



PETROL PİYASASINDA OYNAKLIĞIN ÖNGÖRÜLMESİ: GARCH MODELLERİ İLE BİR UYGULAMA *

Forecasting Volatility Of Crude Oil Market: An Application With Garch Models

Yrd. Doç. Dr. Samet EVCİ

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İİBF, Uluslararası Ticaret ve Lojistik Bölümü, Osmaniye/Türkiye
Doç. Dr. Mehmet CİHANGİR

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Osmaniye/Türkiye

Arş. Gör. Erhan ERGİN

Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi, İİBF, Osmaniye/Türkiye

Evcı, S.; Cİhangir, M. ve Ergin, E. (2017). "Petrol Piyasasında Oynaklığın Öngörülmesi: Garch Modelleri İle Bir Uygulama", Vol:3, Issue:14; pp:122-128 (ISSN:2149-8598)

ARTICLE INFO

Article History

Makale Geliş Tarihi

Article Arrival Date

30/07/2017

Makale Yayın Kabul Tarihi

The Published Rel. Date

01/09/2017

Anahtar Kelimeler

Petrol Piyasası, Oynaklık,
GARCH Modeli, Asimetrik Etki

Keywords
Crude Oil Market, Volatility,
GARCH Models, Asymmetric
Effect

ÖZ

Bu çalışmanın amacı petrol fiyatlarındaki oynaklığın tahmini, buna ilişkin uygun modelin ve dağılımın belirlenmesidir. Bu amaçla çalışmada 02.01.2007-30.12.2016 tarihleri arasındaki Brent petrolüne ilişkin USD/Varil günlük getiri serileri kullanılmıştır. Petrol fiyatlarındaki oynaklığı modellemek için normal ve student-t dağılımlı Genelleştirilmiş Ototegresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli ile olumlu ve olumsuz haberlerin oynaklık üzerindeki etkisini ortaya koymak amacıyla asimetrik GARCH modelleri arasında yer alan Üssel GARCH (EGARCH) modeli kullanılmıştır. Simetrik ve asimetrik GARCH modelleri arasında en uygun modelin belirlenmesinde hata istatistiklerinden yararlanılmıştır. Çalışmadan elde edilen bulgular, Brent petrol piyasasında volatilitenin modellenmesinde normal dağılımlı simetrik ve asimetrik GARCH modellerine kıyasla student-t dağılımlı simetrik GARCH(1,1) modelinin daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır.

ABSTRACT

The aim of this study is to estimate the volatility of oil prices and to determine the appropriate model and distribution for forecasting oil market volatility. For this purpose, the USD / barrel daily return series on Brent oil for the time periods from January 02, 2007 to December 31, 2016 are used in the study. To model oil price volatility, generalized autoregressive conditional heteroskedasticity (GARCH) models based on normal and student-t distributions and exponential GARCH (EGARCH) model, which is one of the asymmetric GARCH models that demonstrate the influence of positive and negative news on volatility are used. Error statistics are used to determine the most appropriate model between symmetric and asymmetric GARCH models. Analysis results suggest that GARCH (1,1) model based on student-t distribution performs better than symmetric and asymmetric GARCH models based on normal distribution in modelling the volatility of Brent oil market.

1. GİRİŞ

Ham petrol dünya ekonomisinde kritik rol oynayan bir emtia olduğu için fiyatındaki değişimler araştırmacılar, politika yapıcıları ve piyasa katılımcıları arasında büyük endişe yaratmaktadır (Wang ve Wu, 2012, s.2167). Bunun yanı sıra ham petrol birçok ürünün girdisini oluşturmaktadır. Dolayısıyla petrol fiyatlarındaki dalgalanmadan bu ürünlerin üretildiği sektörlerin de etkilenmesi kaçınılmazdır. Bu bağlamda finansal varlıkların fiyatlandırılması, riskten korunma stratejilerini planlanması ve portföyün finansal riskinin yönetimi için petrol fiyat oynaklığının tahmini önem arz etmektedir (Charles ve Darne, 2014).

Bir değişkenin, bir süre boyunca dalgalanması, o değişkenin oynaklığının bir belirtisidir ve oynaklık sıklıkla beklenen değerden sapma olarak tanımlanmaktadır (Ezzati, 2013, s.1). Oynaklık, bazen standart sapma veya varyans, bazen de bunların zamanının kareköküyle ilişkilendirilmiş bir şekilde ifade edilmektedir (Korkmaz ve Bostancı, 2011, s.4). Geleneksel ekonometrik modellerde oynaklığın

*Bu çalışma 11-14 Mayıs 2017 tarihleri arasında Gaziantep'te düzenlenen AL-FARABİ Kongresinde sunulan çalışmanın genişletilerek hazırlanmıştır.

ölçülmesinde varyansın sabit olduğu varsayılmaktadır (Özden, 2008, s.340). Fakat finansal zaman serilerinde görülen aşırı basıklık, volatilité kümelenmesi ve kaldıraç etkisi nedeniyle varyans sabit olmamakta, zamana bağılı olarak değişim göstermektedir (Mazıbaş 2005, s.4; Özden, 2008, s.340). Bu kapsamda çalışmada değişen varyansın tahmin edilmesine olanak sağlayan Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli kullanılmıştır. Ayrıca olumlu ve olumsuz haberlerin oynaklık üzerindeki etkisini belirlemek için asimetrik GARCH modelleri arasında yer alan Üssel GARCH (EGARCH) modeli de çalışmaya dahil edilmiştir.

Finansal zaman serilerinde gözlemlenen aşırı basıklık nedeniyle, varlık getirileri normal dağılıma göre daha sivri ve kalın kuyruklu bir dağılım sergilemektedir (Mazıbaş, 2005, s.4). Bu kapsamda normal dağılım varsayımı altında yapılan öngörüler gerçeği yansıtmayacaktır. Bu nedenle çalışmada, Brent petrol getirilerindeki oynaklığı modellemek için finansal verilerde gözlemlenen aşırı basıklığı yakalamada daha başarılı olan student-t dağılımı da kullanılmıştır. Bu kapsamda çalışmanın amacı, petrol fiyatlarındaki oynaklığın tahmini, buna ilişkin uygun modelin ve dağılımın hata istatistiklerinden hareketle belirlemektir.

Çalışmanın birkaç şekilde literatüre katkı sağlaması beklenmektedir. Çalışma, petrol piyasasında oynaklığın öngörülmesi için uygun modelin belirlenmesine olanak sağlamakta, asimetrik etkiyi dikkate alan değişen varyans modelleri kullanılarak petrol piyasasında yaşanan pozitif ve negatif şokların volatilité üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmada getiri serilerinin dağılım özelliğinin oynaklığın modellenmesi üzerindeki etkisi ortaya konulmaktadır. Çalışmanın bu yönleri ile yatırımcının riskini doğru tahmin etmesine yardımcı olması beklenmektedir. Bunun yanı sıra çalışmada yakın döneme ilişkin verilerin kullanılması, daha önce yapılmış çalışmalarda önerilen modellerin geçerliliğini karşılaştırma olanağı sunmaktadır.

Çalışmanın takip eden bölümlerinde, petrol piyasasında oynaklığın modellenmesini konu alan çalışmalara yer verilmiş; ardından araştırma yöntemi ve veri seti hakkında bilgi verilmiştir. Son olarak araştırma bulguları değerlendirilerek, sonuç kısmına yer verilmiştir.

2. LİTERATÜR

Petrol piyasasında GARCH modelleri ile oynaklığın modellenmesine ve en uygun modelin belirlenmesine dayanan çok sayıda çalışma bulunmaktadır.

Narayan ve Narayan (2007) tarafından yapılan çalışmada, 1991- 2006 yıllarına ait ham petrol günlük verileri kullanılarak, EGARCH modeli ile petrol fiyatlarındaki volatilité tahmin edilmeye ve şokların volatilité üzerindeki asimetrik ve kalıcı etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Volatilitenin çeşitli alt örneklerde incelendiği çalışmada, alt örnekler arasında asimetri ve şokların sürekliliği konusunda tutarsız sonuçlar elde edilirken, örneğin tamamında ise şokların volatilité üzerinde kalıcı ve asimetrik etkilere sahip olduğu tespit edilmiştir. Cheong (2009) tarafından yapılan çalışmada, 1993-2008 dönemlerine ait West Texas Intermediate (WTI) ve Brent petrol günlük fiyatları kullanılarak fiyatlardaki volatilitéyi modellemek için GARCH, APRARCH, FIGARCH, FIAPGARCH modelleri kullanılmıştır. Çalışmada FIGARCH tipi modellerin Brent ve WTI petroler için en uygun model olduğu ve WTI petrolün uzun süreli volatilitesindeki yoğunluğun Brent petrolden daha büyük olduğu tespit edilmiştir. Mohammadi ve Su (2010) tarafından yapılan çalışmada Şubat 1997-Mart 2009 dönemine ait 11 uluslararası piyasanın haftalık ham petrol fiyatları kullanılarak ARIMA ve GARCH modelleriyle volatilité tahmin edilmeye çalışılmıştır. Çalışmada örneklem dışı dönemin volatilité tahmininde GARCH, EGARCH, APARCH ve FIGARCH modellerinin performansları karşılaştırılmış ve çoğu durumda APARCH modelinin diğer modellerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Salisu ve Fasanya (2012) tarafından yapılan çalışmada, 2000-2012 dönemine ait WTI petrolün günlük getirileri kullanılarak petrol fiyatları için volatilité modellerinin performansları karşılaştırılmış ve petrol fiyatları küresel finansal kriz döneminde, öncesinde ve sonrasında olmak üzere üç alt dönemde analiz edilmiştir. Petrol fiyatlarındaki volatilitéyi modellemek için simetrik modeller (GARCH(1,1) ve GARCH-M(1,1)) ve asimetrik modeller (TGARCH(1,1) ve EGARCH(1,1)) kullanılmıştır. Petrol fiyatlarının diğer alt dönemlerle karşılaştırıldığında en fazla küresel finansal kriz döneminde oynak olduğu, uygun model seçim kriterine dayalı olarak asimetrik GARCH modellerinin petrol fiyatlarındaki oynaklığı modellemede simetrik modellere göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. Wang ve Wu (2012) tarafından yapılan çalışmada tek değişkenli ve çok değişkenli GARCH modeller kullanarak enerji piyasasının oynaklığı tahmin edilmiştir. Haziran

1992-Nisan 2014 dönemine ait ham petrol (West Texas Intermediate-Cushing Oklahoma), konvansiyonel benzin (New York Harbor), kalorifer yakıtı (New York Harbor) ve jet yakıtı (U.S. Gulf Coast) haftalık spot fiyatları kullanılmıştır. Çalışmada çok değişkenli modellerin tek değişkenli modellerden daha iyi performans gösterdiği, asimetrik etkilere izin veren tek değişkenli modellerin en yüksek doğruluğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Kang vd. (2012) tarafından yapılan çalışmada ise Brent, Dubai, ve WTI ham petrol günlük spot fiyatlarındaki volatilitenin tahmin edilmeye ve volatilitenin uzun hafızalı veya sürekliliği belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmada ham petrol fiyatlarındaki volatilitenin sürekliliğini belirlemek için GARCH(1,1), IGARCH(1,1), CGARCH(1,1), ve FIGARCH(1,1) modelleri kullanılmış, CGARCH ve FIGARCH modellerinin sürekliliği açıklamada GARCH ve IGARCH modellerine göre daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir. Morard ve Bálu (2014) tarafından yapılan çalışmada, Brent, Dubai ve WTI ham petrol fiyatlarının günlük kapanış fiyatları kullanılarak, ham petrol piyasasının oynaklığı normal, student-t ve genelleştirilmiş hata dağılımı (GED) varsayımına dayanan GARCH, EGARCH ve PARARCH modelleri ile tahmin edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgular, ham petrol piyasasında oynaklığın modellenmesinde en uygun modelin normal dağılımlı EGARCH(1,1,1) olduğunu ortaya koymuştur. Ural (2016) çalışmasında, 2005-2015 dönemine ait WTI ham petrol günlük spot fiyatlarından hareketle farklı modellerin oynaklık öngörü performansını karşılaştırmış ve küresel krizin oynaklık üzerindeki etkisi incelemiştir. GARCH, APGARCH, FIGARCH ve FIAPGARCH modellerinin kullanıldığı çalışmada, volatilitenin modellenmesinde örneklem dönemi ve kriz sonrası dönemde çarpık student-t dağılımlı APGARCH ve FIAPGARCH modellerinin, kriz döneminde ise student-t dağılımlı APGARCH modelinin en uygun model olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra çalışmadan elde edilen bulgular, asimetrik GARCH (APGARCH ve FIAPGARCH) modellerinin simetrik modellere göre daha üstün olduğunu, petrol fiyatlarının yüksek volatiliteye ve uzun hafızaya sahip olduğunu ortaya koymuştur.

3. ARAŞTIRMA YÖNTEMİ

Çalışmada petrol fiyatlarındaki oynaklığı modellemek için normal ve student-t dağılımlı Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (GARCH) modeli ile asimetrik GARCH modeli olan EGARCH modeli kullanılmıştır.

Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen GARCH modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir;

$$Y_t = a + b'X_t + \varepsilon_t, \quad \varepsilon_t | \Psi_{t-1} \sim N(0, h_t)$$

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j}$$

Yukarıdaki eşitlikte Y_t ve h_t sırasıyla koşullu ortalama ve koşullu varyansı; ε_t , sıfır ortalamalı ve sabit varyanslı hata terimini; q , hata karelerinin gecikme uzunluğunu; p , koşullu varyansın gecikme uzunluğunu; X_t bağımsız değişken vektörünü; b , parametre vektörünü; α_i ve β_j sırasıyla koşullu varyans üzerindeki ARCH ve GARCH etkilerini α ve α_0 katsayıları ise koşullu varyans denkleminin sabit değerlerini ifade etmektedir.

GARCH modelinin geçerliliği ve koşullu varyansın pozitif olabilmesi için $\alpha_0 > 0$, $\alpha_i \geq 0$ ve $\beta_j \geq 0$ koşulunun sağlanması gerekmektedir (Wang ve Wu, 2012, s.2169). Bunun yanı sıra modelin durağanlığı için α_i ve β_j parametreleri toplamının birden küçük olması zorunludur (Bollerslev, 1986, s. 309).

Çalışmada, simetrik GARCH modellerinin zayıf yönlerini bertaraf etmek amacıyla Nelson (1991) tarafından geliştirilen, asimetrik GARCH modelleri arasında yer alan EGARCH modeli de kullanılmıştır. EGARCH modeli, finansal piyasalarda oluşan aşağı ve yukarı hareketlerin finansal varlıkların gelecekteki volatilitelerinin tahmin edilebilirliği açısından aynı etkiye sahip olmama olasılığını dikkate almaktadır (Yavuz, 2015, s.462). Modelin GARCH modeline göre avantajı, koşullu varyansın olumlu (pozitif şoklar) ve olumsuz haberlere (negatif şoklar) asimetrik bir şekilde tepki vermesine imkân tanınması ve koşullu varyans parametrelerinin pozitif olma kısıtının bulunmamasıdır (Çiçek, 2010, s.16). Nelson (1991) tarafından geliştirilen EGARCH modeli aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\log(\sigma_t^2) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i \frac{|\varepsilon_{t-i}|}{\sigma_{t-j}} + \sum_{i=1}^q \gamma_i \frac{\varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^p \beta_j \log(\sigma_{t-j}^2)$$

$$\varepsilon_t | \Psi_{t-1} \sim N(0, \sigma_t^2)$$

EGARCH modelinin avantajı α , β ve γ parametrelerine ilişkin herhangi bir kısıta yer vermemesidir. σ^2 koşullu varyansı, α katsayısı koşullu varyans üzerinde şokların büyüklüğünü, β katsayısı ise şokların sürekliliğini göstermektedir. γ parametresinin sıfırdan farklı olması durumunda asimetric etkinin varlığı söz konusudur. $\gamma > 0$ ise pozitif şoklar, negatif şoklara göre koşullu varyans üzerinde daha fazla etkili olmaktadır (Saltık, Değirmen, Ural, 2015, s. 480, Narayan ve Narayan, 2007, s. 6551). Bunun yanı sıra varyansın logaritmik olarak modellenmesi parametrelerin pozitif olma gerekliliğini ortadan kaldırmaktadır. Modelin durağanlık koşulu için β_j toplamının birden küçük olması gerekmektedir (Wang ve Wu, 2012, s. 2173).

Çalışmada, petrol fiyatlarındaki oynaklığın modellenmesinde kullanılacak en uygun modeli belirlemek için ortalama hata karesinin kökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) istatistikleri kullanılmıştır (Kenourgios, Samitas ve Drosos, 2008). Model öngörülerinin güvenilirliği açısından hata istatistiklerinin küçük olması gerekmektedir. Hata istatistikleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{k} \sum_{t=n+1}^{n+k} (\hat{\sigma}_t - \sigma_t)^2}$$

$$MAE = \frac{1}{k} \sum_{t=n+1}^{n+k} |\hat{\sigma}_t - \sigma_t|$$

Yukarıdaki eşitliklerde $\hat{\sigma}_t$ ve σ sırasıyla öngörülen volatiliteler ile gerçekleşen volatiliteleri simgelemektedir.

4. VERİ SETİ

Çalışmada, 02.01.2007-30.12.2016 tarihleri arasındaki Brent petrolüne ilişkin USD/Varil günlük spot fiyatları kullanılmıştır. Tablo 1'de günlük spot fiyatlarından (Pt) hareketle hesaplanan logaritmik getirilere ($\ln(Pt/Pt-1)$) ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır.

Tablo 1: Brent Petrol Getiri Serilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

BRENT PETROL	
Ortalama	-0,000027
Medyan	9.63E-05
Maksimum	0.181297
Minimum	-0.168320
Standart Sapma	0.022256
Çarpıklık	0.178705
Basıklık	8.607893
Jarque-Bera	3316.818 (0,0000)
Q(5)	3.5493 (0,616)
Q(10)	12.337 (0,263)
Q ² (5)	239.67 (0,000)
Q ² (10)	438.55(0,000)
ADF	-48.62650 (0,000)
PP	-48.62411 (0,000)
Q(I) ve Q ² (I) değerleri, getiri serisinin hata terimlerinin ve korelasyonunun I gecikmeye kadar sırasıyla otokorelasyon ve değişen varyansa ilişkin Ljung-Box Q istatistiğidir. ADF testi için optimal gecikme sayısı Schwarz bilgi kriterine (SIC), PP testi için Newey-West Bandwidth kriterine göre belirlenmiştir. Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.	

Tablo 1'de görüldüğü üzere Brent petrol piyasasında ortalama günlük getiri negatif ve sıfıra yakındır. Brent petrol için standart sapma 0.022256 olarak gerçekleşmiştir. Jarque-Bera test istatistiği, petrol getiri serisinin normal dağıldığını ifade eden boş hipotezin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Ayrıca serinin sağa çarpık ve aşırı basık bir dağılıma sahip olması da serilerin normal dağılıma sahip olmadığını, finansal zaman serilerinde görülen kalın kuyruklu bir dağılım gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ljung-Box Q istatistiği, Brent petrol için otokorelasyonun olmadığı boş hipotezinin reddedilemeyeceğini gösterirken; değişen varyans testi için kullanılan Q² istatistiği, Brent petrol getiri serisi ortalama denkleminde ait hata terimlerinde değişen varyans sorunu olduğunu ortaya koymaktadır. Getiri serilerinin durağanlığını incelemek için ADF (Augmented Dickey Fuller) ve PP (Phillips Peron) birim kök testleri uygulanmıştır. Sabit terim ve trend içeren modeller kullanılarak

hesaplanan her iki birim kök test istatistiği, %1 anlamlılık düzeyinde serinin birim köke sahip olduğunu ifade eden boş hipotezin reddedildiğini ortaya koymaktadır. Bu durumda petrol getiri serilerinin durağan olduğu kabul edilmektedir.

5. ARAŞTIRMA BULGULARI

Brent petrol getiri serilerinde gözlemlenen oynaklığın tahminine ilişkin uygun modelin belirlenmesi için 02/01/2007-30/12/2016 tarihlerini kapsayan örneklem dönemi ikiye ayrılmıştır. 02/01/2007-11/01/2016 tarihlerini kapsayan örneklem içi dönem, petrol getiri serilerine ilişkin oynaklığın tahmin edilmesinde kullanılacak normal ve student-t dağılımlı GARCH(p,q) ve EGARCH(p,q) modelleri arasından uygun modellerin belirlenmesi için kullanılmıştır. 12/01/2016-30/12/2016 tarihlerini kapsayan örneklem dışı dönemden ise uygun modellerin tahmin gücünü belirlemek için yararlanılmıştır.

Örneklem içi veriler kullanılarak GARCH tipi modeller ile petrol piyasasında oynaklığı modellemek için öncelikle getiri serilerinin GARCH tipi modellemeye uygunluğu incelenmelidir. Bu nedenle brent petrol getiri serisinin ortalama denkleminde Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH-LM testi uygulanmış ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir. Elde edilen bulgular, getiri serilerine ait hata terimlerinde ARCH etkisinin olduğunu savunan alternatif hipotezin %1 anlamlılık düzeyinde kabul edileceğini ortaya koymaktadır. Bu kapsamda koşullu varyans GARCH modelleri dikkate alınarak tahmin edilebilecektir.

Tablo 2: Brent Petrol Getiri Serilerine İlişkin ARCH-LM Test Sonuçları

		BRENT PETROL
LM(5)	T*R ²	148.0338*
	Olasılık değerleri	0.0000
LM(10)	T*R ²	194.4916*
	Olasılık değerleri	0.0000
* İlgili katsayılar %1 güven düzeyinde anlamlıdır,		

Çalışmada üç gecikmeye kadar normal ve student-t varsayımına dayanan GARCH(p,q) ve EGARCH(p,q) koşullu varyans modelleri oluşturulmuştur. Bu modeller arasından en uygun modeller, parametrelerin anlamlılığı ve negatif olmaması, model durağanlık koşulu için gerekli olan parametre toplamalarının birden küçük olması, AIC ve SIC değerlerinin küçük olması kriterlerine göre tespit edilmiştir. Petrol getiri serisi için bu kriterleri sağlayan koşullu varyans modelleri ve bu modellere ilişkin parametre tahminleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3: Brent Petrol Getiri Serilerine İlişkin Koşullu Değişen Varyans Modelleri

BRENT PETROL				
	GARCH(1,1)	EGARCH(1,1,1)	t-GARCH (1,1)	t-EGARCH (1,1,1)
α	2.79E-05	-0.000454	9.80E-05	-0.000158
α_0	9.61E-07**	-0.119744*	9.81E-07***	-0.100412*
α_1	0.049296*	0.104251*	0.044498*	0.092133*
γ_1		-0.048900*		-0.042517*
β_1	0.950183*	0.994841*	0.954513*	0.996184*
AIC	-5.180646	-5.192767	-5.213198	-5.218979
SIC	-5.170553	-5.180151	-5.200582	-5.203840
Q(5) (olasılık değeri)	7.5032 (0.186)	6.6899 (0.245)	7.5573 (0.182)	6.5596 (0.256)
Q(10) (olasılık değeri)	10.584 (0.391)	9.3775 (0.497)	10.760 (0.377)	9.3200 (0.502)
ARCH-LM(5) (olasılık değeri)	6.014289 (0.3048)	4.297399 (0.5074)	5.348093 (0.3749)	4.187363 (0.5228)
ARCH-LM(10) (olasılık değeri)	7.039731 (0.7217)	5.099015 (0.8845)	6.431192 (0.7778)	5.318708 (0.8689)

*, **, *** İlgili katsayılar sırasıyla %1, %5, %10 düzeyinde anlamlıdır.
 Q(I) değerleri, getiri serisinin hata terimlerinin I gecikmeye kadar otokorelasyonuna ilişkin Ljung-Box Q (1978) istatistiğidir. ARCH-LM(5) ve ARCH-LM(10) sırasıyla 5. Ve 10. gecikmeye ilişkin T*R² değerleridir.
 Parantez içindeki değerler olasılık değerlerini göstermektedir.

Brent petrol serisi için normal ve student-t dağılımı varsayımları altında simetrik GARCH modelleri arasında GARCH (1,1) ve t-GARCH(1,1), asimetrik GARCH modelleri arasında ise EGARCH(1,1,1) ve t-EGARCH(1,1,1) uygun modeller olarak belirlenmiştir. Q istatistiği modellerin hata terimlerinde gözlemlenen otokorelasyon sorununun ve ARCH-LM test sonuçları ise değişen varyans sorununun ortadan kalktığını göstermektedir. Koşullu değişen varyans modellerine ilişkin parametre toplamları bire yakın olmakla birlikte, birden küçük olması modellerin durağanlık koşulunu sağladığını ortaya koymaktadır. Bunun yanı sıra oynaklık kalıcılığının yüksek olduğunu yani geçmiş dönemde petrol getirilerinde yaşanan şokların cari dönemde de oynaklık üzerinde etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Asimetrik etkinin varlığını inceleyen EGARCH modellerinde γ parametresi istatistiki açıdan anlamlı ve negatiftir. Bu durumda brent petrol piyasasında olumsuz haberler (negatif şoklar), olumlu haberlere (pozitif şoklar) göre daha fazla oynaklığa neden olmaktadır.

Tablo 3'de belirtilen modellerden hareketle, örneklem dışı veriler kullanılarak modellerin öngörü performansı RMSE ve MAE hata istatistikleri ile karşılaştırılmıştır. RMSE ve MAE değerlerinin küçük olması modellerin öngörü gücünü arttırmaktadır. Modellerin hata istatistiklerine ilişkin değerler Tablo 4'de yer almaktadır. Hata istatistiklerine göre t-GARCH(1,1) modelinin öngörü performansı daha düşük RMSE ve MAE değerine sahip olması nedeniyle diğer modellere göre daha iyidir.

Tablo 4: Modellere İlişkin Hata İstatistikleri

	GARCH(1,1)	EGARCH(1,1,1)	t-GARCH (1,1)	t-EGARCH (1,1,1)
RMSE	0,028569	0,028613	0,028563*	0,028585
MAE	0,0214	0,02144	0,021399*	0,021413
*modeller arasındaki en düşük değer				

6. SONUÇ

Temel enerji kaynakları içerisinde dünya enerji ihtiyacının büyük kısmını karşılayan petrolün fiyatlarındaki ani yükseliş ve düşüşler, hem sektör yatırımcılarının hem de bu emtiaları işleyen ve tüketen işletmelerin maliyetlerinin artmasına ve maruz kaldıkları riskin yükselmesine neden olmaktadır. Bu bağlamda petrol piyasasında fiyat hareketlerini doğru şekilde tahmin edebilen ve riskini etkin şekilde yönetebilen işletmeler ve yatırımcılar, bu piyasaya ne zaman yatırım yapacaklarına ilişkin kararı daha iyi verebilecekler ve karlılıklarını arttırabileceklerdir. Bu kapsamda çalışmada, petrol fiyatlarındaki oynaklığın tahmini, buna ilişkin uygun modelin ve dağılımın belirlenmesi amaçlanmaktadır.

Çalışmada, brent petrol getiri serilerinde gözlemlenen oynaklığın tahminine ilişkin uygun modelin belirlenmesi için 02/01/2007-30/12/2016 tarihlerini kapsayan örneklem dönemi ikiye ayrılmıştır. 02/01/2007-11/01/2016 tarihlerini kapsayan örneklem içi dönem, petrol getiri serilerine ilişkin oynaklığın tahmin edilmesinde kullanılacak normal ve student-t dağılımlı GARCH(p,q) ve EGARCH(p,q) modelleri arasından uygun modellerin belirlenmesi için kullanılmıştır. 12/01/2016-30/12/2016 tarihlerini kapsayan örneklem dışı dönemden ise uygun modellerin tahmin gücünü belirlemek için yararlanılmıştır. Brent petrol serisi için örneklem içi veriler kullanılarak belirlenen uygun modeller GARCH (1,1) ve t-GARCH(1,1), asimetrik GARCH modelleri arasında ise EGARCH(1,1,1) ve t-EGARCH(1,1,1) modelleridir. Bu modellerden hareketle, örneklem dışı veriler kullanılarak modellerin öngörü performansı RMSE ve MAE hata istatistikleri ile karşılaştırılmıştır. t-GARCH(1,1) modelinin öngörü performansının daha düşük RMSE ve MAE değerine sahip olması nedeniyle diğer modellere göre daha iyi olduğu sonucuna varılmıştır.

Genel olarak değerlendirildiğinde çalışmadan elde edilen bulgular; brent petrol piyasasında volatilitenin modellenmesinde normal dağılımlı simetrik ve asimetrik GARCH modellerine kıyasla student-t dağılımlı simetrik GARCH(1,1) modelinin daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Student-t dağılımı, brent petrol getiri serilerindeki aşırı basıklığı yakalamada başarılı olmuştur. Bunun yanı sıra çalışma, brent petrol piyasasında volatilitenin kalıcılığının yüksek olduğunu ve geçmiş dönemde yaşanan şokların cari dönemde de etkisini gösterdiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca olumsuz haberler olumlu haberlere göre brent petrol getirilerinde daha fazla dalgalanmaya neden olmaktadır.

KAYNAKÇA

- Bollerslev, T. (1986). Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31, 307-327.
- Charles, A., & Darne, O. (2014). Volatility Persistence in Crude Oil Markets. *Energy Policy*, 65, 729-742.
- Cheong, C. W. (2009). Modeling and Forecasting Crude Oil Markets Using ARCH-type Models. *Energy Policy*, 37(6), 2346-2355.
- Çiçek, M. (2010). Türkiye'de Faiz, Döviz ve Borsa: Fiyat ve Oynaklık Yayılma Etkileri. *Ankara Üniversitesi SBF Dergisi*, 5(2), 1-28.
- Ezzati, P. (2013). Analysis of Volatility Spillover Effects: Two-Stage Procedure Based on A Modified GARCH-M. Discussion Paper, 13(29). University of Western Australia.
- Kang, S. H., Kang, S. M., & Yoon, S. M. (2009). Forecasting Volatility of Crude Oil Markets. *Energy Economics*, 31(1), 119-125.
- Kenourgios, D., Samitas, A. ve Drosos, P. (2008). Hedge Ratio Estimation and Hedging Effectiveness: The Case of the S&P 500 Stock Index Futures Contract. *International Journal of Risk Assessment and Management*, 9(1/2), 121-134.
- Korkmaz, T. & Bostancı, A. (2011). RMD Hesaplamalarında Volatilite Tahminleme Modellerinin Karşılaştırılması ve Basel II Yaklaşımına Göre Geriye Dönük Test Edilmesi: İMKB 100 Endeksi. *Business & Economics Research Journal*, 2(3).
- Mazıbaşı, M. (2005). İMKB Piyasalarındaki Volatilitenin Modellenmesi ve Öngörülmesi: Asimetrik GARCH Modelleri ile Bir Uygulama. VII. Ekonometri ve İstatistik Sempozyumu. İstanbul: İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri Bölümü.
- Mohammadi, H., & Su, L. (2010). International Evidence on Crude Oil Price Dynamics: Applications of ARIMA-GARCH Models. *Energy Economics*, 32(5), 1001-1008.
- Morard, B., & Bălu, F. O. (2014). Forecasting Crude Oil Market Volatility in the Context of Economic Slowdown in Emerging Markets. *Theor Appl Econ*, 21, 19-36.
- Narayan, P. K., & Narayan, S. (2007). Modelling Oil Price Volatility. *Energy Policy*, 35(12), 6549-6553.
- Nelson, D. B. (1991). Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach. *Econometrica*, 59, 347-70.
- Özden, Ü. (2008). İMKB Bileşik 100 Endeksi Getiri Volatilitelerinin Analizi. *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 13, 339-350.
- Salisu, A. A., & Fasanya, I. O. (2012). Comparative Performance of Volatility Models for Oil Price. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 2(3), 167-183.
- Saltık, Ö., Değirmen, S., & Ural, M. (2016). Volatility Modelling in Crude Oil and Natural Gas Prices. *Procedia Economics and Finance* 38, 476 – 491.
- Ural, M. (2016). Modelling Crude Oil Price Volatility and the Effects of Global Financial Crisis. *Sosyoekonomi*, 24(29). 167-181.
- Wang, Y., & Wu, C. (2012). Forecasting Energy Market Volatility Using GARCH Models: Can Multivariate Models Beat Univariate Models?. *Energy Economics*, 34(6), 2167-2181.
- Yavuz, N.Ç. (2015). *Finansal Ekonometri*. Der Yayınevi: İstanbul.