



# Ardahan Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi

<https://dergipark.org.tr/tr/pub/aruiibfdergisi>



## Dolar ve Euro kurları ile BİST 100 endeksi getiri oynaklığının modellenmesi ve yayılımı: GARCH ve MGARCH modelleri ile bir uygulama\*

*Modeling and spillover of BIST 100 index return volatility with Dollar and Euro exchange rates: an application with GARCH and MGARCH models*

Özlem Altun<sup>a</sup>, Emre Esat Topaloğlu<sup>b\*\*</sup>

<sup>a</sup> Bilim Uzmanı, Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak, Türkiye, altunozlem.1994@gmail.com, ORCID: 0000-0002-1609-5812

<sup>b</sup> Doç. Dr., Şırnak Üniversitesi, İİBF, İşletme Bölümü, Şırnak, Türkiye, emresatopal@sirnak.edu.tr, ORCID: 0000-0001-8771-779X

### MAKALE BİLGİSİ

#### Makale geçmişi:

Başvuru: 8 Eylül 2022

Kabul: 19 Eylül 2022

#### Anahtar kelimeler:

Volatilite Yayılımı,

GARCH,

Diagonal-VECH

#### Makale türü:

Araştırma makalesi

### ARTICLE INFO

#### Article history:

Received: 8 September 2022

Accepted: 19 September 2022

#### Keywords:

Volatility Spillover,

GARCH,

Diagonal-VECH

#### Article type:

Research article

### ÖZET

Bu çalışmada, USD-EURO kurları ve BIST 100 endeksi getiri serilerinin oynaklık modellenmesi yapılmış ve aralarındaki volatilitte yayılımı incelenmiştir. Veriler 2000-2019 dönemi haftalık olarak ele alınmıştır. Serilerin oynaklık modellenmesinde ARCH-GARCH, volatilitte yayılımlarında ise MGARCH modellerinden yararlanılmıştır. Analiz sonucuna bakıldığında, oynaklık modellenmesinde USD ve EURO serileri için GARCH(1,1), BIST 100 endeksi getiri serisi için EGARCH(1,1) modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca seriler arasında volatilitte yayılımı gözlemlenmiş ve en yüksek ilişki seviyesinin USD-EURO serileri arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

### ABSTRACT

In this study, the volatility modeling of the USD-EURO exchange rates and the BIST 100 index return series and to reveal the volatility spillover between them is analyzed. The data were considered weekly for the period 2000-2019. Volatility structure of the were firstly determined by ARCH-GARCH models and then the volatility spillover among them was determined by MGARCH models. Looking at the analysis result, it is determined that GARCH(1,1) model is suitable for USD and EURO series and EGARCH(1,1) model is suitable for BIST 100 index return series in volatility modeling. Was concluded that the highest correlation level was between the USD-EURO series.

\* Çalışma, Özlem Altun'un 2020 yılındaki yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

\*\* Sorumlu yazar / Corresponding author

E-posta / E-mail: emresatopal@hotmail.com

Atıf / Citation: Altun, Ö. ve Topaloğlu, E. E. (2022). Dolar ve Euro kurları ile BİST 100 endeksi getiri oynaklığının modellenmesi ve yayılımı: GARCH ve MGARCH modelleri ile bir uygulama. *Ardahan Üniversitesi İİBF Dergisi*, 4(2), 125-133.

## 1. Giriş

Finansal piyasalarda varlıkların fiyatlarında oluşan değişimler yatırımcıların yatırım kararı almasında etkin rol oynamaktadır. Bir piyasada fiyatlarda meydana gelen oynaklıklar volatilité kavramını ifade etmektedir. Bu oynaklıklar simetrik olan ARCH, GARCH ve asimetrik olan EGARCH, TGARCH, APGARCH, IGARCH koşullu değişen varyans modelleri ile tahmin edilebilmektedir. Volatilitenin yüksek olduğu piyasalarda risk oranı yüksek, düşük olduğu piyasalarda risk oranı düşüktür. Yatırımcı minimum risk ile maksimum getiri kazancı elde etmek isteyeceğinden volatilitenin düşük olduğu piyasalara yönelmektedir.

Finansal piyasalar arası küreselleşme ile daha da artmaya başlayan etkileşimler, bir piyasadaki oynaklığın diğer bir piyasaya olumlu ya da olumsuz yayılmasına sebep olabilmektedir. Volatilité yayılımı karşılıklı bağımlılıkları yüksek olan piyasalarda daha etkilidir. CCC-MGARCH, DIAGONAL VECH ve DIAGONAL BEKK modelleri volatilité yayılımının tahmininde kullanılan modellerdir.

Araştırmanın amacı, Dolar, Euro ve BIST100 endeksi getiri serilerinin oynaklık modellemelerini ve seriler arasındaki volatilité yayılımlarını tespit etmektir. Oynaklık modelleri ARCH-GARCH, volatilité yayılımları ise MGARCH modelleri ile incelenmiştir. Çalışma sonucu elde edilen bulguların politika uygulayıcıların, bireysel ve kurumsal yatırımcıların alacakları yatırım kararları için önem arz ettiği düşünülmektedir.

## 2. Literatür Taraması

Literatürde oynaklığın modellenmesi ve volatilité yayılımı konuları üzerine yapılan çeşitli araştırmalar yer almaktadır. Yu (2002), günlük olarak ele aldığı Yeni Zelanda hisse senedi verilerinin volatilitesini modellemiştir. ARCH modellerini kullanmıştır. Elde ettiği sonuçta GARCH (3,2) modelinin önlemlerin seçiminde duyarlı olduğu ortaya çıkmıştır. Nagayasu (2004), 1991-2001 dönemlerini ele alarak Japonya günlük kur verileri oynaklığını GARCH modelleriyle incelemiştir. Çalışma sonucunda kurlar üzerinde müdahalelerin etkili olduğu gözlemlenmiştir. Su ve Knowles (2006) GARCH modellerinden yararlandıkları çalışmalarında Asya Pasifik ülkelerindeki borsa endeksi oynaklıklarının modellemesini yapmışlardır. Sonuç olarak Endonezya ve Kore borsa endekslerinin oynaklığı yüksek çıkmıştır. Erjavec ve Cota (2007) çalışmalarında Zagreb Menkul Kıymetler Borsası'ndaki oynaklığı modellemeye çalışmışlar ve GARCH modellerinden faydalanmışlardır. Elde ettikleri sonuçta iç ilişkilerin borsadaki oynaklığa fazla etki etmediği ortaya çıkmıştır. Başçı (2011) tarafından yapılan çalışmada 2002-2010 dönemlerine ait veriler kullanılarak İMKB Sınai ve Mali endekslerinin günlük oynaklıkları karşılaştırılmış, GARCH ve TGARCH modellerinden faydalanılmıştır. TGARCH(1,1) modelinin oynaklık tahmininde başarılı olduğu sonucuna ulaşmıştır. Kendirli ve Karadeniz (2012) ARCH ve GARCH tekniklerini kullanarak İstanbul Menkul Kıymetler Borsası 30 endeksinin 2008-2012 dönemi günlük verileri kapsamında volatilité modellemesini incelemiştir. Riskin önceden belirlenebilmesinin yatırım kararı alınırken önemli olduğunu elde ettikleri sonuç ortaya koymuştur. Nyoni (2018) çalışmasında, Zimbabve'deki aylık enflasyonun volatilitesini GARCH modeli ile modellemiştir. GARCH(1,1) modelinin en iyi model olduğunu gözlemlemiştir. Yaman ve Koy (2019), ABD doları/ TL kurunun volatilitesini modellemiş ve ARCH modelini kullanmışlardır. TARCH (1,1) modelinin ABD doları/TL kuru volatilitesini daha iyi tanımladığı sonucuna ulaşmışlardır.

Miyakoshi (2003) çalışmasında, Japonya'dan yedi Asya ülkesine ve Amerika'ya yönelik getiri ve volatilité yayılımını araştırmıştır. Hisse senedi

günlük kapanış fiyatlarını 1998-2000 dönemleri kapsamında ele alarak GARCH tipi modeller kullanmıştır. Elde ettiği analiz sonucu değerlendirildiğinde göre Japonya'dan Asya piyasalarına oynaklık yayılımının fazla çıktığı görülmüştür. Inagaki (2007), İngiliz sterlini ve Euro arasındaki oynaklık yayılımını incelemiş, GARCH modelinden yararlanmış ve Euro'dan İngiliz sterlinine doğru tek yönlü yayılımın gerçekleştiğini tespit etmiştir. Demirgil ve Gök (2014) Fransa, Birleşik Krallık ve Almanya piyasaları ve Türkiye pay piyasası arasındaki oynaklık yayılımını incelemiştir. 2 Ocak 2002-30 Eylül 2013 gün sonu verilerini ele almışlar ve VAR-EGARCH modelini kullanmışlardır. Almanya piyasasının getiri ve volatilitenin en büyük yayıcısının olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Gök ve Kalaycı (2014), BIST30 Spot ve Futures piyasalarında volatilité yayılımını araştırmışlardır. VECM-GARCH(1,1)-BEKK modelini uygulamışlardır. Spot piyasa ve endeks futures volatiliteleri arasında iki yönlü yayılımın var olduğunu gözlemlemiştir. Kılıç ve Dilber (2017) çalışmalarında, Türkiye'deki dolar kuru volatilitesinin ve enflasyonun BIST100 endeksi oynaklığına etkisini incelemiştir. GARCH(1,1) modeli kullanmışlardır. Dolar kuru volatilitesinin BIST100 endeksinin oynaklığını düşürdüğünü, enflasyon volatilitesinin ise BIST100 endeksinin oynaklığını arttırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

## 3. Metodoloji

Araştırma kapsamında, 28.05.2000-26.05.2019 tarihleri arasındaki USD/TL kuru, EURO/TL kuru ve BIST 100 endeksinin haftalık verileri ele alınmıştır. Çalışmada Dolar, Euro ve BIST 100 endeksi getiri serilerinin oynaklık modellemesi genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modelleri yöntemleri ile seriler arasındaki volatilité yayılımları ise Diagonal Vech ve CCC (Constant Conditional Correlations) modelleri ile analiz edilmiştir.

Oynaklık modellemelerinden Engle tarafından geliştirilmiş ARCH modeli ve Bollerslev tarafından geliştirilen ve samsuz bir ARCH tanımlaması içeren GARCH modelinde varyansın etkisi simetrik. Bu durum negatif ve pozitif şokların oynaklığa etki derecelerinin aynı olmasını ifade etmektedir. Bu etkinin ayrışmasının yapılabilmesi için GARCH modeli geliştirilmiştir (Topaloğlu, 2020). Nelson tarafından geliştirilen EGARCH (Üssel GARCH) modeli kaldıraç etkilerine izin verip oynaklıkta asimetri oluşturduğundan yanlış tanımlamaları önleyebilmektedir (Tseng vd., 2008:3193). Kaldıraç etkilerini test etmek için kullanılan yaygın modellerden biri de Zakoian'in geliştirdiği TGARCH (Eşik GARCH) modelidir (Abdalla ve Winker, 2012). Olumlu veya olumsuz bir şokun piyasaya etkisini test eden modelin varyans denklemi şöyledir:

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \gamma_i u_{t-i}^2 d_{t-1} + \sum_{j=1}^p \beta_j h_{t-j} \quad (1)$$

$\gamma$  katsayısı kaldıraç ya da asimetri parametresidir. İyi haberler ise  $\alpha_i$  etkisine, kötü haberler  $\alpha_i + \gamma_i$  etkisine sahiptir ve  $\gamma$  pozitif yani anlamlı ise negatif şokların  $\sigma_t^2$  üzerindeki etkisi pozitif şoklara kıyasla daha fazladır (İşçioğlu ve Gülay, 2018). Ding'in ortaya attığı APGARCH modelinde kötü ve iyi haberlerin gelecekteki oynaklıkları öngörülebilir. Modelin denklemi şöyledir:

$$\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}| + \gamma_i \varepsilon_{t-i})^d + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^d \quad (2)$$

$\gamma_i$  kaldıraç parametresini,  $d$  kuvvet parametresini,  $\alpha_i$  ve  $\beta_i$  standart ARCH ve GARCH parametrelerini ifade etmektedir.  $\gamma_i$ 'nin negatif ya da pozitif değeri, serinin mevcut koşullu oynaklığı üzerinde geçmiş şoklara

göre daha etkili olmaktadır (Ural ve Demireli, 2015).

Bollerslev tarafından geliştirilen CCC-MGARCH modelleri ile volatilité yayılımının tespit edilmesinde tek değişkenli modellere göre daha etkindir (Topaloğlu, 2019). Model asimetrik davranışlara uymaz ve pozitif kesinlik koşulunu yerine getirmektedir. Modelin varyans denklemi şöyledir:

$$h_{it} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^{Q_1} \lambda_{iq} \epsilon_{i,t-q} + \sum_{p=1}^{P_1} \lambda_{ip} h_{i,t-p} \quad (3)$$

CCC-MGARCH modeli boyutsallıktan uzak olduğu için tahmin edilecek parametrelerin hesaplaması verimli olmaktadır (Hai ve ark., 2012). Diagonal VECH modeli Bollerslev, Engle ve Wooldridge tarafından önerilmiştir ve varyans denklemi şöyledir:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \times \lambda_1 I_{t-1} + \dots + \lambda_q I_{t-q} + \gamma_1 h_{t-1} + \gamma_p h_{t-p} \quad (4)$$

Burada kovaryansların ve koşullu varyansın her biri tüm gecikmeli koşullu varyansların bir fonksiyonudur ve model varyansa simetrik tepki verir (Anghelache ve ark., 2014). Diagonal VECH modelinin alternatifi olan Diagonal BEKK modeli, koşullu varyans matrisinin pozitif kesinliğini ortaya koymaktadır (Rossi ve Spazzini, 2010). Modelin varyans denklemi şöyledir:

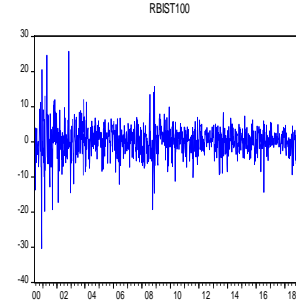
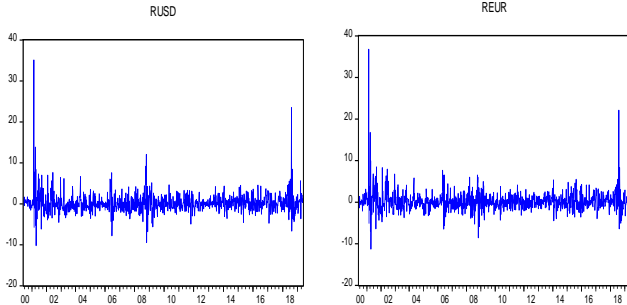
$$h_t = \alpha_0 \alpha_0^T + \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^q A_{ki}^T \epsilon_{t-i} \epsilon_{t-i}^T A_{ki} + \sum_{k=1}^K \sum_{j=1}^p B_{kj}^T H_{t-j} B_{kj} \quad (5)$$

$A$  ve  $B$   $N \times N$  boyutlu parametre matrisleridir. BEKK modelinde parametre sayısı artması model tahminini zorlaştırmaktadır (Büberkökü, 2019:522).

#### 4. Araştırmanın Bulguları

Araştırmada, oynaklık tahmini yapılabilmesi için USD, EURO ve BIST 100 endeksi serilerinin birim kök içerip içermediği ve serilerin normal dağılıp dağılmadığı test edilmiş ve sonrasında ARMA modeli seçimi yapılmış, ARCH-LM ve Hata Terimleri Koreogramları testleri uygulanmış ve model karşılaştırması yapılmıştır. USD, EURO ve BIST 100 serilerinin getirisine yönelik koşullu varyans grafikleri oluşturulmuştur. Seriler arası volatilité yayılımı incelenmiş, üç seri arasındaki yayılım için koşullu kovaryans grafikleri elde edilmiş ve son olarak seriler arası ilişki seviyesi incelenmiştir.

USD, EURO ve BIST 100 fiyat serileri durağan bir yapıda olmadığı için getiri serilerine dönüştürülmüştür. Getiri serileri grafikleri Şekil 1'de yer almaktadır.



Şekil 1. USD, EURO ve BIST 100 serilerine ilişkin getiri grafikleri

Durağanlığı sağlanan getiri grafiklerine bakıldığında, 2001, 2008, 2013 ve 2018 yıllarında sapmaların oluştuğu görülmektedir. Bu yıllardaki ortalamadan sapmaların yerel ve küresel finansal krizler ve siyasi olaylar sonucunda ortaya çıktığını söylemek mümkündür. Ortalama değerlerde olan getiri serilerinin birim kök test sonuçları Tablo 1'de yer almaktadır.

Tablo 1. Birim kök test sonuçları

RUSD							
	T.	F.	Y.	K. D.	t-i.	O. D.	K.
Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.436782	-21.0740	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864269			
			% 10	-2.568275			
	PP	Düzye	% 1	-3.436776	-33.9482	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864266			
			% 10	-2.568273			
Trend ve Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.967412	-21.0655	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414392			
			% 10	-3.129324			
	PP	Düzye	% 1	-3.967402	-33.9350	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414387			
			% 10	-3.129321			

H<sub>0</sub>=Birim Kök Vardır. H<sub>1</sub>=Birim Kök Yoktur.

REUR							
	T.	F.	Y.	K. D.	t-i.	O. D.	K.
Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.436776	-34.7711	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864266			
			% 10	-2.568273			
	PP	Düzye	% 1	-3.436776	-34.6290	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864266			
			% 10	-2.568273			
Trend ve Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.967402	-34.7603	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414387			
			% 10	-3.129321			
	PP	Düzye	% 1	-3.967402	-34.6182	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414387			
			% 10	-3.129321			

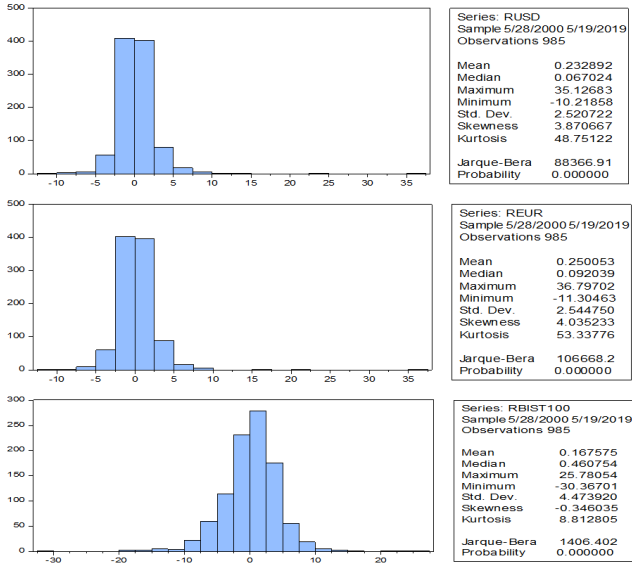
H<sub>0</sub>=Birim Kök Vardır. H<sub>1</sub>=Birim Kök Yoktur.

BIST100							
	T.	F.	Y.	K. D.	t-i.	O. D.	K.
Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.436782	-20.5077	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864269			
			% 10	-2.568275			
	PP	Düzye	% 1	-3.436776	-31.9038	0.0000	I(0)
			% 5	-2.864266			
			% 10	-2.568273			
Trend ve Sabit	ADF	Düzye	% 1	-3.967412	-20.5017	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414392			
			% 10	-3.129324			
	PP	Düzye	% 1	-3.967402	-31.8897	0.0000	I(0)
			% 5	-3.414387			
			% 10	-3.129321			

H<sub>0</sub>=Birim Kök Vardır. H<sub>1</sub>=Birim Kök Yoktur.

T. = Test / F. = Fark / Y. = Yüzde / K. D. = Kritik Değer / t-i. = t-istatistiği / O. D. = Olasılık Değeri / K. = Karar

ADF ve PP birim kök testi sonuçlarına göre olasılık değerlerinin kritik değer olan 0.05'ten küçük çıktığı sonucuna ulaşılmış ve sıfır hipotezi reddedilmiştir. Bu doğrultuda serilerin düzeyde durağan oldukları I(0) belirlenmiştir. Normal dağılım ve tanımlayıcı istatistik değerlerini içeren histogram grafikleri, Şekil 2'de yer almaktadır.



Şekil 2. Tanımlayıcı istatistik histogram grafiği

Histogram grafiğine incelendiğinde USD, EURO ve BIST100 serisine ait getiriler ortalamalarının pozitif olduğu hesaplanmıştır. Serilerin Jarque-Bera olasılık değerleri kritik değer altındadır ve serilerde normal dağılımı karşılayan sıfır hipotezi reddedilmiştir. Çarpıklık katsayıları USD: 3.870, EURO: 4.035, BIST100: -0.346, basıklık katsayıları ise USD: 48.751, EURO: 53.337 ve BIST100: 8.812 olarak hesaplanmıştır. Basıklık, çarpıklık katsayıları ve Jarque-Bera olasılık değerlerine göre serilerin normal dağılımda olmadığı gözlemlenmiştir. Bu yönde AR (p) ve MA (q) değerlerine yönelik 3. gecikmeye kadar kombinasyonlar oluşturulmuştur. Elde edilen değerler Tablo 2’de yer almaktadır.

Tablo 2. Schwarz bilgi kriteri dahilinde ARMA (p/q) seçimi

USD				
p/q	0	1	2	3
0	4.692950	4.700621	4.700014	4.700531
1	4.701630	4.705060	4.698044	4.703785
2	4.698874	4.696218	4.696487	4.706887
3	4.702149	4.702303	4.706587	4.707661

EUR				
p/q	0	1	2	3
0	4.711924	4.715133	4.717253	4.719374
1	4.716621	4.719876	4.717042	4.719671
2	4.716366	4.715423	4.719814	4.718546
3	4.720795	4.721692	4.725675	4.732501

BIST100				
p/q	0	1	2	3
0	5.840389	5.854094	5.852926	5.859788
1	5.854138	5.859180	5.859844	5.864480
2	5.852559	5.859407	5.866264	5.862301
3	5.859372	5.864792	5.862899	5.868750

Her üç seri için de ARMA(0,0) katsayısının en düşük katsayı olduğu tespit edilmiştir. ARMA modeli belirlendikten sonra volatilité tahmini için otokorelasyon ve değişen varyans ve serilerde doğrusal olmayan unsurların varlığının incelenmesi gerekmektedir. Eğer serilerde doğrusal olmayan unsurlar, otokorelasyon ve değişen varyans söz konusu ise oynaklık tahminlemesi yapılmasında ARCH/GARCH türevi modellere ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda 1, 5 ve 10. gecikme değerlerine yönelik ARCH-LM testi yapılmıştır. Analizde elde edilen sonuçlar Tablo 3’te yer almaktadır.

Tablo 3. ARCH LM Değişen Varyans Test Sonuçları

USD				
ARMA (0,0)	F. İ.	F. İ. A.	G. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A.
1.Gec.	3.070946	0.0800	3.067607	0.0799
5.Gec.	4.114830	0.0011	20.27266	0.0011
10.Gec.	2.579475	0.0044	25.40918	0.0046

EURO				
ARMA (0,0)	F. İ.	F. İ. A.	G. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A.
1.Gec.	1.834925	0.1759	1.835233	0.1755
5.Gec.	6.038749	0.0000	29.46630	0.0000
10.Gec.	3.911730	0.0000	38.02085	0.0000

BIST100				
ARMA (0,0)	F. İ.	F. İ. A.	G. R <sup>2</sup>	R <sup>2</sup> A.
1.Gec.	82.63930	0.0000	76.37993	0.0000
5.Gec.	18.30628	0.0000	84.18406	0.0000
10.Gec.	12.36833	0.0000	110.8698	0.0000

F. İ. = F İstatistiği / F. İ. A. = F İstatistiği Anlamlılık / G. R<sup>2</sup> = Gözlenen R<sup>2</sup> / R<sup>2</sup> A. = R<sup>2</sup> Anlamlılık

ARCH-LM testinden elde edilen sonuçlara göre gecikme değerleri için olasılık değerleri kritik değer altındadır ve sıfır hipotezi reddedilmiştir. Dolayısıyla serilerde değişen varyans sorunu olduğu belirlenmiştir. Oynaklık tahmini için diğer bir koşul olan otokorelasyon varsayımı Hata Terimleri Korelogramları dâhilinde analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4’te yer almaktadır.

Tablo 4. Hata terimleri korelogramları

USD					
ARMA (0,0)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	20.Gec.	30.Gec.
AC	-0.079	0.097	-0.030	-0.019	-0.031
PAC	-0.079	0.092	-0.028	-0.017	-0.038
Q-İstatistik	6.234	29.762	36.565	45.097	52.358
Olasılık	0.013	0.000	0.000	0.001	0.007

EURO					
ARMA (0,0)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	20.Gec.	30.Gec.
AC	-0.104	0.100	-0.025	0.004	-0.016
PAC	-0.104	0.104	-0.019	-0.014	-0.026
Q-İstatistik	10.609	30.936	40.426	55.464	59.990
Olasılık	0.001	0.000	0.000	0.000	0.001

BIST100					
ARMA (0,0)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	20.Gec.	30.Gec.
AC	0.279	0.060	0.130	0.162	0.075
PAC	0.279	0.018	0.086	0.061	-0.039
Q-İstatistik	76.672	102.82	165.89	332.47	375.26
Olasılık	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Tablo 4’te yer alan analiz sonuçları incelendiğinde tüm gecikmeli değerlerde Q istatistiği olasılık değeri kritik değer altındadır olduğundan serilerde otokorelasyon sorunu olduğu tespit edilmiştir. Test edilen serilerde doğrusal olmayan unsurlar var ise oynaklık yapısının ortaya konulabilmesi için ARCH/GARCH modelleri kullanılması gerekmektedir. Serilerdeki doğrusal unsurların varlığı Brock, Dechert ve Schienkman (BDS) Doğrusallık testi ile analiz edilmiştir. Analizde elde edilen sonuçlar Tablo 5’te yer almaktadır.

Tablo 5. BDS doğrusallık test sonuçları

	B.	B. İ.	S. H.	z-i.	O. D.
USD	2	0.023920	0.002946	8.119840	0.0000
	3	0.044790	0.004680	9.570830	0.0000
	4	0.059245	0.005571	10.63381	0.0000
	5	0.067246	0.005806	11.58256	0.0000
	6	0.069500	0.005598	12.41497	0.0000

	B.	B. İ.	S. H.	z-i.	O. D.
EURO	2	0.027967	0.002888	9.683350	0.0000
	3	0.053307	0.004588	11.61806	0.0000
	4	0.070368	0.005462	12.88250	0.0000
	5	0.079698	0.005692	14.00171	0.0000
	6	0.080729	0.005488	14.70954	0.0000
BIST100	2	0.013271	0.002729	4.863212	0.0000
	3	0.027287	0.004338	6.290796	0.0000
	4	0.037438	0.005166	7.246556	0.0000
	5	0.043073	0.005386	7.997537	0.0000
	6	0.045989	0.005195	8.852540	0.0000

B. = Boyut / B. İ. = BDS İstatistik / S. H. = Standart Hata / z-i. = z- istatistik / O. D. = Olasılık Değeri

BDS testi olasılık değerlerinin kritik değer olarak kabul edilen 0.05'ten küçük olduğu ve serilerde doğrusal unsur varlığını içermediğini söyleyen sıfır hipotezi reddedilmiştir. Serilerde doğrusal olmayan unsurlar olduğu ortaya çıkarılmış bu nedenle ARMA modeli yerine ARCH ve GARCH modellerine gerek olduğu belirlenmiştir. Volatilite tahmini modelleri için yapılan analiz sonuçları Tablo 6'da yer almaktadır.

**Tablo 6.** ARMA (0,0) volatilitte tahmin modeli sonuçları

Seri	Modeller	Katsayılar							
		$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$
USD	ARCH (1)	3.473	0.398	-	-	-	-	-	-
	ARCH (2)	2.664	0.325	0.228	-	-	-	-	-
	ARCH (3)	2.179	0.241	0.146	0.241	-	-	-	-
USD	GARCH (1,1)	0.301	0.168	-	-	0.780	-	-	-
	USD	TGARCH (1,1)	0.356	0.213	-	-	0.774	-	-0.139
USD	APGARH (1,1)	0.151	0.131	-	-	0.830	-	-0.426	
$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2$ $h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$ $h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \gamma_i u_{t-i}^2 d_{t-1} + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i}$ $\sigma_t^d = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i ( \epsilon_{t-i}  + \gamma_i \epsilon_{t-i})^d + \sum_{i=1}^p \beta_i \sigma_{t-i}^d$									
Seri	Modeller	Katsayılar							
		$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$
EURO	ARCH (1)	3.242	0.455	-	-	-	-	-	-
	ARCH (2)	2.532	0.343	0.241	-	-	-	-	-
	ARCH (3)	2.165	0.276	0.133	0.212	-	-	-	-
EURO	GARCH (1,1)	0.399	0.171	-	-	0.749	-	-	-
EURO	TGARCH (1,1)	0.445	0.219	-	-	0.742	-	-0.127	-

Seri	Modeller	Katsayılar							
		$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$
BIST 100	ARCH (1)	15.922	0.197	-	-	-	-	-	-
BIST 100	ARCH (2)	13.597	0.162	0.168	-	-	-	-	-
	ARCH (3)	11.411	0.145	0.155	0.148	-	-	-	-
BIST 100	GARCH (1,1)	0.272	0.052	-	-	0.930	-	-	-
	BIST 100	EGARCH (1,1)	-0.041	0.095	-	-	0.987	-	-0.038

Tablo 6'da araştırılan modeller uygun değerdeki modellerdir. Tablo dışında tutulan modeller, olasılık değerleri anlamsız olmama veya negatif katsayı taşımama kısıtlarından dolayı raporlanmamıştır. Oynaklık tahmini yapılırken kullanılacak modellerde değişen varyans sorununun çözülüp çözülmediğini araştırmak amacı ile ARCH-LM testi tekrar yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo 7'de yer almaktadır.

**Tablo 7.** ARCH- LM değişen varyans test sonuçları

SERİ	ARCH (1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.
USD ARMA(0,0)	F İstatistiği	0.0157	0.3215	0.1808
	F İstatistiği	0.9003	0.9002	0.9976
	Olasılık	0.0157	1.6148	1.8252
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9002	0.8994	0.9975
	R <sup>2</sup> Olasılık	0.9002	0.8994	0.9975
	ARCH (2)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.
	F İstatistiği	0.0116	0.1553	0.0838
	F İstatistiği	0.9140	0.9784	0.9999
	Olasılık	0.0116	0.7808	0.8476
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9139	0.9782	0.9999
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9139	0.9782	0.9999	
ARCH (3)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	
F İstatistiği	0.0137	0.0349	0.0214	
F İstatistiği	0.9067	0.9994	1.0000	
Olasılık	0.0137	0.1758	0.2171	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9066	0.9994	1.0000	
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9066	0.9994	1.0000	
GARCH (1,1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	
F İstatistiği	0.0068	0.0068	0.0073	
F İstatistiği	0.9342	1.0000	1.0000	
Olasılık	0.0068	0.0344	0.0746	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9341	1.0000	1.0000	
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9341	1.0000	1.0000	
SERİ	ARCH (1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.
EURO ARMA(0,0)	F İstatistiği	0.0222	0.4624	0.2430
	F İstatistiği	0.8814	0.8044	0.9918
	Olasılık	0.0223	2.3209	2.4517
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.8812	0.8032	0.9916
	R <sup>2</sup> Olasılık	0.8812	0.8032	0.9916
	ARCH (2)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.
	F İstatistiği	0.0132	0.4191	0.2149
	F İstatistiği	0.9085	0.8356	0.9950
	Olasılık	0.0132	2.1042	2.1694
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9084	0.8345	0.9949
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9084	0.8345	0.9949	
ARCH (3)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	
F İstatistiği	0.0168	0.3011	0.1545	
F İstatistiği	0.8967	0.9123	0.9988	
Olasılık	0.0169	1.5125	1.5608	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.8966	0.9116	0.9987	
R <sup>2</sup> Olasılık	0.8966	0.9116	0.9987	
GARCH (1,1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	
F İstatistiği	0.0114	0.0093	0.0089	
F İstatistiği	0.9148	1.0000	1.0000	
Olasılık	0.0114	0.0468	0.0908	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9147	1.0000	1.0000	
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9147	1.0000	1.0000	
APGARH (1,1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	
F İstatistiği	0.0101	0.0131	0.0115	
F İstatistiği	0.9199	0.9999	1.0000	
Olasılık	0.0101	0.0660	0.1170	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9198	0.9999	1.0000	
R <sup>2</sup> Olasılık	0.9198	0.9999	1.0000	

SERİ	ARCH (1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.
BIST100 ARMA(0,0)	F İstatistiği	0.0250	1.9705	6.2079
	F İstatistiği	0.8743	0.0806	0.0000
	Olasılık	0.0250	9.8140	58.9895
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.8742	0.0807	0.0000
	<b>ARCH (2)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>
	F İstatistiği	0.0527	1.1514	5.4197
	F İstatistiği	0.8184	0.3314	0.0000
	Olasılık	0.0528	5.7588	51.8984
	Gözlenen R <sup>2</sup>	0.8182	0.3304	0.0000
	<b>ARCH (3)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>
	F İstatistiği	0.0107	0.5035	4.2015
	F İstatistiği	0.9174	0.7738	0.0000
Olasılık	0.0107	2.5265	40.7199	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.9173	0.7725	0.0000	
<b>GARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	
F İstatistiği	2.7798	0.7895	0.8513	
F İstatistiği	0.0958	0.5573	0.5790	
Olasılık	2.7776	3.9558	8.5353	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.0956	0.5558	0.5767	
<b>EGARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	
F İstatistiği	2.7049	0.8010	1.0643	
F İstatistiği	0.1004	0.5489	0.3872	
Olasılık	2.7030	4.0136	10.6472	
Gözlenen R <sup>2</sup>	0.1002	0.5475	0.3857	

SERİ	ARCH (1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	20.Gec.	30.Gec.
BIST100 ARMA(0,0)	AC	0.013	-0.023	-0.010	-0.047	-0.001
	PAC	0.013	-0.024	-0.007	-0.033	-0.002
	Q-İstatistik	0.1590	9.1141	20.305	28.775	44.072
	Olasılık	0.690	0.105	0.026	0.092	0.047
	<b>ARCH (2)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	0.022	-0.011	-0.007	-0.045	0.001
	PAC	0.022	-0.012	-0.004	-0.032	0.002
	Q-İstatistik	0.4730	6.8626	18.010	24.793	38.313
	Olasılık	0.492	0.231	0.055	0.209	0.142
	<b>ARCH (3)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	0.023	-0.009	-0.011	-0.045	-0.001
	PAC	0.023	-0.009	-0.008	-0.032	-0.000
Q-İstatistik	0.5348	7.5317	19.785	27.253	40.034	
Olasılık	0.465	0.184	0.031	0.128	0.104	
<b>GARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>	
AC	-0.001	-0.011	-0.012	-0.022	-0.012	
PAC	-0.001	-0.011	-0.011	-0.016	-0.010	
Q-İstatistik	0.0020	6.4041	10.325	15.011	23.815	
Olasılık	0.965	0.269	0.412	0.776	0.780	
<b>EGARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>	
AC	-0.006	-0.016	-0.006	-0.024	-0.009	
PAC	-0.006	-0.018	-0.005	-0.020	-0.008	
Q-İstatistik	0.0318	6.2688	10.444	15.470	23.288	
Olasılık	0.859	0.281	0.402	0.749	0.803	

Analiz sonuçlarına göre tablo dışında kalan modellerde değişen varyans sorunu çözülememiştir. Değişen varyans sorunu giderilen modellerde otokorelasyon sorununun da olmaması beklenmektedir. Hata terimleri korelogramları hesaplanarak otokorelasyon sorununun var olup olmadığı tekrar incelenmiştir. Analiz sonuçları Tablo 8'de yer almaktadır.

**Tablo 8.** Hata terimleri korelogramları

SERİ	ARCH (1)	1.Gec.	5.Gec.	10.Gec.	20.Gec.	30.Gec.
USD ARMA(0,0)	AC	-0.004	0.029	-0.003	-0.004	-0.006
	PAC	-0.004	0.029	-0.004	-0.006	-0.007
	Q-İstatistik	0.0158	1.6241	1.8628	2.6514	3.1621
	Olasılık	0.900	0.898	0.997	1.000	1.000
	<b>ARCH (2)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	-0.003	0.027	-0.004	-0.005	-0.005
	PAC	-0.003	0.027	-0.005	-0.005	-0.005
	Q-İstatistik	0.0117	0.7897	0.8566	1.2655	1.4533
	Olasılık	0.914	0.978	1.000	1.000	1.000
	<b>ARCH (3)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	-0.004	0.011	-0.004	-0.004	-0.005
	PAC	-0.004	0.011	-0.004	-0.005	-0.005
Q-İstatistik	0.0138	0.1779	0.2196	0.3928	0.5248	
Olasılık	0.906	0.999	1.000	1.000	1.000	
<b>GARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>	
AC	-0.003	-0.000	-0.003	-0.004	-0.004	
PAC	-0.003	-0.000	-0.003	-0.004	-0.004	
Q-İstatistik	0.0069	0.0344	0.0740	0.1389	0.2178	
Olasılık	0.934	1.000	1.000	1.000	1.000	
EURO ARMA(0,0)	AC	-0.005	0.047	-0.004	-0.003	-0.006
	PAC	-0.005	0.047	-0.006	-0.004	-0.007
	Q-İstatistik	0.0224	2.3382	2.4655	2.8104	4.1500
	Olasılık	0.881	0.801	0.991	1.000	1.000
	<b>ARCH (2)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	-0.004	0.046	-0.004	-0.004	-0.005
	PAC	-0.004	0.046	-0.006	-0.004	-0.006
	Q-İstatistik	0.0133	2.1282	2.1867	2.4344	2.6409
	Olasılık	0.908	0.831	0.995	1.000	1.000
	<b>ARCH (3)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>
	AC	-0.004	0.039	-0.004	-0.004	-0.005
	PAC	-0.004	0.039	-0.005	-0.004	-0.005
Q-İstatistik	0.0170	1.5320	1.5770	1.7460	1.9304	
Olasılık	0.896	0.909	0.999	1.000	1.000	
<b>GARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>	
AC	-0.003	0.001	-0.004	-0.003	-0.004	
PAC	-0.003	0.001	-0.004	-0.004	-0.004	
Q-İstatistik	0.0115	0.0468	0.0908	0.1833	0.3096	
Olasılık	0.915	1.000	1.000	1.000	1.000	
<b>APGARCH (1,1)</b>	<b>1.Gec.</b>	<b>5.Gec.</b>	<b>10.Gec.</b>	<b>20.Gec.</b>	<b>30.Gec.</b>	
AC	-0.003	0.004	-0.004	-0.004	-0.005	
PAC	-0.003	0.004	-0.004	-0.004	-0.005	
Q-İstatistik	0.0102	0.0665	0.1178	0.2260	0.3615	
Olasılık	0.920	1.000	1.000	1.000	1.000	

Tablo 8' de bulunan test sonuçları incelendiğinde USD serisi için ARCH(1), ARCH(2), ARCH(3), GARCH(1,1); EURO serisi için ARCH(1), ARCH(2), ARCH(3), GARCH(1,1) ve BIST100 serisi için GARCH(1,1) ve EGARCH(1,1) modelleri haricindeki modellerde otokorelasyon sorunu çözülememiştir. Otokorelasyon ve değişen varyans sorunlarını çözen modeller arasında en geçerli modelleri belirlemek için modeller karşılaştırılmıştır. Modellerin karşılaştırılması amacıyla Kök Ortalama Kare Hata (RMSE) katsayıları dikkate alınmıştır. Bu katsayılara yönelik elde edilen bulgular Tablo 9'da yer almaktadır.

**Tablo 9.** Volatilite modeli karşılaştırmaları

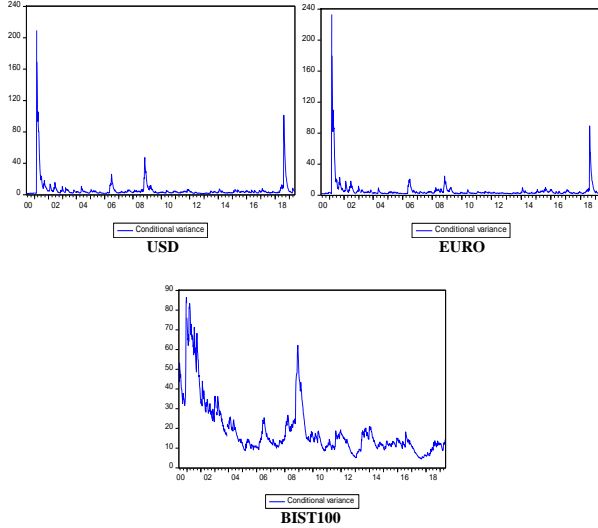
SERİ	Modeller	TIC	RMSE	MAE
USD	ARCH (1)	0.990407	2.528210	1.551419
	ARCH (2)	0.993462	2.528822	1.551526
	ARCH (3)	0.989040	2.527941	1.551376
	GARCH (1,1)	0.982608	<b>2.526720</b>	1.551198
	EURO	ARCH (1)	0.974228	2.550390
ARCH (2)		0.973176	2.550198	1.579559
ARCH (3)		0.973176	2.550198	1.579559
GARCH (1,1)		0.969327	<b>2.549511</b>	1.579453
BIST100		GARCH (1,1)	0.926896	4.475521
	EGARCH (1,1)	0.932552	<b>4.474355</b>	3.157086

USD serisi için en küçük katsayıya sahip (2.526720) ve oynaklık tahmininde en ideal modelin GARCH(1,1); EURO serisi için (2.549511) ve oynaklık tahmininde en ideal modelin GARCH(1,1) ve BIST100 serisi için en küçük katsayıya sahip (4.474355) ve oynaklık tahmininde en ideal modelin EGARCH(1,1) modeli olduğu tespit edilmiştir. USD, EURO ve BIST100 endeks serileri için 28.05.2000-28.05.2019 dönemine ait oynaklık tahmin sonuçları Tablo 10'da yer almaktadır.

**Tablo 10.** Volatilite tahmin sonuçları

Seri	Modeller	Katsayılar							
		$\alpha_0$	$\alpha_1$	$\alpha_2$	$\alpha_3$	$\beta_1$	$\beta_2$	$\beta_3$	$\gamma_1$
USD	GARCH (p=1,q=1)	0.301	0.168	-	-	0.780	-	-	-
EURO	GARCH (p=1,q=1)	0.399	0.171	-	-	0.749	-	-	-
BIST100	EGARCH (p=1,q=1)	-0.041	0.095	-	-	0.987	-	-	-0.038

$\alpha_i$ ,  $\beta_i$  ve  $\gamma_1$  katsayılarının anlamlı olması, sıfırdan büyük çıkması ve ARCH ve GARCH sayılarının toplamının da 1'den küçük olması USD ve EURO serileri için GARCH(1,1) modelini geçerli kılmıştır. BIST100 serisinde EGARCH(1,1) modelinin geçerliliği için oynaklık ile getiri arasındaki ilişki negatif ise  $\gamma_1$  katsayısının negatif olması gerekmektedir ve şartlar sağlanmıştır. Tahmin edilen USD serisi için GARCH(1,1), EURO serisi için GARCH(1,1) ve BIST100 serisi için EGARCH(1,1) modellerine ait koşullu değişen varyans grafikleri Şekil 3'te yer almaktadır.



Şekil 3. USD, EURO ve BIST100 zaman serilerinin koşullu varyansı

Grafikler incelendiğinde, 2001 yılının ilk çeyreğinde, 2007-2008 ve 2018 yıllarında varyansın yüksek çıktığı gözlemlenmiştir. Yaşanan ekonomik ve siyasi olayların serileri etkilediği söylenebilmektedir. Seriler arası volatilitte yayılımı analizi sonucu elde edilen bulgular Tablo 11'de yer almaktadır.

Tablo11. USD-BIST100, EURO-BIST100, USD-EURO Volatilitte Yayılımı

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH = M + A1.*RESID(-1)*RESID(-1)' + B1.*GARCH(-1)					
Diagonal VECH	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	M	-0.186319	0.064637	-2.882561	0.0039
	ARCH(BIST100, BIST100)	0.037911	0.010520	3.603810	0.0003
	ARCH(BIST100,USD)	0.045925	0.014979	3.065942	0.0022
	ARCH(USD, USD)	0.110918	0.021949	5.053493	0.0000
	GARCH(BIST100, BIST100)	0.943900	0.013346	70.72553	0.0000
	GARCH(BIST100, USD)	0.907506	0.024048	37.73795	0.0000
	GARCH(USD, USD)	0.821726	0.026595	30.89746	0.0000

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH(i) = M(i) + A1(i)*RESID(i)(-1)^2 + B1(i)*GARCH(i)(-1) COV(i,j) = R(i,j)*@SQRT(GARCH(i)*GARCH(j))					
USD ↓ BIST100	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	ARCH(BIST100)	0.051651	0.014017	3.684841	0.0002
	GARCH(BIST100)	0.933595	0.015788	59.13355	0.0000
	ARCH(USD)	0.130226	0.026113	4.987076	0.0000
	GARCH(USD)	0.815576	0.029302	27.83352	0.0000
	Rho (BIST100, USD)	-0.538241	0.026011	-20.69280	0.0000
	Df	4.970921	0.382617	12.99191	0.0000

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH = M + A1.*RESID(-1)*RESID(-1)' + B1.*GARCH(-1)					
Diagonal VECH	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	M	-0.194900	0.080944	-2.407827	0.0160
	ARCH(BIST100, BIST100)	0.046260	0.013130	3.523228	0.0004
	ARCH(BIST100,EUR)	0.053223	0.018162	2.930536	0.0034
	ARCH(EUR, EUR)	0.119205	0.025537	4.667994	0.0000
	GARCH(BIST100, BIST100)	0.931195	0.016703	55.74968	0.0000
	GARCH(BIST100, EUR)	0.884739	0.035152	25.16908	0.0000
	GARCH(EUR, EUR)	0.815417	0.031149	26.17772	0.0000

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH(i) = M(i) + A1(i)*RESID(i)(-1)^2 + B1(i)*GARCH(i)(-1) COV(i,j) = R(i,j)*@SQRT(GARCH(i)*GARCH(j))					
EURO ↓ BIST100	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	ARCH(BIST100)	0.047785	0.013814	3.459114	0.0005
	GARCH(BIST100)	0.933718	0.016761	55.70765	0.0000
	ARCH(EUR)	0.132527	0.029327	4.509692	0.0000
	GARCH(EUR)	0.800578	0.035346	22.64961	0.0000
	Rho (BIST100, EUR)	-0.428717	0.029540	-14.51299	0.0000
	Df	5.367445	0.416781	12.87833	0.0000

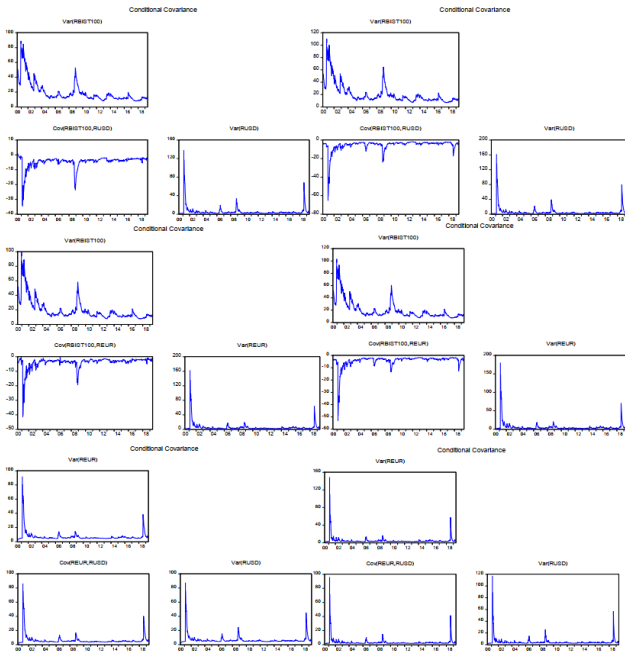
  

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH = M + A1.*RESID(-1)*RESID(-1)' + B1.*GARCH(-1)					
Diagonal VECH	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	M	0.557175	0.090055	6.187051	0.0000
	ARCH(EUR, EUR)	0.065092	0.011051	5.890241	0.0000
	ARCH(EUR,USD)	0.064789	0.009310	6.958952	0.0000
	ARCH(USD, USD)	0.068061	0.010236	6.649222	0.0000
	GARCH(EUR, EUR)	0.854114	0.027677	30.85984	0.0000
	GARCH(EUR, USD)	0.849436	0.025012	33.96160	0.0000
	GARCH(USD, USD)	0.835825	0.025764	32.44200	0.0000

Dönüştürülmüş Varyans Katsayıları					
GARCH(i) = M(i) + A1(i)*RESID(i)(-1)^2 + B1(i)*GARCH(i)(-1) COV(i,j) = R(i,j)*@SQRT(GARCH(i)*GARCH(j))					
USD ↓ EURO	Katsayı	Std. Hata	z-İstatistik	Olasılık	
	ARCH(EURO)	0.108683	0.031310	3.471229	0.0005
	GARCH(EURO)	0.711833	0.068071	10.45720	0.0000
	ARCH(USD)	0.093246	0.026533	3.514295	0.0004
	GARCH(USD)	0.726890	0.065598	11.08095	0.0000
	Rho (EUR, USD)	0.724803	0.016367	44.28375	0.0000
	Df	5.752715	0.465675	12.35350	0.0000

Volatilitte yayılımı için Diagonal VECH ve CCC modelleri kullanılmıştır. Model sonuçları değerlendirildiğinde her iki modelde de ARCH ve GARCH etkisi görülmektedir. Modellerde GARCH değişkeni seride oluşan şokun kalıcılığını, ARCH değişkeni ise seride oluşan şokun büyüklüğünü ifade etmektedir. Her iki modelde de GARCH ve ARCH değişkenlerinin anlamlı ve pozitif çıkması, GARCH ve ARCH sayılarının toplamının ise 1'den küçük çıkması gerekmektedir. Elde edilen sonuçlara bakıldığında her üç ilişkide de bu koşullar sağlanmıştır. USD ve EURO serisinde meydana gelen şok BIST100 endeksinde meydana gelen bir şoktan daha büyük olduğu ve BIST100 endeksinde sistemdeki şokun etkisinin daha çok kaldığı belirlenmiştir. Modellerde volatilitte yayılımını Rho değeri vermektedir. Bu doğrultuda USD döviz kurundan BIST100'e doğru -0.53 düzeyinde negatif yönlü, EURO döviz kurundan BIST100'e -0.42 düzeyinde negatif yönlü ve USD döviz kurundan EURO döviz kuruna 0.72 düzeyinde pozitif yönlü volatilitte yayılımının olduğu ortaya çıkarılmıştır. Volatilitte yayımları yönünde Diagonal VECH ve CCC MGARCH koşullu kovaryans grafikleri Şekil 4'te yer almaktadır.



Şekil 4. Diagonal-VECH ve CCC MGARCH koşullu kovaryans grafikleri

Varyansın USD döviz kurundan BIST100'e doğru yayılım olduğunda negatif yönlü, EURO döviz kurundan BIST100'e yayılım olduğunda negatif yönde ve yine bu dönemlerde USD döviz kurundan EURO döviz kuruna yayılım olduğunda ise pozitif yönde oynaklık gösterdiğini söylemek mümkündür. Seriler arası ilişkilerin seviyesini inceleyebilmek için oluşturulan Koşullu Korelasyon Matrisi Tablo 12'de yer almaktadır.

Tablo 12. Koşullu korelasyon matrisi

Diagonal VECH, CCC BIST100 USD	BIST100	1.000
	USD	-0.485
Diagonal VECH, CCC BIST100 REUR	BIST100	1.000
	REUR	-0.415
Diagonal VECH, CCC EUR USD	EUR	1.000
	USD	0.858

Korelasyon matrisine bakıldığında USD serisi ile BIST100 serisi arasında negatif, EURO serisi ile BIST100 serisi arasında negatif ve USD serisi ile EURO serisi arasında pozitif ilişki olduğu ortaya çıkarılmıştır. Seriler arası en yüksek ilişki seviyesinin USD ve EURO serileri arasında, en düşük ilişki seviyesinin ise USD ve BIST100 serileri arasında olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

## 5. Sonuç

Yapılan çalışmada USD, EURO kurları ve BIST100 endeksine ilişkin volatilité modellemesi gerçekleştirilmiştir. Öncelikle USD, EURO ve BIST100 serileri için ARMA modeli belirlenmiştir. Model oluşturmak için serilerin durağan olması, otokorelasyon ve varyans sorunları içermemesi gerekmektedir. Değişen varyans ve otokorelasyon sorununun çözülmediği modeller analize dâhil edilmemiştir. Volatilité tahminlemesinde uygun olan modeli belirlemek amacıyla model karşılaştırılması yapılmıştır.

Karşılaştırılan modellerde uygun modelin RMSE değerleri arasında en küçük katsayıya sahip olması gerekmektedir. Seriler arası oynaklık tahmini yapılmış ve USD kuru getirileri için GARCH(1,1) modelinin, EURO kuru getirileri için EGARCH(1,1) modelinin en uygun model olduğu belirlenmiştir. Serilerin getirilerine ilişkin koşullu varyans grafikleri incelendiğinde 28.05.2000-28.05.2019 tarih aralığında varyansın en yüksek değeri 2001 yılının ilk çeyreğinde görülmüştür. 2001 yılı Şubat ayında nükesen yerel krizin USD, EURO ve BIST100 serilerine etkisi büyük olduğu, yine varyansın yüksek çıktığı 2008 ve 2018 yıllarında ise 2007 yılı ortalarında başlayıp 2008 yılı dünya geneline etki eden küresel krizin ve 2018 yılı ABD ile yaşanan siyasi krizin serileri etkilediği söylenebilmektedir. Volatilité modellemesi sonrasında seriler arasındaki ilişkileri inceleyebilmek için Diagonal VECH ve CCC modelleri kullanılmıştır.

Her iki modelde görülen ARCH ve GARCH etkisi incelendiğinde GARCH değişkeni seride meydana gelen şokun kalıcılığını, ARCH değişkeni ise şokun büyüklüğünü ifade etmektedir. Her iki modelde de GARCH ve ARCH değişkenlerinin anlamlı ve pozitif, GARCH ve ARCH sayılarının toplamının ise 1'den küçük çıkması gerekmektedir. Her üç seri arasındaki ilişkide de bu koşullar sağlanmıştır. Volatilité yayılımını gösteren Rho değerlerine göre USD döviz kurundan BIST100'e doğru -0.53 düzeyinde negatif yönlü volatilité yayılımının olduğu; EURO döviz kurundan BIST100'e -0.42 düzeyinde negatif yönlü volatilité yayılımının olduğu ve USD döviz kurundan EURO döviz kuruna 0.72 düzeyinde pozitif yönlü volatilité yayılımının olduğu tespit edilmiştir. Diagonal VECH ve CCC MGARCH modellerinin koşullu korelasyon matrisleri incelendiğinde seriler arası en yüksek ilişki seviyesi USD ve EURO serileri arasında, en düşük ilişki seviyesinin ise USD ve BIST100 serileri arasında olduğu belirlenmiştir.

## Yazar Katkı Oranı Beyanı

Tüm süreç, yazarlar tarafından ortak katkı sunularak gerçekleştirilmiştir.

## Çatışma Beyanı

Çalışmada yazarlar arasında çıkar çatışması yoktur.

## Destek Beyanı

Bu çalışma için herhangi bir kurumdan destek alınmamıştır.

## Kaynaklar

- Abdalla, S. Z. S., & Winker, P. (2012). Modelling stock market volatility using univariate GARCH models: evidence from Sudan and Egypt. *International Journal of Economics and Finance*, 4(8), 161-176.
- Anghelache, G. V., Kralik, L. I., Acarinei, M., & Pete, S. (2014). Influence of the EU accession process and the global crisis on the CEE stock markets: a multivariate correlation analysis. *Romanian Journal of Economic Forecasting*, 17(2), 35-52.
- Başçı, E. S. (2011). İMKB mali ve sınai endeksleri'nin 2002-2010 dönemi için günlük oynaklığı'nın karşılaştırmalı analizi. *Dokuz Eylül Üniversitesi İşletme Fakültesi Dergisi*, 12(2), 187-199.
- Bozkuş, S. (2005). Risk ölçümünde alternatif yaklaşımlar: riske maruz değer (var) ve beklenen kayıp (es) uygulamaları. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 20(2), 27-45.
- Büberkoku, Ö. (2019). BIST 30 endeksi ve Dolar-TL kuru için futures kontratlarına dayalı optimal hedge rasyolarının ve hedging etkinliğinin



- incelenmesi: kapsamlı bir analiz. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi* 4(4), 514-544.
- Demirgil, H., & Gök, İ. Y. (2014). Türkiye ve başlıca AB pay piyasaları arasında asimetrik volatilité yayılımı. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 23, 315-340.
- Erjavec, N., & Cota, B. (2007). Modeling stock market volatility in Croatia. *Economic Research - Ekonomska Istraživanja*, 20(1), 1-7.
- Gök, İ. Y., & Kalaycı, Ş. (2014). BIST 30 spot ve futures piyasalarında günüçi fiyat keşfi ve volatilité yayılımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19(3), 109-133.
- Hai, V. T. T., Albert K., & Zhang, Z. (2012). Measuring asymmetry and persistence in conditional volatility in real output: evidence from three east asian tigers using a multivariate GARCH approach. *Applied Economics*, 45(20), 2909-2914.
- Inagaki, K. (2007). Testing for volatility spillover between the British Pound and the Euro. *Research in International Business and Finance*, 21(2), 161-174.
- İşçioğlu, F., & Gülay, E. (2018). ABD Doları/Türk Lirası döviz kurunun otoregresif koşullu değişen varyans modelleri ile incelenmesi: Türkiye örneği. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, 20, 151-168.
- Kendirli, S., & Karadeniz, G. (2012). 2008 kriz sonrası İMKB 30 endeksi volatilitésinin genelleştirilmiş ARCH modeli ile tahmini. *Sütçü İmam Üniversitesi İİBF Dergisi*, 95-104.
- Kılıç, R., & Dilber, C. (2017). Türkiye'deki enflasyon ve dolar kuru volatilitésinin bist-100 endeksi oynaklığı üzerindeki etkisi. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 8(1), 164-174.
- Miyakoshi, T. (2003). Spillovers of stock return volatility to Asian equity markets from Japan and the US. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 13(4), 383-399.
- Nagayasu, J. (2004). The effectiveness of Japanese foreign exchange interventions during 1991–2001. *Economics Letters*, 84(3), 377-381.
- Nyoni, T. (2018). Modeling and forecasting inflation in Zimbabwe: a generalized autoregressive conditionally heteroskedastic (GARCH) Approach. *MPRA*, Paper No. 88132, 1-30.
- Rossi, E., & Spazzini, F. (2010). Model and distribution uncertainty in multivariate GARCH estimation: a monte carlo analysis. *Computational Statistics and Data Analysis*, 54, 2786-2800.
- Su, E., & Knowles, T. W. (2006). Asian pacific stock market volatility modeling and value at risk analysis. *Emerging Markets Finance and Trade*, 42(2), 18-62.
- Topaloğlu, E. E. (2019). “CBOE VIX endeksi ile OECD ülke borsaları arasındaki volatilité yayılımı CCC-MGARCH modeli ile ampirik bir araştırma, Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, 21(3), 574-595.
- Topaloğlu, E. E. (2020). Borsa İstanbul pay endekslerinin volatilité yapısı ve volatilité yayılımı: GARCH ve MGARCH modelleri ile BİST sinai ve mali endeksleri örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, (63), 17-38.
- Tseng, C. H., Cheng, S. T., Wang, Y. H., & Peng, J. T. (2008). Artificial neural network model of the hybrid EGARCH volatility of the Taiwan stock index option prices. *Physica A*, 387, 3192–3200.
- Ural, M., & Demireli, E. (2015). CDS getirilerinin APGARCH modellemesi. *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11(2), 171-182.
- Yaman, M., & Koy, A. (2019). ABD doları / Türk lirası döviz kuru volatilitésinin modellenmesi: 2001-2018 ve 2001-2019 dönemleri arasında karşılaştırmalı bir analiz. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 2(2), 118–129.
- Yu, J. (2002). Forecasting volatility in the New Zealand stock market. *Applied Financial Economics*, 12(3), 193-202.