

Araştırma Makalesi

**Etkin Piyasa Hipotezi ile İlişkili Olarak Ham Petrol Futures Kontrat Fiyatlarının
İncelenmesi**

Investigating Crude Oil Futures Prices in Relation to the Efficient Market Hypothesis

Ceyda AKTAN Doç. Dr., Türk Hava Kurumu Üniversitesi İşletme Fakültesi caktan@thk.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7040-4711	Eşref KULOĞLU Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi esrefkuloglu@bayburt.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-8117-6224
---	---

Makale Geliş Tarihi	Makale Kabul Tarihi
30.01.2024	16.04.2024

Öz

Ham petrol fiyatlarındaki şiddetli değişime neden olan etkenler zaman içerisinde araştırmacıların odak noktası haline gelmiş ve bu piyasaların etkinliği konusunda tartışmaları tetiklemiştir. Fiyatların stokastik özelliklerinin incelenmesi, buna ham petrol fiyatları da dahil, ileriye yönelik tahminlerin yapılmasında, yatırım amaçlı portföylerin oluşturulmasında veya spekülasyon benzeri farklı ekonomik aktivitelerde oldukça etkilidir. Bu nedenle çalışmada Temmuz 1988 ile Haziran 2022 arasından alınan aylık West Texas Intermediate ve Brent ham petrol futures fiyatları kullanılarak bu iki piyasanın zayıf formda etkinliğinin test edilmesi amaçlanmıştır. Çalışmada hem Augmented Dickey Fuller testi gibi geleneksel bir birim kök hem de 5 tane doğrusal olmayan yapıdaki birim kök testleri kullanılmıştır. Elde edilen bulgular içerisinde doğrusal yapıdaki ADF testi diğerlerinden farklı bir sonuç ortaya koymaktadır ve her iki seride de birim kök varlığını desteklemektedir. Ancak uygulanan diğer birim kök testlerinde sıfır hipotezi reddedilmiş ve piyasaların durağan, bir başka ifade ile etkin olmadığı anlaşılmıştır. Sonuçlar, serilerin keskin ve anlık olanlar yerine bir rejimden diğerine yumuşak geçişli yapısal kırılmalar sergilediğini göstermektedir. Fiyatların durağanlık göstermesi dolayısıyla piyasanın etkin olmaması, fiyatların geçmiş davranışları incelenerek gelecekteki hareketlerinin tahmin edilebileceğini göstermektedir. Bunun gibi etkin olmayan piyasalarda ortaya çıkan arbitraj fırsatı ile yatırımcılara normalin üstünde getiri elde etme potansiyeli sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Ham Petrol, Etkin Piyasa Hipotezi, Piyasa Etkinliği, Enerji Piyasası, Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri

Abstract

The factors causing the drastic changes in crude oil prices have become the focus of researchers over time and have triggered discussions about the efficiency of these markets. Examining the stochastic properties of prices, including that of crude oil, is very important in making future forecasts, creating investment portfolios or on various other economic activities such as speculation. For this reason, this study aims to test the weak form efficiency of the West Texas Intermediate and Brent crude oil futures prices by using monthly data taken between July 1988 and June 2022. In the study, both a traditional unit root tests such as the Augmented Dickey Fuller test and 5 different newly developed non-linear unit root tests were used. Among the findings, the linear ADF test was found to support the presence of a unit root in both price series. However, in other unit root tests applied, the null hypothesis was rejected, which means that the prices were stationary, in other words, they were not efficient. The results show that the series exhibit structural breaks with smooth transitions from one regime to another, rather than sharp and instantaneous ones. The inefficiency of the market due to the stationarity of prices shows that the

Önerilen Atıf /Suggested Citation

Kuloğlu, E. – Aktan, C., 2024, Etkin Piyasa Hipotezi ile İlişkili Olarak Ham Petrol Futures Kontrat Fiyatlarının İncelenmesi, Üçüncü Sektör Sosyal Ekonomi Dergisi, 59(2), 723-734..

future movements of prices can be predicted by examining the past behavior of prices. The arbitrage opportunity that arises in such inefficient markets will offer investors the potential to earn abnormal returns.

Keywords: *Crude Oil, Efficient Market Hypothesis, Market Efficiency, Energy Market, Nonlinear Unit Root Tests*

1. Giriş

Emltiaların ekonomik ve stratejik anlamdaki önemi göz önünde bulundurulduğunda, onun bir parçası olan ham petrol piyasasının küresel boyutta ekonomiye olan önemli katkısı tartışmasızdır. Küresel olarak en önemli yakıt kaynaklarından biri olduğu gibi verilere bakıldığında dünyanın enerji tüketiminin üçte birinden fazlasına katkıda bulunduğu görülmektedir. Ham petrolün çıkarılma noktasından bizlere ulaşmasına kadarki süreç çok kuvvetli bir altyapının varlığını gerektirmektedir. Altyapı denildiğinde bu hem sert altyapı olan fiziki olarak kilometrelerce uzunluktaki boru hatları, depolandığı tesisleri, rafinerileri kapsadığı gibi iletişim gibi yumuşak altyapı gerekliliklerini de kapsamaktadır. Elde edilen petrol ise birçok sektörün kritik girdisini oluşturur. Dolayısıyla da Dünya'daki birçok ülke için ithalat ve ihracat sebebidir. Vadeli işlemler ve opsiyonlar gibi petrol ve petrol türevleri için geniş bir finansal ticaret piyasası oluşmuştur. Birçok kamu biriminde veya özel sektör içerisinde yer alan şirketlerde doğru enerji ve yatırım politikası planlaması yapılabilmesi için ham petrol piyasalarındaki fiyat oluşumu ile ilgili düzenli ve gerçek bilgi gerekmektedir (Ortiz-Cruz vd., 2012). Fiyat oluşumundaki mekanizmalar, bunların ekonomik dinamikler ve ani gelişen sosyo-politik ve/veya meteorolojik olaylar ile ilişkileri geniş çapta araştırılmış olup (Carruth vd., 1998; Hamilton, 2003; Barsky ve Kilian, 2004; Oladosu, 2009), ham petrol piyasası dinamiklerinin ekonomik döngü üzerinde doğrudan bir etkisi olduğunu düşündürmektedir. Dolayısıyla ham petrol fiyatlarının stokastik özelliklerinin tüm ekonomi üzerinde büyük etkileri olmakla birlikte, bu özellikler sayesinde gelecek yıllara ait tahmin yapma, hedging, spekülasyon, stratejik planlama, portföy yatırımı ve sermaye yatırımı ile ilgili karar verme süreçleri gibi çeşitli ekonomik faaliyetler üzerinde etkileri olmaktadır (Özdemir vd., 2013).

Özellikle gelişmekte olan ülkeler başta olmak üzere 1990' ların son döneminden itibaren günümüze kadar artan ham petrol talebi ile beraber petrol fiyatlarında dalgalanmalar meydana gelmiş ve bu fiyatlar önemli miktarda artış göstermiştir. Bu da, ham petrol piyasasının çevrede gerçekleşen makroekonomik değişimlere kısa sürede tepki gösteren bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir (Zeren, 2016). Petrol fiyatlarının belirlenmesindeki ana faktörlerden birisi bu petrole olan arz ve taleptir. Charles ve Darne (2009) çalışmalarında petrol taleplerinin ülkelerdeki petrol tüketimine, petrol arzının ise dünyada gerçekleşen jeopolitik olaylara bağlı olduğunu ifade etmektedir. Ancak, Fan ve Xu (2011) tarafından da ortaya konulduğu üzere bu arz ve talep arasındaki ilişki petrol fiyatlarının tek belirleyicisi olmamaktadır ve bu piyasa, örneğin, hem döviz kurundaki değişimlerden etkilenmekte, borsa veya vadeli işlem piyasalarında yaşanan değişimlerden etkilenerek farklı özellik göstermektedir. Petrol ticaretinin büyük bir kısmı, kullanım amacından ziyade kâr elde etmek için finansal piyasalar aracılığıyla yapılmaktadır. Bunun gibi aktiviteler aynı zamanda piyasadaki yaşanan değişimi, volatilitiyi de daha şiddetli hale getirmektedir.

Ham petrol fiyatlarındaki şiddetli değişime neden olan etkenler de zaman içerisinde araştırmacıların odak noktası haline gelmiştir. Petrol tükenebilir bir kaynak olduğundan, fiyatlarındaki uzun vadeli eğilimi belirleyen temel faktör olarak içerisinde bulunduğu arz-talep ilişkisi hala genel kabul görmekte iken, hisse senedi fiyatı, altın fiyatı ve döviz kuru dalgalanmaları gibi spekülasyonların da petrol fiyatlarındaki artış veya düşüş aralığını genişlettiği çalışmalarda incelenmiştir (Fan ve Xu, 2011). Ayrıca, jeopolitik olaylar gibi belirsizliği yüksek olan olaylar, arz güvenliğini tehdit etmekte ve bu da petrol fiyatını etkilemektedir (Özdemir vd., 2013). Öte yandan, kısa vadede, petrol tüketimindeki mevsimsel dalgalanmalar da petrol fiyatlarındaki hareketlerin nedeni olarak ele alınmaktadır. Al Fawzan (2015) çalışmasında petrol fiyatlarını belirlemek ve tahmin etmek için üç temel yaklaşımın olduğunu ifade etmiş ve bunlardan ilkinin geçmiş (historical) veriler kullanılarak yapılan ekonometrik analizlerin; diğer yaklaşımların ise ekonomik teorilerin kullanılması ile arz-talep analizi olduğunu belirtmiştir.

Ceylan vd. (2022) çalışmalarında petrol fiyatlarındaki artışı, tüketiciler ve üreticilerden alınan vergilere benzetmiş ve petrol ihraç eden ve ithal eden ekonomilerde eş zamanlı olarak arz ve talep şokları yarattığına değinmişlerdir. Ham petrol fiyatları, arz ve talep koşullarının yanı sıra siyasi şoklardan da etkilendiğinden, petrol fiyatlarının stokastik özellikleri araştırılırken hem ekonomik hem de siyasi faktörlerin dikkate alınması gerekmektedir (Özdemir vd., 2013). Zaman serilerinin, hangisi olursa olsun,

stokastik özelliği söz konusu ise bunun içerisinde en önemlisi o serinin durağanlığıdır. Dolayısıyla birim kök testleri kullanılarak ham petrol fiyatlarının durağanlığı incelenmektedir. Tüm bu faktörler neticesinde ham petrol piyasalarının öngörülebilir ve dolayısıyla etkin olup olmadığı konusunu sorgulanmaktadır.

Çalışmanın temelini piyasadaki bilgi etkinliği oluşturmakta olup teorik altyapısını Eugene Fama tarafından literatüre katılan Etkin Piyasa Hipotezi (EPH) oluşturmaktadır. Etkin Piyasa Hipotezi piyasaların mevcut tüm bilgileri anında kullandığını ve doğru bir şekilde yansıttığını, mevcut bilgiler üzerinde işlem yaparken anormal getirileri imkânsız hale getirdiğini belirtmektedir (Fama, 1970). Söz konusu piyasanın etkin olarak belirlenmesi neticesinde, bu piyasadaki fiyatlar gelen her türdeki bilgiyi anlık olarak yansıtacaktır ve bu nedenle fiyatlardaki değişiklik ile alınan bilgiler piyasaya adapte edilecektir. Bir ürün hakkında hem şu anda bilinenler ve onunla ilgili gelecekteki beklentiler, ürünün fiyatı üzerinde büyük bir etkiye sahiptir. Çoğu zaman yatırımcılar öngörülemeyen olaylara hızlı tepki vermektedir ve fiyatlara da bu doğrultuda adapte olmaktadır (Westerlund ve Narayan, 2013). Etkin bir piyasada, bazı yatırımcılar yeni bilgilere aşırı tepki verirken bazıları ise yetersiz tepki vermektedir; bu nedenle, fiyatlar rassal bir yürüyüş sergileyerek normal bir dağılım modeli izler. Piyasa etkinliği zayıf, yarı-güçlü ve güçlü olmak üzere 3 farklı boyutta incelenmektedir. Zayıf form piyasa etkinliğinde fiyatların geçmişten gelen bilgileri yansıttığı belirtilmekte iken yarı-güçlü formda tüm halka açık bilgilerin, güçlü formda ise geçmiş ve halka açık bilgiler ile beraber tüm özel bilgilerin de fiyatlara yansıdığı kabul edilmektedir (Arshad vd., 2021).

Arouri vd. (2010), varlık fiyatlama modelleri ve yatırımcı kararları için piyasa etkinliğinin arzu edilir olduğuna işaret etmiş olup aynı zamanda etkinliğin bilgi mevcudiyeti ve şeffaflık, rasyonellik ve arbitraj gibi güçlü varsayımlara dayandığına işaret etmektedir. Etkin Piyasa Hipotezi ile ham petrol piyasası gibi piyasaların dinamiği ele alınmakla beraber bu piyasaların ekonomiye katkıları konusunda bilgi vermektedir. Bu nedenle çalışmanın amacı Brent ve West Texas Intermediate (WTI) ham petrol fiyatlarının Etkin Piyasa Hipotezi doğrultusunda doğrusal olmayan testler kullanılarak zayıf formda etkinliğinin test edilmesi olup elde edilen sonuçlardan ham petrol piyasasında herhangi bir arbitraj imkânı olup olmadığını, piyasanın öngörülebilirliğini ortaya koymaktır. Çalışmanın konusu itibarı ile her ne kadar literatürde etkinlik konusunda çalışmaların yoğun olduğu görülmekte ise de yapılan çalışmaların ele aldığı tarihler ve kullanılan metodoloji konusunda güncel bilgiler oldukça kısıtlıdır. Gerek ele alınan tarih aralığı olsun gerek ise kullanılan doğrusal olmayan birim kök testleri ile elde edilen sonuçlar ilgili piyasanın yapısı ile ilgili literatüre önemli katkı sağlayacaktır. Çalışmada kullanılan veriler Temmuz 1988 ile Haziran 2022 aralığını kapsamakta olup bu verilere Dickey ve Fuller (1981) tarafından geliştirilen geleneksel doğrusal yapıdaki Augmented Dickey-Fuller (ADF) testi ile beraber 5 farklı doğrusal olmayan birim kök testleri kullanılmıştır. Bu testler Leybourne vd. (1998) tarafından geliştirilen LNV testi, Kapetanios vd. (2003) tarafından geliştirilen KSS testi, Sollis (2009) tarafından geliştirilen Sollis testi, Omay vd. (2018) tarafından geliştirilen OEH testi ve son olarak da Omay ve Yıldırım (2014) tarafından geliştirilen OY testidir.

2. Literatür İncelemesi

Enerji piyasalarının zayıf formdaki etkinliği, geçmiş bilgilere dayalı olarak gelecekteki fiyatların öngörülemez olması olarak tercüme edilebilmekte ve burada şoklara karşı kalıcı etkiler oluşturmaktadır. Enerji sektörü diye ifade edildiğinde içerisinde elektrik, doğal gaz, petrol ve kömür gibi birbirinden farklı enerji kaynaklarının yer aldığı, bu kaynakların enerji ihtiyacı karşılanması için üretildiği, dağıtıldığı ve satışının yapıldığı bir sektör ele alınmaktadır. Dolayısıyla enerji piyasaları sadece ham petrol veya elektrik gibi kaynaklardan oluşmamaktadır. Ancak, bununla birlikte, literatürde bulunan çoğu çalışmanın petrol veya elektrik piyasalarına ve bu kaynakların fiyatlarına bireysel olarak odaklandığı görülmektedir. Huang vd. (2005), Kaufmann ve Laskowski (2005), Maslyuk ve Smyth (2008), Lee vd. (2010), Li vd. (2012), Kisswani ve Nussair (2013), Noguera (2013) ve Raza vd. (2016), sadece petrol fiyatlarına odaklanan çalışmalara örnek olmakla birlikte; Higgs ve Worthington (2003), Lu vd. (2005), Uritskaya ve Serletis (2008), Apergis ve Lau (2015), Asan ve Taştan (2017), ve Yılmaz vd. (2018) elektrik piyasalarının etkinliğine odaklanan çalışmalara örnektir.

Geçmiş literatür incelendiğinde özellikle ham petrol fiyatları söz konusu iken etkinlik araştırmasında birbirinden farklı testlerin uygulanmış olduğu gözlemlenmektedir. Çalışmaların bir bölümünde, ham

petrol fiyatlarının birim kök özelliklerinin araştırılması için ADF testi, Phillips ve Perron (1998) tarafından geliştirilen PP testi ve Kwiatkowski vd. (1992) tarafından geliştirilen KPSS durağanlık testi gibi geleneksel birim kök testleri kullanılmıştır (Serletis ve Rangel-Ruiz, 2004; Taback, 2003; Coimbra ve Esteves, 2004; Alizadeh ve Nomikos, 2004; Ewing ve Harter, 2000).

Geleneksel doğrusal yapıdaki testleri kullanan bu çalışmalara genel olarak bakıldığında büyük bir çoğunluğun ham petrol fiyatlarındaki durağanlığı yakalamakta başarısız olduğu gözlemlenmektedir. Ham petrol fiyatları bir zaman serisini teşkil etmektedir. Bu serilerin ortak bir özelliği, serilerin koşullu ortalamalarındaki olası doğrusalsızlığın (nonlinearity), bu piyasaların etkinliğinin test edilmesinde dikkate alınmamış olmasıdır. Çalışmalarda zaman serilerinin doğrusal olmayan bir yapıda olduğu ve dolayısıyla da süreçleri de bu şekilde ilerlediği ifade edilmektedir. Nedeni ise piyasalardaki sürtüşmeler (market frictions), işlem maliyetleri ve bu piyasadaki aktörlerin arasındaki uyumsuzluklarla beraber düşünce yapılarındaki farklılıklar olarak belirtilmektedir (Hasanov ve Omay, 2007).

Dickey Fuller testi gibi doğrusal yapıdaki testlerin ortaya çıkardığı başka problem ise yapısal kırılma bulunan süreçlerde durağanlığı yakalamada yetersiz kalınmasıdır (Özdemir vd., 2013). Ham petrol fiyatlarının ekonomik ve politik şoklara maruz kaldığında etkilendiği ifade edilmekte olup bu fiyat serileri için yapısal kırılmaların önemi sıkça belirtilmektedir. Bu nedenle ham petrol fiyatlarının trend durağan mı yoksa fark durağan mı olduğunu incelemek için analizlere yapısal kırılmalar da entegre edilmelidir. Petrol fiyatlarındaki yapısal kırılmalar, çeşitli çalışmalarla araştırılmıştır.

Ham petrol fiyatlarının etkinliği ile ilgili literatür incelendiğinde ham petrol fiyatlarının birim kök özellikleri konusunda herhangi bir fikir birliği olmadığı görülmektedir. Bu çalışma ile beraber WTI ve Brent petrol fiyatlarının etkinliği konusunda güncel veriler kullanılarak farklı yapıdaki testlerle incelenmiş olunacaktır.

Enerji etkinliği konusu, ister ham petrol isterse elektrik gibi diğer enerji kaynakları ile ilgili olsun, son dönemlerde yaygın olarak literatürde yer almaktadır. Enerji fiyatlarının etkinliği, enerji fiyatlarına mevcut ve yeni gelen bilgilerin hızlıca yansması olarak düşünülebilir. Diğer yandan enerji piyasalarının zayıf formda etkinliği, piyasa fiyatlarının geçmiş fiyatları ile ilgili tüm bilgileri yansıttığı ve dolayısıyla geçmiş fiyat hareketlerine bakarak gelecekteki fiyatın öngörülemezliği olarak tanımlanabilir. Enerji piyasasının önemli bir bileşeni olan ham petrol ile ilgili yapılan bu çalışma enerji literatürüne katkıda bulunacaktır.

Gülen (1998) yaptığı çalışmada 1983-1995 yılları arasındaki aylık, 3 aylık, 6 aylık ham petrol futures fiyatlarını kullanarak birim kök testi analizi yapmıştır. Elde edilen sonuçlara göre ilan edilen ya da vadeli işlem fiyatlarının spot fiyatın etkin tahmin edicileri olduğu söylenmektedir. Yine yapılan analiz sonuçlarına göre vadeli işlem fiyatının spot fiyatı tahmin etmede ilan edilen fiyattan daha üstün olduğu söylenmektedir.

Charles ve Darne (2009) yaptıkları çalışmada 1982-2008 dönemindeki günlük verileri kullanarak ham petrol piyasaları için zayıf formdaki etkinliği araştırmıştır. Çalışmada Wright (2000), Belaire-Franchand Contreras(2004) ve Kim (2006) tarafından önerilen 3 varyans oranı testi kullanılmıştır. Çalışmanın sonuçlarına göre Brent petrol piyasasının zayıf formda etkin olduğu, WTI ham petrol piyasasının ise 1994-2008 alt döneminde etkin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Narayan vd. (2010) yaptıkları çalışmada altın fiyatları ve petrolün uzun dönemli ilişkisini ortaya koymaya çalışmışlardır. Bu anlamda 1995-2009 yılları arasında spot ve vadeli işlem fiyatları, veri olarak kullanılmıştır. Çalışmada Philip- Perron birim kök testi ve Gregory- Hansen eş bütünleşme testi her iki piyasa için de yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre 10 ay vadeye kadar altın ve ham petrol spot ve vadeli işlem piyasalarının eş bütünleşik olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada diğer yandan petrol piyasasının altın fiyatlarını (ve tersi de geçerli) tahmin etmek için kullanılabileceği bu anlamda da bu piyasaların birlikte ele alındığında etkin olmadığını söylenmektedir.

Jiang vd. (2014) yaptıkları çalışmada 1983-2012 yılları arasında WTI ham petrol vadeli işlem fiyatlarının (7401 adet veri) zayıf formda piyasa etkinliğini doğrulamak için çeşitli testler uygulamışlardır. Elde edilen sonuçlara göre tüm dönem dikkate alındığında bu piyasanın etkin olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Tüm seri, Körfez Savaşı ve Irak Savaşı dikkate alınarak üç alt seriye ayrıldığında, Körfez Savaşı'nın piyasa etkinliğini azalttığı görülmektedir. Tüm seri, Amerika Serbest

Ticaret Antlaşması'nın imzalanma tarihine göre iki alt seriye ayrılırsa alt dönemlerde piyasanın etkin olmadığı görülmektedir.

Zeren (2016) yaptığı çalışmada ham petrol sektörü piyasa etkinliğini ölçmek amacıyla WTI ve Brent petrol fiyatlarına ait 1991-2012 yılları arasında günlük verileri kullanarak Wavelet ve KSS Eş Bütünleşme testi yapmış ve iki piyasanın da hem zayıf hem de yarı güçlü formda etkin olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Kristoufek (2019) yaptığı çalışmada WTI ve Brent petrol piyasalarının etkinliğini 1994-2017 yılları arasındaki günlük verileri kullanarak analiz etmiştir. Elde edilen sonuçlara göre 2008 küresel ekonomik krizine kadar piyasaların etkin kaldığını, küresel krizden sonra ise 2012 yılından sonra tekrar etkin olduğu tespit edilmiştir.

Yang vd. (2020) yaptıkları çalışmada Şanghay Uluslararası Borsası'nın yeni oluşturulmuş ham petrol vadeli işlem piyasası fiyat etkinliğini araştırmışlardır. Bunun için 26 Mart 2018 ile 2 Şubat 2019 tarihleri arasındaki 240 günlük veriyi analiz etmek için Engle-Granger modeli ve Gregory-Hansen testi ve çeşitli birim kök testlerini kullanmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre Şanghay ham petrol futures piyasası zayıf-formda etkinliğe yakın bulunmuştur.

Shao ve Hua (2022) yaptıkları çalışmada yeni oluşturulmuş bir ham petrol vadeli piyasası olarak Şanghay Ham Petrol Vadeli İşlemlerinin fiyat etkinliğini, Vektör Hata Düzeltme modeli, kalıcı-geçici (permanent-transitory (PT)) modeli ve bilgi paylaşımı (information share (IS)) ve düzeltilmiş bilgi paylaşımı (modified information share (MIS)) modellerine dayalı olarak tahmin etmektedir. Çalışmanın sonuçları ham petrol vadeli işlemler ve spot fiyatlar arasındaki uzun vadeli denge ilişkisine dikkat çekmektedir. Diğer yandan bu yeni piyasanın WTI ve Brent petrole göre etkinliğinin önemli ölçüde geride olduğu da çalışmada belirtilmektedir.

3. Veri ve Yöntem

3.1. Veri

Çalışmada kullanılan veriler investing.com internet adresinden elde edilmiş olup Brent ve WTI ham petrol futures fiyatlarını kapsamaktadır. Aylık olarak alınan bu veriler Temmuz 1988 yılından başlayıp Haziran 2022 tarihine kadar uzanmaktadır. Her bir seriden toplam 408 veri bulunmaktadır. Verilerin doğal logaritmaları alınarak çalışmada kullanılmıştır.

Gözlem süresinin uzunluğu zaman serilerinde analiz yapmak için önem arz etmektedir. Bu nedenler de çalışmada kullanılan veriler olabildiğince uzun bir zaman aralığından elde edilmeye çalışılmıştır. Bununla birlikte, araştırmalar, verilerin sıklığı yerine, örneklem süresinin uzunluğunun doğru sonuçların alınmasında temel faktör olduğunu gösterdiğinden, günlük yerine aylık veriler kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Çalışmalar, enerji fiyatlarının asimetrik davranış sergilediğini ve bu nedenle bu serilerdeki yapısal kırılmaları ve doğrusalsızlığı yakalamak için birim kök testleri ile farklı dinamiklerin uyarılması gerektiğini göstermektedir. Bu nedenle, farklı testlerin dinamiklerinin etkilerini görmek amacıyla, bu çalışmada Brent ve WTI ham petrol futures fiyatlarını analiz etmek için çeşitli birim kök testleri kullanılmıştır. Toplamda biri doğrusal yapıdaki geleneksel ADF testi olmak üzere, 6 farklı birim kök testi verilere uygulanmıştır. Doğrusal olmayan testler Leybourne vd. (1998) tarafından geliştirilen LNV testi, Kapetanios vd. (2003) tarafından geliştirilen KSS testi, Sollis (2009) tarafından geliştirilen Sollis testi, Omay vd. (2018) tarafından geliştirilen OEH testi ve son olarak da Omay ve Yıldırım (2014) tarafından geliştirilen OY testidir. LNV Testi seri içerisindeki tek bir yapısal kırılmayı yakalamada kullanılırken KSS testi ile beraber Sollis testi, doğrusal olmayan farklı bir durum bağımlı testlere örnektir. OY ve OEH testleri duruma bağlı doğrusalsızlığı, diğer bir deyişle boyut doğrusalsızlık durumu ile yapısal kırılmaları birleştiren hibrit testlerdir. Çalışmada kullanılan bütün testler, incelenen söz konusu zaman serisinin hareketi ve yapısı hakkında farklı noktaları ortaya koymaktadır. Örneğin piyasadaki hareketlerin, anlık şoklara olan tepkisinin sert bir kırılma ile mi oluştuğunu veya bir rejimden diğerine geçerken bu sürecin daha yumuşak mı seyrettiği farklı yapıdaki testler ile anlaşılmaktadır. Bu sayede de hem akademik anlamda hem de yatırımcı ve politika yapıcılar açısından araştırma ve karar verme mekanizmalarında kullanılmak üzere önemli sonuçlar ortaya konulacaktır.

Durum veya zaman bağımlı olmak açısından doğrusal olmamayı sınıflandırmak mümkündür. İşaret ve boyut cinsinden ifade etmek için durum bağımlı doğrusalsızlık tekrar sınıflandırılabilir. Boyut ve işaret bağımlılığını, hem yumuşak geçiş (ST) hem de eşik otoregresif (TAR) işlevlerini kullanarak modellemek mümkündür. Bununla birlikte, durum ve zaman bağımlı olmak üzere iki tür doğrusalsızlık bir arada bulunabilmekte ve bu tarz testler hibrit birim testleri olarak ifade edilmektedir. Hibrit test olarak bilinen OEH birim kök testi içerisinde farklı yapıları bulundurduğu için en kapsamlı testlerden biri olarak ele alınabilmektedir.

3.2.1. Omay, Emirmahmutoglu ve Hasanov Birim Kök Testi (2018)

Omay, Emirmahmutoglu ve Hasanov tarafından 2018 yılında ortaya konulan OEH testi, kapsamlı bir test olup LNV ve Sollis testlerinin birleşiminden ortaya çıkması nedeniyle hem zaman hem de durum bağımlı doğrusalsızlığı içerisinde barındırmaktadır.

Yapısal kırılmalar, aşağıdaki denklem kullanılarak testte modellenmiştir:

$$y_t = \phi(t) + u_t \quad (1)$$

Burada $\phi(t)$ deterministik doğrusal olmayan trend fonksiyonunu ve u_t trendden sapmayı ifade etmektedir.

Deterministik bileşenleri araştırmak için bir lojistik geçiş ve bir Fourier fonksiyonu $\phi(t)$ trend fonksiyonu içerisine dahil edilmiştir.

İlk olarak, aşağıdaki üç lojistik yumuşak geçiş denklemi göz önünde bulundurulur.

$$y_t = \alpha_1 + \alpha_2 S_t(\gamma, \tau) + \varepsilon_t \quad (2a)$$

$$y_t = \alpha_1 + \beta_1 t + \alpha_2 S_t(\gamma, \tau) + \varepsilon_t \quad (2b)$$

$$y_t = \alpha_1 + \beta_1 t + \alpha_2 S_t(\gamma, \tau) + \beta_2 t S_t(\gamma, \tau) + \varepsilon_t \quad (2c)$$

Burada $t=1,2,T$ ve ε_t sıfır ortalamalı bir süreci temsil etmektedir.

$S_t(\gamma, \tau)$ Sürekli olan ve örneklem büyüklüğü T olan lojistik yumuşak geçiş fonksiyonudur.

$$S_t(\gamma, \tau) = [1 + \exp\{-\gamma(t - \tau T)\}]^{-1} \quad (3)$$

$S_t(\gamma, \tau)$ Fonksiyonu kademeli kırılmaları yönetir ve 0 ile 1 arasındaki iki uç arasında herhangi bir değer alabilir. İçinde γ ve τ olmak üzere iki parametre vardır. Bir rejimden diğerine hareket olduğunda, γ parametresi geçiş hızını veya düzgünlüğünü, τ parametresi ise geçişin konumunu ifade etmektedir. γ değeri ne kadar küçükse geçiş o kadar yavaş olur. Bunun tersi de doğru olabilir, γ parametresinin değeri arttıkça geçiş de o kadar hızlı olur.

Lojistik fonksiyonlar üzerine yapılan geçmiş çalışmalar, bu fonksiyonların Denklem (3)'te ifade edilen lojistik geçiş fonksiyonunu kullanarak zaman serilerindeki yapısal kırılmaları oldukça iyi yakalayabildiğini gösterse de, model sadece bir yapısal kırılma yakalayabilir.

Zaman serileri birden fazla yapısal kırılma içerebileceğinden sadece lojistik geçiş fonksiyonunu kullanmak doğru sonuçlar verebilmektedir. Bu nedenle, bir Fourier fonksiyonunu modele entegre edilmiştir.

$$\phi(t) = \alpha_0 + \delta t + \sum_{k=1}^n a_k \sin\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) + \sum_{k=1}^n b_k \cos\left(\frac{2\pi kt}{T}\right) u_t \quad ; N \frac{T}{2} \quad (4)$$

Burada n kümülatif frekansların sayısı olup, k frekansı temsil etmektedir.

OEH testinde de asimetrik üssel yumuşak geçişli otoregresif (AESTAR) modelinin kullanıldığı ve tıpkı Sollis (2009) tarafından önerilen birim kök testinde olduğu gibi doğrusal olmayan asimetrik düzeltme

sürecinin yakalandığı bir bölüm bulunmaktadır. u_t 'nin $\phi(t)$ 'ye ayarlanma hızının dengesizlik işaretine ve boyutuna bağlı olduğu varsayılmaktadır.

Aşağıdaki, denge seviyesinden sapmalar için bir AESTAR modelidir.

$$\Delta u_t = G_t(\theta_1, u_{t-1})\{F_t(\theta_2, u_{t-1})\rho_1 + (1 - F_t(\theta_2, u_{t-1}))\rho_2\}u_{t-1} + \epsilon_t \quad (5)$$

$$G_t(\theta_1, u_{t-1}) = 1 - \exp(-\theta_1(u_{t-1}^2)) \quad \theta_1 > 0 \quad (6)$$

$$F_t(\theta_2, u_{t-1}) = [1 + \exp(-\theta_2(u_{t-1}))]^{-1} \quad \theta_2 > 0 \quad (7)$$

$$\epsilon_t \sim iid(0, \sigma^2).$$

$F_t(\theta_2, u_{t-1})$ lojistik geçiş fonksiyonu $S_t(\gamma, \tau)$ fonksiyonuna benzer şekilde hareket etmektedir. Burada, dengeden pozitif ve negatif sapmalar, u_t sıfır ortalamalı bir değişken olduğundan, $F_t(\theta_2, u_{t-1})$ ile ilgili iki rejimi belirlemektedir. $G_t(\theta_1, u_{t-1})$ fonksiyonu üstel geçişi temsil eden, limitleri ise 0 ile 1 arasında olan u şeklinde bir fonksiyon olarak tanımlanmaktadır.

Denklem (5) ile verilen AESTAR işlevi durağan bir süreci göstermektedir ve bu, Sollis (2009) tarafından belirtildiği gibi : $\theta_1 > 0$, $\rho_1 < 0$ ve $\rho_2 < 0$ koşullarını sağlaması gerekmektedir. Bununla birlikte, eğer $\rho_1 \neq \rho_2$ ise, o zaman doğrusal olmayan bir çekiciye yönelik ayarlama, sapmanın işareti yerine boyuta bağlıdır. Ayrıca, eğer $\rho_1 = \rho_2$ koşulu geçerliyse, dengeye doğru olan ayarlama simetrik üssel yumuşak geçişli otoregresif (ESTAR) süreci haline gelmektedir.

Bu modelin sıfır hipotezi, bir birim kökün varlığını göstermektedir, alternatif hipotez ise küresel olarak durağan bir AESTAR sürecidir. Bu hipotezlerin her ikisi de şu şekilde ifade edilebilir;

$$H_0: \theta_1 = 0 \quad (8)$$

$$H_1: \theta_1 > 0 \quad (9)$$

Ancak, sıfır hipotezi altında doğrudan test edilmesini engelleyen tanımlanamayan gürültü parametreleri vardır. Bu nedenle hem Kapetanios vd. (2003) ve Sollis (2009), Luukkonen vd. (1988) çalışmasını izlemiş ve geçiş fonksiyonlarını birinci dereceden Taylor yaklaşımıyla değiştirmiştir.

Değiştirme gerçekleştiğinde Denklem (5) aşağıdaki hali almıştır:

$$\Delta u_t = \varphi_1 u_{t-1}^3 + \varphi_2 u_{t-1}^4 + \omega_t \quad (10)$$

Sıfır hipotezi $H_0: \theta_1 = \theta_2 = 0$ olmuştur.

Denklem (5)'teki hata terimini seri olarak korele hale getirmek için denklem aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\Delta u_t = G_t(\theta_1, u_{t-1})\{F_t(\theta_2, u_{t-1})\rho_1 + (1 - F_t(\theta_2, u_{t-1}))\rho_2\}u_{t-1} + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta u_{t-j} + \epsilon_t \quad (11)$$

$$\epsilon_t \sim iid(0, \sigma^2).$$

Geçiş fonksiyonlarının değiştirilmesiyle elde edilen yardımcı regresyon aşağıdaki hali alır:

$$\Delta u_t = \varphi_1 u_{t-1}^3 + \varphi_2 u_{t-1}^4 + \sum_{j=1}^p \delta_j \Delta u_{t-j} + \vartheta_t \quad (12)$$

Buradan sıfır hipotezi test edilebilmektedir.

3.2.2. Çalışmada Kullanılan Diğer Birim Kök Testleri

Yukarıda açıklanan OEH birim kök testinin yanı sıra, kullanılan bir diğer birim kök testi de LNV testidir. LNV testi, (2a), (2b) ve (2c) denklemlerinde belirtilen modelleri kullandığı gibi sadece tek bir kırılmayı göstermektedir. Yumuşak bir yapısal kırılma ve doğrusalsızlığı ifade etmek için Denklem (3)'te açıklanan geçiş fonksiyonu tekrar uygulanır.

LNV testinin sıfır hipotezi, serilerin birim kök içerdiği, alternatif hipotezi ise doğrusal olmayan bir trend etrafında lojistik yumuşak geçişin varlığıdır. LNV testinin 3 farklı modeli olup s_{-a} , $s_{-(\alpha(\beta))}$, ve $[[s]]_{-\alpha\beta}$ olarak gösterilmektedir.

Kapetanios vd. (2003) tarafından geliştirilen KSS testinin özelliği, ESTAR sürecini içeren, duruma bağlı doğrusal olmayan ilk birim kök testi olmasıyla beraber yapısı itibarıyla dengeye doğru hareket eden simetrik ayarlama boyutunu modellediği görülmektedir. KSS testinin hipotezleri; sıfır hipotezi olarak bir birim kökün varlığı ve alternatif hipotez olarak kesişim ve deterministik terimlerle simetrik duruma bağlı doğrusal olmama olarak ifade edilmektedir.

KSS testi ile beraber Sollis testi, doğrusal olmayan farklı bir durum bağımlı testlere örnektir. Temelinde aslında KSS testinin bir uzantısıdır. Denklemler (5), (6) ve (7), bir kesişme ve eğilim ile asimetrik duruma bağlı doğrusal olmayışı test etmek için tekrar bu testte de kullanılmaktadır. Testin içeriğinde AESTAR işlevi bulunmaktadır ve tasarlanmasındaki amaç denge uyumunun hem işaretini hem de boyutunu yakalamak olmuştur (Sollis, 2009).

Omay ve Yıldırım (2014) tarafından önerilen OY testi, tıpkı OEH testi gibi bu çalışmada kullanılan bir diğer hibrit birim kök testidir. OY testi, daha önce bahsedilen hem LNV hem de KSS testlerini birleştirecek şekilde yapılandırılmıştır. (2a), (2b) ve (2c) denklemlerinde belirtilen modeller OY testinde de kullanılmaktadır. Denklem (3)'te gösterilen geçiş fonksiyonu, yumuşak bir yapısal kırılma veya doğrusal olmayan bir eğilimin araştırılması için bu testte kullanılmaktadır. H_0 : birim kök var, H_1 : yumuşak değişen trend ve durağanlık.

4. Bulgular

Çalışmanın amacı doğrultusunda WTI ve Brent ham petrol futures fiyatlarından oluşan veri setine uygulanmış 6 farklı birim kök testinin sonuçları Tablo 1 ve Tablo 2'de gösterilmektedir.

Tablo 1. WTI ham petrol futures fiyatlarına uygulanan birim kök testlerinin sonuçları

Doğrusal Birim Kök Testi	ADF		-1.516
	LNV	Model A	-3.815***
Zaman Bağımlı		Model B	-4.085
		Model C	-3.994
	KSS	Demeaned	-1.956
Durum Bağımlı		Detrended	-5.042*
	Sollis	Demeaned	2.269
		Detrended	14.168*
Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri	OEH	Model A	18.202*
		Model B	17.621*
		Model C	17.220*
Hibrit	OY	Model A	-5.878*
		Model B	-5.937*
		Model C	-5.727*

Not: * ve *** sırasıyla %1 ve %10 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 1'de gösterilen ADF test sonuçlarına göre WTI ham petrol futures fiyatlarının durağan olmadığı ve zayıf formda etkin olduğu görülmüştür. Elde edilen bu değerler doğrusal yapıdaki geleneksel testlere karşı geliştirilmiş eleştirileri destekleyici niteliktedir. Yapılan araştırmalarda piyasa içerisindeki sürtüşmelerin varlığı, yatırımcıların aldıkları kararlardaki farklar gibi birtakım etkenler nedeniyle özellikle zaman serilerinin doğrusal bir yapıda olmadığı ve geleneksel birim kök testlerin doğrusal yapısının ise bu serilerdeki durağanlığı yakalama konusunda yetersiz olduğu ifade edilmektedir.

Tablo 1'de ayrıca LNV, KSS, Sollis, OEH ve OY testlerine ait sonuçlar da yer almaktadır. Doğrusal olmayan yapıya sahip olan bu testlerin hepsi seri içerisindeki durağanlığı tespit etmekte başarılı olduğu sonuçlardan anlaşılmaktadır. Dolayısıyla WTI futures fiyatları zayıf formda etkindir.

Tablo 2. Brent ham petrol futures fiyatlarına uygulanan birim kök testlerinin sonuçları

Doğrusal Birim Kök Testi	ADF		-1.414
	Zaman Bağımlı	LNV	-4.455**
		Model A	-4.688**
		Model B	-4.645***
	Durum Bağımlı	Model C	-1.827
		KSS	-4.490*
		Demeaned	2.040
		Detrended	10.997*
		Sollis	17.012*
		Model A	15.929*
Doğrusal Olmayan Birim Kök Testleri	Hibrit	Model B	14.375*
		Model C	-5.654*
		Model A	-5.646*
	Hibrit	Model B	-5.315*
		Model C	
		Model A	

Not: *, ** ve *** sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık seviyelerini ifade etmektedir.

Tablo 2’de ise Brent ham petrol futures fiyatlarına uygulanmış birim kök testlerinin sonuçları bulunmaktadır. Çıkan sonuçlar WTI futures piyasasına benzerlik göstermektedir. Geleneksel ADF testi dışındaki tüm test sonuçları birim kök ifade eden sıfır hipotezini reddetmekte ve durağanlığı işaret etmektedir.

Genel olarak ele alındığında dünyadaki ham petrol piyasasındaki en büyük iki aktör olan WTI ve Brent petrol piyasaları, 1988’den itibaren alınan aylık fiyat verileri doğrultusunda incelendiğinde piyasa etkinliği anlamında farklı testler ile değişen sonuçlar ifade etmektedir. Farklı serilerde birim kök testlerinin durağanlığı saptamadaki gücü de zaman serisinin özelliklerine bağlı olarak değişecektir. Bu nedenle, farklı fonksiyonel formların kullanılması ve serinin yapısı hakkında bilgi vermesi, bu araştırmanın yapılmasının temel nedenlerinden biridir. Örnek verilmesi gerekirse, KSS ve Sollis testlerinin ikisi de birim kök test ederken, boyut doğrusal olmama durumunu, LNV testi ise, zamana bağlı doğrusal olamama durumu ile ilgilenmektedir. Deterministik bileşenlerde zaman bağımlılık veya değişen doğrusalsızlık durumu aynı zamanda yapısal kırılma olarak da sınıflandırılabilir.

OY ve OEH testleri duruma bağlı doğrusalsızlığı, diğer bir deyişle boyut doğrusalsızlık durumu ile yapısal kırılmaları birleştiren hibrit testlerdir. Sonuçlara göre de bu hibrit testler, tüm modellerinde her iki seride de durağanlığı yakaladığı için kullanılan testler arasında en başarılı olan testler olarak görülmektedir. Dolayısıyla bu sonuçlar, serilerin keskin ve anlık olanlar yerine bir rejimden diğerine yumuşak geçişli yapısal kırılmalar sergilediğini göstermektedir. Her iki hibrit testin yanı sıra LNV testinin sonuçlarından da durağanlığı yakalamada başarılı olduğu görülmektedir. Elde edilen bu bulgular doğrultusunda, hibrit testlerin ve LNV testinin yapısal kırılma testleri olması sebebi ile serilerin içerisinde yapısal kırılmaların mevcut olduğu çıkarımı yapılabilmektedir.

Elde edilen değerler ve yapılan değerlendirmeler sonucunda çalışmanın ham petrol piyasalarının etkinliğine ilişkin Taback (2003), Serletis ve Rangel-Ruiz (2004), Coimbra ve Esteves (2004), Maslyuk ve Smyth (2008) tarafından yapılan çalışmalar ile çeliştiği görülmektedir. Aktan vd. (2019) tarafından da vurgulandığı üzere doğrusal ADF birim kök testi sonuçları bulgularını desteklerken, doğrusal olmayan testlerden elde edilen bulgular ise aksini göstermektedir.

5. Sonuç

Enerji fiyatlarının ve tüketiminin araştırılması literatürde oldukça fazla karşıya çıkmakla birlikte,

spesifik olarak ham petrol fiyatlarını ele alan etkinlik çalışmalarının literatürde yetersiz olduğu gözlemlenmektedir. Fama (1970)'nin yaptığı çalışmalar doğrultusunda bir piyasa etkin ise, piyasaya gelen bilgiler anında fiyatlara yansımakta ve gelecek için fiyat tahminin yapılmasını imkânsız hale getirmektedir. Dolayısıyla fiyatlarda rassal yürüyüş olduğu söylenmektedir.

Bir piyasanın rassal yürüyüş izleyip izlememesinin bazı politika sonuçları vardır, örneğin, etkin olmayan bir piyasa arbitraj yatırımcılar için fırsatları sağlar, ayrıca büyümeye yardımcı olur (Lawal vd., 2017; Lawal vd., 2018; Guo vd., 2016). Bu nedenle, piyasa fiyatlarının etkinliği hedger'lar, brokerler ve diğer özel yatırımcılar (kurumsal veya bireysel) gibi çeşitli aktörlere önemli katkılar sağlamaktadır. Hangi yatırım stratejisinin benimsenmesi konusunda onlara faydalı olacaktır. Piyasada etkili rollerde bulunanlar, piyasa etkinliğine ilişkin bilgileri kullanarak ekonomiyi ilerletmek için hangi politikayı manipüle edeceklerini bileceklerdir.

Bu nedenle, bu çalışma, çeşitli doğrusal ve doğrusal olmayan birim kök testleri kullanarak WTI ve Brent ham petrol piyasalarının zayıf formda piyasa etkinliğini incelemeyi amaçlamaktadır. Veriler, aylık futures fiyatlarından oluşmakta ve Temmuz 1988'den Haziran 2022'ye kadar olan dönemi kapsamaktadır. Elde edilen bulgular içerisinde doğrusal yapıdaki ADF testi diğerlerinden farklı bir sonuç ortaya koymaktadır ve her iki seride de birim kök varlığını desteklemektedir. ADF testinden elde edilen sonuçlara göre, piyasalar rassal hareket etmekte olup yatırımcılar ne temel ne de teknik analiz yaparak ilerisi için fiyat tahmini yapamayacaktır. Ancak uygulanan diğer birim kök testlerinde sıfır hipotezi reddedilmiş ve piyasaların durağan, bir başka ifade ile etkin olmadığı gösterilmektedir. Sonuçlar, serilerin keskin ve anlık olanlar yerine bir rejimden diğerine yumuşak geçişli yapısal kırılmalar sergilediğini göstermektedir. Bir başka ifade ile, ele alınan dönem içerisinde yaşanmış olan pandemi, savaş, terör saldırıları gibi farklı olayların ham madde fiyatlarında bir rejim değişikliği yapmış olduğu ama bu değişimin anlık değil yumuşak bir geçiş sergilediği olarak da yorumlanabilmektedir.

Bir serinin durağan olması demek o seriye ait ortalama veya varyansın değişkenlik göstermediği anlamına gelmektedir ki bu değişkenliğin nedeni genelde mevsimsel dalgalanmalar, konjonktürel etkiler veya düzensiz hareketler olarak belirtilmektedir. Piyasalardaki sürtüşmeler (market frictions), işlem maliyetleri, bu piyasadaki aktörlerin arasındaki uyumsuzluklarla beraber düşünce yapılarındaki farklılıklar ve diğer davranışsal faktörler bu finansal verilerde doğrusal olmayan bir harekete neden olabilir. Ayrıca, ele alınan dönem içerisindeki savaşlar, terör saldırıları, salgın hastalıklar da değişikliklere neden olabilecek önemli olaylar arasında yer alabilmektedir. Dolayısıyla, ülkelerin yapısal kırılmaları veya konjonktürleri ve dolayısıyla finansal döngüleri dikkate alınmadan elde edilen sonuçlar yanlış politikalar yapılmasına neden olmuş olabilir. Bu çalışma, doğrusal olmama, yapısal kırılmalar ve finansal döngüler hakkındaki bilgileri dahil ederek önceki araştırmaların politikalarını geliştirmekte ve bunlara katkıda bulunmaktadır.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların hem devlet politikalarında kullanılmak üzere hem de bireysel yatırımcılar adına kritik politika çıkarımları olacaktır. İlk olarak, elde edilen sonuçlar ham petrol fiyatlarının Etkin Piyasa Hipotezi'ne göre hareket etmediğini ve serilerin durağan olduğunu kanıtlamaktadır. Bu nedenle, WTI ve Brent ham petrol piyasalarında karlı arbitraj fırsatları olduğuna dair bir gösterge bulunmaktadır. Durağanlık, ham petrol fiyatlarına yönelik şokların geçici etkileri olacağını da ifade etmektedir. Bir başka ifade ile istisnai durumlar dışında, yapısal olarak değişiklik meydana getirecek herhangi bir şok yaşanması durumunda piyasada, fiyat ayarlaması gerçekleşecek ve denge durumu oluşacaktır. Fiyatların durağanlık göstermesi dolayısıyla piyasanın etkin olmaması, fiyatların geçmiş davranışları incelenerek gelecekteki hareketlerinin tahmin edilebileceğini göstermektedir. Sağladığı arbitraj olanakları nedeniyle, piyasaların etkin olmaması demek, bu piyasalardaki yatırımcıların normal olarak belirlenen noktanın üzerinde getiriler elde etmesini mümkün kılacaktır. Politika yapımcılar ve düzenleyiciler, etkin olmayan bu piyasaları etkin olduğu bir konuma getirebilmek için belirli kararlar veya politikalar tasarlamalı ve ardından uygulamalıdır.

Research Article**Etkin Piyasa Hipotezi ile İlişkili Olarak Ham Petrol Futures Kontrat Fiyatlarının İncelenmesi***Investigating Crude Oil Futures Prices in Relation to the Efficient Market Hypothesis*

Ceyda AKTAN Doç. Dr., Türk Hava Kurumu Üniversitesi İşletme Fakültesi caktan@thk.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-7040-4711	Eşref KULOĞLU Dr. Öğr. Üyesi, Bayburt Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi esrefkuloglu@bayburt.edu.tr https://orcid.org/0000-0001-8117-6224
--	--

Extended Abstract

Crude oil market is regarded as among the largest commodity markets in the World and contributes greatly to World's energy consumption and hence could be said to occupy a strategic position within the energy industry. The discovery and extraction, as well as its shipment is a very time consuming process which also requires the necessary infrastructure to be already present for its efficient processing. This infrastructure includes the necessary pipelines for efficient and effective transportation to different parts of the world, the necessary storage facilities and refineries.

This trillion dollar energy market that Crude oil is part of has a profound effect on various different business sectors. Companies located within sectors such as aviation or agriculture are heavily dependent on fuel and are intensely affected by the changes in the conditions affecting crude oil, especially when it involves prices. Companies regularly need real-time information about the price formation in these markets in order to make the right energy and investment policy planning. The dispersion of information within the market is referred to as its efficiency. Through market efficiency the relationship between information and price formation can be clearly understood.

The theory behind market efficiency is the Efficient Market Hypothesis (EMH), which states that the market uses and accurately reflects all available information instantaneously if it is fully efficient making sure that abnormal returns are highly unlikely during trade on information that is available. The efficiency measurements are conducted based on three different levels named as: weak, semi-strong, and strong forms of market efficiency. The weak form is the most basic level which considers the reflection of only the past information on prices, whereas the semistrong form deals with both past and public information available. The strong form is the extreme level in efficiency and happens when all information, whether it is past, public, or private, is reflected in prices.

EMH provides important information on the dynamics relating to crude oil markets and their effects on different world economies as well as on different regions. The stochastic characteristics of prices of crude oil have effects on various activities which can be listed as forecasting, hedging, as well as speculation. For this reason, the aim of the study is to test the weak form efficiency of Brent and West Texas Intermediate (WTI) crude oil prices.

An analysis of past literature on the topic of efficiency shows that energy prices are one of the most time series taken to be investigated. However, most studies appear to focus on energy prices individually, such as oil or electricity prices (Huang et al., 2005; Kaufmann and Laskowski, 2005; Maslyuk and Smyth, 2008; Lee et al., 2010; Li et al., 2012; Kisswani and Nussair, 2013; Noguera, 2013; Raza et al., 2016). Other classification of past studies are based on the methods used. to test the efficiency of prices or markets. When looking at past studies using traditional linear tests in general, it is observed that the majority of them fail to capture the stationarity in crude oil prices. Crude oil prices constitute a time series where studies show that many economic and financial time series follow nonlinear processes due to market frictions, transaction costs, disagreements between the actors in this market (Hasanov and

Omay, 2007). For this reason, in order to avoid any mistakes, the issue of nonlinearity needs to be taken into consideration.

The data used in the study was obtained from investing.com and includes Brent and WTI crude oil futures prices. These monthly data covers the period from July 1988 to June 2022 making up a total of 408 observations for each series. The natural logarithms were taken first before being used in the study. Because past research indicates that prices of energy do not behave symmetrically, the methodology used to capture possible structural breaks or the nonlinearity should include different dynamics. Therefore, in order to see the effects of the dynamics of different tests, various unit root tests are applied to analyze Brent and WTI crude oil futures prices. In total, among the 6 different unit root tests one of them is the traditional ADF test which has a linear structure. Nonlinear unit root tests consist of tests developed by Leybourne et al. (1998), Kapetanios et al. (2003), Sollis (2009), Omay and Yildirim (2014) and Omay et al. (2018). The null hypothesis of the study gives an indication of the existence of a unit root which means that the market in which the series are taken is efficient. The alternative hypothesis, on the other hand, if holds, shows that there is stationarity in the series and the market will be understood as being inefficient.

ADF test results showed that WTI crude oil futures prices were not stationary and were effective in weak form. This finding supports the argument that the performances of traditional unit root tests with a linear structure are not as effective as nonlinear ones. Recent research has opposite arguments on the ability of linear unit root tests to show the stationarity within time series. It is revealed in studies that majority of the time series, whether they are economic or financial, follow nonlinear processes. The reason for this is stated as the existence of market frictions, transaction costs, and differences in beliefs between the actors in these markets as ones that make these financial time series non-linear. However, in other unit root tests applied, the null hypothesis was rejected and it was understood that the markets were stationary, in other words, they were not efficient. Both OY and OEH hybrid tests are seen as the most successful tests among the ones used, as they capture the stationarity in both series in all models. Therefore, the results indicate that both of these series contain structural breaks that have a smooth transition between regimes, rather than sharp ones with instantaneous changes. LNV test was also seen to be effective in understanding the unit root properties of the series and indicated that structural breaks exist within crude oil prices.

An overall look into the results obtained tells that structural breaks do exist within the time series analyzed and that the transition from one regime to another is a smooth one. The inefficiency of the market due to the stationarity of prices shows that the future movements of prices can be predicted by examining their past behavior. Due to the arbitrage opportunities provided, markets that are not found to be weak form efficient will provide opportunities for investors to earn above normal returns. Stationarity detected can mean that if price of crude oil experiences a shock, the effects of it will only be temporary. To put it differently, although there were some exceptions, when there is a substantial shock which results in a structural change within the market, prices will adjust and return to equilibrium. The inefficiency of the market due to the stationarity of prices shows that the future movements of prices can be predicted by examining their past behavior.

The findings obtained as a result of this study may have crucial policy implications. To begin with, there is overwhelming evidence of stationarity within the series, implying that crude oil prices do not follow the foundations that lie under the Efficient Market Hypothesis. Therefore, there is an indication that there are arbitrage opportunities which are profitable in both the WTI and Brent crude oil markets. Policymakers will, however, face an important challenge as it is crucial for them to come up with such policies as to try and make the market as efficient as possible to eliminate any possible predictions regarding energy prices. Having these markets efficient will prevent price forecasts and eliminate arbitrage opportunities and prevent investors from gaining abnormal returns.