

ARAŞTIRMA MAKALESİ / RESEARCH ARTICLE

## DÖVİZ KURU OYNAKLIĞINDA ASİMETRİK İŞARET VE BOYUT YANLILIĞININ TEST EDİLMESİ: EURO/TL KUR OYNAKLIĞI ÜZERİNE BİR İNCELEME

### TESTING ASYMMETRIC SIGN AND SIZE BIAS IN EXCHANGE RATE VOLATILITY: AN INVESTIGATION ON EURO/TL EXCHANGE RATE VOLATILITY

Doç. Dr. Hakan DEMİRGİL<sup>1</sup>

Arş. Gör. Sinan YILDIRIM<sup>2</sup>

Arş. Gör. Zübeyde ÇİÇEK<sup>3</sup>

#### ÖZ

Bu çalışmanın amacı Engel ve Ng (1993) nin işaret ve boyut yanlılığı testleri ile belirlenen asimetrik etkileri dikkate alarak döviz kurlarında yaşanan oynaklığın modellenmesidir. Bu doğrultuda, Türkiye'nin dış ticaretinde en büyük paya sahip Avrupa ülkeleri para birimi EURO'nun TL karşısındaki oynaklığı asimetrik GARCH modelleri ile incelenmiştir. EURO/TL döviz kuru değişkenine ait 1999M01-2019M05 dönemi aylık veriler kullanılmıştır. Ampirik sonuçlar, EURO/TL döviz kuru oynaklık serisinin asimetriye sahip olduğunu göstermektedir. Geçmiş dönem kalıntılarının boyutu ve büyüklüğü, döviz kuru oynaklığının açıklanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Asimetrik GARCH modellerinden (E-GARCH, TGARCH ve APGARCH) elde edilen sonuçlar, EURO/TL döviz kurunda meydana gelen pozitif şokların aynı büyüklükte ki negatif şoklardan daha fazla etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir. Son olarak, bu modeller kullanılarak elde edilen öngörü hata istatistiklerine göre EURO/TL döviz kuru oynaklığı tahmini için en iyi modelin TGARCH modeli olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Kur oynaklığı, Asimetri, İşaret ve Boyut Yanlılığı, Asimetrik GARCH Modelleri.

**JEL Sınıflandırma Kodları:** O24, C22, C58.

#### ABSTRACT

The aim of the study is to construct the model of the volatility in exchange rates considering the asymmetric effects determined by Engel and Ng (1993) sign and size bias tests. Accordingly, the volatility of the TL against EURO which is the currency of European countries having the biggest share of Turkey's foreign trade is examined by asymmetric GARCH models. A model using monthly time series data covering the period between 1999M01-2019M05 is employed. The size and dimension of the residuals of the previous period have a significant effect on

<sup>1</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, hakandemirgil@sdu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-9509-7751>

<sup>2</sup> Karadeniz Teknik Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, sinanyildirim@ktu.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0001-7749-7746>

<sup>3</sup> Uludağ Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Ekonometri Bölümü, zubeydekarci@uludag.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-1914-1228>

the explanation of exchange rate volatility. According to the results obtained from the asymmetric GARCH models (E-GARCH, TGARCH and APGARCH), positive shocks in the EURO/TL exchange rate have stronger effect than the negative shocks of the same magnitude. Finally, it is concluded based on forecasting error statistics that the best model for estimating the EURO/TL exchange rate volatility is TGARCH model.

**Keywords:** Exchange Rate Volatility, Asymmetry, Sign and Size Bias, Asymmetric GARCH Models.

**JEL Classification Codes:** O24, C22, C58.

## 1. GİRİŞ

Sabit döviz kuru sistemi, 1970'li yıllarda Bretton Woods Sistemi'nin çöküşünden sonra ülkeler tarafından zamanla terk edilmeye başlanmıştır. Döviz kurunu belirleme işi piyasanın kendisine bırakılmıştır. Böylesi bir durumda, döviz kurunun oynaklığının ve gelecekteki değerinin tahmin edilmesi önemli hale gelmiştir.

Türkiye'de sabit kur sistemi 1980 yılına kadar uygulanmıştır. Sonrasında kademe kademe esnek kur sistemine geçilmiştir. 1980-1989 yılları arası sık sık devalüasyonların yapıldığı sabit kur sistemi uygulanmış, 1989 sonrasında ise tam konvertibilite gelmiş ve 1989-1999 yılları arasında kontrollü serbest kur sistemi uygulanmıştır. 2000-2001 yılları arasında günlük artışların belirlendiği sabit kur sistemi uygulanmıştır. 2001 yılının ikinci yarısından itibaren TCMB'nin sınırlı müdahalede bulunabildiği serbest kur sistemi uygulanmaktadır. (Barışık ve Demircioğlu, 2006:72)

Türkiye'de 1994 yılında yaşanan finansal krizde yüksek oranlı bir devalüasyon yapılmıştır. 2001 krizinde ise dalgalı kur sistemine geçilmiş ve yine Türk Lirası çok fazla değer kaybetmiştir. 1994 krizinde ekonomi %4.66 daralırken, 2001 yılında daralma oranı %5.69 olmuştur. Krizler sonrası iç talep azalsa da, fiyatlar üzerinde önemli ölçüde etkili olan döviz kurları yüzünden enflasyon hızlı bir atış göstermiştir. (Berument, 2002:01) Görüldüğü gibi döviz kurundaki hareketlilik, kriz ortamını tetikleyen faktör olabileceğinden piyasa tarafından serbestçe belirlenen döviz kurunun tahmin edilmesi, alınacak tedbirler açısından önemlidir.

Bu çalışmada döviz kurundaki oynaklık, asimetrik etkiler işaret yanlılık sınavıyla belirlendikten sonra bu sonuca uygun olarak asimetrik GARCH modelleriyle modellenmiştir. Sıradan En Küçük Kareler Yöntemi varsayımlarından biri olan hata terimleri varyansının sabit olduğu (homoscedasticity) varsayımının finansal zaman serilerinde genelde geçerli olmadığı, Engle tarafından (1982) ortaya atılan otoregresif koşullu değişen varyans modelleriyle (ARCH) gösterilmiştir. Buna göre hata terimleri koşullu varyansı, hata terimleri gecikmelerinin karelerine bağlıdır. Bollerslev (1986) ise GARCH modelinde, koşullu varyansın aynı zamanda kendi önceki dönem değerlerine de bağlı olabileceğini belirterek gecikmeleri ARCH modeline açıklayıcı değişken olarak eklemiştir.

Genel olarak asimetrik etkilerin sadece borsalarda haberlere verilen tepkilerde geçerli olduğu düşünülmekte iken, literatür bu durumun döviz piyasalarında görülmediğini savunmaktadır. 1990'lı yılların başında geçerli olan bu görüşün aksine, Gonzalez-Rivera (1998), Kim (1995) gibi çalışmalar döviz piyasalarında oynaklık etkilerinin geçerli olduğunu destekleyen anlamlı bulgular elde etmişlerdir. Böylece döviz kurları ile ilgili yapılan çalışmalarda asimetrik GARCH modellerinin kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır.

Oynaklık üzerindeki asimetrik etkiler Engle ve Ng'nin işaret yanlılık sınavıyla test edilebilir. Asimetrik ARCH-GARCH modellerinde, negatif şokların oynaklık üzerindeki etkisinin pozitif şoklardan farklı olabileceği dikkate alınmıştır. Nelson (1991) hata terimlerinin büyüklüklerinin yanında işaretlerini de hesaba katan üssel GARCH (EGARCH) modelini geliştirmiştir. Taylor (1986) ve Schwert (1989) koşullu varyans yerine standart sapmayı kullanmış ve standart sapmanın bir kuvvetini hata terimlerinin gecikmelerine bağlamışlardır. Ding ve diğerleri (1993) üssel ARCH (PARCH) modelini genelleştirmiştir. İyi ve kötü haberlerin koşullu varyans üzerinde farklı etkilere sahip olabileceği varsayımı altında Zakoian (1994) Eşik ARCH (TARCH) modelini geliştirmiştir.

## 2. LİTERATÜR

Literatürde döviz kuru oynaklığını değişen varyans modelleriyle tahmin eden çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Bunlardan çalışmamızda olduğu gibi öncelikle işaret yanlılık sınavını kullanan Mckenzie (2002), döviz kuru oynaklığındaki asimetriyi tespit etmiştir. GTARCH ve TARCH modelleriyle analizler yapılmış, Avusturya Merkez Bankası'nın günlük müdahalelerinin oynaklığa olumsuz etki yapabileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmadaki PGARCH modeliyle benzer sonuçlar veren, yani döviz kuru oynaklığındaki asimetriyi araştırırken negatif şokların pozitif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkilediği sonucuna ulaşan çalışmalar ise şu şekildedir: Laopodis (1998), Alman Markı'nın değişik para birimlerine karşı değişim oranlarının oynaklık dağılımlarının asimetrik etkilerini incelemiştir. Çok değişkenli üssel GARCH modeliyle yapılan analizde, kötü haberlerin oynaklığı iyi haberlerden daha fazla etkilediği görülmüştür. İlgilenilen ülkelerden Avrupa kıtasında olanlara ait değişkenlerin, sadece Almanya'nın birleşiminden sonraki dönemde asimetrik bir oynaklığa sahip olduğu belirtilmiştir. Lobo ve Tufte (1998), döviz kuru oynaklığını inceledikleri çalışmada Japon Yeni, İngiliz Poundu, Alman Markı, Kanada ve A.B.D. Doları serilerini kullanmışlar, kurdukları EGARCH-M modeli ile seçim dönemlerinden tüm döviz kurlarının etkilendiğini, geçmiş haberlerin veya beklenmedik geçmiş etkilerin döviz kuru koşullu varyanslarını asimetrik etkilediğini ve A.B.D. seçimlerine yakın, beklenmedik dolar devalüasyonunun Yen ve Mark oynaklığını beklenmedik dolar revalüasyonuna göre daha fazla etkilediği sonucuna varmışlardır. Mckenzie ve Mitchell (2002), yoğunlukla çalışılan 17 döviz kuru oynaklığını bir grup ARCH denklemleriyle analiz etmiş ve simetrik etkilerin varlığı durumunda GARCH(1,1) modeli, asimetrik etkilerin varlığında ise kaldıraç terimli veya üssel terimli modellerin daha etkin olduğunu göstermişlerdir. İlgilenilen değişkenlerin 11 tanesinde negatif şokların pozitif şoklara göre döviz kuru oynaklığını daha fazla etkilediği tespit edilmiştir. Kıran(2008) döviz kuru oynaklığını asimetrik üslü ARCH(APARCH) modeli ile tahmin etmeye çalışmıştır. Standart benzerlik oranı testi yardımıyla asimetrik ARCH-GARCH modellerinin diğer ARCH-GARCH modellerine göre daha üstün olduğu görülmüştür. Buna göre olumlu ve olumsuz şoklar döviz kuru oynaklığını asimetrik olarak etkilemektedir. EGARCH modeline bakıldığında negatif şokların oynaklığı pozitif şoklara göre daha fazla etkilediği görülmektedir. Wang ve Yang (2009), 1996-2004 yıllarına ait günlük varyans ve getiri serileri ile Avusturalya Doları, Euro, Japon Yeni ve İngiliz Poundunu Amerikan Doları ile karşılaştırdıkları çalışmalarında döviz kuru pazarındaki asimetriyi incelemişlerdir. Amerikan Dolarının değer kaybetmesinin, Pound ve Avusturya Dolarının değer kazanmasına nazaran oynaklığı daha fazla etkilediği sonucuna varılmıştır. Japon Yeninde ise tam tersi durum söz konusudur. Reel Euro kurundaki oynaklık ise simetriktir. Abdalla (2012), 19 Arap ülkesine uyguladığı panel veri analizinde Ocak 2000-Kasım 2011 dönemine ait günlük veriler kullanarak döviz kuru getiri serilerindeki oynaklığın simetrik ve asimetrik etkilerini incelemiştir. GARCH(1,1) modeline göre para birimlerinden 10 tanesi değişen varyans sürecine sahipken diğerlerinin varyansı sabittir. Kaldıraç etkisini gösteren EGARCH(1,1) modeline göre ise, ilgilenilen para birimlerinin çoğunda negatif şokların pozitif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkilediğini belirten asimetrik etkiler vardır. Çalışmamızda tahmin edilen EGARCH modeli sonuçlarına benzer olarak pozitif şokların negatif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkilediği sonucuna varan çalışmalar da vardır. Örneğin Balaban (2004) döviz kuru üzerinde asimetrik ve simetrik oynaklık modellerinin performansını karşılaştırdığı çalışmada EGARCH ve GJR-GARCH modellerinin GARCH modeline göre daha üstün olduğunu tespit etmiştir. Tahmin edilen EGARCH modeline göre, pozitif şoklar negatif şoklara göre oynaklığı daha fazla etkilemektedir. Longmore ve Robinson (2004), asimetrik ve çok değişkenli koşullu değişen varyans modelleriyle döviz kuru modellemesi ve tahmini yaptıkları çalışmada non-linear GARCH modellerinin linear GARCH modellerine göre daha iyi açıklama gücüne sahip olduklarını tespit etmişlerdir. Finansal pazarlardaki likidite koşulları ve ticaret seviyesi oynaklığı etkileyen ana faktörlerdir. Kurulan EGARCH modeline göre, bu çalışmada olduğu gibi pozitif şoklar negatif şoklara göre oynaklık üzerinde daha fazla etkili bulunmuştur. Çağlayan ve Dayıoğlu (2009), OECD ülkelerine ait döviz kuru getirilerinin oynaklıklarını modellemek ve öngörülerde bulunabilmek için simetrik ve asimetrik koşullu değişen varyans modellerini karşılaştırmışlardır. Sonuçta asimetrik koşullu değişen varyans modellerinin döviz kuru oynaklığını belirlemede daha üstün olduğu ve döviz kuru getirilerinin dağılımlarının aşırı basık ve kalın kuyruğa sahip olduğu tespit edilmiştir. Döviz kuru getirileri artarken oynaklıkların ülkeden ülkeye değişiklik gösterdiği belirtilmiştir. EGARCH modelleri dikkate alındığında Finlandiya, Fransa, Almanya ve İtalya modellerinde negatif şokların oynaklığı pozitif şoklara göre daha fazla artırdığı gözlenirken, diğer OECD ülkelerinde durum tam tersi olmuştur.

Döviz kuru oynaklıklarında asimetrik etkiler bulan diğer çalışmalar ise şunlardır: Olowe (1997), Ocak 1970-Aralık 2007 dönemine ait aylık verilerle Nijerya Nairası/Dolar kurunun oynaklığını GARCH(1,1), GJR-GARCH(1,1), EGARCH(1,1), APARCH(1,1), IGARCH(1,1) ve TS-GARCH(1,1) modelleriyle incelemiştir. Sabit döviz kuru rejimi uygulamasından denetimli dalgalı kur rejimine geçiş dikkate alınmış, her iki dönem de incelenmiştir. Nelson'un ifade ettiği kaldıraç etkisinin varlığına ait hipotez her iki dönemde de reddedilmiştir. APARCH ve GJR-GARCH modelleri dalgalı kur rejimine ait dönemde asimetrik etkilerin varlığını göstermiştir. TS-GARCH ve APARCH modelleri en iyi tahmin sonucunu vermiştir. Fidrmuc ve Horvath (2008), 1999-2006 dönemine ait günlük verilerle seçtikleri bazı Avrupa Birliği ülkelerinin döviz kuru oynaklığını GARCH ve TARARCH modelleri kullanarak analiz etmişlerdir. Seçtikleri ülkeler döviz kuru hedeflemesi yapsa da, kura çok az müdahalede bulunmuşlardır. İlgilenilen döviz kurlarının tamamında döviz kuru oynaklığında asimetrik etkiler

saptanmıştır. Bazı çalışmalarda ise döviz kuru oynaklıkları üzerinde asimetrik etkinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır. Örneğin; Tse(1998) Yen-Dolar kurundaki oynaklığı PGARCH, IGARCH ve FIGARCH modelleriyle incelemiştir. Devalüasyon ve revalüasyonların gelecekteki oynaklık üzerinde benzer etkiye sahip olduğu gözlemlenmiş, kademeli bütünleşik modellerle istikrarlı modeller arasında bir fark bulunamamıştır.

### 3. VERİ, YÖNTEM VE BULGULAR

Engle ve Ng (1993), oynaklıkta asimetrik etkilerin test edilebilmesi amacıyla işaret ve boyut yanlılığı olarak bilinen testleri ileri sürmüşlerdir. Engle-Ng testleri belirli bir veri seti için asimetrik bir modelin gerekliliğini veya simetrik GARCH modelinin yeterli olup olmadığını belirlemek için kullanılmaktadır. Uygulamada bu testler GARCH modelinden elde edilen hata terimlerine uygulanır. İşaret yanlılık sınavında ilk olarak  $D_{t-1}^-$  gölge değişkeni aşağıdaki gibi tanımlanır;

$$D_{t-1}^- = \begin{cases} 1 & \text{eğer } \hat{u}_{t-1} < 0 \\ 0 & \text{değilse} \end{cases}$$

Aşağıda tanımlanan (1) numaralı denklemde gösterilen işaret yanlılık testi, bu denklemde hesaplanan katsayıların anlamlılığına dayanmaktadır (Engle ve Ng, 1993:1759);

$$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- + \nu_t \quad (1)$$

Burada  $\hat{u}$  değişkeni GARCH modelinden elde edilen hata terimleri,  $D^-$  değişkeni negatif hata terimleri için 1, diğerleri için 0 değerini alan kukla değişkeni ifade etmektedir. Eğer  $\hat{u}_{t-1}$  e kadar gerçekleşen pozitif veya negatif şoklar koşullu varyansa etki ederlerse,  $\beta_1$  katsayısı istatistiksel olarak anlamlı olacaktır.

Bununla birlikte oynaklığın şoklara verdiği tepkinin simetrik olup olmaması şokların büyüklüğü veya boyutundan etkilenebilmektedir. Bu durumda, negatif boyut yanlılığı testi yapılacaktır. Negatif boyut yanlılığının test edildiği (2) numaralı denklemde  $D_{t-1}^-$  ise eğim gölge değişkeni olarak kullanılmaktadır. Bu denklemde  $\beta_1$  katsayısı istatistiksel olarak anlamlı ise negatif boyut yanlılığının mevcut olduğu söylenebilir:

$$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- u_{i,t-1} + \nu_t \quad (2)$$

Son olarak,  $D_{i,t-1}^+ = 1 - D_{i,t-1}^-$  eşitliğini kullanarak modele eklenen değişkenin pozitif şokları tanımlaması sağlanmaktadır. Engle ve Ng (1993), aşağıdaki regresyona dayanarak işaret ve boyut yanlılığı için ortak bir test ile sınav yapılmasını önermektedirler:

$$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- + \beta_2 D_{i,t-1}^- u_{i,t-1} + \beta_3 D_{i,t-1}^+ u_{i,t-1} + \nu_t \quad (3)$$

$\beta_1$  katsayısının anlamlılığı, standart GARCH formülasyonunun sahip olduğu simetrik kurgusuyla karşılaştırıldığında, pozitif ve negatif şokların gelecekteki oynaklık üzerinde farklı etkileri olduğunu gösteren işaret yanlılığını belirtmektedir. Bununla birlikte,  $\beta_2$  ve  $\beta_3$  parametrelerinin anlamlılığı sadece işaret değil, aynı zamanda şokun büyüklüğünün de önemli olduğu yanlılığı gösterecektir. (3) numaralı denklemde elde edilecek  $nR^2$  (lagrange çarpanı) değeri ile 3 serbestlik derecesinde  $\chi^2$  dağılımı gösteren bir test istatistiği elde edilerek  $H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = 0$  yokluk hipotezi sınanır.  $nR^2$ 'nin büyük değerleri için, yokluk hipotezi red edilir ve oynaklık asimetrinin önemli olduğu sonucuna ulaşılır.

Çalışmada, Türkiye’de döviz piyasasındaki asimetrik etkilerin belirlenmesi amaçlanmaktadır. Türkiye’nin dış ticaretinde en büyük paya Avrupa Birliği ülkeleri sahip olduğu için, yabancı para birimi Euro olarak seçilmiş ve 1999M01-2019M05 dönemine ait aylık veriler kullanılmıştır. Euro/TL döviz kuru getiri serisinin uygun ARIMA modeli, bilgi kriterleri kullanılarak (2,0,3) olarak belirlenmiş ve ARCH-LM testi uygulanarak koşullu varyans etkisine sahip olduğu belirlenmiştir [ $F:22.75(0.00)$ ]. Buna ek olarak, Census X-12 yöntemi ile serideki mevsimsel etkiler ortadan kaldırılmıştır.

**Tablo 1.** EURO/TL Döviz Kuru Oynaklığının İşaret ve Boyut Yanlılığı Testleri

	$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- + v_t$	$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- u_{i,t-1} + v_t$
$\beta_0$	24.826 (4.081)*	18.518 (3.448)*
$\beta_1$	-16.726 (5.759)*	1.659 (1.450)
	$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^+ u_{i,t-1} + v_t$	$\hat{u}_{i,t}^2 = \beta_0 + \beta_1 D_{i,t-1}^- + \beta_2 D_{i,t-1}^- u_{i,t-1} + \beta_3 D_{i,t-1}^+ u_{i,t-1} + v_t$
$\beta_0$	7.780 (3.084)**	10.696 (4.713)**
$\beta_1$	5.643 (0.941)*	-9.479 (5.433)***
$\beta_2$		-1.147 (1.427)
$\beta_3$		5.875 (0.994)*
$\chi^2$		34.419*

Not:Parantez içerisindeki değerler standart hataları; \*,\*\* ve\*\*\* sırasıyla %1, 5 ve 10'da anlamlılık düzeyini göstermektedir.

Engle-Ng testleri yaşanan bir şokun işaretinin gelecekte oynaklığı tahmin etmede önemli bir role sahip olduğu ya da olmadığını araştırmak için tasarlanmıştır. İlk olarak, tekil regresyon sonuçları, EURO/TL getiri serisi için simetrik GARCH modelinin kalıntılarının negatif boyut yanlılığına sahip olmadığını, pozitif işaret ve boyut yanlılığı sergilediğini göstermektedir.  $\chi^2$  (3) ortak (joint) test istatistiğine göre asimetrisinin olmadığını gösteren yokluk hipotezi red edilmektedir. Buna göre, geçmiş dönem kalıntılarının boyutu ve büyüklüğü, döviz kuru oynaklığının açıklanmasında önemli bir etkiye sahiptir. (1) nolu denklemde tahmin edilen  $\beta_1$  katsayısı istatistiksel olarak anlamlıdır. Bu sonuç koşullu varyansın, şokların pozitif ve negatif ayrımına bağlı olarak etkilendiğini göstermektedir. (2) ve (3) nolu denklemlerde ise,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  ve  $\beta_3$  katsayılarının tahminlerine bakıldığında pozitif şokların anlamlı etkiye sahipken negatif şokların koşullu varyans üzerinde anlamlı bir etkisi olmadığı görülmektedir. Engle-Ng testlerinden elde edilen sonuçlar EURO/TL kurunda oynaklık asimetrisinin var olduğuna işaret etmektedir.

Serilerde beklenmeyen ani artış veya azalışlar, varyanstaki değişimlere neden olur. Oynaklık (volatilite) diye bilinen ani değişimler, koşullu varyansla ifade edilmektedir. Değişen varyanslı tek değişkenli yapıda ele alınan bu oynaklık ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) ve GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity) modelleri ile tahmin edilmektedir. Ele alınan birden fazla değişken olması durumunda çok değişkenli (multivariate) GARCH (MGARCH) modelleri ile tahmin edilmektedir (Bozkurt, 2009:126). ARCH modelinde koşullu varyans hata terimlerinin gecikmeli değerleriyle ifade edilmektedir. ARCH(q) modeli;

$$ARCH(p) \sim N(0, \sigma_t^2)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \quad (4)$$

şeklinde dir. ARCH modelinin ortalaması 0, koşulsuz varyansı sabit, koşullu varyansı zamana bağlı olarak değişmektedir (Engle ve Kroner,1995:124). ARCH modelinin genelleştirilmesi ile ortaya çıkan GARCH(p,q) modeli:

$$\varepsilon_t / \psi_{t-1} \sim N(0, \sigma_t)$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_p \sigma_{t-p}^2 \quad (5)$$

olarak ele alınmaktadır. Bu model ARCH modelinde eşitliğin sağına varyans gecikmeli değerleri eklenecek oluşmuştur. Denklemde koşullu varyansın tanımlı olabilmesi için  $\alpha_0 > 0$ ,  $\alpha_q \geq 0$  ve  $\beta_p \geq 0$  olmalıdır. Ayrıca  $\sum_{i=1}^{\max(p,q)} (\alpha_i + \beta_i) < 1$  koşulu sağlanmalıdır (Bollerslev, 1986:309).

GARCH modeli koşulsuz varyans gecikmeli hata terimlerinin işaretlerinden bağımsız olduğundan varyans yapısındaki asimetriyi belirlemede başarılı değildir. Hata terimlerinin hem büyüklüklerini hem de işaretlerini hesaba katarak Üssel GARCH (EGARCH) modeli geliştirilmiştir. Bu modelin koşullu varyans denklemi aşağıdaki gibidir:

$$\ln(\sigma_t^2) = w + \sum_{i=1}^q \frac{\alpha_i |\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^p \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2) \quad (6)$$

Burada  $\gamma$  parametresinin istatistiksel olarak anlamlı olması oynaklık yapısındaki asimetriyi belirtmektedir.  $\gamma$  'nın pozitif olması pozitif şokların oynaklık üzerinde daha fazla etki oluşturduğu,  $\gamma$  'nın negatif olması ise negatif şokların oynaklık üzerinde daha fazla etki oluşturduğu anlamına gelmektedir (Nelson, 1991:350; Miron ve Tudor, 2010:79).

Kaldıraç etkilerini gösteren GARCH modellerinden bir diğeri TGARCH'dır. TGARCH pozitif şoklarla negatif şokların etkisinin simetrik olmadığını dikkate alır. TGARCH modellerinde,  $\varepsilon_{t-1} = 0$  eşik değeri olarak kabul edilirse; olumlu haberlerin ( $\varepsilon_{t-i} > 0$ ) koşullu varyans üzerindeki etkisinin olumsuz haberlerin ( $\varepsilon_{t-i} < 0$ ) koşullu varyans üzerindeki etkisinden daha az olacağı varsayımına dayanır. TGARCH modelinde bu etkiler, modele  $D_{t-i}$  kukla değişkeni eklenerek tanımlanır. Buna göre, TGARCH(p,q) modeli aşağıdaki gibidir (Zakoian, 1994:933):

$$\sigma_t = w + \sum_{i=1}^q \beta_j \sigma_{t-j} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \gamma_i D_{t-i} \varepsilon_{t-i}^2 \quad (7)$$

$$D_{t-i} = \begin{cases} 1 & \varepsilon_{t-i} < 0 \\ 0 & \varepsilon_{t-i} \geq 0 \end{cases} \quad (8)$$

(7) nolu eşitlikte ele alınan  $\gamma$  parametresinin istatistiksel olarak anlamlı olması oynaklık yapısındaki asimetriyi belirtmektedir. Eğer kaldıraç etkisi varsa,  $\gamma$  katsayısının pozitif olması beklenmektedir. TGARCH modelinde kaldıraç etkisi, pozitif şokların ( $\alpha$ ) etkisinden daha büyük olarak negatif şokların ( $\alpha + \gamma$ ) etkisi şeklinde gözlenmektedir (Dutta, 2014:103). Buna göre, iyi haberlerin ve kötü haberlerin etkisi birbirinden farklılık gösterecektir. İyi haberler koşullu varyans üzerinde  $\alpha$  katsayısı kadar etkiye sahipken, kötü haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkisi  $\alpha + \gamma$  kadar olacaktır. Kaldıraç etkisi,  $\gamma$  parametresinin sıfırdan büyük olması ( $\gamma > 0$ ) durumunda gerçekleşecektir.

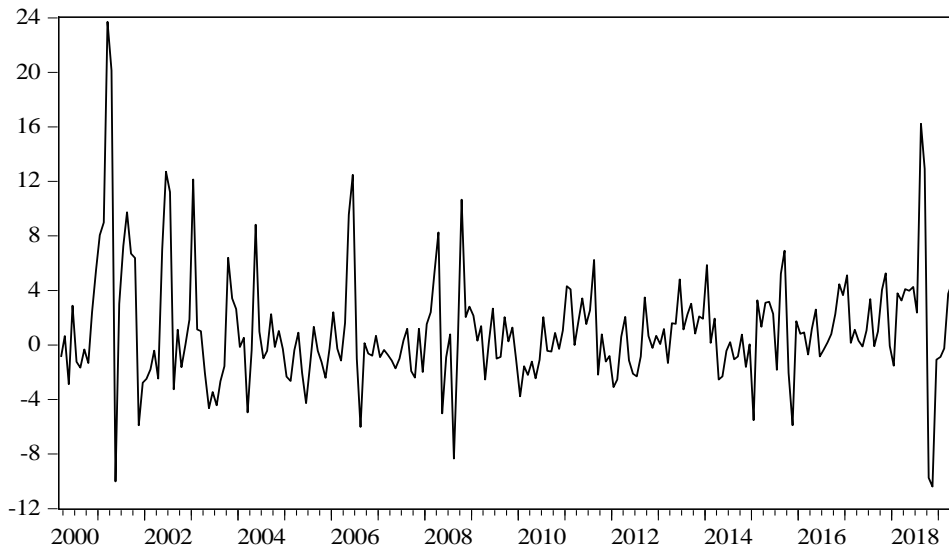
Ding, Granger ve Engle tarafından geliştirilen genelleştirilmiş asimetrik üssel ARCH (APGARCH) modeli klasik modellerdeki zaman serisi verilerinin mutlak değeri veya karesini almak yerine, verilerin dönüşümünün verinin kaçınıcı kuvveti ile olduğunu analiz etmektedir. APGARCH modeli aşağıdaki gibidir (Bollerslev, 2007:23):

$$\sigma_t^d = w + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^d \quad (9)$$

Modelde  $\gamma$  asimetrik parametreyi,  $d$  ise üssel terim parametresini göstermektedir. Denklemden  $w > 0$ ,  $d \geq 0$ ,  $\beta_j \geq 0$ ,  $\alpha_i \geq 0$  ve  $-1 < \gamma_i < 1$  koşulları geçerlidir. Asimetrik parametrenin sıfırdan küçük değerler alması ( $\gamma < 0$ ), pozitif şokların negatif şoklara göre oynaklık üzerinde daha fazla etki oluşturduğu anlamına gelmektedir (Dutta, 2018:50).

Bu çalışmada asimetrik etkilerin varlığına bağlı olarak EURO/TL döviz kurundaki oynaklık EGARCH, TGARCH ve APGARCH yöntemleri ile incelenecektir. Model tahminlerinden önce seriye ait durağanlık sınamaları yapılmıştır. Tablo 2'de yer alan ADF, Phillips-Perron ve KPSS test sonuçları EURO/TL döviz kuruna ait oynaklık serisinin düzeyde durağan olduğunu göstermektedir.

Şekil 1. EURO/TL Oynaklık Serisi (Mevsimsel Etkilerden Arındırılmış)



**Tablo 2.** Birim Kök ve Durağanlık Sınamaları

Seri	ADF			Phillips-Perron			KPSS	
	S	S/T	-	S	S/T	-	S	S/T
EURO/TL	-10.231*	-10.217*	-9.821*	-10.055*	-10.034*	-9.821*	0,171	0,165
	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)	I(0)

(\*), (\*\*) ve (\*\*\*) sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. ADF testi için Schwarz bilgi kriteri ile gecikme uzunluğu seçilmiştir. Phillips\_Perron ve KPSS testleri için Newey-West bant genişliği Bartlett Kernel kullanılarak belirlenmiştir.

EURO/TL döviz kuru getiri serisi için tek değişkenli ARIMA(2,0,3)-E-GARCH, ARIMA(2,0,3)-TGARCH ve ARIMA(2,0,3)-APGARCH sonuçları Tablo 3'te yer almaktadır. Ortalama denklemlerin ve varyans denklemlerinin sabit terimleri %1, %5 ve %10 düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlıdır. Tek değişkenli E-GARCH, TGARCH ve PGARCH modellerindeki ARCH ( $\alpha$ ) ve GARCH( $\beta$ ) %1 ve %5 düzeylerinde anlamlıdır ve kullanılan modellerin uygunluğunu doğrulamaktadır. Modellere ait Ljung-Box ardışık bağımlılık testleri seri korelasyon sorunu olmadığını göstermektedir. Ayrıca, ARCH-LM testi sonuçları modellerin koşullu değişen varyans etkisini ortadan kaldırmada yeterli olduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 3.** E-GARCH, TGARCH ve APGARCH Modelleri Tahmin Sonuçları

	E-GARCH	TGARCH	APGARCH
<b>Ortalama Denklem</b>			
Sabit	0.762**	0.743**	0.726**
AR(1)	-1.622*	-1.624*	-1.628*
AR(2)	-0.823*	-0.822*	-0.831*
MA(1)	2.093*	2.114*	2.117*
MA(2)	1.617*	1.652*	1.659*
MA(3)	0.362*	0.383*	0.387*
<b>Varyans Denklemi</b>			
w	0.353***	3.527*	0.779*
$\alpha$	0.324**	0.622*	0.236*
$\gamma$	0.337*	-0.615*	-0.949*
$\beta$	0.727*	0.382**	0.463*
d			0.631**
LB(10)	2.743 (0.739)	3.394 (0.639)	2.607 (0.760)
LB <sup>2</sup> (10)	3.468 (0.968)	3.384 (0.971)	4.068 (0.944)
ARCH-LM	0.013 (0.907)	0.098 (0.754)	0.261 (0.609)

(\*), (\*\*) ve (\*\*\*) sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir. Parantez içerisindeki değerler test istatistiklerinin olasılık değerleridir. LB(10) ve LB<sup>2</sup>(10) sırasıyla standartlaştırılmış hata terimleri ve standartlaştırılmış hata terimlerinin karelerinin Ljung-Box seri korelasyon testlerini göstermektedir.

EURO/TL döviz kurunun getiri serilerine ait koşullu varyansların şoklara karşı benzer tepkiler verdiği görülmektedir. E-GARCH modelinde asimetrik etkinin varlığını belirleyen  $\gamma$  istatistiksel olarak anlamlı ve pozitif işarete sahiptir. Bu model pozitif şokların negatif şoklara göre daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermektedir. TGARCH tahminlemede asimetri terimi anlamlı ve negatif işarete sahiptir. Pozitif şokları temsil eden  $\alpha$  katsayısı 0.622, negatif şokların etkisini gösteren ( $\alpha + \gamma$ ) katsayılarının toplamı ise 0.007 değerine eşittir. Negatif şokların etkisini gösteren ( $\alpha + \gamma$ ) katsayılarının toplamı sıfıra çok yakın bir değer aldığından, iyi haberlerin koşullu varyans üzerindeki etkisinin kötü haberlere göre daha belirgin olduğu görülmekte ve EURO/TL döviz kurunda meydana gelen pozitif şokların aynı büyüklükte ki negatif şoklardan daha fazla etkiye sahip olduğuna işaret etmektedir. APGARCH modelinden elde edilen sonuçlarda EGARCH ve TGARCH modellerine benzer şekilde pozitif şokların daha fazla etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4.** Kurulan Modellere Ait Hata İstatistikleri

	<b>E-GARCH</b>	<b>Sıralama</b>	<b>TGARCH</b>	<b>Sıralama</b>	<b>APGARCH</b>	<b>Sıralama</b>
Ortalama Mutlak Yüzde Hata (MAPE)	148.833	<b>3</b>	160.343	<b>2</b>	131.254	<b>1</b>
Ortalama Mutlak Hata (MAE)	1.9628	<b>2</b>	1.9627	<b>1</b>	1.947	<b>3</b>
Ortalama Hata Karelerinin Kökü (RMSE)	2.177	<b>1</b>	2.194	<b>2</b>	2.211	<b>3</b>
Theil eşitsizlik Katsayısı (TIC)	0.429	<b>2</b>	0.425	<b>1</b>	0.448	<b>3</b>
Yanlılık Oranı (Bias Proportion)	0.249	<b>2</b>	0.241	<b>1</b>	0.308	<b>3</b>

Çalışmada asimetrik modeller kullanılarak EURO/TL kurunun öngörülenmesi yapılmıştır. Oynaklık tahminlerinin etkinliğinin belirlenmesi amacıyla tahmin hata istatistiklerinden ortalama hata karelerinin karekökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE), ortalama mutlak yüzde hata (MAPE), Theil eşitsizlik katsayısı (TIC) ve yanlılık oranından faydalanılmıştır. Asimetrik modellere ait hata istatistikleri Tablo 4'te yer almaktadır. Kriterler incelendiğinde, kullanılan modeller arasında özellikle MAE ve RMSE değerlerinin birbirine yakın olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, TIC ve yanlılık oranı en düşük model TGARCH modelidir. Tabloda her modelin kriter sıralamalarına göre, toplamda ve ortalamada en düşük skorlara sahip olduğundan, EURO/TL kurundaki oynaklığın tahminlenmesinde ARIMA(2,0,3)-TGARCH modelinin en iyi tahminlemeyi yaptığı sonucuna ulaşılmıştır.

#### 4. SONUÇ

Kaldıraç etkisi olarak da adlandırılan, oynaklığın pozitif ve negatif şoklara verdiği asimetrik tepkiler konusu finansal ekonometri literatüründe sıklıkla çalışılmaktadır. Döviz kurlarında meydana gelen oynaklıklarda kaldıraç etkisinin belirlenmesi amacıyla çok sayıda ampirik model kullanılmıştır. Ancak, özellikle ülkemizde bu konuda yapılan çalışmaların büyük bir kısmında, değişkenlerin asimetrik etkiye sahip olduğu öncül olarak test edilmemektedir.

Bu eksikliği gidermek amacıyla çalışmada ilk olarak, Engle ve Ng (1993) nin işaret ve boyut yanlılığı testleri yardımıyla EURO/TL döviz kurundaki oynaklıkların asimetrik tepkileri belirlenmiştir. EURO/TL döviz kurundaki oynaklık ARIMA(2,0,3)-E-GARCH (1,1), ARIMA(2,0,3)-TGARCH (1,1) ve ARIMA(2,0,3)-APGARCH (1,1) modelleri ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, asimetrik etki modellerde benzerlik göstermektedir. E-GARCH, TGARCH ve APGARCH modellerinde, EURO/TL kurundaki yükselişlerin düşümlere göre oynaklığı daha fazla etkilediği görülmektedir. TL'nin yabancı para birimleri karşısında değerinde yaşanan oynaklığın tahmin edilmesi, döviz piyasaları yanında döviz kurunda yaşanan değişimlerden etkilenebilecek ilgili bütün piyasalarda ortaya çıkacak risk dağılımının değerlendirilmesi açısından önem taşımaktadır. Piyasalarda riskin yönetilmesi amacıyla uygun politikalar geliştirmek için oynaklığın doğru bir biçimde tahmin edilmesi gerekmektedir. Asimetrik GARCH modellerini kullanarak elde edilen oynaklık öngörülleri ve etkinlik katsayılarına göre en iyi modelin ARIMA(2,0,3)-TGARCH (1,1) olduğuna karar verilmiştir. EURO/TL döviz kuru oynaklığı için gelecek değer öngörülerinde TGARCH modelinin kullanılabilir olduğu görülmektedir. Bu çalışmanın bulguları, döviz, finans, enerji gibi döviz kurunda yaşanan değişimlerden etkilenecek piyasalarda ilgili kurumların ve politika yapıcıların riskten korunma stratejilerini oluşturmalarına katkı sağlayacaktır.



## KAYNAKÇA

- Abdalla S.Z.S. (2012). "Modelling Exchange Rate Volatility Using GARCH Models: Empirical Evidence from Arab Countries", *International Journal of Economics and Finance*, 4(3), 216-229.
- Balaban E. (2004). "Comparative Forecasting Performance of Symmetric and Asymmetric Conditional Volatility Models of An Exchange Rate", *Economics Letters*, 83(1), 99-105.
- Barışık S. ve Demircioğlu E. (2006). "Türkiye'de Döviz Kuru Rejimi, Konvertibilete, İhracat-İthalat İlişkisi (1980-2001)", *ZKÜ Sosyal Bilimler Dergisi*, 2(3), 2006, 71-84.
- Berument H. (2002). "Döviz Kuru Hareketleri ve Enflasyon Dinamiği: Türkiye Örneği", Bilkent Üniversitesi Yayınları.
- Bollerslev, T. (1986). "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity". *Journal of Econometrics*, 31(3), 307-327.
- Bollerslev, T. (2007). "Glossary to ARCH (GARCH)". Duke University and NBER.
- Bozkurt, H. (2009). "M-GARCH Modellerinin Karşılaştırmalı Analizi". *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* (18)2, 126 – 145.
- Çağlayan E. ve Dayıoğlu T. (2009). "Döviz Kuru Getiri Volatilitésinin Koşullu Değişen Varyans Modelleri İle Öngörüsü", *Ekonometri ve İstatistik e-Dergisi*, 9, 1-16.
- Ding, Z., Granger, C.W.J. ve Engle, R. F. (1993). "A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model, *Journal of Empirical Finance*", 1, 83-106.
- Dutta, A. (2014). "Modelling Volatility: Symmetric or Asymmetric GARCH Models?", *Journal of Statistics: Advances in Theory and Applications*, 12(2), 99-108.
- Dutta, A. (2018). "Forecasting Ethanol Market Volatility: New Evidence from the Corn Implied Volatility Index", *Biofuels, Bioprod. Bioref.* 13, 48–54.
- Engle R.F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity With Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 50(4), 987-1008.
- Engle, R.F. ve Kroner, K.F. (1995). "Multivariate Simultaneous Generalized ARCH", *Econometric Theory*, 11(1), 122-150.
- Engle, R.F. ve Ng, V.K. (1993). "Measuring and Testing The Impact of News on Volatility. *The Journal of Finance*, 48(5), 1749-1778.
- Fidrmuc J. ve Horvath R. (2008). "Volatility of Exchange Rates in Selected New EU Members: Evidence from Daily Data", *Economic Systems* 32(1), 103-118.
- Gonzalez-Rivera, G. (1998). "Smooth Transition GARCH Models", *Studies in Nonlinear Dynamics and Econometrics*, 3, 61–78.
- Kim, S. K. (1995). "Modelling Changes in Daily \$A Exchange Rates: An Application of GARCH, C.S. Forbes, P. Kofman and T.R.L. Fry (Ed.), in *Proceedings of the Econometrics Conference*, Monash University, Victoria, 489–526.
- Kiran B. (2008). "Döviz Kuru Volatilitésinin Asimetrik Üslü Arch (Aparch) Modeli ile Tahmini", *Review of Social, Economic & Business Studies*.
- Laopodis N.T. (1998). "Asymmetric Volatility Spillovers in Deutsche Mark Exchange Rates", *Journal of Multinational Financial Management*, 8(4), 413-430.
- Lobo B.J. ve Tufte D. (1998). "Exchange Rate Volatility: Does Politics Matter?", *Journal of Macroeconomics*, 20(2), 351-365.
- Longmore R. ve Robinson W. (2004). "Modelling and Forecasting Exchange Rate Dynamics: An Application of Asymmetric Volatility Models", *Bank of Jamaica, Working Paper WP2004/03*.

- Mckenzie M. (2002). "The Economics of Exchange Rate Volatility Asymmetry", *International Journal of Finance And Economics* 7, 247–260.
- Mckenzie M. ve Mitchell H. (2002). "Generalized Asymmetric Power ARCH Modelling of Exchange Rate Volatility", *Applied Financial Economics*, 12, 555-564.
- Miron, D. ve Tudor, C. (2010). "Asymmetric Conditional Volatility Models: Empirical Estimation and Comparison of Forecasting Accuracy". *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 13(3), 74-92.
- Nelson, D. B. (1991). "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach". *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 347-370.
- Olowe R.A. (1997). "Modelling Naira/Dollar Exchange Rate Volatility: Application of GARCH and Assymmetric Models", *International Review of Business Research Papers*, 5(3), 377-398.
- Schwert, W. (1989). "Stock Volatility and Crash of '87", *Review of Financial Studies*, 3, 77–102.
- Taylor, S. (1986). *Modeling Financial Time Series*, New York, USA: John Wiley & Sons Ltd.
- Tse Y.K. (1998). "The Conditional Heteroscedasticity of the Yen-Dollar Exchange Rate", *Journal of Applied Econometrics*, 13(1), 49-55.
- Wang J. ve Yang M. (2009). "Asymmetric Volatility in The Foreign Exchange Markets", *Journal of International Financial Markets, Institutions*, 19(4), 597-615.
- Zakoian, J.M. (1994). "Threshold Heteroskedastic Models". *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931-955.