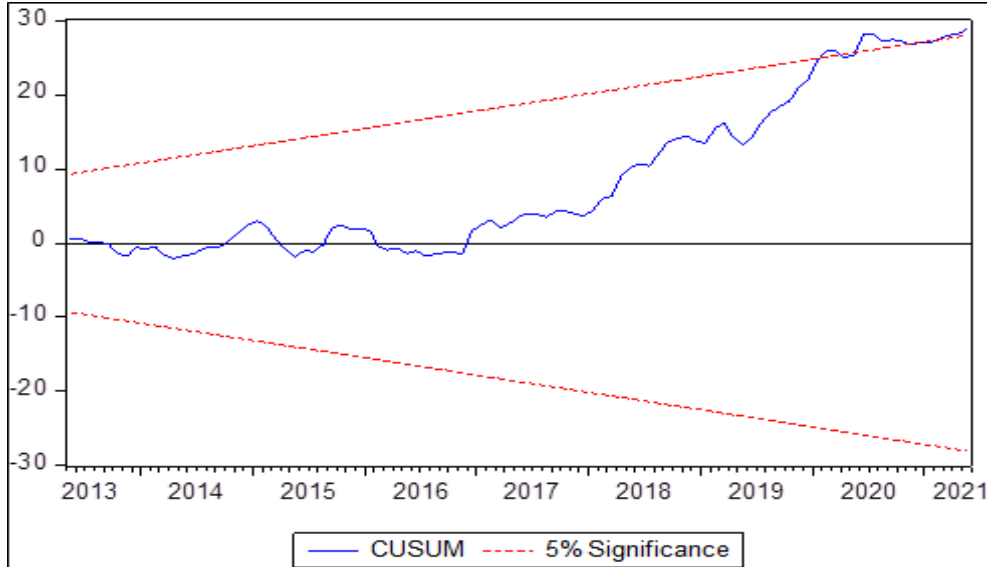
- Ocaklı, D. (2020). Altın ve petrol fiyatları ile BIST100 endeksi arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesi. *Uluslararası İşletme ve Ekonomi Çalışmaları Dergisi*, 2(2), 72-84.
- Öcal, O. ve Aslan, A. (2013). Renewable energy consumption–economic growth nexus in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28(C), 494-499.
- Öget, E. ve Şahin, S. (2017). Hisse senetleri ile altın ons fiyatları ve ham petrol fiyatları arasındaki eşbütünleşme ilişkisi: BIST100. *Ulakbilge Sosyal Bilimler Dergisi*, (77), 637-653.
- Özata, E. (2010). Türkiye’de enerji tüketimi ve ekonomik büyüme arasındaki ilişkilerin ekonometrik incelemesi. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 26, 1-14.
- Sandal, M., Çemrek, F. ve Yıldız, Z. (2017). BIST100 endeksi ile altın ve petrol fiyatları arasındaki nedensellik ilişkisinin incelenmesi. *Çukurova Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 26(3), 155-170.
- Sevüktekin, M. ve Nargeleçekenler, M. (2007). *Ekonometrik zaman serileri analizi* (2. Baskı). Nobel Yayın Dağıtım.
- Shahbaz, M., Hye, Q. M. ve Tiwari, A. K. (2013). Economic growth, energy consumption, financial development, international trade and CO2 emissions in Indonesia. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 25(C), 109-121.
- Şenkardeşler, R. A. (2021). Sürdürülebilir büyümede enerjinin rolü: Türkiye’nin kaynak bolluğu-enerji kıtlığı paradoksu. *Maliye ve Finans Yazıları*, (2), 145-172.
- Şenocak, F. ve Kahveci, H. (2016). Gün öncesi piyasası’nda PTF dönemsel ağırlıklı fiyat ortalama tahmini. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 23(67), 93-105.
- Tayşi, C., Biricik, G. ve Bozkurt, Ö. (2015). Türkiye elektrik piyasası için fiyat tahmin sistemlerinin değerlendirilmesi. *IEEE 23. Sinyal İşleme ve İletişim Uygulamaları Kurultayı* (s. 526-529). Malatya, Türkiye.
- TCMB. (2021). *TCMB ağırlıklı ortalama fonlama maliyeti*. EVDS, <https://evds2.tcmb.gov.tr/evds/archiveMarket/> adresinden 15 Haziran 2021 tarihinde alınmıştır.
- Temel, F. ve Eryiğit, M. (2021). Enerji fiyatları ile Borsa İstanbul endeksleri arasındaki ilişkilerin test edilmesi. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(1), 370-398.
- Toda, H. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical inference in vector autoregressions with possibly integrated processes. *Journal of Econometrics*, 66(1), 225-250.
- TradingEconomics. (2021). *NG prices*. Trading Economics, <https://tr.tradingeconomics.com/commodity/natural-gas> adresinden 15 Haziran 2021 tarihinde alınmıştır.
- Tuncay, Ö. ve Oruç, D. (2020). Gelişmekte olan ekonomilerde finansal gelişmişlik-enerji tüketimi ilişkisi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 7(7), 89-105.
- Uslu, H. (2019). *Türkiye elektrik piyasalarında doğal gaz kombine çevrim santrali ticari bazlı üretim optimizasyonu* [Yüksek Lisans Tezi]. İstanbul Medeniyet Üniversitesi.
- Yanar, R. ve Kerimoğlu, G. (2011). Türkiye’de enerji tüketimi, ekonomik büyüme ve cari açık ilişkisi. *Ekonomi Bilimleri Dergisi*, 3(2), 191-201.
- Yenilmez, F. ve Erdem, M. S. (2018). Türkiye ve Avrupa Birliği’nde ekonomik büyüme ile enerji tüketimi arasındaki ilişki: TodayYamamoto nedensellik testi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(1), 71-95.
- Yıldırım, E., Şenay, S. ve Aslan, A. (2012). Energy consumption and economic growth in the USA: Evidence From Renewable Energy. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16(3), 6770-6774.

Ek 1. Breusch-Godfrey Otokorelasyon LM Testi Sonuçları

F-statistic	1.711200	Prob. F(2,95)	0.1862
Obs*R-squared	3.859755	Prob. Chi-Square(2)	0.1452

Ek 2. Jarque-Bera Normallik Testi Sonuçları**Ek 3. Breusch-Pagan-Godfrey Heteroskedastisite (Değişen Varyans) Sonuçları**

F-statistic	0.875388	Prob. F(13,97)	0.5809
Obs*R-squared	11.65514	Prob. Chi-Square(13)	0.5561
Scaled explained SS	9.632284	Prob. Chi-Square(13)	0.7237

Ek 4. CUSUM Test Sonuçları

Ek 5. CUSUM Kare Testi Sonuçları

