

**PETROL FİYATLARI İLE HİSSE SENEDİ  
GETİRİLERİ ARASINDA OYNAKLIK  
GEÇİŞKENLİĞİNİN ANALİZİ VE PORTFÖY  
YÖNETİMİNE YANSIMALARI**

**Ali SATTARY**

**Doktora Tezi**

**Ekonometri Anabilim Dalı**

**Prof. Dr. M. Sinan TEMURLenk**

**2014**

**Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ  
EKONOMETRİ ANABİLİM DALI**

**Ali SATTARY**

**PETROL FİYATLARI İLE HİSSE SENEDİ GETİRİLERİ ARASINDA  
OYNAKLIK GEÇİŞKENLİĞİNİN ANALİZİ VE PORTFÖY YÖNETİMİNE  
YANSIMALARI**

**DOKTORA TEZİ**

**TEZ YÖNETİCİSİ  
Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK**

**ERZURUM-2014**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ BEYAN FORMU

07.02.2014

SOSYAL BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

BİLDİRİM

Atatürk Üniversitesi Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliğine göre hazırlamış olduğum " **Petrol Fiyatları ile Hisse Senedi Getirileri Arasındaki Oynaklık Geçişkenliğinin İncelenmesi ve Portföy Yönetimine Yansımaları** " adlı tezin/raporun tamamen kendi çalışmam olduğunu ve her alıntıya kaynak gösterdiğimi taahhüt eder, tezimin/raporumun kağıt ve elektronik kopyalarının Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü arşivlerinde aşağıda belirttiğim koşullarda saklanmasına izin verdiğimi onaylarım:

Lisansüstü Eğitim-Öğretim yönetmeliğinin ilgili maddeleri uyarınca gereğinin yapılmasını arz ederim.

- Tezimin/Raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.
- Tezim/Raporum sadece Atatürk Üniversitesi yerleşkelerinden erişime açılabilir.
- Tezimin/Raporumun ..... yıl süreyle erişime açılmasını istemiyorum. Bu sürenin sonunda uzatma için başvuruda bulunmadığım takdirde, tezimin/raporumun tamamı her yerden erişime açılabilir.

07.02.2014

[Tarih ve İmza]

[Ali SATTARY]



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ



TEZ KABUL TUTANAĞI

SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK danışmanlığında, Ali SATTARY tarafından hazırlanan bu çalışma 07 / 02 / 2014 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Ekonometri Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan** : Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Prof. Dr. Hüseyin ÖZER

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Prof. Dr. Abdülbaki BİLGİÇ

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Doç. Dr. Cumhur ERDEM

İmza: .....

**Jüri Üyesi** : Yrd. Doç. Dr. Ergün AKTÜRK

İmza: .....

Yukarıdaki imzalar adı geçen öğretim üyelerine aittir. .... / ..... / .....

Prof. Dr. Mustafa YILDIRIM  
Enstitü Müdürü

F-84/00/22.02.2012

**İÇİNDEKİLER**

<b>ÖZET.....</b>	<b>IV</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>V</b>
<b>KISALTMALAR DİZİNİ .....</b>	<b>VI</b>
<b>TABLolar DİZİNİ.....</b>	<b>II</b>
<b>ŞEKİLLER DİZİNİ.....</b>	<b>III</b>
<b>ÖNSÖZ.....</b>	<b>V</b>
<b>GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>

**BİRİNCİ BÖLÜM****OYNAKLIK, PETROL VE SERMAYE PİYASALARI**

<b>1.1.OYNAKLIK .....</b>	<b>3</b>
1.1.2. Oynaklık Kavramı.....	3
1.1.3. Oynaklık Geçişkenliği ve Kavramsal Yaklaşım .....	3
1.1.4. Oynaklığın Karakteristik Özelliği .....	4
1.1.5. Oynaklık Hesaplama Yöntemleri.....	5
1.1.6. Oynaklık Kümelenmesi .....	5
<b>1.2. PETROL PİYASALARI VE SERMAYE PİYASALARI.....</b>	<b>6</b>
1.2.1. Petrol Piyasalarının Dünya Ekonomileri Açısından Önemi.....	6
1.2.2. Petrol Fiyat Şoklarına Karşı Borsalar .....	7

**İKİNCİ BÖLÜM****LİTERATÜR ARAŞTIRMASI**

<b>2.1. OYNAKLIK GEÇİŞKENLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>9</b>
2.1.1. Petrol Piyasalarıyla Diğer Piyasalar Arasında Oynaklık Geçişkenliği .....	9
2.1.2. Aynı Piyasa Tipleri Arasında Oynaklık Geçişkenliği .....	12
2.1.3. Makroekonomik Değişkenlerle Finansal Piyasalar Arasında Oynaklık Geçişkenliği .....	15

**ÜÇÜNCÜ BÖLÜM****VERİ VE YÖNTEM**

<b>3.1. VERİ</b> .....	<b>18</b>
3.1.1. Borsa İstanbul’u Temsil Eden Endeksin Seçimi.....	18
3.1.2. Alt Sektörleri Temsil Eden Endekslerin Seçimi .....	19
3.1.3. Dünya Petrol Fiyatları .....	19
3.1.4. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler .....	20
3.1.5. Değişkenler Arasında Koşulsuz Korelasyon Katsayıları .....	22
3.1.6. Değişkenlerin Durağanlığı .....	25
3.1.7. Getiri Serilerine İlişkin ARCH Testi .....	27
<b>3.2. YÖNTEM</b> .....	<b>29</b>
3.2.1. Çok Değişkenli GARCH Modelleri .....	29
3.2.1.1. VECH modeli.....	31
3.2.1.1.1. VECH Modeli İçin Pozitif Tanımlı Olma Koşulu .....	31
3.2.1.1.2. VECH Modeli İçin (Zayıf) Durağan Olma Koşulu.....	31
3.2.1.1.3. VECH Regresyon Modeli .....	31
3.2.1.2. BEKK Modeli .....	36
3.2.1.2.1. BEKK Modeli İçin (Zayıf) Durağan Olma Koşulu.....	36
3.2.1.2.2. BEKK Regresyon Modeli .....	39
3.2.1.2.3. BEKK Sistemin Tahmini .....	39
3.2.1.3. CCC Modeli .....	40
3.2.1.3.1. CCC Sistemin Tahmini .....	40
3.2.1.4. DCC Modeli .....	43
3.2.1.4.1. DCC Parametrizasyonunun Pozitif Tanımlılık Koşulları .....	43
3.2.1.4.2. DCC Sistemin Tahmini .....	43
3.2.1.5. VARMA-GARCH Modelleri.....	48

**DÖRDÜNCÜ BÖLÜM****UYGULAMA**

<b>4.1. İKİ DEĞİŞKENLİ VAR(1) – GARCH(1,1) MODELİ.....</b>	<b>51</b>
<b>4.2. İKİ DEĞİŞKENLİ AR(1)-GARCH MODELLERİ.....</b>	<b>54</b>
4.2.1. İki Değişkenli Köşegen BEKK-GARCH Modeli .....	54
4.2.2. İki Değişkenli CCC-GARCH Modeli .....	55
4.2.3. İki Değişkenli DCC-GARCH Modeli.....	57
<b>4.3. BULGULAR VE TARTIŞMALAR.....</b>	<b>58</b>
4.3.1. BIST Ana Sektörleri ve Tahmin Sonuçları .....	58
4.3.2. BIST Alt Sektörleri ve Tahmin Sonuçları.....	78
<b>4.4. OPTİMAL PORTFÖY TASARIMI VE PETROL VARLIKLARINA DAYALI KORUNMA ORANLARI .....</b>	<b>95</b>
<b>SONUÇLAR .....</b>	<b>107</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>111</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>117</b>

**ÖZET****DOKTORA TEZİ****PETROL FİYATLARI İLE HİSSE SENEDİ GETİRİLERİ ARASINDA  
OYNAKLIK GEÇİŞKENLİĞİNİN ANALİZİ VE PORTFÖY YÖNETİMİNE  
YANSIMALARI****Ali SATTARY****Tez Danışmanı: Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK****2014, 117 Sayfa****Jüri : Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK****Prof. Dr. Hüseyin ÖZER****Prof. Dr. Abdalbaki BİLGİÇ****Doç. Dr. Cumhur ERDEM****Yrd. Doç. Dr. Ergün AKTÜRK**

Bu tezin amacı, Brent ham petrol fiyat getirileri ile BIST 100 endeksi ile beraber BIST ana ve alt sektörleri arasında oynaklık geçişkenliğini incelemektir. Bu amaçla çok değişkenli GARCH modelleri kapsamında, VAR-GARCH, CCC-GARCH, DCC-GARCH ve köşegen BEKK-GARCH modellerinin istatistiksel ve spesifik özellikleri teorik olarak açıklanmış ve her dört modele göre tahmin sonuçları elde edilmiştir.

Çalışmada 2 Ocak 2002-31 Aralık 2012 dönemini kapsayan günlük veriler kullanılmış ve yapılan analizler sonucunda petrol fiyatları ile BIST sektörleri arasında genel olarak zayıf da olsa oynaklık geçişkenliğine dair kanıtlar bulunmuştur. Çalışmanın diğer bir amacı da, yatırımcılara etkin yatırım stratejileri geliştirmeleri için, petrol ve BIST hisse senedi sektörlerinden oluşan optimal portföy tasarımlarını gerçekleştirmektir. Bu bağlamda; kullanılan dört farklı GARCH tipi modelden elde edilen sonuçlara göre, optimal ağırlıklar, optimal korunma oranları ve korunma etkinlik oranları hesaplanmıştır. Yapılan analizler sonucunda en iyi portföy oluşturma konusunda literatüre uygun bir şekilde, BEKK-GARCH ve VAR-GARCH modellerinin diğer modellere göre daha iyi performans sağladığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Oynaklık geçişkenliği, Petrol fiyatları, BIST, Çeşitlendirme ve riskten korunma etkinliği, MGARCH modelleri.



**ABSTRACT****Ph. D. DISSERTATION****ANALYSIS OF VOLATILITY SPILLOVERS BETWEEN OIL PRICES  
AND STOCK RETURNS AND REFLECTION ON PORTFOLIO  
MANAGEMENT****Ali SATTARY****Advisor: Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK****2014, 117 Page****Jury: Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK (Advisor)****Prof. Dr. Hüseyin ÖZER****Prof. Dr. Abdulkaki BİLGİÇ****Assoc. Prof. Dr. Cumhur ERDEM****Assist. Prof. Dr. Ergün AKTÜRK**

The main objective of this thesis is to investigate the volatility spillovers between Brent crude oil price returns and BIST 100 index and its main and sub-sectors. For this purpose, statistical and specific characteristics of VAR-GARCH, CCC-GARCH, DCC-GARCH and diagonal BEKK-GARCH models are described within the scope of GARCH models and the relevant estimation results of each four models were obtained.

This study utilized the daily data between the periods of January 2, 2002 and December 31, 2012 and the analysis results demonstrated weak volatility spillover existence between oil and BIST sectors. Another objective of the present study is to establish optimal portfolio design involving oil and BIST stock sectors for the corresponding investors to provide effective investment strategies. In this context, optimal weights, optimal hedging ratios and hedging efficiency ratios were calculated with respect to four different types of GARCH models. In parallel with the existing literature, the estimation results revealed that BEKK-GARCH and VAR-GARCH models provided better performance than the other models in terms of obtaining the best portfolio.

**Key Words:** Volatility spillover, Oil prices, BIST, Diversification and hedging efficiency to avoid risk, MGARCH models.

**KISALTMALAR DİZİNİ**

ARCH	: Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Oto regresif Koşullu Değişen Varyans)
ARCH-M	: Autoregressive Conditional Heteroskedasticity in Mean (Ortalama eşitliğinde Oto regresif Koşullu Değişen Varyans)
LM	: Lagrange Multiplier (Lagrange Çarpanı)
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AB	: Avrupa Birliği
ARMA	: Autoregressive Moving Average (Oto regresif Hareketli Ortalama)
ADF	: Augmented Dickey–Fuller test
AIC	: Akaike Information Criterion (Akaike Bilgi Kriteri)
BEKK	: Baba, Engle, Kraft, Kroner (Parametrization)
BIST	: Borsa İstanbul
CDS	: Credit Default Swap Index (Kredi iflas takas endeksi)
CCC	: Constant Conditional Correlations (Sabit Koşullu Korelasyonlar)
CCF	: Cross-Correlation function (Çapraz Korelasyon Fonksiyonu)
DCC	: Dynamic Conditional Correlations (Dinamik Koşullu Korelasyonlar)
EGARCH	: Exponential Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Üssel Genelleştirilmiş Oto regresif Koşullu Değişen Varyans)
EIA	: U.S. Energy Information Administration
HQ	: Hannan-Quinn
IE	: International Exchange
GARCH:	: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Genelleştirilmiş Oto regresif Koşullu Değişen Varyans)

GARCH-M	: Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity in Mean (Ortalama Eşitliğinde Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)
KPSS	: Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin
OECD	: Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
VECM	: Vector Error Correction Model (Vektör Hata Düzeltme Modeli)
VAR	: Kwiatkowski–Phillips–Schmidt–Shin
VARMA	: Vector Autoregressive Moving Average (Vektör Otoregresif Hareketli Ortalama)
Vec	: Vector Parametrization (Vektör Parametrizasyonu)
WTI	: West Texas Intermediate
GSYH	: Gayri Safi Yurt içi Hasıla
OPEC	: Organization of Petroleum Exporting Countries (Petrol İhraç Eden Ülkeler Teşkilatı)
USD	: United States Dollars
S&P 500	: Standard& Poor's 500
AGARCH	: Asymmetric GARCH
MLE	: Maximum Likelihood Estimates ( En çok olabilirlik tahmini)
QMLE	: Quasi-Maximum Likelihood Estimate
SSE	: Shanghai stock Exchange

## TABLOLAR DİZİNİ

<b>Tablo 1.1.</b> Dünya Petrol Üretimi, Tüketimi ve Fiyatları ile İlgili İstatistikler .....	7
<b>Tablo 3.1.</b> BIST Alt sektörlerini Temsil Eden Endekslerin Listesi.....	19
<b>Tablo 3.2.</b> Günlük Getiri Serilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler .....	21
<b>Tablo 3.3.</b> Getiri Serilerine ilişkin Koşulsuz Korelasyon Katsayılar .....	24
<b>Tablo 3.4.</b> Getiri Serilerinin Birim Kök ve Durağanlık Test Sonuçları .....	27
<b>Tablo 3.5.</b> Getiri Serilerine İlişkin ARCH-LM Testi .....	29
<b>Tablo 4.1.</b> BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili VAR(1)GARCH(1,1) Tahmin Sonuçları.....	60
<b>Tablo 4.2.</b> BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları.....	65
<b>Tablo 4.3.</b> BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları .....	70
<b>Tablo 4.4.</b> BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili DCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları.....	74
<b>Tablo 4.5.</b> BIST Alt Endeksleri İle İlgili VAR (1)- GARCH (1,1) Tahmin Sonuçları..	79
<b>Tablo 4.6.</b> BIST Alt Endeksleri ile İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları .....	84
<b>Tablo 4.7.</b> BIST Alt Endeksleri ile İlgili Köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları.....	88
<b>Tablo 4.8.</b> BIST Alt Endeksleri ile İlgili DCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları .....	92
<b>Tablo 4.9.</b> Petrol ve BIST Hisse Senedi Sektör Çiftleri için Optimal Portföy Ağırlıkları ve Riskten Korunma Oranları. ....	99
<b>Tablo 4.10.</b> Portföy Tasarımı ve Petrol Varlığına Göre Çeşitlendirme.....	102
<b>Tablo 4.11.</b> Riskten Korunma Etkinliği .....	104

## ŞEKİLLER DİZİNİ

<b>Şekil 3.1.</b> Brent Ham Petrol Fiyatlarına İlişkin Günlük Grafik .....	20
<b>Şekil 3.2.</b> BIST 100 ve Alt Sektör Fiyat Endekslerine İlişkin Grafikler .....	20
<b>Şekil 3.3.</b> Getiri Serileri Grafiği.....	20
<b>Şekil 4.1.</b> VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	63
<b>Şekil 4.2.</b> VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	63
<b>Şekil 4.3.</b> VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	63
<b>Şekil 4.4.</b> VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	64
<b>Şekil 4.5.</b> VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	64
<b>Şekil 4.6.</b> CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endekse İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	67
<b>Şekil 4.7.</b> CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	67
<b>Şekil 4.8.</b> CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	68
<b>Şekil 4.9.</b> CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	68
<b>Şekil 4.10.</b> CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endeks Varyans - Kovaryans Grafikleri .....	68
<b>Şekil 4.11.</b> Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri.....	71
<b>Şekil 4.12.</b> Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri.....	71
<b>Şekil 4.13.</b> Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	72

<b>Şekil 4.14.</b> Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanai Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	72
<b>Şekil 4.15.</b> Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri.....	72
<b>Şekil 4.16.</b> DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	76
<b>Şekil 4.17.</b> DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	76
<b>Şekil 4.18.</b> DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	77
<b>Şekil 4.19.</b> DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	77
<b>Şekil 4.20.</b> DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri .....	77

## ÖNSÖZ

Çalışmalarım sırasında, beni teşvik eden, engin bilgi ve deneyimlerini benden esirgemeyen değerli danışmanım sayın Prof. Dr. M. Sinan TEMURLENK'e çok teşekkür ederim. Konu seçiminde beni yönlendiren Prof. Dr. Uğur SOYTAŞ'a, ilgi ve yardımlarını esirgemeyen özellikle analiz kısmındaki katkılarından dolayı sayın Prof. Dr. Abdalbaki BİLGİÇ'e, önümüzü açan ve her türlü kolaylığı sağlayan Ekonometri Bölüm Başkanı Prof. Dr. Erkan OKTAY'a, ve Doç. Dr. Fehim BAKIRCI'ya teşekkürleri bir borç bilirim.

Tez jürimde bulunarak bana fikirleriyle yol gösteren ve katkı sunan Prof. Dr. Hüseyin ÖZER'e, Doç. Dr. Cumhuri ERDEM'e ve Yrd. Doç. Dr. Ergün AKTÜRK'e teşekkür ederim.

Tez süresince beni hep destekleyen Yrd. Doç. Dr. Dilek ÖZDEMİR'e ve İİBF öğretim üyeleri, araştırma görevlilerine ve her zaman yanımda olan ve desteklerini esirgemeyen Dr. Seyedhadi ESLAMIAN 'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Nabi Akram Üniversitesi Rektörü sayın Prof. Dr. Mohammad Reza MİLANİ, Rektör yardımcısı Prof. Dr. Seyed Parviz ALAVİ TABRİZİ ve tüm yönetim kurulu üyelerine saygı ve sevgilerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini her an hissettiğim aileme, çalışmalarım sırasında gösterdikleri sabır için sevgili esime de şükranlarımı sunarım.

## GİRİŞ

Günümüzde üretim ve hizmet sektörlerinin dünya çapında giderek büyümesi, enerji tüketimine olan talep artışını da beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, farklı ülkelerdeki enerji ve petrol tüketimi, enerji ve petrol fiyatlarında meydana gelen değişikliklerden belirli düzeyde etkilenmektedir. Petrol fiyatlarında meydana gelen şoklar, farklı sektörlerdeki finansal krizlerin, işsizliğin, belirsizlikten kaynaklanan yatırım durgunluklarının, yüksek enflasyonun, hisse senedi ve tahvil değer düşüşlerinin, ticari açıkların ve kıtlıkların sorumlusu olarak tutulmaktadır. İkinci dünya savaşından sonra ABD’de meydana gelen hemen hemen tüm durgunluklar, petrol fiyatlarındaki sarsıcı artışlar neticesinde gerçekleşmiştir. Ayrıca çağımızda iletişim ve bilişim teknolojisinin hızlanması, bilgi transferi ve erişimini kolaylaştırması yanında, küreselleşme sürecini yaşayan ülkeler arasında ekonomik etkileşimi belirli ölçüde kaçınılmaz hale getirmiştir. Dolayısıyla, uluslararası arenada petrol gibi hareketli piyasalar, kriz ve risk iletim kanalı olarak da önem arz etmektedir. Petrol ithalatçısı olan ülkeler açısından bu konu daha da büyük önem arz etmektedir. Aynı şekilde, oynaklık iletişimi (geçişkenliği) sermaye piyasalarında faaliyet gösteren yatırımcılar açısından son derece önemli bir husus teşkil etmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerin petrol tüketim miktarlarına baktığımızda artan bir trendin sözkonusu olduğu görülmektedir. Ülkelerde şehirleşme ve modernizasyonun giderek artmasıyla petrol talebinde de önemli ölçüde artış gözlemlenmektedir. Gelecekte petrol talebini tahmin etmek zorluğuna rağmen, genel olarak daha çok sanayi üretimindeki büyüme ile ilişkili olduğu söylenebilir.

Teorik olarak hisse senedi fiyatlandırma modellerine göre, hisse senedi değerleri, şirketin beklenen getirisi veya nakit akışlarının beklenen değerine eşit olmaktadır. Dolayısıyla petrol fiyat şokları beklenen nakit akışları ve iskonto oranları vasıtasıyla hisse senedi fiyatlarını etkilemektedir. Mal ve hizmet üretiminde petrolün, önemli girdilerden biri olduğu bilinmektedir. İkame mallarının olmadığı durumlarda, petrol fiyatlarında meydana gelen bir artış, üretim maliyetinin artmasına sebep olmaktadır. Bu da sırasıyla nakit akışları ve hisse senedi fiyatlarının düşmesini beraberinde getirmektedir. Ayrıca, petrol fiyatlarındaki artış, artan enflasyon baskısı sonucunda, iskonto oranlarının etkilenmesiyle sonuçlanmaktadır. Böyle bir durum sözkonusu



olduğu zaman, gerçekleşen zincirleme ekonomik tepkiler, faiz oranlarının yükselmesini de beraberinde getirmektedir. Dolayısıyla, kurumsal yatırım kararları, iskonto oranlarının değişimi ve defter değerine dayalı hisse senedi fiyatlarının değişimi ile etkilenebilir. Ancak bir hisse senedinin fiyat değişim yonu, ilgili şirket veya sektörün petrol ve petrol ürünleri ile ilgili üretici ya da tüketicisi konumunda olmasına bağlı olması ile değişmektedir. Dünya pazarlarında çoğu şirketin petrol tüketicisi olduğu bilinmektedir. Dolayısıyla, petrol fiyat hareketleri ile hisse senedi piyasa hareketleri arasında muhtemel negatif yönlü ilişkiler mantığa uygun bir perspektif sergilemektedir.

## BİRİNCİ BÖLÜM

### OYNAKLIK, PETROL VE SERMAYE PİYASALARI

#### 1.1. OYNAKLIK

Çalışmanın bu bölümünde, piyasalar arasında ilişkileri analiz eden çalışmalarda ilişkilerin spesifik özelliklerini dikkate alarak, kullanılan terimlere değinilmektedir. Ayrıca oynaklık kavramıyla ilgili bazı bilgiler sunulmaktadır.

Petrolün dünyadaki önemi ve ülkeler açısından stratejik bir ürün olduğuna dair bilgiler sunulmasının yanında, petrol ile sermaye piyasaları arasındaki ilişkilere de genel olarak yer verilmektedir.

##### 1.1.2. Oynaklık Kavramı

Volatilite kavramı genel olarak oynaklık terimi ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Borsa terimleri sözlüğünde oynaklıkla ilgili şu tanımlama verilmiştir; “Bir kıymetin fiyatındaki değişkenliğin ifadesidir. Çoğunlukla standart sapma ile ölçülür. Yüksek bir volatilitenin artan bir belirsizliğin göstergesidir”.

Yürütülen çalışmada oynaklık ifadesine ağırlık verilmektedir. Çoğu zaman literatürde oynaklık, standart sapma ile eş anlamlı olarak kullanılmaktadır. Bu yaklaşımın kısmen doğru olabileceği söylenebilir. Oynaklık bazen standart sapma veya varyansla ifade edilmekte olup, bazen de bunların zamana bağlı olarak karakökleriyle ilişkilendirilerek ifade edilmektedir. Finansal piyasalarda genel olarak, oynaklık sürekli getirilerin standart sapmasıyla hesaplanabilmektedir (Korkmaz ve Bostancı, 2011).

Ayrıca, oynaklık portföy yöneticileri ve yatırımcılar açısından sistematik riskin bir göstergesi olarak da bilinmektedir.

##### 1.1.3. Oynaklık Geçişkenliği ve Kavramsal Yaklaşım

Piyasalar arası ilişkileri inceleyen farklı çalışmalarda, ilgili kavramlar konusunda alternatif tanımlamalar yapılmıştır. Önceki çalışmalarda, bulaşma (contagion), yayılma (spillover), iletim (transmission), geçişkenlik (pass-through), karşılıklı bağımlılık (interdependence), etkileşim (interaction), bağlantılar (linkages), korelasyon (correlation), ortak hareket (co-movement), entegrasyon (integration) ve eşbütünleşme (cointegration) gibi değişik kavramların kullanıldığına rastlanılmaktadır. Söz konusu

kavramlar, incelenen konunun spesifik özelliklerini göz önünde bulundurarak, arzu edilen ilişki durumunun ifadesi için kullanılmaktadır. Literatür araştırmalarında, bazen ilgili kavramların birbirinin yerine kullanıldığına da rastlanmaktadır. Bahsettiğimiz kavramlar, taşıdıkları anlam açısından her ne kadar birbirlerine yakın olsalar bile, aralarındaki ince ayırım ve farkları göz yumarak kullanılmaları doğru bir yaklaşım olmayacaktır. Örneğin, eğer iki farklı ekonomi arasındaki ilişki kriz üzerinden inceleniyorsa, o zaman bir ülkeden diğer ülkeye “bulaşıcı kriz” ifadesini kullanmak daha mantıklı olacaktır. Çünkü kriz bir ekonomik hastalık olarak bulaşma özelliğini taşımaktadır. Yine aynı açıdan bakıldığında; korelasyon kavramı diğer kavramlardan farklı olarak sadece doğrusal ilişkileri açıklamak için kullanılan bir ifade olmaktadır. Ayrıca sözkonusu ilişki derecesini rakamsal olarak da göstermektedir. Dolayısıyla ilgili kavramların bilinçli olarak kullanılması, bilgi iletim konusunda kolaylık sağlayarak, göreceli olarak anlam karmaşıklığını önemli ölçüde azaltmış olacaktır.

Petrol fiyatları ile hisse senedi piyasaları arasında oynaklık ilişkisini inceleme konusu edinen çalışmada, “yayıma” veya “geçişkenlik” ifadesinin daha uygun olduğu düşünülmektedir. Özellikle türkçe ekonometri literatüründe araştırmamızın ifade etmek istediği anlamı, “geçişkenlik” teriminin daha kapsamlı şekilde ortaya koyduğu düşünülmektedir.

Bu bölümün devamında çalışmayla ilgili bazı kavramların açıklamasına yer verilmektedir.

#### **1.1.4. Oynaklığın Karakteristik Özelliği**

Hisse senedi oynaklığının önemli özelliği, doğrudan gözlenmeme niteliğine sahip olmasıdır. Örneğin, IBM hisse senedi günlük log getirilerini dikkate alalım. Günlük oynaklık, doğrudan getiri verileri üzerinden gözlemlenmemektedir. Çünkü ilgili ticari güne ait sadece tek bir gözlem bulunmaktadır. Ama hisse senedinin gün içi verilerine ulaşabildiğimizde, örneğin 10-dakikalık getiri verileri baz alındığında, günlük oynaklığın tahmin edilmesine olanak sağlanmış olacaktır. Düzgün bir oynaklık tahmini ancak dikkatli bir araştırma sonucunda gerçekleştirilebilmektedir. Örneğin, gün içi ve anlık oynaklıkları içeren bir hisse senedi oynaklığı, işlem günleri arasındaki değişimi göstermektedir. Gün içi yüksek frekanslı getiriler, anlık oynaklık konusunda sadece çok sınırlı bilgileri içermektedir. Oynaklığın gözlemlenebilir olmaması, koşullu değişen

varyans modellerinin tahmin performans değerlendirmesini zorlaştırmaktadır (Tsay, 2005).

### **1.1.5. Oynaklık Hesaplama Yöntemleri**

Literatürde oynaklığın hesaplanması için farklı yöntemler kullanılmaktadır. Bu yöntemlerin bazılarını burada işaret edilmektedir :

-Rastsal Yürüyüş Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

-Tarihi Ortalama Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

-Basit Hareketli Ortalama Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

-Ağırlıklı Hareketli Ortalama Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

-Üssel Düzleştirme Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

-Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama Yöntemi ile oynaklığın hesaplanması

- Farklı GARCH Yöntemleri ile oynaklığın hesaplanması (Korkmaz ve Bostancı, 2011).

Araştırmada elde edilen oynaklıklar sadece çeşitli GARCH modelleri esasında hesaplanılmaktadır. Dolayısıyla, diğer yöntemler ele alınmadığı için onların hesaplanması yönünde kapsamlı bilgiler de sunulmamaktadır.

Genel olarak GARCH modelleri iki denklem setine ayrılmaktadır. Bunlardan biri, Ortalama Denklem diğeri ise Varyans Denklemi olarak bilinmektedir. Dolayısıyla ortalama denklemden elde edilen ve Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (ARCH) etkisi özelliğine sahip olan kalıntılar üzerinden, zamana bağılı olarak oynaklığı ifade eden, koşullu varyans denklemleri oluşturulmaktadır. Ortalama Denklemden elde edilen ve koşullu varyans denkleminde kendini gösteren hata terimlerinin karesi, finansal piyasalar literatüründe kısa vadeli şoklar olarak ifade edilmektedir.

### **1.1.6. Oynaklık Kümelenmesi**

Mandelbrot (1963) ve Fama (1965), finansal fiyat serilerinin getirilerindeki büyük değişmelerin, kendileri gibi büyük değişmeler tarafından takip edildiğini ve küçük fiyat değişimlerinin de yine kendilerine benzeyen küçük fiyat değişimleri tarafından izlendiğini tespit etmişlerdir.

Başka bir ifadeyle, yüksek oynaklık seviyeleri ile düşük oynaklık seviyeleri, düzensiz bir şekilde yer değiştirmekte ve bu olgu oynaklık kümelenmesi (Volatility Clustering) olarak adlandırılmaktadır. Volatilité kümelenmeleri koşullu değişen varyansa (conditional heteroscedasticity) işaret etmekte ve bu durum zamana göre normal ve bağımsız dağılmış getiriler varsayımıyla bağdaşmamaktadır (Korkmaz ve Bostancı, 2011).

Ayrıca finansal fiyat serilerinin günlük getirilerinin doğrusal bağımlılıkları (otokorelasyonları) önemsenmeyecek kadar küçük olmasına rağmen, mutlak getiriler veya getirilerin kareleri ise doğrusal bağımlılık sergilemektedir. Bu durum; fiyat seviyesi yerine varyansın yani oynaklığın öngörülmesinin daha sağlıklı olduğuna dair bir ipucu vermektedir (Schmid ve Trede, 2006).

## **1.2. PETROL PİYASALARI VE SERMAYE PİYASALARI**

Dünyada petrol piyasaları konumları itibariyle gerçekleşen işlem hacmi açısından en derin piyasalar olarak bilinmektedir. Diğer taraftan petrol çoğu işletme ve fabrikaların girdi materyallerini oluşturmaktadır. Dolayısıyla, petrol piyasalarında meydana gelen herhangi bir dalgalanma üretilen mamullerin fiyatlarını etkileyerek hisse senedi piyasalarına da yansımaktadır. Bu da sermaye piyasaları ile petrol piyasaları arasında sıkı bir ilişkinin olduğu anlamına gelmektedir. Çalışmanın ilgili kısımlarında sözkonusu ilişkinin açıklamasına çalışılacaktır.

### **1.2.1. Petrol Piyasalarının Dünya Ekonomileri Açısından Önemi**

Günümüz modern dünyasında, insan hayatını ve çevresini donatan bir çok ürünün doğrudan veya dolaylı olarak petrole bağlı olması, bu stratejik ürünün nedenli önemli olduğunun bir göstergesidir. Petrolün kıt bir kaynak olmasına rağmen, modernleşme olgusunun sonucu büyüyen dünya ekonomisinde petrol tüketimi de giderek artış göstermektedir. Tablo 1.1'de görüldü gibi, 2002'de 78.47 milyon varil olan günlük petrol tüketim miktarı 2012 yılında %14.4'lük bir artış göstererek 89.77 milyona varile ulaşmıştır. Aynı şekilde 2002'de günlük 74.9 milyon varil olarak üretilen petrol miktarı 2012 yılında 86.15 milyona varile ulaşmıştır ve geçen 10 yıl baz alındığında ortalama olarak %14.9 artış gözlemlenmektedir. 2002-2012 dönemi ele alındığında 2008 dünya krizi dahil olmak üzere ortalama günlük petrol tüketim değişim oranı %1.36 iken ortalama günlük petrol üretim değişim oranı %1.42'dir. Kaba bir şekilde baktığımızda

ortalama olarak dünya petrol üretimi dünya petrol tüketim miktarını az bir farkla karşılar niteliktedir. Bu nispi denge uluslararası arenada meydana gelen herhangi bir siyasi-iktisadi istikrarsızlıkla kırılmaya müsait bir durum teşkil etmektedir. Örneğin, 1973’de OPEC’in uyguladığı ambargo ilk petrol şokunu meydana getirmiştir. 1979’da İran’da meydana gelen devrim sonucunda dünya petrol piyasalarında ikinci petrol şoku yaşanmıştır. Onun ardından 1980’de gerçekleşen İran-İrak savaşı ve 1990’da körfez savaşı dünya petrol piyasalarını istikrarsızlıklarla karşı karşıya getirmiştir. Petrol fiyatlarında meydana gelen artışlar petrol piyasalarına yansıyan olumsuz siyasi-iktisadi olayların bir yansıması olarak da görülebilir. Tablo 1.1’de görüldüğü gibi, 2002’de her bir varili 26.16 USD olan petrol fiyatı % 259 oranında bir artış göstererek, 2012’de 94.13 USD’ye ulaşmıştır (BP, 2013).

**Tablo 1.1.** Dünya Petrol Üretimi, Tüketimi ve Fiyatları ile İlgili İstatistikler

YIL	Günlük Tüketim (Milyon Varil)	Tüketim Değişim Oranı (%)	Günlük Üretim (Milyon Varil)	Üretim Değişim Oranı (%)	Petrol Fiyatları(\$)	Yıllık Petrol Fiyat Değişim Oranı(%)
2002	78.47	---	74.95	---	26.16	---
2003	80.08	2	77.57	3.50	31.07	18.80
2004	83.00	4	80.97	4.40	41.49	33.50
2005	84.23	1	82.01	1.30	56.59	36.40
2006	85.14	1	82.48	0.60	66.02	16.70
2007	86.57	2	82.28	-0.20	72.20	9.40
2008	86.05	-1	82.93	0.80	100.06	38.60
2009	85.06	-1	81.26	-2.00	61.92	-38.10
2010	87.83	3	83.27	2.50	79.45	28.30
2011	88.88	1	84.21	1.10	95.04	19.60
2012	89.77	1	86.15	2.30	94.13	-1.00
Orta.	85.66	1.36	82.31	1.42	69.79	16.22

### 1.2.2. Petrol Fiyat Şoklarına Karşı Borsalar

Petrolün, dünyada toplam enerji tüketim miktarı içindeki payı, küçümsenmeyecek kadar büyük bir oranı teşkil etmektedir. 2011 ve 2012 yılları itibariyle dünya çapında toplam tüketilen enerji miktarlarının, sırasıyla %33.4 ve %33.1’i petrol kaynaklarından karşılanmıştır (BP, 2013). Aslında tüketilen enerji miktarının yaklaşık olarak üçte birinin petrol kaynaklarından karşılanması, genel olarak sanayi, üretim ve diğer

sektörlerin büyük ölçüde petrole bağımlı olduğunun bir göstergesidir. Dolayısıyla, çoğu üretim sektörlerin ana girdisi olarak önemli role sahip olan petrolün, çeşitli nedenlerden kaynaklanarak fiyatlarında meydana gelen dalgalanmalar, ilgili sektörlerin getiri oranlarını etkileyerek piyasa değerlerini de etkilemiş olacaktır. Rasyonel olarak bakıldığında, petrol şoklarının GSYH'yi düşürmesi, ekonomilerin daralmasına sebep olacak ve bunun doğal sonucu olarak enflasyon oranının tetiklenmesiyle ekonomik dengelerin kırılmasına neden olacaktır. Dolayısıyla, makroekonomik değişkenlerin değişmesi, ülke çapında sermaye piyasalarını ve hisse senedi piyasalarını da dolaylı şekilde etkilenecektir. Literatürde petrol fiyat hareketleri ile makroekonomik değişkenlerin arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalara daha sık bir şekilde rastlanılmaktadır. Petrol fiyatları ile hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkiyi araştıran çalışmalarda genel olarak petrol piyasaları ile alternatif enerji şirketlerine ait hisse senedi piyasaları arasında pozitif ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir. (Bkz. Sadorsky, 1999; Sadorsky, 2001; Faff ve Brailsford, 1999; El-Sharif vd., 2005). Bazı diğer çalışmalarda ise, ilgili sektörün özelliklerinden kaynaklanan negatif veya pozitif yönlü ilişkiler de gözlenmiştir.

## İKİNCİ BÖLÜM

### LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Modernleşme olgusunun yaygınlaşmasıyla birlikte gelişen modern piyasaların uluslararası düzeyde daha karmaşık bir mekanizmayla çalışması sözkonusu olmuştur. Uluslararası ekonomik çalkantılardan doğan bulaşıcı krizler, dünya ülkeleri açısından ekonomik istikrarı tehdit eden bir unsur olarak görülmüştür. Dolayısıyla, araştırmacılar açısından risk ve oynaklığın modellenmesi, farklı ülke ve piyasalar arasında çalışma mekanizmasının irdelenmesi, önemli bir konu haline gelmiştir. Burada ilgili literatürün kısmen yansıtılmasına çalışılmıştır.

#### 2.1. OYNAKLIK GEÇİŞKENLİĞİ İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Risk ve belirsizlik unsuru yatırımcılar, yöneticiler ve ülke yöneticileri açısından her zaman önemli bir konu olmuştur. Dolayısıyla farklı piyasalar arasında oynaklık yayılım mekanizmasının açıklanması araştırmacılar tarafından ilgi odağı olmuştur. Burada farklı piyasalar arasında farklı yöntemlere göre yapılan araştırmalara yer verilmiştir.

##### 2.1.1. Petrol Piyasalarıyla Diğer Piyasalar Arasında Oynaklık Geçişkenliği

Sadorsky (2012), koşullu korelasyonları modellemeyle beraber petrol fiyatlarıyla temiz enerji şirketleri ve teknoloji şirketlerinin hisse senedi fiyatları arasındaki oynaklık yayılımını analiz etmek için çok değişkenli GARCH modelleri kullanmıştır. Çalışmada dört farklı çok değişkenli GARCH modeli (BEKK, çapraz, sabit koşullu korelasyon ve dinamik koşullu korelasyon) birbiriyle karşılaştırılmış ve aralarındaki farklılıklar ortaya konulmuştur. Dinamik koşullu korelasyon modeli en iyi modeli tahmin etmekle beraber, temiz enerji şirketlerinin hisse senedi fiyatlarının petrol fiyatlarına kıyasla teknoloji hisse senedi fiyatları ile daha çok ilişkili olduğunu gösteren sonuçlara varmıştır. Yapılan çalışma günlük borsa kapanış fiyatları kullanılarak 1 Ocak 2001- 31 Aralık 2010 için gerçekleştirilmiştir.

Bayramoğlu ve Pekkaya (2011), dünya petrol fiyatlarında meydana gelen değişikliklerin İstanbul Borsası 100 endeksi ve alt endeksler olarak da hizmetler endeksi, Sanayi endeksi ve BIST teknoloji endeksleri üzerindeki etkiyi incelemişlerdir.



02.01.2009 ile 15.02.2011 dönemine ait günlük zaman serisi verilerini kullanarak sözkonusu piyasalar arasında uzun dönemli ilişkiyi incelemek için eşbütünleşme analizi ve kısa dönemli ilişkileri analiz etmek için de hata düzeltme modeli (VECM) kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, Sanayi ve BIST 100 endeksine ait hata varyanslarının sırasıyla %32.71 ve %16.40 oranında ham petrol fiyat değişiklikleri ile açıklanmıştır. Hizmet, mali ve teknoloji endekslerine ait hata varyanslarının sırasıyla %12.60, %11.82 ve %5.38 ham petrol fiyatlarındaki değişikliklerden kaynaklandığı belirtilmiştir.

Eryiğit (2009), 04.01.2000 – 11.01.2008 dönemine ait günlük verileri kullanarak petrol fiyat değişikliklerinin Türkiye’de BIST ve alt sektör endeksleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada genişletilmiş piyasa modeli (Piyasa getirisi, Petrol fiyatı TL bazında, Petrol fiyatı dolar bazında, TL ve Dolar kuru) kullanılmıştır. Petrol fiyat (TL) değişiklikleri elektrik, toptan ve perakende ticaret, sigorta, holding, yatırım, ahşap, kâğıt, baskı, ana metal, metal eşya, makine ve metalik olmayan mineral ürünler endeksleri üzerinde %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca dolar bazında petrol fiyatı değişikliklerinin ahşap, kâğıt ve baskı, sigorta ve elektrik alt sektör endeksleri üzerinde olumlu olarak önemli bir etkiye sahip olduğu bulunmuştur.

Kim (2005), 24 Temmuz 1990 – 27 Mart 2003.3 günlük verileri kullanarak ABD ile Avustralya, Japonya, Hong Kong ve Singapur hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkinin yapısını ve ABD ile Japonya’dan diğer ülkelere yönelik bilgi geçişkenliği bulunup bulunmadığını incelemiştir. Günlük piyasa getirilerinin eşzamanlı korelasyon analizleri ülke çiftleri için korelasyonların birinci ve ikinci momentlerinin anlamlı olduğunu göstermekle beraber, 1997 kriz döneminden sonra pazar bağlantılarının anlamlılığının daha da yüksek olduğu saptanmıştır. Granger Nedensellik test sonuçları ABD piyasalarının araştırma kapsamına alınan ülke piyasalarının nedeni olduğunu ortaya koymaktadır. Getirinin getiriye ve oynaklığın oynaklığa neden olmasının yanı sıra, ABD işlem hacmi de Asya-Pasifik piyasalarına ait hem getirinin hem de oynaklığın Granger nedeni olduğu da görülmüştür. Buna karşılık, Japonya piyasa bilgileri Asya-pasifik ülkelerinin Granger nedeni olmadığı fakat getiri ve oynaklık konusunda ABD piyasalarının Granger nedeni olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Japonya işlem hacmi açısından ABD’ye yönelik herhangi bir nedenselliğe rastlanılmamıştır.

Malik ve Ewing (2012), aynı anda beş farklı ABD sektör endeksi (finans, sanayi, tüketici hizmetleri, sağlık ve teknoloji ) ile petrol fiyatları arasındaki ortalama ve koşullu varyans tahmini için iki değişkenli GARCH modellerini kullanmışlardır. 1 Ocak 1992 ve 30 Nisan 2008 arası haftalık getiri verilerini kullanmış ve petrol fiyatlarıyla bazı sektör endeksleri arasında şok ve oynaklık geçişkenliğinin anlamlı olduğunu tespit etmişlerdir.

Trujillo-Barrera, Mallory ve Garcia (2012), 30 Temmuz 2006 ile 9 Kasım 2011 dönemleri arası hafta ortası (Çarşamba) vadeli kapanış fiyatlarını kullanarak ABD'deki ham petrol, mısır ve etanol fiyatları arasındaki oynaklık geçişkenliğini belirlemek ve ölçmek için, GJR-GARCH ve çok değişkenli BEKK-GARCH modellerini kullanmışlardır. Çalışmada; ham petrol piyasalarından etanol ve mısır piyasalarına yönelik gerçekleşen oynaklık yayılımının zaman ve büyüklük açısından benzerlik gösterdiği tespit edilmiştir. Etanol ve mısır hisse senetlerine ait fiyat değişkenliğinin genel olarak %10 ile %20 düzeylerinde petrol piyasalarında meydana gelen oynaklıktan kaynaklandığı belirlenmiştir. Fakat finansal kriz döneminde petrol için dünya talebinin önemli ölçüde değiştiği zamanlarda etanol ve mısır hisse senetleri fiyat oynaklığı %45 düzeyine kadar petrol fiyatlarından kaynaklandığı öne sürülmüştür.

Arouri, Jouini ve Nguyen (2011), iki değişkenli VAR-GARCH modelini kullanarak petrol piyasaları ile ABD ve AB menkul kıymetler borsaları arasındaki oynaklık geçişini sektörel bazda incelemişlerdir. Çalışmada; 1 Ocak 1998- 31 Aralık 2009 tarihleri arasındaki haftalık veriler kullanılmıştır. Sonuçlar petrol ve hisse senedi sektörlerine ait getiriler arasında oynaklık geçişkenliğinin anlamlı bulunmuştur. Ayrıca, AB'de genelde yayılma tek yönlü olarak petrol piyasalarından hisse senedi piyasalarına yöneliktir, ABD'de ise bu çift yönlü olarak gerçekleşmektedir. Çalışmada; petrol-hisse senedi portföylerini elde tutan yatırımcılara ışık tutma açısından optimal ağırlık ve korunma oranları analiz edilmiştir.

Serra (2011), uluslararası petrol piyasaları ile Brezilya etanol ve şeker piyasaları arasındaki oynaklık geçişkenliğini incelemek için Temmuz 2000 ile Kasım 2009 arası haftalık veriler kullanmıştır. Çalışma 2011'de Long ve arkadaşları tarafından geliştirilen yarı parametrik GARCH yöntemi kapsamında yürütülmüştür. Çalışma sonuçları etanol ve ham petrol, aynı şekilde etanol ve şeker fiyat seviyelerinin dengeli bir parite

vasıtasıyla uzun vadede bağlantılı olduğu saptanmıştır. Sözkonusu bu uzun vadeli fiyat ilişkisi, petrol ve şeker fiyatlarında meydana gelen bir artışın etanol fiyatlarının artışına sebep olduğunu göstermektedir. Ayrıca, etanol fiyatları uzun vadede ilgili parite sapmalarına tepki verip ve yeniden pazar dengesine yanıt verirken, şeker ve ham petrol fiyatları uzun dönem parametreleri için zayıf dışsal olarak belirlenmektedir. Dolayısıyla, ham petrol ve şeker piyasalarına ait şoklar, etanol fiyatlarının oynaklığına sebep olduğu tespiti yapılmıştır.

Kaltalioglu ve Soytaş (2011), spot petrol fiyatları, spot tarımsal hammadde fiyatları ve spot gıda fiyatları arasındaki bilgi aktarım mekanizmasını incelemişlerdir. Çalışmada Ocak 1980 ile 2008 yılları arasındaki aylık veriler kullanılmıştır. Araştırmada izlenen Cheung-Ng prosedürü, petrol fiyat oynaklığının gıda ve tarımsal hammadde fiyatlarındaki değişimlerin Granger nedeni olmadığını saptanmıştır. Ancak, tarımsal hammadde ve gıda pazarları arasında iki yönlü yayılmanın olduğu tespit edilmiştir.

Soytaş ve Oran (2011), BIST 100 ile BIST elektrik endeks getirileri ve dünya spot petrol piyasa getirileri arasındaki Granger nedensellik ilişkisini araştırmışlardır. BIST elektrik getirilerinin piyasa ve BIST 100 endeks getiri etkilerinden arındırılmış ve arındırılmamış halini ele alarak dünya spot petrol fiyatları ile zaman içindeki bağlantıları incelemişlerdir. Çalışmada 05.02.2003-03.01.2007 dönemi için günlük bazda veriler kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, geleneksel yaklaşımlarla petrol getirilerden hisse senedi getirilerine herhangi bir işlek nedensel ilişki tespit edilememiştir. Ancak, Cheung-Ng yaklaşımı kullanılarak nedensellik olgusu incelediğinde dünya petrol fiyatlarının varyansta elektrik endeksinin ve düzeltilmiş getiri endeksinin Granger nedeni olduğu ortaya çıkmıştır. Fakat bu tüm pazarı temsil eden getiri endeksleri için geçerli değildir.

### **2.1.2. Aynı Piyasa Tipleri Arasında Oynaklık Geçişkenliği**

Chang, Michael ve Tansuchat (2010), uluslararası petrol piyasalarında önemli gösterge olarak nitelenen West Texas Intermediate (ABD), Brent (Kuzey Denizi), Dubai / Umman (Orta Doğu) ve Tapis (Asya-Pasifik) olmak üzere dört ana endeks arasında oynaklık geçişkenliği ve asimetric etkilerini inceleme amacıyla sabit koşullu korelasyon (CCC), (VARMA-GARCH) ve ARMA-GARCH (ARMA-asimetric

GARCH) olarak çok değişkenli GARCH modellerini kullanmışlardır. Günlük veriler kullanılarak 30 Nisan 1997-10 Kasım 2008 zaman aralığı baz alınan bu çalışmada; ikili serilerin çoğunda koşullu varyanslarında oynaklık geçişkenliği ve asimetrik etkilerin bulunduğu tespit edilmiştir. Ayrıca ikili ham petrol getirileri arasındaki koşullu korelasyonların tahmininde hem pozitif hem de negatif eğilimlerin bulunduğuna rastlanmıştır.

Gebka (2012), sekiz Asya ülkesi (Hong Kong, Endonezya, Japonya, Kore, Malezya, Singapur, Tayvan ve Tayland ) ile ABD piyasaları arasındaki endeks getirisi, getiri oynaklığı ve işlem hacmine ait dinamik ilişkiyi incelemek için VAR modellerini kullanmışlardır. Bu araştırmada Ocak 1990 ile Kasım 2003 tarihleri arasında sekiz ülkeye ait ulusal borsa endekslerinin günlük getirileri kullanılmıştır. Çalışmada; sınır ötesi getiri yayılımına rastlanmamış fakat mutlak getiri konusunda Asya ve ABD arasında çift yönlü güçlü bir yayılım sözkonusu olduğu bulgusuna varılmıştır. Oynaklık yayılımı ise Asya'dan ABD'ye yöneliktir. İşlem hacmi ise, özellikle Asya piyasalarında, yerli ve yabancı getiri şoklarından etkilenmekte ve özellikle oynaklık yayılımının ABD menşeli şoklara bağımlı olduğu görülmektedir. Son olarak sınır ötesi getiri yayılımı ancak 1997 krizi sonrası gerçekleşmektedir.

Antonakakis (2012), Avrupa Birliği'ne giriş öncesi ve sonrası döneme ilişkin, uluslararası düzeyde işlem gören dört önemli para biriminin (Euro, İngiliz Sterlini, Japon Yeni ve İsviçre Frangı) ABD dolarına karşı getiri ortak hareketlerini ve oynaklık yayılımlarını incelemiştir. VAR, varyans ayrıştırması ve çok değişkenli GARCH modellerinin kullanıldığı bu çalışmada; ABD dolarına karşı dört para biriminin döviz kurları günlük olarak 6 Ocak 1986 - 30 Aralık 2011 aralığı baz alınarak kullanılmıştır. Bulgular dört farklı zaman serisi arasında getirilerin ortak hareket ettiğini ve oynaklık yayılımlarının gerçekleştiğini göstermektedir. Fakat hareketlerin büyüklüğü Avrupa Birliği sonrasında Avrupa Birliği öncesine göre daha düşük bir eğilim göstermiştir.

Wu, Li ve Zhang (2005), ABD ve İngiltere piyasaları arasında kısa dönemli bilgi iletim mekanizmasını incelemek için S&P 500 ve FTSE 100 vadeli endekslerini kullanmışlardır. Araştırmada ilgili endekslere ait yüksek frekanslı (5-dakikalık veriler) alım-satım fiyat verileri 1995 yılı için elde edilmiş ve iki değişkenli GARH modelleri kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ABD ve İngiltere piyasaları arasında çift yönlü

oyunluk yayılımının olduğu görülmüştür. Öte yandan, koşullu ortalama getirisi konusunda her iki yönde de anlamlı bir yayılma sözkonusu olmamıştır. Üstelik teoriye uygun olarak ARCH ve GARCH etkileri yüksek düzeyde anlamlı çıkmıştır.

Speight ve McMillan (2001), Ocak 1955 - Aralık 1990 yıllarına ait aylık verileri kullanarak, Doğu Avrupa eski sosyalist ülkelerinin (Bulgaristan, Çekoslovakya, Macaristan, Polonya, Romanya ve Sovyetler Birliği) karaborsa döviz kurları arasındaki oynaklık geçişkenliğini incelemiştir. Güçlü Wald testleri, GARCH ve ARMA modellerinin kullanıldığı çalışmada koşullu ortalama sadece Bulgaristan para birimi (Lev) ve Romanya para birimi (Lei) piyasalarında oynaklık geçişkenliğine dair kanıtlar bulunmuştur. Koşullu varyans yayılımı ile ilgili de sınırlı kanıtlara rastlanıldığı, bunun da eski Sovyetler Birliği tarafından yürütülen bazı politikalarından kaynaklanabileceği ifade edilmiştir.

Moon ve Yu (2010), ABD'deki Standard & Poor's (S&P) 500 hisse senedi endeksi ile Çin'deki Şanghai Menkul Kıymetler Borsası (SSE) endeksi arasında günlük hisse senedi getirileri ve dalgalanmalarının kısa vadede yayılma etkisini incelemiştir. Çalışmada 5 Ocak 1999 ile 12 Haziran 2007 dönemine ait toplam 1527 günlük veri kullanılmıştır. Araştırmada Andrews (1993) yöntemi kullanılarak 2 Aralık 2005'de SSE bileşik endeksinde yapısal kırılmaya rastlanmıştır. Simetrik ve asimetrik GARCH modellerinin kullanıldığı bu çalışmada; Çin'deki 2 Aralık 2005 yapısal kırılma sonrası, S&P 500 hisse senedi getirisindeki beklenmedik oynaklıklar SSE bileşik endeks hisse senedi getiri oynaklığı üzerinde simetrik ve asimetrik etkilerin anlamlı olduğu tespit edilmiştir. 2 Aralık 2005 Çin'deki kırılmadan sonra SSE bileşik endeksinden ABD getirisinde simetrik oynaklık geçişkenliği tespit edilmiştir.

Jiang, Konstantinidi ve Skiadopoulos (2012), ABD ve Avrupa haber duyurularının (şoklarının) ilgili ülke hisse senedi borsaları arasındaki oynaklık yayılımı üzerinde herhangi bir etkiye sahip olup olmadığını incelemiştir. VAR modellerinin kullanıldığı çalışmada, 1 Temmuz 2003 – 31 Aralık 2010 dönemine ait günlük veriler baz alınarak bir ABD (VIX) ve beş Avrupa (VDAX-YENİ, VCAC, VAEX, VBEL ve VSMI) zımni oynaklık endeksleri kullanılmıştır. Zımni oynaklık yayılımı üzerinde haber duyurularının etkisini kontrol etmek için, planlı ve plansız ABD ve Avrupa haber olaylarının kapsamlı listesi derlenmiştir. Önde gelen ABD ve Avrupa zımni oynaklık

endeksleri esasen ABD ve Avrupa piyasaları arasında ve Avrupa pazarlarında önemli düzeyde zımnî oynaklık yayılımının gerçekleştiği tespit edilmiştir. Haber yayımları zımnî oynaklık büyüklüklerini etkilemesine rağmen oynaklıkların tamamını açıklamamaktadır.

In (2007), üç büyük uluslararası swap pazarları olarak bilinen, ABD, Japonya ve İngiltere genelinde zamanla değişen oynaklık yayılımını büyüklük, güç ve yön açısından incelemiştir. Çok değişkenli VAR- EGARCH modellerinin kullanıldığı çalışmada, vadesi 3, 5 ve 10 yıllık olan ABD, Japonya ve İngiltere swapları için 8 Ocak 1996 ile 29 Haziran 2001 yılları arasındaki toplam 1366 adet günlük veri kullanılmıştır. Çalışma sonuçlarına göre; ABD piyasalarından İngiltere ve Japonya swap piyasalarına baskın bir etki söz konusu olmasına karşın tersi geçerli değildir. Ayrıca Japonya ve İngiltere swap piyasaları arasında karşılıklı oynaklık geçişkenliği tespit edilmiştir. Ancak ABD ile İngiltere piyasaları arasında karşılıklı oynaklık geçişkenliğinin düşük seviyede anlamlı olduğu gözlenmiştir. Oynaklık kalıcılık derecesi her üç piyasada oldukça güçlü ve bire yakın olarak bulunmuştur. Birçok durumda oynaklık yayılımı hem vade hem de ülke çapında asimetrik olarak yayıldığı görülmüştür.

### **2.1.3. Makroekonomik Değişkenlerle Finansal Piyasalar Arasında Oynaklık Geçişkenliği**

Valadkhani, Harvie ve Karunanayake (2013), MGARCH modelleri kullanarak 29 ülke arasında reel GSYH büyüme oranlarının ortak hareketini incelemek amacıyla 1912-2008 dönemine ait yıllık zaman serisi verilerini kullanmışlardır. Söz konusu ülkelerin, sadece onikisinin istatistiksel olarak anlamlı bulunan gruplar arasında yer aldığı belirlenmiştir (örneğin G6-altı Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) Avrupa ülkeleri, G4-dört Anglo-Sakson ülkeleri ve G2-iki büyük Asya ülkeleri). Çalışmada; büyüme oranlarının küresel olarak sistematik hareket etmesi konusunda coğrafi yakınlık, kültürel bağlar ve ülkeler arasında sosyo-ekonomik ve mali ilişkilerin seviyesi gibi faktörlerin belirleyici role sahip olabileceği sonucu ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarına göre; ABD’de herhangi bir ekonomik durgunluk söz konusu olduğunda olumsuz ekonomik etkiler diğer dünya ülkelerine yansımadan önce G6 ve G2 ülkeleri başta olmak üzere diğer Anglo-Sakson ülkelerini etkilediği görülmüştür. Ayrıca G4 ve

G6 blokları arasında anlamlı olarak iki yönlü çapraz ortalama yayılım tespit edildiği belirlenmiştir.

Giannellis, Kanas ve Papadopoulos (2010), ABD ve İngiltere ülkeleri için kısa vadede borsa ve reel ekonomi arasındaki dinamik ilişkiyi araştırmışlardır. Seriler arasında bulunan oynaklık kümelenmesi nedeniyle tek değişkenli ve çok değişkenli EGARCH modelleri kullanılmıştır. Çalışmada Ocak 1970 ile Aralık 2002 dönemi için aylık veriler kullanılmış ve sonuçlar ortalama konusunda iki gecikmeyle her iki ülke için reel Sanayi üretim büyüme oranlarından borsa getiri oranlarına yönelik nedenselliğin anlamlı bulunduğunu göstermiştir. Diğer taraftan, oynaklık konusunda ise İngiltere için reel borsa getirilerinden reel Sanayi üretim büyüme oranına yönelik iki aylık gecikmeyle nedenselliğin sözkonusu olduğu sonucu ortaya konulmuştur. Benzer şekilde, oynaklığın reel ekonomi sektörlerinden borsa piyasalarına iletilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Bu da zaman içinde Sanayi üretim büyüme oranlarındaki değişikliklerin portföy varlıklarına yansımından kaynaklandığı vurgulanmıştır. İlişkilerin İngiltere’de ABD’ye göre daha güçlü olmasının yanında borsadan reel ekonomi sektörlerine yönelik oynaklık sadece ABD’de simetrik olarak bulunmuştur.

Diebold ve Yılmaz (2012), Ocak 1999 ile Ocak 2010 arası günlük veriler kullanarak ABD’deki hisse senedi, tahvil, döviz ve emtia piyasaları arasında oynaklık geçişkenliğini incelemek için genelleştirilmiş VAR modellerini kullanmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre her dört piyasada da oynaklık olgusunun anlamlı olmasına rağmen, piyasalar arasında çapraz bir şekilde oynaklık yayılımının 2007 kriz öncesine kadar sınırlı olduğu tespit edilmiştir. Krizin yoğunlaşmasıyla Eylül 2008’de Lehman Brothers’in çöküşünden sonra, borsadan diğer piyasalara yönelik oynaklık geçişkenliği önemli düzeyde gerçekleşmiştir.

Arifin ve Syahrudin (2012), 1997-1998 Asya ve 2008 yılında ABD’de ortaya çıkan Subprime kriz dönemlerinde benzer durumda olan 5 Güney Doğu Asya Milletler Birliği (ASEAN) ülkeleri (Endonezya, Malezya, Filipinler, Singapur ve Tayland) arasındaki döviz kurları ve borsa getirileri arasında oynaklık yayılma etkisini araştırmışlar ve iki kriz dönemindeki benzerlik ve farklılıkları incelemişlerdir. Araştırmacılar 1 Temmuz 1997 ile 26 Nisan 2010 tarihleri arasındaki günlük verileri baz alarak BEKK gösterimli iki değişkenli VAR(1) - GARCH(1,1) modelini

kullanmışlardır. Ekonomideki oynaklık yayılma etkileri, farklı kriz dönemlerinde değişik ülkeler arasında farklılık gösterse de, döviz kuru dalgalanmalarının borsa oynaklıkları üzerinde güçlü dalgalanmalar meydana getirdiğine dair kanıtlar bulunmuştur.

Tamakoshi ve Hamori (2013), Hong (2001) tarafından geliştirilen Çapraz Korelasyon Fonksiyonu (CCF) tekniği kullanarak AB bankacılık sektörü Kredi İflas Takas (CDS) endeksi ile Yunan Kredi İflas Takas (CDS) endeksi arasında varyans ve ortalama üzerinde nedensellik araştırması için Ocak 2008 ile Aralık 2011 dönemi için günlük veriler kullanmışlardır. Devlet borç kriz öncesi, AB Banka Kredi İflas Takası'ndan Yunan Kredi İflas Takası'na yönelik ortalama ve varyansta nedenselliğin anlamlı olduğu tam kesin olmamakla birlikte tespit edilmiştir. Fakat buna karşılık, kriz döneminde Yunanistan Kredi İflas Takası'ndan AB Kredi İflas Takası'na yönelik ortalamada az anlaşılır olmasına karşın, varyansta nedensellik olduğu gözlenmiştir.



## ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

### VERİ VE YÖNTEM

#### 3.1. VERİ

Çalışmada petrol fiyat getirileri ile Borsa İstanbul 100 endeksi ve alt sektör getirileri arasındaki oynaklık ilişkisini araştırmak için 2 Ocak 2002-31 Aralık 2012 dönemine ait dolar bazındaki fiyat endeksleri baz alınarak toplam 2853 günlük veri kullanılmıştır. Türkiye’de gerçekleşmiş olan 2001 krizinin yarattığı etkileri veri setinden soyutlamak için verilerin başlangıç tarihinin Ocak 2002 olmasına karar verilmiştir. Uygulamada sektörlerle ilgili kullanılacak fiyat verileri Borsa İstanbul bilgi dağıtım merkezinden (<http://borsaistanbul.com>) ve uluslararası brent petrol fiyat verileri ise ABD Enerji Bilgi Kurumu’ndan (Energy Information Administration) elde edilmiştir.

Literatür araştırmalarında benzer çalışmalarda günlük, haftalık ve aylık verilerin kullanıldığına rastlanmaktadır. Çoğu zaman kullanılacak verilerin günlük, haftalık veya aylık olarak tercih edilmesi ilgili çalışmanın izlediği amacı ve kurduğu hipotezlere bağlı olmaktadır. Haftalık ve aylık zaman serilerinde, verilerin toplulaştırılması ve kümelenmesi sonucunda, ekonomik çalkantılardan doğabilecek şokların göreceli olarak belli ölçüde sönümlenmesi sorunu bulunmaktadır. Dolayısıyla bu çalışmada, çalışmanın spesifik özellikleri dikkate alınarak günlük verilerin kullanılması uygun görülmüştür. Çalışmada kullanılacak getiri serileri ise diğer pek çok araştırmada olduğu gibi fiyat endekslerinin doğal logaritmalarının farkları alınarak oluşturulmuştur.

#### 3.1.1. Borsa İstanbul’u Temsil Eden Endeks Seçimi

Çalışmada petrol fiyatları ile Türkiye hisse senedi piyasaları arasındaki ilişkiyi araştırmak için İstanbul borsasını temsil eden BIST 100 endeksi alınmıştır. Bileşik temel endeks olarak BIST 100 endeksi, Ocak 1986’dan itibaren İstanbul Menkul Kıymetler Borsasının (Borsa İstanbul) günlük nabzını piyasaya yansıtmak için hesaplanmaya başlanmıştır. BIST 100 endeksi yüz büyük ve aktif şirketin ağırlıklı olarak hisse senetlerinden oluşmaktadır.

### 3.1.2. Alt Sektörleri Temsil Eden Endekslerin Seçimi

Petrol fiyatlarının BIST 100 endeksinden bağımsız olarak alt sektörlerle olan muhtemel ilişkisini bireysel olarak incelemek için toplam 23 sektör çalışmaya dahil edilmiştir. Çalışmaya dahil edilen sektörler çalışmanın kapsamış olduğu veri aralığı ile sınırlı olmaktadır. Bu sektörler Tablo 3.1’de verilmiştir.

**Tablo 3.1. BIST Alt sektörlerini Temsil Eden Endekslerin Listesi**

Sıra	kod	<i>BIST</i> :	Sıra	kod	<i>BIST</i> :
1	XUSIN	SANAYİ	13	XTCRT	TİCARET
2	XGIDA	GIDA, İÇECEK	14	XILTM	İLETİŞİM
3	XTEKS	TEKSTİL, DERİ	15	XUMAL	MALİ
4	XKAGT	ORMAN, KAĞIT, BASIM	16	XBANK	BANKA
5	XKMYA	KİMYA, PETROL, PLASTİK	17	XSGRT	SİGORTA
6	XTAST	TAŞ, TOPRAK	18	XFINK	FİN. KİR., FAKTORİNG
7	XMANA	METAL ANA	19	XHOLD	HOLDİNG VE YATIRIM
8	XMESY	METAL EŞYA, MAKİNA	20	XGMYO	GAYRİMENKUL YAT. ORT.
9	XUHIZ	HİZMETLER	21	XUTEK	TEKNOLOJİ
10	XELKT	ELEKTRİK	22	XBLSM	BİLİŞİM
11	XULAS	ULAŞTIRMA	23	XYORT	MENKUL KIYMET YAT.ORT.
12	XTRZM	TURİZM			

Kaynak : <http://borsaistanbul.com/endeksler/endeks-verileri>

### 3.1.3. Dünya Petrol Fiyatları

Uluslararası düzeyde petrol fiyatları için farklı endeksler kullanılmaktadır. Bu çalışmada varil başına ham petrol fiyatları için Avrupa brent spot fiyatları kullanılmıştır.<sup>1</sup>

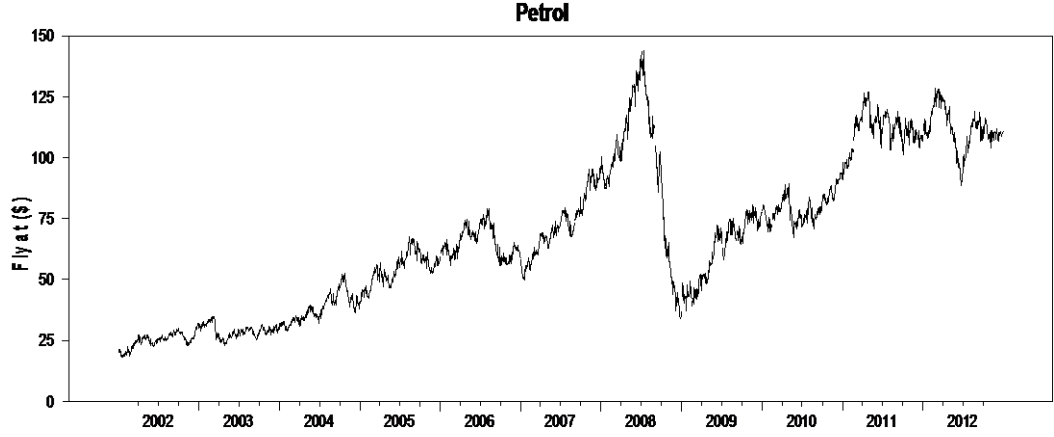
Brent petrol türü, Kuzey Denizinden çıkarılan farklı petrollerin karışımından oluşmakta ve dünyada petrol üzerinden gerçekleşen işlem hacminin yaklaşık olarak üçte ikisinin fiyatını belirlemede kullanılmaktadır. Brent petrol fiyatı Uluslararası Ticaret Kurumu tarafından belirlenmekte olup, piyasada ticaret konusu olan petrol çeşitlerinin fiyatlarını belirleme konusunda temel unsur olarak dikkate alınmaktadır. Dünya petrol piyasalarında WTI<sup>2</sup> petrol fiyatı, 2013 yılı itibariyle ortalama olarak on dolar civarında brent petrol fiyatından daha düşük bir seviyede seyrettiği görülmektedir.

Petrol fiyatları, geçen on yılda ortalama olarak %16.22 düzeyinde büyüme kaydetmiştir (Bkz. Tablo 1.1). Şekil 3.1’den de anlaşacağı üzere, ham petrolün en yüksek tarihi fiyatı 2008 krizinden önce 3 Ocak 2008’de 143.95 (Avrupa Brent Spot

<sup>1</sup> Europe Brent Spot Price FOB (Dollars per Barrel)

<sup>2</sup> WTI (West Texas Intermediate) Petrolü, ABD’nin Texas ve Oklahoma eyaletlerinde çıkarılan petrole verilen isimdir.

Fiyatı) saptanmıştır. Aynı sene içinde gerçekleşen kriz sonucunda ham petrol fiyatı 30 dolar civarına kadar inmiştir.



**Şekil 3.1.** Brent Ham Petrol Fiyatlarına İlişkin Günlük Grafik

### 3.1.4. Değişkenlere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

Tablo 3.2’de günlük getiri serilerinin tanımlayıcı istatistikleri verilmiştir. Çalışma dönemini kapsayan zaman aralığını dikkate aldığımızda tüm serilerin ortalama olarak getiri serileri pozitif ve en yüksek ortalama getiri %11 olarak BIST metal ana sektörüne aittir. Diğer taraftan, getiri serileri arasında en düşük ortalama ise %3 olarak BIST bilişim ve BIST elektrik sektörlerine aittir. Petrol ile birlikte BIST 100 ve alt sektörler olarak iletişim, kâğıt, metal eşya ve sanayi endeksleri yaklaşık olarak %8 civarında ortalama getiri sağlamışlardır. Getiri serilerine ilişkin koşulsuz standart sapma değerlerine baktığımızda en küçük değer %2.03 olarak BIST taş ve toprak sektörüne ait olmakta ve en yüksek değer ise %3.03 olarak BIST turizm sektörüne ait olmaktadır. Dolayısıyla, koşulsuz standart sapma değerlerine esasen nispi olarak en düşük dalgalanmayı BIST taş ve toprak sektörü gösterirken, en yüksek dalgalanmayı da BIST turizm sektörü göstermektedir. Serilerin çarpıklık değerleri, petrol, banka, metal, ticaret ve turizm sektörleri dışında tamamen negatif değerlerden oluşmakta ve serilerin basıklık değerleri önemli düzeyde 3’den büyüktür. Bu bulgular incelemeye aldığımız getiri serilerinin hepsinin asimetrik bir dağılım sergilediğine işaret etmektedir. Ayrıca getiri serilerinin dağılımını dikkate aldığımızda, büyük negatif değerli getirilerin gözlenme olasılığı, normal dağılıma göre daha yüksek olmaktadır. Jarque-Bera test sonuçlarını

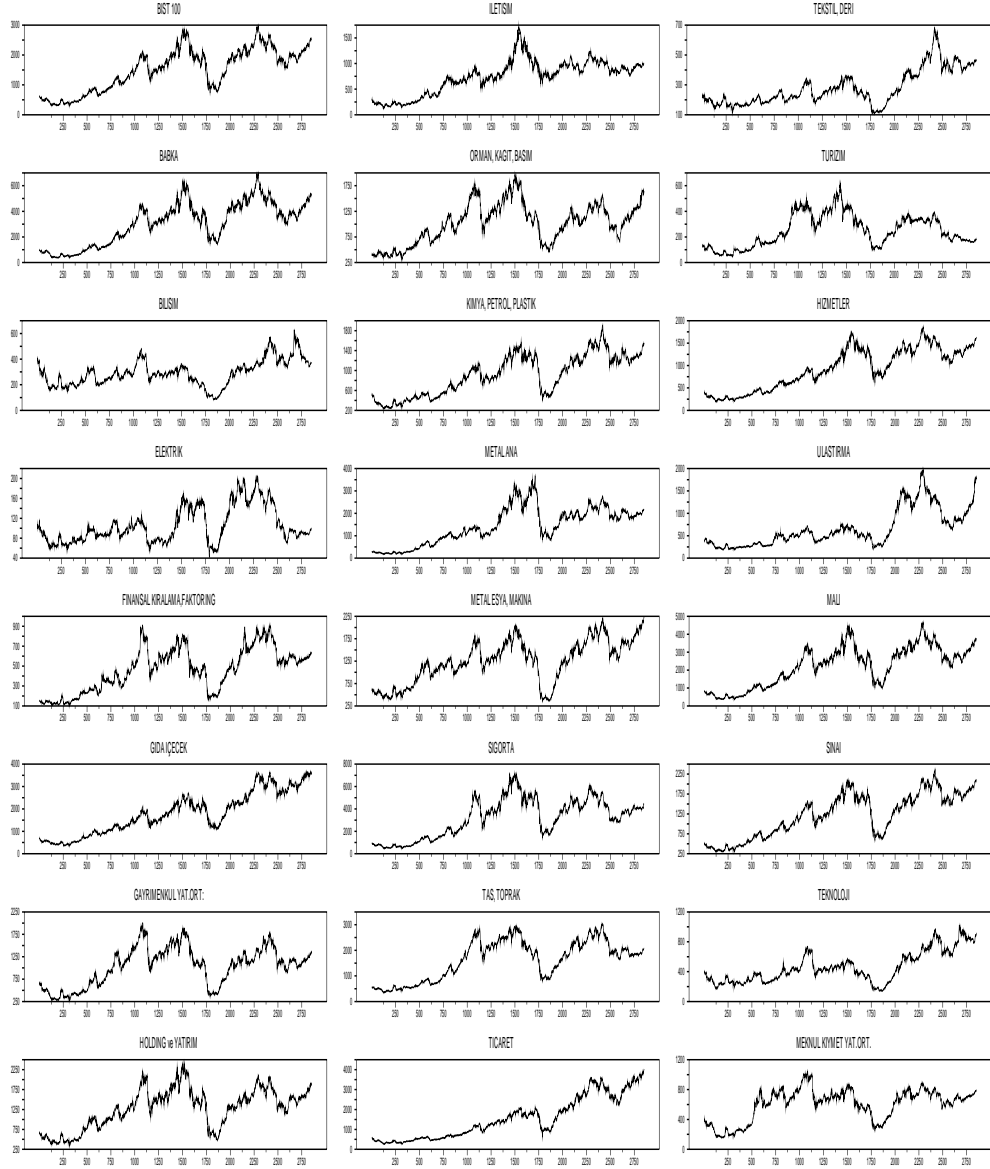
incelediğimizde, getiri serilerinin normal dağılım gösterdiği üzerine kurulmuş olan boş hipotezin %1 önem düzeyinde reddedildiğini görmekteyiz. Getiri serilerinin otokorelasyonu ile ilgili Ljung-Box test istatistiği sonuçları, petrol dışında tüm serilerin otokorelasyon içermediği üzerine kurulmuş olan boş hipotezin %1 anlamlılık düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Ayrıca petrol getiri serisinin, altı gecikme üzerinden yapılan test sonucuna göre, %10 anlamlılık düzeyinde otokorelasyon içerdiği gözlenmektedir.

**Tablo 3.2.** Günlük Getiri Serilerine İlişkin Tanımlayıcı İstatistikler

	Ort.(%)	St.sap.(%)	Çarp.	Basık.	JB	LB	
						Lag(6)	Lag(12)
<b>Petrol</b>	8	2.20	0.22	8.24	3292.01***	11.935*	15.171
<b>BIST :</b>							
<b>100</b>	8	2.41	-0.09	7.46	2370.93***	29.629***	46.444***
<b>Banka</b>	10	2.86	0.12	7.23	2131.23***	26.613***	43.052***
<b>Bilişim</b>	3	2.53	-0.19	6.87	1797.81***	24.274***	42.997***
<b>Elektrik</b>	3	2.58	-0.15	8.03	3020.41***	50.573***	57.062***
<b>Fin.kir.,factoring</b>	9	2.80	-0.05	7.65	2573.19***	34.139***	44.643***
<b>Gıda,İçecek</b>	9	2.31	-0.39	7.12	2090.23***	19.586***	26.300***
<b>Gayrimenkul Yat.Ort</b>	6	2.44	-0.42	7.03	2017.89***	47.500***	72.781***
<b> Holding ve Yatırım</b>	7	2.57	-0.10	7.47	2381.93***	35.829***	52.502***
<b>İletişim</b>	8	2.82	-0.01	6.63	1569.00***	11.189***	31.085***
<b>Orman,Kağıt,Basım</b>	8	2.46	-0.31	6.52	1521.21***	32.322***	42.127***
<b>Kimya,Petrol,Plastik</b>	7	2.38	-0.16	7.33	2241.29***	27.316***	39.092***
<b>Metal Ana</b>	11	2.69	0.01	7.34	2236.65***	28.270***	44.865***
<b>Metal Eşya ve Makina</b>	8	2.38	-0.29	7.55	2496.62***	31.951***	53.938***
<b>Sigorta</b>	9	2.73	-0.26	6.52	1503.84***	38.248***	52.926***
<b>Taş,Toprak</b>	7	2.03	-0.38	9.46	5030.42***	40.057***	58.881***
<b>Ticaret</b>	10	2.27	0.14	10.37	6460.36***	17.795***	29.734***
<b>Tekstil,Deri</b>	5	2.19	-0.95	9.21	5017.76***	24.403***	41.967***
<b>Turizm</b>	6	3.03	0.12	8.50	3601.48***	27.036***	35.884***
<b>Hizmetler</b>	7	2.15	-0.14	6.85	1770.34***	20.169***	34.643***
<b>Ulaştırma</b>	9	2.65	-0.07	6.30	1298.50***	40.173***	50.705***
<b>Mali</b>	9	2.70	0.03	7.39	2294.10***	29.900***	47.419***
<b>Sanayi</b>	8	2.12	-0.43	8.21	3319.71***	38.487***	55.314***
<b>Teknoloji</b>	6	2.46	-0.38	8.43	3571.57***	26.856***	44.547***
<b>Menkul kıymet Yat.Ort</b>	6	2.37	-0.04	10.50	6684.45***	33.858***	54.872***

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri ilgili testlerde sırasıyla %1 , %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

Şekil 3.2'de görüldüğü gibi, BIST 100 ve alt sektör fiyat endeks grafikleri incelediğinde, ilk bakışta tüm serilerin trend içerdiği ve aynı zamanda otokorelasyon olgusunun da bulunduğunu tespit etmek mümkündür. Ayrıca, hemen hemen tüm dünya borsalarını belli ölçüde etkileyen 2008 dünya krizinin Türkiye hisse senedi piyasaları üzerinde meydana getirdiği olumsuz etkiler de açık bir şekilde gözlemlenebilmektedir.



**Şekil 3. 2.** BIST 100 ve Alt Sektör Fiyat Endekslerine İlişkin Grafikler

### 3.1.5. Değişkenler Arasında Koşulsuz Korelasyon Katsayıları

Araştırma kapsamına alınan değişkenlerin arasındaki koşulsuz korelasyon katsayıları, farklı piyasa getirileri arasında, ikili ilişkileri açıklama konusunda önemli bilgiler sunmaktadır. Petrol getirisi ile BIST sektör getirileri arasındaki ikili ilişkileri incelediğimizde Tablo 3.3'den de anlaşılacağı üzere, petrol ile farklı sektörler arasında korelasyon katsayıların 0.00 ile 0.19 arasında bir değişim gösterdiği görülmektedir. En yüksek korelasyon katsayıları, petrol getirileri ile BIST 100 ve alt sektörler olarak da kimya, metal ana, Sanayi getirileri arasında 0.19 olarak gerçekleşmiştir. Ayrıca en

düşük korelasyon katsayısı ise petrol getirisiyle BIST taş, toprak sektör getirisi arasında olduğu gözlenmektedir.

BIST 100 endeks getirisi ile alt sektör getirileri arasında göreceli olarak büyük ölçekli korelasyon katsayılarının gerçekleştiği görülmektedir. Sözkonusu korelasyon katsayıları genel olarak %70'in üzerinde bir seyir izlemektedir. Burada da, en düşük korelasyon katsayısı BIST 100 endeks getirisi ile BIST taş ve toprak sektör getirisi arasında 0.05 olarak gerçekleşmiştir. En yüksek korelasyon katsayıları ise 0.90 ile 0.99 arasında, BIST 100 endeks getirisi ile banka (0.97), holding ve yatırım (0.96), metal eşya, makina (0.90), hizmetler (0.92), mali (0.99) ve Sanayi (0.96) sektör getirileri arasında belirlenmiştir.

İstanbul Borsa'sının barometresi olarak bilinen BIST 100 endeksinin ağırlıklı olarak alt sektör hisse senetlerinden oluşması, doğal olarak bu endeksin diğer alt sektörlerle yoğun bir ilişki içinde olmasını beraberinde getirmektedir. Ayrıca BIST sektörlerinin, aynı piyasa ve bölgesel ekonomik dinamiklerinden etkilendiği için, sıkı bir ilişki içinde olabileceği beklenmektedir. Genel olarak bakıldığında, diğer sektörlerle 0.10'u geçmeyecek şekilde, en düşük korelasyon katsayısına sahip sektörün, taş ve toprak sektörü olduğu görülmektedir. Bunun nedeni taş ve toprak sektörünün genel olarak piyasa atmosferinden büyük ölçüde bağımsız olması ve kendi dinamikleri ile fiyat hareketlerini sürdürmesindedir.

**Tablo 3. 3.** Getiri Serilerine ilişkin Koşulsuz Korelasyon Katsayılar

Değişken		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25			
Petrol	1	1																											
<i>BIST :</i>																													
100	2	.19	1																										
Banka	3	.18	.97	1																									
Bilişim	4	.15	.82	.77	1																								
Elektirik	5	.16	.77	.72	.70	1																							
Fin.kir.,fakto.	6	.17	.73	.69	.66	.63	1																						
Gıda,İçecek	7	.12	.75	.68	.65	.61	.58	1																					
Gayri.M.Yat.Ort	8	.16	.87	.82	.78	.72	.71	.67	1																				
Holding ve Yat.	9	.18	.96	.90	.80	.74	.71	.71	.84	1																			
İletişim	10	.13	.78	.71	.63	.58	.55	.58	.65	.72	1																		
Orm.,Kağ.,Bas.	11	.17	.84	.79	.75	.69	.66	.66	.77	.82	.64	1																	
Kim.,Petrol,Plas.	12	.19	.89	.82	.76	.72	.67	.69	.81	.85	.67	.77	1																
Metal Ana	13	.19	.85	.79	.73	.68	.64	.64	.76	.82	.64	.72	.78	1															
Metal Eşya,Mak.	14	.18	.90	.84	.80	.74	.70	.70	.83	.88	.68	.80	.83	.80	1														
Sigorta	15	.16	.87	.83	.76	.71	.70	.67	.80	.84	.66	.77	.79	.76	.82	1													
Taş,Toprak	16	.00	.05	.04	.07	.07	.09	.06	.08	.06	.02	.06	.06	.04	.08	.08	1												
Ticaret	17	.15	.80	.74	.69	.65	.61	.64	.72	.76	.62	.69	.73	.67	.74	.72	.03	1											
Tekstil,Deri	18	.16	.84	.78	.79	.73	.71	.69	.81	.81	.64	.78	.79	.75	.82	.78	.09	.71	1										
Turizm	19	.12	.73	.68	.68	.61	.62	.59	.71	.71	.54	.67	.68	.65	.70	.66	.07	.60	.72	1									
Hizmetler	20	.16	.92	.85	.77	.74	.69	.71	.81	.87	.91	.78	.82	.77	.84	.80	.04	.84	.80	.68	1								
Ulaştırma	21	.11	.76	.72	.68	.62	.60	.58	.70	.73	.56	.67	.70	.66	.71	.68	.08	.61	.69	.61	.73	1							
Mali	22	.18	.99	.99	.80	.74	.72	.70	.85	.95	.73	.82	.85	.81	.87	.86	.05	.76	.81	.70	.87	.74	1						
Sanayi	23	.19	.96	.88	.83	.78	.74	.82	.87	.92	.72	.85	.93	.89	.93	.86	.08	.78	.87	.74	.88	.75	.91	1					
Teknoloji	24	.17	.84	.79	.93	.70	.68	.65	.79	.81	.63	.76	.78	.74	.81	.77	.08	.69	.80	.67	.78	.69	.81	.84	1				
Menk.Yat.Ort	25	.17	.82	.78	.75	.70	.70	.66	.81	.79	.63	.75	.76	.72	.79	.76	.08	.69	.79	.68	.77	.66	.80	.83	.75	1			

Çalışma kapsamına alınan getiri serileri arasında, tüm ikili korelasyon katsayılarının pozitif olması dikkat çekmektedir. Bu olgu sözkonusu sektörler arasında uzun vadeli

ilişkilerin pozitif ve aynı yönde hareket ettiğini vurgulamaktadır. Diğer taraftan da bu konu BIST sektörlerini baz alarak oluşturulacak portföylerin getiri risk düzeylerini minimize etme açısından dikkat edilmesi gereken bir konudur.

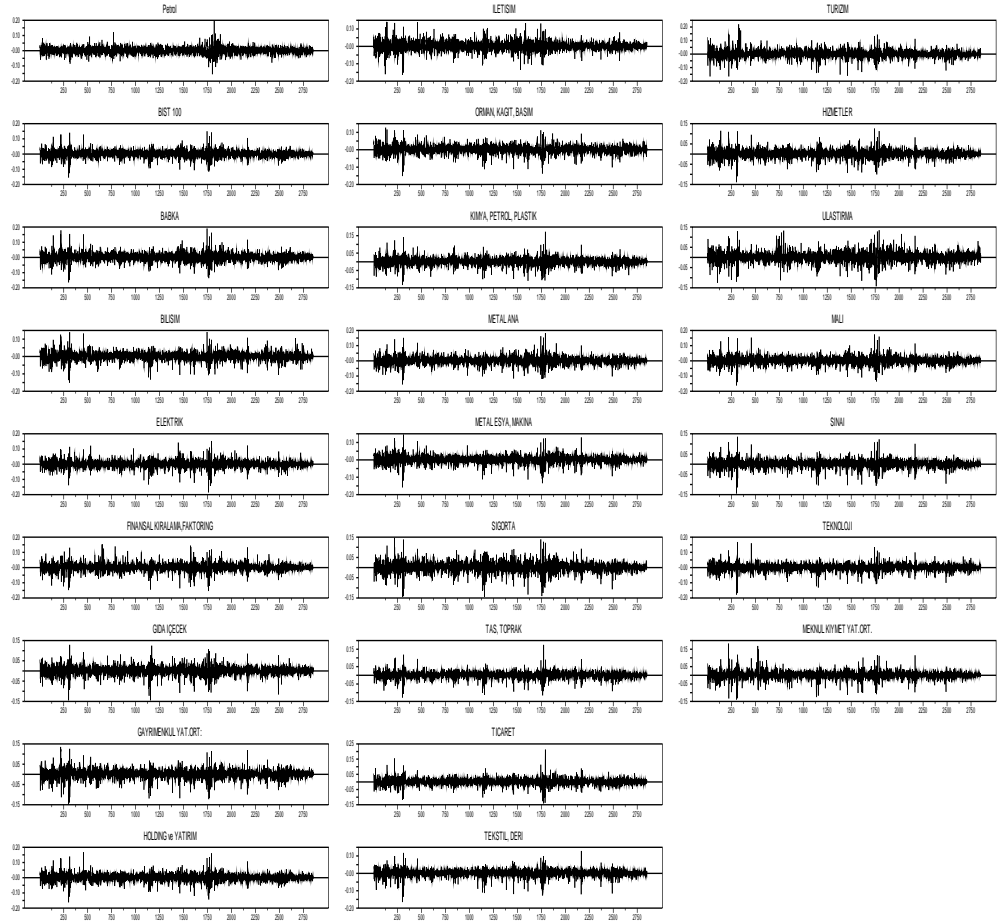
Petrol getirisi ile BIST sektörleri arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Diğer taraftan ortalama olarak petrol fiyatları son on yılda bir artış trendi izlemiştir. Dolayısıyla, bu bulgu son on yıldaki beklenen ekonomik büyümenin ve şirketlerin büyümesiyle beraber piyasa değerlerinin ortalama olarak artışının olası bir işaretidir.

### **3.1.6. Değişkenlerin Durağanlığı**

Şekil 3.1’de çalışmaya dahil edilen endekslerin düzey değerleri ile çizilmiş olan grafikler incelendiğinde, fiyat endekslerinin trend içerdiğini ve aynı ortalama etrafında seyretmediği ilk analizlerde görülmektedir. Dolayısıyla tüm serilerin durağan olmadığı anlaşılmaktadır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda, ilgili serilerin getiri formatı incelemelere tabi tutulacağından, endekslere ilişkin orijinal değerlerin logaritmik farkları alınarak getiri değerleri oluşturulmuştur. Şekil 3.3’de elde edilen serilerin grafikleri incelendiğinde, serilerin trendden arındırıldığı net bir şekilde görülmektedir. Ayrıca tüm seriler belli bir ortalama değer etrafında dalgalanma sergilemektedir. Tespit edilen bu olgu, aslında serilerin görsel olarak durağanlık durumunu ima etmektedir.





Şekil 3.3. Getiri Serileri Grafiği

Grafiklerle ifade edilen durağanlık olgusunun, detaylı olarak incelenmesi yönünde, literatürde genel olarak kabul gören üç farklı durağanlık testi uygulanmaktadır.

Tablo 3.4'teki ADF ve Phillips-Perron test sonuçları, ortaya çıkan negatif değerlerin ilgili kritik değerlerden büyük olduğunu göstermekte ve tüm getiri serilerinin %1 önem düzeyinde durağan olduklarını ifade etmektedir. ADF ve Phillips-Perron testlerinin yanı sıra durağanlıkla ilgili nispi olarak daha güvenilir sonuçlar ortaya koyan KPSS test sonuçları, daha önce elde edilen sonuçları onaylar niteliktedir. Dolayısıyla, kullanılan her üç test sonucuna göre, tüm getiri serileri %1 önem düzeyinde durağandır.

**Tablo 3. 4.** Getiri Serilerinin Birim Kök ve Durağanlık Test Sonuçları

Getiri Serileri	ADF			Phillips-Perron			KPSS	
	Sabit	Sabit Trend	Sabitsiz Trendsiz	Sabit	Sabit Trend	Sabitsiz Trendsiz	Sabit	Sabit Trend
<b>Petrol</b>	-10.29***	-10.31***	-10.11***	-53.69***	-53.69***	-53.62***	0.08***	0.028***
<b><i>BIST :</i></b>								
<b>100</b>	-10.92***	-13.92***	-13.82***	-48.89***	-48.88***	-48.85***	0.07***	0.05***
<b>Banka</b>	-13.72***	-13.73***	-13.61***	-49.10***	-49.09***	-49.05***	0.09***	0.06***
<b>Bilişim</b>	-49.23***	-49.23***	-49.23***	-49.23***	-49.23***	-49.23***	0.09***	0.05***
<b>Elektirik</b>	-22.68***	-22.68***	-22.68***	-48.13***	-48.12***	-48.14***	0.05***	0.05***
<b>Fin.kir.,faktoring</b>	-48.26***	-48.27***	-48.23***	-48.37***	-48.37***	-48.39***	0.11***	0.03***
<b>Gıda,İçecek</b>	-32.57***	-32.56***	-32.49***	-51.49***	-51.48***	-51.36***	0.05***	0.04***
<b>Gayrimenkul Yat.Ort</b>	-14.85***	-14.85***	-14.82***	-47.14***	-47.13***	-47.13***	0.08***	0.07***
<b>Holding ve Yatırım</b>	-15.77***	-15.77***	-15.71***	-48.35***	-48.34***	-48.34***	0.06***	0.04***
<b>İletişim</b>	-12.27***	-12.32***	-12.02***	-53.10***	-53.18***	-52.91***	0.15***	0.04***
<b>Orman,Kağıt,Basım</b>	-48.36***	-48.35***	-48.32***	-48.24***	-48.23***	-48.20***	0.10***	0.06***
<b>Kimya,Petrol,Plastik</b>	-48.96***	-48.95***	-48.93***	-48.88***	-48.87***	-48.85***	0.05***	0.05***
<b>Metal Ana</b>	-13.21***	-13.25***	-13.07***	-48.94***	-48.95***	-48.88***	0.18***	0.03***
<b>Metal Eşya,Makina</b>	-15.11***	-15.11***	-15.05***	-48.43***	-48.43***	-48.42***	0.07***	0.07***
<b>Sigorta</b>	-47.86***	-47.86***	-47.82***	-47.83***	-47.82***	-47.80***	0.13***	0.06***
<b>Taş,Toprak</b>	-15.00***	-15.02***	-14.93***	-48.20***	-48.20***	-48.19***	0.18***	0.06***
<b>Ticaret</b>	-10.19***	-10.18***	-9.93***	-51.25***	-51.25***	-51.17***	0.06***	0.05***
<b>Tekstil,Deri</b>	-15.82***	-15.82***	-15.78***	-49.01***	-49.00***	-49.02***	0.06***	0.04***
<b>Turizm</b>	-48.77***	-48.78***	-48.76***	-48.77***	-48.78***	-48.76***	0.18***	0.05***
<b>Hizmetler</b>	-13.20***	-13.20***	-13.07***	-50.48***	-50.47***	-50.45***	0.07***	0.05***
<b>Ulaştırma</b>	-13.42***	-13.45***	-13.35***	-48.00***	-47.99***	-47.98***	0.10***	0.05***
<b>Mali</b>	-13.77***	-13.78***	-13.67***	-48.74***	-48.74***	-48.70***	0.08***	0.05***
<b>Sanayi</b>	-15.89***	-15.89***	-15.80***	-48.07***	-48.06***	-48.03***	0.07***	0.04***
<b>Teknoloji</b>	-15.53***	-15.54***	-15.49***	-49.36***	-49.36***	-49.35***	0.09***	0.05***
<b>Menkul kıymet Yat.Ort</b>	-15.13***	-15.13***	-15.09***	-48.02***	-48.02***	-48.01***	0.09***	0.07***

Not: (\*\*\*) İlgili testlerde %1 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddedilmesine işaret etmektedir.

### 3.1.7. Getiri Serilerine İlişkin ARCH Testi

Literatürde ARCH etkisi diye bilinen olgu, klasik regresyon varsayımlarında öngörülen, hata terimlerinin homojen dağılım gösterip otokorelasyon içermediğine dair ortaya konulan varsayımın ihlali ile ortaya çıkmaktadır. Hata terimlerinin normalde otokorelasyon içermemesi mümkün olabilir, fakat hata terimlerine ilişkin ikinci momentler arasında ardışık bağımlılığın meydana gelmesi ARCH etkisini beraberinde getirmektedir. ARCH etkisinin meydana gelmesi, farklı bir sürecin izlenmesine sebep olmakta ve bu olgunun ilgili modeller kalıbına dayanarak modellenmesi gerekmektedir.

ARCH etkisinin görsel olarak açık göstergesi, ilgili serilerin grafiğinde meydana gelen kümelenme olgusundan ibarettir. Ayrıca ARCH etkisinin varlığını tespit etmek için, literatürde genel olarak iki test daha sıklıkla kullanılmaktadır. Bunlardan biri Engle (1982)'de önerdiği ARCH-LM testi, diğeri ise McLeod ve Li (1983)'nin geliştirdiği Q testidir.

Bu çalışmada serilerin ARCH etkisi içerip içermediğini test etmek için uygulamada daha çok ilgi gören ARCH-LM testi tercih edilmiştir. AIC, SCI ve HQ bilgi kriterlerine dayanarak, her seri için belirlenen optimal gecikme uzunluklarına göre yapılan ARCH-LM test sonuçları, tüm serilerin ARCH etkisinin bulunmaması üzerine kurulmuş olan sıfır hipotezinin %1 önem düzeyinde reddedildiğini göstermektedir. Dolayısıyla, getiri serilerinin ARCH etkisi içermesi konusunda güçlü kanıtlar elde edilmiştir.

Tablo 3.5'de verilen ARCH test sonuçları, çalışma kapsamına alınan getiri serilerinin, ARCH ve GARCH modelleri ile modellenebileceğinin uygun olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo 3. 5.** Getiri Serilerine İlişkin ARCH-LM Testi

Getiri Serileri	LAG	LM Değeri	AIC	SCI	HQ
Petrol	27	382.38***	7.84	7.90	7.86
<b>BIST :</b>					
100	27	352.84***	8.11	8.17	8.13
Banka	27	324.38***	8.77	8.83	8.79
Bilişim	27	278.62***	8.24	8.30	8.26
Elektirik	21	400.78***	8.45	8.50	8.47
Fin.kir.,faktoring	12	368.97***	8.76	8.78	8.77
Gıda,İçecek	27	308.40***	7.90	7.96	7.92
Gayrimenkul Yat.Ort	27	420.46***	8.06	8.12	8.08
Holding ve Yatırım	27	351.21***	8.38	8.44	8.40
İletişim	19	323.96***	8.61	8.66	8.63
Orman,Kağıt,Basım	21	302.64***	8.05	8.09	8.07
Kimya,Petrol,Plastik	27	315.46***	8.04	8.10	8.06
Metal Ana	27	397.41***	8.51	8.57	8.53
Metal Eşya,Makina	11	366.06***	8.06	8.09	8.07
Sigorta	27	419.83***	8.43	8.49	8.45
Taş,Toprak	24	327.82***	7.70	7.75	7.71
Ticaret	27	573.89***	8.14	8.20	8.16
Tekstil,Deri	27	385.75***	7.95	8.01	7.97
Turizm	27	350.75***	9.12	9.17	9.14
Hizmetler	27	349.30***	7.55	7.61	7.57
Ulaştırma	27	290.09***	8.31	8.37	8.33
Mali	27	337.54***	8.55	8.61	8.57
Sanayi	27	405.34***	7.69	7.75	7.71
Teknoloji	11	296.52***	8.34	8.36	8.35
Menkulymet Yat.Ort	10	313.55***	8.43	8.45	8.44

Not: (\*\*\*) İlgili testlerde %1 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddedilmesine işaret etmektedir

### 3.2. YÖNTEM

Getiri serileri ile ilgili elde edilen ARCH etkisi sonuçları, çalışmanın amacı doğrultusunda çok değişkenli GARCH modellerinin uygulanabilirliğini ifade etmektedir. Bununla birlikte çok değişkenli GARCH modellerinin teorik yapısı alt bölümlerde incelemeye alınmaktadır.

#### 3.2.1. Çok Değişkenli GARCH Modelleri

Çok değişkenli GARCH modelleri tek değişkenli ARCH/GARCH modellerinin başka bir sınıfı olarak ortaya çıkmaktadır. Bu modelleme türü birden fazla değişkeni dikkate alarak değişkenler arasındaki koşullu varyans, koşullu kovaryans ve koşullu korelasyon gibi çeşitli faktörlerin incelenmesine imkan sağlamaktadır. İlk olarak Bollerslev, Engle ve Wooldridge (1988) tarafından tek değişkenli ARCH/GARCH modelleri Vec parametrisasyonu çerçevesinde çok değişkenli modellere genişletilmiştir. Ancak, Vec parametrisasyonu, koşullu varyans matrisinin pozitif tanımlı olması yönünde herhangi bir garanti sağlamamaktadır. Baba, Engle, ve Kroner (1995), koşullu

varyans matrisinin pozitif tanımlı olmasını garantileyecek şekilde BEKK modelini geliştirmişlerdir. Çok değişkenli GARCH modellerinin başka bir türü olarak CCC (Constant Conditional Correlations) parametrizasyonu (Bollerslev, 1990) tarafından geliştirilmiştir. CCC modelinde koşullu korelasyon katsayılarının sabit olduğu durumlarda tahmin edilecek parametre sayısı belirli düzeyde azalış göstererek tahmin sürecinin kolaylaştırılmasına imkan sağlamaktadır. Koşullu korelasyonların dinamik bir özelliğe sahip olduğu durumlar için Tse ve Tsui (2000) ve Engle ve Sheppard (2001), tarafından DCC (Dynamic Conditional Correlations) parametrizasyonu ileri sürülmüştür. Genel olarak baktığımızda Vec ve BEKK parametrizasyonlarında koşullu varyanslarla koşullu kovaryanslar belirlenirken, CCC ve DCC parametrizasyonlarında koşullu varyanslarla koşullu kovaryanslar tanımlanmaktadır.

Çok değişkenli bir GARCH modeli genel olarak aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\begin{aligned} y_t &= \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \\ \boldsymbol{\varepsilon}_t | \boldsymbol{\psi}_{t-1} &\sim N(\mathbf{0}, \mathbf{H}_t) \end{aligned} \quad (3.1)$$

Modelin ortalama denklem kısmı bir GARCH-M formatında da verilebilir:

$$\begin{aligned} y_t &= \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\beta} \mathbf{H}_t + \boldsymbol{\varepsilon}_t \\ \boldsymbol{\varepsilon}_t | \mathbf{y}_{t-1} &\sim N(\mathbf{0}, \mathbf{H}_t) \end{aligned} \quad (3.2)$$

$\mathbf{y}_t$ :  $N \times 1$  boyutlu bağımlı değişkenler vektörü

$\boldsymbol{\mu}$ :  $N \times 1$  boyutlu ortalama denklemler (mean equations) vektörü

$\boldsymbol{\varepsilon}_t$ :  $N \times 1$  boyutlu hata terimleri veya şoklar vektörü

Burada  $\boldsymbol{\mu}$ , ortalama denklemler vektörünü temsil ederek yapılan araştırmanın mahiyeti ve amacı doğrultusunda, sabit değerler, zayıf dışsal değişkenler alabileceği gibi ARMA ve VARMA süreçlerini de takip edebilir.

Ele alınan Vec, BEKK, CCC, DCC parametrizasyonlarının tamamında ortalama denklemlerin ve koşullu varyansların tanımı aynıdır. Sadece koşullu varyansın tahmini sürecinde dikkate alınan kısıtlar farklılık göstermektedir.

### 3.2.1.1. VECH Modeli

Tek değişkenli ARCH/GARCH modellerinin Vec parametrizasyonu kapsamında çok değişkenli GARCH modellerine genişletilmesi Bollerslev vd., (1988) tarafından gerçekleştirilmiştir ve koşullu varyans formatı aşağıdaki şekilde tanımlanmıştır:

$$Vech(\mathbf{H}_t) = \mathbf{A} + \sum_{i=1}^p \mathbf{B}_i Vech(\mathbf{H}_{t-i}) + \sum_{j=1}^q \mathbf{C}_j Vech(\varepsilon_{t-j} \varepsilon'_{t-j}) \quad (3.3)$$

$$\varepsilon_t | \Psi_{t-1} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{H}_t)$$

Dışsal etkilerin olmadığı varsayılan koşullu varyans denkleminde, Vech(.) operatörü simetrik bir matrisin alt üçgen kısmındaki sütun elemanlarını,  $\frac{1}{2}N(N+1) \times 1$  boyutlu bir sütun vektörüne dönüştüren operatördür. Burada;

N: Değişken sayısı

A:  $\frac{1}{2}N(N+1) \times 1$  boyutlu sabitler vektörü,

$\mathbf{B}_i$ :  $i=1,2,\dots,p$  ve  $\frac{1}{2}N(N+1) \times \frac{1}{2}N(N+1)$  boyutlu katsayılar matrisi,

$\mathbf{C}_j$ :  $j=1,2,\dots,q$  ve  $\frac{1}{2}N(N+1) \times \frac{1}{2}N(N+1)$  boyutlu katsayılar matrisidir.

Dışsal etkilerin yansımadağı basit bir iki değişkenli GARCH(1,1) Vec modelini matrislerle aşağıdaki gibi gösterebiliriz: (Engle ve Kroner, 1995)

$$h_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{12,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & b_{12} & b_{13} \\ b_{21} & b_{22} & b_{23} \\ b_{31} & b_{32} & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{12,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & c_{13} \\ c_{21} & c_{22} & c_{23} \\ c_{31} & c_{32} & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\ \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \quad (3.4)$$

Modelin t dönemi için log olabilirlik fonksiyonu aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\ln l_t(\theta) = -\frac{N}{2} \ln 2\pi - \frac{1}{2} \ln |H_t(\theta)| - \frac{1}{2} \varepsilon_t'(\theta) H_t^{-1}(\theta) \varepsilon_t(\theta) \quad (3.5)$$

Burada  $\theta$  modeldeki tanımlanan tüm parametreleri içine alan bir vektördür. Ayrıca, tanımlanan parametrizasyon kapsamında sadece varyans ve kovaryans için

$\frac{1}{2}N(N+1) + \left[ \frac{1}{2}N(N+1) \right]^2 (p \times q)$  sayıda parametre tahmin edilmektedir. Ancak, eğer değişkenler arasındaki kovaryanslar,  $(h_{jk,t})$ , sadece kendi geçmiş değerleri ve  $(\varepsilon_{j,t}, \varepsilon_{k,t})$  'nin geçmiş değerleri tarafından tanımlanırsa o zaman tahmin edilecek parametre sayısı bir önceki duruma göre oldukça azalış gösterecektir. Ancak Vec modelinin bu şekli,  $B_i$  ve  $C_j$  matrislerinin köşegen olarak tanımlanması ile elde edilmektedir (Bollerslev vd., 1988). Vec modelinin köşegen gösterimi matrislerle ifade edildiğinde varyans-kovaryans denklemleri  $(h_t)$  aşağıdaki gibi gösterilebilir (Engle ve Kroner, 1995);

$$h_t = \begin{bmatrix} h_{11,t} \\ h_{12,t} \\ h_{22,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11} & 0 & 0 \\ 0 & b_{22} & 0 \\ 0 & 0 & b_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} \\ h_{12,t-1} \\ h_{22,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} c_{11} & 0 & 0 \\ 0 & c_{22} & 0 \\ 0 & 0 & c_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\ \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \quad (3.6)$$

veya

$$\begin{aligned} h_{11,t} &= a_1 + b_{11}h_{11,t-1} + c_{11}\varepsilon_{1,t-1}^2 \\ h_{12,t} &= a_2 + b_{22}h_{12,t-1} + c_{22}\varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ h_{22,t} &= a_3 + b_{33}h_{22,t-1} + c_{33}\varepsilon_{2,t-1}^2 \end{aligned} \quad (3.7)$$

Genel olarak  $N$  değişkenli Vec modelinde  $B_i$  ve  $C_j$  matrislerinin her biri için tahmin edilecek parametre sayısı  $\left[ \frac{1}{2}N(N+1) \right]^2$  iken, köşegen gösterim şeklinde  $\frac{1}{2}N(N+1)$ 'dir. Dolayısıyla (3.6) ve (3.7) eşitliklerinde de görüldüğü gibi, iki değişkenli bir Vec parametrisasyonunun genel halinde toplam parametre sayısı 21 iken, köşegen şeklindeki toplam parametre sayısı 9 olarak bulunmaktadır.

### 3.2.1.1.1. VECH Modeli İçin Pozitif Tanımlı Olma Koşulu

Vec parametrisasyonunun pozitif tanımlı olma koşulu, ancak belirli kısıtlar altında gerçekleşebilmektedir. Dolayısıyla, kısıtların test edilmesi gerekir ve bu koşulların sağlanması zor bir süreçten geçmektedir (Engle ve Kroner, 1995).

Yukarıdaki (3.4) nolu denklemde verilen iki değişkenli bir Vec parametrisasyonunun pozitifliği sağlayacak kısıt aşağıdaki gibi belirlenmektedir;

$$h_{11,t} = a_1 + E_{t-2} \left[ \begin{aligned} & \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12}/2 \\ b_{12}/2 & b_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \\ & + \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12}/2 \\ c_{12}/2 & c_{13} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \end{aligned} \right] \quad (3.8)$$

$$h_{12,t} = a_2 + E_{t-2} \left[ \begin{aligned} & \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} b_{21} & b_{22}/2 \\ b_{22}/2 & b_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \\ & + \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} c_{21} & c_{22}/2 \\ c_{22}/2 & c_{23} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \end{aligned} \right] \quad (3.9)$$

$$h_{22,t} = a_3 + E_{t-2} \left[ \begin{aligned} & \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} b_{31} & b_{32}/2 \\ b_{32}/2 & b_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \\ & + \left( \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \right) \begin{pmatrix} c_{31} & c_{32}/2 \\ c_{32}/2 & c_{33} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} \end{pmatrix} \end{aligned} \right] \quad (3.10)$$

buradan da;

$$H_t = \begin{bmatrix} a_1 & a_2 \\ a_2 & a_3 \end{bmatrix} + E_{t-2} \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} b_{11} & b_{12}/2 & b_{21} & b_{22}/2 \\ b_{12}/2 & b_{13} & b_{22}/2 & b_{21} \\ b_{21} & b_{22}/2 & b_{31} & b_{32}/2 \\ b_{22}/2 & b_{23} & b_{32}/2 & b_{33} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & 0 \\ \varepsilon_{2,t-2} & 0 \\ 0 & \varepsilon_{1,t-1} \\ 0 & \varepsilon_{2,t-2} \end{bmatrix} + \begin{pmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-2} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} c_{11} & c_{12}/2 & c_{21} & c_{22}/2 \\ c_{12}/2 & c_{13} & c_{22}/2 & c_{21} \\ c_{21} & c_{22}/2 & c_{31} & c_{32}/2 \\ c_{22}/2 & c_{23} & c_{32}/2 & c_{33} \end{pmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1} & 0 \\ \varepsilon_{2,t-2} & 0 \\ 0 & \varepsilon_{1,t-1} \\ 0 & \varepsilon_{2,t-2} \end{bmatrix} \quad (3.11)$$

burada  $E_{t-2}$  ikinci gecikmede tahmini operatörü ifade etmektedir. Böylece, Vec parametrisasyonunun pozitifliğini sağlayacak şekil elde edilir. Yukarıdaki denklemlerde  $a, b, c$  elemanlarından oluşan matrisleri sırasıyla  $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \mathbf{C}$  sembolleri ile gösterirsek o zaman  $\mathbf{H}_t$ 'yi aşağıdaki formatta gösterebiliriz:

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{A} + E_{t-2} \left[ (\mathbf{I} \otimes \varepsilon'_{t-1}) \mathbf{B} (\mathbf{I} \otimes \varepsilon'_{t-1}) \right] + (\mathbf{I} \otimes \varepsilon'_{t-1}) \mathbf{C} (\mathbf{I} \otimes \varepsilon'_{t-1}) \quad (3.12)$$



Burada  $\otimes$  kronecker çarpımını (product) ifade etmektedir. Bu durumda  $\mathbf{A} \geq 0, \mathbf{B} \geq 0, \mathbf{C} \geq 0$  eşitsizliklerinden en az birinin sağlanması,  $\mathbf{H}_t$ 'nin pozitif tanımlı olması koşulu için yeterli olacaktır (Bauwens, 2012).

### 3.2.1.1.2. VEC Modeli İçin (Zayıf) Durağan Olma Koşulu

Engel ve Kroner (Engle ve Kroner, 1995)'e göre pozitif tanımlı bir Vec parametrizasyonu yalnız ve yalnız;

$$\sum_{i=1}^p \mathbf{B}_i + \sum_{j=1}^q \mathbf{C}_j \quad (3.13)$$

toplamlarının öz değerleri modülde 1'den küçük olduğu durumda zayıf durağan olmaktadır.

Burada durağanlık koşulu iki değişkenli bir Vec (1,1) parametrizasyonu (3.4) için aşağıdaki gibi izah edilebilir. Bir Vec (1,1) modeli;

$$\text{Vec}(\mathbf{H}_t) = \mathbf{A} + \sum_{i=1}^p \mathbf{B}_i \text{Vec}(\mathbf{H}_{t-i}) + \sum_{j=1}^q \mathbf{C}_j \text{Vec}(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-j} \boldsymbol{\varepsilon}'_{t-j}) \quad (3.14)$$

$\text{Vec}(\boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}'_t)$  için bir VARMA(1,1) modeli olarak yazılabilir:

$$\text{Vec}(\boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}'_t) = \mathbf{A} + (\mathbf{B} + \mathbf{C}) \text{vec}(\boldsymbol{\varepsilon}_{t-1} \boldsymbol{\varepsilon}'_{t-1}) + (\mathbf{W}_t) - \mathbf{B}(\mathbf{W}_{t-1}) \quad (3.15)$$

burada

$$\mathbf{W}_t = \text{Vec}(\boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}'_t) - \text{Vec}(\mathbf{H}_t) \quad (3.16)$$

bir martingale farkını ifade etmektedir. Dolayısıyla Vec(1,1) modeli sadece  $(\mathbf{B} + \mathbf{C})$ 'nin özdeğerleri modül olarak 1'den küçük olduğu durumlarda zayıf durağan olabilmektedir (Bauwens, 2012). Bu durumda Vec modelinin koşulsuz varyans- kovaryansı aşağıdaki gibi olmaktadır (Engle ve Kroner, 1995).

$$\text{Vec}(\boldsymbol{\Sigma}_t) = E[\text{Vec}(\mathbf{H}_t)] = [\mathbf{I} - \mathbf{B} - \mathbf{C}]^{-1} \mathbf{A} \quad (3.17)$$

köşegen Vec modelinde ise durağanlık sadece köşegen elemanlar dikkate alınarak belirlenmektedir. Dolayısıyla model ancak ve ancak tüm  $i$ 'ler ve  $j$ 'ler için  $b_{ii} + c_{jj}$

toplaminin (yani trace toplamı) 1'den küçük olduğunda durağanlık şartı sağlanmış olacaktır (Engle ve Kroner, 1995).

### 3.2.1.1.3. VECH Regresyon Modeli

Çok değişkenli GARCH-M modeliyle ilgili yapısal model aşağıdaki gibi açıklanabilir;

$$\begin{aligned}\boldsymbol{\varepsilon}_t &= \boldsymbol{\Gamma}\mathbf{y}_t + \boldsymbol{\Lambda}\mathbf{x}_t + \mathbf{M}\tilde{\mathbf{h}}_t \\ \boldsymbol{\varepsilon}_t &= \boldsymbol{\Psi}_{t-1} \sim N(\mathbf{0}, \mathbf{H}_t)\end{aligned}\quad (3.18)$$

Burada  $\boldsymbol{\Gamma}$ ,  $\boldsymbol{\Lambda}$  ve  $\mathbf{M}$  sırasıyla  $N \times N$ ,  $N \times J$  ve  $N \times S$  boyutlu parametre matrislerini ifade etmektedir.  $\mathbf{y}_t$ ,  $N \times 1$  boyutlu içsel değişkenler vektörünü,  $\mathbf{x}_t$   $J \times 1$  boyutlu gecikmeli ve zayıf dışsal değişkenler vektörünü temsil etmektedir. Ayrıca ortalama denklemdeki koşullu varyanslar  $\tilde{\mathbf{h}}_t = \text{Vech}(\mathbf{H}_t)$  ise fiilen tanımlanmamış, ancak zayıf dışsal olmayan değişkenler vektörünü belirtmektedir (Engle ve Kroner, 1995).

Eğer  $\mathbf{P}$  tekil olmayan bir matris ise, hata terimlerinin ( $\boldsymbol{\varepsilon}_t$ ) çok değişkenli bir GARCH süreci izlediği durumda  $\mathbf{P}\boldsymbol{\varepsilon}_t$  de aynı dereceden birçok değişkenli GARCH süreci izlemiş olacaktır. Ayrıca yapısal model için pozitif tanımlılık koşulu geçerli ise bu indirgenmiş model için de sağlanmış olacaktır.  $\mathbf{P} = \boldsymbol{\Gamma}^{-1}$  eşitliğini dikkate alarak indirgenmiş model aşağıdaki yapıda yazılabilir:

$$\begin{aligned}\mathbf{y}_t &= -\boldsymbol{\Gamma}^{-1}\boldsymbol{\Lambda}\mathbf{x}_t - \boldsymbol{\Gamma}^{-1}\mathbf{M}\tilde{\mathbf{h}}_t + \boldsymbol{\Gamma}^{-1}\boldsymbol{\varepsilon}_t \\ &= \boldsymbol{\Omega}_1\mathbf{x}_t + \boldsymbol{\Omega}_2\tilde{\mathbf{h}}_t + \mathbf{v}_t \\ \mathbf{v}_t | \boldsymbol{\Psi}_{t-1} &\sim N(\mathbf{0}, \boldsymbol{\Gamma}^{-1}\mathbf{H}_t\boldsymbol{\Gamma}^{-1'})\end{aligned}\quad (3.19)$$

Yapısal model ile indirgenmiş form arasında GARCH parametreleri açısından aşağıdaki gibi bir ilişki sözkonusudur:

$$\begin{aligned}(\boldsymbol{\Gamma} \otimes \boldsymbol{\Gamma})\mathbf{A}_{if} &= \mathbf{A}_{ym} \\ (\boldsymbol{\Gamma} \otimes \boldsymbol{\Gamma})\mathbf{B}_{if,i} &= \mathbf{B}_{ym,i}(\boldsymbol{\Gamma} \otimes \boldsymbol{\Gamma}) \\ (\boldsymbol{\Gamma} \otimes \boldsymbol{\Gamma})\mathbf{C}_{if,i} &= \mathbf{C}_{ym,i}(\boldsymbol{\Gamma} \otimes \boldsymbol{\Gamma})\end{aligned}\quad (3.20)$$

Burada  $if$  ve  $ym$  altsimgeleri, sırasıyla indirgenmiş formu ve yapısal modeli ifade etmektedir. (3.18)'deki modelde  $\tilde{h}_t$ 'nin kullanılmasıyla yapısal katsayılar eşanlı denklemlerdeki standart prosedür izlenerek belirlenmemektedir. Çünkü bir yandan yapısal denklemlerdeki doğrusal kombinasyonlar  $\tilde{h}_t$ 'nin tanımını değiştirmekte, diğer taraftan  $\tilde{h}_t$  gözlemlenemez bir niteliğe sahip olmakta ve  $\tilde{h}_t$ 'nin tahminleri ancak model belirlenmiş ise elde edilebilmektedir. Dolayısıyla  $M\tilde{h}_t$ 'yi indirgenmiş form cinsinden ifade ettiğimizde kovaryans matrisi, katsayıların belirlenmesinde standart sürecin kullanılmasına olanak sağlamaktadır. (Engle ve Kroner, 1995)

### 3.2.1.2. BEKK Modeli

Varyans-kovaryans ( $H_t$ ) parametrizasyonunun uygun olabilmesi için, örnek uzaydaki tüm  $\varepsilon_t$ 'lerle beraber zayıf dışsal etkiler vektörleri için pozitif tanımlı olması gerekmektedir. Ancak Vec parametrizasyonu için bu koşul her zaman sağlanamamaktadır. Dolayısıyla, bu sorunu gidermek için Baba, Engle, Kraft ve Kroner, onların baş harfleriyle anılan ve pozitif tanımlılığı garantileyen BEKK gösterimini önermişlerdir (Engle ve Kroner, 1995).

Dışsal etkilerin olmadığı bir durum için  $H_t$ 'nin BEKK gösterimi aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$H_t = A^* A^* + \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^p B_{ik}^* H_{t-i} B_{ik}^* + \sum_{k=1}^k \sum_{j=1}^q C_{jk}^* (\varepsilon_{t-j} \varepsilon_{t-j}') C_{jk}^* \quad (3.21)$$

$A^*, B_{ik}^*, C_{jk}^*$   $N \times N$  boyutlu parametrelerden oluşan matrisleri ifade etmektedirler.

$A^*$  ise köşegen bir matristir. (3.21) nolu denklem çok zayıf koşullar altında pozitif tanımlı olmaktadır. Yukarıdaki denklem pozitif tanımlı köşegen gösterimlerin tamamını ve pozitif tanımlı Vec gösterimlerinin hemen hemen hepsini kapsayacak şekilde genelleştirilmiştir (Engle ve Kroner, 1995).

K'nın bire eşit olduğu iki değişkenli GARCH(1,1) modelinin BEKK gösterimi aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} h_{11,t} & h_{21,t} \\ h_{21,t} & h_{22,t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} a_{11}^* & 0 \\ a_{21}^* & a_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a_{11}^* & a_{21}^* \\ 0 & a_{22}^* \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} b_{11}^* & b_{21}^* \\ b_{12}^* & b_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} & h_{21,t-1} \\ h_{21,t-1} & h_{22,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} b_{11}^* & b_{12}^* \\ b_{21}^* & b_{22}^* \end{bmatrix} \\
&+ \begin{bmatrix} c_{11}^* & c_{21}^* \\ c_{12}^* & c_{22}^* \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \varepsilon_{1,t-1}^2 & \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} \\ \varepsilon_{2,t-1} & \varepsilon_{2,t-1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_{11}^* & c_{12}^* \\ c_{21}^* & c_{22}^* \end{bmatrix}
\end{aligned} \quad (3.22)$$

Burada düzenlenen matris yapısını doğrusal yapıya dönüştürdüğümüzde, aşağıdaki doğrusal sistem ortaya çıkmış olacaktır:

$$\begin{aligned}
h_{11t} &= a_{11}^{*2} + b_{11}^{*2} h_{11,t-1} + 2b_{11}^* b_{21}^* h_{21,t-1} + b_{21}^{*2} h_{22,t-1} \\
&\quad + c_{11}^{*2} \varepsilon_{1,t-1} + 2c_{11}^* c_{21}^* \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + c_{21}^{*2} \varepsilon_{2,t-1} \\
h_{21t} &= a_{11}^* a_{21}^* + b_{11}^* b_{12}^* h_{11,t-1} + (b_{21}^* b_{12}^* + b_{11}^* b_{22}^*) h_{21,t-1} + b_{21}^* b_{22}^* h_{22,t-1} \\
&\quad + c_{11}^* c_{12}^* \varepsilon_{1,t-1} + (c_{21}^* c_{12}^* + c_{11}^* c_{22}^*) \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + c_{21}^* c_{22}^* \varepsilon_{2,t-1} \\
h_{22t} &= (a_{21}^{*2} + a_{22}^{*2}) + b_{12}^{*2} h_{11,t-1} + 2b_{12}^* b_{22}^* h_{21,t-1} + b_{22}^{*2} h_{22,t-1} \\
&\quad + c_{12}^{*2} \varepsilon_{1,t-1} + 2c_{12}^* c_{22}^* \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} + c_{22}^{*2} \varepsilon_{2,t-1}
\end{aligned} \quad (3.23)$$

İki değişkenli GARCH (1,1) modelinin BEKK versiyonu tahmin edilecek parametre sayısı açısından, iki değişkenli GARCH (1,1) Vec versiyonuna göre daha avantajlı olduğu görülmektedir. İki değişkenli GARCH(1,1) modelinin Vec gösteriminde tahmin edilecek parametre sayısı 21 iken, BEKK gösteriminde tahmin edilecek parametre sayısı 11'e düşmektedir.

Çok değişkenli GARCH modellerinde, katsayıları temsil eden matrislerin köşegen şeklinin uygulanması, tahmin edilecek parametre sayısının azalmasına sebep olmaktadır.

Eğer iki değişkenli GARCH(1,1) modelinin Vec versiyonuna uyguladığımız gibi burada da iki değişkenli GARCH(1,1) modelinin BEKK versiyonunda  $B_{ik}^*$ ,  $C_{jk}^*$  matrislerini köşegen olarak dikkate alırsak tahmin edilecek parametre sayısı azalmış olacaktır (Bauwens, 2012).

İki değişkenli GARCH(1,1) modelinde K=1 olduğu zaman BEKK versiyonun köşegen şekli matrislerle ifade edildiğinde aşağıdaki gibi gösterilebilir:

$$\begin{aligned}
\begin{bmatrix} h_{11t} & h_{21t} \\ h_{21t} & h_{22t} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} * & 0 \\ a_{11} & a_{21} \\ * & * \\ a_{21} & a_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} * & * \\ a_{11} & a_{21} \\ 0 & a_{22} \end{bmatrix} \\
&+ \begin{bmatrix} * & 0 \\ b_{11} & * \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{11,t-1} & h_{21,t-1} \\ h_{21,t-1} & h_{22,t-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} * & 0 \\ b_{11} & * \\ 0 & b_{22} \end{bmatrix} \\
&+ \begin{bmatrix} * & 0 \\ c_{11} & * \\ 0 & c_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & & \\ \varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{1,t-1}\varepsilon_{2,t-1} & \\ & 2 & \\ \varepsilon_{2,t-1}\varepsilon_{1,t-1} & \varepsilon_{2,t-1} & \end{bmatrix} \begin{bmatrix} * & 0 \\ c_{11} & * \\ 0 & c_{22} \end{bmatrix}
\end{aligned} \tag{3.24}$$

Burada yukarıdaki ifade doğrusal yapıya dönüştürüldüğünde ilgili doğrusal sistem aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\begin{aligned}
h_{11t} &= a_{11}^{*2} + b_{11}^{*2} h_{11,t-1} + c_{11}^{*2} \varepsilon_{1,t-1}^2 \\
h_{21,t} &= a_{11}^* a_{21}^* + b_{11}^* b_{22}^* h_{21,t-1} + c_{11}^* c_{22}^* \varepsilon_{1,t-1} \varepsilon_{2,t-1} \\
h_{22,t} &= (a_{21}^{*2} + a_{22}^{*2}) + b_{22}^{*2} h_{22,t-1} + c_{22}^{*2} \varepsilon_{2,t-1}^2
\end{aligned} \tag{3.25}$$

Görüldüğü gibi iki değişkenli BEKK parametrisasyonunda, varyans-kovaryans ve şokları ifade eden değişkenlerin katsayılarını oluşturan matrislerin köşegen formda tanımlanması, tahmin edilecek parametre sayısını 11'den 7'ye düşürmektedir.

### 3.2.1.2.1. BEKK Modeli İçin (Zayıf) Durağan Olma Koşulu

BEKK parametrisasyonunun zayıf durağanlığı, ancak ve ancak (3.22) eşitliğinin özdeğerlerinin modülde toplamının 1'den küçük olduğu durumlarda sağlanabilmektedir (Engle ve Kroner, 1995).

$$\sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^p (\mathbf{B}_{ik}^* \otimes \mathbf{B}_{ik}^*) + \sum_{k=1}^k \sum_{i=1}^p (\mathbf{C}_{ik}^* \otimes \mathbf{C}_{ik}^*) \tag{3.26}$$

Bu koşul, K'nın bire eşit olduğu iki değişkenli GARCH(1,1) modelinin BEKK gösterimi için uyguladığında aşağıdaki eşitlik ortaya çıkmış olacaktır.

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{A}^* \mathbf{A}^* + \mathbf{B}^* \mathbf{H}_{t-i} \mathbf{B}^* + \mathbf{C}^{*'} (\varepsilon_{t-j} \varepsilon'_{t-j}) \mathbf{C}^* \tag{3.27}$$

Yukarıdaki eşitlik,  $Vec(ABC) = (C^* \otimes A)Vec(B)$  kural dikkate alınarak aşağıdaki gibi yazılabilir:

$$VecH_t = Vec(A^{*'}A^*) + (B^* \otimes B^*)' VecH_{t-i} + (C^* \otimes C^*)' Vec(\varepsilon_{t-j}\varepsilon'_{t-j}) \quad (3.28)$$

Dolayısıyla  $(B^* \otimes B^*) + (C^* \otimes C^*)$  toplamının özdeğerleri modülde 1'den küçük olduğunda modelin durağanlığı sağlanmış olacaktır (Bauwens, 2012).

Modelin koşulsuz varyans-kovaryansının olduğu durumlar için durağanlık koşulu aşağıda verildiği gibi olacaktır (Engle ve Kroner, 1995):

$$Vec(\Sigma_t) = E[Vec(H_t)] = \left[ I - (B^* \otimes B^*)' - (C^* \otimes C^*)' \right]^{-1} Vec(A^{*'}A^*) \quad (3.29)$$

Köşegen BEKK parametrizasyonunda da tıpkı köşegen Vec parametrizasyonunda olduğu gibi durağanlığı sadece köşegen elemanlar sağlamaktadır. Dolayısıyla  $\sum_{k=1}^N (b_{ii,k}^{*2} + c_{jj,k}^{*2})$  toplamının tüm i'ler ve j'ler için 1'den küçük olduğu durumlarda durağanlık sağlanmış olacaktır. (Engle ve Kroner, 1995)

### 3.2.1.2.2. BEKK Regresyon Modeli

Eğer regresyon modelini ve indirgenmiş formunu sırasıyla (3.18) ve (3.19) yukarıda olduğu gibi tanımladığımızda yapısal model ve indirgenmiş form arasındaki ilişki aşağıdaki gibi olacaktır:

$$\begin{aligned} A_{if}^* \Gamma' &= A_{ym}^* \\ \Gamma B_{if,ik}^* &= B_{ym,ik}^* \Gamma \\ \Gamma C_{if,ik}^* &= C_{ym,ik}^* \Gamma \end{aligned} \quad (3.30)$$

Burada daha önce belirttiğimiz gibi *if* ve *ym* altsimgeleri sırasıyla indirgenmiş formu ve yapısal modeli ifade etmektedir (Engle ve Kroner, 1995).

### 3.2.1.2.3. BEKK Sistemin Tahmini

İndirgenmiş formun (3.19) t dönemi için log olabilirlik uygulandığı zaman aşağıdaki eşitlik elde edilmiş olacaktır.

$$\ln l_t = \frac{N}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln |\mathbf{H}_{if,t}| - \frac{1}{2} \mathbf{v}'_t \mathbf{H}_{if,t}^{-1} \mathbf{v}'_t \quad (3.31)$$

İndirgenmiş form GARCH süreci izlediği takdirde yapısal model de GARCH süreci izlemiş olacaktır. Dolayısıyla  $\boldsymbol{\varepsilon}_t = \boldsymbol{\Gamma} \mathbf{v}_t$  dönüşümü kullanılarak aşağıdaki eşitlik eşitlik elde edilecektir:

$$\ln l_t = \frac{N}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \ln |\boldsymbol{\Gamma}| - \frac{1}{2} \ln |\mathbf{H}_t| - \frac{1}{2} \boldsymbol{\varepsilon}'_t \mathbf{H}_t^{-1} \boldsymbol{\varepsilon}_t \quad (3.32)$$

Elde edilen fonksiyonların tam olarak tanımlanmış olması için, başlangıç koşulları ile ilgili bazı varsayımlarda bulunulması gerekmektedir. İşaret edebileceğimiz uygun varsayımlardan biri, verilerin gözlem seti öncesi kendi koşulsuz beklentilerine eşit olması varsayımından ibarettir (Engle ve Kroner, 1995).

Log olabilirlik tahminlerinin elde edilmesi için  $\ln l_t$ 'nin tüm parametreler vektörüne ( $\theta$ ) göre türevi alınması gerekmektedir. Fakat  $\mathbf{M} \neq 0$  veya her bir  $j$  için  $C_j \neq 0$  veya  $(C_{ij}^* \neq 0)$  koşulların mevcut olduğu durumlarda,  $(\partial h_t / \partial \theta)$ 'nin hesaplanması  $(\partial h_{t-1} / \partial \theta)$ 'ya bağlı olduğu için oldukça karmaşıktır. Dolayısıyla,  $(\partial h_0 / \partial \theta)$ 'nin  $\theta$ 'dan bağımsız olduğu varsayımı altında  $(\partial h_t / \partial \theta)$ 'nin tekrarlamalı olarak hesaplanması gerekmektedir (Engle ve Kroner, 1995).

### 3.2.1.3. CCC Modeli

Hata terimleri varyansının sabit olmadığını gösteren 3.1 modelde  $\mathbf{h}_{ij,t}$ , pozitif tanımlı  $\mathbf{H}_t$  matrisinin  $ij$ 'nci elemanı,  $\mathbf{y}_{i,t}$  ve  $\boldsymbol{\varepsilon}_{i,t}$  de sırasıyla  $\mathbf{y}_t$  ve  $\boldsymbol{\varepsilon}_t$  vektörlerinin  $i$ 'nci elemanları olduğunu düşünelim. Burada  $\rho_{ij,t} = h_{ij,t} / (h_{ii,t} h_{jj,t})^{1/2}$ , ölçekten bağımsız olarak,  $t-1$  döneminde  $\mathbf{y}_{i,t}$  ile  $\mathbf{y}_{j,t}$  arasındaki ilişkinin doğal ölçüsü olarak nitelenen koşullu korelasyonu ifade etmektedir. Ayrıca burada tüm  $t$  değerleri için  $-1 \leq \rho_{ij,t} \leq 1$  olmaktadır. Elbette genel olarak ilişkiyi yansıtan bu ölçü,  $\mathbf{H}_t$ 'de olduğu gibi zaman içinde değişim göstermektedir (Bollerslev, 1990). Koşullu korelasyonların zaman içerisinde sabit kabul edildiği bazı uygulamalarda, zamanla değişen koşullu kovaryanslar iki koşullu varyansın çarpımının karekökünün bir oranı olarak da alınabilir

$$h_{ij,t} = \rho_{ij} \left( h_{ii,t} h_{jj,t} \right)^{1/2} \quad j=1, \dots, N, \quad i=j+1, \dots, N \quad (3.33)$$

Bu olgu, tümüyle veriler ile ilgili olan bu durumdur (Bollerslev, 1990). Sabit koşullu korelasyon varsayımının ilginç yönü, koşullu kovaryansların tahmin sürecinin basitleşmesi ve çıkarımların kolaylaştırılması ile ilgilidir. Koşullu kovaryansların yeniden aşağıdaki şekilde yazıldığını düşünelim:

$$h_{ii,t} \equiv \omega_i \sigma_{i,t}^2 \quad i=1, \dots, N \quad (3.34)$$

Burada  $\omega_i$ , zamanla değişim göstermeyen pozitif bir katsayı olmakla beraber, tüm t dönemleri için  $\sigma_{i,t}^2 > 0$  olmaktadır.

Yukarıdaki (3.33) ile (3.34) nolu eşitlikleri dikkate aldığımızda  $H_t$  'yi aşağıdaki gibi gösterebiliriz:

$$H_t = D_t G D_t \quad (3.35)$$

Burada  $D_t$ , köşegen elemanları  $\sigma_{1,t}, \dots, \sigma_{N,t}$  'den oluşan  $N \times N$  boyutlu bir matris ve  $G$  ise köşegen elemanları  $\rho_{ij} (\omega_i \omega_j)^{1/2}$  zamanla değişmeyen  $N \times N$  boyutlu matristen ibarettir (Bollerslev, 1990).

CCC modelinde her bir getiriye ait koşullu varyans  $h_{it}$ ,  $i=1, \dots, m$  tek değişkenli bir GARCH sürecini aşağıda olduğu gibi takip etmektedir (Bollerslev, 1990):

$$h_{it} = \omega_i + \sum_{j=1}^r \alpha_{ij} \varepsilon_{i,t-j}^2 + \sum_{j=1}^s \beta_{ij} h_{i,t-j} \quad (3.36)$$

Burada  $\alpha_{ij}$ , i getirisine ait ARCH etkisini veya kısa vadede i getirisi üzerindeki şokların kalıcılığını ifade etmektedir.  $\beta_{ij}$ , ise GARCH etkisini ve  $\sum_{j=1}^r \alpha_{ij} + \sum_{j=1}^s \beta_{ij}$  uzun dönem kalıcılığı göstermektedir.



### 3.2.1.3.1. CCC Sistemin Tahmini

Genel çok değişkenli GARCH modellerinin, t dönemindeki log olabilirlik fonksiyonu, başlangıç koşullarından bağımsız olarak ve normallik varsayımının gerçekleştiği durumda aşağıdaki gibi olmaktadır:

$$\ln l = -\frac{TN}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (\ln |\mathbf{H}_t|) + \varepsilon_t' \mathbf{H}_t^{-1} \varepsilon_t \quad (3.37)$$

Elde ettiğimiz olabilirlik fonksiyonunu hesaplamak için her bir t dönemi için  $N \times N$  boyutlu  $(\mathbf{H}_t)$  matrisinin tersinin alınması gerekmektedir. Bu da  $\ln l$ 'nin yinelemeli yöntemlerle maksimizasyonunu oldukça zorlaştırmaktadır.

Diğer taraftan da kovaryansların hesaplanmasındaki, korelasyonların zaman içinde sabit olduğu varsayımı dikkate aldığımızda:

$$h_{ij,t} = \rho_{ij} (h_{ii,t} h_{jj,t})^{1/2} \quad j = 1, \dots, N, \quad i = j + 1, \dots, N$$

$\ln l$  ile ilgili hesaplamalar oldukça kolaylaşmaktadır:

$$\begin{aligned} \ln l &= -\frac{TN}{2} \ln(2\pi) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T (\ln |\mathbf{D}_t \mathbf{G} \mathbf{D}_t|) - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \varepsilon_t' (\mathbf{D}_t \mathbf{G} \mathbf{D}_t)^{-1} \varepsilon_t \\ &= -\frac{TN}{2} \ln(2\pi) - \frac{T}{2} \ln |\mathbf{G}| - \sum_{t=1}^T \ln |\mathbf{D}_t| - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \tilde{\varepsilon}_t' \mathbf{G}^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \end{aligned} \quad (3.38)$$

Burada  $\tilde{\varepsilon}_t = \mathbf{D}_t^{-1} \varepsilon_t$ ,  $N \times 1$  boyutlu standartlaştırılmış hata terimleri vektörünü ifade etmektedir. Dolayısıyla bu dönüşümden sonra  $(\mathbf{H}_t)$  matrisinin T defa tersini almak yerine sadece bir defa tersini almak yeterli olacaktır. Diğer taraftan (3.39) nolu eşitliğin olması

$$\ln |\mathbf{D}_t| = \ln \sigma_{1,t} + \ln \sigma_{2,t} + \dots + \ln \sigma_{N,t} \quad (3.39)$$

da çözüm sürecinin kısılmasını sağlamaktadır.

Standartlaştırılmış hata terimleri vektörü ( $\tilde{\varepsilon}_t$ ) esasında G'nin en çok olabilirlik tahminin

$$\hat{\mathbf{G}} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T \boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}_t' \quad (3.40)$$

örneklemeden elde edilebilmektedir.

Koşullu korelasyonların maksimum olabilirlik tahminleri;

$$\hat{\rho}_{ij} = \frac{\sum_{t=1}^T \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}}_{i,t} \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}}_{j,t}}{\left( \sum_{t=1}^T \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}}_{i,t}^2 \right)^{-1/2} \left( \sum_{t=1}^T \tilde{\boldsymbol{\varepsilon}}_{j,t}^2 \right)^{-1/2}} \quad (3.41)$$

şeklinde hesaplanabilmektedir (Bollerslev, 1990).  $\mathbf{G}$  simetrik bir matris olduğundan  $\mathbf{G}$ 'de hesaplanacak parametre sayısı  $N(N-1)/2$ 'ye eşit olmaktadır.  $\hat{\mathbf{G}}$  olabilirlik fonksiyonunda yerine konulduğunda:

$$\ln l = -\frac{TN}{2} [1 + \ln(2\pi) - \ln T] - \sum_{t=1}^T \ln |\mathbf{D}_t| - \frac{T}{2} \ln \left| \sum_{t=1}^T \boldsymbol{\varepsilon}_t \boldsymbol{\varepsilon}_t' \right| \quad (3.42)$$

elde edilmektedir. Fakat bilgi matrisi  $\mathbf{D}_t$  ve  $\mathbf{G}$ 'nin parametreleri arasında blok köşegen olmadığından standart olabilirlik yöntemleriyle asimptotik kovaryans matrisinin bir tahminini elde etmek için (3.42) türevlerinin yerine (3.38) türevlerinin kullanılması gerekmektedir (Bollerslev, 1990).

#### 3.2.1.4. DCC Modeli

DCC modelinde koşullu varyansın parametrizasyonu aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\mathbf{H}_t \equiv \mathbf{D}_t \mathbf{R}_t \mathbf{D}_t \quad (3.43)$$

Burada  $\mathbf{D}_t$ , tek değişkenli GARCH sürecinden elde edilen, zamanla değişen standart değişim elemanlarından oluşan  $N \times N$  boyutlu köşegen bir matristir.

$$\mathbf{D}_t = \begin{bmatrix} \sqrt{h_{11,t}} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \sqrt{h_{22,t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \sqrt{h_{33,t}} & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & \sqrt{h_{NN,t}} \end{bmatrix} \quad (3.44)$$

Genellikle  $D_t$ 'nin elemanları( $h_t$ ), tek değişkenli GARCH modelleri olarak düşünölmektedir, ancak bu modeller, sistemdeki önceden belirlenmiş gibi diğer değişkenlerin fonksiyonlarını veya diğer dışsal değişkenleri de kesinlikle içerebilir (Engle, 2002). Dolayısıyla  $D_t$  matrisinde yer alan her bir eleman tek değişkenli GARCH modeli ile tanımlanabilmektedir:

$$h_{it} = \alpha_{i0} + \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} \varepsilon_{i,t-q}^2 + \sum_{p=i}^{P_i} \gamma_{ip} h_{i,t-p} \quad i = 1, 2, \dots, N \quad (3.45)$$

Burada varyansların pozitif olma şartıyla durağanlığın sağlanması için aşağıdaki şartın sağlanması gerekmektedir (Engle ve Sheppard, 2001).

$$\sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} + \sum_{p=i}^{P_i} \gamma_{ip} < 1 \quad (3.46)$$

Ayrıca  $R_t$ , standartlaştırılmış hata terimlerinin ( $\varepsilon_t$ ),  $N \times N$  boyutlu koşullu korelasyon ( $\rho_{ij}$ ) matrisini ifade etmektedir:

$$\varepsilon_t = D_t^{-1} R_t \sim N(0, R_t) \quad (3.47)$$

$$R_t = \begin{bmatrix} 1 & q_{12,t} & q_{13,t} & \dots & q_{1n,t} \\ q_{21,t} & 1 & q_{23,t} & \dots & q_{2n,t} \\ q_{31,t} & q_{32,t} & 1 & & q_{3n,t} \\ \vdots & \vdots & & \ddots & \\ q_{n1,t} & q_{n2,t} & q_{n3,t} & & 1 \end{bmatrix} \quad (3.48)$$

Korelasyon matrisi aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

$$R_t = Q_t^{*-1} Q_t Q_t^{*-1} \quad (3.49)$$

Burada  $Q_t$ , dinamik sürecin yapısını tanımlayan pozitif tanımlı bir matristir. Ayrıca  $Q_t^{*-1}$ ,  $|q_{ij}| \leq 1$  koşulunun sağlanması için,  $Q_t$  elemanlarını yeniden ölçeklendiren bir matristir.

$$Q_t^{*-1} = \begin{bmatrix} 1/\sqrt{h_{11,t}} & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 1/\sqrt{h_{22,t}} & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 1/\sqrt{h_{33,t}} & 0 & \vdots \\ \vdots & \vdots & 0 & \ddots & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 1/\sqrt{h_{NN,t}} \end{bmatrix} \quad (3.50)$$

$Q_t$  'nin aşağıdaki dinamik bir süreci izlediğini düşünelim:

$$Q_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{Q} + \alpha \varepsilon_{t-1} \varepsilon'_{t-1} + \beta Q_{t-1} \quad (3.51)$$

Burada  $\alpha$  ile  $\beta$  sayısal değerleri,  $\bar{Q}$  ise standartlaştırılmış hatalardan oluşan koşulsuz kovaryansları ifade etmektedir:

$$\bar{Q} = Cov(\varepsilon_t \varepsilon'_t) = E[\varepsilon_t \varepsilon'_t] \quad (3.52)$$

Bu yapıyı, DCC(p,Q) olarak aşağıdaki yapıda genelleştirmek mümkündür:

$$Q_t = \left( 1 - \sum_{i=1}^p \alpha_i - \sum_{j=1}^Q \beta_j \right) \bar{Q} + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i} \varepsilon'_{t-i} + \sum_{j=1}^Q \beta_j Q_{t-j} \quad (3.53)$$

Nihayet,  $R_t$  matrisini oluşturan elemanlar aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$\rho_{ij} = \frac{q_{ij,t}}{\sqrt{q_{ii,t} q_{jj,t}}} \quad (3.54)$$

$R_t$  matrisinin pozitif tanımlı olabilmesi için  $Q_t$  'nin pozitif tanımlı olması yeterli olacaktır (Engle ve Sheppard, 2001).

### 3.2.1.4.1. DCC Parametrizasyonunun Pozitif Tanımlılık Koşulları

DCC parametrizasyonunun pozitifliği, tek değişkenli GARCH süreci (3.45) ile  $Q_t$  'nin (3.53) izlediği süreci dikkate alarak aşağıdaki koşulların sağlandığı takdirde gerçekleşmiş olacaktır. (3.45)'da modellenen tüm  $i = 1, 2, \dots, N$  hata serileri aşağıdaki kısıtları sağlıyorsa:

- i.  $\alpha_{i0} > 0$
- ii.  $\alpha_{iq}$  ve  $\gamma_{ip}$ ,  $h_{i,t}$ 'nin pozitifliğini sağlayacak şekilde olmalıdır
- iii.  $h_{i,0} > 0$
- iv.  $1 - \sum_{q=1}^{Q_i} \alpha_{iq} L^q + \sum_{p=1}^{p_i} \gamma_{ip} L^q$  teriminin kökleri birim çemberinin dışında olmalıdır ve DCC parametreleri  $Q_t$ 'yi sağlamalıdır
- v.  $\alpha_k \geq 0$
- vi.  $\gamma_m \geq 0$
- vii.  $\sum_{k=1}^K \alpha_k + \sum_{m=1}^M \gamma_m < 1$
- viii.  $\bar{R}_t > \delta > 0$

Yukarıdaki koşullar sağlandığında tüm t değerleri için  $H_t$  pozitif tanımlı olacaktır. DCC parametrizasyonunda, kovaryansların pozitif tanımlılık koşulları açısından çok değişkenli GARCH süreçleri ile tek değişkenli GARCH süreçleri aynı prosedürü takip etmektedirler. Yukarıda belirtilen parametre kısıtları, şart değil sadece yeter koşullardır (Engle ve Sheppard, 2001).

### 3.2.1.4.2. DCC Sistemin Tahmini

DCC parametrizasyonunda,  $H_t$  parametrelerini  $\theta = (\nu, \eta)$  tahmin etmek için, hataların çok değişkenli normal dağılım gösterdiği varsayımı altında aşağıdaki log olabilirlik fonksiyonu kullanılabilir:

$$\begin{aligned}
 \ell(\theta) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \ln |H_t| + \varepsilon' H_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\
 &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \ln |D_t R_t D_t| + \varepsilon' D_t^{-1} R_t^{-1} D_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\
 &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + 2 \ln |D_t| + \ln |R_t| + \varepsilon' R_t^{-1} \varepsilon_t \right)
 \end{aligned} \tag{3.55}$$

DCC modelindeki parametreler iki gruba  $\nu = (\nu_1, \dots, \nu_n)$  ve  $\eta = (\alpha_{i0}, \alpha_{i1}, \dots, \alpha_{iQ}, \gamma_{i1}, \dots, \gamma_{ip_i})$  ayrılabilir. Engle'in DCC modelinin tahmini iki aşamada gerçekleşmektedir. İlk aşamada her bir hata serisi için ayrı ayrı tek değişkenli

GARCH modeli tahmin edilir. İkinci aşamada ise, birinci aşamada tahmin edilen standart sapaları kullanılarak hatalar standartlaştırılır ve bu dönüştürülmüş hatalar, dinamik korelasyonların tahmini için kullanılır. İlk aşamada kullanılacak olabirlik,  $\mathbf{R}_t$  matrisinin  $N \times N$  boyutlu  $\mathbf{I}_N$  birim matrisiyle değiştirilmesini gerektirmektedir (Engle ve Sheppard, 2001). Burada  $\nu = (\nu_1, \dots, \nu_n)$  ve  $\nu_i = (\alpha_{i0}, \alpha_{i1}, \dots, \alpha_{iQ}, \gamma_{i1}, \dots, \gamma_{ip_i})$ ,  $i$ 'nci hata serisine ilişkin tek değişkenli GARCH modelinin parametrelerini oluşturduğunu varsayalım. Bu durumda ilk aşamadaki quasi-likelihood fonksiyonu aşağıdaki gibi yazılabilmektedir:

$$\begin{aligned}
q \ln l(\nu | \varepsilon_t) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \ln(|\mathbf{I}_N|) + 2 \ln(|\mathbf{D}_t|) + \varepsilon_t' \mathbf{D}_t^{-1} \mathbf{I}_N \mathbf{D}_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + 2 \ln(|\mathbf{D}_t|) + \varepsilon_t' \mathbf{D}_t^{-2} \varepsilon_t \right) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \sum_{n=1}^N \left( \ln(h_{i,t}) + \frac{\varepsilon_{i,t}^2}{h_{i,t}} \right) \right) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( T \ln(2\pi) + \sum_{n=1}^T \left( \ln(h_{i,t}) + \frac{\varepsilon_{i,t}^2}{h_{i,t}} \right) \right)
\end{aligned} \tag{3.56}$$

Sonuç olarak buradan da tek değişkenli GARCH modellerine ilişkin log-olabilirliklerin toplamı elde edilmiş olur. İlk aşamadan elde edilen parametre tahminleri üzerinden koşullu olarak ikinci aşamadaki log-olabilirlik tahmini yapılır:

$$\begin{aligned}
q \ln l(\boldsymbol{\eta} | \hat{\nu}, \varepsilon_t) &= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \ln(|\mathbf{R}_t|) + 2 \ln(|\mathbf{D}_t|) + \varepsilon_t' \mathbf{D}_t^{-1} \mathbf{R}_t^{-1} \mathbf{D}_t^{-1} \varepsilon_t \right) \\
&= -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( N \ln(2\pi) + \ln(|\mathbf{R}_t|) + 2 \ln(|\mathbf{D}_t|) + \tilde{\varepsilon}_t' \mathbf{R}_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \right)
\end{aligned} \tag{3.57}$$

Log-olabilirlik  $\hat{\nu}$ 'e koşullu olduğu için yukarıdaki fonksiyonun sadece  $\ln(|\mathbf{R}_t|) + \tilde{\varepsilon}_t' \mathbf{R}_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t$  kısmı parametre seçimini etkilemektedir. Dolayısıyla DCC modelinin parametrelerini tahmin etmek için aşağıdaki fonksiyonun maksimize edilmesi yeterli olacaktır (Engle ve Sheppard, 2001).

$$q \ln l(\boldsymbol{\eta} | \hat{\nu}, \varepsilon_t) = -\frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left( \ln(|\mathbf{R}_t|) + \tilde{\varepsilon}_t' \mathbf{R}_t^{-1} \tilde{\varepsilon}_t \right) \tag{3.58}$$

### 3.2.1.5. VARMA-GARCH Modelleri

Farklı varlık veya piyasalar arasında, karşılıklı oynaklıkların bağımlılığını incelemek amacıyla, Ling ve McAleer (2003), koşullu ortalama ve koşullu varyans özelliklerini dikkate alan bir vektör otoregresif hareketli ortalama (VARMA) modeli önermiştir:

$$Y_t = E(Y_t | F_{t-1}) + \varepsilon_t \quad (3.59)$$

$$\phi(L)(Y_t - \mu) = \psi(L)\varepsilon_t \quad (3.60)$$

$$\varepsilon_t = D_t \eta_t \quad (3.61)$$

$$H_t = W_t + \sum_{l=1}^r A_l \bar{\varepsilon}_{t-l} + \sum_{l=1}^s B_l H_{t-l} \quad (3.62)$$

Burada  $W_t$ ,  $A_l$  ve  $B_l$   $N \times N$  boyutlu matrisleri ifade etmektedir ve  $A_l$  ile  $B_l$  sırasıyla  $\alpha_{ij}$  ve  $\beta_{ij}$  elemanlarından oluşmaktadır. Ayrıca,  $H_t = (h_{1t}, \dots, h_{Nt})'$ ,  $\bar{\varepsilon}_t = (\varepsilon_{1t}^2, \dots, \varepsilon_{Nt}^2)'$  ve  $L$  gecikme operatörüne esasen  $\phi(L) = I_N - \phi_1 L - \dots - \phi_p L^p$  ve  $\Psi(L) = I_N - \Psi_1 L - \dots - \Psi_q L^q$  polinom eşitliklerini ifade etmektedirler.

VARMA-GARCH modeli, eşit büyüklükteki negatif ve pozitif şokların, koşullu varyans üzerinde aynı etkiye sahip olduğunu varsayar. McAleer vd., (2009) koşullu varyans üzerindeki koşulsuz şokların asimetrik etkilerini incelemek amacıyla VARMA-GARCH modelini genişletmişlerdir ve aşağıdaki gibi koşullu varyans VARMA-AGARCH özelliklerini önermişlerdir:

$$H_t = \sum_{i=1}^r A_i \bar{\varepsilon}_{t-i} + \sum_{i=1}^r C_i I_{t-i} \bar{\varepsilon}_{t-i} + \sum_{j=1}^s B_j H_{t-j}, \quad (3.63)$$

Burada  $C_i$ ,  $\gamma_{ij}$  elemanlarından oluşan  $N \times N$  boyutlu bir matristir,  $i = 1, \dots, r$ , ve  $I_t = \text{diag}(I_{1t}, \dots, I_{Nt})$  bir gösterge fonksiyonu olarak aşağıdaki gibi belirlenmektedir:

$$I(\eta_{it}) = \begin{cases} 0, & \varepsilon_{it} > 0 \\ 1, & \varepsilon_{it} \leq 0 \end{cases}. \quad (3.64)$$

$N=1$  olduğunda yukarıdaki denklem Glosten, Jagannathan ve Runkle (1993)'ün asimetrik GARCH modeline dönüşmektedir. Tüm  $i$ 'ler için  $C_i = 0$  olduğunda VARMA-AGARCH modeli, VARMA-GARCH modeline indirgenmiş olacaktır. Ayrıca, eğer  $C_i = 0$  ve  $A_i$  ile  $B_j$  tüm  $i$  ve  $j$ 'ler için köşegen matris yapısında olursa, VARMA-AGARCH modeli CCC modeline dönüşmektedir. VARMA-GARCH ve VARMA-AGARCH modellerinin durağanlığı ve ergodikliği ile ilgili yeterli ve gerekli koşullar, aynı zamanda diğer yapısal ve istatistiksel özellikler detaylı şekilde sırasıyla Ling ve McAleer (2003) ve McAleer, Hoti ve Chan (2009)'nin çalışmalarında anlatılmıştır.

Model ile ilgili tüm parametreler ortak normal yoğunluk fonksiyonu kullanılarak MLE yöntemi ile elde edilebilmektedir. Fakat  $\eta_t$  ortak normal dağılım göstermediği takdirde uygun yöntem olarak QMLE yöntemi ile ilgili parametreler tahmin edilebilmektedirler.



## DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

### UYGULAMA

GARCH tipi yaklaşımlar, çeşitli piyasalarda fiyatlarda meydana gelen oynaklığın modellenmesi ve tahmini konusunda koşullu ortalama ve koşullu varyansı dikkate aldığı için daha gerçekçi bir yaklaşım; ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, sermaye piyasaları, emtia ve petrol gibi farklı piyasalarda fiyatlardaki oynaklığı analiz etmek konusunda araştırmacılar tarafından daha çok ilgi görmektedir.

Günümüz koşullarında, farklı piyasaların birbirinden tamamen bağımsız olmasını düşünmemiz çok da gerçekçi olmamaktadır. Dolayısıyla, iktisatçılar ve genel olarak yatırımcılar açısından, piyasa hareketlerinin yönü ve birbirlerini oynaklık ve getiri açısından nasıl etkilediği ve sözkonusu etkileşimin işleyiş mekanizması büyük önem arz etmektedir.

Bu yönden baktığımızda, çeşitli zaman serileri arasında oynaklık geçişkenliğini ve bağımlılığını incelemek istediğimizde, CCC-MGARCH (Bollerslev, 1990), BEKK-MGARCH (Engle, Kroner 1995) veya DCC-MGARCH (Engle, 2002) gibi çok değişkenli modellerin tek değişkenli modellere göre daha uygun ve avantajlı olduğunu görmekteyiz. Bununla ilgili Hassan ve Malik (2007), Agnolucci (2009), ve Kang vd., (2009) ampirik sonuçları göstermişlerdir. Ayrıca diğer araştırmacılar tarafından da bu modellerin koşullu emtia fiyat oynaklıklarını ve dinamik oynaklık etkileşimi mekanizmasını yansıtmadaki üstünlüğü onaylanmıştır. Fakat bahsedilen modeller, tahmin sürecinde özellikle koşullu ortalama ve varyans denklemlerine dışsal bir değişkenin dahil edildiği durumlarda parametreler ve yakınsama konularında sorunlarla karşılaşmaktadırlar (Arouri vd., 2011).

Dolayısıyla geleneksel çok değişkenli GARCH modellerin içerdiği bazı sorunlara karşı, Ling ve McAleer (2003) alternatif model olarak çok değişkenli VAR( $k$ ) – MGARCH( $p,q$ ) modelini önermişlerdir. Bu çalışmada petrol ile Borsa İstanbul alt endeks getiri serileri arasındaki ikili oynaklık ilişkisini analiz etmek için, üç rakip modelin (CCC, DCC, ve köşegen BEKK-GARCH(1,1)) yanı sıra VAR(1) – MGARCH(1,1) modeli uygulanmaktadır.

Üçüncü bölümde genel biçimde, teorik olarak anlattığımız modellerin, iki değişkenli GARCH formatı çalışmaya uyarlanmıştır. Böylece, petrol ve hisse senedi endeksleri arasındaki ikili oynaklık geçişkenliğini açıklama konusunda farklı modellerin performansını karşılaştırma olanağı sağlanmış olacaktır.

#### 4.1. İKİ DEĞİŞKENLİ VAR(1) – GARCH(1,1) MODELİ

Ling ve McAleer (2003)'ün ortaya koymuş oldukları model geleneksel çok değişkenli GARCH modellerine göre bazı önemli avantajlara sahiptir. Bu modelin uygulanmasında, diğer oynaklık geçişkenlik modellerine göre, hesaplama ve tahmin konusunda daha az karmaşıklıklar yaşanmaktadır. Ayrıca farklı seriler arasında karşılıklı koşullu etkileri ve oynaklık geçişkenliğini açıklama konusunda oldukça esnek bir süreç izlemektedir. Özellikle VAR(1) – MGARCH(1,1) modeli son zamanlarda farklı piyasalar arasında karşılıklı oynaklık geçişkenliğini ortaya çıkarmadaki gücü bazı araştırmacılar tarafından da teyit edilmiştir (Chang, McAleer ve Tansuchat, 2011; Arouri vd., 2011).

Çalışmaya dahil ettiğimiz Borsa İstanbul 100 endeks getirisi, Borsa İstanbul alt sektör endeks getirileri ve petrol fiyat getirilerine ilişkin VAR(1) – MGARCH(1,1) modeline istinaden koşullu ortalama denklemi her bir seri için aşağıdaki özelliklere sahip olmaktadır:

$$\begin{cases} \mathbf{R}_t = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\phi}\mathbf{R}_{t-1} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \\ \boldsymbol{\varepsilon}_t = \mathbf{H}_t^{1/2}\boldsymbol{\eta}_t \end{cases} \quad (4.1)$$

Burada  $\mathbf{R}_t = (r_t^{His}, r_t^{Pet})'$ ,  $r_t^{His}$  ve  $r_t^{Pet}$  sırasıyla hisse senedi alt sektör ve petrol fiyat endeks getiri vektörlerini ifade etmektedirler. Ayrıca  $r_t^{H100}$ , Borsa İstanbul 100 endeks getiri vektörünü ifade etmektedir.

Koşullu ortalama denklemde katsayıları ifade eden  $\boldsymbol{\phi}$ ,  $2 \times 2$  boyutlu köşegen bir matristen  $\boldsymbol{\phi} = \begin{pmatrix} \phi_1 & 0 \\ 0 & \phi_2 \end{pmatrix}$  oluşmaktadır.  $\boldsymbol{\varepsilon}_t = (\varepsilon_t^{His}, \varepsilon_t^{Pet})'$ ,  $\varepsilon_t^{His}$  ve  $\varepsilon_t^{Pet}$  sırasıyla alt sektör endeks getirileri ile petrol fiyat endeks getirisinin koşullu ortalama denklemlerinden elde edilen hata terimleri vektörünü göstermektedir.  $\boldsymbol{\eta}_t = (\eta_t^{His}, \eta_t^{Pet})'$ , bağımsız ve

homojen dağılım (i.i,d) gösteren tesadüfi hatalar vektörünü belirtmektedir.

$H_t = \begin{pmatrix} h_t^{His} & h_t^{His-Pet} \\ h_t^{His-Pet} & h_t^{Pet} \end{pmatrix}$  ise hisse senedi ve petrol getirilerine ait koşullu varyans

matrisini oluşturmaktadır. Yukarıdaki tanımlamalara istinaden  $r_t^{His}$  ve  $r_t^{Pet}$  denklemleri aşağıdaki gibidir:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} r_t^{His} \\ r_t^{Pet} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mu^{His} \\ \mu^{Pet} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_1 & 0 \\ 0 & \phi_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{t-1}^{His} \\ r_{t-1}^{Pet} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{His} \\ \varepsilon_t^{Pet} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} r_t^{His} \\ r_t^{Pet} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} \mu^{His} \\ \mu^{Pet} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \phi_1 r_{t-1}^{His} \\ \phi_2 r_{t-1}^{Pet} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_t^{His} \\ \varepsilon_t^{Pet} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4.2)$$

Yukarıdaki matrislerin sadeleştirilmesinden hisse senedi sektörleri ve petrol fiyat getirilerinin koşullu ortalama denklemleri aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$\begin{cases} r_t^{His} = \mu^{His} + \phi_1 r_{t-1}^{His} + \varepsilon_t^{His} \\ r_t^{Pet} = \mu^{Pet} + \phi_2 r_{t-1}^{Pet} + \varepsilon_t^{Pet} \end{cases} \quad (4.3)$$

Ayrıca, varyans denklemlerine ilişkin katsayılar matrislerini aşağıdaki gibi tanımladığımızda:

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{His1}^2 & \alpha_{His2}^2 \\ \alpha_{Pet2}^2 & \alpha_{Pet1}^2 \end{pmatrix} \text{ ve } B = \begin{pmatrix} \beta_{His1}^2 & \beta_{His2}^2 \\ \beta_{Pet2}^2 & \beta_{Pet1}^2 \end{pmatrix} \quad (4.4)$$

$h_t^{His}$ ,  $h_t^{Pet}$  ve  $h_t^{His-Pet}$  denklemleri aşağıdaki gibi elde edilebilmektedir:

$$\begin{aligned} \begin{bmatrix} h_t^{His} \\ h_t^{Pet} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} c_{His}^2 \\ c_{Pet}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{His1}^2 & \alpha_{His2}^2 \\ \alpha_{Pet2}^2 & \alpha_{Pet1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 \\ (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{His1}^2 & \beta_{His2}^2 \\ \beta_{Pet2}^2 & \beta_{Pet1}^2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} h_{t-1}^{His} \\ h_{t-1}^{Pet} \end{bmatrix} \\ \begin{bmatrix} h_t^{His} \\ h_t^{Pet} \end{bmatrix} &= \begin{bmatrix} c_{His}^2 \\ c_{Pet}^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \alpha_{His1}^2 (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \alpha_{His2}^2 (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 \\ \alpha_{Pet2}^2 (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \alpha_{Pet1}^2 (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{His1}^2 h_{t-1}^{His} + \beta_{His2}^2 h_{t-1}^{Pet} \\ \beta_{Pet2}^2 h_{t-1}^{His} + \beta_{Pet1}^2 h_{t-1}^{Pet} \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (4.5)$$

Yukarıdaki matrislerin sadeleştirilmesinden hisse senedi sektörleri ve petrol fiyat getirilerinin koşullu varyans denklemleri aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$h_t^{His} = c_{His}^2 + \alpha_{His1}^2 \times (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \alpha_{His2}^2 \times (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 + \beta_{His1}^2 \times h_{t-1}^{His} + \beta_{His2}^2 \times h_{t-1}^{Pet} \quad (4.6)$$

$$h_t^{Pet} = c_{Pet}^2 + \alpha_{Pet1}^2 \times (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 + \alpha_{Pet2}^2 \times (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \beta_{Pet2}^2 \times h_{t-1}^{His} + \beta_{Pet1}^2 \times h_{t-1}^{Pet} \quad (4.7)$$

(4.6) ve (4.7)'de görüldüğü gibi, varyans denklemlerinde tüm katsayıların karesel olarak yer alması denklemlerin pozitifliğini sağlamaktadır. Burada eşit büyüklükte negatif ve pozitif şokların koşullu varyanslar üzerinde aynı etkilere sahip olduğu varsayılmaktadır. Zamana bağlı olarak t dönemine ait hisse senedi ve petrol piyasalarına ilişkin oynaklıklar, doğrudan kendi şoklarının gecikmelerinden  $\left[ (\varepsilon_{t-1}^{His})^2, (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 \right]$  ve dolaylı olarak da karşılıklı şekilde birbirinin gecikmeli şoklarından etkilenmektedirler. Ayrıca söz konusu piyasalara ilişkin oynaklıklar, gecikmeli olarak hem kendi oynaklıklarından  $(h_{t-1}^{His}$  ve  $h_{t-1}^{Pet})$  hem de karşılıklı bir şekilde birbirinin gecikmeli oynaklıklarından etkilenmektedirler. Dolayısıyla bu model piyasadaki dinamik şok ve oynaklıklar açısından, olası geçişkenlikleri analiz etme konusunda daha avantajlı bir konuma sahiptir.

VAR(1)–iki değişkenli GARCH(1,1) modelinde durağanlığın garanti edilmesi için  $|I_2 - AL - BL| = 0$  denkleminin kökleri birim çemberinin dışında kalmalıdır. Burada  $L$  polinomial gecikme değeri ve  $I_2$  ise  $2 \times 2$  boyutlu birim matristir. Bu modelde  $\rho$  zamandan bağımsız olarak sabit koşullu korelasyon olarak alınmıştır. Dolayısıyla  $\rho$ 'yu dikkate alarak söz konusu ikili piyasalar arasında koşullu ortak varyansı aşağıdaki gibi izah etmek mümkündür:

$$h_t^{His-Pet} = \rho \times \sqrt{h_t^{His}} \times \sqrt{h_t^{Pet}} \quad (4.8)$$

Burada sabit koşullu korelasyon varsayımı, değişen ekonomik koşullar altında, kısıtlayıcı bir varsayım olarak görülse de VAR-MGARCH modeline ilişkin dinamik koşullu korelasyon için istatistik özellikler henüz teorik olarak analiz edilmemiştir. Ancak sözkonusu model eş zamanlı olarak uzun dönem dalgalanmaların kalıcılığına ve çalışma kapsamına alınan petrol ve hisse senedi piyasaları arasında oynaklık ve şok iletimine olanak sağlama açısından, olanaklı bir model olduğu önceki çalışmalarda da vurgulanmıştır.

Temel model olarak kullanılan iki değişkenli VAR(1)-GARCH modelin parametreleri quasi-maksimum olabilirlik yöntemi ile tahmin edilmektedir. Quasi-maksimum olabilirlik yöntemi normallik koşullarında her türlü sapma ve yakınsama prpblemlerine karşı sağlam bir yöntemdir (Ling ve McAleer, 2003).

#### 4.2. İKİ DEĞİŞKENLİ AR(1)-GARCH MODELLERİ

Burada bir kez daha hisse senedi ve petrol fiyat endekslerine ilişkin, getiri vektörlerini AR(1)-GARCH modellerini kapsayacak şekilde tanımlamaktayız.

$\mathbf{R}_t = (r_t^{His}, r_t^{Pet})'$  piyasalara ilişkin getiri vektörlerini ve  $H_t = [h_t^{ij}]$ ,  $i, j = His, Pet$  da iki değişkenli GARCH(1,1) sürecindeki getirilerin koşullu varyans-kovaryans matrisini ifade etmekte ve koşullu ortalama ise iki değişkenli AR(1)-GARCH(1,1) modelinde aşağıdaki gibi gösterilmektedir:

$$\begin{cases} \mathbf{R}_t = \boldsymbol{\mu} + \boldsymbol{\phi}\mathbf{R}_{t-1} + \boldsymbol{\varepsilon}_t \\ \boldsymbol{\varepsilon}_t = \mathbf{H}_t^{1/2}\boldsymbol{\eta}_t \end{cases} \quad (4.9)$$

Burada  $\mathbf{H}_t^{1/2}$ ,  $2 \times 2$  boyutlu simetrik pozitif tanımlı bir matristir.  $\boldsymbol{\eta}_t = (\eta_t^{His}, \eta_t^{Pet})'$  ise  $E(\boldsymbol{\eta}_t) = 0$ ,  $Var(\boldsymbol{\eta}_t) = I_N$  olan ve normal dağılım gösteren tesadüfi hata terimleri vektörünü ifade etmektedir. Ortalama denklemdeki katsayılar matrisi  $\boldsymbol{\phi}$ , VAR-GARCH modelinde olduğu gibi  $\boldsymbol{\phi} = \begin{pmatrix} \phi_1 & 0 \\ 0 & \phi_2 \end{pmatrix}$  olarak tanımlanmıştır. Katsayıları ( $\boldsymbol{\phi}$ ) ifade eden matrisin bu şekilde tanımlanması baz alınan rakip modeller arasında karşılaştırmalı analizlerin yapılmasına olanak sağlamaktadır. Görüldüğü gibi varyans-kovaryans matrisi için yapılan farklı tanımlamalar, farklı çok değişkenli GARCH tipi modellere yol açmaktadır.

##### 4.2.1. İki Değişkenli Köşegen BEKK-GARCH Modeli

Engle ve Kroner'in (1995) ortaya koyduğu köşegen BEKK-GARCH(1,1) modelinde, kovaryans denklemindeki parametreler ( $h_t^{ij}$ ,  $i \neq j$ ), varyans denklemindeki parametrelerden üretilmiş ve aşağıdaki gibi tanımlanmaktadır:

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{C}'\mathbf{C} + \mathbf{A}'\varepsilon_{t-1}\varepsilon'_{t-1}\mathbf{A} + \mathbf{B}'\mathbf{H}_{t-1}\mathbf{B} \quad (4.10)$$

Burada  $\mathbf{C}$ ,  $\mathbf{A}$ , ve  $\mathbf{B}$ ,  $(2 \times 2)$  boyutlu katsayılar matrislerini ifade etmektedirler.  $\mathbf{C}$  üst üçgen matrisi,  $\mathbf{A}$  ile  $\mathbf{B}$ 'de köşegen matrisleri oluşturmaktadırlar. Dolayısıyla, varyans ve kovaryans süreçleri aşağıdaki gibi ifade edilmektedir:

$$\begin{cases} h_t^{His} = C_{His} + (\alpha_{His}^2)(\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + (\beta_{His}^2)(h_{t-1}^{His}) \\ h_t^{Pet} = C_{Pet} + (\alpha_{Pet}^2)(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 + (\beta_{Pet}^2)(h_{t-1}^{Pet}) \\ h_t^{His-Pet} = C_{His-Pet} + (\alpha_{His})(\alpha_{Pet})(\varepsilon_{t-1}^{His})(\varepsilon_{t-1}^{Pet}) + (\beta_{His})(\beta_{Pet})(h_t^{His-Pet}) \end{cases} \quad (4.11)$$

Burada  $h_t^{His}$ ,  $h_t^{Pet}$  ve  $h_t^{His-Pet}$ , sırasıyla hisse senedi piyasası, petrol piyasası getirilerine ilişkin koşullu varyansı ve iki piyasa arasındaki koşullu kovaryansları göstermektedir. (4.11)'deki denklemlere baktığımızda hisse senedi ve petrol getirileri arasında oynaklığın doğrudan iletiminin mümkün olmadığını görmekteyiz. Çünkü her piyasanın koşullu varyansı sadece kendi şoklarına ve uzun dönem kalıcılığına bağlı olmaktadır. Bu oynaklık modelinde, koşullu kovaryansın durağanlığı, aşağıda belirtilen koşullar altında sağlanmaktadır.

$$\begin{aligned} \alpha_{His}^2 + \beta_{His}^2 < 1, \alpha_{Pet}^2 + \beta_{Pet}^2 < 1 \\ \text{ve} \\ |(\alpha_{His} \times \alpha_{Pet}) + (\beta_{His} \times \beta_{Pet})| < 1 \end{aligned} \quad (4.12)$$

#### 4.2.2. İki Değişkenli CCC-GARCH Modeli

Sabit koşullu korelasyonu dikkate alan çok değişkenli GARCH modellerinden yaygın olarak literatürde araştırmacılar tarafından ilgi gören yöntemlerden biri Bollerslev (1990) tarafından geliştirilen CCC-MGARCH modelidir. Burada CCC- iki değişkenli GARCH(1,1) modelini kendi çalışmamızın kalıbına uygun olarak aşağıdaki gibi uyarlamaktayız:

$$\mathbf{H}_t = \mathbf{D}_t \mathbf{R} \mathbf{D}_t \quad (4.13)$$

Burada  $\mathbf{D}_t = \text{diag}(\sqrt{h_t^{His}}, \sqrt{h_t^{Pet}})$ , ve  $\mathbf{R} = (\rho_{ij})$ ,  $2 \times 2$  boyutlu bir matristir. Sabit koşullu korelasyon ise  $\rho_{ij} = 1, \forall i = His, Pet$  özelliklerine sahip olmaktadır. Ayrıca varyans denklemlerine ilişkin katsayılar matrislerini aşağıdaki gibi tanımladığımızda:

$$A = \begin{pmatrix} \alpha_{His} & 0 \\ 0 & \alpha_{Pet} \end{pmatrix} \text{ ve } B = \begin{pmatrix} \beta_{His} & 0 \\ 0 & \beta_{Pet} \end{pmatrix} \quad (4.14)$$

(4.13)'de gösterdiğimiz denklemi matrislerle ifade ettiğimizde aşağıdaki eşitlik elde edilmiş olacaktır (Bauwens, 2012; Bauwens, Laurent ve Rombouts, 2006):

$$\begin{aligned} \underbrace{\begin{pmatrix} h_t^{His} & h_t^{His-Pet} \\ h_t^{His-Pet} & h_t^{Pet} \end{pmatrix}}_{\mathbf{H}_t} &= \underbrace{\begin{pmatrix} \sqrt{h_t^{His}} & 0 \\ 0 & \sqrt{h_t^{Pet}} \end{pmatrix}}_{\mathbf{D}_t} \underbrace{\begin{pmatrix} 1 & \rho_{His-Pet} \\ \rho_{His-Pet} & 1 \end{pmatrix}}_{\mathbf{R}} \underbrace{\begin{pmatrix} \sqrt{h_t^{His}} & 0 \\ 0 & \sqrt{h_t^{Pet}} \end{pmatrix}}_{\mathbf{D}_t} \\ &= \begin{pmatrix} \sqrt{h_t^{His}} & \rho_{His-Pet} \sqrt{h_t^{His}} \\ \rho_{His-Pet} \sqrt{h_t^{Pet}} & \sqrt{h_t^{Pet}} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \sqrt{h_t^{His}} & 0 \\ 0 & \sqrt{h_t^{Pet}} \end{pmatrix} \\ &= \begin{pmatrix} h_t^{His} & \rho_{His-Pet,t} \sqrt{h_t^{His}} \sqrt{h_t^{Pet}} \\ \rho_{His-Pet} \sqrt{h_{Pet,t}} \sqrt{h_t^{His}} & h_{Pet,t} \end{pmatrix} \end{aligned} \quad (4.15)$$

Koşullu varyans ile koşullu kovaryans denklemleri aşağıdaki şekilde tanımlanmaktadır:

$$\begin{cases} h_t^{His} = c_{His} + \alpha_{His} \times (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \beta_{His} \times h_{t-1}^{His} \\ h_t^{Pet} = c_{Pet} + \alpha_{Pet} \times (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 + \beta_{Pet} \times h_{t-1}^{Pet} \\ h_t^{His-Pet} = \rho_{His-Pet} \sqrt{h_t^{His}} \times h_t^{Pet} \end{cases} \quad (4.16)$$

(4.16)'de görüldüğü gibi varyans denklemleri GARCH(1,1) süreci izlemektedir.

Bollerslev (1990), ARCH ve GARCH terimlerine ilişkin katsayıların pozitifliğinin sağlanması için pozitif tanımlı bir  $\mathbf{R}$  matrisine gerek kalmadığını göstermiştir. Kovaryans denkleminin durağanlığı ise,  $\det(\mathbf{I}_2 - \lambda \mathbf{A} - \lambda \mathbf{B}) = 0$ 'nin kökleri birim çemberinin dışında kaldığı zaman sağlanmış olmaktadır. Burada  $\mathbf{I}_2$ ,  $2 \times 2$  boyutlu birim matrisini ifade etmektedir.

### 4.2.3. İki Değişkenli DCC-GARCH Modeli

Bollerslev (1990)'in ortaya koyduğu CCC-MGARCH modeli, farklı piyasalar arasında korelasyon katsayısının, zamandan bağımsız ve sabit olduğu varsayımı üzerine kurulduğu için bazı araştırmacılar tarafından zaman zaman eleştiri konusu olmuştur.

Engle (2002), DCC-MGARCH(1,1) modelini geliştirmekle, sabit koşullu korelasyon varsayımından kaynaklanan problemi, koşullu korelasyon matrisinin zamanla değişmesine olanak sağlamasıyla ortadan kaldırmıştır. Bu modelde, CCC-MGARCH modeline karşın  $R_t$  matrisi zamana bağlı olarak korelasyon katsayılarının olası değişimlerini yansıtmaktadır:

$$H_t = D_t R_t D_t \quad (4.17)$$

Burada zamanla değişen koşullu korelasyon matrisi aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$R_t = \left( \text{diag}(\mathbf{Q}_t) \right)^{-1/2} \mathbf{Q}_t \left( \text{diag}(\mathbf{Q}_t) \right)^{-1/2} \quad (4.18)$$

$\mathbf{Q}_t = (q_t^{ij})$  pozitif tanımlı  $2 \times 2$  boyutlu simetrik bir matris olup aşağıdaki gibi elde edilmektedir:

$$\mathbf{Q}_t = (1 - \alpha - \beta) \bar{\mathbf{Q}} + \alpha \eta_{t-1} \eta'_{t-1} + \beta \mathbf{Q}_{t-1} \quad (4.19)$$

(4.19)'daki denklemde  $\alpha$  ve  $\beta$  negatif olmayan değerlerdir. Ayrıca  $\alpha + \beta < 1$  ve  $\bar{\mathbf{Q}}$ , standartlaştırılmış hatalardan  $(\eta)$  oluşan  $2 \times 2$  boyutlu koşulsuz varyansları ifade eden simetrik bir matristir.

DCC-MGARCH modelinde de, CCC-MGARCH modelinde olduğu gibi koşullu varyans denklemleri GARCH(1,1) sürecini takip etmektedir. Koşullu korelasyon matrisini  $(R_t)$  dikkate alarak (4.15)'teki matris işlemlerini iki değişkenli DCC-GARCH modeli için yaparsak, koşullu varyans ve koşullu kovaryans denklemleri aşağıdaki gibi olacaktır:



$$\begin{cases} h_t^{His} = c_{His} + \alpha_{His} \times (\varepsilon_{t-1}^{His})^2 + \beta_{His} \times h_{t-1}^{His} \\ h_t^{Pet} = c_{Pet} + \alpha_{Pet} \times (\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2 + \beta_{Pet} \times h_{t-1}^{Pet} \\ h_t^{His-Pet} = \rho_{His-Pet} \times \sqrt{h_t^{His} \times h_t^{Pet}} \end{cases} \quad (4.20)$$

Engle (2002)'in zamanla değişen korelasyon matris yapısına ilişkin ortaya koyduğu tanımlama, DCC-GARCH(1,1) modelinin tahmininde herhangi bir engel oluşturmamaktadır.

Genel olarak baktığımızda, VAR-GARCH modeli ile 4.2 bölüm başlığı altında anlatılan iki değişkenli GARCH(1,1) modellerinin yapısı, petrol ve hisse senedi piyasaları arasında karşılıklı olarak koşullu oynaklıkların bağımlılığına izin vermediği görülmektedir.

### 4.3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu aşamada, 3.Bölümde teorik olarak açıklamaya çalışılan modeller kapsamında petrol getiri serileri ile araştırmaya dahil edilen endeks getirilerinin ikili tahminleri yapılarak oynaklıkların kalıcılığı ve geçişkenliğine dair analizler yapılmaktadır.

#### 4.3.1. BIST Ana Sektörleri ve Tahmin Sonuçları

Bu bölümde Borsa İstanbul ana sektör endeksleri ile brent ham petrol getirileri arasındaki oynaklık olgusu, kullanılan modellere göre analiz edilmiştir. Oynaklık iletişim mekanizmasını incelemek için ilk önce fiyat endekslerinden elde edilen verilerin orjinal hali veya başka bir ifadeyle piyasa etkisinden arındırılmamış şekli kullanılmıştır. İlk bulgulara göre, genel olarak sonuçlar incelendiğinde 100 endeksle birlikte diğer alt sektörler arasında genel olarak iki yönlü geçişkenliğin olduğu gözlenmiştir. Bu şekilde elde edilen sonuçlar, büyük ölçüde piyasa getirilerinin alt sektör getirilerine yansımından kaynaklanmaktadır. Daha doğrusu bu durumda alt sektör getirileri piyasayı temsil eden endeks sayesinde maskelenmiş olmaktadır. Dolayısıyla alt sektörlerin bireysel ve gerçek davranışları bağımsız bir şekilde kendini yansıtılmamaktadır. Bu problemin giderilmesi ve daha sağlıklı sonuçların elde edilmesi için literatüre uygun olarak alt sektörlerin piyasa etkisinden arındırılmış hali düzeltilmiş getiri serileri olarak kullanılmıştır (Soytas ve Oran, 2011).

Sektör endekslerinin piyasa getiri etkisinden arındırılması için aşağıda gösterildiği gibi basit piyasa modeli kullanılmıştır.

$$\text{Alt sektör endeks getirisi} = \alpha + \text{Bileşik 100 endeks getirisi} + \varepsilon \quad (4.21)$$

Yukarıdaki regresyon modelinden elde edilen hata serileri, ilgili alt sektörün piyasa getirilerinden arındırılarak düzeltilmiş getiri serisini temsil etmektedir. Dolayısıyla, her bir alt sektör için belirlenen yöntem takip edilerek düzeltilmiş getiri serileri oluşturulmuştur. Böylece ikinci aşamada düzeltilmiş getiri serileri, ilgili oynaklık modellerinde kullanılarak tahmin sonuçları elde edilmiştir.

İki değişkenli VAR(1) - GARCH(1,1) modeli tahmin sonuçları BIST 100 endeks getiri serisi ile dört ana sektöre ilişkin getiri serileri baz alınarak Tablo 4.1'de rapor edilmiştir. Petrol ile BIST 100 endeks ve diğer dört alt sektör getiri çiftlerinin ortalama denklemlerine göz attığımızda, AR(1) katsayıları ile ifade edilen petrol getirilerine ilişkin bir dönem gecikmeler tüm önem seviyelerinde anlamsız olup, cari petrol getirilerini etkilememektedir. Böylece, bu bulgu, zaman içinde petrol fiyat getirilerinin kısa vadeli öngörülebilir olduğuna ilişkin bir kanıt sunmamaktadır. Bu bulgunun aksine hisse senedi getirilerine ilişkin otoregresif terimlere ait parametreler hem BIST 100 endeksi hem de tüm ana sektörler için önemli ölçüde sıfırdan farklı olarak tahmin edilmiştir. Ortalama denklemlerdeki otoregresif terimin önemlilik düzeyi BIST 100 endeksi, mali ve sanayi endeksleri için %1 iken hizmetler ile teknoloji sektörleri için de %5 olarak belirlenmiştir. Bu bulgu Türkiye'de BIST 100 endeksi ile birlikte dört ana sektör endeks getirilerinin, kendi geçmiş değerleri ile açıklanabilirliğini ve kısa vadede cari getiri değerlerinin tahmini yönünde yardımcı olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.1'in sonunda tahminlerle ilgili Ljung ve Box (1978) test istatistiklerine yer verilmiştir. Burada LB(Q) ve LB(Q<sup>2</sup>) sırasıyla standartlaştırılmış hata terimlerinin otokorelasyon içerip içermediğini ve değişen varyans olgusunu test etmektedirler. Sonuçlara göre petrol, BIST 100, hizmetler, mali, sanayi ve teknoloji sektörlerine ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans olgusunun olmadığına dair kurulan sıfır hipotez reddedilememektedir. Dolayısıyla standartlaştırılmış hata terimleri otokorelasyon ve değişen varyans içermemektedir. Ayrıca tahmin sonuçlarından elde edilen standartlaştırılmış hatalara ilişkin normallik hipotezi tüm seriler için %1 anlamlılık düzeyinde reddedilmektedir.

**Tablo 4. 1.** BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili VAR(1)- GARCH(1,1) Tahmin Sonuçlar

	<i>100 Endeks</i>		<i>Hizmetler</i>		<i>Mali</i>		<i>Sanayi</i>		<i>Teknoloji</i>	
<i>Parametreler</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>										
Sabit	0.1135***	0.1577***	0.1152***	-0.0005	0.1093***	-0.0014	0.1137***	0.0009	0.1189***	-0.0358
AR(1)	0.0003	0.0872***	-0.0019	0.0394**	-0.0043	0.0695***	-0.003	0.0756***	-0.0056	0.0449**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>										
Sabit	0.0117*	0.0772***	0.0082	0.0726***	-0.0024	0.0051	0.0057	0.0095	0.0097	0.0439***
$(\epsilon_{t-1}^{His})^2$	-0.0089**	0.1263***	-0.0125	0.1139***	-0.0091	0.0653**	0.0257	0.0420	-0.0131	0.0748***
$(h_{t-1}^{His})$	0.1050***	0.8144***	-95.624	0.6783***	-7.4063	0.8569***	1.2159	0.9222***	0.6827	0.8945***
$(\epsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0295***	-0.0254**	0.0371***	-0.0017	0.0331***	0.0012	0.0359***	0.0028	0.0359***	-0.0241***
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9503***	0.3752***	0.9398***	-75.0732	0.9398***	-0.4018	0.9453***	0.0615	0.9531***	0.2857
LB-Q (12)	9.02	17.22	10.32	15.68	10.33	6.50	10.63	10.44	9.80	11.17
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	8.59	18.01	7.83	16.44	9.02	9.36	7.88	12.27	8.32	13.46
Jarque-Bera	192.74***	768.17***	198.78***	144.27***	193.01***	299.44***	190.55***	365.69***	187.88***	687.99***
Log Olabilirlik	-12253.4		-9530.1		-7335.3		-8662.7		-10790.5	
AIC	8.6033		6.6936		5.1545		6.0854		7.5775	
CCC	0.1667***		-0.0005		-0.0203		0.0487***		0.0215***	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

VAR(1)-GARCH(1,1) modeline göre BIST 100 endeks ile petrol arasındaki sabit koşullu korelasyon katsayısı (%16.67), %1 düzeyinde anlamlı olarak bulunmuştur. Elde edilen katsayısı BIST 100 endeksi ile petrol getirileri arasında nispeten zayıf bir ilişkinin olduğunu göstermektedir. Koşullu varyans denklemlerine dikkat ettiğimizde, hem petrol getiri serileri hem de BIST 100 endeks getirilerine ilişkin cari koşullu varyanslar, kendi şok ve varyanslarının bir gecikmesinden % 1 anlamlılık seviyesinde etkilenmektedirler. Ayrıca BIST 100 endeksine ait kısa vadeli şokların kalıcılık derecesi (0.1263) petrole ait kısa vadeli şokların kalıcılık derecesinden (0.0295) daha büyük olduğu görülmektedir. Gerçekleşen şokların uzun dönem kalıcılık derecelerine  $(\alpha + \beta)$  baktığımızda ise petrol için bu değer 0.9798  $(= 0.0295 + 0.9503)$  iken, BIST 100 endeksi için 0.9407  $(= 0.1263 + 0.8144)$  olmaktadır. Görüldüğü gibi, petrole ilişkin uzun dönem kalıcılık derecesi BIST 100 endeksine göre daha büyük olmaktadır. Bu da petrole meydana gelen şokların daha uzun bir dönemde sönmelenmesini ifade etmektedir.

Serilerin oynaklık ve şok geçişkenliği yönünden konuya bakacak olursak, petrol ile BIST 100 endeksi arasında iki yönlü şok ve oynaklık geçişkenliğine dair güçlü kanıtlar bulunmaktadır. Karşılıklı oynaklık geçişkenliği %1 anlamlılık düzeyinde gerçekleşirken, karşılıklı şok geçişkenliği % 5 anlamlılık düzeyinde gerçekleşmektedir. Karşılıklı olarak her iki piyasa için ilgili şoklar negatif olarak yansımakta olup, petrolden BIST 100 endeksine yansıyan şok ölçüsü (-0.0254) göreceli olarak BIST 100 endeksinden petrole yansıyan şok ölçüsünden (-0.0089) mutlak olarak daha büyüktür. Dolayısıyla, BIST 100 endeksinden petrole yönelik gerçekleşen şok geçişkenliği nispi olarak daha zayıf olmaktadır. Söz konusu iki piyasa arasında oynaklık geçişkenliğine baktığımızda petrolden BIST 100 endeksine gerçekleşen oynaklık ölçüsü (0.3752), BIST 100 endeksinden petrole yansıyan oynaklık ölçüsünden (0.1050) daha büyüktür. Dolayısıyla, hem şok, hem de oynaklık açısından BIST 100 endeksinden petrole yönelik çok zayıf bir geçişkenlik söz konusu olmaktadır.

BIST 100 endeksi toplulaştırılmış bir endeks olduğu için doğal olarak elde edilen sonuçlar alt sektör endekslerine yönelik genelleştirilemez. Dolayısıyla, petrol ile diğer alt sektörlerin arasındaki ikili ilişkilerin analiz edilmesi daha spesifik sonuçların ortaya çıkmasına zemin sağlayacaktır. Bu bağlamda, petrol ile hizmetler ve mali sektörlerini

ikili olarak incelediğimizde, hizmet ve mali sektörüne ilişkin cari koşullu varyansların, kendi geçmiş şok ve varyanslarından anlamlı olarak etkilendiği gözlenmektedir. Hizmet sektörü koşullu varyansı kendi geçmiş şok ve varyansından %1 anlamlılık düzeyinde etkilenirken mali sektörü kendi şok ve varyansından sırasıyla %5 ve %1 anlamlılık düzeyinde etkilenmektedir. Ayrıca petrol ile hizmetler ve mali sektörleri arasında ikili olarak herhangi bir şok ve oynaklık geçişkenliğine dair kanıt bulunmamış ve ikili piyasa analizlerinde sabit koşullu korelasyon katsayıları da anlamsız bulunmuştur.

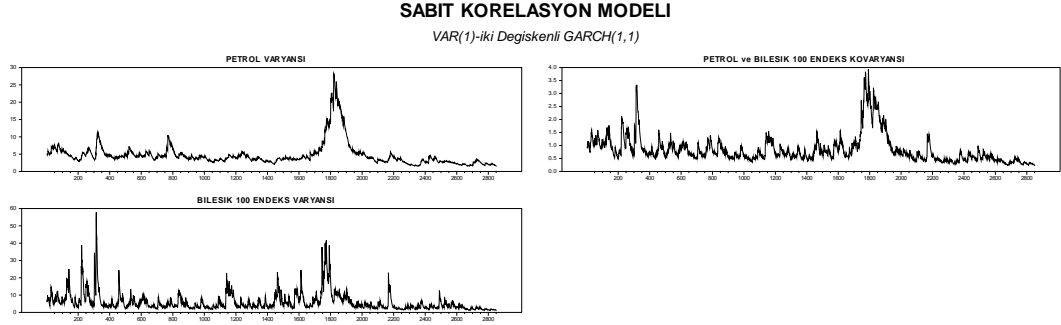
Petrol ile Sanayi endeksleri arasındaki ilişkiyi incelediğimizde, sabit koşullu korelasyon katsayısının (0.0487) %1 düzeyinde anlamlı olduğu görülmektedir. Ama her iki getiri serisinin de koşullu varyans denklemlerine baktığımızda, hem şok konusunda hem oynaklık konusunda herhangi bir geçişkenlik olgusuna rastlanmamaktadır. Petrole ilişkin koşullu varyans %1 anlamlılık düzeyinde geçmişteki kendi şok ve varyansından etkilenmektedir. Sanayi cari koşullu varyans ise %1 anlamlılık düzeyinde sadece kendi geçmiş varyansından etkilenmektedir. Dolayısıyla sanayi getirisinde meydana gelen beklenmedik şoklar, cari koşullu varyans üzerinde herhangi bir etki bırakmamaktadır.

Petrol ile teknoloji sektörleri arasında, baz alınan modele göre sabit koşullu korelasyon katsayısı (0.0215) %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı çıkmıştır. Ayrıca her sektöre ilişkin koşullu cari varyanslar %1 anlamlılık düzeyinde hem kendi geçmiş şoklarından hem de geçmiş varyanslarından etkilenmektedir. Geçişkenlik konusunda ise %1 anlamlılık düzeyinde teknoloji koşullu varyansı, petrolde meydana gelen beklenmedik şoklardan negatif yönlü olarak zayıf bir şekilde etkilenmektedir.

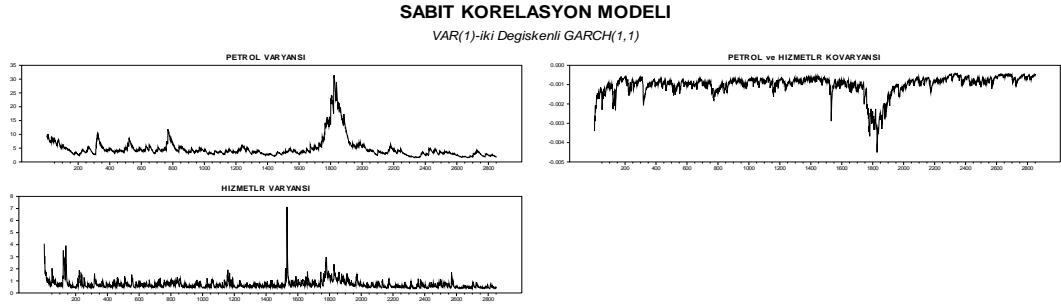
VAR(1)-GARCH(1,1) modeline göre petrol ile sanayi ve teknoloji alt sektörleri arasında daha zayıf bir sabit korelasyon katsayısı mevcuttur. Genel olarak petrol ile BIST 100 endeksi ve diğer ana sektörlerle ilişkin ikili analizlerde tüm serileri için  $\alpha + \beta < 1$  koşulu gerçekleştiği için tüm seriler için, şokların uzun dönem kalıcılığı söz konusu olmaktadır. Fakat bu değer petrol için daha büyük olmakta ve bire yakın olduğu için şokların meydana gelmesinden sonra baz alınan sektörlerle göre uzun dönem denge değerine daha hızlı bir şekilde yakınsamaktadır.

Aşağıda ikili getiri serilerinin VAR (1)-GARCH(1,1) modelinden elde edilen varyans ve kovaryans serilerine ilişkin grafikler verilmiştir. Elde edilen grafikler görsel

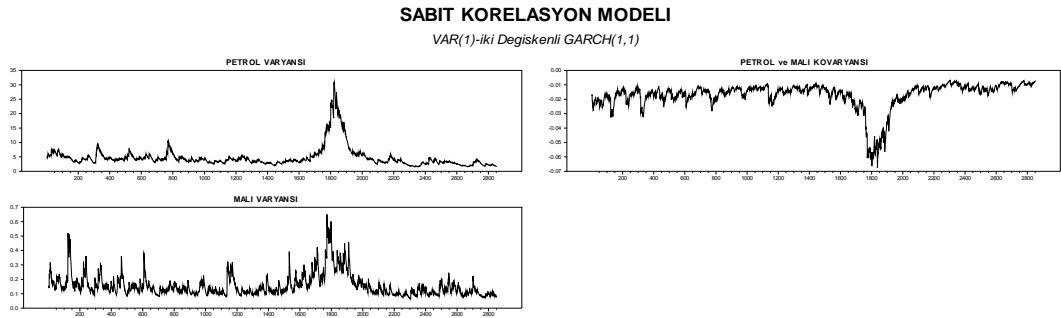
olarak analize konu olan varyans ve kovaryans serilerinin takip ettiği süreç hakkında bazı bilgiler sunmaktadır.



**Şekil 4. 1.** VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri



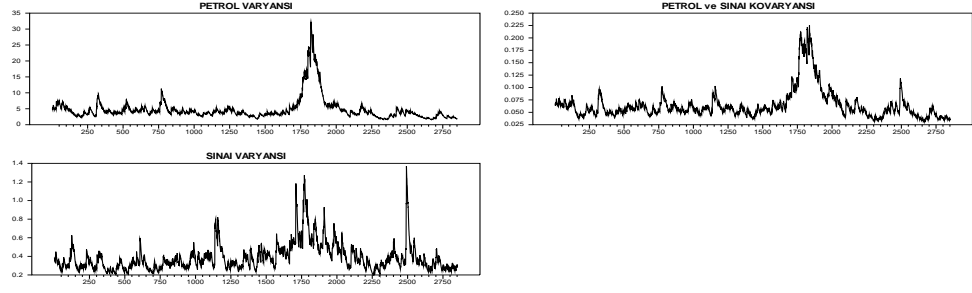
**Şekil 4. 2.** VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri



**Şekil 4. 3.** VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

**SABIT KORELASYON MODELİ**

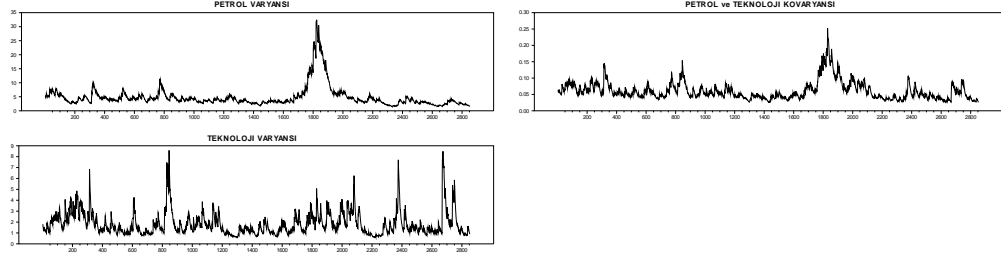
*VAR(1)-iki Degiskenli GARCH(1,1)*



**Şekil 4. 4.** VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

**SABIT KORELASYON MODELİ**

*VAR(1)-iki Degiskenli GARCH(1,1)*



**Şekil 4. 5.** VAR-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Sektörüne İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

Model tahmin sonuçlarını, petrol ve hisse senetlerine göre tasarlanmış portföylerin optimal ağırlıklarını, optimal korunma etkinliklerini, optimal korunma oranlarını belirlemede kullanabiliriz. Tahmin sonuçlarının bu amaçla kullanımına uygulamanın son kısmında yer verilmiştir.

CCC-GARCH(1,1) modeli tahmin ile tahmin sonuçları petrol ve BIST 100 endeks getirisi ile birlikte diğer dört ana sektör için Tablo 4. 2’de verilmiştir.

**Tablo 4. 2.** BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>BIST 100 Endeks</i>		<i>Hizmetler</i>		<i>Mali</i>		<i>Sanayi</i>		<i>Teknoloji</i>	
	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>										
Sabit	0.1253***	0.1638***	0.1148***	-0.0005	0.1144***	-0.0008	0.1141***	0.0004	0.1133***	-0.0289
AR(1)	-0.0012	0.0895***	-0.0012	0.0375*	-0.0026	0.0697***	-0.0041	0.0732***	-0.0019	0.0439**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>										
Sabit	0.0400***	0.1703***	0.0366***	0.0766***	0.0359**	0.0039***	0.0358***	0.0331***	0.0366***	0.0639***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.1259***	.....	0.1033***	.....	0.0530***	.....	0.0331***	.....	0.0803***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8489***	.....	0.7887***	.....	0.9212***	.....	0.9513***	.....	0.8861***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0394***	.....	0.0389***	.....	0.0389***	.....	0.0389***	.....	0.0388***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9515***	.....	0.9528***	.....	0.9530***	.....	0.9530***	.....	0.9528***	.....
LB-Q (12)	9.9	16.79	9.99	15.51	10.06	6.51	10.15	10.91	10.03	11.36
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.4931	12.56	7.52	11.54	7.51	9.96	7.51	16.77	7.51	10.83
Jarque-Bera	199.87***	787.14***	199.45***	173.26***	199.33***	308.98***	199.36***	354.96***	199.49***	767.52***
Log Olabilirlik	-12265.0		-9544.2		-7343.6		-8666.3		-10797.9	
AIC	8.6087		6.7007		5.1575		6.0850		7.5799	
CCC	0.1603***		-0.0240		-0.0227		0.0493**		0.0247	

Not: (\*\*\*) , (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla % 1, %5 ve % 10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.



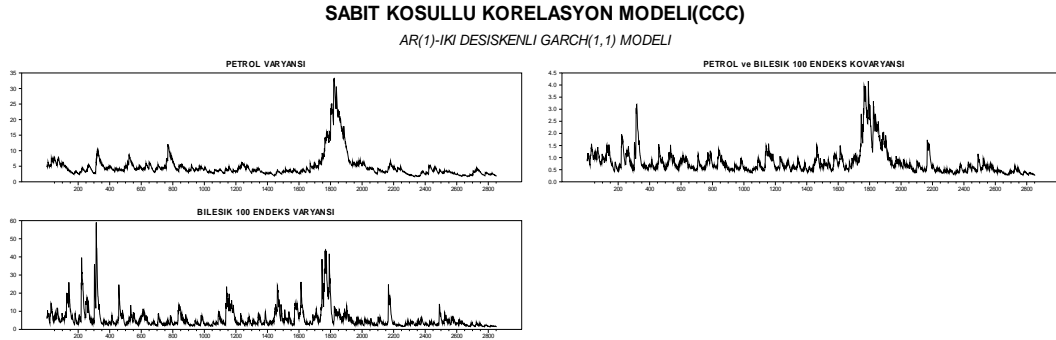
Teorik kısımda açıklandığı gibi VAR(1)-GARCH (1,1) modeli dışında diğer modeller karşılıklı oynaklık ve şok geçişkenliği konusunda ayrıntılı bir bilgi vermeksizin, sadece iki piyasa arasındaki oynaklık ilişkisinin anlamlı olup olmadığı konusunda genel bir bilgi vermektedir. Dolayısıyla, burada sözkonusu iki modelin sonuçlarını sadece bu yönden karşılaştırmamız mümkün olacaktır. Burada da VAR(1)-GARCH(1,1) model sonuçlarında olduğu gibi AR(1) ile belirlenen otoregresif terim, petrol getiri serileri için anlamsız olarak belirlenirken, BIST 100 endeks ve diğer dört alt sektör getirileri için anlamlı bulunmuştur. Dolayısıyla, burada da elde ettiğimiz sonuçlar kısa vadede petrol getiri hareketlerini tahmin etme konusunda olumlu kanıtlar sunmamaktadır. Fakat petrolden farklı olarak BIST 100 endeksi ve diğer alt sektör endeks getirilerinin ileriye yönelik getiri hareketlerinin tahmin edilebilirliği sözkonusu olmaktadır.

CCC-GARCH model sonuçları, tüm getiri serilerine ilişkin tüm varyans denklemlerinde ARCH ve GARCH terimlerine ilişkin katsayılarının %1 önem seviyesinde anlamı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu yönden de bakacak olursak şok ve oynaklığın kalıcılığı açısından önceki model sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Tüm koşullu varyans denklemlerinde  $\alpha + \beta$  değeri birden küçük olduğu için meydana gelen şokların ardından uzun dönem denge değerine yakınsama konusunda herhangi bir problemin sözkonusu olmadığı görülmektedir. İkili getiri serilerine baktığımızda sabit koşullu korelasyon katsayıları anlamlılık açısından teknoloji sektörü dışında tamamı ile VAR(1)-GARCH (1,1) model sonuçlarıyla örtüşmektedir.

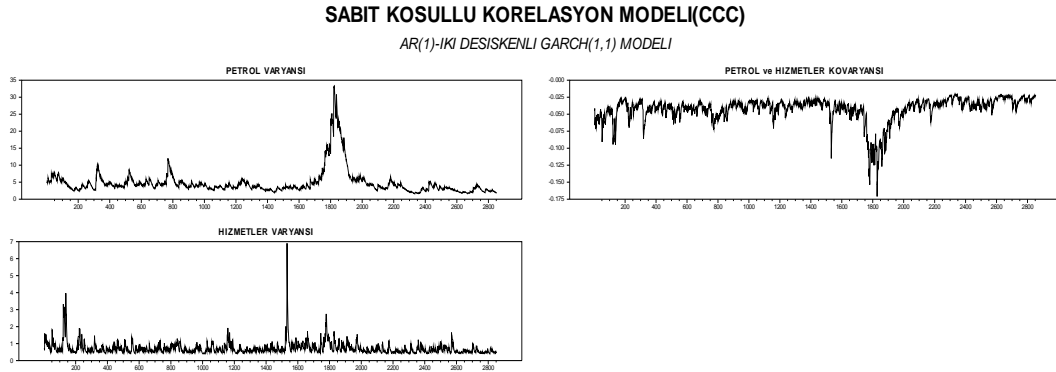
Teknoloji sektörüne ilişkin sabit koşullu korelasyon katsayısı VAR-GARCH modelinde %1 önem düzeyinde anlamlı iken CCC-GARCH model sonuçlarına göre anlamsız olarak bulunmuştur. Her iki modelden de elde edilen sabit koşullu korelasyon katsayıları büyüklük açısından hemen hemen birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Her iki model de gerçekleşen şokların ardından uzun dönem denge değerine yakınsama konusunda benzer sonuçlar ortaya koymaktadır. Fakat her iki modelde de genel olarak petrole ilişkin  $\alpha + \beta$  değeri göreceli olarak BIST 100 endeksi ile beraber diğer dört alt sektörlere göre daha büyük ve bire yakın olarak bulunmuştur. Bu da, gerçekleşen şokların ardından, uzun dönem denge değerine yakınsama olgusu petrol için daha hızlı bir şekilde gerçekleştiğini göstermektedir.

Ayrıca bu modelde de  $LB(Q)$  ve  $LB(Q^2)$  tahmin sonuçlarına göre standartlaştırılmış hata terimlerine ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans olgusuna rastlanmamaktadır. Standartlaştırılmış hata terimlerinin normal dağılmadığı da gözlenmektedir. Dolayısıyla CCC-GARCH(1,1) modeli ile VAR(1)-GARCH (1,1) modeli büyük ölçüde benzer sonuçlar ortaya koymaktadır.

CCC-GARCH(1,1) modelinden elde edilen varyans ve kovaryans grafikleri aşağıda verilmiştir. Her iki modelden de elde ettiğimiz grafikleri karşılaştırdığımızda varyans ve kovaryansların aynı hareketleri izlediği de anlaşılmaktadır ve bu yönden baktığımızda da her iki modele ait sonuçlar büyük ölçüde benzerlik göstermektedirler.



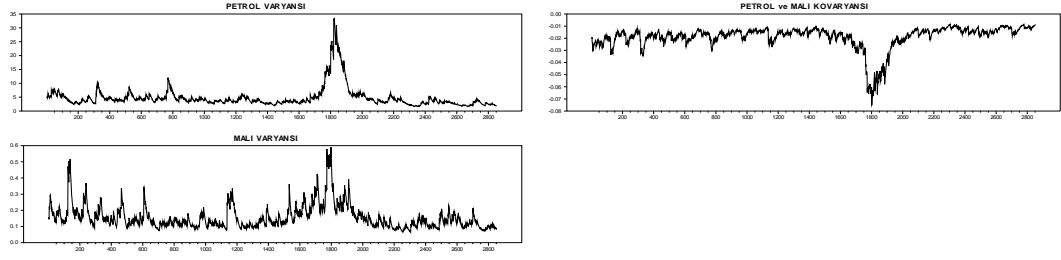
**Şekil 4. 6.** CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endekse İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri



**Şekil 4. 7.** CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endekesine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

**SABIT KOSULLU KORELASYON MODELİ(CCC)**

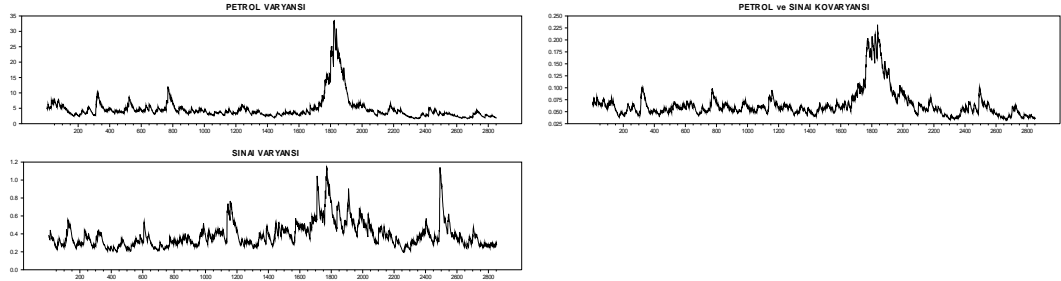
AR(1)-İKİ DESİSKENLİ GARCH(1,1) MODELİ



**Şekil 4. 8.** CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

**SABIT KOSULLU KORELASYON MODELİ(CCC)**

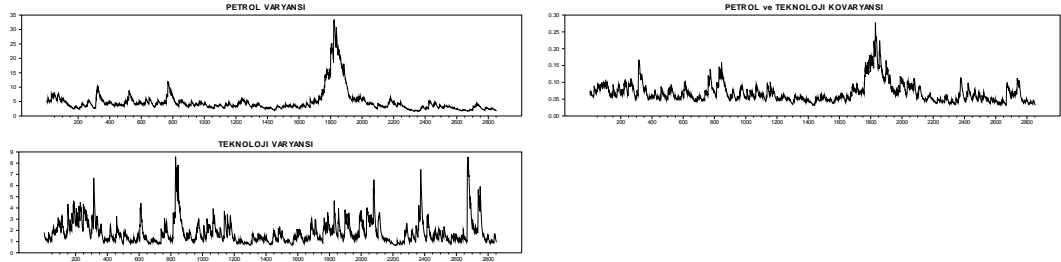
AR(1)-İKİ DESİSKENLİ GARCH(1,1) MODELİ



**Şekil 4. 9.** CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Endeksine İlişkin Getiri Varyans - Kovaryans Grafikleri

**SABIT KOSULLU KORELASYON MODELİ(CCC)**

AR(1)-İKİ DESİSKENLİ GARCH(1,1) MODELİ



**Şekil 4. 10.** CCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endeks Varyans - Kovaryans Grafikleri

Çalışmanın bu kısmında AR(1)- köşegen BEKK iki değişkenli GARCH(1,1) modelinden elde ettiğimiz sonuçları Tablo 4. 3'de vererek önceki modellerden elde edilen sonuçlarla karşılaştıracacağız. Daha önce de belirtildiği gibi köşegen BEKK modeli, iki piyasa getirileri arasında oynaklık geçişkenliğine dair bilgilerin doğrudan elde edilmesine olanak sağlamamaktadır. Dolayısıyla, şok ve oynaklığın piyasalar arasında gerçekleşip gerçekleşmemesine dair bilgileri dolaylı olarak sistemdeki kovaryans denkleminde yer alan ortak şok ve ortak varyans terimlerine ilişkin katsayıların anlamlı olup olmadığından elde edebilmekteyiz.

Bu bağlamda sonuçlara baktığımızda ikili analizlerde tüm getiri serileri, geçmişteki kendi şok ve oynaklıklarından %1 önem seviyesinde anlamlı olarak etkilenmektedirler. Ayrıca köşegen BEKK modeline göre petrol ile BIST 100 endeksi ve diğer dört ana sektör arasındaki ortak şok ve ortak varyanslar ile ilgili katsayılar %1 önem seviyesinde anlamlı olarak bulunmuştur.

Köşegen BEKK modelinde piyasalara ilişkin getiri serilerinin varyans ve kovaryans denklemlerinde durağanlığı garantileyen kısıtın (4.12) geçerli olup olmadığını incelediğimizde, petrol ve diğer sektörlerle ilişkin varyans ve kovaryans denklemlerinin durağanlık koşullarına uyum sağladığını görmekteyiz. Önceki modellerde olduğu gibi köşegen BEKK-GARCH modelinde de sektör varyanslarına ilişkin uzun dönem kalıcılık derecesi ( $\alpha + \beta$ ) daha küçük olmuştur.

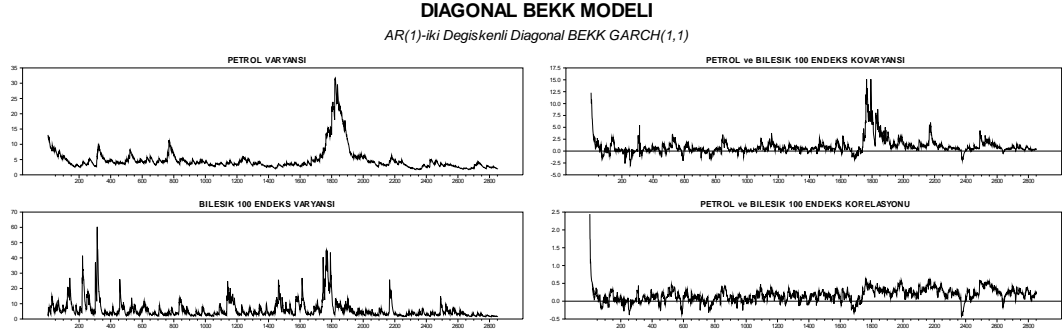
BEKK model sonuçlarından elde edilen standartlaştırılmış hata terimlerine ilişkin LB(Q) ve LB(Q<sup>2</sup>) test sonuçları petrol ve Sanayi serileri dışında tüm serilerde otokorelasyon ve değişen varyansın bulunmadığını göstermektedir. Önceki modellerde olduğu gibi BEKK modelinde de standartlaştırılmış hata terimlerinin normal dağılıma uymadığı görülmektedir.

**Tablo 4. 3.** BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili Köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

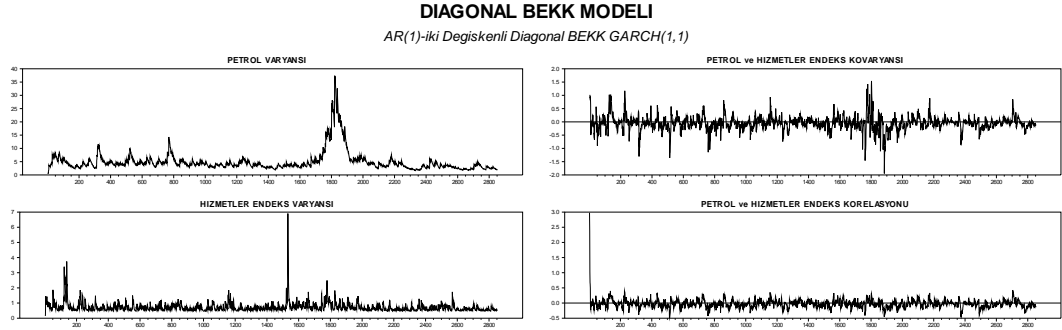
Parametreler	<i>BIST 100 Endeksi</i>		<i>Hizmetler</i>		<i>Mali</i>		<i>Sanayi</i>		<i>Teknoloji</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>										
Sabit	0.1300***	0.1615***	0.1086***	0.0026	0.1244***	-0.0036	0.1050***	0.0019	0.1158***	-0.0214
AR(1)	-0.0106	0.0775***	-0.0035	0.0443**	-0.0091	0.0667***	-0.0053	0.0742***	-0.0025	0.0438**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>										
Sabit	0.0378***	0.1811***	0.0616***	0.1343***	0.1662***	0.0397***	0.0392***	0.0895***	0.0497***	0.0942***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.1326***	.....	0.1099***	.....	0.1722***	.....	0.1113***	.....	0.0767***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8437***	.....	0.7015***	.....	0.5862***	.....	0.6573	.....	0.8727***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0349***	.....	0.0520***	.....	0.0606***	.....	0.0360***	.....	0.0378***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9565***	.....	0.9365***	.....	0.9040***	.....	0.9554***	.....	0.9519***	.....
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>										
Sabit	0.0270***		-0.0060		0.0021		0.0089*		0.0047	
$(\varepsilon_{t-1}^{His})(\varepsilon_{t-1}^{Pet})$	0.0680***		0.0756***		0.1022***		0.0633***		0.0539***	
$(h_t^{His-Pet})$	0.8983***		0.8105***		0.7280***		0.7925***		0.9114***	
LB-Q (12)	10.57	18.85*	11.10	15.51	10.87	6.31	11.79	10.67	11.53	10.90
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	8.75	12.03	15.67	16.21	11.06	40.73***	30.11***	6.45	28.38	11.00
Jarque-Bera	206.62***	802.43***	307.08***	286.32***	329.19***	270.57***	355.50***	431.75***	354.05***	717.25***
Log Olabilirlik	-12213.3		-9566.2		-7417.2		-8668.5		-10833.3	
AIC	8.5754		6.7185		5.2110		6.0888		7.6074	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla % 1 , %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

Köşegen BEKK modelinden ilgili getiri serileri için elde edilen varyans, kovaryans ve korelasyon grafikleri aşağıda verilmiştir. Bu grafikleri daha önceki benzer grafiklerle kıyasladığımızda, köşegen BEKK modelinden elde edilen grafiklerin göreceli olarak yapısal özgün değişiklikleri görülmektedir.



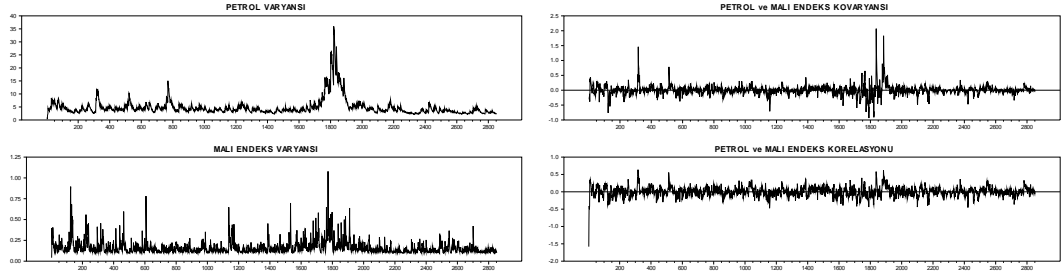
**Şekil 4. 11.** Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100 Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri



**Şekil 4. 12.** Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri

**DIAGONAL BEKK MODELİ**

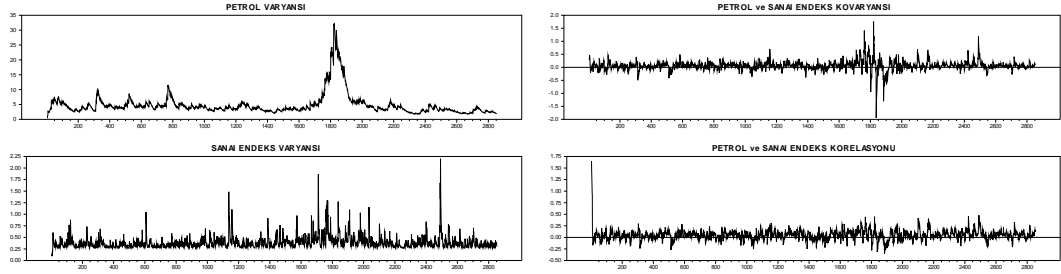
*AR(1)-iki Degiskenli Diagonal BEKK GARCH(1,1)*



**Şekil 4. 13.** Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri

**DIAGONAL BEKK MODELİ**

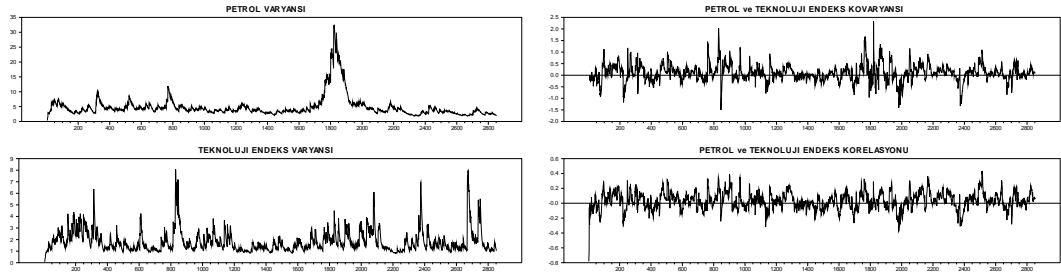
*AR(1)-iki Degiskenli Diagonal BEKK GARCH(1,1)*



**Şekil 4. 14.** Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri

**DIAGONAL BEKK MODELİ**

*AR(1)-iki Degiskenli Diagonal BEKK GARCH(1,1)*



**Şekil 4. 15.** Köşegen BEKK-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri

DCC-GARCH(1,1) modeli daha önce de belirtildiği gibi iki getiri serisi arasında koşullu korelasyonun zamanla değiştiğini varsaymaktadır. Bu modele göre yapılan tahminlere baktığımızda genel olarak petrole ilişkin ortalama denklemde yer alan AR(1) terimi anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla, petrolün geçmiş getiri değerleri petrolün cari getirisini açıklamamaktadır. Başka bir ifadeyle, geçmiş getiri değerlerine göre petrole ilişkin kısa vadeli getiri öngörülebilirliğine olanak sağlamamaktadır. Tam tersine BIST sektörlerine ait ortalama denklemdeki AR(1) terimi anlamlı bulunmuştur. Bu da ilgili sektörlerin cari getirilerinin kısa vadede öngörülebilirliğine işaret etmektedir. Bu konu ile ilgili elde edilen sonuçlar daha önce kullanmış olduğumuz modellerden elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir.



**Tablo 4. 4.** BIST 100 Endeksi ve Dört Ana Endeks ile İlgili DCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>BIST 100 Endeksi</i>		<i>Hizmetler</i>		<i>Mali</i>		<i>Sanayi</i>		<i>Teknoloji</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>										
Sabit	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010
AR(1)	0.1616***	0.0893***	-0.0003	0.0374*	-0.0001	0.0647***	-0.0003	0.0742***	-0.0297	0.0435*
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>										
Sabit	0.0435**	0.1679***	0.0435**	0.0804**	0.0435**	0.0103	0.0435**	0.0068	0.0435*	0.0669**
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.1280***	.....	0.1061***	.....	0.0901*	.....	0.0356	.....	0.0823***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8473***	.....	0.7804***	.....	0.8435***	.....	0.9465***	.....	0.8825***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....
$\lambda_1$	0.0209***		-0.0175*		0.0114*		0.0033		-0.0410***	
$\lambda_2$	0.9723***		-0.2911		0.9110***		0.9709***		0.0301	
LB-Q (12)	10.00	16.10	10.00	15.53	10.00	6.45	10.00	11.07	10.00	11.44
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.62	13.0	7.62	11.08	7.6158	9.80	7.62	16.27	7.62	10.44
Jarque-Bera	207.11***	792.00***	207.11***	181.74***	207.11***	566.12***	207.11***	359.05***	207.11***	773.25***
Log Olabilirlik	-12293.5		-9541.8		-7361.8		-8667.2		-10794.9	
AIC	5.6123		5.6622		5.6561		5.6633		5.6596	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

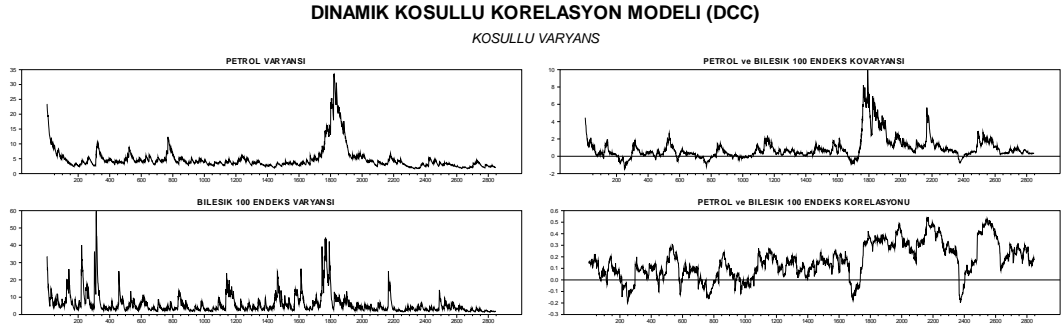
Petrol ile BIST ana sektörlerinden oluşan ikili modellerin koşullu varyans denklemlerine baktığımızda; cari koşullu varyanslar genel olarak kendi geçmiş şok ve varyanslarından etkilenmektedirler. Bu arada sadece sanayi sektörünün cari koşullu varyansı kendi geçmiş şoklarından etkilenmemektedir. Ayrıca mali sektörün cari koşullu varyansı, hem kendi geçmiş varyansından %1 anlamlılık düzeyinde etkilenmekte, hem de kendi geçmiş şokundan %10 anlamlılık düzeyinde etkilenmektedir. Burada da koşullu varyansların uzun dönem kalıcılık ( $\alpha + \beta$ ) derecelerini incelediğimizde petrole ilişkin uzun dönem kalıcılık derecesi BIST ana sektörlerinin varyanslarındaki uzun dönem kalıcılık derecesinden daha büyük olmaktadır. Dolayısıyla, DCC-GARCH modelinden elde edilen sonuçlar önceki model sonuçlarıyla örtüşmektedir. Burada  $\lambda_1$  ve  $\lambda_2$  dinamik koşullu korelasyon katsayıları olarak bilinmektedir.

DCC-GARCH modeli özelliklerine göre dinamik koşullu korelasyon katsayıları negatif olmamalı ve durağanlığın sağlanması için de toplamlarının birden küçük olması gerekmektedir.  $\lambda_1$  dinamik koşullu korelasyon üzerindeki kısa vadeli şokların kalıcılık derecesini ifade ederken,  $\lambda_1 + \lambda_2$ , dinamik koşullu korelasyon üzerindeki uzun vadeli kalıcılık derecesini belirtmektedir. Petrol ve BIST 100 endeksi arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayıları %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Ayrıca  $\lambda_1 + \lambda_2 < 1$  koşulu sağlandığı için dinamik koşullu korelasyonun durağan bir süreci takip ettiğinin bir kanıtı olmaktadır.

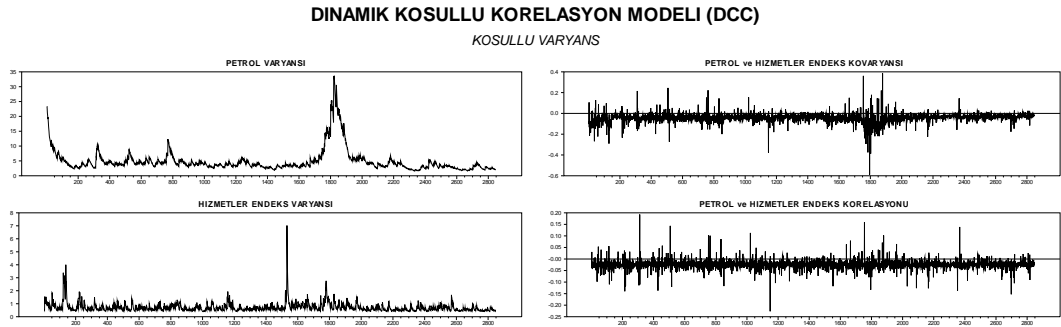
Dinamik koşullu korelasyon üzerinde kısa dönem şokların kalıcılık derecesi varyansların kalıcılık derecesine göre çok düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, dinamik koşullu korelasyon zamana bağlı olarak geçmiş varyanslardan daha çok etkilenmektedir. Ayrıca dinamik koşullu korelasyon katsayılarının anlamlı bulunması, petrol ile BIST 100 endeksi arasındaki koşullu korelasyonun sabit olduğuna ilişkin varsayımının reddedilmesi anlamına gelmektedir. Petrol ile hizmetler sektörleri arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayıları negatif olarak bulunmuştur. Anlamlılık ve durağanlıkla ilgili koşullar sağlanmamaktadır. Aynı şekilde, petrol ile teknoloji sektörleri arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayıları için de aynı ifadeleri kullanmak mümkündür. Mali sektöre baktığımızda dinamik koşullu korelasyon üzerindeki kısa vadeli şok kalıcılık derecesi %10 anlamlılık düzeyinde anlamlı

bulunurken, varyans kalıcılık derecesi %1 anlamlılık düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Petrol ile sanayi sektörü arasındaki dinamik koşullu korelasyon katsayılarını incelediğimizde, sadece varyansa ilişkin katsayının anlamlı olduğunu görmekteyiz. Dolayısıyla, kısa vadeli şok kalıcılık derecesi sıfırdan farklı olmadığı için, sadece varyansın dinamik koşullu korelasyon üzerinde etkili olduğu söylenebilir.

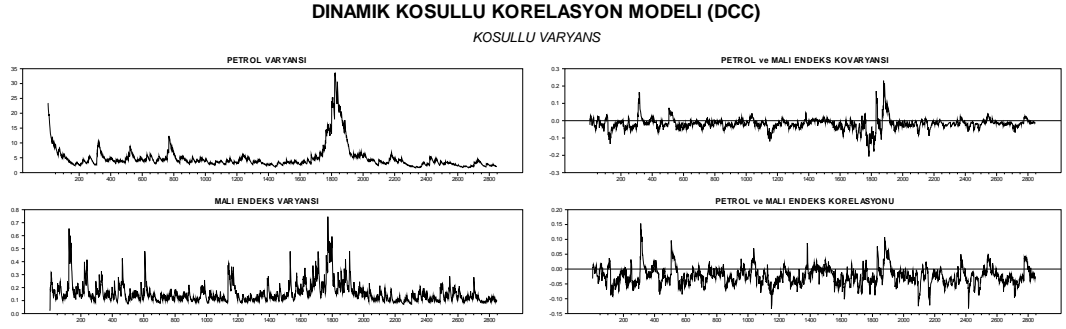
DCC modelinden elde edilen standartlaştırılmış hata terimlerine ilişkin LB(Q) ve LB(Q<sup>2</sup>) test sonuçları, hata terimlerinde ardışık bağımlılığın ve değişen varyansın bulunmadığı yönünde bilgiler sunmaktadır. Ayrıca Jarque-Bera test sonuçlarına göre standartlaştırılmış hata terimlerinin normal dağılmadığı görülmektedir.



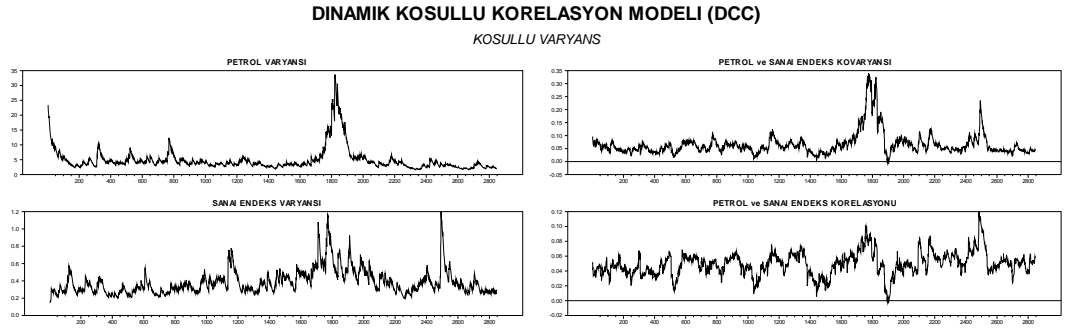
**Şekil 4. 16.** DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve BIST 100Endekse İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri



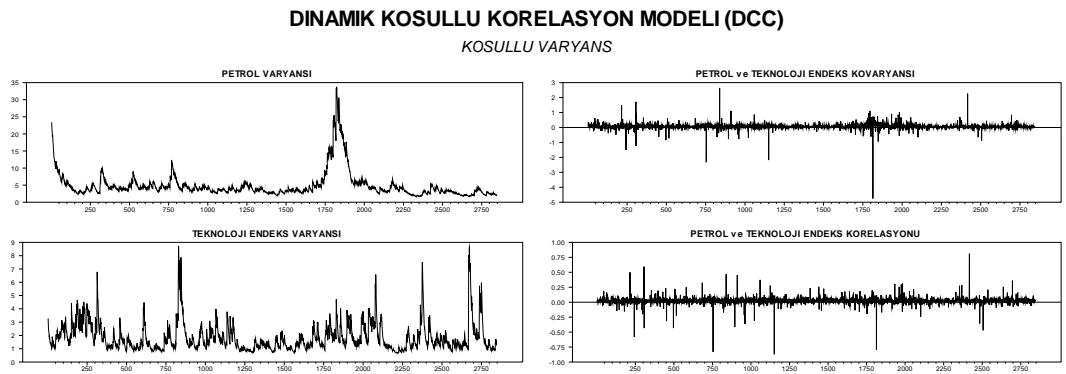
**Şekil 4. 17.** DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Hizmetler Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri



**Şekil 4. 18.** DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Mali Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri



**Şekil 4. 19.** DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Sanayi Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri



**Şekil 4. 20.** DCC-GARCH Modelinden Elde Edilen Petrol ve Teknoloji Endeksine İlişkin Getiri Varyans, Kovaryans ve Korelasyon Grafikleri

### 4.3.2. BIST Alt Sektörleri ve Tahmin Sonuçları

Çalışmanın önceki kısımlarında petrol ile BIST 100 endeksi ve ana sektörler arasındaki oynaklık geçişkenliği, ele alınan modeller çerçevesinde irdelenmeye çalışıldı. Kapsamlı bir şekilde petrol ile alt sektörler arasında oynaklık ilişkisini incelemek için toplam ondokuz alt sektör çalışmaya dahil edilmiştir. Burada da daha önce ana sektörler için yapılan analizler dört farklı modele göre yapılmıştır.

Tablo 4.5'te, alt sektörlerle ilgili sonuçlar, VAR-GARCH modelini esas alarak verilmiştir. Sonuçlara göre tüm ikili serilerin koşullu varyansları genel olarak %1 anlamlılık düzeyinde kendi geçmiş şok ve varyanslarından etkilenmektedirler. Fakat Elektrik ve gıda sektörleri sırasıyla %1 ve %5 anlamlılık düzeyinde sadece kendi kısa vadeli şoklarından etkilenmektedirler. Petrol ve tüm sektör varyansları için durağanlık koşulu ( $\alpha + \beta < 1$ ) sağlanmıştır. BIST sektörlerinin hepsinde, kısa vadeli şokların ölçüsü petrolün kısa vadeli şoklarından daha büyüktür. Fakat uzun dönem kalıcılık derecesine baktığımızda ( $\alpha + \beta$ ), tüm ikili modellerde petrole ilişkin uzun dönem kalıcılık derecesi daha büyüktür. Ayrıca petrol ile turizm, kimya, iletişim ve elektrik sektörleri arasındaki ikili model sonuçlarına baktığımızda, ister kısa vadeli şok konusunda ister varyans konusunda olsun herhangi bir geçişkenlik sözkonusu değildir. Petrolden bilişim sektörüne %1 anlamlılık düzeyinde negatif ve küçük miktarda (-0.0291) şok geçişkenliği varken, petrolden taş- toprak sektörüne %5 anlamlılık düzeyinde pozitif (0.0420) bir şok geçişkenliği söz konusu olmuştur. BIST alt sektörlerinden petrole yönelik şok geçişkenliğine baktığımızda gayrimenkul yatırım ortaklığı, metal eşya ve ulaştırma sektörlerinden sırasıyla %1, %10, %10 anlamlılık düzeylerinde olmak üzere (-0.0278), (0.0369) ve (-0.0003) büyüklüklerinde şok geçişkenliği tespit edilmiştir. Ayrıca gıda ve sigorta alt sektörlerinden petrole yönelik oynaklık geçişkenliğinin sırasıyla %1 ve %10 anlamlılık düzeyinde olmak üzere (-5.8606) ve (2.9657) büyüklüklerinde gerçekleşmiştir.

VAR-GARCH modeli kapsamında alt sektörlerle petrol arasındaki ikili tahmin sonuçlarından elde edilen standartlaştırılmış hatalara ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans olgusunu incelediğimizde, ele alınan 19 alt sektörden yedisinde (banka, bilişim, metal eşya, taş, toprak, tekstil, turizm, ulaştırma) değişen varyans ve üçünde ise (gıda, metal eşya, taş-toprak) ise otokorelasyon olgusuna rastlanmıştır.

**Tablo 4. 5.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili VAR(1)- GARCH(1,1) Tahmin Sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Banka</i>		<i>Bilişim</i>		<i>Elektrik</i>		<i>Finansal Kir.</i>		<i>G.menkul Yat.Ort</i>		<i>Gıda</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1121***	-0.0052	0.1191***	-0.0377*	0.1118***	-0.0082	0.0992***	-0.0596*	0.1077***	-0.0263	0.1114***	-0.0089
AR(1)	-0.0028	0.0934***	-0.0103	0.0421**	-0.0034	0.0624***	-0.0015	0.0289	-0.0005	0.0165	-0.0038	-0.0445**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	0.0053	0.0261**	0.0234*	0.0226**	0.0171	0.1314	0.0164	0.2728	0.0082	0.1604	0.0013	0.3536
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	-0.0138	0.0926***	-0.0171	0.0520***	0.0013	0.2355***	-0.0156*	0.3982***	-0.0278***	0.2134***	0.0159	0.1612**
$(h_{t-1}^{His})$	-126.14**	0.7971***	-0.3213	0.9353***	10.9647	0.4552	0.5160*	0.2233*	2.1142	0.5727***	2.9657***	0.5371
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0324***	-0.0064	0.0359***	-0.0291***	0.0335***	0.0136	0.0356***	0.0691	0.0340***	-0.0116	0.0359***	0.0158
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9489***	-35.005**	0.9572***	-0.2675	0.9253***	49.1999	0.9434***	8.1561*	0.9459***	4.4739	0.9418***	10.0542
Jarque-Bera	190.55***	542.74***	181.60***	1446.5***	207.98***	1942.7***	197.22***	7841.9***	181.29***	651.63***	208.07***	372.26***
LB-Q (12)	9.9481	8.0796	10.155	13.913	11.5849	18.982*	9.4119	19.027*	9.6430	18.8143*	10.2868	38.975***
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	8.189	27.352***	8.420	44.257***	11.7733	6.423210	7.8535	6.8620	7.6053	12.6362	7.9204	12.928
CCC	-0.0004***		-0.0072		0.0044		0.0410**		0.0154		0.0107***	
Log Olabilirlik	-8799.8		-10896.1		-11263.8		-11557.6		-10491.4		-11175.1	
AIC	6.18147		7.65155		7.90941		8.11540		7.36775		7.84722	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4. 5.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili VAR(1)- GARCH(1,1) Tahmin Sonuçları (Devamı I)

<i>Parametreler</i>	<i> Holding</i>		<i> İletişim</i>		<i> Orman, Kağıt.</i>		<i> Kimya</i>		<i> Menkul Yat. Ort</i>		<i> Metal Ana</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1117***	-0.0015	0.1146***	-0.0494*	0.1128***	-0.0019	0.1162***	0.0007	0.0991***	-0.0234	0.1125***	-0.0068
AR(1)	-0.0009	0.0156	-0.0018	0.0363*	-0.0025	0.0519**	-0.0061	0.0740***	0.0034	0.0258	-0.0045	0.0424**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	-0.0192	0.0521***	0.0205	0.2169**	0.0457***	0.2432***	-0.0009	0.0260	0.0079	0.1486	0.0093	0.0432**
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	0.0238	0.1052***	-0.0093	0.1635***	0.0233**	0.1406***	-0.0152	0.0406*	0.0017	0.2384***	0.0080	0.0825***
$(h_{t-1}^{His})$	-10.116***	0.6735***	-0.4019	0.7269***	-0.3857***	0.6161***	0.8272	0.9150***	1.9711***	0.3667**	0.8618***	0.8373***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0319***	0.0125*	0.0377***	0.0112	0.0340***	0.0008	0.0400***	-0.0041	0.0331***	0.0700**	0.0337***	-0.0063
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9295***	-3.883***	0.9460***	-1.1070	0.9635***	1.7715***	0.9334***	0.1680	0.9303***	7.3309***	0.9406***	0.9889***
Jarque-Bera	173.49***	179.39***	200.36***	561.01***	196.77***	441.27***	188.33***	1094.2***	218.13***	5896.2***	192.27***	669.67***
LB-Q (12)	10.029	11.5860	10.074	11.905	9.972	7.5764	10.771	10.403	10.0725	8.634	10.758	11.259
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	8.5260	8.4232	7.355	12.293	6.9182	15.0196	7.383	7.129	7.247	11.742	7.7894	4.0198
CCC	-0.01203***		-0.03544***		0.0367***		0.0668***		0.0288***		0.0412***	
Log Olabilirlik	-9214.4		-11520.8		-10778.3		-10218.8		-10677.7		-10928.1	
AIC	6.4722		8.0896		7.5689		7.1766		7.4984		7.67398	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.5.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili VAR(1)-GARCH(1,1) Tahmin Sonuçları (Devamı II)

Parametre	Metal Eşya		Sigorta		Taş, Toprak		Tekstil		Ticaret		Turizm		Ulaştırma	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>														
Sabit	0.1212***	-0.0019	0.1083***	-0.0028	0.1202***	0.0834***	0.1102***	-0.0142	0.1165***	-0.0039	0.1137***	-0.0377	0.1137***	-0.0377
AR(1)	-0.0013	0.0224	-0.0009	0.0257	0.0009	0.0638***	0.0015	0.0802***	-0.0055	-0.0157	-0.0015	0.0433***	-0.0015	0.0433**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>														
Sabit	0.0297*	0.0268	0.0019	0.0855	0.0193	0.1268***	-0.0127	0.2425***	-0.0015	0.1571***	0.0322*	0.0415*	0.0322*	0.0415
$(\epsilon_{t-1}^{His})^2$	0.0369*	0.0767***	0.0168	0.0881**	-0.0006	0.1672***	-0.0092	0.2007***	0.0091	0.1541***	-0.0003	0.0723***	-0.0003***	0.0722***
$(h_{t-1}^{His})$	1.6116	0.8789***	-5.8606*	0.8259***	-50.2236	0.7544***	21.3386**	0.4006**	-38.84***	0.5333***	0.3585	0.8965***	0.0016	0.8965***
$(\epsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0371***	-0.0053	0.0336***	0.0002	0.0330***	0.0420**	0.0339***	0.0265	0.0357***	0.0037	0.0384***	0.0016	0.0384***	0.0016
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9485***	0.8252	0.9436***	-3.9601	0.9503***	-209.7832	0.9334***	43.8045*	0.9217***	-76.04***	0.9502***	2.0279	0.9502***	2.0279
Jarque-Bera	178.43***	175.34***	200.56***	819.98***	194.53***	1093.1***	197.22***	904.42***	172.97***	583.08***	204.38***	2034.4***	204.38	2034.47
LB-Q (12)	10.011	22.0962**	10.0795	7.504	9.259	25.159**	9.843	10.491	10.112	19.79*	9.8934	11.196	9.893	11.196
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	6.908	26.212***	7.7104	19.6305*	7.557	36.255***	8.033	31.231***	9.720	13.716	7.4179	25.260**	7.418	25.265**
CCC	0.0099		-0.0061***		-0.0002		0.0030*		-0.0018***		0.0118***		0.0118	
Log Olabilirlik	-9930.4		-10794.0		-11771.1		-10458.9		-10717.8		-11938.4		-11938.3	
AIC	6.97435		7.57994		8.26518		7.34498		7.527		8.38245		8.38245	

Not: (\*\*\*) , (\*\*), (\*) İşaretleri ilgili testlerde sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.



Petrol ile alt sektörleri arasında karşılıklı ikili geçişkenliklere baktığımızda, petrol ile banka, tekstil ve ticaret sektörleri arasında sadece şok konusunda karşılıklı geçişkenliğe rastlanmaktadır. Petrol ile banka arasında şok geçişkenliği negatif olarak %5 anlamlılık seviyesinde gerçekleşmiştir. Benzer şekilde petrol ile Ticaret sektörleri arasında da şok geçişkenliği karşılıklı olarak kendini negatif olarak göstermekte ve %1 olarak gerçekleşmiştir. Petrol ile tekstil sektörleri arasındaki karşılıklı şok geçişkenliği ise pozitif olarak gerçekleşmekte ve tekstil sektöründen petrole yönelik gerçekleşen şok geçişkenliği %5 düzeyinde anlamlıyken, ters yönde gerçekleşen geçişkenlik %10 düzeyinde anlamlı bulunmuştur.

Tablo 4.5'ten de görüldüğü gibi, karşılıklı piyasalar arasında şok geçişkenliği göreceli olarak büyük ölçülerde olmaktadır. Dolayısıyla, sözkonusu piyasalar karşılıklı olarak karşı piyasanın haberlerine büyük tepki göstermektedir. Metal ana sanayi ile petrol arasında karşılıklı olarak %1 anlamlılık düzeyinde sadece varyans açısından geçişkenlik tespit edilmiştir. Petrol ile finansal kiralama sektörüne gelince petrolden finansal kiralama sektörüne %10 anlamlılık düzeyinde oynaklık geçişkenliği sözkonusu iken finansal kiralama sektöründen petrole yönelik %10 anlamlılık düzeyinde hem şok hem de oynaklık geçişkenliği sözkonusu olmaktadır. Petrol ve holding sektörü arasında karşılıklı olarak %1 anlamlılık düzeyinde oynaklık geçişkenliği tespit edilmiştir. Ayrıca %10 anlamlılık düzeyinde tek yönlü olarak petrolden holding sektörüne şok geçişkenliği bulunmaktadır. Petrol ile kağıt ve orman sektörü arasında karşılıklı olarak %1 anlamlılık düzeyinde oynaklık geçişkenliği gerçekleşmiştir. Fakat petrolden kağıt ve orman sektörüne yönelik oynaklık geçişkenliği pozitifken kağıt ve orman sektöründen petrole yönelik gerçekleşen oynaklık negatif olarak bulunmuştur. Ayrıca tek yönlü olarak kağıt ve orman sektöründen petrole yönelik %5 anlamlılık düzeyinde şok geçişkenliğine rastlanmıştır. Petrol ile menkul yatırım sektörü arasında %1 anlamlılık düzeyinde karşılıklı olarak oynaklık geçişkenliğine rastlanmıştır. Ayrıca, petrolden menkul yatırım ortaklık sektörüne tek yönlü olarak %5 anlamlılık düzeyinde şok geçişkenliğine de şahit olmaktayız.

Sabit koşullu korelasyon katsayılarına baktığımızda, petrol ile banka, holding, iletişim, sigorta ve ticaret sektörleri arasında %1 anlamlılık düzeyinde çok düşük ilişkinin olduğu görülmektedir. ayrıca, petrol ile finansal kiralama, gıda, kağıt, kimya, menkul yatırım ortaklığı, tekstil ve turizm sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon

katsayıları pozitif yönlü ve düşük değerler olarak bulunmuştur. Söz konusu ilişkilerle ilgili anlamlılık dereceleri finansal kiralama ile tekstil için sırasıyla %5 ve %10 olarak ve diğer sektörler için de %1 düzeyinde gerçekleşmiştir.

VAR-GARCH modeline göre petrol ile bilişim, elektrik, gayrimenkul yatırım ortaklığı, metal eşya, taş-toprak ve ulaştırma alt sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon katsayıları anlamsız olarak bulunmuştur.

Tablo 4.6’da görülen CCC-GARCH modeline göre, petrol ile BIST alt sektörleri arasındaki ilişkiler incelendiğinde, petrol ve sektörlerle ilişkin koşullu varyansların %1 anlamlılık düzeyinde kendi kısa vadeli şoklarından ve geçmiş varyanslarından etkilendiği görülmektedir.

Genel olarak sektörlerle ait kısa vadeli şoklar, petrole ilişkin kısa vadeli şoklardan daha büyüktür. Dolayısıyla, BIST sektör getirilerinin kısa vadeli şoklardan daha çok etkilendiğini görmekteyiz. Bu da aslında yatırımcılar açısından spekülasyon hareketlerin meydana gelmesi demektir. Ama uzun dönem kalıcılık ( $\alpha + \beta$ ) derecesine baktığımızda petrole ilişkin kalıcılık derecesi göreceli olarak daha yüksektir. Başka bir ifadeyle, genel olarak petrolde meydana gelen şoklar, sektörlerde meydana gelen şoklardan daha geç bir sürede etkisini kaybetmektedir. Dolayısıyla, yatırımcıların petroldeki trendi ve uzun dönem kalıcılığı dikkate alarak yatırım stratejilerini geliştirmeleri daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Petrol ve sektörlerle ilişkin koşullu varyans denklemlerinde  $\alpha + \beta < 1$  koşulu sağlandığı için durağanlık şartı sağlanmış olmaktadır.

CCC-GARCH modeline göre petrol ile BIST alt sektörleri arasındaki koşullu sabit korelasyon katsayılarına baktığımızda, petrol ile iletişim ve ulaştırma sektörleri arasında %5 anlamlılık seviyesinde negatif yönlü ilişki olduğu görülmektedir. Ayrıca, petrol ile finansal kiralama, kimya, kağıt-orman, metal ana sanayi ve menkul yatırım ortaklık sektörleri arasında sırasıyla %1, %1, %5, %5 ve %1 düzeyinde pozitif yönlü anlamlı ilişkiler bulunmuştur.

Genel olarak VAR-GARCH modelinde olduğu gibi burada da koşullu sabit korelasyon katsayıları, ikili ilişkilerin zayıf olduğunu göstermektedir.

**Tablo 4. 6.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

	<i>Banka</i>		<i>Bilişim</i>		<i>Elektrik</i>		<i>Finansal Kira.</i>		<i>Gayri. Yat.Ort.</i>		<i>Gıda</i>	
<i>Parametreler</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>	<i>Petrol</i>	<i>BIST</i>
<b>Koşullu Ortalama Denklem</b>												
Sabit	0.1146***	-0.0030	0.1148***	-0.0298	0.1142***	-0.0069	0.1134***	-0.0398*	0.1143***	-0.0208	0.1149***	-0.0075
AR(1)	-0.0030	0.0916***	-0.0016	0.0399**	-0.0020	0.0622***	-0.0018	0.0264	-0.0018	0.0161	-0.0012	-0.0424**
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>												
Sabit	0.0360**	0.0287**	0.0361***	0.0261***	0.0360***	0.1873	0.0362***	0.8111	0.0360***	0.2185***	0.0363***	0.2677***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0900***	.....	0.0566***	.....	0.1588***	.....	0.4114***	.....	0.2100***	.....	0.1266***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8441***	.....	0.9323***	.....	0.7812***	.....	0.4238***	.....	0.6537***	.....	0.7579***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0388***	.....	0.0389***	.....	0.0387***	.....	0.0388***	.....	0.0388***	.....	0.0388***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9530***	.....	0.9529***	.....	0.9531***	.....	0.9530***	.....	0.6537***	.....	0.9529***	.....
LB-Q(12)	10.08	8.16	10.01	15.10	10.03	19.24*	10.02	18.68*	10.02	20.06*	9.99	36.33***
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.52	25.39**	7.51	38.15***	7.53	11.08	7.51	5.55	7.52	13.72	7.52	21.85**
Jarque-Bera	199.40***	562.30***	199.37***	1890.4***	199.43***	2361.9***	199.42***	7606.6***	199.41***	677.26***	199.43***	304.8***
Log Olabilirlik	-8808.5		-10909.3		-11285.3		-11589.4		-10504.5		-11182.5	
AIC	6.1848		7.6580		7.9217		8.1349		7.3741		7.8496	
CCC	-0.0243		-0.0043		0.0163		0.0380**		0.0097		-0.0225	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.6.** BIST Alt Endeksleri İle İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı I)

Parametreler	Holding		İletişim		Orman-Kağıt		Kimya		Menkul Yat.Ort		Metal Ana	
	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklem</b>												
Sabit	0.1146***	-0.0034	0.1163***	-0.0454	0.1137***	-0.0053	0.1139***	0.0040	0.1139***	-0.0224	0.1139***	-0.0052
AR(1)	-0.0014	0.0181	-0.0016	0.0367*	-0.0021	0.0506**	-0.0049	0.0727***	-0.0015	0.0180	-0.0028	0.0484**
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>												
Sabit	0.0362***	0.0196***	0.0369***	0.2792***	0.0358***	0.2815***	0.0354**	0.0209***	0.0364***	0.2998***	0.0365***	0.0348***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0594***	.....	0.1624***	.....	0.1377***	.....	0.0363***	.....	0.2016***	.....	0.0559***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.9064***	.....	0.7526***	.....	0.7009***	.....	0.9456***	.....	0.6435***	.....	0.9272***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0389***	.....	0.0390***	.....	0.0386***	.....	0.0390***	.....	0.0388***	.....	0.0388***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9529***	.....	0.9526***	.....	0.9532***	.....	0.9530***	.....	0.9529***	.....	0.9529***	.....
LB-Q(12)	10.00	11.90	10.007	11.51	10.04	7.039	10.197	10.672	10.0121	9.0717	10.073	9.500
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.51	15.68	7.503	11.35	7.54	15.319	7.487	8.712	7.5226	12.837	7.516	6.348
Jarque-Bera	199.37***	206.25***	199.44***	542.24***	199.44***	465.42***	199.22***	939.16***	199.47***	7766.13***	199.52***	681.58***
Log Olabilirlik	-9226.4849		-11524.3094		-10787.5726		-10225.8931		-10711.2568		-10939.9859	
AIC	6.47790		8.08928		7.57263		7.17875		7.51911		7.67951	
CCC	-0.0026		-0.0363**		0.0364**		0.0650***		0.0337*		0.0412**	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.6.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili CCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı II)

Parametre	Metal Eşya		Sigorta		Taş- Toprak		Tekstil		Ticaret		Turizm		Ulaştırma	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklem</b>														
Sabit	0.1145***	-0.0040	0.1146***	-0.0049	0.1135***	0.0871	0.1144***	-0.0181	0.1147***	0.0003	0.1145***	-0.0363	0.1156***	-0.0358
AR(1)	-0.0019	0.0220	-0.0015	0.0267	0.0002	0.0692	-0.0016	0.0775***	-0.0015	-0.0059	-0.0015	0.0429	-0.0010	0.0542***
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>														
Sabit	0.0361***	0.0304***	0.0362	0.0893***	0.0363***	0.1916***	0.0361***	0.1905***	0.0362**	0.0583***	0.0361***	0.0644***	0.0350***	0.0853***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0748***	.....	0.0818**	.....	0.1618**	.....	0.1408**	.....	0.0753***	.....	0.0688***	.....	0.0707***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8942***	.....	0.8686***	.....	0.7989**	.....	0.7273**	.....	0.8911***	.....	0.9186***	.....	0.9018**
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0388***	.....	0.0389***	.....	0.0390***	.....	0.0389***	.....	0.0388***	.....	0.0388***	.....	0.0384	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9530***	.....	0.9529***	.....	0.9528***	.....	0.9529***	.....	0.9529***	.....	0.9530***	.....	0.9536	.....
LB-Q (12)	10.0312	21.8966**	10.011	7.449	9.9376	24.987**	10.017	8.6814	10.01	18.12	10.010	10.762	10.00	7.66
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.525	26.287***	7.515	21.880**	7.4976	29.402***	7.515	26.1526**	7.52	24.45**	7.517	27.966***	7.57	31.47***
Jarque-Bera	199.42***	185.22***	199.38***	795.91***	199.31***	1026.8***	199.37***	1013.9***	199.42	549.28	199.37***	2015.2***	199.36***	2636.8***
Log Olab.	-9935.2167		-10800.8277		-11781.1551		-10474.3582		-10735.9609		-11942.7502		-11467.5163	
AIC	6.97491		7.5819		8.26939		7.35299		7.53644		8.38271		8.04945	
CCC	0.0115		-0.00103		-0.0132		0.0080		-0.0103		0.0059		-0.0493**	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

CCC-GARCH modeli kapsamında alt sektörlerle petrol arasındaki ikili tahmin sonuçlarından elde edilen standartlaştırılmış hatalara ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans olgusunu incelediğimizde, ele alınan 19 alt sektörden 10'unda (banka, bilişim, gıda, metal eşya, sigorta, ticaret, taş, toprak, tekstil, turizm, ulaştırma) değişen varyans ve üçünde (gıda, metal eşya, taş-toprak) ise otokorelasyon olgusuna rastlanmaktadır ve ortaya çıkan bu sorun açısından VAR-GARCH modeli ile yaklaşık olarak benzerlik göstermektedir.

Tablo 4. 7'de görülen köşegen BEKK-GARCH modeline göre petrol ile BIST alt sektörleri arasında ilişkiler incelediğinde, sektör koşullu varyanslarına ait kısa vadeli şokların, petrol koşullu varyans şoklarına göre daha büyük olduğu görülmektedir. Fakat uzun dönem kalıcılık derecesi petrole kıyasla daha düşük olmuştur. Bu bulgu, daha önceki modellerle elde ettiğimiz sonuçlarla örtüşmektedir.

VAR-GARCH ve CCC-GARCH modellerinde olduğu gibi burada da koşullu cari varyanslar kendi geçmiş şok ve varyanslarından %1 anlamlılık düzeyinde etkilenmektedirler. BEKK-GARCH modellerinin durağanlığı ile ilgili koşulun geçerli olduğu tespit edilmiş ve tüm varyans ve kovaryans denklemleri durağanlık koşuluna uyum sağlamıştır. Ayrıca, köşegen BEKK-GARCH modeline göre petrol ile BIST sektörleri arasındaki koşullu kovaryans denklemleri ilginç olarak ortak şokların ve kovaryansların bir gecikmeli değerlerinden %1 anlamlılık düzeyinde etkilenmektedirler.

Ortalama denklemlere gelince AR(1) terimi ile ifade edilen koşullu getirilerin bir dönemlik gecikmesi petrol için anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla petrol getirilerinin kısa vadede geçmiş değerlere göre öngörülebilirliği sözkonusu değildir. Ama BIST sektörleri için getirilerin öngörülebilirliği konusunda aynı durum genel olarak geçerlidir. Köşegen BEKK-GARCH modelinden elde edilen bu sonuçlar, VAR-GARCH ve CCC-GARCH modellerinden elde edilen sonuçlarla aynıdır.

BEKK-GARCH modeline ait standartlaştırılmış hata terimlerine ilişkin banka, bilişim, kimya, metal eşya, ticaret-taş, toprak, tekstil, turizm sektörlerinde değişen varyansa ve gıda, metal eşya, taş-toprak, tekstil sektörlerinde ise otokorelasyon olgusuna rastlanmıştır. Aynı şekilde petrol hata terimlerinde de değişen varyans gözlemlenmektedir. Ayrıca hata terimlerinin normal dağılmadığı da söz konusudur.

**Tablo 4. 7.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili Köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

Parametreler	Bank		Bilişim		Elektrik		Finansal Kira.		Gayrimenkul Yat.Ort.		Gıda	
	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST	petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1092***	-0.0024	0.1202***	-0.0261	0.1157***	-0.0081	0.1169***	-0.0356	0.1187	-0.0172	0.1033***	-0.0130
AR(1)	-0.0054	0.0866***	-0.0019	0.0459***	-0.0076	0.0614***	-0.0071	0.0261	-0.0026	0.0178	-0.0006	-0.0522**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	0.0420***	0.0570***	0.0398***	0.0329***	0.0275***	0.3975***	0.0290***	0.8781***	0.0334***	0.2324***	0.0339***	0.5997***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.1238***	.....	0.0539***	.....	0.2500***	.....	0.4218***	.....	0.2038***	.....	0.1729***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.7489***	.....	0.9320***	.....	0.6267***	.....	0.4001***	.....	0.6493***	.....	0.5691***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0341***	.....	0.0317***	.....	0.0294***	.....	0.0322***	.....	0.0335***	.....	0.0292***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9565***	.....	0.9596***	.....	0.9644***	.....	0.9613***	.....	0.9592***	.....	0.9628***	.....
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>												
Sabit	-0.0039		0.0011		0.0040		0.0279		0.0082		-0.0159	
$(\varepsilon_{t-1}^{His})(\varepsilon_{t-1}^{Pet})$	0.0650***		0.0413***		0.0857***		0.1167***		0.0827***		0.0711***	
$(h_t^{His-Pet})$	0.8464***		0.9457***		0.7774***		0.6202***		0.7891***		0.7402***	
LB-Q (12)	11.77	8.06	11.53	15.50	10.38	20.82*	11.09	18.68	11.58	18.48	10.13	36.88***
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	30.88***	50.11***	32.99***	56.96***	10.75	5.12	15.84	5.90	31.73***	18.26	11.32	15.02
Jarque-Bera	354.18***	1346.27***	354.90***	2037.77***	215.00***	2052.2***	257.15***	7246.8***	352.74***	878.11***	221.45***	452.39***
Log Olabilirlik	-8810.9		-10908.7		-11195.1		-11521.3		-10468.1		-11104.9	
AIC	6.1886		7.6602		7.8611		8.0900		7.3512		7.7979	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezinin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.7.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili Köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı I)

Parametreler	Holding		İletişim		Orman- Kağıt		Kimya		Menkul Yat.Ort		Metal Ana	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1197***	-0.0057	0.1047***	-0.0346	0.1136***	-0.0069	0.1160***	-0.0024	0.1183***	-0.0195	0.1115***	-0.0008
AR(1)	-0.0019	0.0120	0.0004	0.0421**	-0.0085	0.0503**	-0.0072	0.0699***	-0.0086	0.0212	-0.0003	0.0453***
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	0.0310***	0.1135***	0.0322***	0.5068***	0.0322***	0.3303***	0.0434***	0.0398***	0.0331***	0.4428***	0.0548***	0.0678***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.1291***	.....	0.1943***	.....	0.1331***	.....	0.0422***	.....	0.2427***	.....	0.0659***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.6761***	.....	0.6478***	.....	0.6755***	.....	0.9242***	.....	0.5266***	.....	0.9016***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0296***	.....	0.0288***	.....	0.0307***	.....	0.0392***	.....	0.0313***	.....	0.0375***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9633***	.....	0.9638***	.....	0.9617***	.....	0.9515***	.....	0.9611***	.....	0.9509***	.....
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>												
Sabit	0.00003		-0.0175*		0.0119		0.0042*		0.0172		0.0029	
$(\varepsilon_{t-1}^{His})(\varepsilon_{t-1}^{Pet})$	0.0619***		0.0749***		0.0640***		0.0407***		0.0872***		0.0497***	
$(h_t^{His-Pet})$	0.8070***		0.7902***		0.8060***		0.9378***		0.7114***		0.9259***	
LB-Q (12)	11.19	11.52	9.91	12.25	10.48	8.52	11.59	14.24	11.27	8.73	11.39	9.99
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	23.84**	9.59	10.64	11.50	10.17	17.50	22.33**	46.41***	17.64	15.47	28.25**	4.56
Jarque-Bera	297.27	262.15	213.60***	588.93***	214.84***	471.16***	314.43***	8634.4***	267.16***	7910.1***	357.03***	714.92***
Log Olabilirlik	-9177.8		-11425.4		-10667.5		-10197.7		-10661.6		-10987.1	
AIC	6.4460		8.0227		7.4911		7.1615		7.4869		7.7152	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.



**Tablo 4.7.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili Köşegen BEKK- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı II)

Parametreler	<i>Metal Eşya</i>		<i>Sigorta</i>		<i>Taş-Toprak</i>		<i>Tekstil</i>		<i>Ticaret</i>		<i>Turizm</i>		<i>Ulaştırma</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>														
Sabit	0.1167***	-0.0039	0.1107***	-0.0071	0.1151***	0.0854***	0.1175***	-0.0090	0.1072***	-0.0011	0.1114***	-0.0216	0.1142***	-0.0423
AR(1)	0.0021	0.0141	0.0003	0.0205	-0.0065	0.0710***	-0.0120	0.0824***	-0.0021	-0.0095	-0.0109	0.0436**	-0.0080	0.0448**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>														
Sabit	0.0346	0.0412***	0.0328***	0.2110***	0.0317***	0.2200***	0.0327***	0.3725***	0.0301***	0.1766***	0.0333***	0.1250***	0.0338***	0.1193***
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0812***	.....	0.1166**	.....	0.1708**	.....	0.1963**	.....	0.1240**	.....	0.0904**	.....	0.0902***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8784***	.....	0.7658**	.....	0.7859**	.....	0.5469**	.....	0.7744**	.....	0.8845**	.....	0.8744***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0306***	.....	0.0306***	.....	0.0257***	.....	0.0325***	.....	0.0295***	.....	0.0291***	.....	0.0342***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9618***	.....	0.9618***	.....	0.9669***	.....	0.9602***	.....	0.9637***	.....	0.9631***	.....	0.9585***	.....
<b>Koşullu Kovaryans Denklemi</b>														
Sabit	0.0003		-0.0011		-0.0083		0.0045		-0.0033		0.0049		-0.0044	
$(\varepsilon_{t-1}^{His})(\varepsilon_{t-1}^{Pet})$	0.0499***		0.0597***		0.0663***		0.0799***		0.0605***		0.0513***		0.0555***	
$(h_t^{His-Pet})$	0.9192***		0.8582***		0.8717***		0.7246***		0.8639***		0.9230***		0.9154***	
LB-Q (12)	11.39	25.34**	9.92	7.03	10.47	30.08***	11.821	10.85***	10.12	16.06	10.54	12.46	10.46	9.67
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	33.22***	80.34***	9.83	13.14	14.20	33.56***	26.50***	46.06***	10.93	19.98*	10.48	36.38***	9.31	19.00*
Jarque-Bera	351.69***	822.81***	210.99***	846.81***	231.55***	1524.1***	320.90***	1157.66***	217.54***	785.31***	212.29***	3748.0***	213.60***	12042***
Log Olab.	-9914.2		-10687.5		-11692.1		-10431.8		-10667.7		-11826.6		-11371.4	
AIC	6.9626		7.5051		8.2098		7.3257		7.4912		8.3042		7.9848	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

Tablo 4.8’de görülen DCC-GARCH modellerine dayanarak petrol ile BIST alt sektörlerin arasındaki ilişki incelendiğinde, AR(1) olarak ifade edilen cari getirilerin bir dönemlik gecikme değerleri petrol için anlamsız bulunmuştur. Dolayısıyla petrolün kısa vade de geçmiş getiri değerlerine göre öngörülebilirliği sözkonusu olmamaktadır.

BIST alt sektörlerine gelince genel olarak cari getiri değerleri kendi geçmiş getiri değerleri ile açıklanabilmektedir. DCC-GARCH model sonuçları bu yönden VAR-GARCH, CCC-GARCH, BEKK-GARCH model sonuçlarıyla da örtüşmektedir.

Petrol ve BIST alt sektörüne ait cari koşullu varyanslar genel olarak %1 anlamlılık düzeyinde kendi varyans ve şoklarından etkilenmektedirler. Bu arada elektrik ve ticaret sektörleri sadece kendi geçmiş varyanslarından etkilenmektedirler. Ayrıca metal ana sanayi ve holding sektörleri %10 anlamlılık düzeyinde kendi şoklarından etkilenirken, tekstil sektörüne ilişkin koşullu varyans %5 olarak kendi geçmiş şoklarından etkilenmektedir.

Önceki modellerde olduğu gibi burada da BIST alt sektörlerine ilişkin koşullu varyansların üzerinde beklenmedik kısa vadeli getiri şoklarının etkisi petrol ile kıyasladığımızda daha büyüktür. Fakat ( $\alpha$ ) ARCH ve ( $\beta$ ) GARCH katsayılarını dikkate alarak baktığımızda ise uzun vadeli kalıcılık ( $\alpha + \beta$ ) derecesi petrolde alt sektörlere göre daha büyüktür.

Petrol ile BIST alt sektörleri arasında ikili dinamik koşullu korelasyon katsayılarını incelediğimizde, petrol ile bilişim, gıda, holding, metal ana sanayi, taş-toprak ve ticaret sektörleri arasında dinamik koşullu korelasyonun anlamsız olduğu görülmektedir. Ayrıca banka, iletişim, kağıt-orman, menkul yatırım ortaklığı, metal eşya ve sigorta sektörleri için dinamik koşullu korelasyon üzerinde kısa vadeli şokların etkisini ifade eden  $\lambda_1$  katsayısı anlamsız olarak bulunmuştur. Dolayısıyla, sözkonusu sektörlerin dinamik koşullu korelasyonları üzerinde sadece gecikmeli varyansların %1 anlamlılık düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. Bahsettiğimiz sektörler için dinamik koşullu korelasyonun durağan olduğu söylenebilmektedir.

**Tablo 4. 8.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili DCC- GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları

<i>Parametreler</i>	<i>Bank</i>		<i>Bilişim</i>		<i>Elektrik</i>		<i>Finansal Kir.</i>		<i>G.menkul Yat.Ort.</i>		<i>Gıda</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164	-0.0010	0.1164***	-0.0010
AR(1)	-0.0023	0.0915***	-0.0299	0.0394*	-0.0076	0.0618***	-0.0415	0.0254	-0.0206	0.0167	-0.0065	-0.0432*
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	0.0435**	0.0315**	0.0435**	0.0282	0.0435**	0.1937	0.0435***	0.8137***	0.0435**	0.2150***	0.0435***	0.2663
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0953***	.....	0.0590***	.....	0.1627	.....	0.4150***	.....	0.2083***	.....	0.1255***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8327***	.....	0.9289***	.....	0.7752***	.....	0.4212***	.....	0.6574***	.....	0.7592***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....
$\lambda_1$	0.0100		-0.0163		0.0091*		0.0533**		0.0157***		-0.0101	
$\lambda_2$	0.9355***		0.6468		0.9566***		0.2596		0.9681***		-0.1377	
LB-Q(12)	9.99	8.07	9.99	15.03	9.99	18.77*	9.99	18.76*	9.99	20.09*	9.99	36.81***
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.61	24.77**	7.61	36.12	7.61	10.76	7.61	5.56	7.61	13.61	7.61	22.50**
Jarque-Bera	207.10***	594.84***	207.11***	1961.7***	207.11***	2367.4***	207.11***	7625.2***	207.11	681.00***	207.11***	306.68
Log Olab.	-8810.4		-10907.0		-11278.8		-11585.6		-10498.6		-11175.6	
AIC	5.6619		5.6601		5.6624		5.6608		5.6581		5.6637	

Not: (\*\*\*) , (\*\*) , (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.8.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili DCC - GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı I)

<i>Parametreler</i>	<i> Holding</i>		<i> İletişim</i>		<i> Kağıt-Orman</i>		<i> Kimya</i>		<i> Menkul Yat.</i>		<i> Metal Ana</i>	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>												
Sabit	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010
AR(1)	-0.0031	0.0174	-0.0434	0.0379	-0.0068	0.0488**	0.0030	0.0719***	-0.0234	0.0186	-0.0066	0.0482*
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>												
Sabit	0.0435**	0.0217	0.0435**	0.2871**	0.0435**	0.2807**	0.0435**	0.0207*	0.0435**	0.3015***	0.0435**	0.0327
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0624*	.....	0.1627***	.....	0.1362***	.....	0.0362***	.....	0.2029***	.....	0.0541*
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8997***	.....	0.7490***	.....	0.7023***	.....	0.9459***	.....	0.6416***	.....	0.9299***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....
$\lambda_1$	-0.0083		-0.0013		0.0138		0.0097**		0.0134		0.0120	
$\lambda_2$	0.6688		0.9923***		0.8446***		0.9726***		0.8123***		-0.7612***	
LB-Q (12)	9.99	11.91	9.99	11.44	9.99	7.01	9.99	10.68	9.99	8.95	9.99	9.44
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.61	15.28	7.61	11.13	7.61	15.51	7.61	8.74	7.61	12.53	7.61	6.48
Jarque-Bera	207.11***	208.27***	207.11***	547.80***	207.11	468.02***	207.11***	937.23***	207.11***	7806.4***	207.11***	682.30***
Log Olab.	-9222.3		-11517.3		-10782.5		-10226.3		-10705.2		-10937.7	
AIC	5.6651		5.6623		5.6623		5.6578		5.6623		5.6610***	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

**Tablo 4.8.** BIST Alt Endeksleri ile İlgili DCC - GARCH (1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Devamı II)

Parametre	Metal Eşya		Sigorta		Taş-Toprak		Tekstil		Ticaret		Turizm		Ulaştırma	
	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST	Petrol	BIST
<b>Koşullu Ortalama Denklemi</b>														
Sabit	0.1164***	-0.0010	0.1164	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164***	-0.0010	0.1164**	-0.0010
AR(1)	-0.0041	0.0220	-0.0042	0.0262	0.0869***	0.0686***	-0.0185	0.0775***	0.0012	-0.0051	-0.0369	0.0424*	-0.0354	0.0548**
<b>Koşullu Varyans Denklemi</b>														
Sabit	0.0435**	0.0305*	0.0435**	0.0903	0.0435**	0.1925***	0.0435**	0.1836	0.0435**	0.0539	0.0435**	0.0613	0.0435**	0.0865
$(\varepsilon_{t-1}^{His})^2$	.....	0.0752***	.....	0.0822***	.....	0.1625***	.....	0.1376**	.....	0.0709	.....	0.0652***	.....	0.0703***
$(h_{t-1}^{His})$	.....	0.8937***	.....	0.8675***	.....	0.7979***	.....	0.7349***	.....	0.8976***	.....	0.9220***	.....	0.9012***
$(\varepsilon_{t-1}^{Pet})^2$	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....	0.0412***	.....
$(h_{t-1}^{Pet})$	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....	0.9486***	.....
$\lambda_1$	0.0045		0.0085		0.0131		0.0094**		-0.0284***		0.0149**		0.0271***	
$\lambda_2$	0.9819***		0.9364***		0.5558		0.9516***		-0.3436		0.9160***		0.8526***	
LB-Q (12)	9.99	21.89**	9.99	7.44	9.99	24.69**	9.99	8.64	9.99	18.65*	9.99	10.80	9.99	7.65
LB2-Q <sup>2</sup> (12)	7.61	26.32***	7.61	21.91**	7.61	29.94***	7.61	25.98**	7.61	26.08**	7.61	28.50	7.61	32.97***
Jarque-Bera	207.10***	184.92***	207.11***	801.69	207.11***	1032***	207.11***	1014.5***	207.11***	552.07***	207.11***	1970.7	207.11***	2465.9***
Log Olab.	-9930.3		-10793.4		-11774.0		-10468.1		-10728.0		-11930.9		-11456.9	
AIC	5.6643		5.6634		5.6626		5.6631		5.6622		5.6635		5.6572	

Not: (\*\*\*), (\*\*), (\*) İşaretleri sırasıyla %1, %5 ve %10 anlamlılık düzeyinde sıfır hipotezin reddedilmesine işaret etmektedir.

Finansal kiralama sektörü ile ilgili dinamik koşullu korelasyon üzerinde sadece kısa vadeli şokların düşük ölçüde (0.0533) %5 anlamlılık düzeyinde etkili olduğu görülmektedir. Petrol ile elektrik, gayrimenkul yatırım ortaklığı, kimya, tekstil, turizm ve ulaştırma sektörleri arasındaki dinamik koşullu korelasyon üzerinde hem geçmiş şokların hem de geçmiş koşullu varyansların etkili olduğu tespit edilmektedir. Ayrıca durağanlık koşulu da sağlanmış olmaktadır.

DCC-GARCH modeli kapsamında alt sektörlerle petrol arasındaki ikili tahmin sonuçlarından elde edilen standartlaştırılmış hatalara ilişkin otokorelasyon ve değişen varyans olgusunu incelediğimizde, ele alınan 19 alt sektörden sekizinde (banka, gıda, metal eşya, sigorta, taş-toprak, tekstil, ticaret, ulaştırma) değişen varyans ve dördünde (gıda, metal eşya, taş-toprak) ise otokorelasyon olgusuna rastlanmaktadır. Ayrıca hata terimlerinin normal dağılmadığı da söz konusudur.

#### **4.4. OPTİMAL PORTFÖY TASARIMI VE PETROL VARLIKLARINA DAYALI KORUNMA ORANLARI**

Çalışmanın önceki kısımlarında BIST ana sektörleri ile alt sektör getirilerinin petrol getirileri ile olan ilişkileri kullanılan modeller kapsamında ortaya konulmaya çalışılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, bazı sektörlerin hisse senetleri üzerine yatırım yapan yatırımcıların başka sektörlere ait firmaların hisse senetlerini ellerinde tutan yatırımcılara göre petrol riskine karşı daha etkin bir şekilde korunmaya ihtiyaçları vardır.

Bu kısımda, elde edilen bulgulara göre, ilgili yatırımcılar için etkin yatırım stratejisi geliştirme amacıyla, petrol ve hisse senedi varlıklarından oluşan bir dolarlık yatırım için optimal portföy tasarımı amaçlanmıştır. Ortaya konulan optimal portföyde, yatırımcı petrol fiyat hareketlerine karşı korunmaya alınmış olacaktır. Buradaki amaç yatırımcının petrol/hisse senedi portföyünün beklenen getirisini düşürmeksizin, risk miktarını minimum düzeye düşürmektir.

Daha önce de belirtildiği gibi  $h_t^{pet}$  ,  $h_t^{his}$  ,  $h_t^{his-pet}$  sırasıyla petrol piyasası koşullu varyansı, ilgili sektörün koşullu varyansı ve t zamanındaki petrol ve hisse senetleri getirileri arasındaki koşullu kovaryans olsun. Kullanmış olduğumuz modellerden elde edilen tahmin sonuçları, bir dolarlık hacmindeki petrol/hisse senedi portföyünde petrole ilişkin t zamanındaki ağırlığın belirlenmesinde kullanılmıştır. Burada petrol varlığının

tasarlanan portföydeki ağırlığı (Kroner ve Ng, 1998) tarafından ortaya konulan yöntem takip edilerek aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$W_t^{his-pet} = \frac{h_t^{his} - h_t^{his-pet}}{h_t^{pet} - 2h_t^{his-pet} + h_t^{his}} \quad (4.22)$$

Petrole ilişkin ağırlığın belirlenmesi aşağıdaki koşulların dikkate alınmasıyla gerçekleşmektedir.

$$W_t^{his-pet} = \begin{cases} 0 & \text{eğer } w_t^{his-pet} < 0 \\ w_t^{his-pet}, & 0 \leq w_t^{his-pet} \leq 1 \\ 1 & \text{eğer } w_t^{his-pet} > 1 \end{cases} \quad (4.23)$$

Tasarım gereği, petrol/hisse senedi varlıklarından oluşan portföyde hisse senedi sektörünü ağırlığı  $w_t^{his} = (1 - w_t^{his-pet})$  olarak hesaplanmaktadır.

Çalışmada kullanılan modellerin sonuçlarına göre hesaplanan optimal ağırlık ve korunma oranları, karşılaştırmalı olarak ampirik sonuçların tartışmasına yönelik zemin sağlamaktadır. Ayrıca alternatif modellerden elde edilen sonuçlara göre, çeşitlendirme ve riskten korunma etkinliği açısından modeller arasında performans karşılaştırmasına olanak sağlanacaktır.

Tasarlanan portföy için optimal ağırlığın yanında optimal korunma oranlarının da hesaplanması gerekmektedir. Bu konuda (Kroner ve Sultan, 1993) bu araştırmadaki petrol ve hisse senedi sektöründen oluşan portföye eşdeğer olarak iki varlıktan oluşan bir portföy önermişlerdir. Sözkonusu korunan portföy riskini en aza indirmek için, hisse senedi sektörlerinden oluşan bir dolarlık yatırım üzerindeki uzun dönemli bir pozisyonun, petrol varlığı üzerindeki  $\beta_t^{his-pet}$  dolarlık yatırımla kısa dönem pozisyonlarla korunması (hedging edilmesi) gerekmektedir. Optimal korunma oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır:

$$\beta_t^{his-pet} = \frac{h_t^{his-pet}}{h_t^{pet}} \quad (4.24)$$

Tasarlanan optimal portföyler için optimal ağırlıklar  $w_t^{his-pet}$  ve korunma oranlarının  $\beta_t^{his-pet}$  ortalama değerleri verilmiştir. Katsayılara baktığımızda korunan portföyde petrol varlıklarının sektörler arasında önemli düzeyde değiştiğini görmekteyiz. Fakat elde edilen oranlar tüm kullanılan modellerde çok az farkla birbirine yakın değerlerden oluşmaktadır. Bir dolarlık petrol-hisse senedinden oluşan optimal portföyler arasında petrole ilişkin en yüksek ortalama ağırlık değeri BIST'i temsil eden 100 endeksine ait olmaktadır. Dolayısıyla, toplam pazar düzeyinde yerli yatırımcıların bir dolarlık petrol/hisse senedi varlıklarından oluşan portföyde, riske göre düzeltilmiş getiriyi maksimize etmek için ellerinde tutmaları gereken petrol varlıklarının ortalama olarak yaklaşık ağırlığı 0.53 cent olması gerekmektedir.

Hisse senedi/petrol varlıklarından oluşturulan portföylerde, petrole ilişkin varlıkların optimal ağırlıklarını incelediğimizde, kullanılan her dört modele göre minimum optimal ağırlık yaklaşık olarak %4'lük bir oranla mali sektörüne ait olmaktadır. VAR-GARCH modeli diğer üç alternatif modelle kıyaslandığında göreceli olarak en küçük ağırlık değerlerini vermektedir. Ayrıca CCC-GARCH modeli ise diğer üç modele göre en yüksek ağırlık değerlerini vermektedir. BIST hizmetler, mali, sanayi ve teknoloji ana sektörlerinden oluşan portföylerde VAR-GARCH modeline göre petrole ilişkin optimal ağırlıklar sırasıyla 14.71, 3.92, 7.61 ve 29.37 cent olmalı ve hisse senedi varlıklarının optimal ağırlıkları ise sırasıyla 85.29, 96.08, 92.39,70.63 cent olması gerekmektedir. Diğer alternatif modeller de yaklaşık olarak VAR-GARCH modelinden elde edilen ağırlık değerlerine yakın değerler sunmaktadırlar.

Genel olarak baktığımızda, tüm modellerden elde edilen optimal ağırlık değerlerine göre, yerli yatırımcıların beklenen getiri miktarını düşürmeden riski en aza indirmek için kendi portföylerinde petrolden daha çok hisse senetleri bulundurmalarının gerektiği görülmektedir.

Tablo 4.9'da gösterilen ortalama optimal hedging oranlarına ( $\beta_t^{his-pet}$ ) kısaca göz attığımızda kısa dönemlik hedging yapanlar için farklı bakış açıları sunulmaktadır.

Düşük oranlar, hisse senedi yatırım riskinin petrol piyasaları veya petrol vadeli piyasalarında kısa pozisyon alarak hedging edilebilirliğini göstermektedir. Petrol ve BIST 100 endeksleri için VAR-GARCH modelinden elde edilen büyük oran 0.1844 şunu ifade etmektedir: BIST 100 endeksi hisse senedi piyasasından bir dolarlık uzun



pozisyon

(alış)'a karşı petrol vadeli piyasasında 18.44 centlik kısa pozisyonun (satış) alınması gerekmektedir.

Optimal korunma oranları, optimal ağırlık değerlerinde olduğu gibi tüm modellerde sektörlere göre büyük ölçüde farklılıklar göstermektedir. Ayrıca, bazı değerlerin negatif olduğu da görülmektedir. Aslında, negatif değerlerin ortaya çıkması ilgili varlıkların fiyatlarına ilişkin dinamik korelasyonların negatif olmasından kaynaklanmaktadır. Dinamik hedging oranları daha az kararlılık göstermekte olup belirgin dalgalanmalar sergilemektedirler. Dolayısıyla, hedging yapanlar daha sıklıkla uzun vadeli pozisyonlarını düzeltmek zorunda kalmaktadırlar.

Negatif korunma oranları spot ve vadeli fiyatların kısa vadede ters yönde (negatif kovaryans) hareket edebilir olduğu gerçeğini yansıtmaktadır (Tong, 1996; Pandey, 2008; Novales ve Lafuente, 2002). Ancak belirli bir sektör için bu modeller arasında sadece küçük fark gözlenmektedir. Örneğin hizmetler sektörü -0.0002 optimal hedging oranına sahipken, finansal kiralama sektörü 0.0358 optimal hedging oranına sahip olmaktadır. Ayrıca 0.0358, 0.0298, 0.0341 ve 0.0349 optimal hedging oranları Finansal kiralama sektörü için sırasıyla VAR-GARCH, köşegen BEKK-GARCH, DCC-GARCH ve CCC- GARCH modellerinden elde edilmiştir. Söz konusu optimal hedging oranlarına dikkat ettiğimizde, göreceli olarak en yüksek rakamların VAR-GARCH ve CCC-GARCH modellerine ait olduğunu görmekteyiz. Bu da finansal kiralama sektörü hisse senedini elde tutan yatırımcılar için diğer modellere göre riski en aza düşürmek için daha fazla petrol varlıkları bulundurması gerektiğini ifade etmektedir.

Genel olarak, optimal hedging oranları ile ilgili bulguların, korunan bir portföyün riskini en aza indirme yönünde performans artırımına yardımcı olduğu görülmektedir. Ayrıca, petrol varlıklarının hisse senetleri ile çeşitlendirilmiş bir portföyün ayrılmaz bir parçası olma gerekliliği görüşü ile de örtüşmektedir.

**Tablo 4. 9.** Petrol ve BIST Hisse Senedi Sektör Çiftleri için Optimal Portföy Ağırlıkları ve Riskten Korunma Oranları.

	VAR-GARCH	BEKK-GARCH	DCC-GARCH	CCC-GARCH
<b>Petrol- BIST 100 Endeks</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.5314	<b>0.5322</b>	0.5289	0.5305
$\beta_t^{His-Pet}$	<b>0.1844</b>	0.1883	0.1777	0.1798
<b>Petrol-Hizmetler</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.1471	0.1531	0.1556	0.1567
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0002	-0.0065	-0.0099	-0.0100
<b>Petrol-Mali</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.0392	0.0423	0.0415	0.0408
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0039	-0.0067	-0.0048	-0.0043
<b>Petrol-Sanayi</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.0761	0.0753	0.0770	0.0771
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0149	0.0151	0.0152	0.0151
<b>Petrol-Teknoloji</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2937	0.2878	0.2935	0.2944
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0142	0.0199	0.0174	0.0164
<b>Petrol-Bank</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.0954	0.1012	0.1033	0.1036
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0001	-0.0088	-0.0086	-0.0079
<b>Petrol-Bilişim</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.3135	0.3067	0.3138	0.3146
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0050	0.0009	-0.0019	-0.0031
<b>Petrol-Elektrik</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.3584	0.3630	0.3634	0.3651
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0035	0.0108	0.0130	0.0128
<b>Petrol-Finansal Kiralama</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.4013	0.4106	0.4091	0.4104
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0358	0.0298	0.0349	0.0342
<b>Petrol-Gayrimenkul Yat.Ort</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2516	0.2501	0.2534	0.2565
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0091	0.0113	0.0070	0.0058
<b>Petrol-Gıda</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.3453	0.3528	0.3513	0.3531
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0010	-0.0179	-0.0164	-0.0168
<b>Petrol-Holding</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.1237	0.1240	0.1240	0.1247
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0044	-0.0043	-0.0006	-0.0010

**Tablo 4.9.** Petrol ve BIST Hisse Senedi Sektör Çiftleri için Optimal Portföy Ağırlıkları ve Riskten Korunma Oranları (Devamı I)

	VAR-GARCH	BEKK-GARCH	DCC-GARCH	CCC-GARCH
<b>Petrol-İletişim</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.4059	0.4077	0.4059	0.4080
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0301	-0.0263	-0.0325	-0.0311
<b>Petrol-Kağıt, Orman</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2837	0.2836	0.2852	0.2869
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0237	0.0230	0.0220	0.0237
<b>Petrol-Kimya</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2011	0.1987	0.2037	0.2051
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0351	0.0426	0.0351	0.0345
<b>Petrol-Menkul Yat. Ort.</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2686	0.2771	0.2777	0.2794
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0180	0.0211	0.0214	0.0217
<b>Petrol-Metal Ana Sanayi</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.3037	0.3054	0.3076	0.3088
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0279	0.0243	0.0287	0.0283
<b>Petrol-Metal Eşya</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.1873	0.1856	0.1879	0.1889
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0048	0.0034	0.0052	0.0056
<b>Petrol-Sigorta</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2935	0.2932	0.2938	0.2959
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0040	-0.0064	-0.0013	-0.0007
<b>Petrol-Taş, Toprak</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.4423	0.4443	0.4433	0.4443
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0002	-0.0178	-0.0137	-0.0124
<b>Petrol-Tekstil</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2458	0.2489	0.2487	0.2507
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0018	0.0066	0.0067	0.0047
<b>Petrol-Ticaret</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.2792	0.2841	0.2833	0.2855
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0011	-0.0051	-0.0066	-0.0066
<b>Petrol-Turizm</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.4684	0.4681	0.4681	0.4703
$\beta_t^{His-Pet}$	0.0116	0.0132	0.0055	0.0058
<b>Petrol-Ulaştırma</b>				
$W_t^{His-Pet}$	0.3890	0.3950	0.3944	0.3977
$\beta_t^{His-Pet}$	-0.0288	-0.0455	-0.0380	-0.0406

Çalışmanın bu aşamasında optimal portföy tasarımları ve hedging oranlarına esasen gerçekleştirmiş olduğumuz portföy benzetiminde (Simulation) çeşitlendirme ve riskten korunma etkinliğinin değerlendirilmesi yapılmıştır. Kullanmış olduğumuz dört GARCH tabanlı model tahminlerinden yararlanarak iki türlü portföy oluşturulmuştur. Bunlardan biri tamamen hisse senetlerinden oluşan portföyler (PFI) ve diğeri ise, Tablo 4.9'da hesaplamış olduğumuz optimal ağırlıklara göre oluşturulan portföylerden oluşmaktadır. Çeşitlendirilmiş portföylerin etkinlik analizi, ilgili portföylerin risk ve getiri faktörlerini dikkate alarak riske göre düzeltilmiş getirilerin karşılaştırılması ile mümkün olmaktadır. Oluşturulan portföyler arasında hedging etkinliğinin değerlendirilmesi, gerçekleşen hedging hatalarının incelenmesi ile yapılabilmektedir. Bunun için aşağıdaki yöntem Ku vd., (2007) tarafından uygulanmıştır:

$$HE = \left( \frac{VAR_{korunmayan} - VAR_{korunan}}{VAR_{korunmayan}} \right) \quad (4.25)$$

Burada korunan portföyün varyansı ( $VAR_{korunan}$ ) petrol/hisse senedi varlıklarından oluşan portföyün, (PFII) getirilerinin varyansından ve korunmayan portföyün varyansı ise sadece hisse senetlerinden oluşan portföylerin (PFI) varyansından elde edilmiştir. Büyük ölçüdeki bir hedging etkinlik oranı (HE), (4.25)'den de anlaşacağı üzere portföy varyansının azaldığı koşullarda gerçekleşmektedir. Bu da ilgili yatırım yönteminin uygulanmasının iyi bir hedging stratejisinin gelişmesine sebep olduğunu ima etmektedir. Tablo 4. 10'daki portföy benzetimi ile ilgili sonuçlar, çeşitlendirilmiş portföylere petrol varlıklarının eklenmesi risk ayarlı düzeltilmiş portföy getirilerinin artmasına sebep olduğunu göstermektedir.

Tüm sektörleri dikkate alarak hedging etkinlik oranlarını incelediğimizde, en düşük miktarlı hedging oranı 6.0457 olarak DCC-GARCH modeline göre sanayi sektörü için elde edilmiş ve en büyük hedging etkinlik oranı ise 66.1396 olarak BEKK-GARCH modeli tarafından finansal kiralama sektörü için elde edilmiştir.

Ayrıca bu varyans azaltma konusu tüm sektörler için önemli düzeyde farklılık göstermektedir. Ama genel olarak göreceli bir şekilde GARCH tabanlı modellerin hepsinde yaklaşık değerler ortaya çıkmaktadır.

**Tablo 4. 10.** Portföy Tasarımı ve Petrol Varlığına Göre Çeşitlendirme

	Ort.	Std.Sap.	$\left(\frac{Ortlama}{Std.Sap.}\right) \times 100$		Ort.	Std. Sap.	$\left(\frac{Ortlama}{Std.Sap.}\right) \times 100$
<b>BIST 100 Endeks</b>				<b>Hizmetler</b>			
PF I	0.0820	2.4129	3.3995	PF I	-0.0003	0.8531	-0.0407
PF II-VAR-GARCH	0.0947	1.5803	5.9909	PF II-VAR-GARCH	0.0114	0.7420	1.5397
PF II-BEK-GARCH	0.0941	<b>1.5732</b>	5.9807	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0127</b>	<b>0.7308</b>	<b>1.7375</b>
PF II-DCC-GARCH	0.0851	1.6930	5.0269	PF II-DCC-GARCH	0.0117	0.7782	1.4985
PF II-CCC-GARCH	<b>0.0956</b>	1.5782	<b>6.0604</b>	PF II-CCC-GARCH	0.0119	0.7437	1.5979
<b>Mali</b>				<b>Sanayi</b>			
PF I	0.0002	0.3979	0.0430	PF I	-0.0002	0.6230	-0.0297
PF II-VAR-GARCH	0.0033	0.3838	0.8545	PF II-VAR-GARCH	0.0059	0.5958	0.9982
PF II-BEK-GARCH	0.0034	<b>0.3722</b>	0.9197	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0069</b>	<b>0.5897</b>	<b>1.1673</b>
PF II-DCC-GARCH	0.0037	0.3846	0.9557	PF II-DCC-GARCH	0.0056	0.6042	0.9259
PF II-CCC-GARCH	<b>0.0038</b>	0.3829	<b>0.9794</b>	PF II-CCC-GARCH	0.0060	0.5968	1.0082
<b>Teknoloji</b>				<b>Banka</b>			
PF I	-0.0007	1.3424	-0.0552	PF I	0.0002	0.6632	0.0259
PF II- VAR-GARCH	0.0098	<b>1.0344</b>	0.9497	PF II-VAR-GARCH	0.0094	0.5966	1.5756
PF II-BEKK-GARCH	0.0112	1.0387	1.0777	PF II-BEK-GARCH	0.0082	<b>0.5819</b>	1.4168
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0135</b>	1.1057	<b>1.2235</b>	PF II-DCC-GARCH	0.0110	0.6151	1.7826
PF II-CCC-GARCH	0.0100	1.0352	0.9676	PF II-CCC-GARCH	<b>0.0112</b>	0.5970	<b>1.8706</b>
<b>Bilişim</b>				<b>Elektrik</b>			
PF I	-0.0002	1.4380	-0.0168	PF I	8.8E-17	1.6558	5.3E-15
PF II-VAR-GARCH	0.0130	<b>1.0573</b>	1.2269	PF II-VAR-GARCH	0.0248	<b>0.9752</b>	2.5480
PF II-BEK-GARCH	0.0137	1.0615	1.2929	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0306</b>	1.1646	<b>2.6278</b>
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0162</b>	1.1250	<b>1.4362</b>	PF II-DCC-GARCH	0.0203	1.3069	1.5559
PF II-CCC-GARCH	0.0131	1.0595	1.2391	PF II-CCC-GARCH	0.0304	1.1643	2.6156
<b>Finansal Kiralama</b>				<b>Gayrimenkul Yat.Ort</b>			
PF I	0.0002	1.9048	0.0125	PF I	0.000037	1.2122	0.0031
PF II-VAR-GARCH	0.0337	1.1281	2.9876	PF II-VAR-GARCH	0.0113	<b>0.9360</b>	1.2112
PF II-BEK-GARCH	0.0345	<b>1.1083</b>	<b>3.1109</b>	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0248</b>	1.0829	<b>2.2917</b>
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0371</b>	1.3602	2.7290	PF II-DCC-GARCH	0.0201	1.0287	1.9510
PF II-CCC-GARCH	0.0345	1.1220	3.0718	PF II-CCC-GARCH	0.0135	0.9381	1.4419
<b>Gıda</b>				<b>Holding</b>			
PF I	0.00003	1.5210	0.0022	PF I	0.0002	0.7606	0.0267
PF II-VAR-GARCH	0.02337	1.0976	2.1287	PF II-VAR-GARCH	0.0092	0.6960	1.3248
PF II-BEK-GARCH	0.02509	<b>1.0937</b>	2.2936	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0125</b>	<b>0.6908</b>	<b>1.8028</b>
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0303</b>	1.2074	<b>2.5109</b>	PF II-DCC-GARCH	0.0090	0.7201	1.2555
PF II-CCC-GARCH	0.0275	1.1109	2.4779	PF II-CCC-GARCH	0.0092	0.6995	1.3120
<b>İletişim</b>				<b>Kağıt, Orman</b>			
PF I	-0.0002	1.7708	-0.0088	PF I	-0.0004	1.3319	-0.0300
PF II-VAR-GARCH	0.0231	1.1547	2.0016	PF II-VAR-GARCH	0.0183	1.0225	1.7933
PF II-BEK-GARCH	0.0225	<b>1.1470</b>	1.9627	PF II-BEK-GARCH	0.0211	<b>1.0152</b>	<b>2.0802</b>
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0296</b>	1.2766	<b>2.3215</b>	PF II-DCC-GARCH	<b>0.0228</b>	1.1121	2.0545
PF II-CCC-GARCH	0.0232	1.1547	2.0122	PF II-CCC-GARCH	0.0188	1.0274	1.8326

**Tablo 4.10.** Portföy Tasarımı ve Petrol Varlığına Göre Çeşitlendirme (Devamı I)

	Ort.	Sta. Sap.	$\left(\frac{\text{Ortlama}}{\text{Sta.Sap.}}\right) \times 100$		Ort.	Sta. Sap.	$\left(\frac{\text{Ortlama}}{\text{Sta.Sap.}}\right) \times 100$
<b>Kimya</b>				<b>Menkul Yat. Ort.</b>			
PF I	-0.0004	1.0728	-0.035	PF I	0.00005	1.3497	0.0036
PF II-VAR-GARCH	0.0169	0.9351	<b>1.8069</b>	PF II-VAR-GARCH	0.0087	0.9548	0.9060
PF II-BEK-GARCH	0.0161	<b>0.9307</b>	1.7283	PF II-BEK-GARCH	0.0133	<b>0.9386</b>	1.4183
PF II-DCC-GARCH	0.0160	0.9731	1.6458	PF II-DCC-GARCH	<b>0.0222</b>	1.1150	<b>1.9937</b>
PF II-CCC-GARCH	<b>0.0170</b>	0.9403	1.8048	PF II-CCC-GARCH	0.0134	0.9525	1.4050
<b>Metal Ana Sanayi</b>				<b>Metal Eşya</b>			
PF I	0.0001	1.4201	0.0084	PF I	-0.0004	<b>1.0206</b>	-0.0362
PF II-VAR-GARCH	0.0243	<b>1.1044</b>	2.1980	PF II-VAR-GARCH	0.0132	0.8581	1.5377
PF II-BEK-GARCH	0.0238	1.4201	2.1299	PF II-BEK-GARCH	<b>0.0143</b>	<b>1.0206</b>	<b>1.6639</b>
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0281</b>	1.1895	<b>2.3622</b>	PF II-DCC-GARCH	0.0125	0.9040	1.3805
PF II-CCC-GARCH	0.0251	1.1208	2.2380	PF II-CCC-GARCH	0.0124	0.8661	1.4321
<b>Sigorta</b>				<b>Taş, Toprak</b>			
PF I	-0.00003	1.3289	-0.0026	PF I	0.0002	2.0227	0.0101
PF II-VAR-GARCH	0.0185	1.0280	1.7980	PF II-VAR-GARCH	<b>0.0612</b>	<b>1.2807</b>	<b>4.7797</b>
PF II-BEK-GARCH	0.0188	<b>1.0155</b>	1.8470	PF II-BEK-GARCH	0.0599	1.2826	4.6740
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0286</b>	1.0985	<b>2.6062</b>	PF II-DCC-GARCH	0.0382	1.4249	2.6844
PF II-CCC-GARCH	0.0198	1.0297	1.9203	PF II-CCC-GARCH	0.0600	1.2820	4.6801
<b>Tekstil</b>				<b>Ticaret</b>			
PF I	-0.0005	1.1944	-0.0424	PF I	-0.0004	1.3676	-0.0274
PF II-VAR-GARCH	0.0078	<b>0.9409</b>	0.8238	PF II-VAR-GARCH	0.0140	<b>1.0357</b>	1.3553
PF II-BEK-GARCH	0.0112	0.9424	<b>1.1912</b>	PF II-BEK-GARCH	0.0150	1.0782	1.3902
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0118</b>	1.0423	1.1289	PF II-DCC-GARCH	<b>0.0382</b>	1.4249	<b>2.6844</b>
PF II-CCC-GARCH	0.0085	0.9542	0.8879	PF II-CCC-GARCH	0.0152	1.0791	1.4071
<b>Turizm</b>				<b>Ulaştırma</b>			
PF I	-0.0005	2.0832	-0.0248	PF I	-0.0005	1.7205	-0.0270
PF II-VAR-GARCH	0.0348	<b>1.3076</b>	2.6626	PF II-VAR-GARCH	0.0083	<b>1.1260</b>	0.7361
PF II-BEK-GARCH	0.0374	1.3122	2.8472	PF II-BEK-GARCH	0.0208	1.1802	1.7640
PF II-DCC-GARCH	<b>0.0530</b>	1.4215	3.7305	PF II-DCC-GARCH	<b>0.0335</b>	1.2956	<b>2.5844</b>
PF II-CCC-GARCH	0.0382	1.3132	<b>2.9090</b>	PF II-CCC-GARCH	0.0225	1.1834	1.9006

**Tablo 4. 11.** Riskten Korunma Etkinliği

	Variance ( % )	Korunma Etkinliği	Variance ( % )	Kor.Etkinliği	
<b>BIST 100 Endeks</b>			<b>Hizmetler</b>		
PF I	5.8222		PF I	0.7277	
PF II- VAR-GARCH	2.4972	57.1087	PF II- VAR-GARCH	0.5506	24.3399
PF II-BEKK-GARCH	<b>2.4751</b>	<b>57.4889</b>	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.5341</b>	<b>26.6076</b>
PF II-DCC-GARCH	2.8662	50.8531	PF II-DCC-GARCH	0.6055	16.9185
PF II-CCC-GARCH	2.4909	57.2180	PF II-CCC-GARCH	0.5531	23.9889
<b>Mali</b>			<b>Sanayi</b>		
PF I	0.1584		PF I	0.3881	
PF II- VAR-GARCH	0.1473	6.9877	PF II- VAR-GARCH	0.3549	8.5547
PF II-BEKK-GARCH	<b>0.1386</b>	<b>12.5225</b>	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.3478</b>	<b>10.4034</b>
PF II-DCC-GARCH	0.1479	06.7505	PF II-DCC-GARCH	0.3651	6.0457
PF II-CCC-GARCH	0.1466	7.4163	PF II-CCC-GARCH	0.3562	8.2334
<b>Teknoloji</b>			<b>Banka</b>		
PF I	1.8020		PF I	0.4398	
PF II- VAR-GARCH	<b>1.0700</b>	<b>40.6209</b>	PF II- VAR-GARCH	0.3559	19.0808
PF II-BEKK-GARCH	1.0788	40.1319	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.3386</b>	<b>23.0186</b>
PF II-DCC-GARCH	1.2225	32.2716	PF II-DCC-GARCH	0.3783	14.1267
PF II-CCC-GARCH	1.0717	40.5245	PF II-CCC-GARCH	0.3564	18.9686
<b>Bilişim</b>			<b>Elektrik</b>		
PF I	2.0679		PF I	2.7425	
PF II- VAR-GARCH	<b>1.1178</b>	<b>45.9446</b>	PF II- VAR-GARCH	<b>0.9510</b>	<b>65.3230</b>
PF II-BEKK-GARCH	1.1269	45.5080	PF II-BEKK-GARCH	1.3266	51.6302
PF II-DCC-GARCH	1.2656	38.8973	PF II-DCC-GARCH	1.7081	37.8032
PF II-CCC-GARCH	1.1225	45.7195	PF II-CCC-GARCH	1.3556	50.5711
<b>Finansal Kiralama</b>			<b>Gayrimenkul Yat.Ort</b>		
PF I	3.6281		PF I	1.4695	
PF II- VAR-GARCH	1.2727	64.9204	PF II- VAR-GARCH	<b>0.8762</b>	<b>40.3762</b>
PF II-BEKK-GARCH	<b>1.2285</b>	<b>66.1396</b>	PF II-BEKK-GARCH	1.1727	20.1971
PF II-DCC-GARCH	1.8502	49.0872	PF II-DCC-GARCH	1.0581	28.0340
PF II-CCC-GARCH	1.2589	65.3013	PF II-CCC-GARCH	0.8800	40.1147
<b>Gida</b>			<b>Holdings</b>		
PF I	2.3135		PF I	0.5785	
PF II- VAR-GARCH	1.2048	47.9245	PF II- VAR-GARCH	0.4844	16.2661
PF II-BEKK-GARCH	<b>1.1962</b>	<b>48.2931</b>	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.4772</b>	<b>17.5126</b>
PF II-DCC-GARCH	1.4580	37.0455	PF II-DCC-GARCH	0.5185	10.4778
PF II-CCC-GARCH	1.2341	46.6568	PF II-CCC-GARCH	0.4893	15.4116
<b>İletişim</b>			<b>Kağıt, Orman</b>		
PF I	3.1359		PF I	1.7741	
PF II- VAR-GARCH	1.3333	57.4840	PF II- VAR-GARCH	1.0455	41.0685
PF II-BEKK-GARCH	<b>1.3157</b>	<b>58.0445</b>	PF II-BEKK-GARCH	<b>1.0307</b>	<b>41.8999</b>
PF II-DCC-GARCH	1.6300	48.0856	PF II-DCC-GARCH	1.2367	30.2907
PF II-CCC-GARCH	1.3332	57.4851	PF II-CCC-GARCH	1.0555	40.5057

**Tablo 4.11.** Riskten Korunma Etkinliği (Devamı I)

	Variance ( % )	Korunma Etkinliği		Variance ( % )	Korunma Etkinliği
<b>Kimya</b>			<b>Menkul Yat. Ort.</b>		
PF I	1.1509	-	PF I	1.8218	-
PF II- VAR-GARCH	0.8744	24.0236	PF II- VAR-GARCH	0.9116	49.9593
PF II-BEKK-GARCH	<b>0.8662</b>	<b>24.7425</b>	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.8809</b>	<b>51.6474</b>
PF II-DCC-GARCH	0.9468	17.7635	PF II-DCC-GARCH	1.2431	31.8696
PF II-CCC-GARCH	0.8843	23.1695	PF II-CCC-GARCH	0.9072	50.2018
<b>Metal Ana Sanayi</b>			<b>Metal Eşya</b>		
PF I	2.0167	-	PF I	1.0417	-
PF II- VAR-GARCH	<b>1.2198</b>	<b>39.5172</b>	PF II- VAR-GARCH	0.7364	29.3073
PF II-BEKK-GARCH	1.2444	38.2940	PF II-BEKK-GARCH	<b>0.7335</b>	<b>29.5835</b>
PF II-DCC-GARCH	1.4148	29.9547	PF II-DCC-GARCH	0.8173	21.6257
PF II-CCC-GARCH	1.2561	37.7143	PF II-CCC-GARCH	0.7501	27.9887
<b>Sigorta</b>			<b>Taş, Toprak</b>		
PF I	1.7661	-	PF I	4.0914	-
PF II- VAR-GARCH	1.0567	40.1668	PF II- VAR-GARCH	<b>1.6402</b>	<b>59.9112</b>
PF II-BEKK-GARCH	<b>1.0311</b>	<b>41.6145</b>	PF II-BEKK-GARCH	1.6451	59.7926
PF II-DCC-GARCH	1.2068	31.5791	PF II-DCC-GARCH	2.0302	50.4585
PF II-CCC-GARCH	1.0603	39.9610	PF II-CCC-GARCH	1.6435	59.8311
<b>Tekstil</b>			<b>Ticaret</b>		
PF I	1.4267	-	PF I	1.8704	-
PF II- VAR-GARCH	<b>0.8853</b>	<b>37.9487</b>	PF II- VAR-GARCH	<b>1.0726</b>	<b>42.6537</b>
PF II-BEKK-GARCH	0.8881	37.7520	PF II-BEKK-GARCH	1.1626	37.8457
PF II-DCC-GARCH	1.0864	23.9758	PF II-DCC-GARCH	1.3462	28.1451
PF II-CCC-GARCH	0.9105	36.1779	PF II-CCC-GARCH	1.1645	37.7392
<b>Turizm</b>			<b>Ulaştırma</b>		
PF I	4.3399	-	PF I	2.9602	-
PF II- VAR-GARCH	<b>1.7097</b>	<b>60.6043</b>	PF II- VAR-GARCH	<b>1.2680</b>	<b>57.1658</b>
PF II-BEKK-GARCH	1.7219	60.3228	PF II-BEKK-GARCH	1.3928	52.9486
PF II-DCC-GARCH	2.0205	53.4497	PF II-DCC-GARCH	1.6787	43.3110
PF II-CCC-GARCH	1.7245	60.2642	PF II-CCC-GARCH	1.4005	52.6879



VAR-GARCH ve köşegen BEKK-GARCH modelleri kullanıldığında, portföy varyansında çok büyük ölçüde azalmanın meydana geldiği tespit edilmektedir. Buna ek olarak, köşegen BEKK-GARCH modeli geniş piyasa düzeyinde (BIST 100 endeksi) en iyi model olarak belirlenmektedir. Bu çalışmadaki optimal korunma etkinliği ile ilgili bulgular, Chang vd., (2011) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile ve aynı şekilde Arouri vd., (2011), çalışmalarındaki optimal korunma etkinlik sınaması sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Bu çalışmada da bahsedilen çalışmalarda olduğu gibi köşegen BEKK-GARCH modeli ve VAR-GARCH modeli, diğer DCC-GARCH ve CCC-GARCH modellerine göre optimal hedging etkinlik performansı konusunda üstünlük sağlamaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre yirmi dört sektörden ondördüne ilişkin en iyi optimal etkinlik performansı köşegen BEKK-GARCH modeline, diğer on sektörle ilgili en iyi optimal etkinlik performansı da VAR-GARCH modeline ait olduğu görülmüştür.

## SONUÇLAR

Bu tezin temel amacı, oynaklık geçişkenliğinin ölçüsünü belirlemek, portföy tasarımı ve BIST hisse senedi sektörleri için korunma etkinliğini test etmektir. Oynaklık geçişkenliği üzerinde yapılan araştırmalarda, piyasayı temsil eden BIST 100 endeksi gibi genel piyasa endeksleri baz alındığında, alt sektörlerle ilişkin karakteristik özellikler maskelenebilir. Bu mantıktan yola çıkarak alt sektörlerin petrol şoklarına karşı bireysel tepkilerini öne çıkarmak için BIST 100 endeksi yanında 23 alt sektör endeksi de çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca, daha sağlıklı sonuçlar elde etmek için alt sektörlerle ilişkin getiri serileri genel piyasa etkilerinden arındırılmıştır.

Petrol fiyatlarına karşı, oynaklık olgusunu sektörler bazında ele almanın, farklı bakış açıları sunma konusunda sağladığı önemli avantajlar söz konusudur. Bir taraftan dünya pazarları kapsamında oynaklık yayılımı sektörler bazında daha spesifik boyutta mercek altına alınmakta, diğer taraftan da bu tür çalışmalar yatırımcılar açısından, uluslararası düzeyde etkin çeşitlendirme fırsatı sunduğu için daha etkin portföyler oluşturma konusunda olanaklar sağlamaktadır. Başka bir ifadeyle, bu durumda alt sektörler, kendi yapısal özelliklerine göre doğrudan petrol şoklarına karşı tepkilerini ortaya koymak suretiyle, araştırmacı ve yatırımcılar açısından daha şeffaf bir perspektif ortaya koymaktadırlar. Bu da etkin portföylerin oluşturulmasına yönelik ilave bilgiler sunmaktadır.

Çalışmada oynaklık geçişkenliğini incelemek için dört farklı GARCH tipi model kullanılmıştır. Bunlardan VAR-GARCH modeli eşzamanlı olarak piyasalar arasında doğrudan geçişkenliğin incelenmesine olanak sağladığı için diğer üç rakip modele (CCC-GARCH, DCC-GARCH, köşegen BEKK-GARCH) göre daha avantajlı olmaktadır. Dolayısıyla, bu model kapsamında detaylı olarak petrol ile BIST 100 endeksi ile beraber 23 alt sektör endeksi arasında geçişkenlik olgusu incelenmiştir.

Kullanılan modellerin tahmin sonuçlarına göre, petrole ilişkin ortalama denklemlerde AR(1) terimi ile gösterilen petrol getirilerin bir gecikmeli değerleri petrolün cari getirilerini açıklamamaktadır. Dolayısıyla petrolün kısa vadede ileriye yönelik getiri öngörüsü geçmiş getiri değerleri ile tahmin edilmemektedir. Buna karşın, BIST 100 endeksi ve alt sektörler için aynı sonuçlar geçerli değildir. Genel olarak alt sektörlerle ilişkin ortalama denklemlerdeki AR(1) terimi ile ifade edilen gecikmeli

değerleri anlamlı bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre zayıf piyasa etkinlik teorisinin genel olarak BIST sektörleri için geçerli olduğu söylenebilir.

Varyans denklemlerine baktığımızda ise tüm modeller için durağanlık koşulları sağlanmaktadır. Ayrıca genel olarak tüm varyans denklemleri geçmiş kendi şok ve oynaklıkları ile açıklanmaktadır. Alt endekslere ilişkin kısa vadeli şoklar genel olarak petrole ilişkin şoklardan daha büyüktür. Fakat uzun dönem kalıcılık derecelerine baktığımızda petrole ilişkin uzun dönem kalıcılık dereceleri alt sektörler için daha büyüktür. Dolayısıyla elde edilen bulgulara göre, yatırımcıların etkin karar vermeleri açısından petrole ilişkin uzun vadedeli oynaklık trendini takip etmelerinin yararlı olacağı düşünülmektedir.

VAR-GARCH model sonuçlarına göre petrol ile BIST 100 endeksi arasında karşılıklı şok ve oynaklık geçişkenliği söz konusu olmaktadır. Şok geçişkenlikleri karşılıklı olarak negatif ve küçük olarak yansımaktadır. Ayrıca, petrolden BIST 100 endekse yansıyan oynaklık büyüklüğü göreceli olarak BIST 100 endeksten petrole yansıyan oynaklıktan daha büyüktür.

Ana sektörler için baktığımızda hizmetler, mali ve sanayi sektörleri ile petrol arasında herhangi bir geçişkenlik olgusuna rastlanmamıştır. Fakat teknoloji sektörüne gelindiğinde, petrolden teknoloji sektörüne tek yönlü olarak negatif ve küçük ölçüde şok geçişkenliği tespit edilmiştir. Ayrıca ilgili modele göre petrol ile BIST 100 endeksi, sanayi ve Teknoloji sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon katsayıları %1 anlamlılık seviyesinde anlamlı bulunurken, petrol ile hizmetler ve mali sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon katsayıları anlamsız bulunmuştur. Fakat anlamlı bulunan sabit koşullu korelasyon katsayılarının zayıf olduğu vurgulanmalıdır.

VAR-GARCH model tahminlerine göre petrol ile alt sektörler arasındaki ilişkileri incelediğimizde petrol ile turizm, kimya, iletişim ve elektrik sektörleri arasında, ister kısa vadeli şok konusunda ister varyans konusunda herhangi bir geçişkenlik söz konusu olmamaktadır. Ayrıca petrol ile alt sektörler arasında karşılıklı ikili geçişkenliklere baktığımızda, petrol ile banka, tekstil ve ticaret sektörleri arasında sadece şok konusunda karşılıklı geçişkenliğe rastlanmaktadır. Metal ana Sanayi ile petrol arasında karşılıklı olarak %1 anlamlılık düzeyinde sadece varyans açısından geçişkenlik tespit

edilmiştir. Geçişkenlikle ilgili ayrıntılı bilgiler ilgili bölümlerde verildiği için burada özet olarak değinilmiştir.

Sabit koşullu korelasyon katsayılarına baktığımızda, petrol ile banka, holding, iletişim, sigorta ve ticaret sektörleri arasında %1 anlamlılık düzeyinde çok düşük ilişkilerin olduğu görülmektedir. Ayrıca petrol ile finansal kiralama, gıda, kağıt, kimya, menkul yatırım ortaklığı, tekstil ve turizm sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon katsayıları pozitif yönlü ve düşük değerler olarak bulunmuştur. Petrol ile bilişim, elektrik, gayrimenkul yatırım ortaklığı, metal eşya, taş-toprak ve ulaştırma alt sektörleri arasında sabit koşullu korelasyon katsayıları anlamsız bulunmuştur.

Uygulamanın ikinci kısmında model tahminlerinden elde edilen bulgulara göre ilgili yatırımcılar için etkin yatırım stratejisi geliştirmeleri yönünde, petrol ve hisse senedi varlıklarından oluşan bir dolarlık optimal portföy tasarımı gerçekleştirilmiştir. Ortaya konulan optimal portföyde, yatırımcıların petrol fiyat hareketlerine karşı korunmaları sağlanmış olmaktadır. Burada amaç yatırımcının petrol/hisse senedi portföyünün beklenen getirisini düşürmeksizin risk miktarını minimum düzeye düşürmektir.

Genel olarak baktığımızda tüm modellerden elde edilen optimal ağırlık değerlerine göre, yerli yatırımcıların beklenen getiri miktarını düşürmeden riski en aza indirmek için kendi portföylerinde petrolden daha çok hisse senetleri bulundurmalarının gerektiği görülmektedir.

Hesaplanan optimal hedging oranlarına dikkat ettiğimizde göreceli olarak en yüksek rakamların VAR-GARCH ve CCC-GARCH modellerine ait olduğu görülmektedir.

Genel olarak değerlendirildiğinde, optimal hedging oranları ile ilgili elde edilen bulgular, korunan bir portföyün riskini en aza indirme yönünde performans artırımına yardımcı olmaktadır. Ayrıca petrol varlıklarının, hisse senetleri ile çeşitlendirilmiş bir portföyün ayrılmaz bir parçası olma gerekliliği görüşü ile de örtüşmektedir.

VAR-GARCH ve köşegen BEKK-GARCH modelleri kullanıldığında portföy varyansında çok büyük ölçüde azalmanın meydana geldiği tespit edilmektedir. Buna ek olarak köşegen BEKK-GARCH modeli geniş piyasa düzeyinde (BIST 100 endeksi) en iyi model olarak belirlenmektedir. Optimal hedging etkinliği ile ilgili bulgular, Chang

vd., (2011) tarafından yapılan çalışma sonuçları ile ve aynı şekilde El Hedi Arouri vd., (2011), çalışmalarındaki optimal korunma etkinlik sınaması sonuçlarıyla örtüşmektedir.

Diğer çalışmalarda olduğu gibi köşegen BEKK-GARCH modeli ve VAR-GARCH modeli, diğer DCC-GARCH ve CCC-GARCH modellerine göre optimal hedging etkinlik performansı konusunda üstünlük sağlamaktadır. Çalışmanın sonuçlarına göre yirmi dört sektörden on dördüne ilişkin en iyi optimal etkinlik performansı köşegen BEKK-GARCH modeline ve diğer on sektörle ilgili en iyi optimal etkinlik performans da VAR-GARCH modeline ait olmaktadır.

## KAYNAKÇA

- Antonakakis, N. (2012). "Exchange Return Co-Movements and Volatility Spillovers Before and After The Introduction of Euro". *Journal of International Financial Markets Institutions & Money*, 22(5), 1091-1109. doi: 10.1016/j.intfin.2012.05.009
- Arifin, J, Syahrudin, N. (2012). "Volatility Spillovers Between Equity and Currency Markets in ASEAN-5 Countries during Crises". *Proceedings of the 13th International Conference on Finance and Banking*, 9-20.
- Bauwens, L. (2012). *Multivariate Volatility*. Belgium: Universit 'e Catholique De Louvain.
- Bauwens, L, Laurent, S, Rombouts, J V. (2006). "Multivariate GARCH models: a survey". *Journal of applied econometrics*, 21(1), 79-109.
- Bayramoğlu, F, Pekkaya, M. (2011). Effects of Crude Oil Price Changes on Sector Indices of Istanbul Stock Exchange. *European Journal of Economic and Political Studies*, 4(2), 15. Retrieved from <http://ejeps.fatih.edu.tr/?journal,12>
- Bollerslev, T. (1990). "Modelling The Coherence in Short-Run Nominal Exchange Rate A Multivariate Generalized ARCH Approach.". *The Review of Economics and Statistics*72, 498–505.
- Bollerslev, T, Engle, R F, Wooldridge, J M. (1988). "A Capital-Asset Pricing Model with Time-Varying Covariances". *Journal of Political Economy*, 96(1), 116-131. doi: Doi 10.1086/261527
- Bollerslev, T, Engle, R F, Wooldridge, J M. (1988). "A Capital Asset Pricing Model With Time-Varying Covariances". *The Journal of Political Economy*, 116-131.
- BP. (2013). BP Statistical Review of World Energy June 2013 (Vol. June 2013, pp. 1-48). London, UK: British Petroleum.
- Casillo, A. (2004). *Model Specification for The Estimation of The Optimal Hedge Ratio With Stock Index Futures: An Application to The Italian Derivatives Market*. Paper Presented at The Conference on Derivatives and Financial Stability, Rome, October.

- Chang, Mc, M, Tansuchat, R. (2011). "Crude Oil Hedging Strategies Using Dynamic Multivariate GARCH". *Energy Economics*, 33(5), 912-923. doi: 10.1016/j.eneco.2011.01.009
- Chang, M, Tansuchat, R. (2010). "Analyzing and Forecasting Volatility Spillovers, Asymmetries and Hedging in Major Oil Markets". *Energy Economics*, 32(6), 1445-1455. doi: 10.1016/j.eneco.2010.04.014
- Diebold, F X, Yilmaz, K. (2012). "Better to Give Than to Receive: Predictive Directional Measurement of Volatility Spillovers". *International Journal of Forecasting*, 28(1), 57-66. doi: 10.1016/j.ijforecast.2011.02.006
- Arouri, M, Jouini, J, Nguyen, D K. (2011). "Volatility Spillovers Between Oil Prices and Stock Sector Returns: Implications for Portfolio Management". *Journal of International Money and Finance*, 30(7), 1387-1405.
- El-Sharif, I, Brown, D, Burton, B, Nixon, B, Russell, A. (2005). "Evidence on The Nature and Extent of The Relationship Between Oil Prices and Equity Values In The UK". *Energy Economics*, 27(6), 819-830.
- Engle, R. (2002). "Dynamic Conditional Correlation: A Simple Class of Multivariate Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity Models". *Journal of Business & Economic Statistics*, 20(3), 339-350. doi: 10.1198/073500102288618487
- Engle, R F. (1982). "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United-Kingdom Inflation". *Econometrica*, 50(4), 987-1007. doi: 10.2307/1912773
- Engle, R F, Kroner, K F. (1995). "Multivariate Simultaneous Generalized ARCH". *Econometric theory*, 11(01), 122-150.
- Engle, R F, Sheppard, K. (2001). *Theoretical and Empirical Properties of Dynamic Conditional Correlation Multivariate GARCH (No: 8554)*. Cambridge: National Bureau of Economic Research.
- Eryigit, M. (2009). "Effects of Oil Price Changes on the Sector Indices of Istanbul Stock Exchange". *International Research Journal of Finance and Economics*(25).
- Faff, R W, Brailsford, T J. (1999). "Oil Price Risk and The Australian Stock Market". *Journal of Energy Finance & Development*, 4(1), 69-87.

- Fama, E F. (1965). "The Behavior of Stock-Market Prices". *The journal of Business*, 38(1), 34-105.
- Gebka, B. (2012). "The Dynamic Relation Between Returns, Trading Volume, and Volatility: Lessons From Spillovers Between Asia and The United States". *Bulletin of Economic Research*, 64(1), 65-90. doi: 10.1111/j.1467-8586.2010.00371.x
- Giannellis, N, Kanas, A, Papadopoulos, A P. (2010). "Asymmetric Volatility Spillovers Between Stock Market and Real Activity: Evidence from the UK and the US". *Panoeconomicus*, 57(4), 429-445. doi: 10.2298/Pan1004429g
- Glosten, L R, Jagannathan, R, Runkle, D E. (1993). "On The Relation Between The Expected Value and The Volatility of The Nominal Excess Return On Stocks". *The journal of finance*, 48(5), 1779-1801.
- In, F. (2007). "Volatility Spillovers Across International Swap Markets: The US, Japan, and the UK". *Journal of International Money and Finance*, 26(3), 329-341. doi: 10.1016/j.jimonfin.2006.11.007
- Jiang, G J, Konstantinidi, E, Skiadopoulos, G. (2012). "Volatility spillovers and the effect of news announcements". *Journal of Banking & Finance*, 36(8), 2260-2273. doi: 10.1016/j.jbankfin.2012.04.006
- Kaltalioglu, M, Soytaş, U. (2011). "Volatility Spillover from Oil to Food and Agricultural Raw Material Markets". *Modern Economy*, 02(02), 71-76. doi: 10.4236/me.2011.22011
- Kim, S J. (2005). "Information Leadership in The Advanced Asia-Pacific Stock Markets: Return, Volatility and Volume Information Spillovers From The US and Japan". *Journal of the Japanese and International Economies*, 19(3), 338-365. doi: 10.1016/j.jjie.2004.03.002
- 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).



- Kroner, K F, Ng, V K. (1998). "Modeling Asymmetric Comovements of Asset Returns". *Review of Financial Studies*, 11(4), 817-844. doi: 10.1093/Rfs/11.4.817
- Kroner, K F, Sultan, J. (1993). "Time-Varying Distributions and Dynamic Hedging with Foreign-Currency Futures". *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 28(4), 535-551. doi: Doi 10.2307/2331164
- Ling, S, McAleer, M. (2003). " Asymptotic Theory for A Vector ARMA-GARCH Model ". *Econometric Theory*. 19, 280–310. doi: 10+10170S0266466603192092
- Ljung, G M, Box, G E. (1978). "On A Measure of Lack of Fit in Time Series Models". *Biometrika*, 65(2), 297-303.
- Malik, F, Ewing, B T. (2012). "Volatility Transmission Between Oil Prices and Equity Sector Returns". *International Review of Financial Analysis*, 18(3), 95-100.
- Mandelbrot, B. (1963). "The Variation of Certain Speculative Prices". *Business of the University of Chicago*, 36, 394-419.
- McAleer, M, Hoti, S, Chan, F. (2009). "Structure and Asymptotic Theory for Multivariate Asymmetric Conditional Volatility". *Econometric Reviews*, 28(5), 422-440.
- McLeod, A I, Li, W K. (1983). "Diagnostic Checking ARMA Time Series Models Using Squared-Residual Autocorrelations". *Journal of Time Series Analysis*, 4(4), 269-273.
- Moon, G H, Yu, W C. (2010). "Volatility Spillovers Between The US and China Stock Markets: Structural Break Test With Symmetric and Asymmetric GARCH Approaches". *Global Economic Review*, 39(2), 129-149. doi 10.1080/1226508x.2010.483834
- Novalés, A, Lafuente, J. (2002). *Optimal Hedging Under Departures From The Cost-of-Carry Valuation: Evidence From The Spanish Stock Index Futures Market*. Universidad Complutense de Madrid, Facultad de Ciencias Económicas
- Pandey, A. (2008). *Hedging Effectiveness of Constant and Time Varying Hedge Ratio in Indian Stock and Commodity Futures Markets(W.P No. 2008.06.01)*. Indian: Institute of Management Ahmedabad, Research and Publication Department.

- Sadorsky, P. (2012). "Correlations and Volatility Spillovers Between Oil Prices and The Stock Prices of Clean Energy and Technology Companies". *Energy Economics*, 34(1), 248-255. doi: 10.1016/j.eneco.2011.03.006
- Sadorsky, P. (1999). "Oil Price Shocks and Stock Market Activity". *Energy Economics*, 21(5), 449-469. doi: Doi 10.1016/S0140-9883(99)00020-1
- Sadorsky, P. (2001). "Risk Factors in Stock Returns of Canadian Oil and Gas Companies". *Energy Economics*, 23(1), 17-28.
- Schmid, F, Trede, M. (2006). *Finanzmarktstatistik*. Berlin: Springer Verlag.
- Serra, T. (2011). "Volatility Spillovers Between Food and Energy Markets: A Semiparametric Approach". *Energy Economics*, 33(6), 1155-1164. doi: 10.1016/j.eneco.2011.04.003
- Soytas, U, Oran, A. (2011). "Volatility Spillover From World Oil Spot Markets to Aggregate and Electricity Stock Index Returns in Turkey". *Applied Energy*, 88(1), 354-360. doi: 10.1016/j.apenergy.2010.07.018
- Speight, A E H, McMillan, D G. (2001). "Volatility Spillovers in East European Black-Market Exchange Rates". *Journal of International Money and Finance*, 20(3), 367-378. doi: 10.1016/S0261-5606(01)00003-1
- Tamakoshi, G, Hamori, S. (2013). "Volatility and Mean Spillovers Between Sovereign and Banking Sector CDS Markets: A Note on The European Sovereign Debt Crisis". *Applied Economics Letters*, 20(3), 262-266. doi: 10.1080/13504851.2012.689107
- Tong, W H. (1996). "An Examination of Dynamic Hedging". *Journal of International Money and Finance*, 15(1), 19-35.
- Trujillo-Barrera, A, Mallory, M, Garcia, P. (2012). "Volatility Spillovers in U.S. Crude Oil, Ethanol, and Corn Futures Markets". *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 37(2), 247-262.
- Tsay, R S. (2005). *Analysis of Financial Time Series*: Wiley Interscience.
- Tse, Y K, Tsui, A. (2000). "A Multivariate GARCH Model With Time-Varying Correlations". Available at SSRN 250228.

Valadkhani, A, Harvie, C, Karunanayake, I. (2013). "Global Output Growth and Volatility Spillovers". *Applied Economics*, 45(5), 637-649. doi: 10.1080/00036846.2011.608648

Wu, C C, Li, J L, Zhang, W. (2005). "Intradaily Periodicity and Volatility Spillovers Between International Stock Index Futures Markets". *Journal of Futures Markets*, 25(6), 553-585. doi: 10.1002/Fut.20155

**ÖZGEÇMİŞ**

<b>Kişisel Bilgiler</b>	
<b>Adı ve Soyadı</b>	Ali SATTARY
<b>Doğum Yeri ve Tarihi</b>	Tabriz- 1970
<b>Eğitim Durumu</b>	
<b>Lisans Öğrenimi</b>	Tebriz İslami Azad Üniversitesi İktisat Teorisi Bölümü
<b>Yüksek Lisans Öğrenimi</b>	İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, İşletme Anabilim Dalı Finansman Bilim Dalı
<b>Yabancı Dil</b>	İngilizce, Farsça, Azerbaycan Türkçesi, İstanbul Türkçesi, Arapça
<b>Bilimsel Faaliyetler</b>	
<b>İş Deneyimi</b>	
<b>Çalıştığı Kurumlar</b>	*University College of Nabi Akram (UCNA), Department of Management, (2004-...)
<b>İletişim</b>	
<b>Email</b>	<a href="mailto:ali.sattari@atauni.edu.tr">ali.sattari@atauni.edu.tr</a>