

T.C.
DOKUZ EYLÜL ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İKTİSAT ANABİLİM DALI
FİNANSAL İKTİSAT VE BANKACILIK PROGRAMI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

BANKACILIKTA PİYASA RİSKİ YÖNETİMİ:
RİSKE MARUZ DEĞER (VaR) VE STRES TESTİ UYGULAMASI

Emirhan YAVUZ

Danışman
Prof. Dr. Mert URAL

İZMİR - 2019

YÜKSEK LİSANS
TEZ ONAY SAYFASI

Üniversite : Dokuz Eylül Üniversitesi
Enstitü : Sosyal Bilimler Enstitüsü
Adı ve Soyadı : EMİRHAN YAVUZ
Öğrenci No : 2012800034
Tez Başlığı : Bankacılıkta Piyasa Riski Yönetimi: Riske Maruz Değer (VAR) ve Stres
Testi Uygulaması

Savunma Tarihi : 14/06/2019
Danışmanı : Prof.Dr.Mert URAL

JÜRİ ÜYELERİ

<u>Ünvanı, Adı, Soyadı</u>	<u>Üniversitesi</u>	<u>İmza</u>
Prof.Dr.Mert URAL	-Dokuz Eylül Üniversitesi	
Prof.Dr.İsmail MAZGİT	- Dokuz Eylül Üniversitesi	
Doç.Dr.Mehmet GÜÇLÜ	- Ege Üniversitesi	

EMİRHAN YAVUZ tarafından hazırlanmış ve sunulmuş olan bu tez savunmada başarılı bulunarak oy birliği ☒ oy çokluğu () ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Metin ARIKAN
Müdür

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “**Bankacılıkta Piyasa Riski Yönetimi: Riske Maruz Değer (VaR) ve Stres Testi Uygulaması**” adlı çalışmanın, tarafımdan, akademik kurallara ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını ve yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve bunu onurumla doğrularım.

Tarih

....../....../.....

Emirhan YAVUZ

İmza

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

**Bankacılıkta Piyasa Riski Yönetimi:
Riske Maruz Değer (VaR) ve Stres Testi Uygulaması**

Emirhan YAVUZ

Dokuz Eylül Üniversitesi

Sosyal Bilimler Enstitüsü

İktisat Anabilim Dalı

Finansal İktisat ve Bankacılık Programı

1980’li yılları izleyen zaman zarfında, özellikle küresel finansal sistem içerisinde sınırların ortadan kalkması ve yaşanan gelişmelerle birlikte artan belirsizlikler, finansal kurumlar ve özellikle büyüklükleri ile işlevleri açısından finansal piyasaların lokomotifi olan bankalar açısından yıkıcı sonuçlara neden olmuştur. Bu tecrübeler, karşılaşılabilecek risklerin tanımlanması ölçülmesi ve izlenmesi süreci olan risk yönetimi kavramının finansal literatürde önem kazanmasına ve risk yönetiminin karar alma süreçlerinde yer edinmesine yol açmıştır

Son yıllarda yaşanan teknolojik gelişmelerle finansal piyasalara erişim imkanının ve işlem hızlarının artması, rekabet artışı ile işlem maliyelerinin azalması, küresel likidite artışı gibi etkenler piyasalara artan oynaklık ve risk olarak yansımıştır. Matematik, istatistik, ekonometri, finans ve bilgi teknolojilerinin kesişiminde konumlanan ara bir disiplin olarak risk yönetimi, karşılaşılan ve gün geçtikçe çeşitlenen risklerin yönetiminde önemli bir araç olmuştur.

Çalışmada piyasa riskinin ölçümünde yaygın biçimde kullanılan Riske Maruz Değer (RMD) yöntemleri ile finansal varlık getiri serileri değişen varyans modellemesinin sermayenin etkin yönetimindeki önemi sınanmıştır. Ayrıca stres testleri aracılığıyla, sermayenin olağan dışı piyasa koşullarında karşılaşılabilecek kayıplara karşı dayanıklılığı uygulamalı olarak incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Piyasa Riski, Riske Maruz Değer, Değişen Varyans, Oynaklık Modellemesi, Stres Testi

ABSTRACT
Master's Thesis
Market Risk Management in Banking:
Value at Risk (VaR) and Stress Testing Application

Emirhan YAVUZ

Dokuz Eylül University
Institute of Social Sciences
Department of Economics
Financial Economics and Banking Program

Increasing uncertainties in the global financial system with the developments raised after the annihilation of the frontiers has caused destructive results for financial institutions and especially for the banks which have a leading role in financial markets with their size and functions. All these experiences have led risk management to come into prominence in financial literature and to situate in decision-making processes which is briefly defined as defining, measuring and monitoring process of risks would be encountered.

Factors such as increasing facilities of accessing to financial markets with the technological advances, cost decreasing effects of climbing competition and the growing global liquidity have reflected as increasing volatility and risk to financial markets in last recent years. In this era, risk management as an intermediary discipline which is situated at the intersection of mathematics, statistics, econometrics, finance and information technologies has become a crucial tool in managing the risks encountered that varying day to day.

This thesis is specifically concerned with the effects of selection of the most efficient Value at Risk model(s) among the widely used models for measuring market risk and the most efficient ARCH/GARCH type model(s) used for modeling the heteroscedasticity in financial asset returns on the management of the capital effectively. Furthermore, the resistance of the capital was examined with stress tests against the extraordinary losses that would be encountered in exceptional market conditions.

Keywords: Market Risk, Value-at-Risk, Heteroscedasticity, Volatility Modelling, Stress Testing

**BANKACILIKTA PİYASA RİSKİ YÖNETİMİ:
RİSKE MARUZ DEĞER (VaR) VE STRES TESTİ UYGULAMASI**

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	ii
YEMİN METNİ	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
KISALTMALAR	ix
TABLolar LİSTESİ	xii
ŞEKİLLER LİSTESİ	xiii
EKLER LİSTESİ	xiv
GİRİŞ	1

BİRİNCİ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKLER ve RİSK YÖNETİMİNİN ÖNEMİ

1.1. FİNANSAL RİSK VE RİSK YÖNETİMİ KAVRAMI	5
1.2. RİSK YÖNETİMİNE DUYULAN İHTİYAÇ	9
1.3. BANKALARIN KARŞILAŞTIKLARI TEMEL RİSKLER	11
1.3.1. Kredi Riski	12
1.3.2. Piyasa Riski	14
1.3.3. Operasyonel Risk	15

1.4. BASEL DÜZENLEMELERİ ve PİYASA RİSKİ	16
1.4.1. Basel I	17
1.4.2. Basel II	19
1.4.2.1. İçsel Model Yaklaşımında Nitel Standartlar	22
1.4.2.2. İçsel Model Yaklaşımında Nicel Standartlar	23
1.4.3. Basel III	22

İKİNCİ BÖLÜM

PİYASA RİSKİ ÖLÇÜM VE YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNİK KAVRAMLAR

2.1. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ	31
2.2. İSTATİSTİKİ DAĞILIMLAR	40
2.2.1. Normal Dağılım	40
2.2.2. Student-t Dağılımı	43
2.2.3. GED Dağılımı (Generalized Error Distribution)	44
2.3. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞANLIK	45
2.3.1. Otoregresif - AR(p) Süreci	46
2.3.2. Hareketli Ortalama – MA(q) Süreci	47
2.3.3. Otoregresif Hareketli Ortalama – ARMA(p,q) Süreci	48
2.4. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DEĞİŞEN VARYANS SORUNU	49
2.4.1. Otoregresif Koşullu Değişen Varyans - ARCH Modeli	50
2.4.2. Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans – GARCH Modeli	52
2.4.3. Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalama – EWMA Modeli	54
2.4.4. Üssel GARCH – EGARCH Modeli	54
2.4.5. Eşik GARCH – TGARCH Modeli	55
2.4.6. Genelleştirilmiş Üssel Asimetrik ARCH - APGARCH Modeli	56

2.5. PİYASA RİSKİ ÖLÇÜMÜ VE RİSKE MARUZ DEĞER (VaR) YÖNTEMİ	58
2.5.1. Varyans/Kovaryans Yöntemi - Parametrik Yöntem	62
2.5.2. Tarihsel Simülasyon	64
2.5.3. Monte Carlo Simülasyonu	65
2.6. GERİYE DÖNÜK TEST (BACKTESTING)	68
2.7. STRES TESTLERİ VE SENARYO ANALİZLERİ	69

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİPOTETİK BANKA PORTFÖYÜNE DAYANAN PİYASA RİSKİ ve STRES TESTİ ANALİZLERİ

3.1. LİTERATÜR TARAMASI	74
3.2. VERİ SETİ VE YÖNTEM	77
3.3. ÇALIŞMA PORTFÖYÜ TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ	81
3.4. KOŞULLU DEĞİŞEN VARYANS MODELLERİ	86
3.5. HİPOTETİK BANKA PORTFÖYÜ RİSKE MARUZ DEĞER ve STRES TESTİ ANALİZLERİ	91
3.5.1. Riske Maruz Değer Tahminlemeleri	91
3.5.2. Geriye Dönük Test (Backtesting) Uygulamaları	93
3.5.3. Stres Testi Analizleri	101
SONUÇ	108
KAYNAKÇA	112
EKLER	

KISALTMALAR

ADF	Augmented Dickey Fuller
AIC	Akaike Information Criterion (Akaike Seçim Kriteri)
AKBNK	Akbank T.A.Ş Hisse Senedi
APGARCH	Assymetric Power GARCH (Üssel Asimetrik GARCH)
AR	Autoregressive (Otoregresif Süreç)
ARCH	Autoregressive Conditional Heteroskedasticity (Otoregresif Koşullu Değişen Varyans)
ARMA	Moving Average (Otoregresif Hareketli Ortalama Süreç)
BASEL	Basel Sermaye Uzlaşısı
BBA	British Bankers' Association
BDDK	Bankacılık Düzenleme Denetleme Kurulu
BIMAS	Birleşik Mağazalar A.Ş. Hisse Senedi
BIST	Borsa İstanbul
BOE	Bank of England (İngiltere Merkez Bankası)
BOJ	Bank of Japan (Japonya Merkez Bankası)
CF	Cash Flow (Nakit Akışı)
CIMA	The Chartered Institute of Management Accountants
DJI	Dow Jones Industrial Index (Dow Jones Endüstri Endeksi)
ECB	European Central Bank (Avrupa Merkez Bankası)
EGARCH	Exponential GARCH (Üssel GARCH)
EREGL	Ereğli Demir ve Çelik Fabrikaları T.A.Ş. Hisse Senedi
EUR	Euro

EWMA	Exponentially Weighted Moving Average (Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalama)
Fed	Federal Reserve (Federal Rezerv Sistemi - ABD Merkez Bankası)
G10	Group of Ten
G-30	Group of Thirty
GARAN	T. Garanti Bankası A.Ş. Hisse Senedi
GARCH	Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity (Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans)
GED	Generalized Error Distribution
GJRGARCH	Glosten, Jagannathan ve Runkle GARCH
HALKB	Türkiye Halk Bankası A.Ş. Hisse Senedi
HQ-IC	Hannah-Quinn Information Criterion (Hannah-Quinn Seçim Kriteri)
IBEX-35	Índice Bursátil Español (İspanyol Borsası Endeksi)
ISCTR	Türkiye İş Bankası A.Ş. C Grubu Hisse Senedi
ISDA	International Swaps and Derivatives Association
KCHOL	Koç Holding A.Ş. Hisse Senedi
LL	Log Likelihood (Log Benzerlik)
MA	Moving Average (Hareketli Ortalama Süreç)
MSCI	Morgan Stanley Capital International
NASDAQ	National Association of Securities Dealers Automated Quotations
OECD	The Organisation for Economic Co-operation and Development (Ekonomik Kalkınma ve İşbirliği Örgütü)
RMA	Risk Management Association
RMD	Riske Maruz Değer
S&P 500	Standard and Poors 500 Endeksi

SIC	Schwarz Information Criterion (Schwarz Seçim Kriteri)
TCELL	Turkcell İletişim Hizmetleri A.Ş. Hisse Senedi
TCMB	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TGARCH	Treshold GARCH (Eşik GARCH)
THYAO	Türk Hava Yolları A.O. Hisse Senedi
TRL	Türk Lirası
TUPRS	Türkiye Petrol Rafinerileri A.Ş. Hisse Senedi
USD	ABD Doları
VaR	Value At Risk (Riske Maruz Değer)
XAGUSD	ONS Gümüş/Dolar Paritesi
XAUUSD	ONS Altın/ABD Doları Paritesi

TABLÖLAR LİSTESİ

Tablo 1: Basel II Uzlaşısı Gelişmişlik Düzeyine Göre Risk Ölçüm Yaklaşımları	22
Tablo 2: Geriye Dönük Test Sapma Sayılarına Göre Uygulanacak Ek Çarpım Faktörleri	25
Tablo 3: Faiz Oranı Riski ile İlişkili Menkul Kıymetler Spesifik Risk Sermaye Yükümlülükleri	26
Tablo 4: ARCH/GARCH Ailesi Modelleri Kısıtlar ve Oynaklık Formülleri	58
Tablo 5: RMD Yöntemlerinin Karşılaştırılması	67
Tablo 6: Hisse Senedi Portföyünün Seçimi	78
Tablo 7: Çalışma Portföyü Varlık Grubu/Enstrüman Dağılımı	79
Tablo 8: Portföy Varlıkları Getiri Serileri Tanımlayıcı İstatistikleri	81
Tablo 9: Fiyat ve Getiri Serileri ADF Test İstatistikleri	83
Tablo 10: Getiri Serileri AR(p), MA(q) ve ARMA(p, q) Kökleri	84
Tablo 11: Değişen Varyans (ARCH-LM) Testi Bulguları	85
Tablo 12: ARCH/GARCH Modeli Tahminlemeleri	87
Tablo 13: Koşullu Varyans Modellemesi ARCH-LM Testi Sonuçları	90
Tablo 14: Çalışma Portföyü RMD Ölçüm Sonuçları	91
Tablo 15: Koşullu Varyans Modelleri Parametrik RMD Sonuçları	92
Tablo 16: RMD Modelleri Geriye Dönük Test Bulguları	94
Tablo 17: RMD Tahmin Modelleri MAE ve RMSE İstatistikleri	96
Tablo 18: Uzlaşa İçsel Model Sermaye Yükümlülükleri	98
Tablo 19: Spesifik Risk Dahil Çalışma Portföyü Piyasa Riski Sermaye Yükümlülüğü Tutarları	100
Tablo 20: Tarihsel Stres Testi Senaryoları Piyasa Verileri	102
Tablo 21: Çalışma Portföyü Stres Testi Sonuçları	104
Tablo 22: Stres Senaryolarında Tahminlenen Kayıp Tutarları	106

ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 1 :	Risk Yönetimi Süreci	7
Şekil 2 :	Bankaların Karşılaştıkları Temel Riskler	12
Şekil 3:	Basel II Çerçevesi ve Yapısal Bloklar	21
Şekil 4:	BIST 100 Endeksi 2015 Yılı Getirileri Frekans ve Göreli Frekans Histogramları	33
Şekil 5:	Tam Simetrik ve Asimetrik Dağılımlarda Merkezi Eğilim Ölçüleri	34
Şekil 6:	Farklı Standart Sapmalara Sahip Dağılımlar	36
Şekil 7:	Pozitif (Sağ) Çarpık ve Negatif (Sol) Çarpık Dağılım Örnekleri	38
Şekil 8:	BIST 100 Endeksi 2000-2016 Yılı Getirileri Histogramı	39
Şekil 9:	Farklı Ortalama ve Varyanslara Sahip Normal Dağılım Örnekleri	41
Şekil 10:	3 Sigma (%68, %95, %99,7) Kuralı	42
Şekil 11:	Riske Maruz Değer Kavramı	59
Şekil 12:	BIST 100 Endeksi Günlük Getirileri Stres Penceresi Seçim	71
Şekil 13:	Stres Penceresi Seçimi	103

EKLER LİSTESİ

EK - 1:	Çalışma Portföyü	ek s.1
EK - 2:	Hisse Senedi Portföyü Seçimi	ek s.2
EK - 3:	Çalışma Gözlem Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları	ek s.3
EK - 4:	Çalışma Gözlem Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları	ek s.7
EK - 5:	Çalışma Test Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları	ek s.11
EK - 6:	Çalışma Test Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları	ek s.15
EK - 7:	29/12/2017 Tarihli Kovaryans Matrisi	ek s.19
EK - 8:	Cholesky (Kök) Matrisi Ayırıştırma Yöntemi	ek s.21
EK - 9:	RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri	ek s.22
EK - 10:	Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması Stres Senaryosu (Senaryo 1) Kovaryans Matrisi	ek s.28
EK - 11:	BREXIT ve 15 Temmuz Darbe Girişimi Stres Senaryosu (Senaryo 2) Kovaryans Matrisi	ek s.30

GİRİŞ

Küreselleşme ve liberalizasyon hareketleri ile birlikte sermaye faktörünün önündeki sınırların ortadan kalkması ve özellikle 2000’li yıllarda teknoloji alanında yaşanan gelişmelerle birlikte finansal piyasalara erişim imkanlarının ve hızının artması finansal piyasalara artan oynaklık ve risk olarak yansımıştır. Bu süreçte finansal sistemin temel unsurlarından fon arz ve talep eden tarafların riskten korunmalarını amaçlayan finansal enstrümanlarda spekülasyon amaçla artan kaldıraçlı pozisyonlarda varlık ve yükümlülüklerin orantısız tesisi nedeniyle finansal risklerin artmasına neden olmuştur. Tüm bunlar karşılaşılan risklerin tanımlanması, ölçülmesi ve takibini özellikle finansal kurumlar açısından kaçınılmaz kılmıştır.

Finansal sistemin lokomotifleri olan ve temel işlevi fon arz edenlerden mevduat toplayarak fon talep edenlere kredi sunmak olan bankalar ise, bu temel faaliyetleri nedeniyle kredi riskine maruz kalırken piyasa bazlı faaliyetleri nedeniyle piyasa riskine de açıktır. Piyasa fiyatlarındaki hareketlerden dolayı bilanço içi veya dışı pozisyonlarda ortaya çıkabilecek kayıp riski olarak tanımlanan piyasa riskinin diğer risk tiplerine kıyasla daha dinamik bir yapısı olduğu söylenebilir. Piyasa riskinin bu özelliği, sermayenin korunması amacıyla piyasa riskine maruz bilanço içi ve bilanço dışı pozisyonların riskinin sıklıkla ölçülmesini ve takibini zorunlu kılmaktadır.

Büyükölükleri açısından bankaların karşılaşılabilecekleri kayıpların, finansal piyasalar ile birlikte reel sektör açısından ve hatta artan entegrasyon sonucu ulusal piyasaların yanı sıra uluslararası piyasaları da tehdit ettiğı geçmişte yaşanan finansal başarısızlıklarla tecrübe edilmiştir. Tecrübe edilen bu yıkıcı sonuçlar ulusal ve uluslararası düzenleyici kurumları bankaların denetimi ve gözetimi yoluyla finansal istikrarın sağlanması konusunda çözüm arayışına itmiştir.

Uluslararası Ödemeler Bankası (BIS) bünyesinde kurulan Basel Komitesi, bu konuda ilk ortak çalışması olan Concordat'ı 1975 yılında yayımlamış, 1988 yılında ise uluslararası faaliyet gösteren bankaların sermaye yeterliliklerinin uluslararası düzeyde uyumlaştırılmasına odaklanan Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması (Basel Sermaye Uzlaşısı) çalışması Komite tarafından onaylanmıştır. Türkiye, 26 Ekim 1989 tarih ve 20324 sayılı resmi gazetede yayımlanan 6 sayılı tebliğ ile Uzlaşısı'ya yönelik ilk uyum çalışması yürüten ülkelerden olmuştur.

Uzlaşısıya yönelik temel eleştiriler üzerine Komite tarafından 1996 yılında, bankaların karşılaştığı piyasa riskleri ile piyasa riski için kullanılacak sermayenin tanımının yapıldığı ve piyasa riskine esas tutarın hesaplanmasına ilişkin çerçevenin belirlendiği Piyasa Riski Düzenlemesi (Market Risk Amendment) yayımlanmıştır. Daha sonrasında Komite tarafından yayımlanan İstisari Metin'ler ise ülke denetim otoriteleri, bankalar ve ilişkili taraflardan alınan yorumlar çerçevesinde revize edilerek gözden geçirilmiş ve Basel II adıyla bilinen kapsamlı Uzlaşısı 2004 yılında yayımlanmıştır. Basel II'de piyasa riskine ilişkin 1996 yılındaki düzenlemeye ek gelişme bulunmazken, 2008 Küresel Ekonomik Krizi ile piyasa riskinin ölçümünde karşılaşılan eksiklikler Basel 2,5 olarak nitelendirilen, Komite tarafından yayımlanan "Basel II Çerçevesinde İyileştirmeler", "Basel II Piyasa Riski Çerçevesindeki Değişiklikler" ve "Alım Satım Hesaplarındaki İlave Riskin Hesaplanmasına İlişkin Rehber" metinleri ile birlikte giderilmiştir.

Piyasa riskinin önemi düzenlemelerle birlikte ortaya koyulurken, Uzlaşısı'yla birlikte piyasa riskinin ölçümüne yönelik ilgi ve finansal yazındaki çalışma sayısı da zaman içerisinde artış göstermiştir. Çalışmalar özellikle risk tahmincileri ve riskin bir ölçüsü olarak riske maruz değer tahminlemelerinin etkinliği üzerinde yoğunlaşırken, risk ölçümlerinde faydalanılan finansal zaman serilerinin karakteristik özellikleri olan şişman kuyruk (fat tail) ve zamana göre değişen varyans (heteroskedasticity) sorunlarını ele alan koşullu varyans modellerine dayanan risk analizlerini konu edinen çalışmaların sayısında git gide arttığı gözlenmektedir.

Çalışmada öncelikle finansal risk kavramı ile risk yönetimi sürecinin kavramsal çerçevesine yer verilerek, oluşturulan hipotetik banka alım-satım portföyünde yer alan finansal enstrümanların fiyat ve getiri serilerinin tanımlayıcı istatistikler yardımıyla temel özellikleri ortaya konulacak, ardından Uzlaşî’da bankaların kullanımına sunulan İçsel Model Yaklaşımına ilişkin nitel ve nicel standartlar çerçevesinde farklı riske maruz değer yöntemleri ile piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğü ölçümlerine yer verilecektir. ARCH/GARCH uzantısı modellerle koşullu varyans tahminlemesi yoluyla, analizlerde kullanılan finansal zaman serilerinin dağılım ve değişen varyans özellikleri gözetilerek yapılacak riske maruz değer tahminlerinin karşılaştırmalı olarak etkinliği sınanacaktır. Modellerin kullanıma uygunluğu ve etkinliği geriye dönük test analizleri ile sınanacak, ardından stres testleri ile olağan dışı piyasa koşullarında çalışma portföyünün karşılaşılabileceği kayıplarda sermayenin dayanıklılığı test edilecektir.

BİRİNCİ BÖLÜM

FİNANSAL RİSKLER ve RİSK YÖNETİMİNİN ÖNEMİ

1980’li yılları izleyen zaman zarfında, özellikle küresel finansal sistem içerisinde sınırların ortadan kalkması ve yaşanan gelişmelerle birlikte artan belirsizlikler ve bu belirsizliklerin yıkıcı sonuçları, risk ve risk yönetimi kavramlarının finansal literatürde önem kazanmasına yol açmıştır.

Risk en genel anlamıyla gerçekleşen durumun öngörülen durumdan sapması olarak tanımlanmaktadır. Ancak gerçekleşen durum ile beklenen ya da öngörülen durum arasındaki sapmanın ölçülemeyen kısmı belirsizlik olarak ifade edilmektedir. Dolayısıyla risk kavramını bir faaliyetin olası sonuçlarından ölçülebilir/sayısallaştırılabilir gerçekleşen sapma olarak tanımlamak mümkündür.¹ Bu tanıma göre her ne kadar finansal literatürde risk kavramına ilişkin “kayıp yaşama olasılığı” gibi genel bir tanım bulunsa da, kaybın yaşanma olasılığının öngörülebilir ve ölçülebilir olması gerekir.

BDDK ise riski, bir işleme ya da faaliyete ilişkin bir parasal kaybın ortaya çıkması veya bir giderin ya da zararın oluşması halinde ekonomik faydanın azalması ihtimali olarak tanımlamaktadır.² BDDK’nun ilgi ve faaliyet alanı göz önünde bulundurulduğunda, yapılan tanımda risk kavramının ekonomik sonuçlarına vurgu yapıldığı görülmektedir.

Bir başka tanıma göre ise risk; amaçları, stratejileri, projeleri, rutin faaliyetleri, hedefleri, temel süreçler ile sorumlulukları ve hissedarların beklentilerini etkileyebilecek bir olgudur.³ Bu tanımda bahsi geçen etkilerin en aza indirilerek yönetilebilmesi yetisini sağlayan finansal risk yönetiminin kavranabilmesi, öncelikle finansal risk kavramının ve risk yönetimi çerçevesinin doğru bir şekilde tanımlanmasına bağlıdır.

¹ The Chartered Institute of Management Accountants, **CIMA Official Terminology 2005 Edition**, CIMA Publishing, 2005, s.52

² Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu, **Bankaların İç Sistemleri Hakkında Yönetmelik**, Resmi Gazete Sayı: 28337, 2012

³ Paul Hopkin, **Fundamentals of Risk Management: Understanding, Evaluating, And Implementing Effective Risk Management**, Kogan Page Limited, 2010, s.12

1.1. FİNANSAL RİSK VE RİSK YÖNETİMİ KAVRAMI

Finansal risk, parasal ekonomilerin vazgeçilmez unsuru olan finansal sistem içerisinde gerçekleşen finansal işlemler veya finansal ilişkilerden doğan kayıp riski olarak tanımlanabilir. Finansal risk bahsi geçen finansal işlemler sonrası elde edilen varlıkların fiyat oynaklıklarından kaynaklanabileceği gibi, finansal bir ilişkinin taraflarının yükümlülüklerini yerine getirmemesi ya da tüm bu işlemlerin gerçekleştirilmesi esnasındaki organizasyonel süreçlerdeki eksikliklerden kaynaklanmaktadır.

Genel geçer bir şekilde firmaların esas amacı firma değerini arttırırken hissedarları için değer yaratmaktır.⁴ En basit haliyle bir firmanın değeri aşağıdaki formül yardımıyla ölçülebilir.

$$\begin{aligned} E(CF)_t &= \text{Beklenen Nakit Akışları} \\ r_t &= \text{Beklenen Getiri/İskonto Oranı} \end{aligned} \quad \text{iken} \quad \text{Firma Değeri} = \sum_{t=1}^{\infty} \frac{E(CF)_t}{(1 + r_t)^t}$$

Finansal risk kavramının temelde mikro ekonomik bakış açısıyla, firmaların esas amacı olan kar güdüsüyle yaptıkları yatırımların çıktılarının yani yukarıdaki formülden hareketle nakit akışlarının bugünkü değerlerinin öngörülememesinden kaynaklandığı söylenebilir. Her finansal yatırım, riskini de beraberinde getirir. Gelecekte piyasa koşullarının ne olacağının tam olarak bilinmemesinden dolayı, yapılan yatırımların ilerideki değeri de kesin olarak tespit edilemez.⁵ Her finansal yatırım kararının altında da bir beklenen getiri bulunmaktadır. O halde tüm bunlardan yola çıkarak finansal risk kavramı, finansal bir yatırımdan elde edilecek getirinin gelecekte bu yatırımdan beklenen getiriden sapma olasılığı olarak tanımlanabilir.

Finansal piyasalardaki baş döndüren gelişmeler ile birlikte daha sık karşılaşılan olağan dışı piyasa hareketleri, risk yönetimi ihtiyacının doğmasına ve günden güne

⁴ Gerard Schroeck, **Risk Management and Value Creation in Financial Institutions**, John Wiley & Sons, 2002, s.10

⁵ K. Evren Bolgün ve Barış Akçay, **Risk Yönetimi**, 3. Baskı, Scala Yayıncılık, İstanbul, 2009, s.47

önem kazanmasına yol açmıştır. Bu noktada risk kavramının tanımlanmasının ardından risk yönetimi kavramının da tanımlanması ihtiyacı doğmaktadır.

Risk yönetimi; bir süreç olarak, karşılaşılan ya da karşılaşılabilecek risklerin tanınması/tanımlanması, risk iştahı/risk profili dahilinde limitlendirmelerin yapılması, ölçülmesi, risklerin takip edilmesi/izlenmesi ve riskin azaltılması yada transfer edilmesine yönelik faaliyetler bütünüdür.

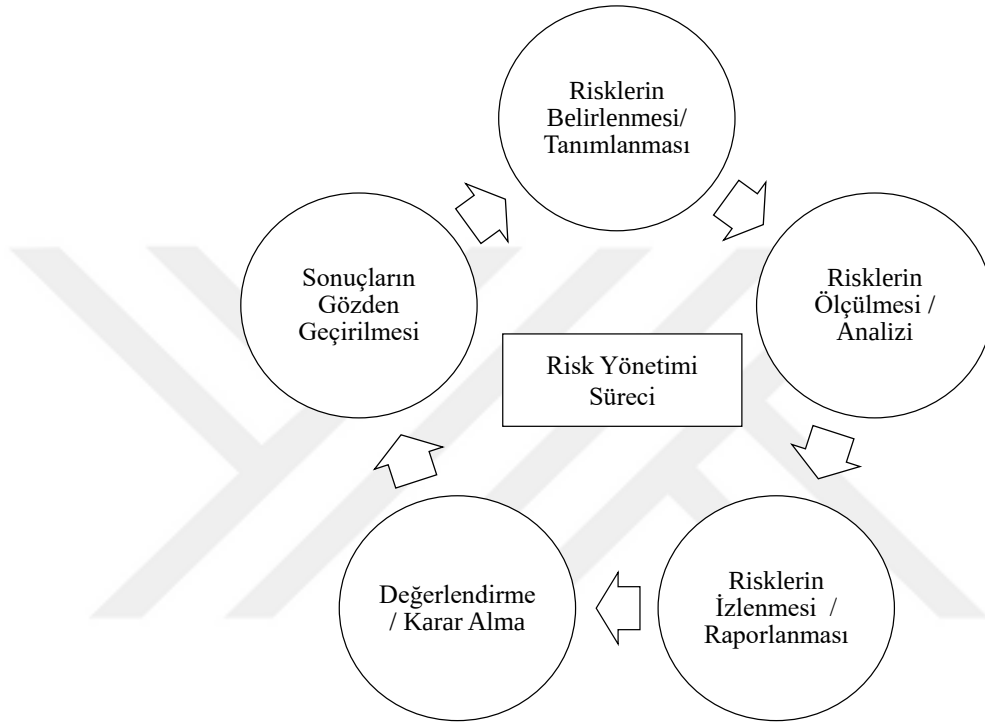
Risk yönetimi, finansal kurumlarda izleyici ve denetleyici yönüyle daha ziyade korumacı/defansif bir fonksiyon olarak algılanmaktadır. Ancak modern anlamda risk yönetimi yalnızca defansif bir olgu olarak düşünülmemelidir. Risk yönetimi asıl olarak firmaların üstlenecekleri risk tipi ve seviyesinin seçimiyle de ilgilenir.⁶ Doğru kurgulanmış bir risk yönetimi süreci, seçilen varlıkların optimum miktarlarda, optimum tutarlarda portföye alınmasını sağlayarak risk/getiri ayarlaması yoluyla sermayenin yada sahip olunan kaynakların etkinliğini arttıracaktır. Aktif bir risk yönetimi politikası ise örneğin piyasa koşullarına göre şekillenen limitler yardımıyla risk-on olarak anılan piyasada risk iştahının arttığı dönemlerde kurumların riskten korunarak aynı zamanda hareket edebilme kabiliyetini arttıracak, dolayısıyla potansiyel getirilerin kaçırılmamasını sağlayacaktır. Görüldüğü üzere sayısı arttırılabilecek bu örnek uygulamalar yoluyla modern anlamda risk yönetimi, korumacı fonksiyonunun yanı sıra üstlenilecek risklerin ve seviyelerinin belirlenmesi yoluyla risk ayarlı getirilerin optimizasyonu konusunu da işlemektedir.

Risk yönetimi çerçevesinin uygulamaya konmasında ilk aşama kurumlarda risk kültürünün oluşturulmasına ve yerleştirilmesine bağlıdır. Risk kültürünün yerleşik kılınmadığı organizasyonlarda, risk yönetimi fonksiyonunca belirlenen üstlenilecek risk tipi ve risk seviyeleri kabul görmeyecek ve bunlara uyum sağlanması

⁶ Michel Crouchy, Dan Galai ve Robert Mark, **The Essentials of Risk Management**, McGraw-Hill, 2006, s.16

beklenemeyecektir. Ancak kurum çapında kurulan sistem ve süreçlerin sahiplenilmesi ile sürekli bir iyileşme ve gelişim sarmalına kurum dahil olacaktır.⁷

Şekil 1 : Risk Yönetimi Süreci



Kurumların faaliyet gösterdikleri iş kolları, ürün/müşteri/piyasa segmentasyonları, portföylerindeki varlıkların ağırlıkları, çeşitliliği ve karmaşıklığı gibi temel etkenlerin yanı sıra birçok etken karşılaşılabilecekleri ya da üstelenecekleri risk tiplerini de farklılaştırmaktadır. Örneğin konvansiyonel bankacılık hizmeti veren bir banka ile aracılık faaliyeti yürüten bir yatırım kuruluşunun karşılaşılabilecekleri risklerin aynı olması ya da aynı risk tipine aynı seviyede maruz kalmaları beklenemez. Yine aynı şekilde portföyünde yalnızca hisse senedi bulunan bir yatırım fonu ile geniş bir yelpazeye sahip, portföyünde karmaşık türev ürünlere kadar çeşitli finansal enstrümanlar bulunduran bir yatırım fonunun da içerdikleri ve karşılaşılabilecekleri riskler birbirinden farklı olacaktır. Bu durum karşılaşılabilecek ve üstlenilebilecek risklerin doğru ve açık bir şekilde belirlenmesi ve tanımlanmasını zorunlu kılmaktadır. Risk yönetimi

⁷ K. Evren Bolgün ve Barış Akçay, **Risk Yönetimi**, 3. Baskı, Scala Yayıncılık, İstanbul, 2009, s.544

çerçevesinin sonraki aşamalarında yürütülecek ölçüm ve izleme faaliyetleri ancak bu şekilde anlamlı ve kullanılabilir sonuçlar üretecek ve amaca hizmet edecektir.

Tanımlanan risklerin periyodik olarak takibinin yapılabilmesi ve üst yönetim bilgilendirilerek gerekli kararların alınabilmesi için öncelikle sınırların çizilmesi gerekmektedir. Bunun için tanımlanan risk tipleri dahilinde önem seviyeleri göz önünde tutularak, belirlenecek parametreler için kurumun risk iştahı ve risk profili dahilinde limitlendirmeler yapılmalıdır. Risk ölçümlerinde dikkate alınacak parametreler limitlendirme aşamasında belirlenerek, takibin bu limitler dahilinde sürdürülmesi, limit aşımı veya tanımlanacak uyarı seviyelerine yaklaşılması halinde üst yönetimin bilgilendirilmesi ve riskin azaltılması veya transferi için gerekli aksiyonun alınmasının sağlanması amaçlanmaktadır. Limitlendirmeye esas parametreler ise risk tipine veya varlık tipine göre farklılık gösterebilir. Örneğin piyasa riskinin ölçümü ve takibi açısından bir tahvil/bono portföyü toplam pozisyon büyüklüğü yada durasyon parametresine göre, opsiyon portföyü ise greek parametrelerine göre limitlendirilebilir.

Risk yönetiminin en aktif faaliyet alanını ise risklerin ölçülmesi ve limitlendirmeler dahilinde raporlanması oluşturmaktadır. Risk yönetimi özellikle matematik, istatistik, ekonometri, finans ve bilgi teknolojilerinin kesişiminde konumlanan ara bir disiplin olarak, tüm bu ana disiplinlerden teorik ve pratik anlamda faydalanmaktadır. Risk ölçümlerinde istatistiki ve ekonometrik modeller ağırlıklı kullanılırken matematiksel hesaplamalara yoğun olarak başvurulmaktadır. Bu büyük çaplı hesaplamalarda günümüzde büyük veri (big data) analizleri kapsamında değerlendirilmekte, artan ve zenginleşen veri yapısı nedeniyle bilgi teknolojilerinin gücüne de ciddi ölçüde ihtiyaç duyulmaktadır. Büyük çaplı analizlerin yanı sıra simülasyonlara başvurulması, validasyon çalışmalarında karmaşık hesaplamaların ve analizlerin gerekliliği, ihtiyaç halinde geriye dönük uzun vadeli verilere ulaşılması ve bu verilerin işlenmesi bilgi teknolojilerinin risk yönetimi faaliyetlerindeki önemini daha da arttırmaktadır. Öyleki piyasa ile eşzamanlı risk yönetimi uygulamaları ile birlikte bağlantı ve emir iletim hızı, ağ kalitesi, sunucu konumlandırması gibi kavramlar da git gide önem kazanmaktadır.

Yapılan ölçümleme çalışmaları sonuçlarının anlamlandırılması, özetlenerek üst yönetimin bilgilendirilmesi aşaması ise risklerin takibi ve raporlama aşamasını oluşturmaktadır. Bu aşamada ölçüm sonuçları risk yönetimi fonksiyonunca anlamlı, açık ve herkes tarafından anlaşılabilir çıktılarına dönüştürülerek kullanılabilir kılınmalıdır. Risk ölçüm çalışmalarının ham sonuçları bu aşamada yorumlanıp, önceden çizilen sınırlara göre raporlar haline getirilerek kurum çapında karar alma süreçlerinin bir aracı olacak hale getirilmelidir. Kurum çapında risklerin anlaşılabilir kılınması ve kabullenilerek bu yolda doğru ve etkin kararların alınabilmesi, bu aşamadaki çalışmaların niceliksel olduğu kadar niteliksel boyutuna da önem kazandırmaktadır.

Limitlendirmeler dahilinde yapılan ölçümleme çalışmalarının sonuçlarının periyodik olarak izlenmesi ve raporlanması faaliyetlerinin yani risk yönetimi sürecinin son aşamasını bu çıktıların değerlendirilmesi ve kararların alınması adımı oluşturmaktadır. Bu adımda, elde edilen çıktılar üst yönetimce değerlendirilerek, kurum çapında risklerin azaltılması ya da tolere edilebilir risklerin taşınmaya devam edilmesi yönünde kararların alınması ve gerekli uygulamaların hayata geçirilmesi söz konusudur. Kurumun karşılaşılabileceği risklerin doğru tanımlanması, ölçüm çalışmalarında etkin hesaplama yöntemlerinin ve modellerin kullanılması, izleme faaliyetlerinin hatasız ya da en az hata ile yapılması bu aşamada alınacak kararların niteliğini ve niceliğini doğrudan etkileyecektir.

1.2. RİSK YÖNETİMİNE DUYULAN İHTİYAÇ

Küreselleşme ile sermaye faktörünün önündeki sınırların ortadan kalkması ve günden güne teknolojik gelişmelere paralel olarak gelişen iletişim olanakları, küresel finansal piyasalara erişimi kolaylaştırmakta ve hızlandırmaktadır. Finansal piyasalara erişimin özellikle hızlanması ve hatta günümüzde yüksek frekanslı algoritmik işlemlerle insan faktörünün kısmen aradan çekilmesi ile işlem hızları artmakta, artan bu hız finansal piyasalara artan oynaklık ve dolayısıyla artan risk olarak yansımaktadır.

2008 küresel krizinin ardından özellikle önde gelen merkez bankalarının (Fed, ECB, BOE ve BOJ) öncelikli ulusal ve bölgesel ekonomileri ve toplamda küresel

ekonomiyi canlandırma çabalarıyla likidite artışı yaşanmıştır. Asıl amacı istihdam artışı ve ekonomik büyüme yaratmak olan bu çabalar, artan likiditenin etkisi ile finansal piyasaların dengelerini likidite bağımlısı kılmıştır. Merkez bankalarının küresel canlanmanın ardından bilanço küçültme çabaları ise haber etkileri ile dahi piyasaları tehdit etmektedir.

Son yıllarda finansal piyasalarda artan rekabetin etkisiyle işlem maliyetleri de oldukça düşmüş, küresel likidite artışına düşen paranın maliyeti de eklendiğinde piyasa aktörlerinin daha yüksek frekanslarla hareket etmesine olanak tanıyacak şartlar doğmuş, bu durumda yine artan oynaklık ve risk olarak finansal piyasaya yansımıştır.

Zaman içerisinde finansal mühendislik sayesinde aslen riskten kaçınma-korunma amacıyla finansal araç çeşitliliği artmış, spekülatif güdülerle bu finansal araçlar sermayenin getiriyle orantısız tesis edilmesine yol açarak mevcut risklerin dahada artmasına neden olmuştur. Gerek finansal kesimin büyük aktörleri, gerekse finansal kesim dışındaki kurumlar yüksek getiriler elde edebilmek amacıyla türev araçlar olarak adlandırılan bu finansal araçlardaki pozisyonlarını hızla arttırmış, ancak bu pozisyonlarını büyük ve yıkıcı zararlarla sonuçlandırmışlardır. Bunun en net örneği tarihi finansal skandalların arasına adını yazdıran Barings Bank örneğidir.

Finansal kurumlar ve özellikle büyüklükleri ile işlevleri açısından finansal piyasaların lokomotifi olan bankalar açısından yıkıcı sonuçlara neden olabilecek tüm bu gelişmeler ve tecrübeler ile finansal risklere yönelik ihtiyaçlar uluslararası düzenleyici kurumları zaman içerisinde çözüm arayışına itmiştir. Öyle ki bu yıkıcı etkilerin yalnızca finansal kurumlarla sınırlı kalmadığı, ulusal ve hatta artan entegrasyon sonucu uluslararası piyasaları da tehdit ettiği tecrübeler ile görülmüştür.

Bu yıkıcı sonuçların etkilerini en az düzeye indirebilmek, karşılaşılan ya da karşılaşılabilecek risklerin tanınmasını, ölçümünü ve takibini gerekli kılmakta ve gün geçtikçe artan ve çeşitlenen riskler risk yönetimi olarak tanımlanan faaliyetler bütününe önemini gün geçtikçe arttırmaktadır. Artan teknolojik imkanlar ve sürekli gelişim gösteren istatistiki ve ekonometrik teoriler ve yöntemler, tanımlanan risklerin

özellikle ölçümü konusunda etkinlik sağlamaktadır. Yine teknolojik imkanların sağladığı kolaylıklar sayesinde ölçümlenen finansal riskler gün geçtikçe daha yüksek frekanslarda izlenebilmekte ve gerektiğinde finansal risklere artık gerçek zamanlı önlemler dahi alınabilmektedir.

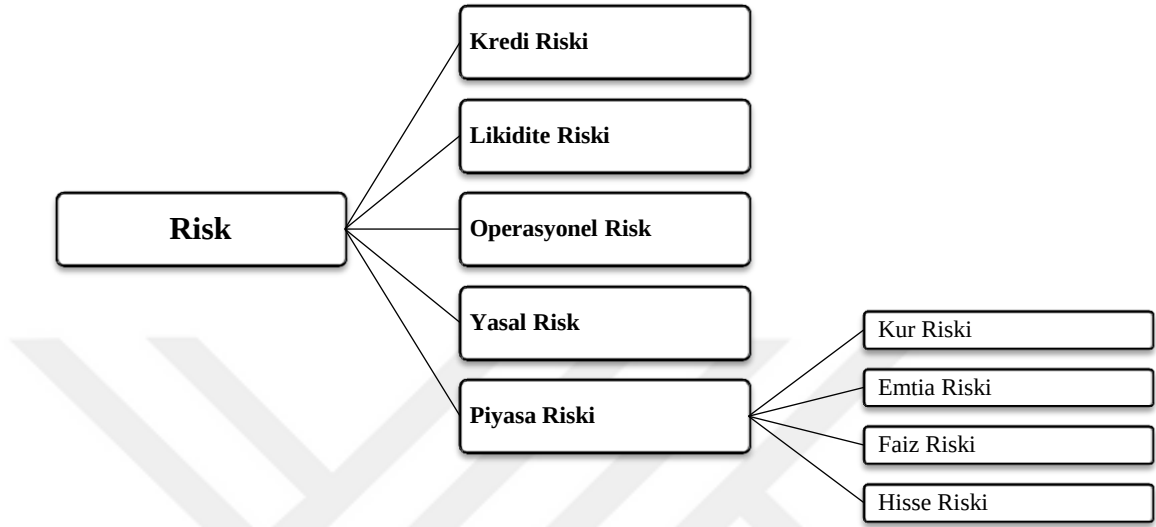
Artan ihtiyaçlar doğrultusunda gelişen risk yönetimi süreçleri ve sistemlerinin gelecekte karşılaşılabilecek daha ciddi problemlere karşı proaktif davranabilmeleri, ancak risk yönetimine ilişkin literatürün sürekli gelişim göstermesine bağlıdır. Bilimsel literatürün gelişebilmesinin yolu ise ancak kendinden önceki önermeleri, teorileri ve uygulamaları iyi bilmekten geçmektedir. Çalışmada risk yönetimi süreçlerinde aktif olarak kullanılan Riske Maruz Değer (Value at Risk – VaR) kavramı incelenecek, oluşturulacak teorik banka portföyünün karşılaştığı piyasa riskini en iyi ölçümleyecek model arama çalışması yapılacak ve model seçim kriterleri ile yasal düzenlemeler doğrultusunda en uygun model önerilecektir. Ayrıca riskleri ölçümlemek konusunda tavsiye edilecek modelin olağan piyasa koşulları altında başarısı Geriye Dönük Test ile sınanacak, oynaklığın çok yüksek seviyelere ulaştığı olağanüstü piyasa koşullarında modelin başarısını sınamak açısından ise stres testi konusu incelenecek ve uygulamaya koyulacaktır. Çalışmanın bundan sonraki kısmında Türkçe karşılığı olmak üzere VaR yerine RMD kısaltması kullanılmıştır.

1.3. BANKALARIN KARŞILAŞTIKLARI TEMEL RİSKLER

Finansal sistemin temel işlevi, fon fazlasına sahip olan piyasa katılımcıları ile fon açığına sahip piyasa katılımcılarını bir araya getirerek fon aktarımının sağlanmasıdır. Finansal sistemin unsurlarından olan finansal kurumların en başında bankalar sayılabilir. Bankaların temel işlevi ise finansal sistemin işleyişini sağlamak, yani fon fazlası olan katılımcılardan fonları mevduat olarak toplayarak bunları fon açığı bulunan katılımcılara kredi olarak sağlamaktır. Bu durum bankaların temelde kredi riskine açık olduklarını ortaya koymaktadır.

Ancak bankalar temel faaliyetlerinin gereği likidite riski ve operasyonel riske de açıkken, piyasa bazlı faaliyetlerinin sonucu olarak piyasa riski ve ülke riskine de maruz kalmaktadırlar.

Şekil 2 : Bankaların Karşılaştıkları Temel Riskler



Kaynak: Katerina Simons, Value at Risk – New Approaches to Risk Managment, New England Economic Review, 1996, s.7

Uluslararası faaliyet gösteren bankaların asgari sermaye gereksinimini tespit etmek amacının vurgulandığı Basel Sermaye Uzlaşısı'nda (BASEL II) ise sermaye yeterlilik oranının yasal sermaye ve risk ağırlıklı varlıklar esas alınarak hesaplandığı; risk ağırlıklı varlıkların toplamının ise piyasa ve operasyonel risk sermaye yükümlülüklerinin kredi riskine ilişkin risk ağırlıklı varlıklar toplamına eklenmesi suretiyle belirlendiği açıklanmaktadır. Dolayısıyla temelde bankaların karşılaştıkları kredi riski, piyasa riski ve operasyonel risk kavramlarının detaylandırılması ve iyi anlaşılması gerekir.

1.3.1. Kredi Riski

Kredi riski, karşı tarafın sözleşmeden doğan yükümlülüklerini yerine getirememesinden kaynaklanan ekonomik kayıp riskidir.⁸ Bankaların finansal sistem içerisindeki temel işlevi göz önünde bulundurulduğunda, diğer risk tiplerine kıyasla kredi riskinin önem açısından öne çıktığı söylenebilir. Öyleki, bankacılık sistemince kredi riski için ayrılan sermaye tabanı ile diğer riskler için ayrılan sermaye tabanı arasında muazzam bir fark bulunmaktadır. Ayrıca finansal kurumlar tarihçesi de en

⁸ Philippe Jorion, **Financial Risk Manager Handbook**, Wiley Finance Series, 5. Baskı, s.431

büyük banka kayıplarının (iflasların) kredi riskinden kaynaklandığını göstermektedir. Geri ödememe riski olarak tanımlanan kredi riski, bankalar açısından potansiyel kaybın en büyük kaynağı iken müşterilerin (kreditin karşı tarafının) sağlanan borç servisi karşılığında yükümlülüklerini yerine getirememeleri olarak ifade edilebilir.⁹ Kredi riskinin tanımında borca dair yükümlülüğün yerine getirilememesi konusu daha detaylı incelendiğinde aslında krediye ilişkin sözleşmenin yükümlülüklerinin herhangi bir şekilde yerine getirilememesi anlaşılmalıdır. Buna göre kredi sözleşmesinde yer alan tutarın vadesinde ödenememesi ya da vadesinde tam tutarın ödenememesi gibi farklı durumlar kredi riskinin kapsamını oluşturacaktır.

Bankalar için kredi portföyleri haricinde bankalararası piyasa işlemleri, ticaretin finansmanı, döviz piyasası işlemleri, finansal türev ürünler, swaplar, borçlanma araçları ve tüm bu işlemlerin takası da dahil kredi riskinin kaynağını oluşturabilir. Örneğin bir borçlanma aracının ihraççısı tarafından borçlanma aracının ara ödemelerinin (kupon ödemeleri gibi) yada vade sonunda anapara ve faiz ödemesinin zamanında yapılamaması ya da tezgahüstü bir türev işleminde karşı tarafın sözleşme yükümlülüklerini yerine getirememesi ya da reddetmesi de bu kredi riski kapsamında değerlendirilir.

Kredi riski yönetiminin amacı bankanın kredi pozisyonlarının kabul edilebilir parametreler dahilinde sürdürülerek risk ayarlı getirilerinin maksimize edilmesidir. Kredi riskinin önlenmesi için yürütülecek kredi riski yönetimi, müşteriye kredinin verilmesinden, müşteriden kredinin tahsil edilmesine kadar devam eden bir süreç olarak karşımıza çıkmaktadır.¹⁰ Bankalar kredi riskini yönetmek için içsel derecelendirme sistemi kurmakla, tasarlanan derecelendirme sistemlerinin kredi süreçlerinde aktif olarak kullanılması sağlamakla ve kredinin verilmesi sürecinde kredi alan için belirlenmiş derecelerin daha sonra düzenli olarak gözden geçirilmesi ile yükümlüdürler.¹¹ Kredi riski yönetiminin en önemli unsurlarından birisi de bankanın üslenebileceği risk sınırlarının belirlenmesidir. Bu risk limitleri karşı taraf, sektör, coğrafi bölge ve özel

⁹ Joël Bessis, **Risk Management in Banking**, John Wiley & Sons Ltd, 2. Baskı, 2001, s.13

¹⁰ Kaptan, Deniz Sarp. **Bankacılık Sektöründe Kredi Risk Yönetimi**, Beykent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 2015

¹¹ BDDK, **Bankaların Kredi Yönetimine İlişkin Rehber**, BDDK Kurul Kararı Sayı: 6827, 2016, s.14

ürünler bazında oluşturulmalıdır. Başlıca kredi riski problemi kredilerin sektör, coğrafya, ürün grubu gibi kategorilerde kümelenmesini ifade eden yoğunlaşmadır. Söz konusu risk limitleri bankanın verdiği kredilerin çeşitlendirilmesine imkan tanımakta, böylece tüm kredi riskinin etkin olarak yönetilmesini sağlamaktadır.¹²

1.3.2. Piyasa Riski

Piyasa riski, piyasa fiyatlarındaki hareketlerden dolayı bilanço içi veya dışı pozisyonlarda ortaya çıkabilecek kayıp riski olarak tanımlanmaktadır. Bilanço dışı işlemler doğrudan bilanço içinde yer almadan bankayı kar/zarar hesabı aracılığıyla etkileyen işlemlerdir. Bilanço dışı işlemler genel olarak borç araçları (kredi taahhütleri ve kredi teminat mektupları) ve türev ürünler olarak ikiye ayrılabilirler.¹³

BDDK'nın Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik'te bankaların para ve sermaye piyasalarında sürekli alım ve satım işlemlerinde bulunmak amacıyla kısa vadeli olarak ve/veya alım ve satım fiyatları arasındaki beklenen ya da gerçekleşen fiyat farklılıklarından ya da diğer fiyat ve faiz oranı değişikliklerinden faydalanmak amacıyla veya alım satıma aracılık ya da piyasa yapıcılığı nedeniyle ellerinde bulundurduğu repo ve menkul kıymet ödünç işlemlerine konu olanlar dahil finansal araçlar ve emtia ile söz konusu finansal araçlar ve emtia ile ilgili pozisyonlardan kaynaklanan risklerden korunma ya da bu riskleri azaltma amacıyla yapılan türev finansal araçlar ve spekülasyon amaçlı türev finansal araçların izlendiği bilanço içi ve dışı hesapları ve pozisyonları alım satım hesapları olarak tanımlanmaktadır.¹⁴ Bankalarda piyasa riski, tanımı yapılan alım-satım hesaplarında bulunan pozisyonların portföyden çıkarılabileceği (likide edilebilecekleri) süre içerisinde ilgili finansal araçların yada bu finansal araçların dayanak varlıklarının piyasa fiyatlarındaki hareketlerden doğabilecek kayıp riski olarak tanımlanabilir.

¹² Acar Boyacıoğlu, Melek ve Takan, Mehmet. **Bankacılık Teori, Uygulama ve Yöntem**, 4. Basım, Nobel Yayın, 2011, s.574

¹³ Aydan Aydın, **Bilanço Dışı İşlemler**, Bankacılar Dergisi, Sayı 34, 2000, s.65-81

¹⁴ BDDK, Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik, Resmi Gazete Sayı: 29511, 2015

Çalışmanın ana konusunu oluşturan piyasa riskinin ölçümü ve yönetimi, günden güne piyasada olağan dışı koşulların ve fiyat hareketlerinin meydana gelme sıklığı arttıkça önem kazanmaktadır. Piyasa riskinin ölçümünde tanımı kapsamında risk faktörlerini, portföyden çıkarılma sürelerini, gittikçe karmaşıkleşan finansal araçları ve portföylerin yapılarını gözönünde bulunduran ölçüm yöntemlerinin ve modellerin geliştirilmesi ihtiyacı doğmuştur. Bu kapsamda piyasa riski ölçümlemelerinde Riske Maruz Değer (RMD) yöntemi kullanılmaktadır. RMD hesaplamasında ise portföydeki varlık gruplarının ve varlık gruplarının getirilerinin karmaşıklığına göre tarihsel, parametrik ve Monte Carlo yöntemleri gibi farklı yöntemler uygulanmaktadır.

Piyasa riski kavramı varlık grupları bazında alt başlıklarda incelenebildiği (hisse senedi pozisyon riski, döviz riski vs.) ve aslında tüm bunları kapsadığı gibi ölçüm yöntemlerinde kullanılan modellerin seçiminden kaynaklanan model riskini, yatırım yapılan finansal aracın ihraççısından kaynaklanan karşı taraf riskini yada ihraç ülkesinden kaynaklanan ülke riski gibi çeşitli alt başlıkları da içeren ve bunlarla iç içe geçmiş bir yapıya sahiptir. Dolayısıyla piyasa riskinin yönetiminde yalnızca piyasada oluşan fiyat hareketleri değil, ölçüm modelinin seçiminden yatırım yapılacak finansal aracın ihraççısına, ülkesine ve o ülkedeki piyasa koşullarına kadar birçok etmen dikkate alınmalıdır.

1.3.3. Operasyonel Risk

Operasyonel risk, yetersiz veya başarısız dahili süreçler, insanlar ve sistemlerden veya harici olaylardan kaynaklanan kayıp riski olarak tanımlanır. Operasyonel riske ilişkin bu tanım, bu yönde yapılan en kapsamlı çalışma olan BBA, RMA ve ISDA (1999)'da yapılmış; sektörde genel kabul görmeye başlayan bu tanımda Basel Komitesince benimsenmiştir.¹⁵

BDDK'nın 8 Şubat 2001 tarihli ve 24312 sayılı resmi gazetede yayımlanan Bankaların İç Denetim ve Risk Yönetimi Sistemleri Hakkında Yönetmelik'te ise operasyonel risk;

¹⁵ Murat Mazıbaşı, **Operasyonel Riske Basel Yaklaşımı: Üç Yapısal Blok Çerçevesinde Bir Değerlendirme**, Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurulu Araştırma Raporları, Sayı: 2005/1, 2005, s.3

banka içi kontrollerdeki aksamalar sonucu hata ve usulsüzlüklerin gözden kaçmasından, banka yönetimi ve personeli tarafından zaman ve koşullara uygun hareket edilmemesinden, banka yönetimindeki hatalardan, bilgi teknolojisi sistemlerindeki hata ve aksamalar ile deprem, yangın, sel gibi felaketlerden kaynaklanabilecek kayıplara ya da zarara uğrama ihtimali olarak tanımlanmaktadır.

Operasyonel risk, bankaların karşılaştığı üç temel risk tipinden birisidir. Diğer risk tipleri ile kıyaslandığında yeni kurulan bir bankanın kredi işlemleri yada piyasa pozisyonu alınması öncesinde dahi operasyonel risklere maruz kaldığı söylenebilir. Operasyonel riskin kredi riski ve piyasa riski dışındaki tüm riskler olduğuna ya da tüm finansal olmayan riskleri kapsayan risk tipi olduğuna yönelik farklı tanımlamalarda bulunmaktadır.

Operasyonel risk sistem yetersizlikleri, yanlış veya eksik kurgulanmış iş süreçleri, sistem hataları, personel eksiklikleri ve hatalı işlemleri, personel yolsuzlukları gibi kurum içi faktörlerin yanı sıra; terörist saldırılar, siber saldırılar, doğal afetler, yasal düzenleme değişiklikleri ve düzenleyici otoritelerin değişen uygulamaları gibi kurum dışı faktörlerden kaynaklanmakta ve bu faktörlerin çeşitliliği ve sayısallaştırılmasının güçlüğü operasyonel riskin yönetimini daha da zorlu kılmaktadır.

Operasyonel riskin ölçümüne ilişkin Basel Sermaye Uzlaşısında Temel Gösterge Yaklaşımı, Standart Yaklaşım ve İleri Ölçüm Yaklaşımları olmak üzere üç farklı yöntem belirlenmiş; İleri Ölçüm Yaklaşımlarına ilişkin niteliksel ve niceliksel standartların sınırları çizilmiştir.

1.4. BASEL DÜZENLEMELERİ ve PİYASA RİSKİ

Kısa adıyla Basel Komitesi olan Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Komitesi G-10 ülkeleri merkez bankası başkanlarınca Batı Almanya'nın 35. büyük bankası olan Bankhaus Herstatt'ın iflası sonrası uluslararası döviz ve bankacılık piyasalarında karşılaşılan yıkıcı gelişmelerin sonrasında uluslararası bankacılık denetiminin güçlendirilmesi yoluyla finansal istikrarın tesis edilmesi ve güçlendirilmesi ile üye

ülkelere bankacılık denetimi konularında ortak çalışma imkanları yaratmak amacıyla 1974 yılında kurulmuştur. Komite 1975 yılında, uluslararası faaliyet gösteren bankaların kuruldukları ve şubelerinin, iştiraklerinin ve bağlı ortaklıklarının faaliyet gösterdikleri ülkeler arasında gözetim sorumluluklarının paylaşılması ilkelerini ortaya koyan ilk ortak çalışması olan “Concordat” isimli çalışmayı yayımlamıştır. Ortak mutabakat metninde, uluslararası faaliyet gösteren bankaların likidite, sermaye yeterliliği ve döviz pozisyonları konularında kuruldukları ülkenin düzenlemelerinin yanı sıra, faaliyet gösterilen ülkenin düzenlemelerine de uyum göstermeleri gerektiği ve ülkelerin gözetim ve denetim otoriteleri arasında bilgi transferi konuları düzenlenmiştir.

1.4.1. Basel I

Basel Komitesi sermaye yeterliliği kavramına ve sermaye yeterliliğinin uluslararası düzeyde uyumlaştırılmasına odaklanarak uluslararası faaliyet gösteren bankaların tabii oldukları denetim uygulamalarındaki farklılıkları ortadan kaldırıp finansal sistemi güçlendirirken, yerel uygulamalardan kaynaklanan rekabet eşitsizlerini de gidermeyi amaçlamıştır. 1988 yılında Basel Komitesince onaylanarak yayımlanan Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması’nda (Basel Sermaye Uzlaşısı) üye ülke bankalarının yanı sıra üye olmayan ülkelerin uluslararası faaliyet gösteren bankalarının da 1992 yılı sonuna kadar uyum sağlamaları gereken, sermayenin risk ağırlıklı varlıklara oranını ifade eden sermaye yeterlilik rasyosu minimum %8 olarak belirlenmiştir.

$$\text{Sermaye Yeterlilik Rasyosu} = \frac{\text{Sermaye Tabanı}}{\text{Risk Ağırlıklı Varlıklar}} \geq \%8$$

Basel I’de risk kategorilerinin tanımlanmasında bankaların karşılaştığı en temel riskin kredi riski olduğu, çalışmanın merkezinde de bu yüzden kredi riskinin yer aldığı, dolayısıyla bu aşamada diğer risk tipleri için standartların belirlenmediği vurgulanmıştır. Dolayısıyla sermaye yeterlilik rasyosunda tanımlanan risk ağırlıklı varlıklar aslında kredi riski ağırlıklı varlıklardır. Basel I’de sermaye yeterlilik rasyosu hesaplamasına konu sermaye tabanı hesaplaması detaylandırılmış, risk ağırlıklı varlıkların

hesaplanmasında bilanço içi varlıklar için kullanılacak risk ağırlıkları ise varlığın karşı tarafına ve tipine göre %0, %10, %20, %50 ve %100 olarak belirlenmiştir.¹⁶

Basel I ve beraberinde getirdiği sermaye yeterlilik rasyosu uluslararası faaliyet gösteren bankalar açısından önemli bir standart sağlamıştır. Uzlaşıda, sermaye yeterlilik rasyosunun farklı yapısal özellikleri olan bankacılık sistemine dahil bankaları karşılaştırma konusunda kolaylık sağlayabileceği belirtilirken, belirlenen yöntemlerin bilanço dışı pozisyonların ölçümünü kolaylaştıracağı ve riski düşük varlıkları yada likidite bulundurmaktan kaçınan bankaları bu yöne doğru etkileyebileceği öngörülmüştür. Uzlaşının uygulamaya konmasının ardından 1990'ların başında bankacılık sektörü genelinde sermaye yeterlilik oranlarının yükseldiği ve banka kayıplarının (iflaslarının) azaldığı görülmüştür. Öyleki, G10 ülkelerinin büyük bankalarının 1990'ların başında %9,3 olan ortalama sermaye yeterlilik oranının 1996'da %11,2'ye artış gösterdiği; ABD'de 1988'de yıllık 280 olan banka kayıp sayısının 1995 – 2000 yılları arasında 10'un altına düştüğü izlenmiştir.¹⁷

Basel I'in uygulamaya konmasının ardından öngörülen ve gözlenen katkılarına karşın, uzlaşının sunduğu yöntem ve önerilere birçok eleştirel görüş ortaya koyulmuştur. Eleştirilerin temelinde, risk ağırlıklı varlıkların hesaplanmasında kullanılan ve “herkese tek beden elbise” olarak tanımlanan risk ağırlıkları bulunmaktadır. Sunulan yöntemin risk hassasiyetinden uzak olduğu, örneğin OECD üyesi bir ülkenin yüksek kaldıraçlı küçük bir şirketine verilen kredinin risk ağırlığının, OECD üyesi olmayan büyük bir kuruluşa verilen krediye oranla daha riskli olmasına rağmen düşük olduğu görülmektedir. Bu durum sermaye arbitrajına olanak tanımakta, öyle ki, bir bankanın, OECD üyesi bir ülkenin daha riskli bir kuruluşuna kredi imkanı sağladığında OECD üyesi olmayan bir ülkenin büyük bir kuruluşuna kredi imkanı sağladığı durumdakinden

¹⁶ Basel Komitesince yayımlanan International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards (1988) çalışması Ek-2'de risk ağırlıkları detaylandırılmaktadır.

¹⁷ Laurent Balthazar, **From Basel 1 to Basel 3: The Integration of State-of-the-Art Risk Modeling in Banking Regulation**, Palgrave Macmillan, 2006, s.32-33

daha az karşılık ayırarak daha yüksek getiri elde etmesine dolayısıyla borçlu kalitesi gözetilmeksizin sermayenin getiriyle orantısız tesisine yola açmaktaydı.

Komitenin çalışmanın temelinde kredi riskini esas alması ve bankaların karşılaştığı diğer risk tiplerini (piyasa riski, operasyonel risk, itibar riski vb.) dışarıda bırakması eleştirilen bir diğer önemli noktadır. 1996'da yayımlanan Piyasa Riski Düzenlemesi ise (Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks) bu anlamda önemli bir açığı kapatmıştır. Piyasa Riski Düzenlemesi ile birlikte bankaların döviz, borçlanma araçları, pay senedi, emtia ve opsiyon pozisyonlarından doğan piyasa riskleri dikkate alınırken, piyasa riski için kullanılacak üçüncü kuşak sermayenin tanımı yapılmış, yapısı belirlenmiş ve piyasa riskine esas tutarın hesaplanmasında bankalara Riske Maruz Değer (RMD) modelleri gibi içsel modeller kullanmalarına imkan tanınarak içsel modellere ilişkin niteliksel ve niceliksel standartlar belirlenmiştir.

Basel I Kriterleri'nin sadece sermaye yeterliliği düzenlemesini kapsamaması, sektörün hızla artan ihtiyaçlarına yeterince hızlı cevap verememesi ve yaşanan ekonomik sorunlar, yeni bir düzenleyici standarda olan ihtiyacı gündeme getirmiştir. Basel Komitesi, bu ihtiyaca ve piyasaların dinamik yapısına uygun olarak 2004 yılında yeni uzlaşısı Basel II'yi yayınlamıştır.¹⁸

1.4.2. Basel II

Basel I'e yöneltilen eleştiriler Komiteyi sektörün ihtiyaçlarını anlamaya ve yeni çalışmalar yaparak mevcut uzlaşmayı geliştirmeye itmiştir. Komite finansal piyasalarda meydana gelen gelişmeleri, sektörün ihtiyaçlarını ve Basel I'in sermaye yeterliliği ölçümüne ilişkin eksikliklerini dikkate alarak 1999'da yeni uzlaşuya ilişkin ilk istişari metni (Consultative Paper-1) yayımlamış, bunu 2001 yılı başında yayımlanan ikinci istişari metin (Consultative Paper-2) ve 2003 yılında yayımlanan üçüncü istişari metin (Consultative Paper-3) izlemiştir. Söz konusu istişari metinler gerek ülke denetim otoritelerinden gerekse bankalar ve ilişkili taraflardan alınan yorumlar çerçevesinde

¹⁸ Ezgi Aslan Külahi ve diğerleri, **Türkiye'de Basel I, II ve III Kurallarına Uyum Süreci, Öneri**, Cilt: 10, Sayı: 40, 2013, s.185-200

revize edilerek uzlaşının gözden geçirilmiş kapsamlı versiyonu yani bilinen adıyla Basel II'ye ilişkin nihai metin Haziran 2004'te yayımlanmıştır.¹⁹

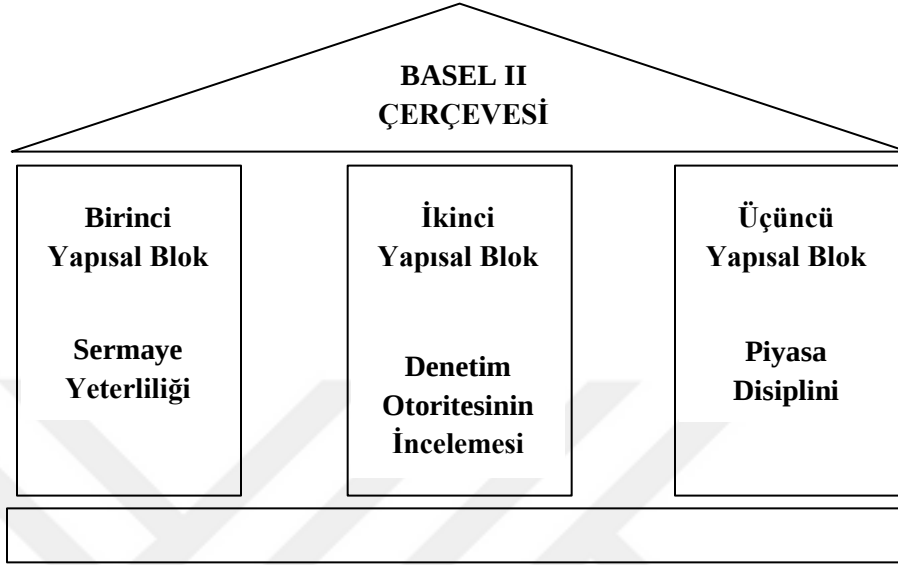
Basel I'in en çok eleştirilen yönü olan, kredi riski sermaye yükümlülüğünün belirlenmesinde kullanılan OECD ülkesi olup olmama kriterlerine göre uygulanan ve kredi alan tarafın göz önünde bulundurulmadığı risk ağırlıkları yöntemi (club rule) Basel II ile birlikte sonlandırılmıştır. Buna göre kredi riski sermaye yükümlülüğünün belirlenmesinde kredi alan tarafa bağımsız derecelendirme kuruluşlarınca verilen yada bankaların gerekli niteliksel ve niceliksel şartları sağlayarak denetim otoritesinin izni dahilinde içsel modellerine dayanarak verdikleri kredi notları kullanılacaktır.

Basel II'nin getirdiği yeniliklerden diğeri de Basel I'in temel aldığı sermaye yeterlilik rasyosunda gerçekleşmiştir. 1996'da yayımlanan Piyasa Riski Düzenlemesi ile sermaye yeterlilik rasyosunda risk ağırlıklı varlıklar hesaplamasına piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğü de eklenmiş ancak operasyonel riskler yine hesaplama dışında bırakılmıştır. Basel II ile birlikte yetersiz veya başarısız dahili süreçler, insanlar ve sistemlerden veya harici olaylardan kaynaklanan kayıp riski olarak tanımlanan operasyonel riskler için de sermaye bulundurmaları düzenlenmiştir.

Basel II ile birlikte gelen temel yeniliklerden bir diğeri, uzlaşının 3 temel yapısal blok (pillar) üzerine kurulmuş olmasıdır. Birinci yapısal blok, bankanın sermayesinin risk ağırlıklı varlıklarının en az yüzde 8'ini karşılaması zorunluluğunu getiren sermaye yeterlilik rasyosunu kapsamaktadır. İkinci yapısal blok risk odaklı denetimi, denetim otoritesi açısından standart haline getirmekte; üçüncü yapısal blok ise bankaların kamuyu bilgilendirme ve şeffaflık konularında etkinliği arttırarak piyasa disiplini teşvik etmektedir.

¹⁹ BDDK, 10 Soruda Yeni Basel Sermaye Uzlaşısı (Basel-II), 2005, s.2

Şekil 3: Basel II Çerçevesi ve Yapısal Bloklar



Kaynak: Laurent Balthazar, From Basel 1 to Basel 3: The Integration of State-of-the-Art Risk Modeling in Banking Regulation, Palgrave Macmillan, 2006, s.45

Basel II’de piyasa riskine ve piyasa riskinin ölçümüne ilişkin 1996’da yayımlanan Piyasa Riski Düzenlemesi’ne ek olarak önemli bir gelişme bulunmazken, küresel finansal kriz ile birlikte piyasa riskinin ölçümünde karşılaşılan eksiklikler Basel 2,5 olarak nitelendirilen, Komite tarafından yayımlanan “Basel II Çerçevesinde İyileştirmeler”, “Basel II Piyasa Riski Çerçevesindeki Değişiklikler” ve “Alım Satım Hesaplarındaki İlave Riskin Hesaplanmasına İlişkin Rehber” metinleri ile birlikte giderilmiştir.²⁰

Basel II Uzlaşısı birinci yapısal blok dahilinde sermaye yeterliliği rasyosunun hesaplanmasında kredi riski, piyasa riski ve operasyonel risklerin ölçülmesine ilişkin üç temel gelişmişlik düzeyinde farklı yaklaşımlar ortaya koymaktadır. Uzlaşısı’da piyasa riskinin ölçümüne yönelik Standart Yaklaşım ve İçsel Model Yaklaşımı sunulurken, içsel model yaklaşımının niteliksel ve niceliksel gereklilikleri detaylandırılmıştır.

²⁰ BDDK. Sorularla Basel 2,5, 2012, Yönetici Özeti

Tablo 1: Basel II Uzlaşısı Gelişmişlik Düzeyine Göre Risk Ölçüm Yaklaşımları

Gelişmişlik Düzeyi	Kredi Riski	Piyasa Riski	Operasyonel Risk
Basit	Standart Yaklaşım	-	Temel Gösterge Yaklaşımı
Orta	Temel İçsel Derecelendirme Yaklaşımı	Standart Yaklaşım	• Standart Yaklaşım • Alternatif Standart Yaklaşım
Gelişmiş	Gelişmiş İçsel Derecelendirme Yaklaşımı	İçsel Model Yaklaşımı	İleri Ölçüm Yaklaşımı

Kaynak: Candan H. ve Özün A., Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 3. Baskı, İstanbul, 2014, s.11

Uzlaşısı’da, piyasa riskinin ölçümünde ulusal denetim otoritesinin onaylaması kaydıyla iki yöntem arasında (standart Yaklaşım ve İçsel Model Yaklaşımı) tercihte bulunulabileceği belirtilmektedir. İçsel Model Yaklaşımının kullanımı ise Uzlaşısı’da detaylandırılan nitel ve nicel standartların sağlanması, yine detayları verilen stres testlerinin düzenli olarak uygulanması ve ulusal denetim otoritesinin açıkça onayına bağlı kılınmıştır.

1.4.2.1. İçsel Model Yaklaşımında Nitel Standartlar

Bankaların içsel model kullanımı ve hesaplanacak sermaye yükümlülüğünde minimum çarpım faktörünü uygulayabilmeleri için denetim otoritesinin onayını alabilmeleri öncelikle nitel kriterlerin sağlanabilmesine bağlıdır. Bankanın denetim otoritesinin onayını alabilmek için sağlaması gereken asgari nitel kriterler, Uzlaşısı ‘da açıkça detaylandırılmıştır.

Bankanın alım-satım birimlerinden bağımsız ve doğrudan üst yönetime bağlı olan, risk yönetimi sisteminin tasarımından ve uygulanmasından, bankanın maruz kalacağı risklerin ölçümünden sorumlu olan ve bunların sonuçlarını içeren raporlamalar

ve analizler yapan bağımsız bir risk yönetimi birimi bulunmalıdır. Risk yönetimi birimine Uzlaşî'da geriye dönük test programı uygulayarak varsayımsal ölçümler ile gerçekleşen portföy değişikliklerinin karşılaştırması, içsel modelin başlangıcından itibaren izleyen dönemlerde validasyonunun yapılması ve üst yönetimin de dahil olduğu sermaye yeterliliğine ilişkin içsel değerlendirmelerde kullanılacak stres testi programının oluşturulması ve yürütülmesi görevleri atfedilmiştir.

Uzlaşî'da banka üst yönetimine de risk yönetimi fonksiyonu dahilinde önemli görevler düşmektedir. Bu anlamda nitel standartlarda banka üst yönetiminin aktif bir şekilde risk yönetimi süreçlerine dahil olması, bağımsız risk yönetimi birimince hazırlanan raporları yorumlayabilecek ve bankanın maruz kalabileceği risklerin azaltılmasına yönelik kararların alınması konularında yeterli deneyim ve yetkiye sahip olması gerekliliği vurgulanmıştır.

Banka risk yönetimi birimi ile birlikte banka üst yönetiminin bankanın risk yönetim sisteminin temel prensiplerini tanımlayan, piyasa riskinin ölçümünde kullanılan teknikleri açıklayan rehberlerin hazırlanması; politika ve prosedürlerle belgelenmiş risk yönetimi stratejisine uyum programının hazırlanması görevi bulunmaktadır. Banka risk ölçüm sisteminin işlem birimlerinde kavranması ve anlaşılabilir kılınması; bankanın işlem limitleriyle ve günlük risk yönetim süreciyle bütünleşmiş bir şekilde kullanılması sağlanmalıdır.

1.4.2.2. İçsel Model Yaklaşımında Nicel Standartlar

Bankaların İçsel Model Yaklaşımı yöntemi ile sermaye yükümlülüğünü hesaplayabilmesi nitel standartların yanı sıra Uzlaşî'da belirtilen nicel standartlarında karşılanması gerekmektedir.

Basel II'de detaylandırılan nicel standartlar doğrultusunda bankalar asgari olarak %99 tek taraflı güven aralığında, en az on (10) günlük elde tutma süresinde ve en az bir yıllık gözlem süresi kullanılarak günlük olarak RMD hesaplanmalıdır. Uzlaşî'da RMD ölçümü için belirli bir ölçüm yöntemi belirlenmemekle birlikte bankalar maruz

kalabilecekleri tüm riskleri içermesi haline varyans/kovaryans matrisleri, tarihsel simülasyon yada Monte Carlo simülasyonu yöntemlerine dayanan modelleri seçmekte esnekliğe sahip olacaklardır.

İçsel Model Yaklaşımı'nı kullanacak bankaların ölçümlerde kullandıkları veri setlerini her halükarda üç ayda bir ve olağanüstü piyasa koşullarından kaynaklanan önemli fiyat değişimleri olması durumunda güncellemeleri gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca bankaların, korelasyonları ölçmek için kullandıkları sistemlerin sağlamlığı ve bütünlüğü halinde ampirik korelasyonların kullanılması konusunda inisiyatife sahip oldukları vurgulanmıştır.

Bankaların t gününde, nicel standartlarda belirlenen varsayımlarla hesaplanan bir önceki günün $(t-1)$ RMD tutarı ile son altmış iş gününde ölçülen RMD tutarlarının ortalamasının (60 Gün Ort) çarpım faktörü (k) ile ağırlıklandırılması ile ulaşılan tutardan büyük olanını sermaye yükümlülüğü olarak dikkate alarak günlük periyotta karşılamaları beklenmektedir.

$$\begin{array}{l} \text{Piyasa Riski} \\ \text{Sermaye Yükümlülüğü} \end{array} = \text{Max} \left[\text{RMD}_{t-1}; \text{RMD}_{60\text{GünOrt}} * \left(\frac{\text{Çarpım}}{\text{Faktörü}} (k) \right) \right]$$

Sermaye yükümlülüğünün hesaplanmasında dikkate alınan çarpım faktörü Uzlaş 1'de asgari 3 olarak belirlenmiş, bankanın risk yönetim sisteminin kalitesine göre denetim otoritesince daha yüksek bir oran belirlenebileceği öngörülmüştür. İçsel model kullanan bankaları, geriye dönük testlerle ölçülen kullandıkları modelin başarısının sürekliliğini teşvik edebilmek için modelin performansına bağlı olarak çarpım faktörüne ek bir çarpım faktörü ilave etmeleri beklenmektedir. Buna göre ek çarpım faktörü uygulanacak geriye dönük test sonuçlarına göre Tablo 2'de detaylandırıldığı gibi 0 ile 1 arasında olacaktır.

Tablo 2: Geriye Dönük Test Sapma Sayılarına Göre Uygulanacak Ek Çarpım Faktörleri

Sapma Sayısı	Ek Çarpım Faktörü (<i>m</i>)
0	Ek çarpım faktörü uygulanmaz.
1	
2	
3	
4	
5	0,40
6	0,50
7	0,65
8	0,75
9	0,85
10 veya üstü	1

Kaynak: BDDK, Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması, 2007, s.406

Nicel kriterlerde içsel model yaklaşımını uygulayan bankaların, faiz oranı riski içeren (borçlanma araçları) ve ortaklık hakkı sağlayan (hisse senetleri ve türevleri) varlıklarının spesifik riski için de sermaye yükümlülüğüne tabi olacakları belirtilmektedir.

01/11/2006 tarihli ve 26333 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik'te spesifik risk, bankanın alım satım hesapları içinde yer alan finansal araçlara ilişkin pozisyonlarda, olağan piyasa hareketleri dışında, bu pozisyonları oluşturan finansal araçları ihraç veya garanti eden ve ödeme yükümlülüğünü üstlenen kuruluşların yönetimlerinden ve mali bünyelerinden kaynaklanabilecek sorunlar nedeniyle meydana gelebilecek zarar olasılığı olarak tanımlanmaktadır.

Spesifik riske ilişkin sermaye yükümlülüğü likit ve iyi çeşitlendirilmiş olması halinde hisse senedi portföyleri için %4, likit ve iyi çeşitlendirilmeyen hisse senedi portföyleri için ise %8 olarak hesaplanacaktır. Hisse senedi portföyü için spesifik risk

sermaye yükümlülüğü hesaplanacak uzun yada kısa pozisyonun belirlenebilmesi için, aynı hisse senedi yada hisse senedi endeksine ilişkin eşleşen pozisyonlar netleştirilecektir.

Faiz oranı riski ile ilintili menkul kıymetlerde (borçlanma araçları) ise yalnız aynı ihraç içerisinde yer alan borçlanma araçları ve bu varlıklara dayalı türev enstrümanların eşlenen pozisyonlarının netleştirilmesi yoluyla spesifik riske ilişkin sermaye gereksiniminin hesaplanması öngörülmektedir. Uzlaş ı ‘da aynı ihraççının farklı kupon faizi, likidite ve vade yapısına sahip ayrı ihraçlardaki borçlanma araçlarında fiyat farklılıklarının oluşacağı dolayısıyla birbirleriyle eşlenemeyecekleri ve netleştirilemeyecekleri vurgulanmıştır. İhraççı, ihraççı kredi derecelendirme notu ve vadeye kalan gün niteliklerine göre spesifik risk sermaye yükümlülükleri Tablo 3’te detaylandırılmıştır.

Tablo 3: Faiz Oranı Riski ile İlişkili Menkul Kıymetler Spesifik Risk Sermaye Yükümlülükleri

Kategoriler	Bağımsız Kredi Derecelendirme Notu	Spesifik Risk Sermaye Yükümlülüğü
Hazine	AAA ile AA- arası	%0
	A+ ile BBB- arası	%0,25 ($VKG \leq 6$ ay) %1,00 ($6 \text{ ay} \leq VKG \leq 24$ ay) %1,60 ($24 \text{ ay} < VKG$)
	BB+ ile B- arası	%8
	B- altında	%12
	Derecelendirilmemiş	%8
Nitelikli		%0,25 ($VKG \leq 6$ ay)
		%1,00 ($6 \text{ ay} \leq VKG \leq 24$ ay)
		%1,60 ($24 \text{ ay} < VKG$)
Diğer	BB+ ile B- arası	%8
	B- altında	%12
	Derecelendirilmemiş	%8

Kaynak: BDDK, Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması, 2007, s.219

Buna göre içsel model kullanan bankalar için nicel standartlarda belirtilen varsayımlara göre hesaplanan RMD'yi ve spesifik risk sermaye yükümlülüğünü içeren, aynı zamanda ölçüm modelinin performansını da gözetten nihai piyasa riski sermaye yükümlülüğü aşağıdaki gibi şekillenmiş olacaktır.

$$\text{Piyasa Riski Sermaye Yükümlülüğü} = \text{Max} \left[\text{RMD}_{t-1}; \text{RMD}_{60\text{GünOrt}} * \left(\frac{\text{Çarpım}}{\text{Faktörü}} + \frac{\text{Ek Çarpım}}{\text{Faktörü}} \right) \right] + \frac{\text{Spesifik Risk}}{\text{Sermaye Yükümlülüğü}}$$

Piyasa riski sermaye yükümlülüğünü karşılamak için İçsel Model Yaklaşımı'nı kullanan bankaların, düşük olasılıkla gerçekleşebilecek ve alım-satım portföylerinde olağanüstü kayıp yada kazançlara yol açabilecek olayların doğrusal ve doğrusal olmayan fiyat özelliği gösteren pozisyonlar üzerindeki etkilerini ortaya koyacak kapsamlı bir stres testi uygulaması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Stres testlerinde uygulanacak senaryolar, mutlak piyasa riskini içerirken simülasyon şartlarında karşılaşılabilecek likidite koşullarını da kapsamalı; ayrıca stres testi sonuçları bankanın ilgili stres senaryosunda yaşanacak olası büyük kayıpları karşılayabilme gücünü ve sermayesini korumak için alınabilecek tedbirleri ortaya koyabilmelidir.

1.4.3. Basel III

Basel Bankacılık Komitesinin ilk çalışmalarına başladığı günden günümüze kadar Uzlaşi kapsamında yapılan değişikliklerin, bankacılık faaliyetinin doğası gereği karşılaştığı riskleri içerecek biçimde şekillendiği görülmüştür. Yalnızca kredi riskini esas alan Basel I'e yönelik eleştiriler sonrası 1996'da piyasa riskine yönelik düzenleme ile birlikte sermaye yeterliliği rasyosu hesaplamasına piyasa riski de dahil edilmiş, Basel II ile birlikte kredi riskinin ölçümüne yönelik modern teknikler tanıtılırken diğer yandan operasyonel risklerin tanımlanmasına ve ölçümüne yönelik ihtiyaçta giderilmiştir.

Basel II'ye yönelik temel eleştirilerin ise özellikle küresel finansal kriz sonrası gündeme geldiği gözlenmiştir. Basel II'nin risklerin içsel olarak ölçümüne ve sermaye yeterliliğinin hesaplanmasına ilişkin sunduğu Birinci Yapısal Blok kapsamındaki eksiklikler, belirsizlikler ve karmaşık yapı tartışmaların temel odağı olmuştur. Küresel finansal kriz, bankacılık sistemi sermaye yapısının niteliksel ve niceliksel olarak ve ayrıca likidite bakımından bu tip şoklara karşı yetersiz olduğunu açıkça ortaya koymuştur.²¹ Bu noktada sermaye gereksiniminin hesaplanmasında köklü bir değişikliğe gitmeden sermayenin niteliğini ve niceliğini arttıracak yeniliklerle birlikte Basel III, 2010 yılında Basel II'nin eksikliklerini tamamlayıcı bir ek düzenlemeler seti niteliğinde sektöre sunulmuştur.

Basel III düzenlemelerinde özetle özsermaye tanımında yapılan değişiklikler ile ana sermaye (tier 1) dahilinde yer alan ve zarar karşılama kapasitesi yüksek unsurların oluşturduğu çekirdek sermaye kavramı ve çekirdek sermaye uyum süreci sermayenin niteliğini arttıracak en önemli düzenlemeler olurken; sermayenin niceliğini arttırmaya yönelik düzenlemeler ise çekirdek sermaye oranı, sermaye koruma tamponu, döngüsel sermaye tamponu, kaldıraç oranı ve likiditenin arttırılmasına yönelik düzenlemeler ise kısa vadeli likiditeyi arttırmayı amaçlayan likidite karşılama oranı ve orta-uzun vadeli likiditeyi arttırmayı amaçlayan net istikrarlı fonlama oranı kavramları gibi hesaplanması ve anlaşılması kolay ölçüler ile desteklenmiştir.²²

Basel II'de piyasa riskinin ölçümüne yönelik temel eleştirilerin, içsel model yaklaşımındaki uygulamalar, Basel 2,5 ile birlikte piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğü ölçümünün merkezinde yer alan riske maruz değer (RMD) ölçüsünün zayıf yönleri ve bankacılık ve alım-satım hesapları tanımlarındaki eksiklikler üzerinde yoğunlaştığı görülmüştür.

²¹ European Central Bank. **Basel III**, Financial Stability Review, Kasım 2010, s. 125

²² BDDK. **Sorularla Basel III**, 2012, Yönetici Özeti, s. 1-3

Piyasa riskinin ölçümünde içsel model kullanımında karşılaşılan ve alım-satım portföyünün içerdiği tüm riskleri kapsamayan sübjektif uygulamaların karşılaşılan ciddi kayıpları öngörmede başarısız olması, bankaların zaman zaman denetim otoriteleri tarafından risk duyarlılığı düşük olan standart yaklaşımı kullanmaları konusunda zorlanmalarına neden olmuş, standart yaklaşım ise bankaların alım-satım faaliyetleri karşısında daha yüksek sermaye yükümlülüğüne katlanmalarına yol açmıştır.

Piyasa bazlı risklerin ölçümünde kullanılan riske maruz değer ölçüsünün kuyruk kayıplarının tahminlenmesi konusundaki zayıflığı, olağan piyasa koşulları altında daha az riskli yanılışıyla bankaların büyük kuyruk riskleri içeren pozisyonlar üstlenmelerine ve taşımalarına neden olmuştur. Ayrıca riske maruz değer kavramının kredi riskini içermemesi ve bankaların bu süre içerisinde pozisyonlarını düzeltebilecekleri veya kapatabilecekleri varsayımı ile riske maruz değer ölçümleri için belirlenen (on) 10 günlük elde tutma süresinin stresli piyasa koşulları altında karşılaşılabilecek likidite sıkışıklıklarını göz ardı etmesi, bu yöntemin eleştirilen diğer noktaları olmuştur.

Basel II’de bankacılık ve alım-satım hesapları arasındaki sınırları çizecek tanımlamalardaki eksiklikler ve kimi finansal araçların hangi hesaplar altında izleneceğine ilişkin kesin sınırların bulunmaması, bankaların zaman zaman daha düşük sermaye yükümlülüğüne katlanmak adına bu hesaplar arasında pozisyon transferlerine olanak tanımış, bu durum bir anlamda “sermaye arbitrajı” yapılmasına yani risk/sermaye tesisinin bozularak daha az sermaye ile daha fazla risk alınmasına ya da bir diğer ifade ile daha riskli varlıklar için yetersiz sermaye yükümlülüğü ayrılmasına yol açmıştır.

Basel III ile birlikte Ocak 2016’da yayımlanan piyasa riski düzenlemesi çerçevesinde bu eksikliklere yönelik önemli yenilikler getirilmiştir. Bankacılık ve alım-satım hesaplarında izlenecek finansal araçlara ilişkin sınırlar çizilirken, bankaların bu sınırların dışına çıkmasını engellemek adına yalnızca belirlenen enstrümanları belirlenen hesaplarda izleme zorunluluğu getirilmiş, hazırlanan listeler dışına çıkılması konusunda otorite izni zorunlu tutulmuştur. Sermaye arbitrajına izin vermemek adına ise, bir hesaptan diğerine taşınacak enstrümanın sermaye yükümlülüğünü azaltması halinde,

azalan büyüklüğün Birinci Yapısal Blok dahilinde hesaplanan sermaye yükümlülüğüne eklenmesi öngörülmüştür.

Basel II kapsamında piyasa riskinin ölçümüne yönelik eleştirilere Basel III kapsamında hazırlanan 2016 Piyasa Riski Düzenlemesi, içsel model kullanımı ve riske maruz değer ölçüsünün zayıflıklarının giderilmesi konusunda da oldukça yenilikçi bir çerçeve sunmuştur. Düzenleme içsel model kullanımını oldukça katı şartlara ve otoritenin açık onayına bağlarken, subjektif uygulamalar yoluyla karşılaşılabilecek risklerin göz ardı edilmemesi amaçlanmakta, öyle ki portföy kar/zarar dağılımını etkin hesaplayamayan ve geriye dönük testlerde başarısız olan bankaların ve alım-satım masalarının standart yöntemi kullanması zorunlu kılınmaktadır. 2016 Düzenlemesi ile birlikte Basel III kapsamında riske maruz değer ölçüsünün yerini ise kuyruk kayıplarını daha iyi tahminleyebilecek ve likidite koşullarını da dikkate alan Beklenen Kayıp (ES – Expected Shortfall) yöntemi almıştır. Beklenen Kayıp yöntemi ile riskin ölçümüne imkan bulunmayan pozisyon/enstrümanlar içinse modellenemeyen risk faktörü (NMRF – Non-modellable risk factor) sermaye yükümlülüğünün stres testleri ile belirlenmesi öngörülmüş, alım-satım hesabında izlenen kredi riski içeren pozisyonlar içinse İflas Riski Sermaye Yükümlülüğü (DRC – Default Risk Charge) piyasa riski sermaye yükümlülüğü hesaplamasına dahil edilmiştir.

İKİNCİ BÖLÜM

PIYASA RİSKİ ÖLÇÜM VE YÖNETİMİNDE KULLANILAN TEKNİK KAVRAMLAR

Risk yönetimi matematik, istatistik, ekonometri, finans ve bilgi teknolojilerinin kesişiminde konumlanan ara bir disiplin iken, piyasa riski ölçümü ve takibi tüm bu ana disiplinlerden tamamıyla faydalanmaktadır.

Piyasa riski analizlerinde faydalanan en temel veri olan finansal getiriler ve getiri serileri, ekonometrik zaman serilerinin en iyi örneklerinden biri iken; makroekonomik zaman serilerine kıyasla daha yüksek frekansa sahip olmaları ve bunun bir sonucu olarak farklı karakteristik özellikler sergilemeleri, bu seriler ile yapılan analizlerinde boyutunu değiştirmiştir. Öyle ki yalnızca finansal zaman serilerinin bu farklı karakteristikleri ile ilgilenen finansal ekonometri adı verilen yeni bir alan doğmuştur.

Piyasa riski analizlerinde kullanılan yöntemler basit matematik ve istatistikten faydalanan yöntemlerden, simülasyonlardan ve veri üretiminden faydalanan gelişmiş yöntemlere kadar uzanmakta, bu durum matematik, istatistik ve ekonometrinin yanında bilgi teknolojilerinin öneminde arttırmaktadır. Bu durum birçok istatistiki, ekonometrik ve özellikle risk analizlerine dayanan programların sayısının artmasına ve var olanların hızla gelişmesine yol açmıştır.

Tüm bu bilgilerden yola çıkarak risk yönetimi süreçlerinde ve piyasa riski ölçümlerinde kullanılan temel istatistiki kavramlar ile yöntemlerin açıklanmasının ardından ilgili analizlere geçiş yapmakta fayda görülmektedir.

2.1. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNİN TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Finansal risk analizlerinde daha önce değinildiği üzere risk faktörlerinin yani riskin kaynağı olan finansal varlıkların zaman içerisindeki getirilerinden daha bilinen adıyla getiri serilerinden faydalanılır. Makroekonomik zaman serilerine kıyasla yüksek frekanslara sahip olan finansal zaman serilerinden yola çıkarak elde edilen tahminler,

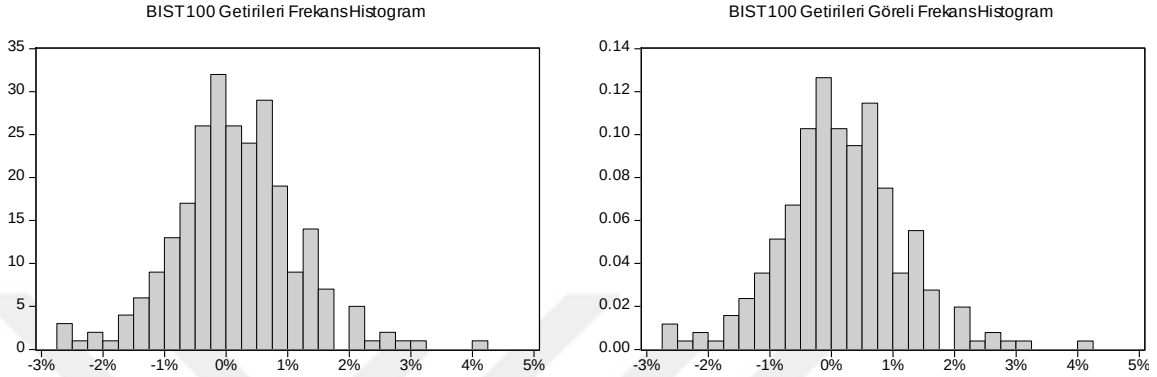
zaman serisi analizlerinde sorun olarak görülen değişen varyans, trend etkisi vb. gibi birçok özelliğide barındırmaktadır. Bu durum, analizlerin yönünü belirleme açısından çalışılan zaman serilerinin daha iyi tanınması gerekliliğini doğurmakta ve tanımlayıcı istatistikler ile çalışmanın önemini arttırmaktadır.

Tanımlayıcı istatistikler, mevcut veri seti hakkında açıklayıcı özet bilgileri grafikler ve sayılar yardımıyla sağlamaktadırlar. Finansal zaman serisi analizlerinde gerek grafiksel, gerekse sayısal tanımlayıcı istatistikler önem taşımakta ve bunlara sıklıkla başvurulmaktadır. Çalışılan veri setinin özelliklerinin hızlıca anlaşılması ve temel özelliklerinin tespit edilebilmesi için finansal zaman serisi analizlerinde getiri serileri için grafiksel olarak histogramlara, sayısal olarak ise merkezi eğilim ölçülerine, yayılma (değişkenlik) ölçülerine, basıklık ve çarpıklık ölçülerine sıklıkla başvurulmaktadır.

Histogram, yatay ekseninde veri setindeki verilerin sayısal olarak gruplandırıldığı, dikey ekseninde ise veri setindeki gözlemlerin yatay eksenindeki gruplarda gerçekleşme sıklıklarının dikey çubuklarla sergilendiği grafiklerdir. Histogramlarda verinin gerçekleşme sıklığı, bir veri grubundaki toplam tekrar sayısı (frekans) cinsinden ya da veri grubunda tekrar eden gözlem sayısının toplam gözlem sayısına oranı (görel frekans) şeklinde sergilenir.

Histogramların oluşturulması aşamasında mevcut veri seti için en küçük gözlem ile en büyük gözlem arasındaki veri aralığı (range) belirlenir. Öncelikle verinin kaç grupta görüntülenmek istendiği ve buradan hareketle frekans aralıkları belirlenir. Ardından her bir frekans aralığında yer alan veri sayısı ya da görüntüleme görel frekansa göre yapılacaksa bu durumda her bir frekans aralığında yer alan veri sayısının toplam veri seti içerisindeki gözlem sayısına oranı belirlenerek histogram oluşturulur.

Şekil 4: BIST 100 Endeksi 2017 Yılı Getirileri Frekans ve Görelî Frekans Histogramları



Şekil 4’te örnek olarak BIST 100 endeksinin 2017 yılı içerisindeki günlük getirilerinin frekans (soldaki) ve görelî frekansa (sağdaki) göre histogramları yer almaktadır. Histogram yardımıyla ilk bakışta 2017 yılı içerisinde BIST100 endeksi getirilerinin -3% ile 4% aralığında gerçekleştiği ve getirilerin yoğunlukla sıfır ortalama etrafında dağıldığı gözlemlenebilmektedir. Frekans ile görüntülenen histogramda veri çubuklarının altında kalan alan gözlem sayılarını ifade ederken, görelî frekans ile görüntülenen histogramda veri çubuklarının altında kalan alan ilgili aralıkta yer alan gözlem sayısının toplam gözlem sayısına oranını anlatmaktadır. Bu bilgiden hareketle frekansa göre oluşturulan histogramdan yaklaşık 185 gözlemin $\pm\%1$ getiri aralığında dağıldığı ya da görelî frekansa göre oluşturulan histogramdan toplam verinin yaklaşık olarak %70’inin $\pm\%1$ getiri aralığında dağıldığı yorumuna ulaşılabilir. Ayrıca histogramlar yardımıyla getiri serilerinin dağılımına ilişkin yüzeysel fikir sahibi olunabileceği gibi dağılım konusu merkezi eğilim ve yayılma ölçüleri, basıklık ve çarpıklık istatistikleri ile detaylandırılabilir.

Merkeze yığılma ölçüleri olarakta adlandırılan merkezi eğilim ölçüleri, veri setindeki gözlemlerin etrafında dağılım gösterdiği nokta istatistikleridir. Ortalama, mod ve medyan finansal risk analizlerinde getiri serileri için sıkça kullanılan merkezi dağılım ölçüleridir. Bu tanımlayıcı istatistikler, getirilerin dağılımları hakkında yorum yapabilmek adına gerekli ölçüler iken yalnız başlarına yeterli bilgiyi sağlamayacaklardır.

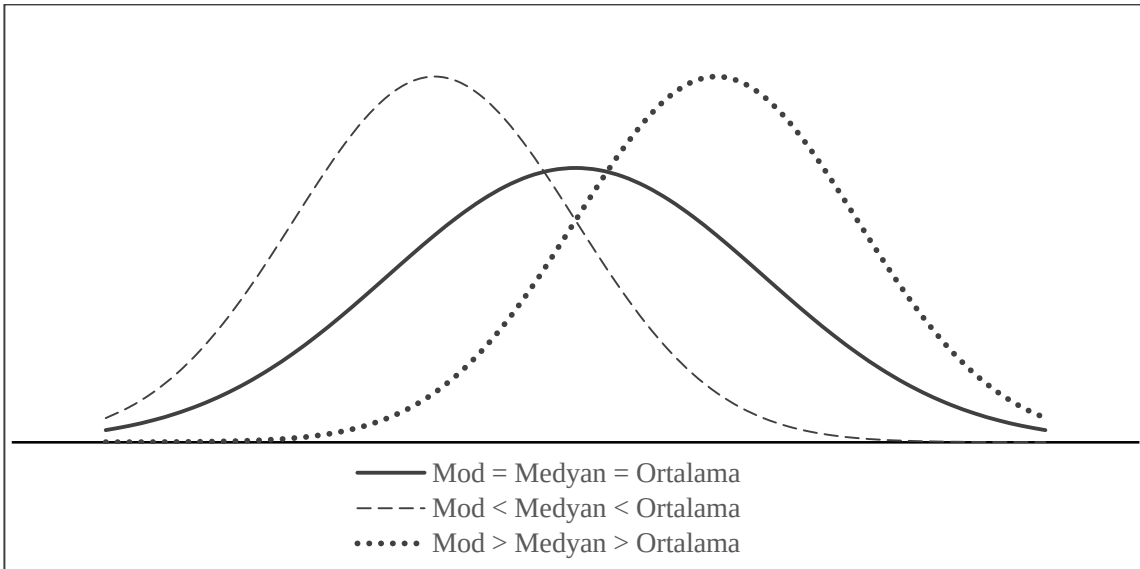
Veri setinde bulunan gözlemlerin ağırlık merkezi veya denge noktası olarak tanımlanan ortalama, hesaplanması için birçok farklı yöntem bulunmasına rağmen temelde en basiti olan aritmetik ortalama yöntemi yaygınca kullanılarak, veri setindeki gözlemlerin toplamının gözlem sayısına oranlanması yoluyla hesaplanır.

$$\mu = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}$$

Mod, bir veri seti içerisinde en çok tekrarlanan gözlem değeri iken; medyan ise, veri seti büyükten küçüğe sıralı iken veri setinin tam ortasına denk gelen gözlem değeridir.

Tam simetrik dağılan bir veri setinde ortalama, mod ve medyan istatistikleri birbirine eşittir. Dolayısıyla bu üç merkezi eğilim ölçüsü birlikte göz önünde bulundurularak, veri setinin dağılımı hakkında bir öngörüye sahip olunabilir. Merkezi dağılım ölçüleri yardımıyla veri setinin asimetrik bir dağılıma (sağ çarpık ya da sol çarpık) sahip olup olmadığı kanaatine ulaşılabilecektir.

Şekil 5: Tam Simetrik ve Asimetrik Dağılımlarda Merkezi Eğilim Ölçüleri



Şekil 5'te görüldüğü gibi merkezi eğilim ölçülerinin birbirlerine göre durumu ve konumuna göre dağılımın çarpıklığı konusunda yorum yapılabilir. Ancak doğru yorumun yapılabilmesi için çarpıklık ölçüsünün (skewness) de incelenmesinde fayda vardır. Öyle ki, örneğin ortalama ve medyanı birbirine eşit olan bir verinin birden fazla mod değeri olmasına karşın simetrik bir dağılım sergileyebilecektir. Bunun için merkezi eğilim ölçüleri birbirleri ile birlikte değerlendirildikleri gibi; yayılma ölçüleri, çarpıklık ve basıklık ölçüleri de dağılım konusunda yapılacak değerlendirmeyi güçlendirecektir.

Yayılım ölçüleri, veri setindeki gözlemlerin veri setinin ağırlık merkezi ya da denge noktası etrafında ne şekilde dağıldıklarını, ortalamadan ne derece uzaklaştıklarını ifade eden ölçülerdir. Finansal analizlerde en sık kullanılan yayılma ölçüleri genişlik (range), varyans ve standart sapmadır. Genişlik (range) yayılma ölçüleri içerisinde hesaplama açısından en basit ve en kullanışlı tanımlayıcı istatistiklerden biridir. Genişlik, veri setinin hangi aralıkta dağıldığını basitçe gösterir. Genişlik ölçüsü, en sık kullanılan tanımlayıcı istatistiklerden olan en büyük (maksimum) ve en küçük (minimum) gözlem değerleri arasındaki farktır. Buna göre eşit ortalamaya sahip iki iki finansal getiri serisi incelendiğinde, genişlik ölçüsü daha düşük olan dağılımın ortalamasının etrafında daha sık bir dağılıma sahip olduğu dolayısıyla daha az riskli olduğu yorumuna ulaşılabilir.

İstatistiki tahmincilerin etkinliği, veri setindeki gözlemlerin denge noktası olan ortalamaya göre en az sapma ile gerçekleşmelerine bağlıdır. Bunun için gözlemlerin ortalamaya uzaklıklarının ölçülmesi gerekir. Ancak bir veri setinde gözlemlerin ortalamaya göre farklarının toplamı sıfıra eşittir. Bu durum, hesaplamada karşılaşılan negatif değerlerden kaynaklanmaktadır. Varyans, gözlemlerin ortalamaya olan uzaklıklarının karelerinin ortalaması olarak tanımlanır. Dolayısıyla ortalamadan uzaklıkların yani sapmaların hesaplanmasında karşılaşılan sorun varyans hesaplanmasında aşılmış olur.

$$\sigma^2 = \frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}$$

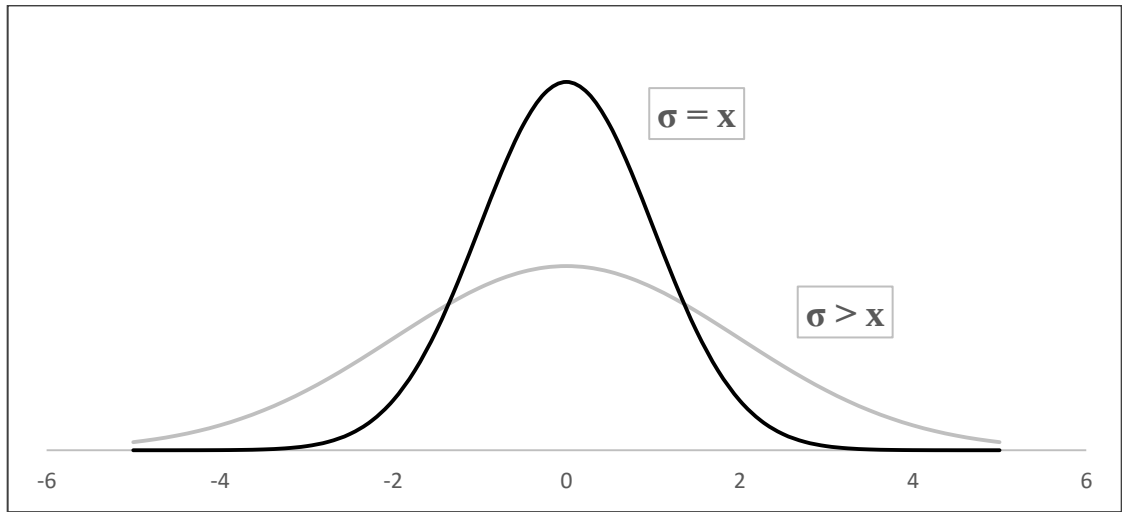
Ancak varyans incelenen gözlemlerin ölçü biriminin karesine göre sonuç üreteceğinden bu sorun varyansın karekökünün alınması yoluyla aşılacaktır. Varyansın pozitif karekökü ise en yaygın ve en sık kullanılan yayılma ölçüsü ve tanımlayıcı istatistik olan standart sapmaya eşittir. Standart sapma, ortalamadan sapmanın bir ölçüsü olarak tanımlanabilir.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Finansal zaman serilerinde standart sapma oynaklığın, yani gözlem süresi içerisindeki ortalamadan sapmaların ölçüsü olarak riskin en temel istatistiki açıklayıcısıdır. Standart sapması yüksek bir veri setinde, daha düşük standart sapmaya sahip bir veri setine kıyasla ortalamadan daha uzak gerçekleşen değerlerin meydana gelme olasılığı arttığından yüksek standart sapmaya sahip getiri serisinin daha yüksek riskli olduğu yorumu yapılabilir.

Şekil 6’da ortalamaları eşit olan farklı standart sapmaya sahip iki dağılım verilmiştir. Bu iki dağılım incelendiğinde standart sapması σ ’e eşit olan dağılımın ortalama etrafında daha sık bir dağılıma sahip olduğu görülmektedir.

Şekil 6: Farklı Standart Sapmalara Sahip Dağılımlar



O halde ikinci dağılımın daha yüksek olasılıkla ortalamadan daha uzak gerçekleşen gözlemlere sahip olmasından hareketle, daha yüksek bir standart sapmaya sahip olduğu yorumu getirilebilir. Finansal getiri serilerinde oynaklığın yani riskin açıklayıcısı olarak standart sapma istatistiğinden faydalanılarak bu iki veri seti kıyaslandığında, x standart sapmalı getiri serisine kıyasla ikinci dağılımın daha yüksek riskli bir varlık olduğu söylenebilecektir. Bunun sebebi, standart sapma büyüdükçe tahminlenecek olan parametrelerin kuyruklarda gerçekleşecek olan olayları öngörme kabiliyetinin düşecek olmasından kaynaklanmaktadır.

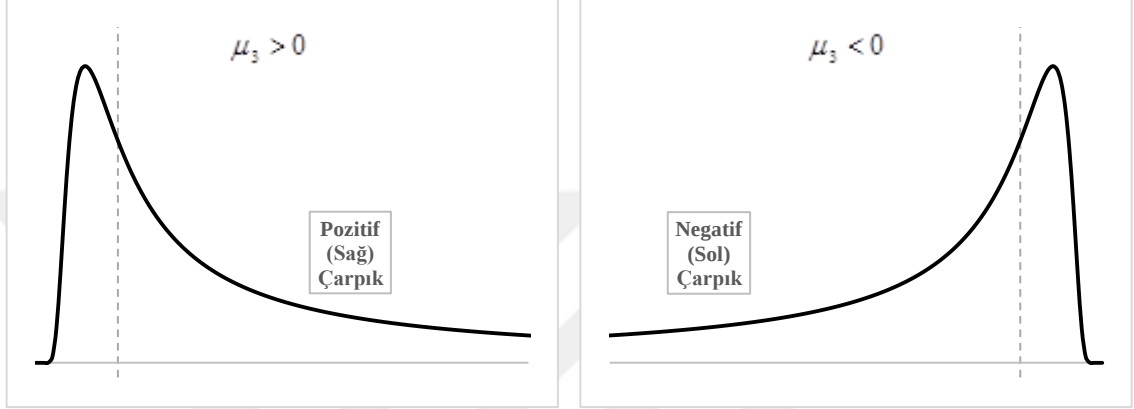
Çarpıklık ölçüleri, bir veri setinin dağılımının simetriden ne derece uzaklaştığının ölçülmesinde kullanılmaktadır. Çarpıklık ölçülerinin finansal risk analizlerinde sağladığı fayda benzer ya da eşit ortalamaya sahip finansal varlıkların getiri serilerinden hareketle hangi varlık ya da varlık grubunun daha fazla büyük kayıp yaşama olasılığının saptanmasına yardımcı olmalarıdır. Çarpıklık ölçüleri merkezi eğilim ölçüleri (ortalama, mod, medyan) yardımıyla veya uygulamada en sık kullanılan şekliyle momentler yardımıyla hesaplanmaktadır. Momentler, gözlem değerlerinin aritmetik ortalamaya göre farklarının i'inci kuvvetleri toplamının (moment kuvvetinin) hesaplanarak gözlem sayısına bölünmesi suretiyle hesaplanır ve dağılımın şekli konusunda bilgi verirler. Tanımından hareketle birinci momentin aritmetik ortalama, ikinci momentin ise varyans olduğu söylenebilir.

$$\mu_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^i (x_j - \bar{x})^i$$

Çarpıklık (skewness) doğrudan bir dağılımın üçüncü momenti yardımıyla yorumlanabilir. Simetrik bir dağılımda gözlemlerin ortalamadan uzaklıklarının toplamı sıfıra eşit olacağından, birinci ve üçüncü kuvvetleri yani birinci ve üçüncü momentleri ($\mu_1 = 0$ ve $\mu_3 = 0$) sıfıra eşit olacaktır. O halde üçüncü momentin sıfıra göre durumundan hareketle dağılımın çarpıklığı konusunda yorum yapılabilecek; üçüncü momentin sıfırdan küçük

olması halinde ($\mu_3 < 0$) dağılımın negatif (sol) çarpık, sıfırdan büyük olması halinde ise ($\mu_3 > 0$) dağılımın pozitif (sağ) çarpık olduğu söylenecektir.

Şekil 7: Pozitif (Sağ) Çarpık ve Negatif (Sol) Çarpık Dağılım Örnekleri

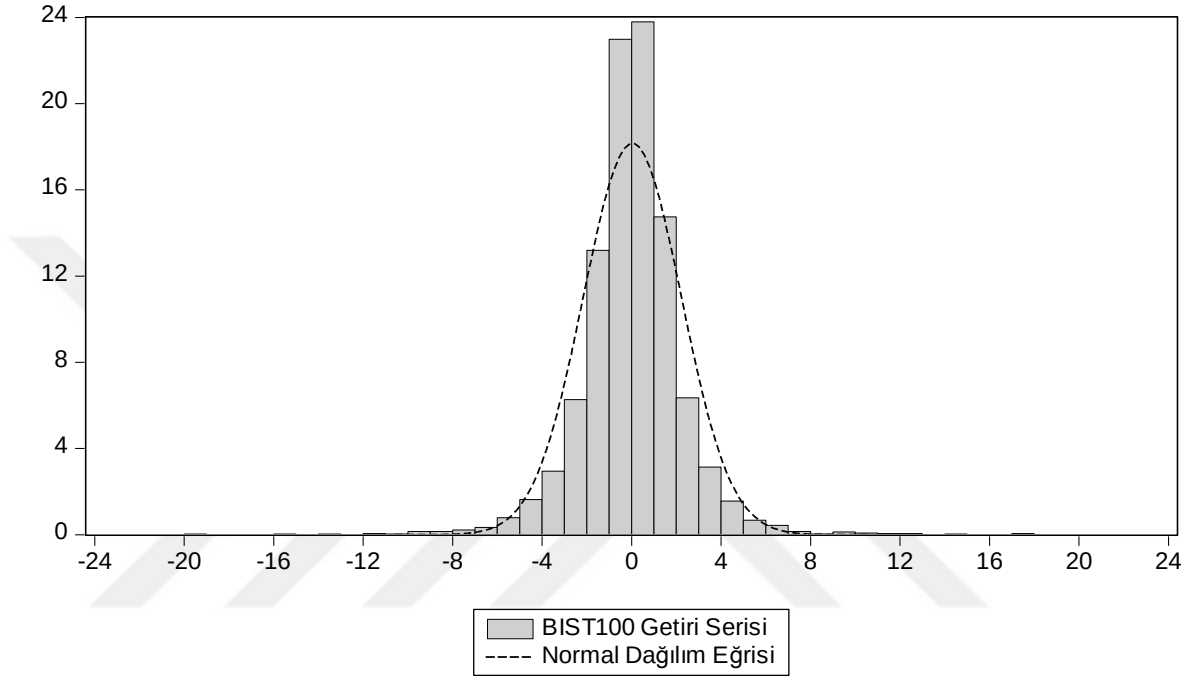


Finansal bir getiri serisinin çarpıklık istatistiği, piyasa riski analizlerinde getiri serisinin genel davranış şeklinin kolayca belirlenebilmesini sağlayacaktır. Buna göre pozitif (sağ) çarpık bir getiri serisine sahip finansal varlığın büyük kayıplar yaşama olasılığının negatif (sağ) çarpık bir varlığa kıyasla daha yüksek olduğu yorumlanabilecektir.

Momentler yardımıyla hesaplanabilen bir diğer tanımlayıcı istatistik ise dağılımın sivrililiği hakkında yorum yapılmasını sağlayan basıklık (kurtosis) ölçüsüdür. Basıklık ölçüsü, dağılımın şekli konusunda önemli bilgiler verirken, finansal getiri serilerinde karşılaşılan şişman kuyruk sorununun varlığının tespiti anlamında finansal risk analizlerinde sıkça başvurulmaktadır. Normal dağılım sergileyen bir veri seti için basıklık ölçüsü yani dördüncü moment 3'e eşittir ($\mu_4 = 3$) ve bu dağılımın şekline mezokurtik adı verilmektedir. Finansal getiri serileri ise genellikle sıfır ortalama etrafında dağılan, leptokurtik adı verilen ve normal dağılıma göre daha yüksek ve sivri tepeye sahip olan bir şekilde dağılım göstermektedirler. Bu durum finansal getiri serileri ile yapılacak finansal risk analizlerinde kuyruklarda gerçekleşecek gözlemlerin

tahminini normal dağılıma göre güçleştirmekte, dolayısıyla şişman kuyruk sorunu olarak anılmaktadır.

Şekil 8: BIST 100 Endeksi 2000-2016 Yılı Getirileri Histogramı



Örnek olarak BIST 100 endeksi 2000 – 2016 yılları arası getiri serisi incelendiğinde, getiri serisinin normal dağılıma kıyasla daha sivri ve yüksek bir tepeye sahip olduğu gözlenmektedir, basıklık ölçüsünün 10,60 olmasından ötürü ($\mu_4 > 3$) leptokurtik bir dağılım sergilediği sonucuna ulaşılmaktadır. Leptokurtik dağılımın bir sonucu olarak, şişman kuyruk sorunu seride araştırıldığında normal dağılım varsayımı altında tahminlenemeyen kuyruk kayıplarının varlığı grafiksel olarakta histogram yardımıyla gözlenmektedir. Örnekteki bulgular, BIST 100 endeksi 2000 – 2016 yılları arası getiri serisi ile yapılacak risk ölçümlerinde normal dağılım varsayımı kullanılması halinde tahminlenemeyecek kayıpların yaşanabileceğini, dolayısıyla risk ölçüm modelinin etkin sonuçlar üretmeyeceğini ve farklı bir dağılım varsayımı kullanılmasının gerekliliğini daha analizin en başında tanımlayıcı istatistikler yardımıyla ortaya koymaktadır.

2.2 İSTATİSTİKİ DAĞILIMLAR

Piyasa riski ölçümlerinde doğru getiri dağılımının tespiti, doğru RMD ölçümlerinin yapılabilmesi yoluyla piyasa riski sermaye yükümlülüğünün doğru bir şekilde hesaplanmasını ve sermayenin etkin yöntemini sağlayacaktır. Örneğin olağan dışı piyasa hareketlerinin olduğu dönemlerde kuyruk kayıplarının daha sık görülmesi, normal dağılım varsayımıyla yapılan analizlerin yetersiz kalmasına neden olacak, bu durum hesaplanacak piyasa riski sermaye yükümlülüğünü olumsuz etkileyecektir.

İstatistiki dağılımlar veya olasılık dağılımları (probability distribution) bir rassal değişkenin alabileceği değerler ve bu değerlere karşılık gelen olasılıkları ifade etmektedir. Olasılık dağılımları kesikli olasılık dağılımları ve sürekli olasılık dağılımları olarak temelde ikiye ayrılabilir. Piyasa riski ölçümünde ve yönetiminde faydalanan fiyat serileri ve fiyat serilerinden hareketle elde edilen getiri serileri, belirli bir aralıktaki sonsuz değeri alabilen değişkenler yani sürekli rassal değişkenler olduklarından sürekli olasılık dağılımları sergileyeceklerdir.

Sürekli bir rassal değişkenin $f(x)$ olasılık yoğunluk fonksiyonunun aşağıdaki özellikleri sağlaması gerekir.²³

- i. Her x için $f(x) \geq 0$; her bir gerçekleşen gözlemin gerçekleşme olasılığının sıfır yada sıfırdan büyük olması,
- ii. $\int_{-\infty}^{\infty} f(x)dx = 1$; olasılık dağılım fonksiyonu eğrisi altında kalan alanın yani tüm gözlemlerin olasılıkları toplamının 1'e eşit olması gerekir.

2.2.1. Normal Dağılım

İstatistiki çalışmalarda en sık kullanılan ve karşılaşılan sürekli dağılım tipi normal dağılımdır. Normal dağılım, belli bir ortalamanın etrafında simetrik bir görünüme sahiptir. Buna göre belirli bir aralıkta sonsuz değeri alabilen ve normal

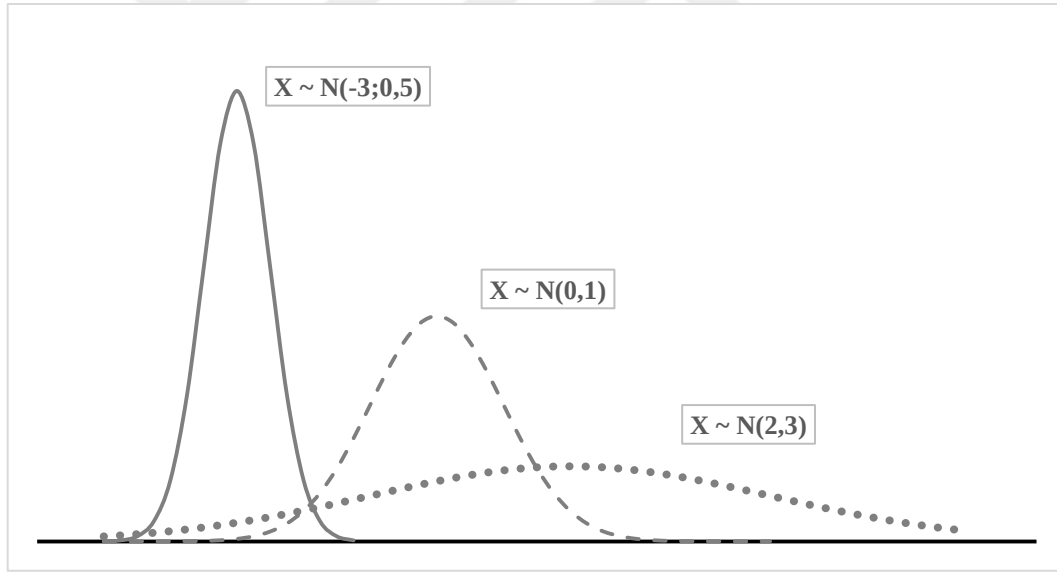
²³ Hüseyin Tatlıdil ve diğerleri, **İstatistik**, 2. Baskı, Anadolu Üniversitesi, Eskişehir, 2004, s.154

dağılan, μ ortalama ve σ^2 varyansa sahip bir sürekli rassal X değişkeni $X \sim N(\mu, \sigma^2)$ şeklinde gösterilecek ve olasılık yoğunluk fonksiyonu;

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} e^{\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} \quad \text{ise} \quad P(n \leq x \leq m) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_n^m e^{\left[-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}\right]} d(x)$$

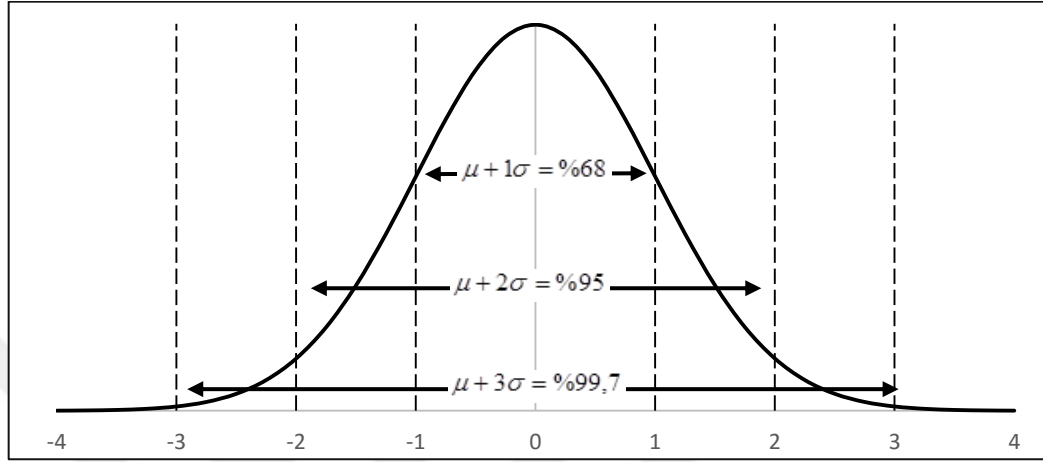
olacaktır. Normal dağılım gösteren bir X rassal değişkeni için ortalama, mod ve medyan istatistikleri birbirine eşit olduğundan dağılım tam simetrik bir görünüme sahiptir; ancak X değişkeninin farklılık gösterecek ortalama ve standart sapma istatistiklerinden ötürü tek bir normal dağılımdan söz edilemeyecektir.

Şekil 9: Farklı Ortalama ve Varyanslara Sahip Normal Dağılım Örnekleri



Normal dağılımın simetrik özelliğinin bir diğer sonucu, normal dağılım olasılık yoğunluk fonksiyonunun çözülmesi ile ulaşılan 3 sigma (%68, %95, %99,7) kuralıdır. Buna göre gözlemlerin %68'inin ortalamanın ± 1 standart sapma etrafında, %95'inin ortalamanın ± 2 standart sapma etrafında ve %99,7'sinin ortalamanın ± 3 standart sapma etrafında dağıldığı sonucuna ulaşılabilecek ve normal dağılan bir veri setinde gözlemlerin yaklaşık olarak tamamının ortalamanın ± 3 standart sapma etrafında dağıldığı söylenebilecektir.

Şekil 10: 3 Sigma (%68, %95, %99,7) Kuralı



Tek bir normal dağılımdan söz edilememesi, ortalaması ve standart sapması sonsuz değer alabilecek sonsuz normal dağılımın söz konusu olması anlamına gelecek, her bir dağılım için X rassal değişkeninin ilgilenilen aralıkta değer alma olasılığının ayrı ayrı olasılık yoğunluk fonksiyonu ile hesaplanması veya her bir dağılım için önceden oluşturulacak dağılım tablolarının bulunması zorunluluğunu doğuracaktır. Hesaplamanın getirdiği işlem yükü ve her bir dağılım için (sonsuz sayıda olabilecekken) dağılım tablolarının hazırlanmasının imkansız olması bir standardizasyonu gerektirmektedir. Bu durum ise X rassal değişkeninin 0 ortalama ve 1 standart sapmaya sahip, standart normal dağılım sergileyen Z değişkenine dönüştürülmesi suretiyle aşılmaktadır.

$$Z = \frac{(X - \mu)}{\sigma}$$

Standart normal dağılım ve rassal değişkenlerin standardizasyonu, normal dağılım varsayımı altında yapılan istatistiki analizlerde kolaylık sağlayan ve sıkça başvurulmuş bir dağılım ve yöntemdir. Öyle ki, çalışmanın ilerleyen aşamalarında açıklanan piyasa riski ölçüm yöntemlerinden Parametrik RMD yönteminde, normal dağılım getiri serileri için güven düzeyinin açıklayıcısı olarak standart normal dağılım Z değerleri kullanılacaktır.

2.2.2. Student-t Dağılımı

Literatürde yapılan çalışmalar sonucunda finansal getiri serilerinin leptokurtik ve negatif (sol) çarpık dağılımlar sergilediği, leptokurtik dağılımın bir sonucu olarak dağılımın normal dağılıma göre daha kalın kuyruklara sahip olduğu görülmektedir. Getiri serileri ile yapılan zaman serisi analizlerinde, bu özellikleri gözetten Student-t dağılımının kullanılması önerilmektedir. Student-t dağılımı, yapısı itibarıyla normal dağılıma kıyasla kuyruklarda oluşan gözlem değerlerini yakalamakta daha başarılı olacaktır. ν serbestlik derecesi ve $\Gamma(\cdot)$ gamma fonksiyonu olmak üzere Student-t dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$2 < \nu \leq \infty \text{ iken } f(x) = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}{\sqrt{\nu\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(1 + \frac{t^2}{\nu}\right)^{-\left(\frac{\nu+1}{2}\right)}$$

Student-t dağılımı finansal getiri serilerindeki şişman kuyruk sorununu gözetmesine karşın simetrik yapısı nedeniyle, getiri serilerinin genelinde karşılaşılan asimetrik yapıyı gözardı etmektedir. Bu eksikliği gidermek amacıyla Hansen (1994) tarafından Skewed Student-t dağılımı geliştirilmiş, Fernandez ve Steel (1998) tarafından yeniden ele alınmıştır.²⁴ ξ asimetri katsayısı ve ν serbestlik derecesi olmak üzere Skewed Student-t dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu ve parametreleri aşağıdaki gibidir.

$$f(x) = T \left\{ \ln \Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right) - \ln \Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right) - \frac{1}{2} \ln[\pi(\nu-2)] + \ln \left(\frac{2}{\xi + \frac{1}{\xi}} \right) + \ln(s) \right\} - \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \left\{ \ln \sigma_t^2 + (1+\nu) \ln \left[1 + \frac{(sz_t + m)^2}{\nu-2} \xi^{-2t} \right] \right\}$$

$$It = \begin{cases} z \geq -\frac{m}{s} \Rightarrow 1 \\ z < -\frac{m}{s} \Rightarrow -1 \end{cases}, \quad m = \frac{\Gamma\left(\frac{\nu+1}{2}\right)\sqrt{\nu-2}}{\sqrt{\pi}\Gamma\left(\frac{\nu}{2}\right)} \left(\xi - \frac{1}{\xi} \right) \quad \text{ve} \quad s = \sqrt{\left(\xi^2 - \frac{1}{\xi^2} - 1 \right) - m^2}$$

²⁴ Mert Ural, **Yatırım Fonlarının Performans ve Risk Analizi**, Detay Yayıncılık, Ankara, 2010, s.86

2.2.3 GED Dağılımı (Generalized Error Distribution)

Birçok dağılım gibi normal dağılımı özel bir durum olarak içeren GED dağılımı, normal dağılıma kıyasla daha kalın kuyruklu iken kimi dağılım tiplerine göre daha ince kuyruklu bir dağılım tipidir.²⁵

Nelson (1991) çalışmasında kurduğu modelde piyasa riski ile beklenen getiri arasındaki ilişkiyi, pozitif ve negatif getiriler arasındaki asimetrimin koşullu varyans üzerindeki etkisini, şokların volatilité üzerindeki kalıcılığını, getiri dağılımındaki şişman kuyruk sorununu ve tatil günlerinin getiri volatilitesi üzerindeki etkisini araştırmış, Student-t dağılımının belli durumlarda sonlu koşulsuz momentlerinin (özellikle varyansının) olmaması nedeniyle bu etkilerin araştırılması için önceki araştırmalardan da yola çıkarak koşullu varyans modellemesinde GED dağılımının kullanılmasını önermiştir. ν serbestlik derecesi ve $\Gamma(\cdot)$ gamma fonksiyonu olmak üzere GED (Generalized Error Distribution) dağılımı olasılık yoğunluk fonksiyonu aşağıdaki gibidir.

$$\begin{aligned} -\infty < x < \infty \\ \text{ve} \\ 0 < \nu < \infty \end{aligned} \quad \text{iken} \quad f(x) = \frac{\nu \exp\left(-\frac{1}{2} \left|\frac{x}{\lambda}\right|^\nu\right)}{\lambda 2^{\left(1+\frac{1}{\nu}\right)} \Gamma\left(\frac{1}{\nu}\right)} \quad \text{ve} \quad \lambda = \sqrt{\frac{2^{\left(\frac{2}{\nu}\right)} \Gamma\left(\frac{1}{\nu}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{\nu}\right)}}$$

Buna göre olasılık yoğunluk fonksiyonu çözümlendiğinde ν serbeslik derecesi 2'ye eşit olduğunda X rassal değişkeni özel durum olarak simetrik standart normal dağılım, $\nu = \infty$ olduğunda $-3^{1/2}, 3^{1/2}$ aralığında Uniform dağılım sergileyecek; $\nu > 2$ olduğunda dağılım normal dağılıma kıyasla ince kuyruk, $\nu < 2$ olduğunda ise normal dağılıma kıyasla şişman kuyruk özelliği sergileyecektir. Dolayısıyla ν aynı zamanda kuyruk kalınlığı parametresidir.

²⁵ Nelson D., **Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach**, Econometrica, 1991, Cilt: 59, Sayı: 2, 1991, s.347-370

2.3. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DURAĞANLIK

Gelecek değerlerin geçmiş değerlerden hareketle kesin olarak tahminlenebildiği zaman serilerine deterministik, gelecek değerlerin kısmen geçmiş değerlere bağlı olarak tahminlenebildiği serilere ise stokastik yada rassal seriler adı verilir. Zaman serisi analizleri durağan stokastik süreçlere odaklanmaktadır. Durağanlık kavramı, stokastik bir sürecin birinci ve ikinci momentlerinin (ortalama ve varyansının) zamana bağlı olarak değişmemesi anlamını taşır. Bu durumda, ancak durağan zaman serileri ile yapılan modellemelerde tahminciler zamandan bağımsız olarak geçmiş değerlerden hareketle tutarlı öngörü kabiliyetine sahip olabileceklerdir.²⁶

Piyasa riski ölçümü ve analizlerinde kullanılan finansal varlık fiyatları, zaman serilerinin temel özelliklerini taşımaktadırlar. Bir zaman serisi (Y_t), rassal hareketlerin yanı sıra, trend, mevsimsellik ve dönemsel hareketlerin bir fonksiyonudur. $[Y_t = f(T_t, C_t, S_t, e_t)]$ Buna göre, bir zaman serisi bir trendi (T_t) izliyor yada döngüsel (C_t) ve mevsimsel (S_t) hareketler sergiliyorsa ortalaması ve varyansı da zaman içerisinde değişeceğinden serinin durağan olmadığı söylenebilir.

Finansal zaman serisi analizlerinde bahsi geçen durağanlık kavramı serinin birinci ve ikinci momentinin durağan olması yani zayıf (kovaryans) durağanlıktır.

$$i) E(Y_t) = \mu < \infty$$

$$ii) V(Y_t) = E[(Y_t - \mu)^2] = \sigma^2 < \infty$$

$$iii) Cov(Y_t, Y_{t+h}) = E[(Y_t - \mu)(Y_{t+h} - \mu)] = \gamma_h ; h \geq 1$$

Buna göre zayıf durağan bir zaman serisi sonlu ve zamana bağlı olarak değişmeyen sabit momentlere sahiptir. Zayıf durağan bir serinin ortalaması sabit ve kovaryansı zamana bağlı değişmezken yani zamandan bağımsızken iki süreç arasındaki uzaklığa, gecikme sayısına (h) bağlıdır. Özel bir durum olarak gecikme sayısı sıfırdan

²⁶ Chris Chatfield, **Time-Series Forecasting**, Chapman & Hall/CRC, 2000, s.33

($h=0$) zaman serisinin kovaryansı zamana bağlı değişmeyeceğinden $Cov(Y_t, Y_t) = Var(Y_t)$ sonlu bir sabit (σ^2) olacaktır.

Bir zaman serisi, $k \geq 0$ iken ve tüm t ve k 'lar için Y_t içerisinde seçilen $(Y_t, \dots, Y_{tk})$ ve $(Y_t, \dots, Y_{tk+1})$ ortak dağılımlarının (joint distributions) özelliklerinin zamana göre değişmemesi durumunda kesin durağan olacaktır. Bu tanımdan yola çıkarak kesin durağan bir Y_t zaman serisi için birinci ve ikinci momentlerin sonlu sabit olacağı, dolayısıyla aynı zamanda zayıf durağanlık özelliğini de taşıyacağı söylenebilirken tam tersi durum geçerli değildir. Zayıf durağan bir zaman serisi aynı zamanda normal dağılması halinde kesin durağanlık özelliğini taşıyacaktır.²⁷

Finansal risk ölçümü ve analizinde kullanılan varlık fiyatları, finansal zaman serilerinin temel özelliklerini taşıdığından, bu seriler ile oluşturulan zaman serisi süreçlerinin yani modellerin durağanlığı aynı zamanda zaman serilerinin durağanlığı konusunda fikir verecektir. Zaman serisi süreçlerinin durağanlığı birim kök testleri ve AR (otoregresif), MA (hareketli ortalama) ve karma ARMA (otoregresif hareketli ortalama) yardımıyla incelenir. Buna göre zaman serilerinin durağanlığından, zaman serisi süreçlerinin durağanlık kısıtlarını sağlaması halinde söz edilebilecektir.

2.3.1. Otoresif - AR(p) Süreci

Y_t zaman serisi değişkeninin t zamandaki değerinin, $t - p$ zamanındaki Y_{t-p} değerleri ve hata değeri (u_t) toplamına eşit olması halinde süreç otoregresif bir süreçtir. O halde u_t bir pür rassal süreç ($E(u_t) = 0, Var(u_t) = \sigma^2$) olmak üzere AR(p) süreci aşağıdaki şekilde gösterilecektir.

²⁷ Ruey S. Tsay, **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, 3. Baskı, 2010, s.30

$$(I) \quad Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \phi_2 Y_{t-2} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + u_t \rightarrow AR(p)$$

$$(II) \quad \phi(L)Y_t = u_t$$

L gecikme operatörü ve $\phi(L) = 1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p$ olmak üzere AR(p) süreci (II) numaralı denklemdeki polinom şeklinde gösterilebilir. u_t pür rassal bir süreç iken $\phi(L)$ polinomunun çözümlenmesi sonucunda polinom köklerinin tümünün birim çember dışında olması durağanlık kısıtıdır. O halde sıfır ortalamalı AR(1) süreci için;

$$Y_t = \phi_1 Y_{t-1} + u_t$$

$$1 - \phi_1 Z = 0 \text{ için } |\phi_1| < 1$$

durağanlık kısıtı ϕ_1 katsayısının 1'den küçük olmasıdır. Ancak bu durumda denklemin kökü birim çember dışında olacaktır. $|\phi_1| < 1$ durağanlık kısıtının sağlanması halinde zaman serisi sürecinin durağan olduğu söylenebilecektir. Otoregresif bir süreçte, Y_t değerleri birbirlerine ϕ_1 kadar bağımlı olduğundan seriye gelecek bir şokun etkisi gelecek tahminler üzerinde azalarak (sönümlenerek) etkili olacaktır.

2.3.2. Hareketli Ortalama – MA(q) Süreci

Y_t zaman serisi değişkeninin t zamandaki değerinin $t-q$ zamanındaki u_{t-p} hata terimlerinin ağırlıklı doğrusal toplamına eşit olması halinde süreç bir hareketli ortalama MA(q) sürecidir.

$$(I) \quad Y_t = u_t + \theta_1 u_{t-1} + \theta_2 u_{t-2} + \dots + \theta_q u_{t-q} \rightarrow MA(q)$$

$$(II) \quad Y_t = \theta(B)u_t$$

B gecikme operatörü ve $\theta(B) = 1 + \theta_1 B + \theta_2 B^2 + \dots + \theta_q B^q$ olmak üzere MA(q) süreci (II) numaralı denklemdeki gibi gösterilebilir. u_t pür rassal bir süreç yani sıfır

ortalama ve sabit varyanslı bir rassal değişken iken $\theta(B)$ polinomunun çözümlenmesi sonucunda ise MA(q) için tüm sonlu dereceleri için durağan olacaktır. Yapısı itibarıyla MA(q) dereceden bir hareketli ortalama sürecine gelecek bir şokun etkisi ancak $q+1$ dönem boyunca süreçte etkili olacaktır.

2.3.3. Otoregresif Hareketli Ortalama – ARMA(p,q) Süreci

Kimi finansal zaman serileri için uygulama aşamasında otoregresif – AR(p) yada hareketli ortalama – MA(q) süreçleri yalnız başlarına zaman serilerinin dinamik yapısını açıklayabilmeleri için çok sayıda parametre içeren yüksek dereceli modellere ihtiyaç duyduğundan veri üretimi sürecine kıyasla ağır kalmaktadır. AR(p) ve MA(q) süreçlerinin birlikte kullanıldığı otoregresif hareketli ortalama – ARMA(p,q) süreçlerinde ise veri üretimi süreci daha düşük dereceli modeller ve daha az sayıda parametre ile açıklanabilmektedir.²⁸

$$(I) \quad \phi(L)Y_t = \theta(B)u_t$$

$$(II) \quad (1 - \phi_1 L - \phi_2 L^2 - \dots - \phi_p L^p)Y_t = (1 - \theta_1 B - \theta_2 B^2 - \dots - \theta_q B^q)u_t$$

$$(III) \quad Y_t = \phi_0 + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + u_t + \theta_1 u_{t-1} - \dots - \theta_q u_{t-q}$$

$$(IV) \quad Y_t = \phi_0 + \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{t-i} + u_t - \sum_{i=1}^q \theta_i u_{t-i}$$

Bir ARMA(p,q) süreci, Y_t zaman serisi değişkeninin t zamandaki değerinin $t-p$ kadar gecikmeli değerleri ve $t-q$ kadar gecikmeli hata terimlerinin doğrusal toplamı ile ifade edilebildiği süreçtir. Daha önce yapılan açıklamadan hareketle Y_t zaman serisi yalnızca AR(p) veya MA(q) süreçleri ile açıklanmak istendiğinde daha yüksek model dereceleri ve daha fazla parametre sayısı gerektirecektir. Aynı zaman serisi ARMA(p,q) süreci ile ifade edilebiliyorsa, bu durumda daha düşük dereceli bir model ve daha az sayıda (parsinomial) parametre ile açıklanabilecektir.

²⁸ Ruey S. Tsay, **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, 3. Baskı, 2010, s.64

Bir ARMA(p,q) süreci genel olarak (IV) numaralı denklemdeki gibi (I) numaralı denklemin çözümlenmiş nihai hali ile gösterilmektedir. ARMA(p,q) bir karma süreç olarak, AR(p) ve MA(q) süreçlerinin durağanlık kısıtının sağlanması yani $\phi(L)$ ve $\theta(B)$ polinomlarının köklerinin birim çember dışında olması ile sağlanacaktır.

2.4. FİNANSAL ZAMAN SERİLERİNDE DEĞİŞEN VARYANS SORUNU

Ekonometrik modellemede başvurulmuş en temel varsayımlarından birisi hata terimlerinin sabit varyanslı (homoskedastic) ve bağımsız (independent) dağılım sergilemesidir. Ancak finansal zaman serileri ile yapılan analizlerde bu varsayımlardan önemli ölçüde sapmalar gözlenmekte, bu durum tahmincilerin etkinliğini yitirmesine neden olmaktadır.

Piyasa riski ölçüm ve analizinde kullanılan finansal zaman serilerinin (varlık fiyatlarının) yapıları gereği rassal hareketlerin yanı sıra belli bir trendi takip etmeleri, döngüsel ve mevsimsel hareketler sergilemeleri nedeniyle durağan olmadıkları bilinmektedir. Finansal varlık fiyatlarını bu etkilerinden arındırarak durağan seriler ile çalışabilmek adına üretilen finansal getiri serilerinin ise genellikle leptokurtik dağılımın bir sonucu olarak şişman kuyruklara (fat tail) sahip olduğu ve çarpık (skewed) yani asimetric özellikler sergilediklerinden bahsedilmiştir. Finansal getiri serilerinin temel özelliklerinden bir diğeri uzun hafızaya (long memory) sahip olmaları iken bir başka özelliği ise volatiliteye gelen şokların bu hafıza ölçüsünde süreklilik arz etmesi nedeniyle büyük (küçük) fiyat değişimlerini büyük (küçük) fiyat değişimlerinin takip etmesi eğilimi sonucu yaşanan volatilitenin kümelenmeleridir (volatility clustering). Tüm bu özellikleri ile bir finansal getiri serisinden seçilecek ortak dağılımların (joint distributions) varyansının ve kovaryansının zamana bağlı olarak değişeceği söylenebilecektir.

Finansal zaman serilerinde durağanlık şartının sağlanmaması aslında zayıf (kovaryans) durağanlık kısıtı olan, zamana göre değişmeyen birinci ve ikinci momentler kısıtının sağlanamaması yani birinci ve ikinci momentin zaman içerisinde değişkenlik göstermesi anlamına gelecektir. Bu durum, finansal getiri serileri ile durağanlık yani

sabit varyans varsayımı altında yapılan risk analizlerinin etkinsizliğini gündeme getirecektir. Tutarlı ve etkin risk ölçümlerinin yapılabilmeside, bu durumu gözeterek zamana bağlı değişen varyansın modellenerek dikkate alınması yoluyla sağlanabilecektir.

Öyleyse piyasa riski ölçümünde etkinsiz tahminlerin önüne geçilmesi adına koşullu değişen varyans modellerinin tanınmasında fayda bulunmaktadır. Ayrıca değişen varyansın modellenmesi sürecinde, finansal getiri serilerinin temel özellikleri olan şişman kuyruk sorunu, volatilité kümelenmesi ve asimetrik dağılım özelliklerini dikkate alan modeller yardımıyla analizin boyutu genişletilerek tahmincilerin etkinliği artırılabilir.

2.4.1. Otoregresif Koşullu Değişen Varyans - ARCH Modeli

Değişen varyanslılığın yapısına izin veren, koşullu değişen varyans modellemesi alanındaki ilk orijinal çalışma Robert F. Engle'in 1982 yılında *Econometrica*'da yayınladığı makaledir.²⁹ Geleneksel zaman serileri ve ekonometrik modeller sabit varyans varsayımına dayanırken, Engle (1982) tarafından tanıtılan ARCH (Autoregressive Conditional Heteroskedastic) süreci, koşulsuz varyans sabit iken koşullu varyansın geçmiş zamanın hata terimlerinin bir fonksiyonu olarak zaman içerisinde değişmesine olanak tanımaktadır.³⁰ Buna göre σ^2 koşullu varyans ve ε_{t-p} zaman serisi sürecinin p gecikmeli hata terimi olmak üzere bir ARCH(p) süreci aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$(I) \quad \sigma^2 = \omega_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2$$

$$(II) \quad \sigma^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$$

²⁹ Atilla Gökçe, **Zaman Serilerinde Koşullu Değişen Varyanslılık Yapısı: ARCH Modelleri –Döviz ve Sermaye Piyasalarına Bir Uygulama-**, Gazi Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1998, s.2

³⁰ Tim Bollerslev, **Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity**, Journal of Econometrics, Sayı: 31, 1986, s.307-327

ARCH(p) modeli ile tahminlenen koşullu varyansın daima pozitif olması için $\omega_0 > 0$ ve $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i \geq 0$ parametre kısıtlarının sağlanması gerekir. ARCH(p) modeli koşulsuz varyansı $\frac{\omega_0}{1 - (\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i)}$ iken koşulsuz varyansın pozitif olması için $\omega_0 > 0$ ve sonlu olması için $\alpha_1 + \alpha_2 + \dots + \alpha_i < 1$ koşullarının sağlanması gerekmektedir.

ARCH tahminlemesi öncesi zaman serisi sürecinde ARCH etkisinin varlığının test edilmesi gerekmektedir. ARCH etkisinin varlığının test edilmesi için Ljung-Box Q(m) ve ARCH-LM testleri kullanılmaktadır.

ARCH etkisinin varlığının test edilmesi için uygulanan yöntemlerden ilki McLeod ve Li (1983) tarafından geliştirilen hata terimlerinin karesinin m gecikmeli otokorelasyon fonksiyonunun sıfıra eşitliğini sınavan Ljung-Box Q(m) istatistiğidir.³¹

$$H_0 : \rho_1 = \rho_2 = \dots = \rho_m$$

$$H_1 : \exists \rho_m \neq 0$$

Ljung-Box Q(m) istatistiği m gecikme sayısı serbestlik derecesinde χ^2 dağılımı sergilemektedir (χ_m^2). Hesaplanan Q(m) değerlerinin belirlenen serbestlik derecesi (m) ve güven aralığına denk gelen χ^2 tablo değerinden küçük olması halinde H_1 hipotezi reddedilecek, otokorelasyonun olmadığına ve ARCH etkisinin olmadığına karar verilecektir. Aksi halde ($\chi_{tablo}^2 < Q(m)$) H_1 hipotezi kabul edilecek, hata terimlerinin karelerinin gecikmeli değerleri arasında otokorelasyonun varlığından, dolayısıyla durağan olmayan zaman serisi süreci nedeniyle zamana bağlı değişen momentlerden yani değişen varyans sorununun varlığından söz edilebilecektir.

³¹ Ruey S. Tsay, **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, 3. Baskı, 2010, s.114

ARCH etkisinin varlığının test edildiği bir diğer yöntem ise Engle (1982) tarafından geliştirilen ve zaman serisi sürecinin hata terimleri karelerinin arasında otokorelasyonun varlığını araştıran Lagrange Çarpanı ARCH-LM testidir. T gözlem sayısı ve R^2 hata terimleri karelerinin (ε_t^2) q sayıda gecikmeli değerleri ile tahminlendiği yardımcı regresyon modelinin belirlilik katsayısı olmak üzere, ARCH-LM test istatistiği $T * R^2$ olacaktır.³²

$$\varepsilon_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \dots + \alpha_q \varepsilon_{t-q}^2 \text{ iken;}$$

$$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = \dots = \alpha_q$$

$$H_1 : \exists \alpha_q \neq 0$$

ARCH-LM test istatistiği χ^2 dağılımı sergilemektedir (χ_q^2). Buna göre hesaplanacak ARCH-LM test istatistiğinin $(T * R^2)$, q gecikme sayısı serbestlik derecesindeki χ^2 tablo değerinden küçük olması halinde H_1 hipotezi reddedilerek ARCH etkisinin olmadığına karar verilecektir. Aksi halde ise $(\chi_{tablo}^2 < T * R^2)$ H_1 hipotezi kabul edilecek ve zaman serisi sürecinde ARCH etkisinden ve dolayısıyla değişen varyans sorununun varlığından söz edilebilecektir.

2.4.2. Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans – GARCH Modeli

Koşullu değişen varyansın modellenmesine ilişkin ARCH modelinin uygulandığı ampirik çalışmalarda görece olarak uzun gecikme sayılarının tahminlenmesi gerekliliği ve kısıtlı gecikme sayısı yapısı ile yapılan tahminlemelerde karşılaşılan negatif varyans tahminlemeleri, daha uzun hafızaya sahip ve daha esnek gecikme yapılarına izin veren ARCH sınıfı modellerin uzantılarının geliştirilmesine ilgi uyandırmıştır.³³ Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen Genelleştirilmiş Otoregresif Değişen Varyans (GARCH)

³² Gebhard Kirchgässner ve Jürgen Wolters, **Introduction to Modern Time Series Analysis**, Springer, 2007, s.260

³³ Tim Bollerslev, **Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity**, Journal of Econometrics, Sayı: 31, 1986, s.307-327

modeli ile koşullu varyans modellemesine yapılan temel katkı, zaman serisi sürecinin (p) kadar gecikmeli hata terimleri karelerinin yanında koşullu değişen varyansın (q) sayıda gecikmeli değerinin de modele eklenmiş olmasıdır. GARCH(p,q) modeli aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

$$(I) \quad \sigma_t^2 = \omega_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \beta_2 \sigma_{t-2}^2 + \dots + \alpha_p \varepsilon_{t-p}^2 + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

$$(II) \quad \sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

$$(III) \quad \sigma^2 = \frac{\omega_0}{1 - \left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right)}$$

GARCH(p,q) modeli ile tahminlenen koşullu varyansın daima pozitif olması için $\omega_0 > 0$ ve $\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_p, \beta_q \geq 0$ parametre kısıtlarının sağlanması gerekir. GARCH(p,q) modeli koşulsuz varyansının (III) pozitif olması için $\omega_0 > 0$ ve sonlu olması için $\alpha_1 + \beta_1 + \dots + \alpha_p + \beta_q \leq 1$ koşullarının sağlanması gerekmektedir. Koşulsuz varyansın pozitif ve sonlu olmasını sağlayan parametre kısıtları ayrıca zaman serisi sürecinin zayıf (kovaryans) durağan olması koşullarıdır.

GARCH modelinde yer alan ARCH ve GARCH katsayıları (sırasıyla α_p ve β_q) koşullu varyans üzerine gelen şokların kalıcılığı (persistence) hakkında da bilgi vermektedir.

$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) < 1$ ise GARCH(p,q) süreci durağandır ve şokların etkisi geçicidir.

$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) = 1$ ise GARCH(p,q) süreci durağan değildir, şokların etkisi kalıcıdır.

$\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j \right) > 1$ ise GARCH(p,q) süreci patlayıcı süreçtir, şokların etkisi kalıcıdır.

2.4.3. Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalama – EWMA Modeli

JP Morgan tarafından geliştirilen RiskMetrics programında değişen varyansın tahmininde önerilen üssel ağırlıklı hareketli ortalama (EWMA) modeli, GARCH modelinin kullanışlı ve uygulaması kolay bir özel halidir.³⁴ GARCH(1,1) modeline benzer şekilde EWMA modelinde tahminlenen koşullu değişen varyans, λ azaltım (decay) faktörü olmak üzere, $t - 1$ döneminde tahminlenen varyansın λ ve $t - 1$ dönemi hata terimi karelerinin $(1 - \lambda)$ ağırlıklı ortalamasıdır.

$$\sigma_t^2 = (1 - \lambda)\varepsilon_{t-1}^2 + \lambda\sigma_{t-1}^2 \quad (1 > \lambda > 0)$$

Azaltım (decay) faktörü λ birden küçük olduğundan EWMA modelinde geçmiş verilere verilen ağırlık geometrik olarak azalırken, seçilen λ değerine bağlı olarak son günlere verilen ağırlık değişmektedir. Azaltım (decay) faktörü λ değerinin artırılması hesaplanan varyans değerine etki eden gün sayısını arttırırken, en güncel veriye verilen ağırlığı azaltmaktadır.³⁵ RiskMetrics uygulamasında günlük veriler ile yapılan çalışmalar için $\lambda = 0,94$ olarak belirlenirken, aylık verilerle yapılan çalışmalar için $\lambda = 0,97$ seçilmiştir.³⁶

2.4.4. Üssel GARCH – EGARCH Modeli

ARCH ve GARCH koşullu varyans modellerinin en temel zayıf yönlerinden birisi, finansal varlık fiyatlarının pozitif ve negatif şoklara karşı farklı tepki göstermesi gerçeğine karşın, modellenen koşullu varyansın zaman serisi süreci hata terimlerinin karelerine bağımlı olmasından ötürü pozitif ve negatif şokların etkisinin aynı varsayılmasıdır.³⁷ Black (1976) çalışmasında hisse senedi getirilerinin volatilitedeki değişimlerle negatif korelasyona sahip olduğunu; yani volatilitedeki değişimin “iyi

³⁴ Philippe Jorion, **Financial Risk Manager Handbook**, Wiley Finance Series, 5. Baskı, s.431

³⁵ N. Burak Akan, **Parametrik Riske Maruz Değer Yöntemi Türkiye Uygulaması**, Bankacılar Dergisi Sayı:45 2003, s.32

³⁶ Jacques Longestaeve ve Martin Spencer, **RiskMetrics—Technical Document**, 4. Baskı, 1996, s.96

³⁷ Ruey S. Tsay, **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, 3. Baskı, 2010, s.119

haber” etkisi ile düşme eğilimi gösterirken, buna karşın “kötü haber” etkisi ile yükselme eğilimi gösterdiğini ortaya koymuştur.³⁸

Nelson (1991) hem volatilité değişimlerdeki asimetrik etkiyi gözetken, hemde GARCH modeli ile tahminlenen koşullu varyansın negatif değerler alabilmesi sorununun aşılabileceği Üssel GARCH (Exponential GARCH) modelini önermiştir. γ asimetri katsayısı olmak üzere EGARCH modeli aşağıdaki gibidir.

$$\ln(\sigma_t^2) = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i \frac{|\varepsilon_{t-i}^2| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}^2}{\sigma_{t-i}} + \sum_{j=1}^q \beta_j \ln(\sigma_{t-j}^2)$$

EGARCH modeli ile varyansın logaritmik olarak tahminlenmesinin en büyük avantajlarından birisi, diğer GARCH uzantısı modellerde bulunan katsayı pozitiflik kısıtlarının (α_i ve β_i için) sağlanması zorunluluğunun bulunmamasıdır.³⁹ Modelden hareketle γ asimetri katsayısı sıfırdan farklı ve istatistiki olarak anlamlı ise koşullu varyans üzerinde asimetri etkisinin varlığından; $\gamma < 0$ olması durumunda geçmişte yaşanan negatif bir şokun (kötü haber) pozitif bir şoka (iyi haber) kıyasla oynaklığı daha fazla arttırdığından, $\gamma > 0$ olması durumunda geçmişte yaşanan pozitif bir şokun (iyi haber) negatif bir şoka (kötü haber) kıyasla oynaklığı daha fazla arttırdığından söz edilebilecektir.⁴⁰ Ancak daha önce bahsedildiği üzere Black (1976) tarafından ortaya koyulan, negatif şokların (kötü haber) volatilitéyi artırıcı etkisi nedeniyle, uygulamada γ asimetri katsayısının sıfırdan küçük olması beklenir.

2.4.5. Eşik GARCH – TGARCH Modeli

Eşik GARCH (Treshold GARCH - TGARCH) modeli Glosten, Jagannathan, and Runkle (1993) ve Zakioan (1994) tarafından geliştirilen (GJRARCH olarakta

³⁸ Daniel B. Nelson, **Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach**, Econometrica, 1991, Cilt: 59 Sayı: 2, s.347-370

³⁹ Franq, Wintenberger, **Zakoian GARCH Models Without Positivity Constraints: Exponential or Log GARCH?**, Journal of Econometrics, Cilt: 177, Sayı: 1, 2013, s.34-46

⁴⁰ Mert Ural, **Yatırım Fonlarının Performans ve Risk Analizi**, Detay Yayıncılık, Ankara, 2010, s.93

bilinmektedir), koşullu volatilité üzerindeki asimetri etkisini inceleyen bir diğér GARCH uzantısı koşullu varyans modelidir. EGARCH modeline benzer şekilde modelde bir asimetri katsayısı (γ) bulunmasına karşın, temel fark koşullu varyansın logaritmik olarak değıl doğrusal olarak modellenmesidir. Buna göre γ asimetri katsayısı ve N_{t-i} negatif hata terimlerinin göstergesi bir kukla (dummy) değışken olmak üzere TGARCH modeli aşğıdaki gibi gösterilebilir.

$$N_{t-i} = \begin{cases} \varepsilon_{t-i} < 0 \Rightarrow 1 \\ \varepsilon_{t-i} \geq 0 \Rightarrow 0 \end{cases}$$

$$\sigma_t^2 = \omega_0 + \sum_{i=1}^p (\alpha_i + \gamma_i N_{t-i}) \varepsilon_{t-i}^2 + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^2$$

TGARCH modeli katsayıları α_i , β_i ve γ_i GARCH modelinde olduğı gibi negatif olmama (nonnegativity) kısıtlarını sağlamalıdır. Modelden ve kukla değışken N_{t-i} 'nin tanımından anlaşılacağı üzere pozitif ε_{t-i} koşullu varyansa $\alpha_i \varepsilon_{t-i}^2$ kadar katkı yaparken, negatif ε_{t-i} ise koşullu varyansa $(\alpha_i + \gamma_i) \varepsilon_{t-i}^2$ kadar katkı yapacak; yani negatif şokların koşullu varyans üzerindeki etkisi daha fazla olacaktır.⁴¹

2.4.6. Genelleştirilmiş Üssel Asimetrik ARCH - APGARCH Modeli

Üssel Asimetrik GARCH modeli, koşullu varyansın tahminlenmesinde zaman serisi verilerinin karelerinin alınması gibi verinin belli bir yapıya zorlanmasının etkisiz olabileceğı göz önünde bulundurularak Ding, Granger ve Engle (1993) tarafından önerilmiştir. APGARCH modelinde asimetrik etkiler gözetilirken verilerin mutlak değıerleri veya karelerinin alınması yerine etkin tahminleme için kuvvet parametresinin (δ) tahminlenmesi söz konusudur.

⁴¹ Ruey S. Tsay, **Analysis of Financial Time Series**, John Wiley & Sons, 3. Baskı, 2010, s.149

$$\sigma_t^\delta = \omega_0 + \sum_{i=1}^p \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}^2| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}^2)^\delta + \sum_{j=1}^q \beta_j \sigma_{t-j}^\delta$$

α_i ve β_j standart GARCH parametreleri, γ_i asimetri parametresi, δ kuvvet parametresi ve $\omega_0 > 0$, $\alpha_i, \beta_j \geq 0$, $\delta > 0$, $-1 \leq \gamma_i \leq 1$ ($|\gamma_i| \leq 1$) parametre kısıtları olmak üzere model koşullu varyansı aşağıdaki gibidir.⁴²

$$E(\sigma_t^\delta) = \frac{\omega_0}{1 - \sum \alpha_i (|\varepsilon_{t-i}^2| + \gamma_i \varepsilon_{t-i}^2)^\delta - \sum \beta_j}$$

APGARCH modeli koşullu varyansının pozitif ve sonlu olması içinse katsayı koşullarının sağlanması durumunda model durağanlık kısıtı ise aşağıdaki gibi olacaktır.⁴³

$$V = \sum \alpha_i (|z| + \gamma_i z)^\delta - \sum \beta_j < 1$$

APGARCH modeli ayrıca belli özel hallerde ARCH/GARCH türevi modellerin yuvalandığı bir modeldir. Buna göre APGARCH modeli, örneğin α_i serbest ve $\beta_j, \gamma_i = 0$, $\delta = 2$ iken ARCH modeline, α_i ve β_j serbest ve $\gamma_i = 0$, $\delta = 2$ iken GARCH modeline, α_i , β_j ve γ_i serbest ve $\delta = 2$ iken GJR-GARCH modeline indirgenmektedir.

Detaylandırılan ARCH/GARCH ve uzantısı olan koşullu değişen varyans modelleri, zaman serilerindeki değişen varyans sorununu göz önünde bulundurarak, sabit varyans varsayımına dayanılarak yapılan risk ölçümlerine kıyasla daha tutarlı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır. İzleyen tabloda (Tablo 4'te) çalışmada kullanılacak bu modellerin katsayı ve durağanlık kısıtları ile volatilitenin hesaplanabilmesi için kullanılacak formülleri özet olarak yer almaktadır.

⁴² Zhuanxin Ding, Clive W.J. Granger and Robert F. Engle, **A Long Memory Property of Stock Market Returns And A New Model**, Journal of Empirical Finance, 1993, s.83-106

⁴³ Model durağanlık kısıtı Ding, Granger ve Engle (1993) Ek-B'de detaylandırılmıştır.

Tablo 4: ARCH/GARCH Ailesi Modelleri Kısıtlar ve Oynaklık Formülleri

Model	Katsayı Kısıtları	Durağanlık Kısıtı	Oynaklık
ARCH(p)	$\omega_0 > 0$ $\alpha_1, \dots, \alpha_i > 0$	$\sum_{i=1}^p \alpha_i < 1$	$\sqrt{\frac{w_0}{1 - \left(\sum_{i=1}^p \alpha_i\right)}}$
GARCH(p,q)	$\omega_0 > 0$ $\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_i, \beta_j > 0$	$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j < 1$	$\sqrt{\frac{w_0}{1 - \left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j\right)}}$
EGARCH(p,q)	-	$\sum_{j=1}^q \beta_j < 1$	$\sqrt{\exp\left\{w_0 + \frac{\left(\sum_{i=1}^p \alpha_i \sqrt{\frac{2}{\pi}}\right)}{1 - \left(\sum_{j=1}^q \beta_j\right)}\right\}}$
TGARCH(p,q)	$\omega_0 > 0$ $\alpha_1, \beta_1, \dots, \alpha_i, \beta_j, \gamma > 0$	$\sum_{i=1}^p \alpha_i + \sum_{j=1}^q \beta_j + \frac{\gamma}{2} < 1$	$\sqrt{\frac{w_0}{1 - \left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + \frac{\gamma_i}{2} - \sum_{j=1}^q \beta_j\right)}}$
APGARCH(p,q)	$\omega_0 > 0$ $\alpha_i, \beta_j \geq 0$ $\delta > 0$ $ \gamma_i \leq 1$	$\sum_{i=1}^p \alpha_i (z + \gamma_i z)^\delta - \sum_{j=1}^q \beta_j < 1$	$\sqrt[\delta]{\frac{w_0}{1 - \left(\sum_{i=1}^p \alpha_i + (z + \gamma_i z)^\delta - \sum_{j=1}^q \beta_j\right)}}$

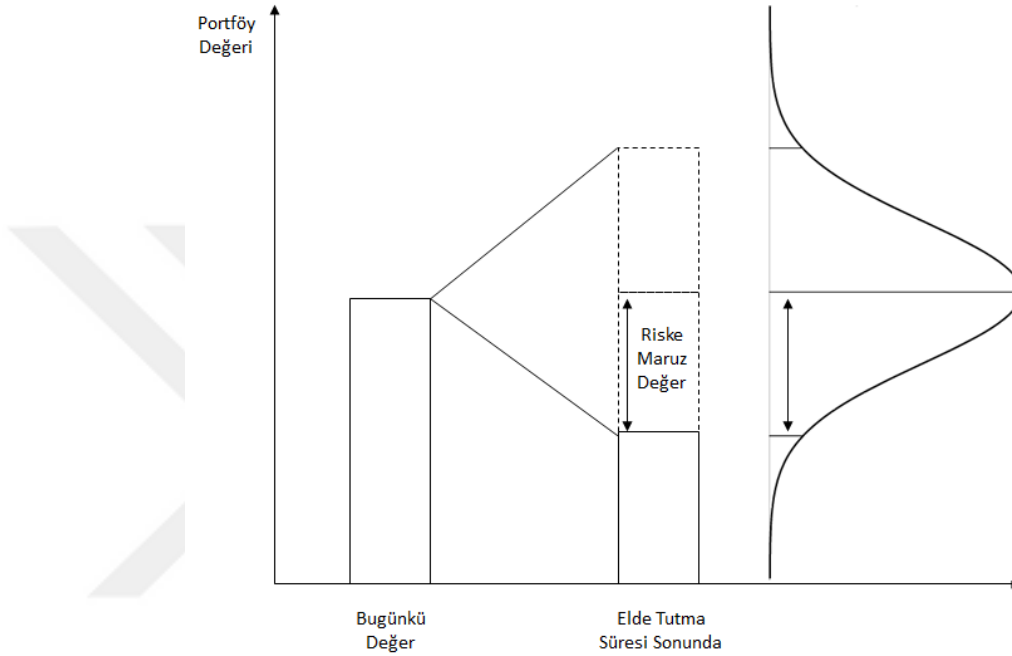
2.5. PİYASA RİSKİ ÖLÇÜMÜ VE RİSKE MARUZ DEĞER (VaR) YÖNTEMİ

Bankacılıkta piyasa riskinin ölçümü konusunda 1996'da yayımlanan Piyasa Riski Düzenlemesi'ne dek doğrudan bir düzenleme bulunmamasına karşın; uygulamada ve literatürde piyasa riskinin ölçümüne ilişkin çalışmalar oldukça eskiye dayanmaktadır. Piyasa riskinin ölçümüne yönelik basit yöntemlerden, günümüzdeki istatistiki ve ekonometrik temellere dayanan ileri ölçüm yöntemlerine kadar literatürde birçok farklı yaklaşım bulunmaktadır.

Risk kavramı çerçevesinde risk ölçümünün temel amacı, bir portföyün karşılaşılabileceği kesin kayıp kestirilemeyeceğinden, karşılaşılabilecek olası kaybın tahminlenmesidir. Riske Maruz Değer (RMD), bir portföyün belli bir güven düzeyi (yani

belli bir olasılıkla) ve belli bir elde tutma süresinde karşılaşılabileceği en büyük kayıp olarak tanımlanmaktadır.

Şekil 11: Riske Maruz Değer Kavramı



Kaynak: Bank for International Settlements, **A Discussion Paper on Public Disclosure of Market and Credit Risks by Financial Intermediaries**, Basle, 1994, s.21

Riskin bir ölçüsü olarak riske maruz değer (Value at Risk – VaR) kavramına ilişkin ilk sayısal örneğe Leavens’in (1945) çalışmasında rastlanmaktadır. Açıkça bir RMD kavramından bahsedilmemekle birlikte 10 farklı borçlanma aracının yer aldığı portföyde, Leavens her bir enstrümanın elde tutma süresinin sonunda 1.000 USD değerle itfa olacağını varsayarak portföyünün bugünkü değeri ile elde tutma süresi sonundaki değeri arasındaki kayıp/kazanç tutarını ölçerek çalışmada sıklıkla “olası kayıp/kazançlar farkı” kavramına yer vermiştir.⁴⁴

Risk ölçüsü olarak 1990’lı yıllarla birlikte “Dollars-at-Risk” (DaR), “Capital-at-Risk” (CaR), “Income-at-Risk” (IaR) ve “Earnings-at-Risk” (EaR) gibi birçok isim ve yöntem kullanılırken, bugünkü riske maruz değer (Value at Risk) ismi Guldumann

⁴⁴ Glyn A. Holton, **History of Value-at-Risk: 1922-1998 (Yayınlanmamış Çalışma)**, 2002, s.1

(2000) tarafından önerilmiştir.⁴⁵ J.P Morgan piyasa riski komitesi yöneticisi olan Guldemann ve kurduğu ekip tarafından geliştirilen ve kurum çapında kullanılan RiskMetrics uygulamasının bileşeni olan riske maruz değer kavramı zaman içerisinde piyasa riski ölçümünde kullanılan en yaygın yöntem haline gelmiş, riske maruz değer kavramının ilk yer aldığı yayımlanmış çalışma olan G-30 Raporu olarak bilinen “Derivatives: Practices and Principles” (1993) çalışmasında piyasa riskinin en iyi ölçülerinden biri olarak gösterilmiştir.

Piyasa riskinin ölçümünde, birden fazla finansal enstrüman tipinin bulunduğu portföylerde her bir alt portföy bazında (hisse senedi portföyü, borçlanma araçları portföyü vb.) farklı risk ölçüleri kullanılırken; riske maruz değer kavramının en önemli katkılarından birisi büyük ve karmaşık çoklu varlık portföylerine ilişkin özet tek bir risk ölçüsünün kullanılabilmesine olanak tanınmasıdır. Örneğin hisse senedi, tahvil-bono, emtialar, döviz, türev araçlar gibi farklı finansal enstrümanlardan oluşan bir portföyün risk ölçümünde ayrı ayrı risk ölçülerinin göz önünde bulundurulması gerekirken, riske maruz değer ile birlikte tüm bu varlık gruplarında taşınan pozisyonlar sebebiyle portföyün karşılaşılabileceği kayıp tutarı bir bütün olarak tahminlenebilmekte ve tek bir büyüklük üzerinden portföyün toplam risk düzeyi hakkında yorum yapılabilmektedir.

Riske maruz değer portföy varlıkları arasındaki korelasyon etkisinin yanı sıra, portföy düzeyinde yapılan ölçümlerde netleştirme ve korunma etkilerini de göz önünde bulundurarak, portföyde alınacak risk azaltıcı pozisyonların toplam risk üzerindeki etkisinin kolayca gözlemlenmesini sağlamaktadır. Yine farklı finansal enstrümanlardan oluşan portföy örneği düşünülürse, bu portföyde yer alan risk azaltıcı pozisyonların (hisse senetleri ile bu hisse senetlerinin yer aldığı endeks kontratlarında alınan ters yönlü pozisyonlar, portföyde taşınan döviz pozisyonları ile ters yönlü döviz türev pozisyonları gibi) portföy düzeyindeki toplam risk üzerindeki etkileri izlenebilecek, riskin yönetilmesi ve karar alınması sürecinde riske maruz değer önemli bir araç olarak kullanılabilecektir.

⁴⁵ Peter Adamko, Erika Spuchl'áková ve Katarína Valášková, **The History and Ideas Behind VaR**, Procedia Economics and Finance, Sayı: 24, 2015, s.18-24

Riske maruz değer riskin bir ölçüsü olarak, farklı karakteristik özelliklere sahip portföyler arasındaki risk seviyesinin karşılaştırılabileceği basit bir araç olma özelliğini de taşımaktadır. Bu yönüyle benzer finansal varlıklardan oluşan portföylerin risk karşılaştırılmasında kullanılabileceği gibi, farklı büyüklükteki ve farklı finansal araç kompozisyonlarına sahip portföylerin risk karşılaştırılmasında da kullanılabilir. Hatta RMD yardımıyla, büyük kurum portföylerinin alt portföylerini (tahvil-bono portföyü, döviz portföyü, hisse senedi portföyü gibi) yöneten alım-satım masalarının risk/performans ölçümleri de yapılabilir.

Riske maruz değer yöntem olarak kullanımı yönünden sağladığı avantajlar kadar, eleştirilerle de karşı karşıya kalmaktadır. Artzner vd. (1999) tutarlı (coherent) bir risk ölçüsünün taşıması gereken özellikleri aşağıdaki gibi tanımlarken, riske maruz değeri bu özelliklerden alt toplanabilirlik (subadditivity) özelliğini daima sağlamadığından tutarlı bir risk ölçüsü olmadığı yönünde eleştirmişlerdir.

- 1) Alt Toplanabilirlik (Subadditivity) : $\rho(X + Y) \leq \rho(X) + \rho(Y)$
- 2) Pozitif Homojenlik (Positive Homogeneity) : $\rho(\alpha X) = \alpha \rho(X)$
- 3) Monotonluk (Monotonicity) : $X \leq Y, \rho(Y) \geq \rho(X)$
- 4) Sapmasızlık (Translation Invariance) : $\rho(X + k) = \rho(X) - k$

Bir portföy için hesaplanan RMD değeri aynı portföy dağılımı korunurken portföy büyüklüğü α katı kadar arttırıldığında RMD büyüklüğünde α katı kadar artacağından; veya bir portföy RMD büyüklüğünün risk faktörlerinin döviz cinsinden fiyatlarıyla (tüm risk faktörleri dönüşüm kuru ile kullanıldığında hesaplamak) hesaplanması sonucu ile ulusal para birimi cinsinden hesaplanan RMD sonucunu dönüşüm kuru ile istenen para birimi cinsine dönüşümü sonucu değiştirmeyeceğinden RMD'in bir risk ölçüsü olarak pozitif homojenlik özelliğini taşıdığı söylenebilir. Daha riskli varlıklardan oluşan bir Y portföyünün, daha düşük riskli varlıklardan oluşan X portföyüne kıyasla daha yüksek bir RMD'si olması, RMD'in monotonluk özelliğinin; risksiz varlıklar dahil portföy için hesaplanan RMD sonucu ile risksiz varlıklar hariç

portföy için hesaplanacak RMD'in değişmemesi ise sapmasızlık özelliğinin sonucudur. Ancak bir kurum portföyü düşünüldüğünde, bu portföy toplamı için hesaplanan RMD büyüklüğü, her zaman için portföyü oluşturan varlıkların veya alt portföyleri yöneten alım-satım masalarının RMD'lerinin toplamına eşit veya bu toplamdan küçük olmadığından alt toplanabilirlik özelliğini sağlamamaktadır.

Riske maruz değerin yöntem olarak olağan piyasa koşulları altında kullanılabilir sonuçlar üretmesi (normal dağılım varsayımına dayanması), kuyruk kayıplarını gözardı eden noktasal bir ölçü olması, portföy varlıklarının piyasa likiditesini göz önünde bulundurmaması ve tamamen risk faktörlerinin geçmiş piyasa hareketlerine dayanması temelde karşılaştığı eleştirilerdir.

Karşılaştığı eleştirilere rağmen riske maruz değer metodunun 1990'lı yıllarla birlikte piyasa riskinin ölçümü ve takibinde kullanımı yaygınlaşmıştır. Basel II ile birlikte de içsel model kullanan bankaların detaylandırılan nicel standartlar doğrultusunda günlük olarak RMD hesaplamaları ve piyasa riski sermaye yükümlülüğünün bu doğrultuda belirlenmesi zorunlu tutulmuştur. Uzlaşî'da RMD ölçümü için belirli bir ölçüm yöntemi belirlenmemekle birlikte bankalar maruz kalabilecekleri tüm riskleri içermesi haline varyans/kovaryans matrisleri, tarihsel simülasyon yada Monte Carlo simülasyonu yöntemlerine dayanan modelleri seçmekte esnek kılınmışlardır.

2.5.1. Varyans/Kovaryans Yöntemi - Parametrik Yöntem

Riske maruz değer tahminlenme yöntemlerinden olan varyans/kovaryans RMD (Parametrik RMD) yönteminde, kullanıcı tanımlı ve risk faktörlerinden hareketle ile ulaşılan parametreler yardımıyla portföyün karşılaşabileceği potansiyel kayıp tahminlenmektedir. Parametrik RMD metodu, normal dağılım varsayımına dayanırken doğrusal getiri özelliğine sahip varlık ve portföylerde başarılı sonuçlar üretmektedir. Yöntemde faydalanan kullanıcı tanımlı parametreler portföy büyüklüğü (P), güven düzeyi (α), elde tutma süresi (t) ve risk faktörlerinden hareketle ulaşılan parametre standart sapma (σ) olmak üzere Parametrik RMD aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmaktadır.

$$\begin{array}{ccccccc} \text{Riske} & & \text{Portföy} & & \text{Güven} & & \text{Std.} \\ \text{Maruz} & = & \text{Büyüküğü} & * & \text{Düzeyi} & * & \text{Sapma} \\ \text{Değer} & & (P) & & (\alpha) & & (\sigma) \end{array} * \sqrt{\frac{\text{Elde Tutma}}{\text{Süresi}}} \sqrt{t}$$

Normal dağılım varsayımına dayanan RMD hesaplanmasında, güven düzeyi parametresi olarak seçilen güven düzeyine denk gelen standart normal dağılım değerleri (Z) kullanılır. Tek varlık için yukarıdaki formül yardımıyla basitçe hesaplanabilecek RMD, portföydeki varlık sayısının iki veya daha fazla olması halinde, riski artırıcı veya azaltıcı etkilerin yani daha önce bahsi geçen varlıklar arasındaki korelasyon etkisinin de gözetilmesini ve portföy standart sapmasının hesaplanmasını zorunlu kılmaktadır. Buna göre iki veya daha fazla varlığın bulunduğu portföy için w portföy ağırlıkları matrisi, w^T devrik (transpoze) portföy ağırlıkları matrisi ve C kovaryans matrisi olmak üzere portföy standart sapması aşağıdaki gibi hesaplanacaktır.

$$\sigma_P = \sqrt{w * C * w^T}$$

$$\sigma_P = \sqrt{\begin{bmatrix} w_1 & \cdots & w_n \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} \sigma_{11} & \cdots & \sigma_{1n} \\ \vdots & & \vdots \\ \sigma_{n1} & \cdots & \sigma_{nn} \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} w_1 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix}}$$

Temel olarak parametrik RMD hesaplaması sabit varyans varsayımına dayanırken, koşullu değişen varyans modelleri ile tahminlenecek standart sapmanın hesaplamaya dahil edilmesi ile RMD tahminlemesinin etkinliği arttırılacaktır. Öyle ki yöntemin sabit varyans varsayımı ile kullanılması halinde volatilitenin yükseldiği (düştüğü) piyasa koşulları altında, olması gerekenden daha düşük (yüksek) RMD tahminlenebilecek ve sermayenin etkinsiz yönetimine neden olacaktır.

Finansal varlık fiyat ve getiri serileri rassal yürüyüş sergilediklerinden (diğer deyişle Brownian hareketi), bu getiri serilerinden tahminlenen varyans zamanın (t) fonksiyonu iken standart sapma varyansın karekökü olduğundan, standart sapma

zamanın karekökünün ($\sqrt{t}$) fonksiyonu olacak; dolayısıyla RMD hesaplamalarında elde tutma süresi parametresi de zamanın karekökü kuralı ile hareket edecektir.

2.5.2. Tarihsel Simülasyon

Tarihsel simülasyon veya diğer adıyla tarihsel benzetim yöntemi, RMD yöntemleri arasında yoğunlukla kullanılan metodlardan biridir. BDDK tarafından Ağustos 2013'te hazırlanan Bankacılık Sektörü Basel II İlerleme Raporu'nda bankacılık sektörü aktiflerinin %94,9'unu oluşturan bankaların piyasa riskinin ölçümünde içsel model kullandığını, sektör aktiflerinin %89,6'sını oluşturan bankaların ise tarihsel simülasyon yöntemini kullandıkları ortaya konulmuştur.⁴⁶

Tarihsel simülasyon yönteminde temel olarak risk faktörlerinin geçmiş fiyatları kullanılarak t günündeki portföy dağılımının yeniden fiyatlanması ve kar/zarar dağılımının elde edilmesi yoluyla karşılaşılabilecek maksimum kayıp tutarı tahminlenmektedir. Buna göre n sayıda risk faktörü ve m günlük gözlem süresi için R tarihsel getiri matrisi $n \times m$ büyüklüğünde olacaktır.

$$R = \begin{bmatrix} r_t^{(1)} & r_t^{(2)} & \dots & r_t^{(n)} \\ r_{t-1}^{(1)} & \ddots & \ddots & \vdots \\ \vdots & \ddots & \ddots & \vdots \\ r_{t-m}^{(1)} & r_{t-m}^{(2)} & \dots & r_{t-m}^{(n)} \end{bmatrix}$$

Tarihsel RMD yönteminde, her bir risk faktörünün portföy büyüklüğünün geçmiş fiyatlarıyla yeniden fiyatlandırılması yoluyla portföy kar/zarar dağılımının elde edilmesi ya da hesaplanacak t günü portföy ağırlıklarıyla risk faktörlerinin geçmiş getirileri yardımıyla portföy getiri dağılımının elde edilmesi söz konusudur. Elde edilen portföy kar/zarar dağılımı ya da tarihsel olarak simüle edilmiş portföy getiri dağılımı kullanılarak belirlenen güven aralığına denk gelen RMD belirlenecektir. Tarihsel RMD yönteminde aşağıdaki adımlar izlenerek portföy RMD'ine ulaşılabacaktır.

⁴⁶ BDDK, **Bankacılık Sektörü Basel II İlerleme Raporu**, 2013, s.19

- Gözlem aralığının/sayısının belirlenmesi,
- Belirlenen gözlem aralığı için risk faktörlerine ait tarihsel fiyat matrisinin ya da bu fiyatlardan faydalanılarak ulaşılabilecek olan getiri matrisinin oluşturulması,
- Risk faktörlerinin t günü portföy büyüklüklerinin geçmiş fiyatlarla yeniden fiyatlanması yoluyla tarihsel portföy büyüklüklerinin hesaplanması ve tarihsel kar/zarar dağılımının hesaplanması veya risk faktörlerinin t günü portföy ağırlıkları ve getiri matrisi kullanılarak tarihsel portföy getiri dağılımının elde edilmesi,
- Güven düzeyinin belirlenmesi (α) ve $(1 - \alpha) \cdot (\text{Gözlem Sayısı})$ sonucu ulaşılabilecek n'inci güven düzeyine denk gelen portföy kar/zarar tutarının veya portföy getirisinin hesaplanması.

Tarihsel simülasyon yöntemi hesaplama kolaylığı sağlamasının yanı sıra anlaşılabilirliğinin kolay olması, getiri dağılımına, volatiliteye ve portföy varlıklarının getirileri arasındaki korelasyonlara ilişkin herhangi bir varsayım içermemesi ve doğrusal olmayan pozisyonlarda da başarılı sonuçlar üretmesi gibi birçok avantaj sağlamaktadır. Ancak yönteme ilişkin temel eleştiri, gözlem süresi kısaltıldıkça karşılaşılabilecek piyasa hareketlerinin gözardı edilebilecek olması iken gözlem süresi uzadıkça veri setinin bir daha gerçekleşmeyebilecek büyük piyasa hareketlerini de içermesidir.

2.5.3. Monte Carlo Simülasyonu

Monte Carlo Simülasyonu yöntemi riske maruz değerin tahminlenmesinde, çok büyük sayılarda gerçek olmayan rassal fiyat değişimleri hesaplanarak, bu fiyat değişimlerinin portföy varlıklarına uygulanmasına yani risk faktörleri ile ilişkilendirilmesine dayanır.

Portföy varlık sayısı arttıkça ve karmaşılaştıkça RMD hesaplama yöntemlerinde hesaplama hızı ve tahminleme başarısı arasında bir değiş-tokuş (tradeoff) ilişkisi ortaya çıkmaktadır. Parametrik Yöntem'de basitleştirici bir varsayım olarak portföy varlık getirilerinin lineer veya kuadratik hareket ettiği ve normal dağılım sergiledikleri

varsayılırken, bu basitleştirici varsayımlar tahminleme başarısını kısıtlamaktadır.⁴⁷ Buna karşın Monte Carlo Simülasyonu yönteminde portföy getirilerinin değişimine ve dağılımına ilişkin varsayım bulunmamakta, bu da tahminleme başarısını arttırmaktadır. Ancak her bir portföy varlığına ait rassal getiri senaryolarının üretilmesi ve her simülasyon için bu sürecin tekrarlanması ciddi bir hesaplama gücüne ihtiyaç doğurmaktadır.

Monte Carlo Simülasyonu yönteminde portföy varlıklarının geçmiş fiyat değişimlerinden hareketle elde edilen kovaryans matrisinin Cholesky Ayırıştırması yöntemi ile karekök matrisinin elde edilmesi ve risk faktörlerinin birlikte hareket etme eğilimlerinin simüle edilen birbirinden bağımsız rassal getiri senaryolarına ilişkilendirilmesi söz konusudur. Tarihsel Simülasyon yönteminde olduğu gibi yine risk faktörlerinin geçmiş fiyat değişimlerinden faydalanılmakta; ancak Tarihsel Simülasyon yönteminde RMD hesaplamasında risk faktörlerinin fiyat değişimleri ile doğrudan portföyün gerçekleşen kar/zarar dağılımı hesaplanırken, Monte Carlo Simülasyonu yönteminde geçmiş fiyat değişimleri dolaylı olarak varsayımsal portföy kar/zarar dağılımına ulaşılmasında kullanılmaktadır. Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile RMD'nin tahminlenmesinde aşağıdaki adımlar izlenecektir.

- Portföy risk faktörlerinin gözlem süresine ait tarihsel fiyat verilerinin toplanması,
- Portföy risk faktörlerinin fiyat değişimlerinin (getiri serilerinin) hesaplanması,
- Getirilerin istatistiki dağılımlarının belirlenmesi,
- Risk faktörlerinin korelasyon katsayıları ve varyans/kovaryans matrislerinin hesaplanması,
- Belirlenen getiri dağılımlarına uygun rassal sayıların üretilmesi,
- Varyans/Kovaryans matrisinden hareketle Cholesky matrisinin üretilmesi,
- Cholesky matrisinin transpozisinin belirlenen dağılımlara uygun üretilen rassal sayı serileri ile çarpılması yoluyla risk faktörleri arasındaki ilişkinin yeni üretilen fiyat serilerine aktarılması,

⁴⁷ Paul Glasserman, Philip Heidelberger ve Perwez Shahabuddin, **Efficient Monte Carlo Methods for Value-at-Risk**, Computer Science/Mathematics, 2000, s.1

- Fiyat serilerinin portföy dağılımına uygulanması yoluyla varsayımsal kar/zarar dağılımının hesaplanması,
- Belirlenen güven düzeyinde RMD tutarının hesaplanması.

Temelde kullanılan üç riske maruz değer hesaplama yöntemi topluca değerlendirildiğinde, portföyde yer alan varlık sayısı, portföy varlıklarının getirilerinin dağılımı, portföy varlıklarının getirilerinin yapısı her bir yöntemin özelinde tahminleme açısından avantaj ve dezavantajlara yol açmaktadır. Yöntemlerin avantaj ve dezavantajları Tablo 5'teki gibi özetlenebilir.

Tablo 5: RMD Yöntemlerinin Karşılaştırılması

	Parametrik Yöntem	Tarihsel Simülasyon	Monte Carlo Simülasyonu
Hesaplama Kolaylığı	Yüksek	Yüksek	Düşük
Uygulama Kolaylığı	Yüksek	Yüksek	Düşük
Üst Düzeye Raporlanabilirlik	Düşük	Yüksek	Düşük
Türev Ürünleri Ele Alış Biçimi	Düşük	Yüksek	Yüksek
Beklenmedik Olayları Dikkate Alma	Düşük	Düşük	Yüksek
Kısıtlar	• Normal dağılım varsayımına dayanması, • Türev ürünlerin ele alınmasında elverişli olmaması, • Olağan dışı piyasa hareketlerinin kapsamaması.	• Tarihsel veri temininde zorluk yaşanabilmesi, • Verisette olağan dışı piyasa hareketlerinin göz ardı edilmesi olasılığı.	• Yüksek modelleme riski olasılığı, • Karışık hesaplamalara yer verilmesi ve anlaşılma zorluğu.
Avantajlar	Doğrusal getirisi olan portföylerde yüksek başarı	Basit ve anlaşılabilirlik Her türlü pozisyona uygulanabilirlik	Karmaşık pozisyonların ele alınmasında da başarılı olması

Kaynak: Hasan Candan ve Alper Özün, Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 3. Baskı, İstanbul, 2014, s.101

2.6. GERİYE DÖNÜK TEST (BACKTESTING)

Geriye dönük test, risk ölçüm modeli ile tahminlenen RMD sonuçlarının belirlenecek bir gözlem aralığında portföyün günlük getiri değişimleri ile kıyaslanması sonucu seçilen RMD modelinin başarısının ölçülmesi sürecidir.

Riskin yönetimi sürecinde, Uzlaşi’da içsel model kullanımına ilişkin nitel standartlarda belirtildiği üzere risk yönetimi birimince risk ölçümü modelinin ürettiği sonuçların uzun gözlem süreleri içerisinde, portföy değerinde meydana gelen günlük değişimlerle (portföy getirileri ile) karşılaştırması, yani geriye dönük testlerle risk ölçüm modelinin tahminleme başarısının sürekli takibi sermayenin etkin yönetimi açısından önem taşımaktadır. Bu açıklamadan yola çıkarak geriye dönük testin sermayenin yönetiminde, aşırı muhafazakar bir yaklaşımla RMD’nin gereğinden fazla hesaplanarak piyasa riski sermaye yükümlülüğünden kaynaklanan veya RMD’nin gereğinden düşük hesaplanması ve seçilen modelin başarısızlığı dolayısıyla katlanılan ek çarpım faktörü kaynaklı fazladan sermaye taşınmasını engelleme gibi kritik bir rolü bulunduğu sonucuna ulaşılabilir.

Geriye dönük testin Uzlaşi’da mümkün olduğunca çok sayıda gözleme dayanması ve düzenli olarak yapılması gerekliliği vurgulanırken, asgari olarak son on iki aylık veriler kullanılarak gerçekleştirilmesi ve periyodik olarak üçer aylık aralıklarla sapmaların test edilmesi ve kaydedilmesi öngörülmüştür. Son on iki aylık gözlem döneminde ortalama 250 işgünü olduğu ve %99 güven düzeyinde RMD ölçümünün yapıldığı varsayımı altında, 250 günlük RMD tahminlerinin günlük portföy kar/zararlarını 247 günde kapsaması yani en fazla 3 günlük tahminde aşım gerçekleşmesi beklenir.

Geriye dönük testin uygulanmasında, T günü için hesaplanan RMD’in T ve T+1 günü fiyatları ile hesaplanan portföy kar/zarar tutarı ile karşılaştırılarak modelde günlük olarak aşım durumunun varlığı test edilmektedir. Çalışmada piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğünün hesaplanmasında piyasa riski sermaye yükümlülüğü çarpanının (k) belirlenmesinde Uzlaşi’da sunulan “Üç Alan Yaklaşımı”ndan faydalanılacaktır.

Buna göre, I_t t zamanındaki geriye dönük test sonucu, $VaR_t(\alpha)$ t zamanında α güven düzeyinde ölçülen RMD sonucu ve L_{t+1} t+1 günü kayıp fonksiyonu olmak üzere;

$$I_t = \begin{cases} 0 & ; L_{t+i} \geq -VaR_t(\alpha) \\ 1 & ; L_{t+i} < -VaR_t(\alpha) \end{cases}$$

ve $\nu = \sum I_t$ olmak üzere Uzlaşî'da piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğünün hesaplanmasında kullanılan model riski çarpanının (k) aşağıdaki gibi belirleneceği öngörülmektedir.

$$k = \begin{cases} 3 & ; \nu \leq 4 \\ 3,4 & ; \nu = 5 \\ 3,5 & ; \nu = 6 \\ 3,65 & ; \nu = 7 \\ 3,75 & ; \nu = 8 \\ 3,85 & ; \nu = 9 \\ 4 & ; 10 \leq \nu \end{cases}$$

Buradan hareketle doğru RMD modelinin seçiminin, sermayenin etkin yönetimindeki önemi de ortaya konmaktadır. Geriye dönük test yoluyla olağan piyasa koşulları altında olması gerekenden yüksek RMD hesaplanması sonucu atıl sermaye taşınması, stresin arttığı piyasa koşulları altında ise olması gerekenden düşük RMD hesaplanması sonucu artan aşımlarla ek çarpım faktörü kaynaklı fazladan piyasa riski sermaye yükümlülüğü taşınması engellenebilecektir.

2.7. STRES TESTLERİ VE SENARYO ANALİZLERİ

Riskin bir ölçüsü olarak riske maruz değer, dayandığı varsayımlarla olağan piyasa koşulları altında kullanılabilir sonuçlar ürettiği bilinmektedir. Buna karşın finansal piyasaların ve finansal varlık getirilerinin, artan teknolojik imkanlarla birlikte ulusal ve küresel düzeydeki siyasi ve jeopolitik gelişmelerden, makroekonomik iklimden ve konjonktürden, likidite koşullarından bağımsız olmadığı, gün geçtikçe artan

piyasalara erişim kabiliyeti ve hızı ile artan finansal araç çeşitliliğinin, finansal varlık getirilerinin ulusal ve küresel düzeydeki bu gelişmelere tepkime hızı ve şiddetini de arttırdığı ve olağan dışı piyasa koşullarının yaşanma sıklığının arttığı görülmektedir. Bu durum stres testleri kullanılarak, finansal piyasalarda karşılaşılabilecek bu büyük şoklarla birlikte görülen finansal varlık getirilerindeki ve getiriler arasındaki ilişkilerdeki değişimlere risk yönetimi sisteminin ve risk modellerinin ne şekilde cevap vereceğinin ve olası büyük sermaye kayıplarının tahminlenmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu kapsamda Uzlaşî'da, piyasa riski sermaye yükümlülüğünü karşılamada içsel model yaklaşımını kullanacak bankaların, sermaye durumunun değerlendirilmesini sağlayabilecek ve olağanüstü kayıp ve kazançlarla sermayeyi önemli ölçüde etkileyebilecek düşük olasılıklı önemli olayları ve alım-satım portföyüne ilişkin risklerin kontrolünü güçleştirebilecek olan faktörleri kapsayan sıkı ve kapsamlı bir stres testi programına sahip olmaları gerekliliği vurgulanmıştır.

Stres testleri nicel açıdan muhtemel stres senaryolarının mevcut pozisyonlar üzerindeki etkilerini ve sermayenin bu senaryolar karşısında yaşayabileceği kayıpları sayısal olarak açıklayabilirken; nitel açıdan bu stres senaryolarında sermayenin karşılaşılan kayıpları karşılama gücünü, bankanın riskini azaltmak ve sermayesini korumak için alabileceği tedbirleri ortaya koymalıdır.⁴⁸

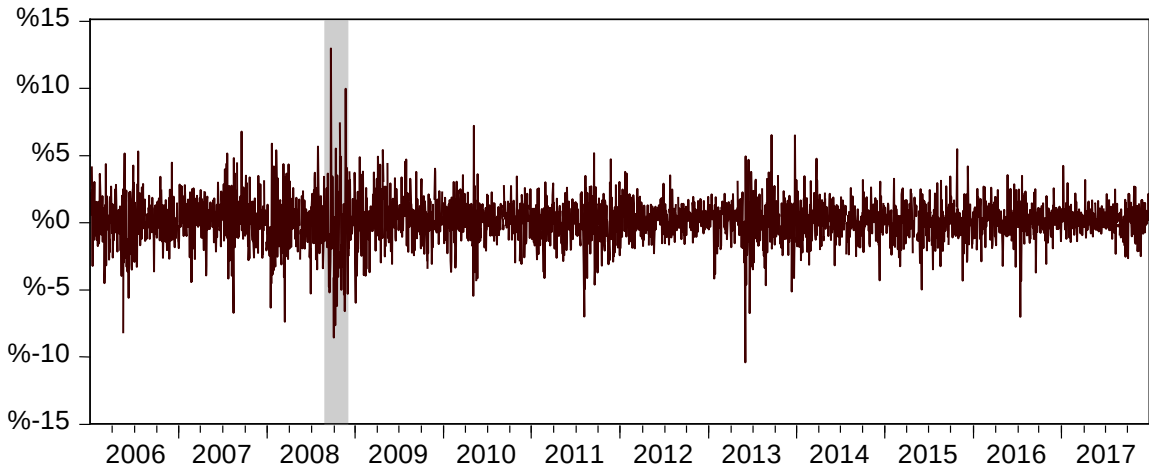
Stres testi sürecinde en temel zorluk, sermayenin karşılaşılabileceği gerçekçi kayıpların hesaplanabileceği ve tekrar gerçekleşme olasılığı bulunan makul ölçüde olağan dışı senaryoların kurgulanmasıdır. Stres testi uygulanacak alım-satım portföyünün içindeki varlıklara ve içinde bulunulan dönemin makroekonomik koşullarına uygun senaryoların seçimi, karşılaşılabilecek kayıpların tahmininin tutarlılığını doğrudan etkileyecektir. Öyleki daha önce de değinildiği üzere olağan dışı piyasa koşullarının görülme sıklığının gün geçtikçe artması, her farklı durumda varlık getirilerinin birlikte hareket etme eğilimlerinin sık sık değişmesine yol açmakta ve doğru senaryonun

⁴⁸ Carol Alexander, **Market Risk Analysis Volume IV - Value-at-Risk Models**, John Wiley & Sons, 2008, s.256

seçiminde zen gösterilmesini zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla seçilecek en kötü durum senaryosunun, portföyün tümü üzerinde etkisi bulunan ve varlık getirilerinin birlikte hareket etme eğilimlerinde çok etkisiyle değişim yaratan bir senaryo olması önem arz etmektedir.

Uzlaşı’ya göre bankalar simülasyon yapmalarını gerektirmeksizin raporlama döneminde maruz kaldıkları en büyük kayıp bilgilerini toplayarak denetim otoritesine sunmanın yanısıra, portföylerini geçmişte yaşanan önemli dalgalanmaları tekrarlayan veya mevcut portföyün özelliklerini dikkate alarak içsel olarak kurgulanmış bir dizi simülasyon içeren stres senaryolarına tabi tutmaladırlar. Simülasyon içeren stres senaryolarında 1996 Piyasa Riski Düzenlemesi’nde belirtildiği üzere mevcut portföy risk faktörlerinin geçmişte yaşanan büyük dalgalanmalardaki (rnek) dağılımlarından hareketle elde edilen volatilit ve korelasyonlar kullanılabileceği gibi, risk faktörlerine ilişkin hipotetik volatilit ve korelasyonlar da kullanılabilir.

şekil 12: BIST 100 Endeksi Günlük Getirileri Stres Penceresi Seçim



Örneğin alım-satım portföyü büyük lde Türk varlıklarından oluşan bir banka, Grafik 1’de grldği gibi BIST 100 endeksinde stresin yükseldiği, ABD’de Lehmann Brothers’ın iflas başvurusuyla başlayan 2008 Küresel Finansal Krizi’nin ilk döneminde denk gelen 19/09/2008 – 24/11/2008 aralığındaki BIST 100 endeksi getirileri ile portföyde yer alan varlıkların döneme ait volatilit ve korelasyonlarını kullanarak

portföyde simülasyona dayanan stres testi gerçekleştirebilecektir. Çalışmada ‘Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi Yöntemi’ (Stressed Covariance Matrices VaR) olarak anılacak yöntem ile sermayenin en kötü durum (worst case) kaybını karşılama gücü test edilebilecektir. Yöntemde aşağıdaki adımlar izlenecektir.

- Portföy kompozisyonu ve risk faktörleri belirlenir,
- Portföyün tamamı üzerinde beklenen kötü durum etkisini oluşturabilecek, volatilitenin yükseldiği ‘stres dönemi’ seçilir,
- Risk faktörleri getirilerinden hareketle stres dönemine ait volailite ve korelasyonlar ile kovaryans matrisi elde edilir,
- Stres aralığına ait kovaryans matrisinden hareketle Cholesky Matrisi’nin elde edilir,
- Elde edilen Cholesky Matrisi ile Monte Carlo Simulasyonu uygulanarak veya doğrudan stres dönemine ait kovaryans matrisi kullanılarak Parametrik RMD yöntemi ile varsayılan güven aralığına denk gelen Stres Ayarlı RMD hesaplanır.

Seçilecek bir stres dönemine ait finansal varlık getirilerinden elde edilen varyans, korelasyonlar ve kovaryans matrisi yardımıyla analiz edilen olağan bir piyasa dönemi için Stres Ayarlı Tarihsel RMD (Stressed Historical VaR) tahminlenmesi de mümkündür. Duffie ve Pan (1997) tarafından önerilen yöntemde, olağan piyasa dönemine ait tarihsel getirilerim varyans ayarlaması (volatility adjustment) yoluyla kovaryans yapısının değiştirilmesi sonrası tarihsel simülasyon yöntemi uygulanır. Portföyde k adet risk faktörü bulunurken, T gözlem sayısı, R $T \times k$ büyüklüğünde tarihsel getiri matrisi, V portföy ve V^* stres dönemi kovaryans matrisi ve Q portföy ve Q^* stres dönemi Cholesky matrisi olmak üzere yöntemde aşağıdaki adımlar izlenecektir.

- Portföy risk faktörleri ağırlık matrisi oluşturulur,
- Portföy tarihsel getirilerinden portföy kovaryans matrisi (V) elde edilir,
- Stres dönemi seçilerek stres dönemine ait kovaryans matrisi (V^*) elde edilir,
- Tarihsel kovaryans matrisi ve stres dönemi kovaryans matrisinden Cholesky matrisleri elde edilir (Q ve Q^*),

- Tarihsel getiri serilerinin kovaryans yapısını değiştirmek için stres dönemi Cholesky matrisi ile tarihsel kovaryans matrisinin tersi çarpılarak ($Q^* \times Q^{-1}$) dönüşüm matrisi elde edilir.
- Dönüşüm matrisi tarihsel getiri serisi matrisi ile (R) arpılarak stres ayarlı tarihsel getiri serisi matrisi (R^*) elde edilerek tarihsel simülasyon uygulanarak varsayılan güven düzeyine denk gelen Stres Ayarlı Tarihsel RMD hesaplanır.

Portföyde yer alan varlıkların tarihsel stres senaryoları haricinde, kurgulanacak hipotetik senaryolarda portföy stres testlerinde kullanılabilir. Bu yaklaşımda, tarihsel senaryolar dışında varlık korelasyonlarının pozitif veya negatif uç değerlere ulaştığı ve volatilitenin olağan dışı yükseldiği bir senaryo kurgulanarak, portföyün karşılaşabileceği kayıp ve sermayenin senaryo kaybını karşılama kapasitesi ölçülebilir. Hipotetik Kovaryans RMD (Hypothetical Covariance Matrices VaR) yönteminde portföy varlıklarının tarihsel korelasyonları ve varyansları, varlıkların birlikte hareket etme eğilimleri göz önünde bulundurularak belli bir çok ile simüle edilmekte, hipotetik korelasyon matrisinden kovaryans matrisine ulaşılarak Parametrik Yöntem veya Monte Carlo Simülasyonu yöntemi ile portföyün hipotetik senaryoda karşılaşabileceği kayıp tahminlenmektedir.

Çalışmada olağan piyasa koşulları altında portföyün karşılaşabileceği olası kayıplar tahminlenirken, aynı zamanda olağan dışı piyasa koşullarının varlığı halinde karşılaşabileceği kayıplar da tahminlenerek her iki durumda da portföy riskinin yönetimine ilişkin politika nerileri sunulacaktır.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

HİPOTETİK BANKA PORTFÖYÜNE DAYANAN PIYASA RİSKİ ve STRES TESTİ ANALİZLERİ

Çalışmanın takip eden bölümünde öncelikle farklı riske maruz değer ölçüm yöntemlerinin kullanıldığı ve riske maruz değer tahminlemelerinde değişen varyans sorunu gözetilerek koşullu varyans modellemelerinden faydalanan çalışmalara, banka portföyleri ve bankacılık sektörüne yönelik uygulamaların ve stres testi analizlerinin yer aldığı çalışmalara değinilmiştir.

Literatür taramasının ardından çalışmada faydalanan hipotetik banka portföyünde yer alan varlıkların seçimine ve bu varlıkların fiyat ve getiri serilerine ilişkin temel özellikler ile tanımlayıcı istatistiklerine ve yorumlarına yer verilmiştir. Uygulama aşamasında ise öncelikle farklı riske maruz değer yöntemlerinden ve koşullu varyans modellerinden faydalanılarak çalışma portföyü risk ölçümlerine, geriye dönük test analizlerine ve ardından Uzlaşi kapsamında piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğü hesaplamalarına ve stres testleri ile ayrılacak sermaye yükümlülüğünün olağan dışı piyasa koşullarında karşılaşılabilecek kayıpları karşılama gücüne yönelik analizlere yer verilmiştir.

3.1. LİTERATÜR TARAMASI

Riske maruz değer bir ölçü olarak finansal çalışmalarda günden güne önem kazanmakta, riske maruz değer ölçüm yöntemlerinin uygunluğu ve etkinliği ise çıktıların kullanıcıları açısından risk yönetimi süreçlerinde büyük önem taşımaktadır. Riske maruz değer ölçümlerinde portföy yapısından elde tutma süresine, kullanılan verinin niteliğinden gözlem süresi içerisindeki piyasa koşullarına kadar birçok etken, seçilecek ölçüm yönteminin ve çıktılarının etkinliğine tesir etmektedir.

Miletic ve Miletic (2015) Orta ve Doğu Avrupa Borsa Endeksleri için 2000 – 2012 gözlem aralığı için yaptıkları çalışmada yüksek oynaklığa sahip, likit olmayan ve beklenmeyen dış şoklara açık olan Orta ve Doğu Avrupa Borsa Endekslerinde normal dağılım varsayımına dayanan piyasa riski ölçümlerine duyulan kaygıdan ötürü parametrik olmayan

Tarihsel RMD ile değişen varyans ve şişman kuyruk etkilerini de gözetten GARCH tipi varyans kullanan Parametrik RMD yöntemlerini kullanmışlardır. Geriye dönük test sonuçlarına göre t-dağılımı GARCH tipi varyans kullanan Parametrik RMD  ıktılarının gerek normal piyasa koşulları altında gerekse kriz dönemlerinde %99 güven düzeyinde daha iyi sonuçlar ürettiğini ortaya koymuşlardır.

Engel ve Gizycki (1999) 54 Avusturalya bankasının 10 yıllık döviz pozisyonu portföy verilerini kullandıkları çalışmalarında Varyans-Kovaryans RMD, Tarihsel RMD ve Monte Carlo RMD yöntemlerinden faydalanmış, haftalık veri sıklığı ile yapılan RMD ölçümlerinde piyasa şartlarındaki değişimleri daha hızlı yansıtan kısa dönemli ve ekonomideki döngüsel hareketleri açıklama özelliğine sahip uzun dönemli gözlem aralıkları kullanmışlardır. Çalışmada gözetilen tüm model performans ölçütlerine göre %99 güven düzeyinde en iyi sonuçları klasik Tarihsel RMD yönteminin  l  mlediğini, üssel ağırlıklı modellerde ise %99 güven düzeyinde ağırlık katsayısı artışının model performansını arttırdığını ortaya koymuşlardır.

Berkowitz ve O'Brien (2001)  alışmalarında 6 büyük ABD bankasının alım-satım portföyü verilerini ve kar/zarar dağılımlarını kullanarak yaptıkları çalışmada, bankaların raporladıkları RMD  l  mleri ile hesaplanan GARCH tipi RMD ölçümlerini kıyaslamış, GARCH RMD  l  mlerinin kıyaslama sonuçlarına göre daha düşük RMD ve dolayısıyla daha düşük sermaye yükümlülüğü hesapladığı ve geriye dönük testlerde ihlal oranı ve şiddetinin bankaların kullandıkları modellere göre daha başarılı olduğunu ortaya koymuşlardır.

Raunig ve de Raaji (1998) eşit ağırlıklı dağılıma sahip 13 farklı dövizden oluşan 19 farklı rassal portföy için 1986 – 1998 gözlem aralığına ait 3131 gözlem ile yaptıkları çalışmada; Tarihsel RMD, Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD yöntemleri ile yaptıkları tahminlemelerde kısa gözlem sürelerinde Tarihsel RMD'nin piyasa koşullarına tepki vermekte geciktiğini, Parametrik RMD modelinin ise eşit ağırlıklı varyans kullanıldığında finansal getiri serilerinde karşılaşılan volatilit  kümelenmesini gözardı ettiğini, EWMA volatilit  modeli ile birlikte Parametrik RMD yönteminin piyasa koşullarındaki değişimlere daha hızlı cevap verdiğini ortaya koymuşlardır. Uzun gözlem sürelerine dayanan tahminlemelerde ise EWMA

volatilite modeli ile birlikte kullanılan Monte Carlo RMD sonuçlarının en iyi tahmin sonuçlarını ürettiği sonucuna ulaşmışlardır.

Li (2008) Çin Borsa endeksi HS300 için 625 günlük veri kullandığı çalışmasında, farklı model seçim kriterleri ve gözlem süreleri ile yaptığı RMD ölçümleri sonucunda, uzun dönemli RMD ölçümlerinde (125 günlük) EGARCH Monte Carlo RMD'nin çalışmada göz önünde bulundurulan tüm model seçim kriterlerine göre en başarılı sonuçları ürettiğini, kısa dönemli RMD ölçümlerinde ise (50 günlük) Tarihsel RMD ölçüm yönteminin ölçüm hatası içermediğini ortaya koymuştur.

Bozkaya (2013) çalışmasında ABD Hisse Senedi Endekslerinden (S&P 500, DJI, NASDAQ) oluşan bir portföy için 1, 5 ve 10 dakikalık veriler yardımıyla RMD modellerinin etkinliğini araştırmış, Tarihsel RMD ve Parametrik RMD yöntemleri ile çalışarak, Parametrik RMD ölçümü dahilinde ayrıca Hareketli Ortalama (MA), EWMA ve GARCH volatilite modellemesinden faydalanmıştır. Çalışmada ölçüm modellerinin etkinliği geriye dönük test yardımıyla sınanmış, sonuçlar 5 ve 10 dakikalık verilerle yapılan RMD ölçümlerinde portföy için MA Parametrik RMD yönteminin en isabetli ölçümü yaptığını ortaya koymuştur.

Cassidy ve Gizycki (1997) Varyans-Kovaryans RMD yöntemini kullanan bir Avusturalya bankasının 1995-1997 gözlem aralığında günlük piyasa riski raporlarında üretilen RMD ve kar/zarar tutarlarını kullanarak yaptıkları çalışmada, kullanılan RMD modelinin döviz, kamu borçlanma araçları, para piyasası enstrümanları, faiz swapları ve faiz oranı opsiyonlarından oluşan 5 alt portföy kırılımında başarısını geriye dönük test ve geriye dönük test aşimları üzerinde uygulanan farklı yöntemler kullanarak test etmişlerdir. Çalışmada bankanın kullandığı RMD modelinin normal dağılım varsayımına dayanmasından dolayı döviz ve para piyasası portföylerinde başarılı sonuçlar üretirken, kamu borçlanma araçları ve faiz türevleri portföylerinde başarısız sonuçlar ürettiğini ortaya koymuş, portföylerin özelliklerini daha iyi ele alabilecek bir RMD modelinin kullanılmasını (örneğin Monte Carlo RMD) önermişlerdir.

Teker ve Akçay (2004) farklı para birimlerinde (USD, EUR ve TRY) ihraç edilmiş 15 devlet iç borçlanma senedinden oluşan bir portföy için %95 ve %99 güven düzeyinde, 1 ve 10

günlük elde tutma süreleri ile Tarihsel RMD, Monte-Carlo RMD ve Parametrik RMD tahminlemelerinde çarpım faktörünün uygulanmadığı durumda hiçbir yöntemin sonuçları başarılı olamadığını ortaya koymuş, çarpım faktörü uygulanan sonuçlarda model sonuçlarının başarı oranının arttığı gözlemlenmiştir. Stres testi sonuçlarında ise belirlenen stres senaryolarına, portföyde bulunan varlıkların farklı tepkiler gösterdiği, Şubat 2001 Krizi şokunda ise portföyün karşılaşılabileceği kaybın hiçbir RMD yöntemi kapsamında tahminlenemediği sonucuna ulaşmışlardır.

Dominguez ve Alfonso (2004) IBEX-35 endeksinin %50'sinden fazlasını temsil eden 5 hisse senedinden oluşan eşit ağırlıklandırılmış portföy ve 651 işlem günü verisi ile yaptıkları çalışmada, volatilitenin yükseldiği iki farklı stres aralığı (11 Eylül Saldırıları ve 2002 Brezilya Krizi) belirlemiş, %95 güven düzeyinde Parametrik RMD, Tarihsel RMD ve Monte-Carlo RMD yöntemleri ile yapılan RMD ve strese tabi RMD tahminlemelerinde, beklenti dahilinde strese tabi ölçülen RMD sonuçlarının daha yüksek tahminlendiği sonucuna ulaşmışlardır. Portföyde bulunan şirketlerin Brezilya ve Latin Amerika'daki yatırımları göz önünde bulundurulduğunda, portföyün 2002 Brezilya Krizi senaryosunda tüm modeller dahilinde diğer stres senaryosuna kıyasla daha yüksek tepki verdiği gözlenmiştir.

Alexander ve Ledermann (2012) MSCI All Country World endeksinde bulunan 45 ülke hisse senedi endekslerinden oluşan eşit ağırlıklı portföyleri için 1997-2010 yılları arasındaki 3206 işlem günü verisini kullanarak yaptıkları çalışmada, seçilen stres aralığı basıklık (kurtosis) değerinin tüm gözlem aralığından %11 yüksek olduğu gözlemlenmiş, tüm gözlem aralığı için stres aralığı moment hedeflemesi ile simüle edilen kovaryans matrisleri yardımıyla strese tabi RMD tahminlemiştir. Stres dönemlerinde, finansal varlık getirileri basıklık ve çarpıklık değerlerinde gözlenen ciddi artışlar sebebiyle çalışmada sunulan yöntemin etkin RMD hesaplamalarında kullanılabileceği sonucuna ulaşmışlardır.

3.2. VERİ SETİ VE YÖNTEM

Çalışmada farklı RMD yöntemleri ve değişen varyans modellerinin, oluşturulacak hipotetik banka portföyü yardımıyla, piyasa riskinin ölçümü ve sermayenin etkin yönetimindeki rolü sınanacaktır. Oluşturulan hipotetik banka portföyü,

piyasa riskini farklı seviyelerde temsil edebilecek olan hisse senetleri, devlet iç borçlanma senetleri, döviz kurları, döviz kurlarına dayalı forward kontratları ve kıymetli madenlerden (emtia) meydana gelmektedir.

İlk olarak çalışma portföyündeki varlıkların seçim kriterleri ve seçilen varlıkların verisetine ilişkin açıklamalara yer verilecek, ardından öncelikle tanımlayıcı istatistiklerden ve istatistiksel testlerden faydalanılarak verisetinin dağılım ve değişen varyans özellikleri ortaya konacaktır.

Banka portföyünde yer alan pay senedi (hisse senedi) portföyü seçiminde, test aralığı (Ocak 2016 – Aralık 2017) başında BIST 30 endeksi ağırlıkları göz önünde bulundurularak, endeksin %82,38’ini temsil eden sektörlerden (Bankacılık, Holding, Petrol ve Petrol Ürünleri, İletişim, Perakende, Hava Yolları ve Hizmetleri, Demir – Çelik) 10 adet pay senedi seçilmiş, portföy ağırlıkları da düzeltilmiş endeks ağırlıklarından hareket ile belirlenmiştir. Pay senedi fiyat serileri tarihsel olarak Matriks Veri Terminalinden elde edilmiştir.

Tablo 6: Hisse Senedi Portföyünün Seçimi

Hisse	XU030 Ağırlığı (%)	Düzeltilmiş Ağırlıklar (%)	Büyüklik (TL)
GARAN	11,35	17,32	3.463.284
AKBNK	11,02	16,81	3.362.449
HALKB	5,03	7,68	1.535.450
ISCTR	5,07	7,74	1.548.268
KCHOL	4,82	7,36	1.471.268
TUPRS	6,75	10,30	2.060.593
TCELL	6,03	9,20	1.839.268
BIMAS	7,40	11,28	2.256.892
THYAO	4,03	6,15	1.230.288
EREGL	4,04	6,16	1.232.242
Toplam	65,53	100,00	20.000.000

Çalışma portföyünde yer alan Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) portföyünü temsil etmek üzere uzun vadeli tahvil faiz oranı serisi (TAHVIL_UV) kullanılmıştır. Kullanılan verisetinin varlık fiyat serilerinden oluşması ve verisetinin benzeştirilmesi

adına, uzun vadeli tahvil faiz oranı serisinden hareketle gözlem aralığı başından 10 yıl sonra 100 TL ödeyen sentetik bir kuponsuz tahvil kurgulanarak gözlem süresi boyunca fiyatlanmıştır. Uzun vadeli tahvil faiz oranı serisinde eksik olan verilerin tamamlanmasında lineer enterpolasyon yönteminden faydalanılmış, uzun veri boşluklarında verisetinin dönemsel ortalama ve varyans yapısının bozulmaması adına tahminlenen doğrusal büyüklüğe önceki 30 günlük ortalama ve standart sapma özelliklerini taşıyan rassal büyüklükler eklenmiştir.

Çalışma portföyüne maruz kalınan risk tiplerinin genişletilmesi amacıyla, kur risk faktörü olarak küresel para piyasalarında majör pariteler arasında yer alan ABD Doları/Türk Lirası (USDTRY) ve Euro/Türk Lirası (EURTRY) pozisyonları ile portföy döviz pozisyonlarına karşı forward pozisyonlar eklenmiştir. Döviz kuru fiyat zaman serileri TCMB Elektronik Veri Dağıtım Sisteminden elde edilmiştir. Forward kontratların risk ölçümlerinde ve kar/zarar hesaplamalarında faydalanılacak teorik forward kur fiyat serileri Faiz Oranı Paritesi yöntemi ile hesaplanmış, tahminlemede kullanılan spot döviz kuru fiyat serilerine ek olarak TL faiz oranları için Türkiye Bankalar Birliği (TBB) TRLIBOR faiz oranı serilerinden, USD faiz oranları için ABD Hazinesi verim eğrisi verilerinden ve EUR için Avrupa Merkez Bankası (ECB) Euro Bölgesi verim eğrisi verilerinden faydalanılmıştır. Portföye ayrıca emtia risk faktörü olarak altın (XAUUSD) ve gümüş (XAGUSD) pozisyonları eklenmiş, analizde kullanılacak fiyat serileri Bloomberg Veri Terminalinden elde edilmiştir.

Tablo 7: Çalışma Portföyü Varlık Grubu/Enstrüman Dağılımı

Varlık Grubu	Büyükölük	Portföy Ağırlığı
Hisse Senedi	20.000.000,00	%44,68
DİBS	23.998.030,81	%53,62
FX/Döviz (Uzun Pozisyon)	4.151.200,00	%9,27
FX/Döviz Türev (Kısa Pozisyon)	-4.203.441,56	-%9,39
Emtia	812.297,69	%1,81
Toplam	44.758.086,94	%100,00

Çalışmada gözlem aralığı Ocak 2010 - Aralık 2017 olarak belirlenmiş, çalışma portföyü RMD hesaplamalarında, hesaplama yapılan her bir gün için geriye dönük en az 250 günlük getiri serilerinin varlığı gözetilerek test aralığı olarak Ocak 2016 – Aralık 2017 dönemine 505 işlem gününe ait veriler kullanılmıştır. Test aralığı RMD hesaplamaları Ocak 2017 ilk iş gününden başlanarak 2017 yılı için kayan pencereler (rolling windows) yöntemi ile hesaplanmıştır.

Olağan dışı piyasa koşullarında sermayenin dayanıklılığının test edildiği stres testi çalışmalarında ise varsayımsal senaryo olarak test aralığında RMD hesaplaması yapılan her bir gün için volatilitenin üç (3) katına ve beş (5) katına yükseldiği senaryolar seçilmiş; tarihsel senaryolar ise gözlem aralığında hesaplanan 30 günlük hareketli volatiliteler serilerinden hareketle volatilitenin gözlem aralığı ortalamalarının görece olarak üzerine çıkarak hızla yükseldiği, ulusal ve küresel çapta önemli olayları kapsayan yaklaşık 30 günlük dönemlerden seçilmiştir.

3.3. ÇALIŞMA PORTFÖYÜ TANIMLAYICI İSTATİSTİKLERİ

Çalışma portföyünde 10 hisse senedi, DİBS portföyünü temsilen kurgulanan 1 sentetik tahvil, 2 FX/döviz çifti, 2 FX/döviz forward kontratı ve 2 emtia olmak üzere 17 farklı varlık yer alırken, portföy ağırlıklı olarak hisse senedi ve DİBS alt portföylerinden oluşmaktadır.

Çalışma portföyünde yer alan varlık getirilerinin tanımlayıcı istatistikleri Tablo 8’de, görsel tespiti yönelik ise gözlem aralığı grafik ve histogramları EK-4’te, test aralığı grafik ve histogramları EK-6’da sunulmuştur. Portföy varlık getirileri tanımlayıcı istatistikleri incelendiğinde tüm varlık getirilerinin gerek gözlem gerek test aralığında, getiri serilerinin karakteristik özellikleri olan sıfır ortalama etrafında dağılım sergileme özelliklerini sağladığı görülmektedir.

Tablo 8: Portföy Varlıkları Getiri Serileri Tanımlayıcı İstatistikleri

	Dönem	Ortalama	En Büyük	En Küçük	Std. Sapma	Çarpıklık	Basıklık	Jarque Bera	JB Prob
PORTFÖY	Gözlem	0,0005	0,0628	-0,0660	0,0097	-0,1070	7,2603	1.526,97	0,0000
	Test	0,0007	0,0296	-0,0426	0,0071	-0,4234	6,7350	308,01	0,0000
AKBNK	Gözlem	0,0005	0,0969	-0,0940	0,0209	0,0624	4,2011	122,36	0,0000
	Test	0,0010	0,0596	-0,0785	0,0172	0,0026	4,3394	37,68	0,0000
BIMAS	Gözlem	0,0010	0,0871	-0,0791	0,0169	0,1665	5,2934	450,67	0,0000
	Test	0,0010	0,0602	-0,0572	0,0148	0,5218	5,1759	122,30	0,0000
EREGL	Gözlem	0,0012	0,0812	-0,1050	0,0189	-0,1673	4,8151	285,86	0,0000
	Test	0,0028	0,0664	-0,0671	0,0198	0,1336	3,5287	7,37	0,0251
EUR_FWD	Gözlem	0,0001	0,0619	-0,0467	0,0080	0,4538	10,1231	4326,89	0,0000
	Test	0,0003	0,0278	-0,0270	0,0067	0,3698	4,6798	70,75	0,0000
EUR	Gözlem	0,0004	0,0401	-0,0375	0,0065	0,1168	6,9911	1341,26	0,0000
	Test	0,0007	0,0288	-0,0262	0,0065	0,3436	4,6618	67,91	0,0000
GARAN	Gözlem	0,0006	0,1320	-0,1320	0,0213	-0,0031	5,0496	352,54	0,0000
	Test	0,0011	0,0629	-0,0879	0,0172	-0,2175	4,8678	77,23	0,0000
HALKB	Gözlem	0,0003	0,1461	-0,1426	0,0232	-0,1420	6,5888	1.087,59	0,0000
	Test	0,0004	0,1009	-0,1426	0,0222	-0,7390	9,0911	825,01	0,0000
ISCTR	Gözlem	0,0006	0,0870	-0,1063	0,0198	-0,1636	4,5650	214,50	0,0000
	Test	0,0011	0,0701	-0,0697	0,0165	-0,0458	4,4001	41,34	0,0000
KCHOL	Gözlem	0,0010	0,1100	-0,0892	0,0183	0,0721	5,0817	365,38	0,0000
	Test	0,0013	0,0669	-0,0678	0,0159	-0,1108	5,1320	96,49	0,0000
TAHVIL_P	Gözlem	0,0003	0,0501	-0,0546	0,0073	-0,2396	9,3585	3.412,07	0,0000
	Test	0,0004	0,0125	-0,0193	0,0032	-0,3805	6,9868	345,94	0,0000
TCELL	Gözlem	0,0005	0,1092	-0,1119	0,0166	-0,1642	7,4087	1.640,12	0,0000
	Test	0,0012	0,0522	-0,0733	0,0147	-0,2273	4,7640	69,68	0,0000
THYAO	Gözlem	0,0010	0,1090	-0,1494	0,0220	-0,1642	5,9521	740,35	0,0000
	Test	0,0017	0,0664	-0,1258	0,0210	-0,5310	6,7201	314,31	0,0000
TUPRS	Gözlem	0,0011	0,0976	-0,0964	0,0189	-0,1468	5,0434	357,63	0,0000
	Test	0,0016	0,0565	-0,0964	0,0162	-0,4015	6,9409	339,68	0,0000
USD_FWD	Gözlem	0,0002	0,0530	-0,0488	0,0080	0,5226	8,9821	3.094,66	0,0000
	Test	0,0001	0,0252	-0,0234	0,0071	0,4140	4,4802	60,41	0,0000
USD	Gözlem	0,0005	0,0397	-0,0383	0,0066	0,2802	5,7713	670,84	0,0000
	Test	0,0005	0,0255	-0,0226	0,0069	0,3885	4,4137	54,65	0,0000
XAGUSD	Gözlem	0,0002	0,0936	-0,1622	0,0187	-0,5531	8,7069	2.835,80	0,0000
	Test	0,0005	0,0695	-0,0741	0,0136	-0,2666	7,5238	435,72	0,0000
XAUUSD	Gözlem	0,0001	0,0520	-0,0750	0,0102	-0,4134	7,6701	1.887,59	0,0000
	Test	0,0004	0,0469	-0,0309	0,0083	0,3499	6,7189	300,72	0,0000

Test aralığında oynaklığın ve riskin bir göstegesi olan standart sapmanın tüm portföy varlıklarında gözlem aralığı standart sapmalarına yakın seyrettiği gözlenmektedir. Dolayısıyla seçilen test dönemi aralığının gözlem dönemi aralığındaki risk düzeyini önemli ölçüde temsil ettiği sonucuna ulaşılmaktadır. Test döneminde Türkiye’de faiz oranlarının gözlem dönemine göre daha düşük seviyelerde seyretmesi ve test aralığında volatilitiyi arttıracak önemli olay sayısının gözlem dönemine kıyasla daha az görülmesi ise diğer portföy varlıklarından ayrılarak tahvil standart sapmasının iki dönem arasında önemli ölçüde farketmesine yol açmıştır. Test aralığında devlet iç borçlanma senetleri risk düzeyinin daha düşük olduğu söylenebilecektir.

Getiri serileri yayılma aralıkları (range) incelendiğinde, histogramlar yardımıyla yapılan görsel tespit de görüleceği üzere getiri serilerinin gözlem aralığında test aralığına göre, daha simetrik bir dağılım sergiledikleri görülmekte, bu durum çarpıklık istatistikleri mutlak değerlerinin gözlem döneminde daha düşük olması ile desteklenmektedir. Getiri serileri en büyük ve en küçük değer istatistikleri ise gerçekleşen uç değerlerin ve kuyruk kayıp/kazançlarının test aralığı dışında gerçekleştiğini göstermektedir.

Getiri serileri çarpıklık ve basıklık istatistikleri birlikte değerlendirildiğinde ise getiri serilerinin gözlem aralığında aşırı çarpık özellik sergilememelerine rağmen basıklık değerlerinin normal dağılıma uymadığı görülmekte, ilgili dönemde getiri serilerinin normal dağılım sergilemedikleri görsel tespitle histograma eklenen normal dağılım eğrileri yardımıyla da desteklenmektedir. Ayrıca tüm getiri serilerinin her iki dönem için Jarque-Bera test istatistikleri incelendiğinde, test istatistiklerinin Ki-Kare Tablo kritik değerinden⁴⁹ büyük olduğu ($JB_{stat} > \chi^2_{tablo}$) dolayısıyla getiri serilerinin normal dağılım sergilemedikleri sonucuna ulaşılmaktadır.

Gözlem dönemi ve test dönemi basıklık istatistiklerinden yola çıkarak, getiri serilerinin her iki dönemde leptokurtik dağılım sergilediklerinden ve dolayısıyla şişman kuyruk probleminin varlığından sözedilebilecektir. Bu durumun, normal dağılım varsayımı

⁴⁹ %99 güven düzeyi ve 1 serbestlik derecesi Ki-Kare Tablo kritik değeri 6,63’tür.

altında yapılacak RMD ölçümlemlerini, kuyruk kayıpları olarak adlandırılan olağan dışı piyasa koşulları altındaki kayıpları tahminlemekte başarısız kılabilceği söylenebilir.

Çalışmada kullanılan finansal varlık zaman serilerinin durağanlığı ADF Testi (Augmented Dickey Fuller) ile incelendiğinde ise hem gözlem hem test aralığı için varlık fiyat serileri ADF test istatistiklerinin %99 güven düzeyi MacKinnon kritik değerinden büyük olduğundan durağan olmadığı gözlenmektedir. Dolayısıyla fiyat serileri ile yapılacak modellemeler sahte regresyon sonuçları içereceğinden fark serileri ile çalışılması (getiri serileri) gerekmektedir. Varlık getiri serileri ADF test istatistikleri incelendiğinde ise gözlem ve test dönemlerinde tüm getirir serileri için ADF test istatistiklerinin %99 güven düzeyi MacKinnon kritik değerinden⁵⁰ küçük olduğu ve durağan oldukları sonucuna ulaşılmaktadır.

Tablo 9: Fiyat ve Getiri Serileri ADF Test İstatistikleri

	Fiyat Serileri				Getiri Serileri			
	Gözlem		Test		Gözlem		Test	
	ADF _{stat}	Prob	ADF _{stat}	Prob	ADF _{stat}	Prob	ADF _{stat}	Prob
PORTFÖY	-	-	-	-	-44,5961	0,0001	-21,7194	0,0000
AKBNK	-2,4895	0,1182	-1,7121	0,4245	-47,0537	0,0001	-18,4715	0,0000
BIMAS	-0,0352	0,9542	0,0090	0,9580	-45,8956	0,0001	-21,3125	0,0000
EREGL	3,7082	1,0000	0,8760	0,9952	-43,4749	0,0000	-21,7952	0,0000
EUR_FWD	-1,6811	0,4408	-0,9689	0,7655	-39,6170	0,0000	-19,9025	0,0000
EUR	1,1700	0,9980	-0,0014	0,9571	-40,3499	0,0000	-20,0299	0,0000
GARAN	-2,0492	0,2658	-0,9320	0,7778	-47,9658	0,0001	-24,2284	0,0000
HALKB	-2,6319	0,0867	-1,4675	0,5495	-44,9247	0,0001	-23,2961	0,0000
ISCTR	-1,6735	0,4447	-0,7708	0,8259	-47,4997	0,0001	-23,7762	0,0000
KCHOL	0,0534	0,9621	-0,8915	0,7907	-45,2935	0,0001	-23,7986	0,0000
TAHVIL_P	-0,6723	0,8516	-1,2382	0,6592	-44,2623	0,0001	-22,1171	0,0000
TCELL	-0,1774	0,9388	0,7773	0,9936	-46,9490	0,0001	-20,8356	0,0000
THYAO	2,2116	1,0000	4,8449	1,0000	-46,0589	0,0001	-24,8330	0,0000
TUPRS	1,4222	0,9991	0,0964	0,9652	-44,0224	0,0001	-23,0110	0,0000
USD_FWD	-1,1987	0,6772	-1,3501	0,6073	-41,3554	0,0000	-19,4308	0,0000
USD	0,6639	0,9914	-0,7888	0,8210	-42,9158	0,0000	-19,4282	0,0000
XAGUSD	-1,5531	0,5065	-2,6503	0,0837	-44,6102	0,0001	-21,3331	0,0000
XAUUSD	-1,8841	0,3401	-3,2582	0,0174	-45,4775	0,0001	-21,7753	0,0000

⁵⁰ %99 güven düzeyinde McKinnon Kritik Değeri -3,4334'tür.

Getiri serilerinin otoregresif ve hareketli ortalama süreç durağanlıkları incelendiğinde, Tablo 10’da sunulan getiri serileri AR, MA ve ARMA köklerinin gözlem ve test aralıkları için birim çember dışında olma koşulunu sağladıkları, otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) süreçleri için durağan oldukları tespit edilmiştir. Dolayısıyla getiri serileri ile modellenecek zaman serisi süreçlerinin de durağan olacağı söylenebilecektir. Getiri serilerinin normal dağılım sergilemedikleri bilindiğinden zayıf durağan olduklarından söz edilebilecektir. Zayıf durağan serilerin sonlu ortalama ve varyansa sahip oldukları bilindiğinden, getiri serileri ile yapılacak koşullu varyans modellemelerinde sonlu bir varyansın tahminlenebileceği öngörülebilir.

Tablo 10: Getiri Serileri AR(p), MA(q) ve ARMA(p, q) Kökleri

	Gözlem Aralığı				Test Aralığı			
	AR(1)	MA(1)	ARMA(1,1)		AR(1)	MA(1)	ARMA(1,1)	
PORTFÖY	0,0079	0,0077	0,5907	-0,5782	0,0438	0,0493	-0,4942	0,5582
AKBNK	-0,0478	-0,0474	-0,1047	0,0571	-0,0508	-0,0666	0,9071	-0,9420
BIMAS	-0,0200	-0,0225	0,7595	-0,8040	0,0542	0,0653	-0,6118	0,6913
EREGL	0,0349	0,0347	0,0477	-0,0128	0,0484	0,0496	-0,0482	0,0977
EUR_FWD	0,1233	0,1245	0,0389	0,0857	0,1179	0,1157	0,1770	-0,0598
EUR	0,1082	0,1115	-0,0925	0,2030	0,1212	0,1173	0,2906	-0,1725
GARAN	-0,0667	-0,0679	0,2338	-0,2995	-0,0735	-0,0837	0,1924	-0,2767
HALKB	-0,0019	-0,0019	-0,4156	0,4139	-0,0391	-0,0434	0,2397	-0,2867
ISCTR	-0,0566	-0,0576	-0,0112	-0,0459	-0,0544	-0,0600	0,2173	-0,2789
KCHOL	-0,0059	-0,0058	0,1491	-0,1537	-0,0533	-0,0554	-0,6324	0,6361
TAHVIL_P	0,0150	0,0143	0,8347	-0,8087	0,0378	0,0379	-0,6945	0,7223
TCELL	-0,0442	-0,0456	0,6053	-0,6547	0,0780	0,0983	-0,6177	0,7244
THYAO	-0,0249	-0,0240	-0,8864	0,8562	-0,0930	-0,0821	-0,8273	0,7534
TUPRS	0,0217	0,0217	0,0222	-0,0005	-0,0173	-0,0195	-0,4087	0,4118
USD_FWD	0,0816	0,0811	0,0880	-0,0064	0,1395	0,1613	-0,3386	0,4922
USD	0,0489	0,0491	-0,1493	0,1978	0,1447	0,1648	-0,2678	0,4254
XAGUSD	0,0054	0,0056	0,5951	-0,5944	0,0491	0,0429	0,7020	-0,6411
XAUUSD	-0,0142	-0,0142	0,5830	-0,5929	0,0318	0,0303	0,6915	-0,6555

Getiri serilerinde karşılaşılan değişen varyans sorunu portföy varlıkları getiri serilerinde araştırılmış, bulgular gözlem ve test aralıkları için Tablo 11’de sunulmuştur. Test aralığında BİMAS hisse senedi, DİBS portföyünü temsilen tahminlenen sentetik tahvil, döviz ve dövizde dayalı forward kontratlar dışında diğer tüm portföy varlıkları getiri serilerinde ARCH-LM testi sonucunda test istatistiğinin Ki-Kare tablosu kritik değerinden küçük olması sonucu değişen varyans olmadığı sonucuna ulaşılmaktadır. Bu durumun test aralığındaki gözlem sayısının yetersizliğinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Gözlem aralığı ARCH-LM test sonuçları öngörüyü desteklemekte, tüm portföy varlıkları ve portföy getiri serileri için değişen varyans sorununun varlığından sözedilebilmektedir.

Tablo 11: Değişen Varyans (ARCH-LM) Testi Bulguları

	Gözlem Aralığı		Test Aralığı	
	ARCH-LM _{stat}	ARCH-LM _{stat} Prob	ARCH-LM _{stat}	ARCH-LM _{stat} Prob
PORTFÖY	15,20	0,0001	0,01	0,9391
R_AKBNK	25,70	0,0000	0,00	0,9810
R_BİMAS	46,36	0,0000	8,50	0,0036
R_EREGL	10,22	0,0014	1,19	0,2750
R_EUR_FWD	15,72	0,0001	8,05	0,0045
R_EUR	34,17	0,0000	9,41	0,0022
R_GARAN	20,88	0,0000	0,11	0,7371
R_HALKB	8,08	0,0045	3,74	0,0532
R_ISCTR	21,17	0,0000	0,01	0,9293
R_KCHOL	35,55	0,0000	0,04	0,8432
R_TAHVIL_P	72,78	0,0000	6,81	0,0090
R_TCELL	120,20	0,0000	2,38	0,1229
R_THYAO	36,16	0,0000	1,04	0,3073
R_TUPRS	30,34	0,0000	0,01	0,9146
R_USD_FWD	34,09	0,0000	26,33	0,0000
R_USD	52,28	0,0000	32,18	0,0000
R_XAGUSD	82,44	0,0000	0,86	0,3525
R_XAUUSD	48,98	0,0000	1,44	0,2304

Getiri serilerinde değişen varyans sorununun varlığı, sabit varyans varsayımı altında yapılacak RMD ölçümlerinin etkinsizliğini gündeme getirecektir. Ayrıca önceki bulgularda getiri serilerinin normal dağılmadığı ve leptokurtik dağılımın bir sonucu olarak getiri serilerinde şışman kuyruk sorununun varlığı tespit edilmişti. O halde getiri serilerinin tüm bu özelliklerini dikkate alarak değişen varyansın modellenmesi yoluyla risk tahmincilerinin etkinliği artırılabilir.

3.4. KOşULLU DEğİşEN VARYANS MODELLERİ

Portföy varlıkları getiri serilerinde tespit edilen değişen varyans sorununun sabit varyans varsayımına dayanan risk ölçümlerinde ortaya çıkarabileceği etkinsizliğin aşılması, zamana göre değişen varyansın getiri serilerinin asimetric ve leptokurtik özellikleri dikkate alınarak modellenmesi yoluyla aşılabilecektir. Çalışmada değişen varyansın modellenmesinde ARCH ve GARCH modelleri ile GARCH modelinin getiri serileri dağılım kuyruk yapısı ve asimetri etkilerini de gözeterek uzantıları olan EGARCH, TGARCH ve APGARCH modellerinden faydalanılmıştır.

Her bir model için en iyi dağılımın seğıilebilmesi adına Normal (Gaussian), Student-t ve GED (Generalized Error Distribution) dağılımları altında tahminlemeler yapılmış, istatistiki olarak anlamlı modeller için en etkin dağılımın seğıimine Log-Likelihood (LL), AIC (Akaike Information Criterion), SIC (Schwarz Information Criterion) ve HQ-IC (Hannan-Quinn Information Criterion) bilgi kriterleri doğrultusunda karar verilmiştir. Portföy getirileri için tahminlenen koşullu varyans modelleri ve katsayı tahminleri Tablo 12’de sunulmaktadır.

Tahminlenen ARCH modeli için Normal (Gaussian), Student-t ve GED dağılımları altında varyans sabit terimi (ω) ve ARCH katsayısının (α) istatistiki olarak anlamlı olduğu, her üç dağılım içinde model katsayı kısıtlarının ($\omega > 0, \alpha > 0$) ve model durağanlık kısıtının ($\sum \alpha_i < 1$) sağlandığı görölmektedir. Ayrıca Student-t ve GED dağılımları için tahminlenen modeller kapsamında dağılım parametresinin de (ν) istatistiki olarak anlamlı olduğu görölmektedir. Bu durumda her üç dağılım için

tahminlenen ARCH modeli ile pozitif ve sonlu bir koşullu varyansın tahminlenebileceği söylenebilecektir. LL, AIC, SIC ve HQ-IC bilgi kriterleri doğrultusunda ARCH modeli için en uygun dağılımın Student-t dağılımı olduğuna ve ARCH – Student-t modelinden elde edilecek varyans serilerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tahminlenen GARCH modeli için Normal (Gaussian), Student-t ve GED dağılımları altında varyans sabit teriminin (ω) , ARCH katsayısının (α) ve GARCH katsayısının (β) istatistiki olarak anlamlı olduğu, her üç dağılım içinde model katsayı kısıtlarının ($\omega > 0$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$) ve model durağanlık kısıtının ($\sum \alpha_i + \sum \beta_i < 1$) sağlandığı görülmektedir.

Tablo 12: ARCH/GARCH Modeli Tahminlemeleri

ARCH(1)											
Katsayı			Normal			Student-t			GED		
ω	(t-stat)	[Prob]	0,000077	(43,65)	[0,0000]	0,000078	(13,76)	[0,0000]	0,000075	(19,81)	[0,0000]
α	(t-stat)	[Prob]	0,118619	(6,03)	[0,0000]	0,133410	(3,34)	[0,0008]	0,124850	(3,24)	[0,0012]
β	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
γ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
δ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ν	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	4,282769	(9,77)	[0,0000]	1,131308	(28,74)	[0,0000]
LL			6.573,69			6.689,08			6.684,99		
AIC			-6,5283			-6,6419			-6,6378		
SIC			-6,5199			-6,6308			-6,6267		
HQ-IC			-6,5252			-6,6378			-6,6337		
GARCH(1,1)											
Katsayı			Normal			Student-t			GED		
ω	(t-stat)	[Prob]	0,000001	(5,04)	[0,0000]	0,000001	(2,35)	[0,0187]	0,000001	(2,55)	[0,0108]
α	(t-stat)	[Prob]	0,060997	(10,28)	[0,0000]	0,049721	(5,21)	[0,0000]	0,052790	(5,45)	[0,0000]
β	(t-stat)	[Prob]	0,924670	(121,06)	[0,0000]	0,941589	(86,03)	[0,0000]	0,935932	(78,82)	[0,0000]
γ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
δ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ν	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	5,580271	(8,25)	[0,0000]	1,278513	(27,47)	[0,0000]
LL			6.694,77			6.762,92			6.757,39		
AIC			-6,6476			-6,7143			-6,7088		
SIC			-6,6364			-6,7003			-6,6949		
HQ-IC			-6,6435			-6,7092			-6,7037		

EGARCH(1,1)											
Katsayı			Normal			Student-t			GED		
ω	(t-stat)	[Prob]	-0,30304	(-8,94)	[0,0000]	-0,28010	(-4,61)	[0,0000]	-0,28457	(-4,99)	[0,0000]
α	(t-stat)	[Prob]	0,12149	(9,76)	[0,0000]	0,11113	(5,13)	[0,0000]	0,11359	(5,46)	[0,0000]
β	(t-stat)	[Prob]	-0,05442	(-7,61)	[0,0000]	-0,05950	(-4,67)	[0,0000]	-0,05678	(-4,72)	[0,0000]
γ	(t-stat)	[Prob]	0,97769	(314,49)	[0,0000]	0,97933	(171,82)	[0,0000]	0,97918	(184,26)	[0,0000]
δ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ν	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	5,80320	(8,05)	[0,0000]	1,29954	(27,58)	[0,0000]
LL			6.708,44			6.771,96			6.766,05		
AIC			-6,6602			-6,7223			-6,7164		
SIC			-6,6462			-6,7056			-6,6997		
HQ-IC			-6,6550			-6,7161			-6,7103		
TGARCH(1,1)											
Katsayı			Normal			Student-t			GED		
ω	(t-stat)	[Prob]	0,000001	(6,65)	[0,0000]	0,000001	(3,42)	[0,0006]	0,000001	(3,65)	[0,0003]
α	(t-stat)	[Prob]	0,013204	(2,06)	[0,0394]	0,011382	(1,17)	[0,2425]	0,012044	(1,20)	[0,2289]
β	(t-stat)	[Prob]	0,065385	(7,93)	[0,0000]	0,065737	(4,52)	[0,0000]	0,064822	(4,66)	[0,0000]
γ	(t-stat)	[Prob]	0,937395	(161,23)	[0,0000]	0,940325	(87,21)	[0,0000]	0,938869	(91,73)	[0,0000]
δ	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ν	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	5,775004	(8,08)	[0,0000]	1,131308	(27,49)	[0,0000]
LL			6.709,60			6.774,30			6.768,01		
AIC			-6,6614			-6,7246			-6,7183		
SIC			-6,6475			-6,7079			-6,7016		
HQ-IC			-6,6563			-6,7185			-6,7122		
APGARCH(1,1)											
Katsayı			Normal			Student-t			GED		
ω	(t-stat)	[Prob]	0,000010	(0,87)	[0,3839]	0,000005	(0,49)	[0,6227]	0,000006	(0,50)	[0,6141]
α	(t-stat)	[Prob]	0,050537	(5,89)	[0,0000]	0,042757	(2,82)	[0,0049]	0,044436	(3,03)	[0,0024]
β	(t-stat)	[Prob]	0,434758	(4,48)	[0,0000]	0,482310	(2,74)	[0,0061]	0,464117	(2,72)	[0,0066]
γ	(t-stat)	[Prob]	0,934054	(147,49)	[0,0000]	0,939241	(85,17)	[0,0000]	0,937503	(89,20)	[0,0000]
δ	(t-stat)	[Prob]	1,594247	(6,73)	[0,0000]	1,732519	(4,22)	[0,0000]	1,702029	(4,21)	[0,0000]
ν	(t-stat)	[Prob]	-	-	-	5,792550	(8,05)	[0,0000]	1,300981	(27,5)	[0,0000]
LL			6.710,78			6.774,71			6.768,47		
AIC			-6,6615			-6,7240			-6,7178		
SIC			-6,6448			-6,7045			-6,6983		
HQ-IC			-6,6553			-6,7168			-6,7106		

Ayrıca Student-t ve GED dağılımları için tahminlenen modeller kapsamında dağılım parametresinin de (v) istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durumda her üç dağılım için tahminlenen ARCH modeli ile pozitif ve sonlu bir koşullu varyansın tahminlenebileceği söylenebilecektir. LL, AIC, SIC ve HQ-IC bilgi kriterleri doğrultusunda GARCH modeli için en uygun dağılımın Student-t dağılımı olduğuna ve GARCH – Student-t modelinden elde edilecek varyans serilerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tahminlenen TGARCH modeli için Normal (Gaussian), Student-t ve GED dağılımları altında Student-t ve GED dağılımları için tahminlenen modeller kapsamında dağılım parametresinin de (v) istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmekte ancak Student-t TGARCH ve GED TGARCH modellerinde varyans sabit terimi (ω) ve GARCH katsayıları (β) istatistiki olarak anlamlı olmalarına rağmen, ARCH katsayısının (α) istatistiki olarak anlamsız olduğu görülmektedir. Normal (Gaussian) TGARCH modelinde ise tüm katsayılar istatistiki olarak anlamlı tahminlenmiş, model katsayı kısıtları ($\omega > 0$, $\alpha > 0$, $\beta > 0$, $\gamma > 0$) ve model durağanlık kısıtının sağlandığı ($\sum \alpha_i + \sum \beta_i + \frac{\gamma}{2} < 1$) görülmektedir. Asimetri katsayısının sıfırdan farklı ve istatistiki olarak anlamlı olması ise ($\gamma \neq 0$) volatilité üzerinde yeni haber etkisinin olduğu ve negatif şokların volatilité üzerindeki etkisinin daha fazla olduğu şeklinde yorumlanabilir. Sonuç olarak Normal (Gaussian) TGARCH modeli ile pozitif ve sonlu bir koşullu varyansın tahminlenebileceği söylenebilecektir.

Tahminlenen EGARCH(1,1) modeli için Normal (Gaussian), Student-t ve GED dağılımları altında varyans sabit terimi (ω) ve ARCH katsayısının (α) istatistiki olarak anlamlı olduğu ve model durağanlık kısıtının ($\sum \beta_i < 1$) sağlandığı görülmektedir. Tahminlenen modelde asimetri katsayısının (γ) istatistiki olarak anlamlı ve sıfırdan farklı olduğundan koşullu varyans üzerinde asimetri etkisinin varlığından ve sıfırdan büyük olduğundan geçmişte yaşanan pozitif şokların negatif şoklara kıyasla oynaklığı daha fazla arttırdığından sözedilebilir. Ayrıca Student-t ve GED dağılımları için

tahminlenen modeller kapsamında dağılım parametresinin de (v) istatistiki olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu durumda her üç dağılım için tahminlenen EGARCH modeli ile pozitif ve sonlu bir koşullu varyansın tahminlenebileceği söylenebilecektir. LL, AIC, SIC ve HQ-IC bilgi kriterleri doğrultusunda EGARCH modeli için en uygun dağılımın Student-t dağılımı olduğuna ve EGARCH – Student – t modelinden elde edilecek varyans serilerinin kullanılmasına karar verilmiştir.

Tahminlenen APGARCH(1,1) modelinde ise her üç dağılım içinde varyans sabit teriminin (ω) istatistiki olarak anlamsız olması nedeniyle APGARCH modeli koşullu varyans serisinin tahminlemelerde kullanılmamasına karar verilmiştir.

Tahminlenen ARCH ve GARCH uzantısı modeller için seçilen uygun dağılımlar altında, portföy getiri serisindeki değişen varyans sorununun varlığı, diğer bir deyişle değişen varyans sorununun aşıp aşılmadığı ARCH-LM testi ile tekrar test edilerek, bu modellerden elde edilecek varyans serilerinin kullanıma uygunluğu sınanmış, sonuçlar Tablo 13’de sunulmuştur.

Tablo 13: Koşullu Varyans Modellemesi ARCH-LM Testi Sonuçları

Koşullu Varyans Modeli	Uygun Dağılım	ARCH-LM _{stat} (T * R ²)	ARCH-LM _{stat} Prob.
ARCH(1,1)	Student - t	0,13974	0,7085
GARCH(1,1)	Student - t	0,80409	0,3699
TGARCH(1,1)	Normal (Gaussian)	0,07905	0,7786
EGARCH(1,1)	Student - t	0,20844	0,7666

Tahminlenen ARCH ve GARCH uzantısı modeller için seçilen uygun dağılımlar altında, portföy getiri serisindeki değişen varyans sorununun varlığı ARCH-LM testi ile tekrar test edilerek, bu modellerden elde edilecek varyans serilerinin kullanıma uygunluğu sınanmış, her bir model için ARCH-LM test istatistiğinin Ki-Kare tablo kritik değerinden küçük olması sonucu ($ARCH-LM_{Stat} < \chi^2_{tablo}$) H_0 hipotezi kabul edilmiş, değişen varyans sorununun ortadan kalktığı tespit edilmiştir.

3.5. HİPOTETİK BANKA PORTFÖYÜ RİSKE MARUZ DEĞER ve STRES TESTİ ANALİZLERİ

Koşullu varyans serilerinin kullanılabileceği modellere ve dağılımlara karar verilmesinin ardından, sabit ve koşullu varyansa dayanan riske maruz değer ölçümlmelerine ve olağan dışı piyasa koşulları altında portföyün yaşayabileceği kayıpların tahminlendiği ve sermayenin dayanıklılığının ölçüldüğü stres testlerine yer verilmiştir.

Çalışmada gözlem aralığında getiri serilerinin takibi sağlanmış, test aralığında ise gözlem döneminin sonundan başlanarak yürüyen pencereler yöntemi ile 1 yıllık süreçte her bir iş günü için RMD tutarları hesaplanmıştır. Fiyat ve getiri serilerinin istatistiki ve ekonometrik analizlerinde Eviews programından faydalanılırken, RMD tahminlemelerinde ve veri tablolarının analizinde MS Office Excel programından ve özellikle yürüyen pencereler yöntemi için VBA for Applications programlama dilinden faydalanılmıştır.

3.5.1. Riske Maruz Değer Tahminlemeleri

02/01/2017 – 29/12/2017 olarak belirlenen test aralığının son iş günü olan 29/12/2017 tarihi için normal dağılım ve sabit varyans varsayımı altında hesaplanan çalışma portföyü RMD sonuçları Tablo 14’te paylaşılmıştır. Hesaplama günü için Parametrik RMD yönteminde kullanılan portföy ağırlıkları matrisi ile kovaryans matrisi ve kovaryans matrisinden hareketle Monte Carlo Simulasyonu yönteminde kullanılmak üzere hesaplanan Cholesky kök matrisi EK-7’de paylaşılmıştır. Ayrıca Cholesky ayrıştırmasına ilişkin hesaplama yöntemi de EK-8’de paylaşılmıştır.

Tablo 14: Çalışma Portföyü RMD Ölçüm Sonuçları

Güven Düzeyi	%90		%95		%99	
RMD Yöntemi	RMD (%)	RMD (TL)	RMD (%)	RMD (TL)	RMD (%)	RMD (TL)
Parametrik	0,74	331.123,82	0,95	424.992,82	1,34	601.075,46
Tarihsel	0,55	246.676,70	0,83	372.150,08	1,49	666.391,90
Monte Carlo	0,76	340.431,83	0,96	431.512,74	1,37	615.198,62

Normal dağılım ve sabit varyans varsayımlarına dayanan Parametrik, Tarihsel Simülasyon ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ile tahminlenen RMD sonuçları incelendiğinde, çalışma portföyünün karmaşık türev pozisyonlar içermemesi ve dolayısıyla portföy getirilerinin doğrusal bir yapıda olması nedeniyle beklendiği gibi Parametrik ve Monte Carlo Simülasyonu ile tahminlenen sonuçlar arasında %90, %95 ve %99 güven düzeylerinde önemli bir fark olmadığı görülmekte, ancak Tarihsel Simülasyon sonuçları bu diğer iki yöntemden her üç güven düzeyinde de önemli ölçüde farklılık sergilemektedir. Bu farklılığın temel sebebinin, tanımlayıcı istatistiklerden yola çıkarak portföy getirilerinin leptokurtik bir dağılım sergilemesi olduğu, normal dağılım ve sabit varyans varsayımına dayanan Parametrik ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemlerinin kuyruk kayıplarını tahminlemekte herhangi bir varsayıma dayanmayan Tarihsel Simülasyona göre daha başarısız olacağı söylenebilir.

Tahmin sonuçlarına göre %99 güven düzeyinde, 1 günlük elde tutma süresinde çalışma portföyünün Parametrik RMD yöntemine göre %1,34'ünü (601.075 TL'sini), Tarihsel Simülasyon yöntemine göre %1,49'unu (666.391 TL'sini), Monte Carlo Simülasyonu RMD yöntemine göre ise %1,37'sini (615.198 TL'sini) kaybedeceği öngörülmektedir.

Portföy getirilerindeki değişen varyans sorununu, asimetrik ve şişman kuyruk özelliklerini de dikkate alan koşullu varyans modellerinden elde edilen standart sapma ve %90, %95 ve %99 güven düzeylerinde Parametrik RMD yöntemi ile tahminlenen RMD sonuçları Tablo 15'te sunulmuştur.

Tablo 15: Koşullu Varyans Modelleri Parametrik RMD Sonuçları

		%90		%95		%99	
		RMD (%)	RMD (TRY)	RMD (%)	RMD (TRY)	RMD (%)	RMD (TRY)
ARCH	Student-t	1,31	585.066	1,68	750.924	2,37	1.062.046
GARCH	Student-t	0,90	402.412	1,15	516.490	1,63	730.482
EGARCH	Student-t	0,82	369.138	1,06	473.783	1,50	670.080
TGARCH	Normal	0,84	375.765	1,08	482.290	1,52	682.111
EWMA	($\lambda=0.94$)	0,82	368.892	1,06	473.468	1,50	669.634
	($\lambda=0.97$)	0,84	374.055	1,07	480.095	1,52	679.007

Analiz bulguları incelendiğinde, normal dağılım ve sabit varyans varsayımına göre yapılan önceki ölçümlere kıyasla ARCH/GARCH tipi koşullu varyans modelleri ile tahminlenen RMD'nin tüm modellerde önemli ölçüde artış gösterdiği gözlenmektedir. Bu durum, değişen varyans sorununun modellenmesinin risk ölçümlerinde ve sonucu olarak sermayenin etkin yönetiminde önemini ortaya koymaktadır. Tahmin sonuçlarına göre %99 güven düzeyinde ve 1 günlük elde tutma süresinde çalışma portföyünün karşılaşılabileceği maksimum kayıp en yüksek ARCH Student-t modeli ile tahminlenirken (1.062.046 TL / %2,37) en düşük 0,94 sönümleme katsayılı EWMA modeli ile (669.634 TL / %1,50) tahminlenmiştir.

Her üç güven düzeyi için yapılan RMD tahminlemeleri incelendiğinde ARCH Student-t RMD yönteminde 1 günlük elde tutma süresinde portföyün karşılaşılabileceği maksimum kayıp %90 düzeyinde portföyün %1,31'i, %95 güven düzeyinde portföyün %1,68'i, ve %99 güven düzeyinde ise portföyün %2,37'si olarak tahminlenmiştir. Bu sonuçlara göre, ARCH Student-t RMD modeli her üç güven düzeyinde en yüksek RMD'nin tahminlendiği model olurken, yürüyen pencereler yöntemi ile tahminlenen bir yıllık RMD tahminlerinde de diğer modellere kıyasla test aralığı boyunca volatilitenin düştüğü dönemlerde dahi daha yüksek RMD tahminlendiği tespit edilmiştir. Bu durumda ARCH Student-t modelinin, ayrılacak daha fazla piyasa riski sermaye yükümlülüğü nedeniyle sermayenin etkinsiz yönetimine neden olacağı öngörüsünde bulunulabilir.

Beş farklı koşullu varyans modeli altında yapılan RMD tahminleri karşılaştırıldığında, portföy getirilerinin asimetri ve şişman kuyruk özelliklerini birlikte ele alan EGARCH ve TGARCH modelleriyle tahminlenen RMD sonuçlarının, ARCH ve GARCH modelleri ile tahminlenen RMD sonuçlarından daha düşük olduğu, dolayısıyla bu modellerle tahminlenecek RMD sonucu çalışma portföyü için ayrılacak piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğünün daha düşük olacağı söylenebilecektir.

3.5.2. Geriye Dönük Test (Backtesting) Uygulamaları

Çalışma portföyü için model riski çarpanının (k) ve dolayısıyla hesaplanacak piyasa riski sermaye yükümlülüğünün belirleyicisi olan bir diğer unsurda, RMD

ölçümünde kullanılan modelin tarihsel başarısı olacağından, model başarısının sınanması için geriye dönük test çalışmasının yapılması gerekmektedir. Her üç RMD ölçüm yöntemi ve Parametrik RMD yöntemi ile koşullu volatilité modelleri altında geriye dönük test sonuçları Tablo 16’da, geriye dönük test grafikleri ise EK-9’da sunulmaktadır.

Tablo 16: RMD Modelleri Geriye Dönük Test Bulguları

Yöntem	Koşullu Varyans	Dağılım	Aşım Sayısı		
			%90	%95	%99
Tarihsel RMD	-	-	22	12	2
Parametrik RMD	Tarihsel	Normal	13	7	4
	ARCH (1,1)	Student-t	5	3	0
	GARCH (1,1)	Student-t	10	4	2
	EGARCH (1,1)	Student-t	10	5	2
	TGARCH (1,1)	Normal	10	5	2
	EWMA ($\lambda=0,94$)	Normal	18	5	2
	EWMA ($\lambda=0,97$)	Normal	17	6	2
Monte Carlo RMD	Tarihsel	-	13	6	4
	EWMA ($\lambda=0,94$)	-	16	4	2
	EWMA ($\lambda=0,97$)	-	15	5	2

Çalışma portföyü RMD tahmin yöntemleri için gerçekleştirilen geriye dönük test sonuçları her üç güven düzeyi için birlikte incelendiğinde Parametrik ARCH modelinin en başarılı sonuçları elde ettiği sonucuna ulaşılsa da RMD ölçüm sonuçları detaylı incelendiğinde, modelin dönem boyunca diğer modellere kıyasla daha yüksek RMD ölçümlendiği tespit edilmiştir. Bu durumda, model riski açısından başarılı görölse de dönem boyunca diğer modellere kıyasla hesaplanacak sermaye yükümlülüğü açısından başarısız sonuç üreteceği öngörülebilir.

Tarihsel Simülasyon yöntemi tüm modeller arasında %90 ve %95 güven düzeyleri için en başarısız model olarak tespit edilirken, %99 güven düzeyinde özellikle test aralığı içerisindeki piyasa hareketlerine tepki verme konusunda diğer modeller kadar başarılı olduğu görölmektedir.

Çalışma portföyünün fazlaca karmaşık türev araç içermemesi ve dolayısıyla doğrusal getiri yapısına sahip olması nedeniyle, Parametrik RMD ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ile tahminlenen sonuçlar arasında test aralığı boyunca önemli farklar olmadığı gözlenmekte, bu durum geriye dönük test bulgularıyla da desteklenmektedir. Her iki yöntemin normal dağılım ve sabit varyans varsayımı altında %99 güven düzeyinde diğer yöntemlere kıyasla dört (4) geriye dönük test aşımıyla en başarısız sonuçları ürettiği ve model riski ek çarpanı kaynaklı fazladan sermaye yükümlülüğüne maruz kalmaya daha yakın oldukları gözlenmektedir.

Parametrik RMD yöntemi ile koşullu varyans modelleri altında yapılan tahminlemelerin ise Tarihsel Simülasyon yöntemi ve sabit varyans ve normal dağılım varsayımlarına dayanan Parametrik RMD ölçümlemelerine kıyasla her üç güven düzeyinde de daha başarılı sonuçlar ürettiği görülmektedir. Parametrik RMD ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleriyle EWMA koşullu varyans modeli altında yapılan ölçümlerin ise %95 güven düzeyinde diğer koşullu varyans modellerine kıyasla başarısız sonuçlar ürettiği, ancak %95 ve %99 güven düzeyleri için diğer modeller kadar başarılı sonuçlar ürettiği gözlenmektedir. Tahminleme sonuçları detaylı incelendiğinde bu durumun, EWMA modelinin seçilen her iki sönümleme katsayısı (λ) için de diğer koşullu varyans modellerine göre volatilité değişimine daha yüksek tepki vermesinden kaynaklandığı söylenebilir.

RMD tahmin modellerinin başarısının yalnızca aşım sayıları yöntemi ile sınanması, modellerin ölçüm etkinliğinin göz önünde bulundurulmamasına neden olacaktır. Burada bahsi geçen etkinlik, model yardımıyla ölçülen portföy riskinin, portföy kayıplarını tahminlemekte ne ölçüde başarılı olduğu anlamına gelmektedir. Riske maruz değerin belli bir güven düzeyi ve elde tutma süresinde portföyün karşılaşılabileceği maksimum kayıp olduğu bilindiğinden RMD tahminlerinin gerçekleşen portföy getirileri ile arasındaki uzaklıkların ortalaması tahminlerin etkinliği hakkında bilgi verecektir. Bunun için finansal literatürde sıkça kullanılan, tahminlerle gerçekleşen değerler arasındaki mutlak uzaklık farklarının ortalaması ($\sum |RMD - R_p| / n$) olan

Ortalama Mutlak Hata (Mean Absolute Error - MAE) ve tahminlenen değerlerle gerçekleşen değerler arasındaki uzaklık farkları karelerinin ortalamasının karekökü ($\sqrt{\sum (RMD - R_p)^2 / n}$) olan ve model hatalarının standart sapması olarakta adlandırılan Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (Root Mean Squared Error – RMSE) istatistiklerinden faydalanılacaktır. İstenen durum tahminlenen RMD ve gerçekleşen getiriler arasındaki uzaklık farklarının en az olması olduğundan MAE ve RMSE değerleri küçüldükçe daha etkin bir modelden sözedilebilecektir. Çalışmada kullanılan RMD tahmin modellerinin MAE ve RMSE istatistikleri Tablo 17’de sunulmuştur.

RMD modelleri geriye dönük test sonuçları MAE ve RMSE istatistikleri detaylandırıldığında Parametrik ARCH Student-t modelinin üç güven düzeyinde en yüksek MAE ve RMSE istatistiklerini (MAE_{%90;%95;%99}=0,0128; 0,0159; 0,0220 ve RMSE_{%90;%95;%99}=0,0139; 0,0169; 0,02280) ürettiği gözlenmekte ve görsel tespit ve aşım sayıları yönteminde bahsedildiği gibi, bu model yardımıyla tahminlenecek RMD sonuçları aşım sayıları yönteminde ne kadar başarılı olsada fazladan sermaye yükümlülüğü hesaplanması yoluyla sermayenin etkinsiz yönetilmesine neden olacağı öngörülmektedir.

Tablo 17: RMD Tahmin Modelleri MAE ve RMSE İstatistikleri

Yöntem	Koşullu Varyans	Dağılım	MAE			RMSE		
			%90	%95	%99	%90	%95	%99
Tarihsel RMD	-	-	0,0081	0,0101	0,0194	0,0095	0,0115	0,0209
Parametrik RMD	Tarihsel	Normal	0,0099	0,0121	0,0164	0,0112	0,0133	0,0175
	ARCH (1,1)	Student-t	0,0129	0,0161	0,0223	0,0140	0,0171	0,0230
	GARCH (1,1)	Student-t	0,0097	0,0120	0,0163	0,0111	0,0132	0,0174
	EGARCH (1,1)	Student-t	0,0096	0,0119	0,0161	0,0111	0,0132	0,0173
	TGARCH (1,1)	Normal	0,0097	0,0119	0,0162	0,0111	0,0132	0,0173
	EWMA (λ=0,94)	Normal	0,0092	0,0112	0,0153	0,0107	0,0126	0,0165
	EWMA (λ=0,97)	Normal	0,0093	0,0113	0,0153	0,0107	0,0126	0,0165
Monte Carlo RMD	Tarihsel	-	0,0100	0,0123	0,0168	0,0114	0,0135	0,0178
	EWMA (λ=0,94)	-	0,0094	0,0114	0,0156	0,0108	0,0128	0,0168
	EWMA (λ=0,97)	-	0,0094	0,0115	0,0156	0,0109	0,0128	0,0168

Her üç güven düzeyi içinde en düşük MAE ve RMSE istatistiklerine sahip modelin her iki sönümlleme katsayısı için de yaklaşık değerler üreten Parametrik EWMA modeli olduğu ($MAE_{\%90;\%95;\%99} = 0,0092; 0,0112; 0,0153$ ve $RMSE_{\%90;\%95;\%99} = 0,0107; 0,0126; 0,0165$) görülmekte, bu durum EWMA modelinin seçilen her iki sönümlleme katsayısı için de diğer koşullu varyans modellerine göre volatilité değişimine daha yüksek tepki vermesi sonucu daha başarılı tahminler ürettiği görüşünü desteklemektedir.

Tarihsel Simülasyon yönteminin %90 ve %95 güven düzeyleri için en düşük MAE ve RMSE istatistiklerine sahip olduğu ancak %99 güven düzeyinde modelin etkinliğinin diğer modellere kıyasla oldukça azaldığı görülmektedir. Geriye dönük test görsel tespitten de faydalanıldığında bu durumun test aralığının ilk yarısına kadar 250 günlük gözlem süresinin içerisinde kalan büyük kuyruk kayıplarının yüksek RMD hesaplanmasına yol açmasından kaynaklanmaktadır.

Tarihsel Yöntem ve Parametrik ARCH modellerinin RMSE ve MAE değerlerinin tüm modeller için hesaplanan %99 güven düzeyi MAE ve RMSE istatistikleri ortalamalarının ($MAE_{Ort:\%99} = 0,0171$ ve $RMSE_{Ort:\%99} = 0,0182$) üzerinde kalmaları, bu modellerin ortalamaya göre de etkinsiz oldukları ve bu modeller kullanılarak hesaplanacak RMD'nin fazladan sermaye yükümlülüğüne neden olacağı yönünde yorumlanabilir. Parametrik yöntem ve koşullu varyansa dayanan RMD hesaplamaları ile Monte Carlo Simulasyonu yöntemine dayanan RMD hesaplamalarının ise ortalamalara yakın veya ortalamalara kıyasla görece olarak etkin sonuçlar ürettiği görülmektedir.

Tüm sonuçların değerlendirilmesinin ardından, Uzlaşa çerçevesinde içsel model kullanılarak, RMD modelleri çerçevesinde %99 güven düzeyinde on (10) günlük elde tutma süresi ile hesaplanan çalışma portföyü piyasa riski sermaye yükümlülükleri Tablo 18'de sunulmaktadır.

Tablo 18: Uzlaşı İçsel Model Sermaye Yükümlülükleri

RMD Yöntemi	Koşullu Volatilite	Dağılım	$RMD_{t-1}^{99\%}$	$RMD_{60d}^{99\%}$	k	$RMD_{60d}^{99\%} * k$	$Max \left\{ \begin{matrix} RMD_{t-1}^{99\%}; \\ RMD_{60d}^{99\%} * k \end{matrix} \right\}$
Tarihsel RMD	-	-	-%4,71	-%4,64	3	-%13,91	-%13,91
Parametrik RMD	Tarihsel	Normal	-%4,25	-%4,14	3	-%12,41	-%12,41
	ARCH (1,1)	Student-t	-%7,50	-%6,76	3	-%20,29	-%20,29
	GARCH (1,1)	Student-t	-%5,16	-%5,63	3	-%16,90	-%16,90
	EGARCH (1,1)	Student-t	-%4,73	-%5,84	3	-%17,52	-%17,52
	TGARCH (1,1)	Normal	-%4,82	-%5,76	3	-%17,27	-%17,27
	EWMA ($\lambda=0,94$)	Normal	-%4,73	-%4,94	3	-%14,83	-%14,83
	EWMA ($\lambda=0,97$)	Normal	-%4,79	-%4,66	3	-%13,97	-%13,97
Monte Carlo RMD	Tarihsel	-	-%4,35	-%4,24	3	-%12,71	-%12,71
	EWMA ($\lambda=0,94$)	-	-%4,78	-%5,06	3	-%15,18	-%15,18
	EWMA ($\lambda=0,97$)	-	-%4,90	-%4,77	3	-%14,31	-%14,31

Çalışma portföyü piyasa riski hesaplamasında kullanılan RMD yöntemleri ve koşullu volatilite modelleri için geriye dönük test sonuçlarında son 250 günlük gözlem süresinde aşım sayılarının 4'ü aşmaması sonucu tüm modeller için model riski çarpanı (k) 3 olarak belirlenmiş, ek model riski çarpanı uygulanmamıştır.

Model riski çarpanı nedeniyle genel olarak 60 günlük ortalama RMD'nin daha büyük olması beklenirken, çok kısa sürede yaşanan volatilite sıçramaları (volatility jumps) ya da portföy risk yapısının değiştirilmesi sonucu ancak günlük RMD'nin ortalama $RMD_{60d}^{99\%} * k$ 'yı geçmesi beklenebilir. Aksi halde, çalışma portföyü gibi kompozisyonun son 60 gün içerisinde büyük değişikliğe uğramaması veya piyasa koşulları kaynaklı bir volatilite sıçraması yaşanmaması halinde $RMD_{60d}^{99\%} * k$, günlük hesaplanan RMD'den daha büyük olacaktır.

Çalışma portföyü için farklı RMD yöntemleri ve koşullu varyans modelleri altında hesaplanan piyasa riski yükümlülükleri detaylı incelendiğinde, daha önce yapılan analizler doğrultusundaki beklentilere paralel olarak en yüksek piyasa riski sermaye yükümlülüğünün Parametrik ARCH modeli ile hesaplandığı görülmektedir. Bu durumda Parametrik ARCH

yöntemi hesaplanan sermaye yükümlülüğünün atıl sermaye tutulması yoluyla sermayenin etkisiz yönetilmesine neden olacaktır.

Çalışma portföyü için diğer RMD yöntemleri ve koşullu varyans modelleri altında hesaplanan sermaye yükümlülükleri incelendiğinde ise en düşük sermaye yükümlülüğünün normal dağılım ve sabit varyans varsayımına dayanan Parametrik RMD (%12,41) ve Monte Carlo Simülasyonu yöntemleri ile tahminlendiği (%12,71) görülmektedir. Ancak geriye dönük test bulgularında, %99 güven düzeyinde en fazla aşımın/uç değer gerçekleştiği modeller normal dağılım ve sabit varyans varsayımına dayanan modeller olduğundan, daha yüksek model riski çarpanına ve dolayısıyla daha yüksek sermaye yükümlülüğüne katlanılmaması anlamında diğer RMD ölçüm modellerinin değerlendirilmesinin uygun olduğu düşünülmektedir.

Çalışma portföyünde değişen varyans sorununu dikkate alan RMD tahminleme yöntemleri ile hesaplanan piyasa riski sermaye yükümlülükleri incelendiğinde ise, EWMA koşullu varyans modelinin diğer koşullu varyans modellerine göre en düşük piyasa riski sermaye yükümlülüğünün ölçüldüğü model olduğu görülmektedir. EWMA modelleri arasında ise yakın dönem verilerine daha çok ağırlık verilen, yani sönümleme katsayısının (λ) daha düşük olduğu model kullanılarak en düşük piyasa riski sermaye yükümlülüğünün hesaplandığı görülmektedir. Ölçülen piyasa riski sermaye yükümlülükleri ile birlikte geriye dönük test aşım sayıları ve model tahmin hataları (MAE ve RMSE) göz önünde bulundurulduğunda EWMA modellerinin çalışma portföyü piyasa riski sermaye yükümlülüğü hesaplamalarında kullanılacak en uygun koşullu varyans modeli olduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

Diğer koşullu varyans modelleri RMD sonuçları incelendiğinde ise, GARCH modeli ile volatilité üzerindeki asimetrik etkileri de gözetilen EGARCH ve TGARCH modelleri ile ölçülen sermaye yükümlülükleri arasında önemli farklar gözlenmemiştir. Yine tüm bu modellerin geriye dönük test aşım sayıları ve model tahmin hataları konusunda çok farklı sonuç üretmezken, bu modeller arasında en düşük piyasa riski sermaye yükümlülüğü Parametrik GARCH Student-t modeli altında tahminlenmektedir (%16,90).

Uzlaş'ı da İçsel Model Yaklaşımında Nicel Standartlar kapsamında belirtildiği üzere, çalışma portföyü için hesaplanacak sermaye yükümlülüğünde içsel model kullanılmasından dolayı portföyde yer alan faiz oranı riski içeren (borçlanma araçları) ve ortaklık hakkı sağlayan (hisse senedi) varlıkların spesifik riski için de sermaye yükümlülüğü söz konusu olacaktır. Çalışma portföyünde hisse senedi seçiminde görece olarak daha yüksek likiditeye sahip varlıklar seçildiğinden ve hisse senedi portföyünde yeterli çeşitlendirme sağlandığından 20,000,000 TRY büyüklüğündeki hisse senedi portföyü için %4 oranında (800,000 TRY), borçlanma araçları portföyünün tamamının Türk Hazinesi tarafından ihraç edilen ve 24 aydan daha uzun vadeli devlet iç borçlanma araçlarından (DİBS) oluştuğu varsayımı altında kredi derecelendirme notu (BB+ ile B- arası) dikkate alınarak (bkz. Tablo 3) 30,000,000 TRY nominal değerli DİBS portföyü için de %8 oranında (2,400,000 TRY) spesifik risk sermaye yükümlülüğü hesaplanmıştır. Çalışma portföyü için farklı RMD yöntemleri ve koşullu varyans modelleri ile hesaplanan ve spesifik risk sermaye yükümlülüklerinin de dahil edildiği nihai sermaye yükümlülüğü tutarları Tablo 19'da paylaşılmıştır.

Tablo 19: Spesifik Risk Dahil Çalışma Portföyü Piyasa Riski Sermaye Yükümlülüğü Tutarları

RMD Yöntemi	Koşullu Varyans	Dağılım	$Max \left\{ \begin{matrix} RMD_{t-1}^{99}; \\ RMD_{60d}^{99} * k \end{matrix} \right\}$	(I)*	(II)*	(III)*	(IV)*
Tarihsel RMD	-	-	-13,91%	6.225.850	800.000	2.400.000	9.425.850
Parametrik RMD	Tarihsel	Normal	-12,41%	5.554.479			8.754.479
	ARCH (1,1)	Student-t	-20,06%	8.978.472			12.178.472
	GARCH (1,1)	Student-t	-16,62%	7.438.794			10.638.794
	TGARCH (1,1)	Normal	-17,27%	7.729.722			10.929.722
	EGARCH (1,1)	Student-t	-17,43%	7.801.335			11.001.335
	EWMA ($\lambda=0,94$)	Normal	-14,83%	6.637.624			9.837.624
	EWMA ($\lambda=0,97$)	Normal	-13,97%	6.252.705			9.452.705
	Tarihsel	-	-12,71%	5.688.753			8.888.753
Monte Carlo RMD	EWMA ($\lambda=0,94$)	-	-15,18%	6.794.278			9.994.278
	EWMA ($\lambda=0,97$)	-	-14,31%	6.404.882			9.604.882

* Tutarlar TRY cinsindendir.

(I) İçsel Model Sermaye Yükümlülüğü Tutarı

(II) Hisse Senedi Portföyü Spesifik Risk Sermaye Yükümlülüğü Tutarı

(III) DİBS Portföyü Spesifik Risk Sermaye Yükümlülüğü Tutarı

(IV) = (I + II + III) Toplam Sermaye Yükümlülüğü Tutarı

Yapılan tüm RMD tahminlemelerinin ve piyasa riski sermaye yükümlülüğü hesaplamalarının, getiri serilerindeki asimetrik ve leptokurtik dağılım ile değişen varyans sorununu göz önünde bulunduran modellerle yapılmasına rağmen olağan piyasa koşulları altında geçerli olabilecek hesaplamalar olduğu göz önünde bulundurulmalıdır. Bu anlamda, Uzlaşî’da belirtildiği üzere bankaların portföylerinde olağanüstü kayıp yada kazançlara yol açabilecek piyasa olaylarının portföy üzerindeki etkilerinin de değerlendirilmesi gerekmektedir.

3.5.3. Stres Testi Analizleri

Çalışma portföyünün olağan dışı piyasa koşullarında karşılaşılabileceği kayıpların tahminlenebilmesi açısından portföy varlıkları korelasyonlarının değişmediği varsayımı altında volatilitelerinin üç (3) ve beş (5) katına çıktığı varsayımsal senaryolar kurgulanırken, tarihsel senaryolar için gözlem dönemi boyunca portföy dağılımından hareketle temel risk faktörleri olan BIST 100 endeksi, uzun vadeli tahvil faizleri ve sepet kur (0,50 USD + 0,50 EUR) getirilerinde yaşanan piyasa koşulları incelenerek kullanılacak en kötü durum senaryolarına karar verilmiştir. Dönem getirilerinin görsel tespiti Şekil 13’de paylaşılmıştır.

BIST 100 endeksi gözlem aralığı getirileri ve endeks getirileri 30 günlük hareketli volatiliteler serisi incelendiğinde yurt içinde Gezi Olayları ile küresel çapta Fed’in parasal genişlemenin durdurulması (Tapering) yönündeki açıklamalarına denk gelen 2013 yılı Haziran ayı başını ve yurt içinde 15 Temmuz Darbe Girişimi süreci ile küresel çapta Birleşik Krallık’ın Avrupa Birliğinden ayrılması sürecinin oylandığı BREXIT referandumuna denk gelen 2017 yılı Haziran ayı sonunu ve bu süreçleri izleyen 30 işlem gününde volatilitenin oldukça yükseldiği görülmektedir.

Çalışma portföyü DİBS portföyü risk faktörü olarak incelenen uzun vadeli tahvil faiz oranı serisi için baz puan cinsinden hesaplanan gözlem aralığı getirileri ve faiz oranı getiri serisi 30 günlük hareketli volatiliteler serisi incelendiğinde, BIST 100 endeksi için tespit edilen yurt içi ve küresel çaptaki olaylara 30 günlük hareketli volatilitenin benzer

şekilde tepki verdiği görülürken; sepet kur getiri serisi volatilitésinin 2011 yılı son çeyreğinden 2013 yılı ortasına yani Gezi Olaylarına dek düşük seyrettiğı, ancak bunun dışında volatilitenin gözlem dönemi boyunca görel olarak sürekli yüksek seyrettiğı ve bu iki tarihsel senaryoya BIST 100 endeksi ile uzun vadeli tahvil faizleri gibi sepet kur volatilitésinin de benzer şekilde tepki verdiği görülmektedir.

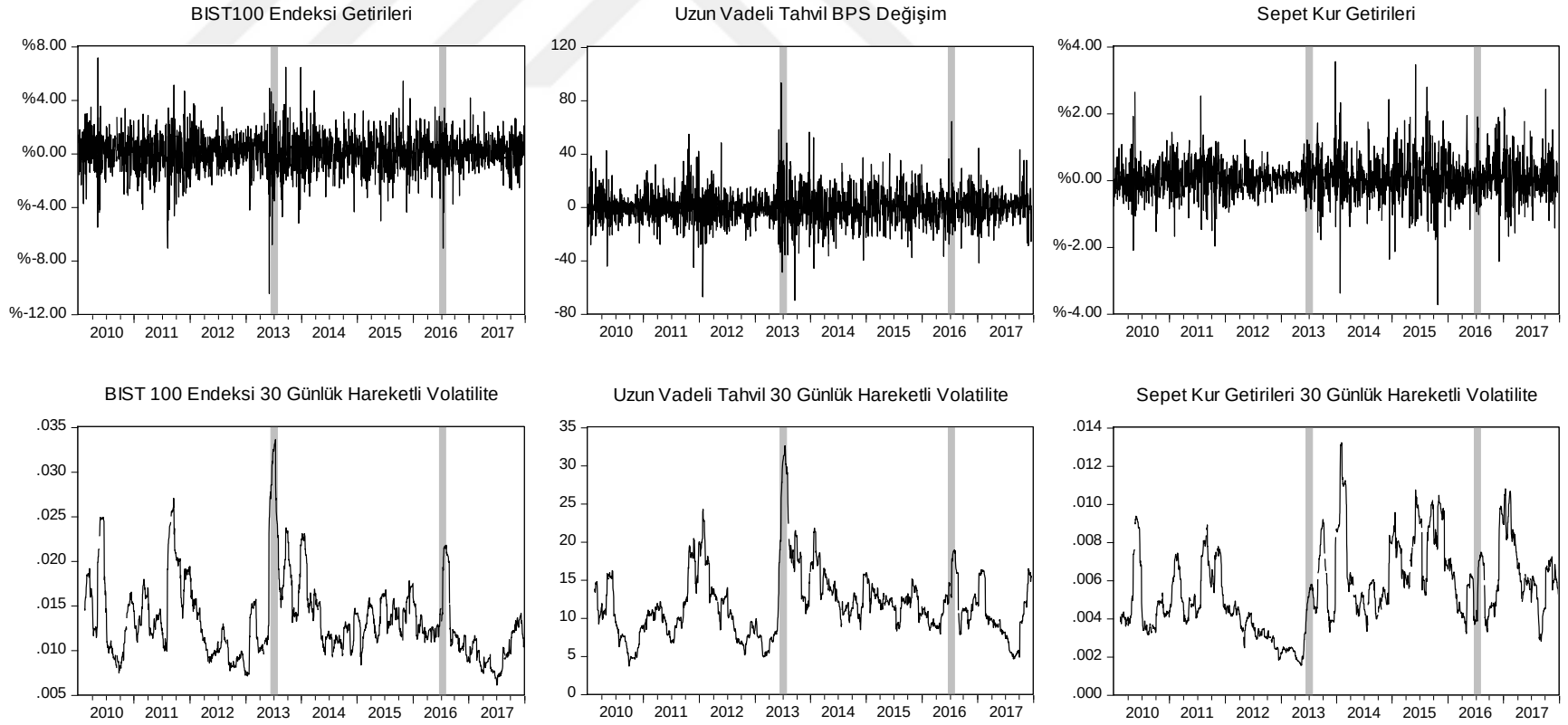
Tüm çalışma portföyü risk faktörleri üzerinde volatilitéyi olumsuz etkileyen ve portföyde olağanüstü kayıplara yol açabilecek tarihsel senaryoların belirlenmesinin ardından, ilgili tarihsel piyasa olaylarını da kapsayan ve portföy varlıkları için en kötü durum (worst case) olabilecek stres gözlem aralıkları Tablo 20'deki gibi belirlenmiştir.

Tablo 20: Tarihsel Stres Testi Senaryoları Piyasa Verileri

Stres Penceresi	Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması			15 Temmuz Darbe Girişimi ve BREXIT		
Tarih Aralığı	31/05/2013	11/07/2013	Getiri/Kayıp	08/06/2016	21/07/2016	Getiri/Kayıp
XU100	85.990	71.790	-%16,51	78.833	71.595	-%9,18
TAHVİL_UV (%)	6,84	9,54	270 bps	9,51	10,25	74 bps
USD	1,8876	1,9435	%2,96	2,8946	3,0783	%6,35
EUR	2,4542	2,5370	%3,37	3,2919	3,3928	%3,07

Gezi Olayları ve Tapering Açıklamasını kapsayan tarihsel senaryo için gözlem aralığı (31/05/2013 – 11/07/2013) piyasa verileri incelendiğinde BIST 100 endeksinin %16,51 kayıp yaşadığı, uzun vadeli tahvil faizinin 270 baz puan (BPS) yükseldiğı, USD kurunun %2,96 ve EUR kurunun %3,37 yükseldiğı gözlenmektedir. 15 Temmuz Darbe Girişimi ve BREXIT tarihsel senaryosu için ilgili gözlem aralığı (08/06/2016 – 21/07/2016) incelendiğinde ise BIST 100 endeksinin %9,18 kayıp yaşadığı, uzun vadeli tahvil faizinin 74 baz puan (BPS) yükseldiğı, USD kurunun %6,35 ve EUR kurunun %3,07 yükseldiğı gözlenmektedir. Seçilen tarihsel sanoryolara ilişkin portföy varlıkları dönem getirileri ve analizlerde kullanılan kovaryans matrisleri EK-10'da ve EK-11'de paylaşılmıştır.

Şekil 13: Stres Penceresi Seçimi



Seçilen varsayımsal ve tarihsel senaryolar için portföyün olağan dışı piyasa koşulları altında karşılaşılabileceği kayıplar %90, %95 ve %99 güven düzeyleri için her bir yönteme uygun RMD tahmin metodları ile tahminlenmiştir. Çalışma portföyü varlıkları volatilitelerinin üç (3) ve beş (5) katına çıktığı varsayımsal senaryolar için Hipotetik Kovaryans Matrisi Yönteminde varlık korelasyonlarının sabit kaldığı varsayımı altında oluşturulan hipotetik kovaryans matrisleri ile Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD yöntemlerinden, tarihsel senaryoların kovaryans matrislerinden faydalanılan Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi Yönteminde Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD yöntemlerinden ve Stres Ayarlı Tarihsel RMD Yönteminde yalnızca Tarihsel Simülasyon yönteminden faydalanılarak elde edilen tahminleme bulguları Tablo 21’de paylaşılmıştır.

Tablo 21: Çalışma Portföyü Stres Testi Sonuçları

	Senaryo	Yöntem	Güven Düzeyi		
			%90	%95	%99
Hipotetik Kovaryans Matrisi (Hypotetical Covariance Matrices)	Volatilite*3	Parametrik	-%6,68	-%8,58	-%12,13
		Monte Carlo	-%6,71	-%8,73	-%12,31
	Volatilite*5	Parametrik	-%11,14	-%14,30	-%20,22
		Monte Carlo	-%11,19	-%14,05	-%19,44
Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi Yöntemi (Stressed Covariance Matrices)	Senaryo 1	Parametrik	-%9,12	-%11,70	-%16,55
		Monte Carlo	-%8,98	-%11,64	-%16,96
	Senaryo 2	Parametrik	-%4,72	-%6,06	-%8,57
		Monte Carlo	-%4,78	-%6,12	-%8,58
Stres Ayarlı Tarihsel RMD (Stressed Historical VaR)	Senaryo 1	Tarihsel	-%7,14	-%10,94	-%19,96
	Senaryo 2	Tarihsel	-%3,43	-%5,28	-%9,55

Senaryo 1: Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması

Senaryo 2: 15 Temmuz Darbe Girişimi ve BREXIT Referandumu

Hipotetik Kovaryans Matrisi yönteminde portföy varlıkları volatilitelerinin üç (3) katına çıktığı senaryoda Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD yöntemlerinin sonuçları arasında önemli farklar gözlenmezken, portföy varlıkları volatilitelerinin beş (5) katına yükseldiği senaryoda iki yöntem arasında yaklaşık 1 puanlık fark bulunduğu görülmektedir. %99 güven düzeyi ve on (10) günlük elde tutma süresi varsayımı altında

portföyün karşılaşılabileceği maksimum olası kayıp, portföy varlıkları volatilitelerinin üç katına çıktığı senaryoda Parametrik RMD yönteminde %12,13, Monte Carlo RMD yöntemi ile %12,31 olarak; portföy varlıkları volatilitelerinin beş katına çıktığı senaryoda ise Parametrik RMD yönteminde %20,22, Monte Carlo RMD yönteminde ise %19,44 olarak tahminlenmiştir.

Seçilen tarihsel senaryolarda gerçekleşen piyasa hareketleri incelendiğinde Gezi Olayları ve Tapering Açıklamasını kapsayan senaryoda (Senaryo 1), portföyün büyük ağırlığını oluşturan hisse senedi ve uzun vadeli tahvil faizlerinde 15 Temmuz Darbe Girişimi ve BREXIT Referandumu'nu kapsayan senaryoya (Senaryo 2) göre daha sert kayıplar yaşandığı görülmektedir. Tarihsel senaryolara dayanan Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi ve Stres Ayarlı Tarihsel RMD yöntemlerinde yapılan tahminlemelerde, bu verilere paralel olarak her üç güven düzeyinde de iki tarihsel senaryo arasında portföyün yaşayabileceği olası kayıplar arasında önemli farklar olduğu görülmekte, çalışma portföyünün Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması benzeri bir senaryoda çok daha ciddi kayıplar yaşayabileceği sonucuna ulaşılmaktadır.

Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi yönteminde %99 güven düzeyi ve on (10) günlük elde tutma süresi varsayımı altında çalışma portföyünün yaşayabileceği maksimum olası kayıp Senaryo 1 için Parametrik RMD yöntemi ile %16,5, Monte Carlo RMD yöntemi ile %16,96 olarak tahminlenirken; Senaryo 2 için Parametrik RMD yöntemi ile %8,57, Monte Carlo RMD yöntemi ile %8,58 olarak tahminlenmiştir. Stres Ayarlı Tarihsel RMD yönteminde ise %99 güven düzeyi ve on (10) günlük elde tutma süresi varsayımı altında çalışma portföyünün yaşayabileceği maksimum olası kayıp Senaryo 1 için %19,96 olarak tahminlenirken, Senaryo 2 için %9,55 olarak tahminlenmiştir. %99 güven düzeyi ve on (10) günlük elde tutma süresi varsayımı altında tahminlenen, seçilen stres senaryolarında portföyün karşılaşılabileceği maksimum kayıp tutarları Tablo 22'de sunulmuştur.

Tablo 22: Stres Senaryolarında Tahminlenen Kayıp Tutarları

	Senaryo	Yöntem	Kayıp (%)	Kayıp (TRY)
Hipotetik Kovaryans Matrisi (Hypotetical Covariance Matrices)	Volatilite*3	Parametrik	-%12,13	-5.429.156
		Monte Carlo	-%12,31	-5.509.721
	Volatilite*5	Parametrik	-%20,22	-9.050.085
		Monte Carlo	-%19,44	-8.700.972
Stres Ayarlı Kovaryans Matrisi Yöntemi (Stressed Covariance Matrices)	Senaryo 1	Parametrik	-%16,55	-7.407.463
		Monte Carlo	-%16,96	-7.590.972
	Senaryo 2	Parametrik	-%8,57	-3.835.768
		Monte Carlo	-%8,58	-3.840.244
Stres Ayarlı Tarihsel RMD (Stressed Historical VaR)	Senaryo 1	Tarihsel	-%19,96	-8.933.714
	Senaryo 2	Tarihsel	-%9,55	-4.274.397

Senaryo 1: Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması

Senaryo 2: 15 Temmuz Darbe Girişimi ve BREXIT Referandumu

Çalışma portföyü için farklı yöntemlerle hesaplanan olası kayıp tutarları, Tablo 19’da hesaplanan sermaye yükümlülükleri ile karşılaştırılarak sermayenin olağan dışı piyasa koşullarında dayanıklılığı değerlendirildiğinde;

- Volatilitenin 3 katına çıktığı varsayımsal senaryo ve 15 Temmuz Darbe Girişimi ile BREXIT Referandumunu kapsayan tarihsel senaryo için hesaplanan olası kayıpların tüm içsel modeller kapsamında hesaplanan sermaye yükümlülükleri ile karşılanabildiği,
- Volatilitenin 5 katına çıktığı varsayımsal senaryo ve Gezi Olayları ile Tapering Açıklamalarını kapsayan tarihsel senaryo için hesaplanan olası kayıpların yalnızca atıl sermaye ayrılmasına sebep olabilecek Parametrik ARCH modeli ile hesaplanan sermaye yükümlülüğü tutarları ile karşılanabildiği,
- Kullanımı daha uygun görülen, portföy getirilerindeki değişen varyans ve asimetrik dağılım sorunlarını ele alan diğer modellerle hesaplanan sermaye yükümlülüklerine hisse senedi ve DİBS portföyleri için hesaplanan spesifik risk sermaye yükümlülükleri eklendiğinde volatilitenin 5 katına çıktığı varsayımsal senaryo ve Gezi Olayları ile Tapering Açıklamalarını kapsayan tarihsel senaryo

için hesaplanan olası kayıpların toplam sermaye yükümlülüğü tutarları ile karşılanabildiği,

- Sabit varyans varsayımına dayanan Parametrik ve Monte Carlo RMD yöntemleri ile tahminlenen spesifik risk sermaye yükümlülüğü dahil toplam sermaye yükümlülüklerinin dahi volatilitenin 5 katına çıktığı varsayımsal senaryo ve Gezi Olayları ile Tapering Açıklamalarını kapsayan tarihsel senaryo için hesaplanan olası kayıpları karşılamakta yetersiz kaldığı görülmektedir.

Tüm bu bulgular piyasa riskinin ölçümü ve yönetimi sürecinde, sermayenin etkin yönetilmesinin, verisetinin doğru tanımlanmasından, model seçimi ve olağan dışı piyasa koşulları altında sermayenin dayanıklılığına kadar tüm etkenlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve göz önünde bulundurulması gerektiği görüşünü desteklemektedir.

SONUÇ

Küreselleşme ile birlikte yaşanan finansal piyasalar arası entegrasyon ve teknolojik gelişmelerle birlikte artan işlem hızı ve hacimlerinin, oynaklığın ve dolayısıyla piyasa bazlı risklerin artmasına neden olduğu tecrübe edilmektedir. Bu süreçte finansal piyasalarda artan rekabetle düşen işlem maliyetlerinin, küresel likidite artışının, çeşitlenen finansal enstrüman yelpazesinin ve gelişen teknolojiyle insan faktörünün dahi işlevsiz kaldığı algoritmik alım-satım sistemlerinin de piyasalardaki oynaklık artışını olumsuz yönde etkilediği ve piyasa riskinin kaynaklarının çeşitlendiği görülmektedir. Tüm bu faktörler karşılaşılabilecek risklerin en doğru şekilde tanımlanmasını, ölçülmesini ve sürekli olarak takibini zorunlu kılmaktadır.

Çalışmada karşılaşılabilecek risklerin doğru şekilde tanımlandığı ve takibinin sürekli olarak gerçekleştirildiği varsayımı altında, Basel Sermaye Uzlaşısı birinci yapısal blok dahilinde İçsel Model Yaklaşımı ile yapılacak piyasa riski sermaye yükümlülülüğü hesaplamalarında kullanılacak risk ölçüm modellerinin etkinliği, yine uzlaşıda belirlenen nicel ve nitel standartlar gözetilerek karşılaştırmalı olarak tartışılmıştır. Bu kapsamda, oluşturulan hipotetik banka alım-satım portföyü için piyasa riski, Uzlaşısı'da karşılaşılabilecek tüm riskleri içermesi koşuluyla bankaların kullanımına sunulan Tarihsel RMD, Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD yöntemleri kullanılarak ölçülmüştür.

Oluşturulan hipotetik portföyde karşılaşılabilecek risklerin çeşitlendirilmesi anlamında finansal enstrüman gamının geniş tutulması amaçlanmıştır. Çalışmada, portföyde bulunan varlıkların 02 Ocak 2010 – 28 Aralık 2017 gözlem aralığı ve 02 Ocak 2017 – 29 Aralık 2017 test aralığına ait günlük fiyat ve getiri serilerinden faydalanılmıştır. Fiyat ve getiri serileri öncelikle tanımlayıcı istatistikler yardımıyla detaylı olarak incelenmiştir. Portföy varlıkları getiri serileri standart sapmalarının gözlem ve test aralıklarında yakın seyrettiği, dolayısıyla seçilen test aralığının gözlem aralığı risk düzeyini önemli ölçüde temsil ettiği tespit edilmiştir. Getiri serileri çarpıklık ve basıklık istatistiklerinden yola çıkarak test aralığında portföy varlıkları getirilerinin gözlem aralığına

göre daha asimetrik dağılım sergilediği, ayrıca her iki dönem için leptokurtik dağılımın bir sonucu olarak kalın kuyruk sorununun söz konusu olduğu ortaya koyulmuştur.

Normal dağılım ve sabit varyans varsayımlarına dayanan Parametrik ve Monte Carlo RMD yöntemleri ve Tarihsel RMD yöntemi ile tahminlenen RMD sonuçlarında, portföyün karmaşık türev varlıklar içermemesi dolayısıyla doğrusal getiri yapısına sahip olması nedeniyle önemli farklar görülmemiştir. Ancak Tarihsel RMD ile tahminlenen portföy riskinin diğer iki yönteme kıyasla daha yüksek olması, test dönemindeki kuyruk kayıplarını tahminlemekte normal dağılım varsayımına dayanan Parametrik ve Monte Carlo RMD yöntemlerinin başarısızlığı ile açıklanmaktadır.

Portföy varlıkları getiri serileri için yapılan ARCH-LM testi sonucunda tüm getiri serilerinde ve bunun sonucu olarak portföy getiri serisinde gözlem aralığında değişen varyans sorununun varlığı tespit edilmiş, bu doğrultuda getiri serilerinin otoregresif (AR), hareketli ortalama (MA) ve otoregresif hareketli ortalama (ARMA) durağanlıkları araştırılarak koşullu varyansın modellenmesi yoluyla sonlu bir varyansın tahminlenebileceği gözlenmiştir. ARCH/GARCH uzantısı modelleri ile koşullu varyansın modellenmesi yoluyla, getiri serilerinin karakteristik özelliklerinden olan leptokurtik ve asimetrik dağılım sergileme ve zamana göre değişen varyans sorunları göz önünde bulundurularak piyasa riski sermaye yükümlülüğü ölçümlerinin etkinliğinin artırılması amaçlanmıştır.

ARCH/GARCH uzantısı modeller ile Normal Dağılım, Student-t ve GED dağılımları altında tahminlenen koşullu varyans serilerinin riskin ölçümünde kullanımında uygun dağılımın seçimine model seçim kriterleri doğrultusunda karar verilmiştir. APGARCH modeli hiçbir dağılım altında istatistiki olarak anlamlı sonuç üretmezken, TGARCH modelinin yalnızca Normal dağılım altında anlamlı sonuç ürettiği gözlenmiştir. ARCH, GARCH ve EGARCH modellerinin ise her üç dağılım için istatistiki olarak anlamlı sonuçlar ürettiği gözlenirken, model seçim kriterleri doğrultusunda bu modellerde Student-t dağılımı ile çalışılmasına karar verilmiştir. Ayrıca GARCH modelinin özel bir durumu olan EWMA modeli için 0,94 ve 0,97 sönümlleme katsayıları ile çalışılmıştır.

Parametrik RMD yöntemi ile ARCH/GARCH uzantısı modellerden tahminlenen koşullu varyans serileri kullanılarak yapılan risk ölçümlerinde, en yüksek portföy riskinin normal dağılım varsayımına dayanan ve asimetrik etkileri gözönünde bulundurmeyen ARCH modeli ile ölçüldüğü, buna karşın en düşük portföy riskinin asimetrik etkileri gözönünde bulunduran EGARCH ve TGARCH modelleri ile tahminlendiği gözlenmiştir. Sonuçlar çalışma öncesinde tanımlayıcı istatistikler yardımıyla test aralığında tespit edilen asimetrik dağılım bulgusunu desteklemektedir.

Uzlaşma kapsamında yapılan piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğü hesaplamalarında ise ARCH/GARCH uzantısı modeller arasında en düşük RMD'nin EGARCH ve TGARCH modelleri ile tahminlenmesine karşın en düşük piyasa riski sermaye yükümlülüğünün GARCH Student-t modeli ile hesaplandığı görülmüştür. Bu durumun son 60 gün içerisinde artan volatilitede asimetrik etkileri GARCH modelinin göz ardı etmesiyle daha düşük volatilité hesaplanması sonucu ortaya çıktığı söylenebilir.

Uzlaşma'da nitel standartlarda model başarısının ölçülmesi açısından öngörülen geriye dönük testin uygulanabilmesi açısından her bir model için kayan pencereler (rolling windows) yöntemi ile geriye dönük bir (1) yıla ait günlük RMD ölçümleri test aralığı olarak seçilen 02 Ocak 2017 – 29 Aralık 2017 dönemi için yapılmıştır. Geriye dönük testler yardımıyla portföy riskinin ölçümünde faydalanan farklı RMD ölçüm yöntemleri ve koşullu varyans modellerinin, gerçekleşen getirilerden hareketle tahminleme başarısı aşım sayıları yöntemi ile kıyaslanırken modellerin ölçüm etkinliği Ortalama Mutlak Hata (MAE) ve Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü (RMSE) istatistikleri ile karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir.

Geriye dönük test bulguları sonucunda aşım sayıları yöntemine göre en başarısız ölçümlerin normal dağılım ve sabit varyans varsayımına dayanan Parametrik RMD ve Monte Carlo RMD modelleri ile gerçekleştirildiği görülmüştür. ARCH/GARCH uzantısı modeller yardımıyla tahminlenen koşullu varyans serileri kullanılarak Parametrik RMD yöntemi ile yapılan portföy riski ölçümlerinin ise en başarılı sonuçları ürettiği tespit edilmiştir. Yalnızca aşım sayıları yöntemi ile yapılacak model seçiminin sakıncası ise,

Parametrik ARCH modelinin aşım sayıları yöntemi sonucunda en başarılı model iken, MAE ve RMSE istatistikleri incelendiğinde ölçüm etkinliği açısından en etkinsiz model olarak tespit edilmesi ile ortaya konmuştur. Tüm geriye dönük test bulguları incelendiğinde yine portföy getirilerinde karşılaşılan asimetrik dağılım ve şişman kuyruk özelliklerini ele alan modellerin en başarılı ve en etkin ölçüm sonuçlarını ürettikleri tespit edilmiştir.

Çalışmada farklı modellerle hesaplanan sermaye yükümlülüğü tutarlarının karşılaşılabilecek olağan dışı piyasa koşullarında dayanıklılığı Hipotetik Kovaryans Matrisi, Strese Tabi Kovaryans Matrisi ve Strese Tabi Tarihsel RMD yöntemleri ile hesaplanan olası kayıplarla test edilmiştir. Stres testi sonuçlarında dikkat çeken bulgu, Uzlaşım'da faiz riski içeren yatırımlar ve hisse senedi yatırımları için öngörülen spesifik risk tutarlarının önemi olmuştur. Öyleki, risk ölçüm modelleri ile hesaplanan piyasa riski sermaye yükümlülüklerinin yalnız başlarına, seçilen kimi stres senaryolarında karşılaşılan kayıpları karşılamakta yetersiz kaldığı, buna karşın spesifik risk tutarları dahil piyasa riski sermaye yükümlülüklerinin senaryo kayıplarını karşılamada başarılı olduğu tespit edilmiştir. Stres testi analizlerinde, yine normal dağılım ve sabit varyans varsayımına dayanan modeller ile hesaplanan sermaye yükümlülüklerinin ise spesifik risk yükümlülükleri de dahil olmak üzere senaryo kayıpları karşısında başarısız sonuçlar ürettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Çalışmada elde edilen tüm bu bulgular, piyasa riskinin ölçümünde faydalanılan zaman serilerinin karakteristik özelliklerinin iyi tanınmasından başlayarak, içsel model kullanan bankalar için portföy getiri yapısına uygun RMD yönteminin seçimine, seçilen yöntemin getiri serilerinde karşılaşılan temel sorunları göz önünde bulundurmasından karşılaşılabilecek tüm riskleri içermesine kadar birçok faktörün piyasa riskine esas sermaye yükümlülüğünün hesaplanmasında önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Ancak tüm bunlar dikkate alınarak yapılacak doğru yöntem ve model seçimleri ile risk yönetiminin yalnızca karşılaşılabilecek kayıpları gözetken korumacı yönünden sıyrılarak, aktif risk yönetimi sayesinde sermayenin etkin yönetimini ve potansiyel getirilerin kaçırılmamasını sağlayabileceği söylenebilecektir.

KAYNAKÇA

Adamko, Peter, Erika Spuchlakova ve Katarina Valaskova. "The History and Ideas Behind VaR", **Procedia Economics and Finance**, Cilt: 24, 2015, ss. 18-24

Akan, N. Burak, Laçiner Arif Oktay ve Yasemin Tüzün. "Parametrik Riske Maruz Değer Yöntemi Türkiye Uygulaması", **Bankacılar Dergisi**, Sayı: 45, 2003, ss. 29-39.

Akan, N. Burak. "Piyasa Riski Ölçümü", **Bankacılar Dergisi**, Sayı: 61, 2007, ss. 59-74

Akın, Yasemin Koldere ve Umut Akduğan. "Finansal Piyasalarda Risklerin Belirlenmesinde Riske Maruz Değer Yöntemine İlişkin Bir Uygulama", **Trakya Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi**, Cilt: 14, Sayı: 1, 2012, ss. 225-236

Aktaş, Melek. **Ticari Bankalarda Kredi Risk Yönetimi ve Basel II Kriterlerinin Etkileri**, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010.

Alexander, Carol ve Dan Ledermann. "ROM Simulation: Applications to Stress Testing and VaR", **SSRN Electronic Journal**, 2012.

Alexander, Carol ve Elizabeth Sheedy. "Developing a Stress Testing Framework Based on Market Risk Models", **Journal of Banking & Finance**, Cilt: 32, Sayı: 10, 2008, ss. 2220-2236

Alexander, Carol. **Market Risk Analysis Vol I - Quantitative Methods in Finance**, John Wiley & Sons Ltd, İngiltere, 2008.

Alexander, Carol. **Market Risk Analysis Vol IV - Value at Risk Models**, John Wiley & Sons Ltd, İngiltere, 2008.

Andersen, Torben G, Tim Bollerslev, Peter F. Christoffersen ve Francis X Diebold. "Financial Risk Measurement For Financial Risk Management", **National Bureau of Economic Research Working Paper Series**, Sayı: 18084, 2012.

Balthazar, Laurent. **From Basel 1 to Basel 3 : The Integration of State of the Art Risk Modeling in Banking Regulation**, Palgrave Macmillan Ltd, New York, ABD, 2006.

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**10 Soruda Yeni Basel Sermaye Uzlaşısı (Basel-II)**", Ocak 2005, https://eskisite.bddk.org.tr/WebSitesi/turkce/Basel/125010_Soruda_Basel-II.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik**", 23.10.2015, www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/10/20151023-9.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Basel-2 İkinci Sayısal Etki Çalışması (QIS-TR2) Değerlendirme Raporu**", 25.07.2007, http://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_basel_0001_30.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Basel-2 Sayısal Etki Çalışması (QIS-TR2) Değerlendirme Raporu**", Aralık 2004, http://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_basel_0001_37.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Piyasa Riski Ölçümleme Yöntemlerine İlişkin Analiz**", Nisan 2010, http://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_basel_0001_40.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Sermaye Ölçümü ve Sermaye Standartlarının Uluslararası Düzeyde Uyumlaştırılması Gözden Geçirilmiş Çerçeve Kapsamlı Versiyon**", (Türkçe Çeviri), Haziran 2007, https://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_basel_0001_09.pdf, (22.01.2019)

Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu, "**Sorularla Basel 2.5**", Nisan 2012, http://www.bddk.org.tr/ContentBddk/dokuman/duyuru_basel_0001_39.pdf, (22.01.2019)

Basle Committee on Banking Supervision, "**Amendment To The Capital Accord To Incorporate Market Risks**", 04.01.1996, <https://www.bis.org/publ/bcbs24.htm>, (22.02.2019)

Basle Committee on Banking Supervision, "**Frequently Asked Questions on Market Risk Capital Requirements**", 22.03.2018, <https://www.bis.org/bcbs/publ/d437.htm>, (22.02.2019)

Basle Committee on Banking Supervision, "**International Convergence Of Capital Measurement And Capital Standards**", 15.07.1988, <https://www.bis.org/publ/bcbs04a.htm>, (22.02.2019)

Basle Committee on Banking Supervision, "**Report on the supervision of banks' foreign establishments - Concordat**", 28.09.1975, <https://www.bis.org/publ/bcbs00a.htm>, (22.02.2019)

Basle Committee on Banking Supervision, "**Supervisory Framework For The Use Of "Backtesting" In Conjunction With The Internal Models Approach To Market Risk Capital Requirements**", 04.01.1996, <https://www.bis.org/publ/bcbs22.htm>, (22.01.2019)

Berkowitz, Jeremy ve James O'Brien. "How Accurate are Value-at-Risk Models at Commercial Banks?", **FEDS Working Paper (Araştırma Çalışması)**, Sayı: 2001-31.

Bessis, Joel. **Risk management in Banking**, John Wiley & Sons Ltd, İngiltere, 2002.

Bollerslev, Tim. "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity", **Journal of Econometrics**, Cilt: 31, Sayı: 3, 1986, ss. 307-327

Bostancı, Ahmet. **Bankalarda Piyasa Riskinin Öngörülmesi: Sermaye Yeterliliği Açısından Riske Maruz Değer Yöntemlerinin Karşılaştırılması**, (Doktora Tezi), Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Zonguldak, 2011.

Bozkaya, Muhammed. **Comparison of Value at Risk Models and Forecasting Realized Volatility by Using Intraday Data An Empirical Study on American Stock Exchanges**, Master Thesis (Yükseklisans Tezi), Neoma Business School, 2013.

Candan, Hasan ve Alper Özen. **Bankalarda Risk Yönetimi ve Basel II**, Türkiye İş Bankası Kültür Yayınları, 3. Basım, İstanbul, 2014.

Casarin, Roberto, Chia-Lin Chang, Juan-Angel Jimenez-Martin, Michael McAleer ve Teodosio Pérez-Amaral. "Risk management of risk under the Basel Accord: A Bayesian approach to forecasting Value-at-Risk of VIX futures", **Managerial Finance**, Cilt: 37, Sayı: 11, 2011, ss. 1088-1106.

Cassidy, Colleen ve Marianne Gizycki. "**Measuring Traded Market Risk: Value-at-Risk and Backtesting Techniques**", Research Discussion Paper (Araştırma Çalışması), Reserve Bank of Australia, 1997.

Çatalca, Hasan, Bora Aktan ve Halit Soydan. **Ticari Bankalarda Piyasa Riski Yönetimi Basel Sermaye Uzlaşısı Kapsamında Riske Maruz Değer Yaklaşımı**, Siyasal Kitabevi, Ankara, 2008

Cengiz, Çetin. **Türkiye'de Bankacılık Sektörünün Sermaye Kaynak Yapısı ve Risk Yönetimi Anlayışındaki Değişim**, (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Çanakkale, 2010.

Christoffersen, Peter F. **Elements of Financial Risk Management**, Elsevier, ABD, 2012.

CIMA Publishing. **CIMA Official Terminology 2005 Edition**, Elsevier, ABD, 2005.

Crouhy, Michel, Dan Galai ve Robert Mark. **The Essentials of Risk Management**, The McGraw-Hill, ABD, 2006.

Danielsson, Jón ve Jean-Pierre Zigrand. "On Time Scaling of Risk and The Square Root of Time Rule", **Journal of Banking & Finance**, Cilt: 30, Sayı: 10, 2006, ss. 2701-2713

Danielsson, Jon, Bjørn N. Jorgensen, Gennady Samorodnitsky, Mandira Sarma ve Casper G. de Vries. "Subadditivity Re-Examined: the Case for Value-at-Risk", London School of Economics and Political Science, LSE Library, Research Paper (Araştırma Çalışması), 2005.

Danielsson, Jon. **Financial Risk Forecasting**, John Wiley & Sons Ltd, Birleşik Krallık, 2011.

Ding, Zhuanxin, Clive W.J. Granger ve Robert F. Engle, "A Long Memory Property of Stock Market Returns and a New Model", **Journal of Empirical Finance**, Cilt: 1, Sayı: 1, 1993, ss. 83-106.

Domínguez, José Manuel Fera ve María Dolores Oliver Alfonso. "Applying Stress-Testing On Value at Risk (VaR) Methodologies", **Investment Management and Financial Innovations**, Cilt: 1, Sayı: 4 , 2004, ss. 62-73

Dowd, Kevin. **Measuring Market Risk**, John Wiley & Sons Ltd, İngiltere, 2002.

Duffie, Darrell ve Jun Pan, "An Overview of Value at Risk", **The Journal of Derivatives**, Cilt: 4, Sayı: 3, 1997, ss. 7-49.

Engel, James ve Marianne Gizaçki. "Conservatism, Accuracy and Efficiency: Comparing Value-at-Risk Models", Working Paper (Araştırma Çalışması), 1999.

Engle, Robert F. "Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation", **Econometrica**, Vilt: 50, Sayı: 4, 1982, ss. 987-1007.

Er, Güzin. **Risk Yönetimi ve Piyasa Riski Üzerine Bir Uygulama**, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 2007.

Erdal, Özkan. **Bankalarda Piyasa Riski Yönetimi ve İçsel Model Uygulamaları**, (Yükseklisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2010.

Ergül, Kerem. **Bankaların Maruz Kaldıkları Piyasa Riskinin RMD Modelleri ile Ölçülmesi**, (Yükseklisans Tezi), İstanbul Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008.

Fernandez, Carmen ve Mark F. J. Steel. "On Bayesian Modeling of Fat Tails and Skewness", **Journal of the American Statistical Association**, Cilt: 93, Sayı: 441, 1998, ss. 359-371.

Francq, Christian ve Jean-Michel Zakoian. **GARCH Models : Structure, Statistical Inference, and Financial Applications**, John Wiley & Sons Ltd, Birleşik Krallık, 2010.

Glasserman, Paul & Heidelberger, Philip & Shahabuddin, Perwez. **"Efficient Monte Carlo Methods for Value-at-Risk"**, 2000.

Gökçe, Atilla. **Zaman Serilerinde Koşullu Değişen Varyanslılık Yapısı: ARCH Modelleri -Döviz ve Sermaye Piyasalarına Bir Uygulama-**, (Doktora Tezi), Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 1998.

Gregoriou, Greg N. **The VaR Implementation Handbook**, The McGraw-Hill, ABD, 2009.

Group of Thirty Global Derivatives Study Group. **Derivatives: Practice and Principles**, 1993.

Holton, Glyn A. **"History of Value-at-Risk: 1922-1998"**, Working Paper (Araştırma Çalışması), 2002.

Holton, Glyn. **"Value-at-Risk Theory and Practice"**, 2014, <https://www.value-at-risk.net>, (22.02.2019)

Horcher, Karen A. **Essentials of Financial Risk Management**, John Wiley & Sons Ltd, New Jersey, ABD, 2005.

Jorion, Philippe. **Financial Risk Manager Handbook - 5th Edition**, John Wiley & Sons Ltd, New Jersey, ABD, 2009.

Kaptan, Deniz Sarp. **Bankacılık Sektöründe Kredi Risk Yönetimi**, (Yüksek Lisans Tezi), Beykent Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2015.

Knight, John ve Stephen Satchell. **Forecasting Volatility in the Financial Markets**, Elsevier, ABD, 2007.

Kravets, Iryna. **Value At Risk For Capital Reserve Requirement Regulation In Ukrainian Banks**, Master's Thesis (Yükseklisans Tezi), National University, 2006.

Külahi, Ezgi Aslan, Göksel Tiryaki ve Ahmet Yılmaz. "Türkiye’de Basel I, II ve III Kurallarına Uyum Süreci", **Öneri Dergisi**, Cilt: 10, Sayı: 40, 2013, ss. 185-200.

Laubsch, Alan J. **Risk Management: A Practical Guide**, Riskmetrics Group, 1999.

Li, Yanshuang. **Evaluation of VaR Calculation Methods In Chinese Stock Market**, Master’s Thesis (Yükseklisans Tezi), University of Vaasa, 2008.

Longerstaey, Jacques ve Martin Spencer. **RiskMetrics—Technical Document**, Morgan Guaranty Trust Company of New York, 1996.

Mager, Johanna. **Value-At-Risk Estimation in the Basel III Framework**, Bachelor's Thesis (Yüksek Lisans Tezi), Technische Universität München, 2012.

Malz, Allan M. **Financial Risk Management: Models, History, and Institution : Models, History, and Institution**, John Wiley & Sons Ltd, New Jersey, ABD, 2011.

McKenzie, Michael ve Heather Mitchell. "Generalized Asymmetric Power ARCH Modelling of Exchange Rate Volatility", **Applied Financial Economics**, Cilt:12, Sayı: 8, 2002, ss. 555-564.

Miletic, Mirjana ve Sinisa Miletic. "Performance of Value at Risk models in the midst of the global financial crisis in selected CEE emerging capital markets", **Economic Research-Ekonomska Istraživanja**, Cilt: 28, Sayı: 1, ss. 132-166, 2015.

Mina, Jorge ve Jerry Yi Xiao. **Return to RiskMetrics: The Evolution of a Standard**, 2001.

Murphy, David. **Understanding Risk The Theory and Practice of Financial Risk Management**, Chapman & Hall/CRC, ABD, 2008.

Nelson, Daniel B. "Conditional Heteroskedasticity in Asset Returns: A New Approach", **Econometrica**, Cilt: 59, Sayı: 2, 1991, ss. 347-370.

Nieppola, Olli. **Backtesting Value at Risk Models**, Master's Thesis (Yükseklisans Tezi), Helsinki School of Economics, 2009.

Qi, Houduo ve Defeng Sun. "Correlation Stress Testing for Value-at-Risk: An Unconstrained Convex Optimization Approach", **Computational Optimization and Applications**, Cilt: 45, Sayı: 2, 2010, ss. 427-462

Raaji, Gabriela de ve Burkhard Raunig. "A Comparison of Value at Risk Approaches and Their Implications for Regulators", **Focus on Austria**, Sayı: 4, 1998, ss. 57-71.

Ragnarsson, Fannar Jens. **Comparison of Value-at-Risk Estimates from GARCH Models**, Master's Thesis (Yükseklisans Tezi), Copenhagen Business School, 2011.

Rice, John A. **Mathematical Statistics and Data Analysis**, Thomson Brooks/Cole, ABD, 2007.

Şahin, Serhat. **Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Türk Bankacılık Sisteminin Risk Yönetimi Açısından Değerlendirilmesi**, (Yüksek Lisans Tezi), Marmara Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 2008.

Sarı, Sultan. **Ticari Bankalarda Risk Yönetimi ve Sermaye Yeterliliği**, (Yüksek Lisans Tezi), Gazi Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Ankara, 2004.

Shakdwipee, Pushpkant ve Masuma Mehta. "From Basel I to Basel II to Basel III", **International Journal of New Technology and Research (IJNTR)**, Cilt: 3, Sayı: 1, 2017, ss. 66-70.

Simons, Katerina, "Value at Risk- New Approaches to Risk Managment", **New England Economic Review**, 1996/11, ss.3-13, 1996.

Songül, Hüseyin. **Otoregresif Koşullu Değişen Varyans Modelleri: Döviz Kurları Üzerine Uygulama**, (Uzmanlık Yeterlilik Tezi), Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası, Ankara, 2010.

Takan, Mehmet ve Melek Acar Boyacıoğlu. **Bankacılık Teori, Uygulama ve Yöntem**, Nobel Yayın, 3. Basım, Ankara, 2011.

TEKER, Suat ve Barış AKÇAY. "Value-at-Risk (VaR) Computations Under Various VaR Models and Stress Testing", **Journal of Transnational Management Development**, Cilt: 9, Sayı: 2, 2004, ss. 47-67

Ural, Mert ve Erhan Demireli. "APGARCH Modeling of CDS Returns", **The International Journal of Economic and Social Research**, Cilt:11, Sayı:2, 2015, ss. 171-182.

Ural, Mert. "Generalized Asymmetric Power ARCH Modeling of National Stock Market Returns", **The Journal of Social Economic Research**, Cilt:9, Sayı:18, 2009, ss. 575-590.

Ural, Mert. **Yatırım Fonlarının Performans ve Risk Analizi**, Detay Yayıncılık, 1. Baskı, Ankara, 2010.

Uysal, H. Özge. **Piyasa Riskinin Tespitinde Kullanılan Riskteki Değer (Value At Risk) Yöntemi**, (Yeterlik Etüdü), Sermaye Piyasası Kurulu, Ankara, 1999.

Vatan, Hasan Emre. **Basel Yaklaşımları Sonrası Risk Yönetimi ve Banka Risklerinin Hesaplanması**, (Yüksek Lisans Tezi), İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2008.

Villar, Jose Rodriguez. **Volatility Models with Leverage Effect**, Doctoral Thesis (Doktora Tezi), Universidad Carlos III de Madrid, Getafe, 2010.

Working Group of the Euro-Currency Standing Committee of the Central Banks of the Group of Ten Countries, **"A Discussion Paper on Public Disclosure of Market and Credit Risks by Financial Intermediaries"**, 01.09.1994, <https://www.bis.org/publ/ecsc03.htm>, (22.02.2019)

Wu, Jing. **"Threshold GARCH Model: Theory and Application"**, Resarch Paper (Araştırma Çalışması), 2011.

Yayla, Münir ve Yasemin Türker KAYA. **"Basel -II, Ekonomik Yansımaları ve Geçiş Süreci"**, ARD Çalışma Raporları, Sayı:2005/3, 2005.



EKLER

EK - 1: Çalışma Portföyü

Portföy	Menkul Kodu	Short/Long	Fiyat	Nominal	Para Birimi	Kur	Büyüklik (TRY)	Portföy Ağırlığı	Uzlaşma Kuru	İtfa Tarihi
+ Hisse Senedi										
	GARAN	Long	10.28	337,012	TRY		3,463,283.92	7.74%		
	AKBNK	Long	9.44	356,048	TRY		3,362,448.61	7.51%		
	HALKB	Long	10.52	146,008	TRY		1,535,449.53	3.43%		
	ISCTR	Long	6.68	231,787	TRY		1,548,267.58	3.46%		
	KCHOL	Long	18.09	81,334	TRY		1,471,267.74	3.29%		
	TUPRS	Long	107.85	19,106	TRY		2,060,592.74	4.60%		
	TCELL	Long	14.71	125,051	TRY		1,839,267.78	4.11%		
	BIMAS	Long	76.04	29,680	TRY		2,256,891.99	5.04%		
	THYAO	Long	15.69	78,412	TRY		1,230,288.44	2.75%		
	EREGL	Long	9.34	131,938	TRY		1,232,241.66	2.75%		
+ SGMK										
	TAHVIL_P	Long	79.99	30,000,000	TRY		23,998,031	53.62%		24/07/2024
+ Döviz										
	USD_S	Long	3.7787	500,000	USD	3.7787	1,889,350	4.22%		
	EUR_S	Long	4.5237	500,000	EUR	4.5237	2,261,850	5.05%		
+ FX Türev										
	USD_FWD	Short	3.8216	-500,000	USD	3.8216	-1,910,785	-4.27%	3.7500	31/01/2018
	EUR_FWD	Short	4.5853	-500,000	EUR	4.5853	-2,292,657	-5.12%	4.8000	31/01/2018
+ Kıymetli Maden & Emtia										
	XAUUSD	Long	1302.80	100	USD	3.7787	492,289.04	1.10%		
	XAGUSD	Long	16.94	5,000	USD	3.7787	320,008.66	0.71%		
Toplam							44,758,086.94			

EK - 2: Hisse Senedi Portföyü Seçimi

BIST 30 Endeksi Sektörel Ağırlıkları

Sektör	XU030 Ağırlık (%)	Hisse 1	Hisse 2	Hisse 3	Hisse 4	Hisse Sayısı
BANKACILIK	36.40	GARAN	AKBNK	HALKB	ISCTR	4
HOLDİNG	11.18	KCHOL				1
PETROL VE PETROL ÜRÜNLERİ	8.17	TUPRS				1
İLETİŞİM	7.99	TCELL				1
PERAKENDE	7.40	BIMAS				1
HAVA YOLLARI VE HİZMETLERİ	6.62	THYAO				1
DEMİR, ÇELİK TEMEL	4.64	EREGL				1
OTOMOTİV	4.27	-				0
GAYRİMENKUL YATIRIM ORT.	3.98	-				0
BİRACILIK VE MEŞRUBAT	1.87	-				0
DAYANIKLI TÜKETİM	1.87	-				0
GIDA	1.86	-				0
İNŞAAT, TAAHHÜT	1.72	-				0
CAM	1.63	-				0
MADENCİLİK	0.43	-				0
Toplam	100.00					10

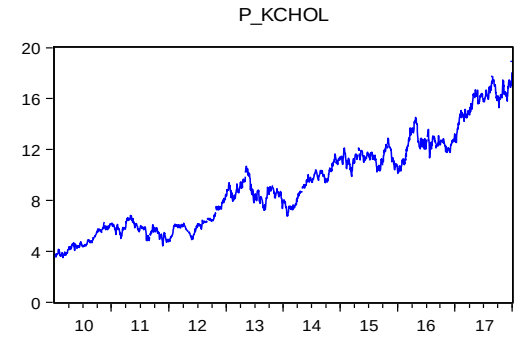
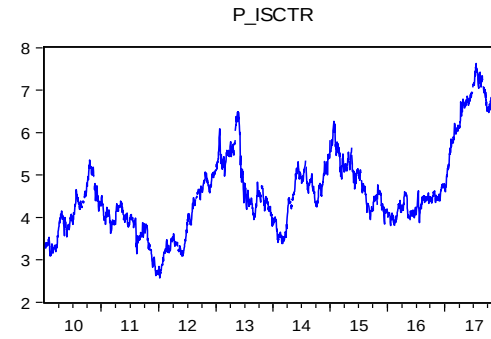
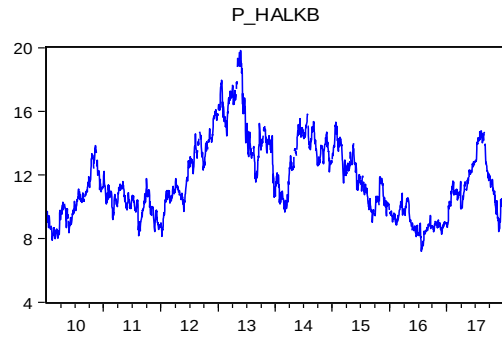
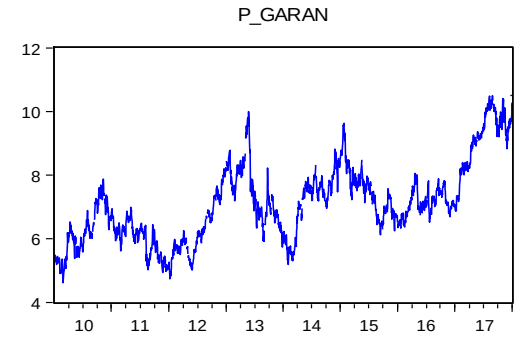
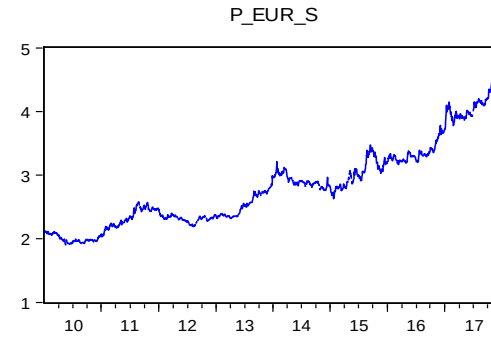
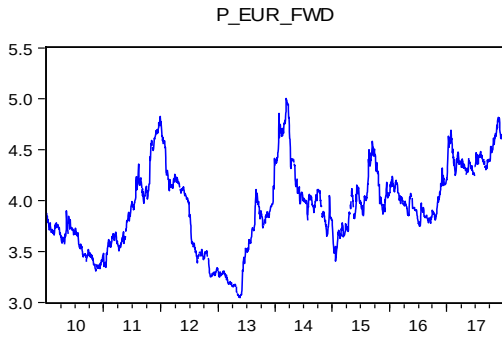
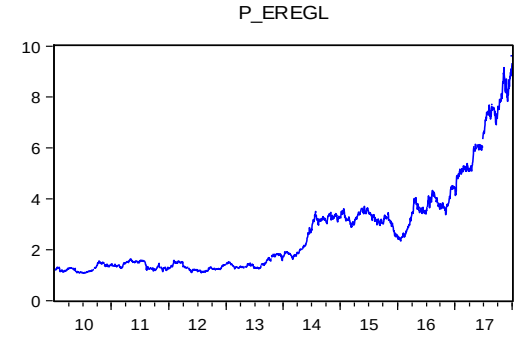
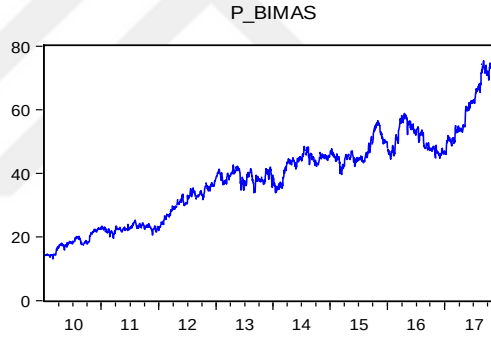
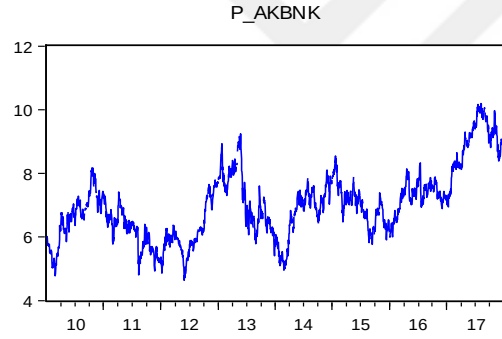
Seçilen Hisse BIST 30 Endeks Ağırlıkları

Hisse	XU030 Ağırlığı (%)	Düzeltilmiş Ağırlıklar (%)	Büyüklik (%)
GARAN	11.35	17.32	3,463,284
AKBNK	11.02	16.81	3,362,449
HALKB	5.03	7.68	1,535,450
ISCTR	5.07	7.74	1,548,268
KCHOL	4.82	7.36	1,471,268
TUPRS	6.75	10.30	2,060,593
TCELL	6.03	9.20	1,839,268
BIMAS	7.40	11.28	2,256,892
THYAO	4.03	6.15	1,230,288
EREGL	4.04	6.16	1,232,242
Toplam	65.53	100.00	20,000,000

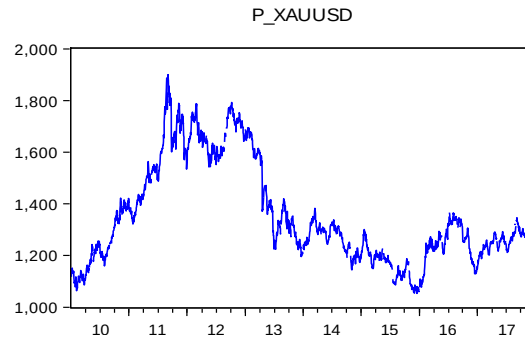
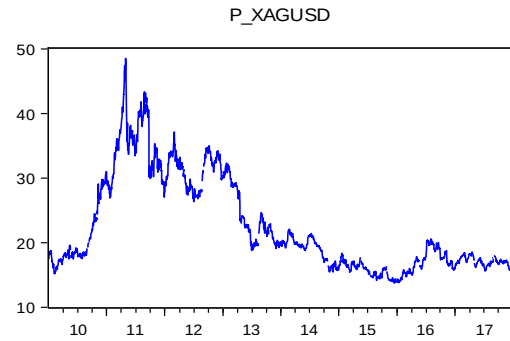
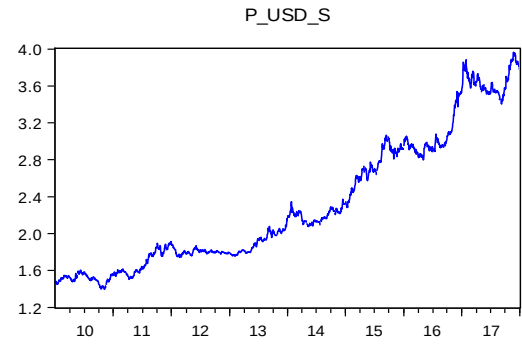
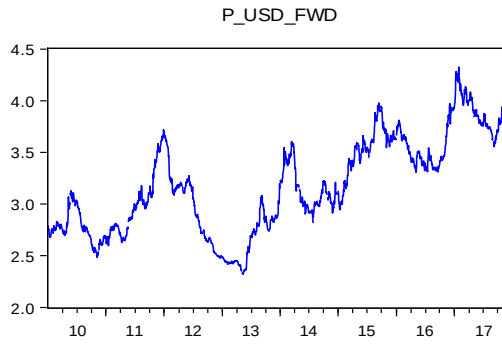
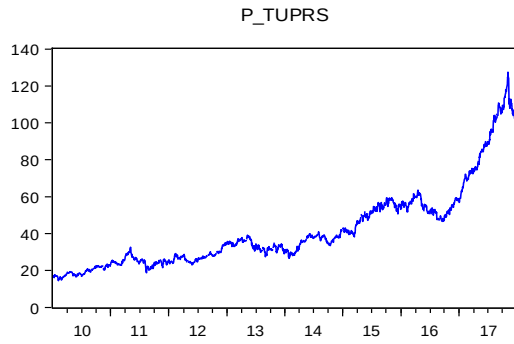
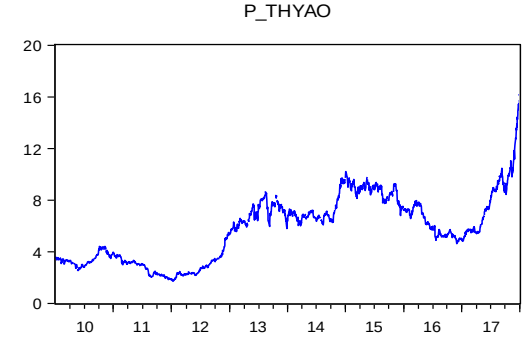
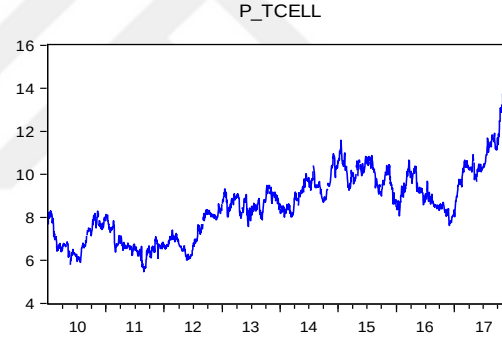
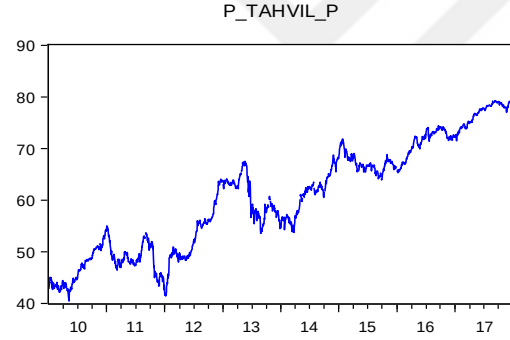
* XU030 endeksi içerisinde, endeksin toplamda %82.39'unu temsil eden sektörlerden 10 adet hisse seçilmiştir.

** Toplam 20mln TL'lik büyüklik, seçilen hisse senetleri arasında düzeltilmiş ağırlıklarına göre dağıtılmıştır.

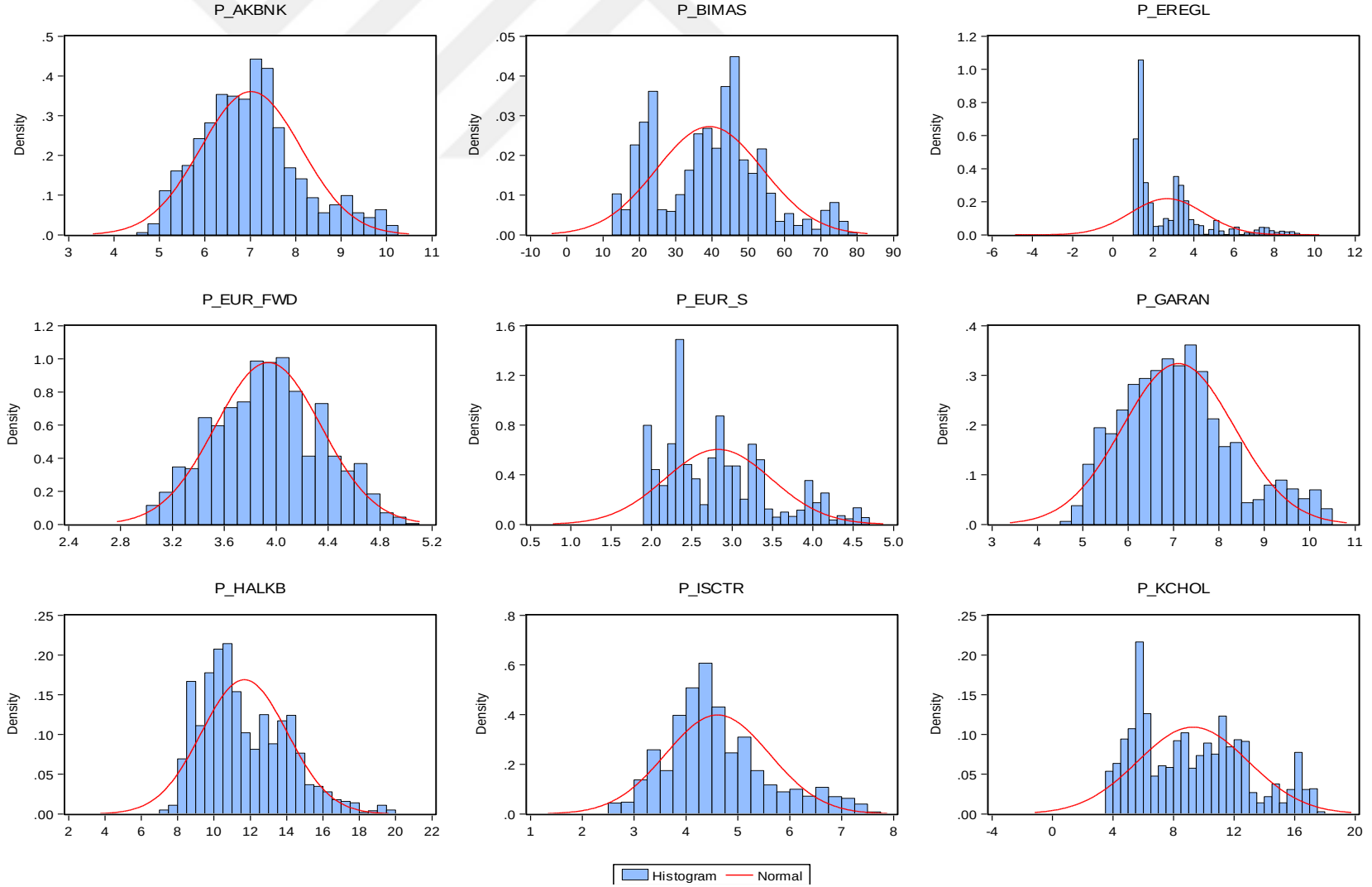
EK - 3: Çalışma Gözlem Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları



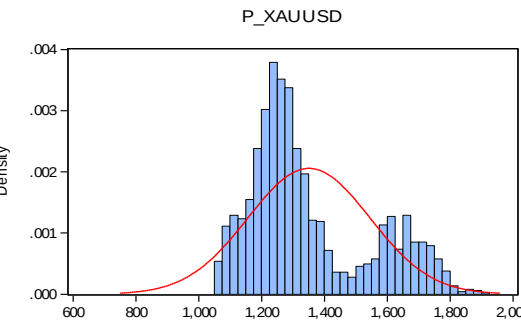
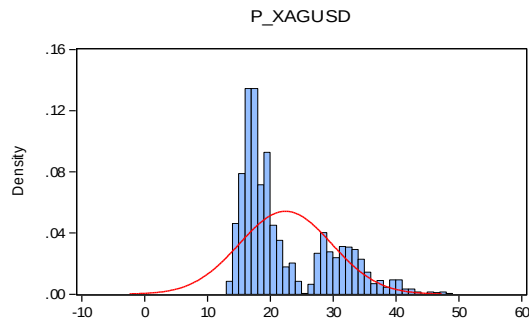
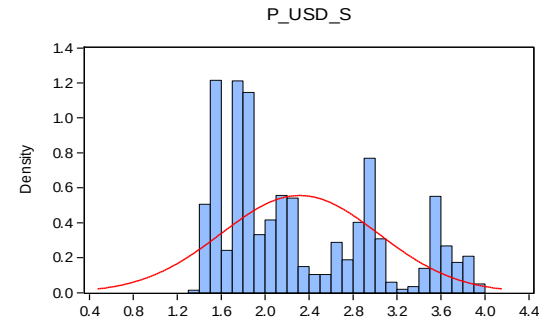
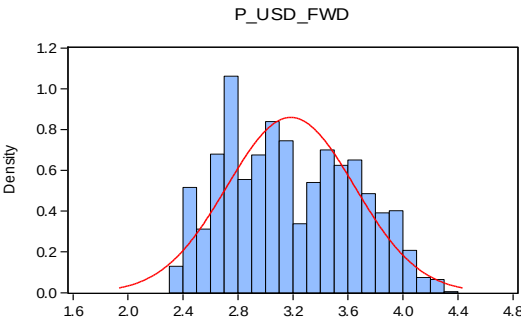
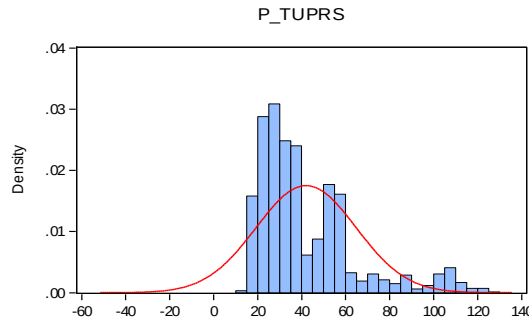
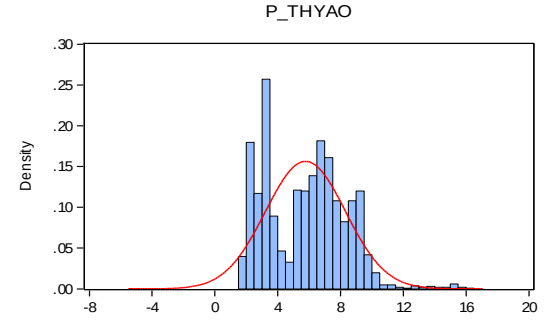
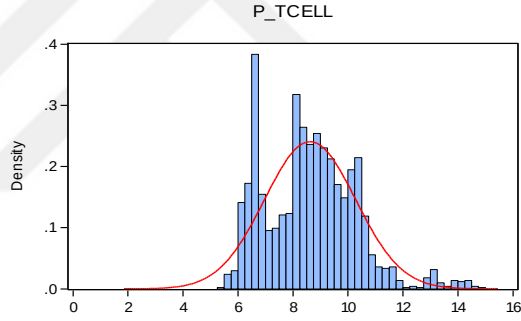
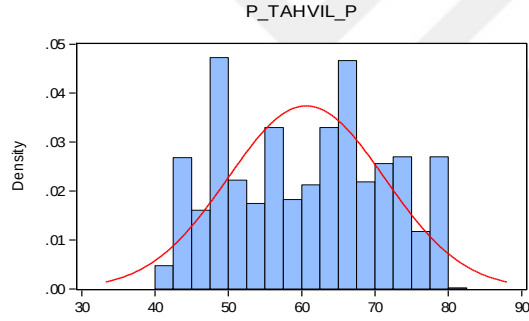
EK – 3 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları



EK – 3 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları

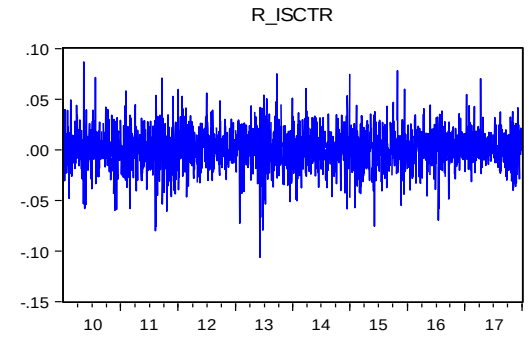
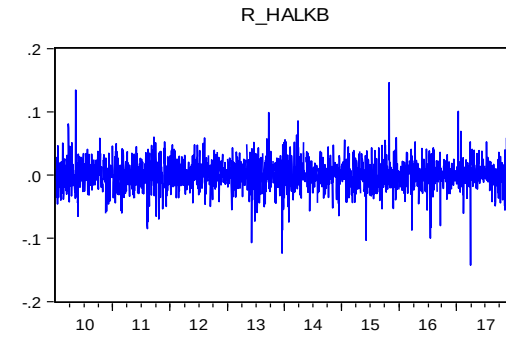
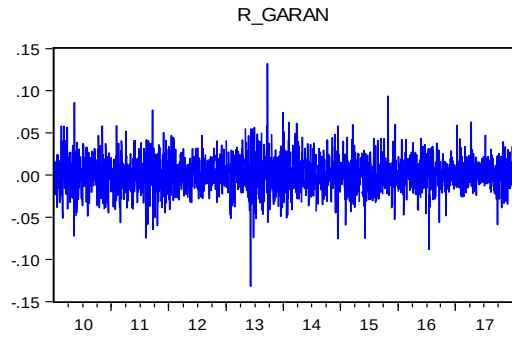
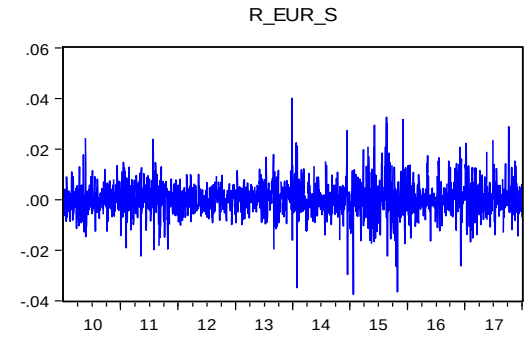
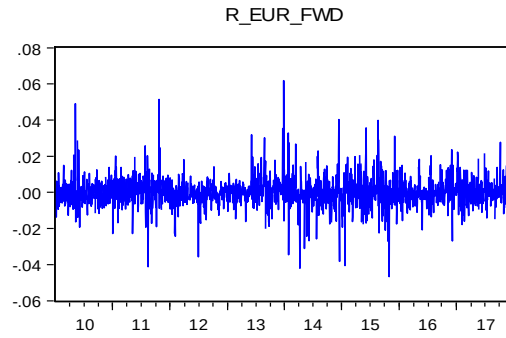
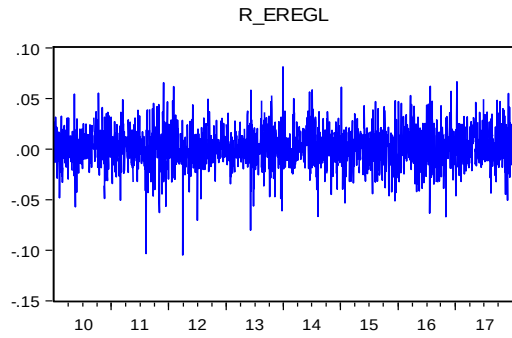
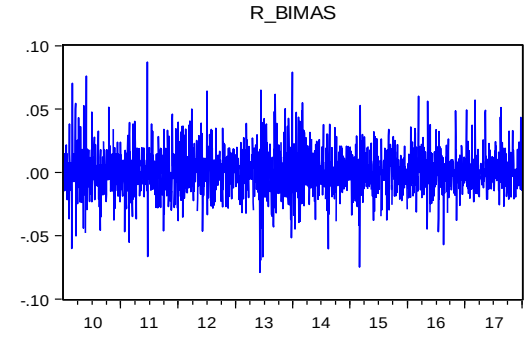
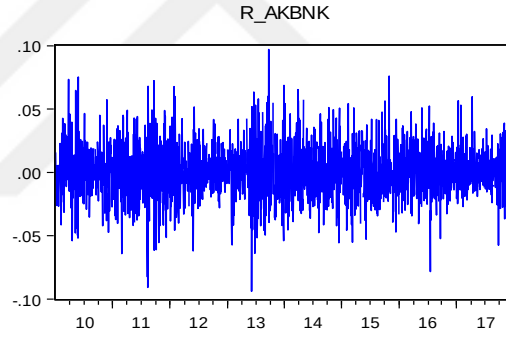
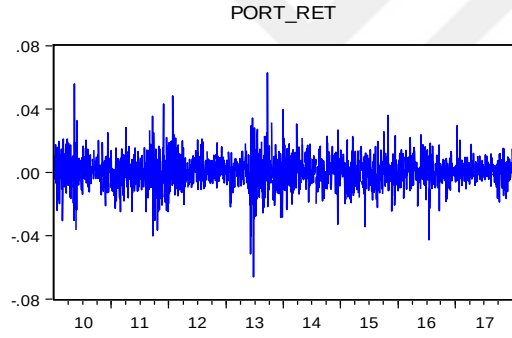


EK – 3 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları

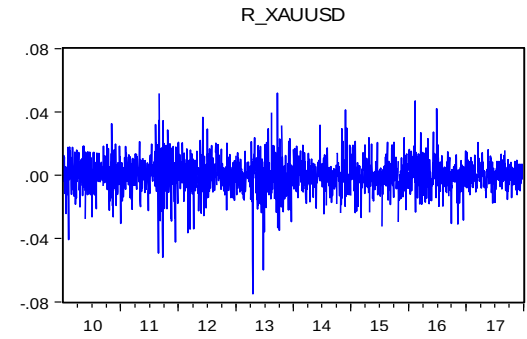
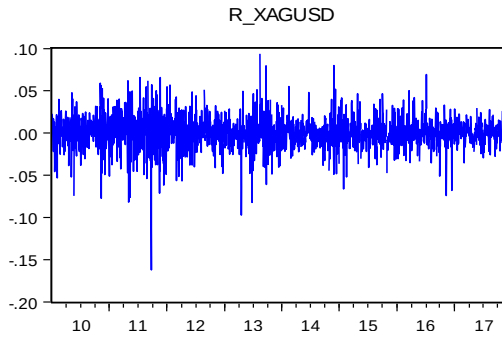
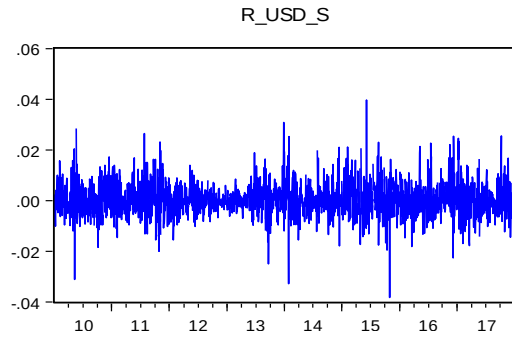
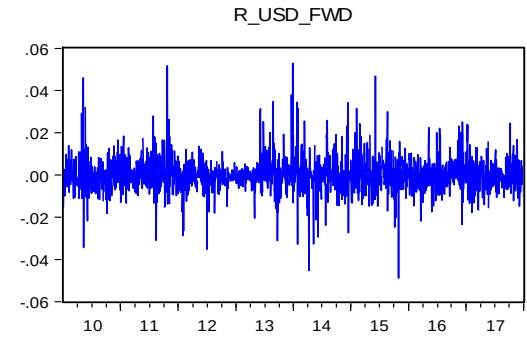
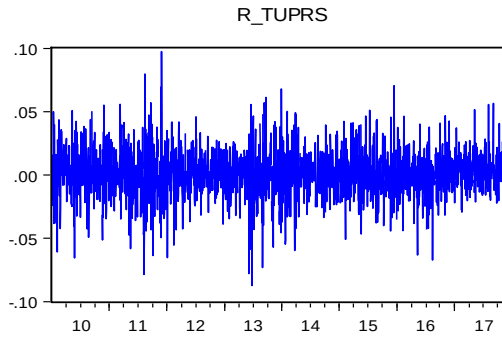
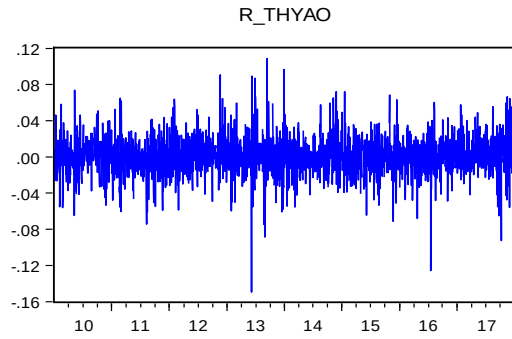
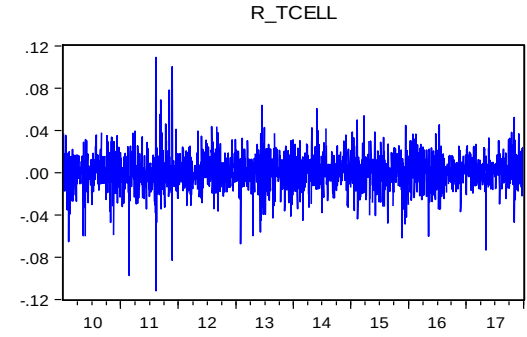
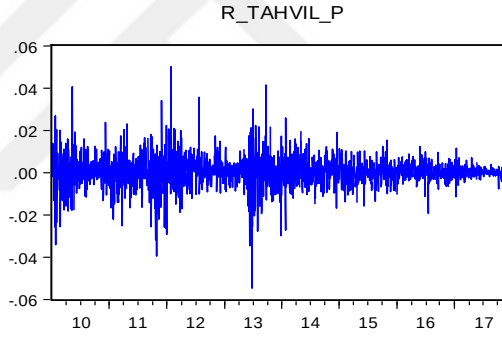
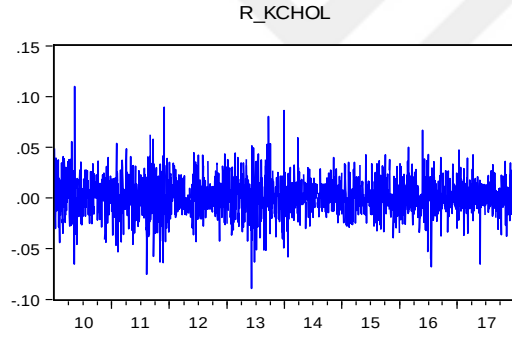


Histogram Normal

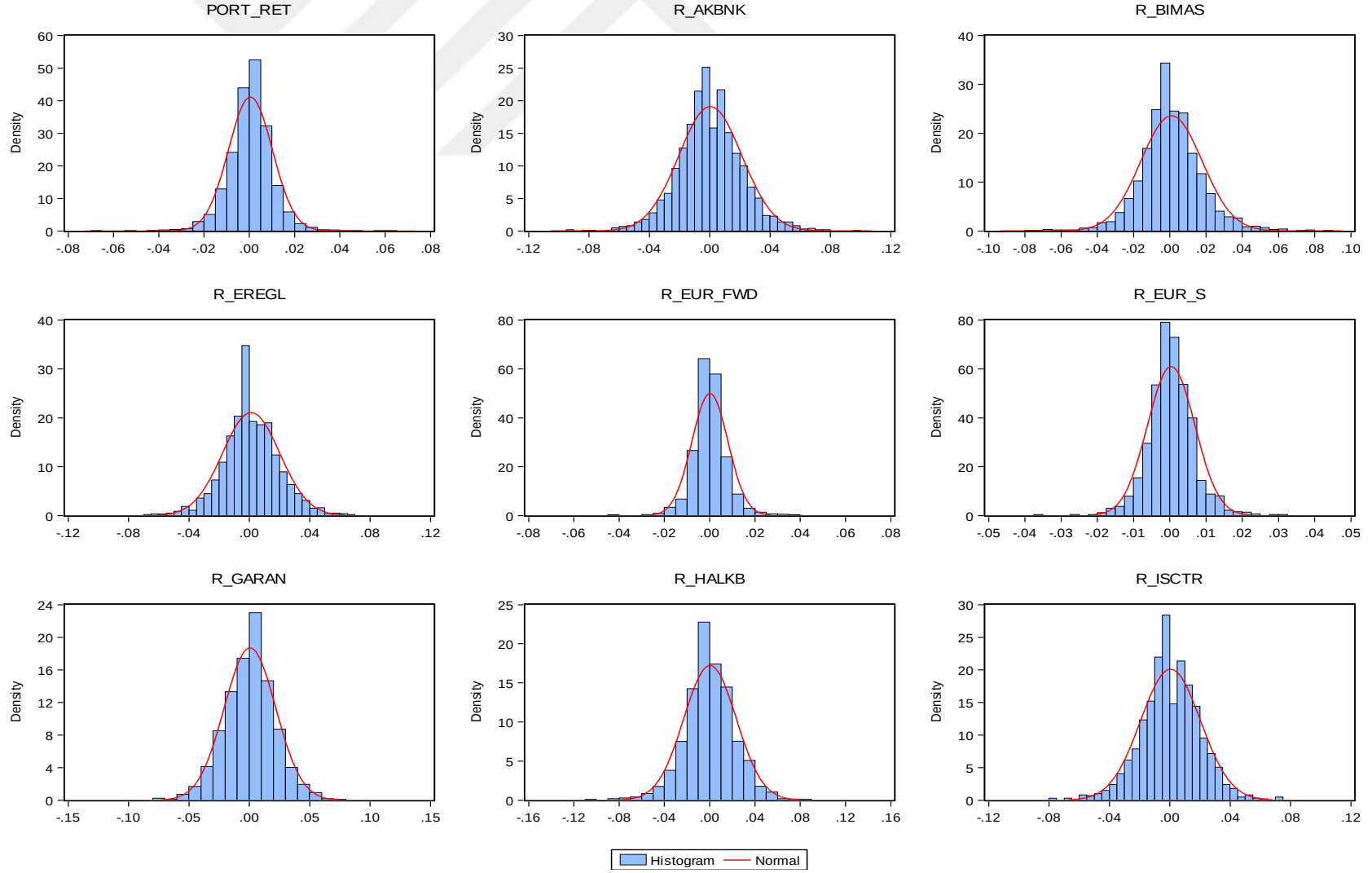
EK - 4: Çalışma Gözlem Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



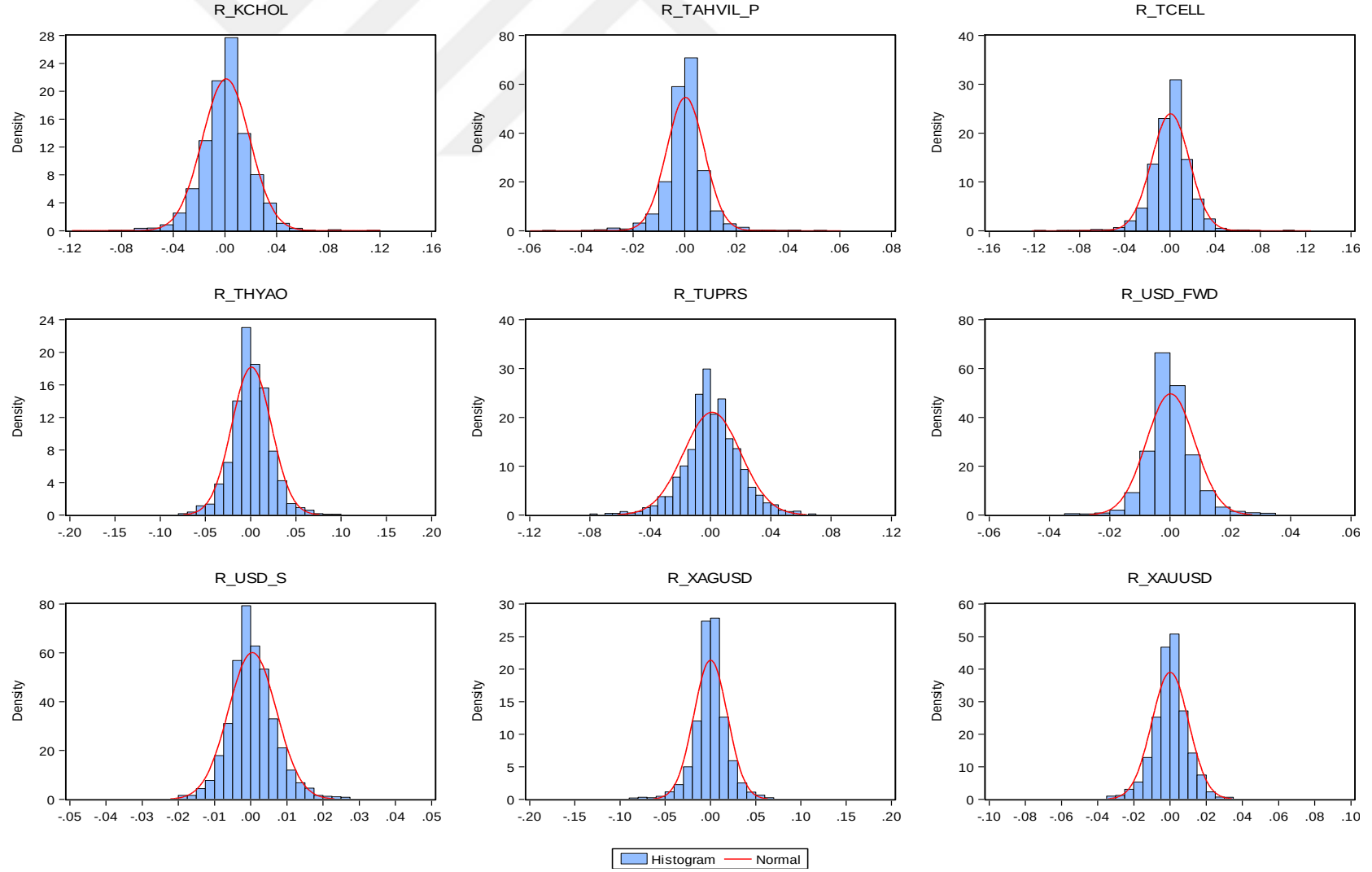
EK – 4 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



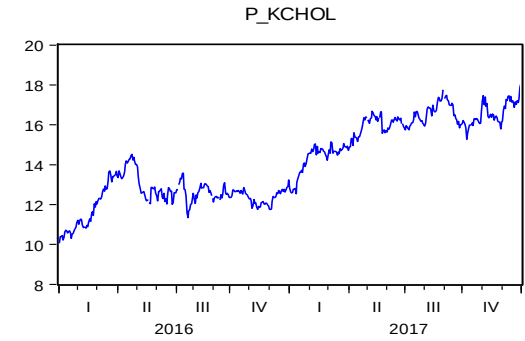
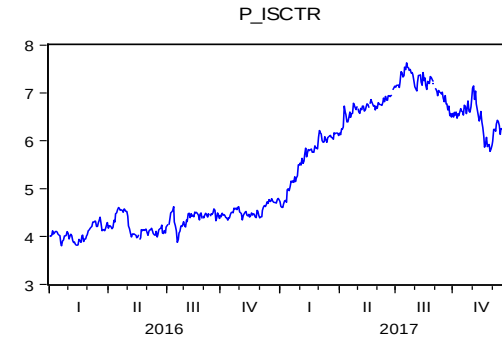
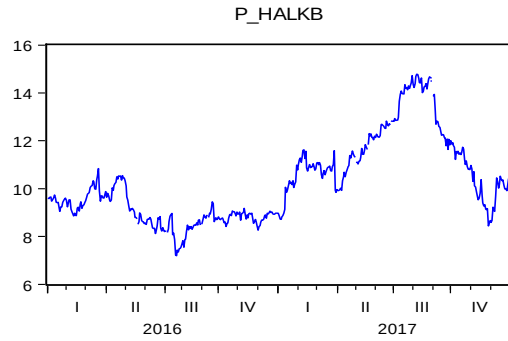
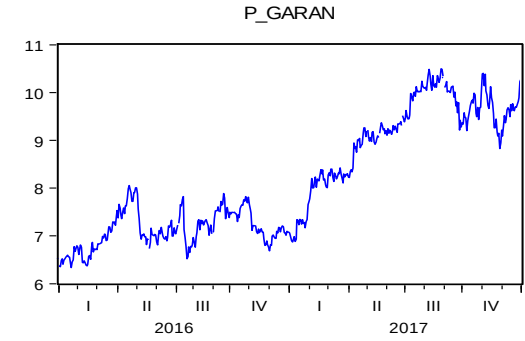
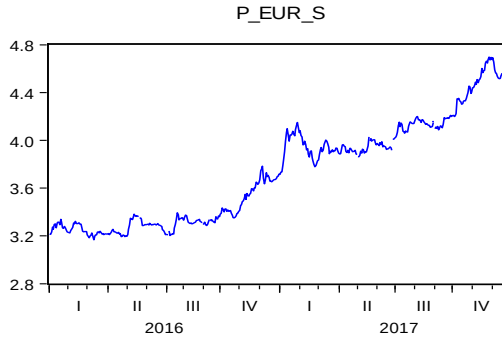
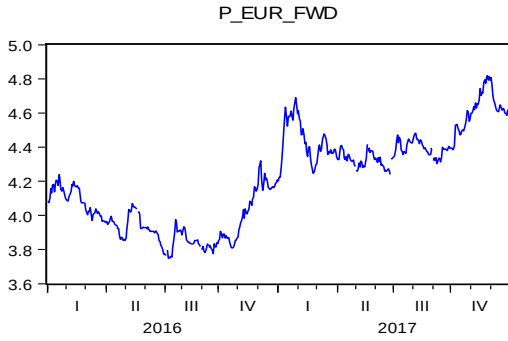
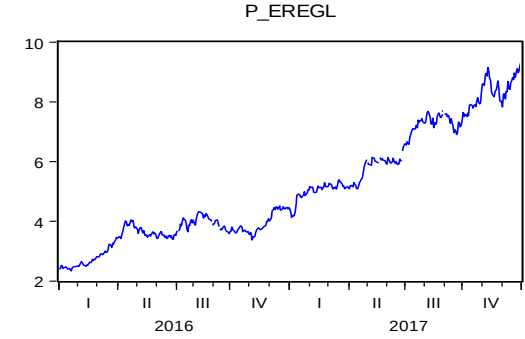
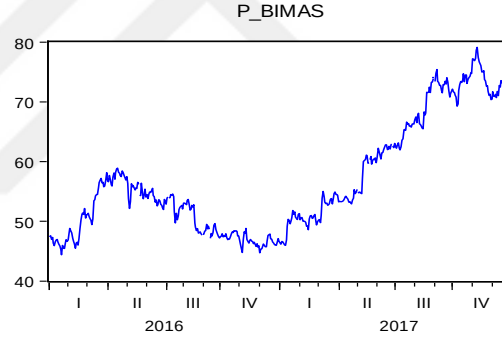
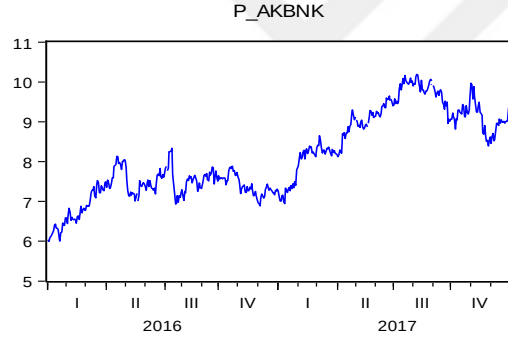
EK – 4 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



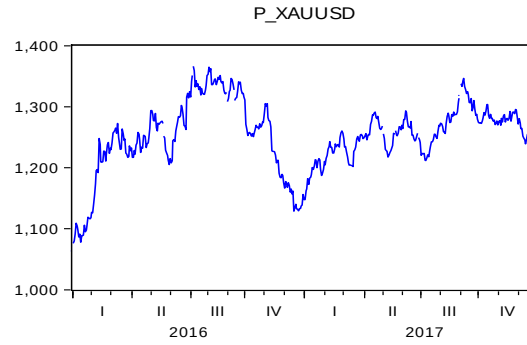
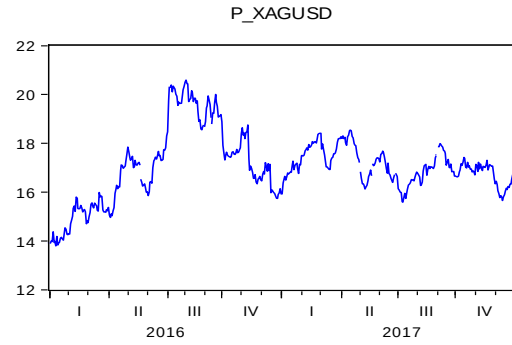
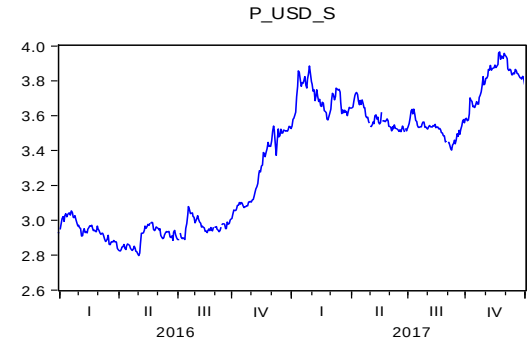
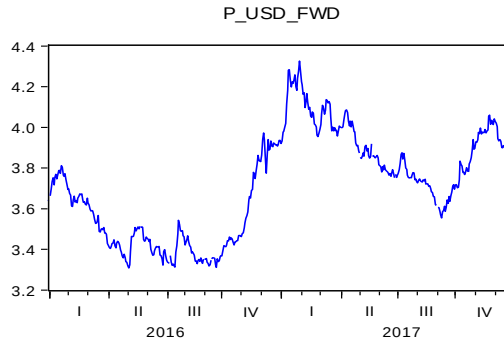
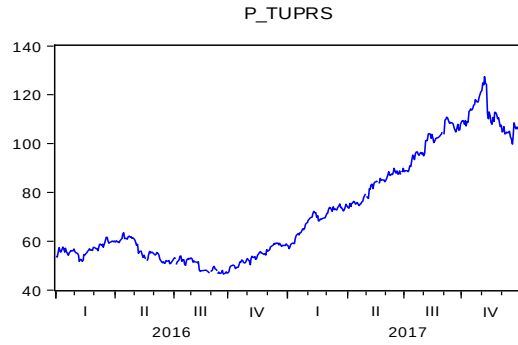
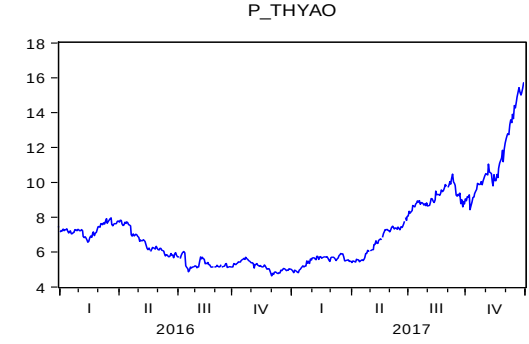
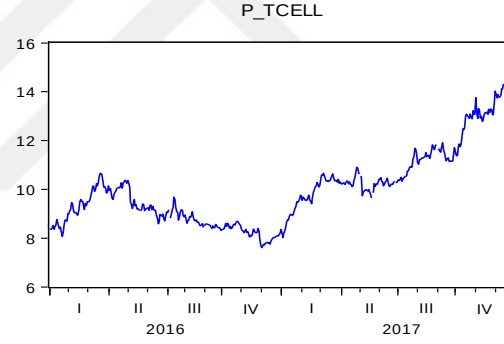
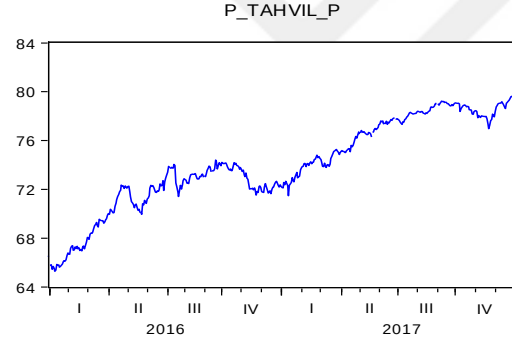
EK – 4 DEVAM: Çalışma Gözlem Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



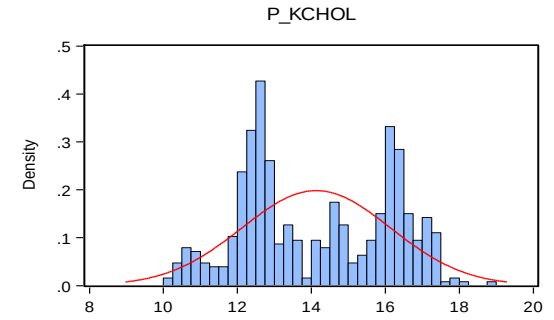
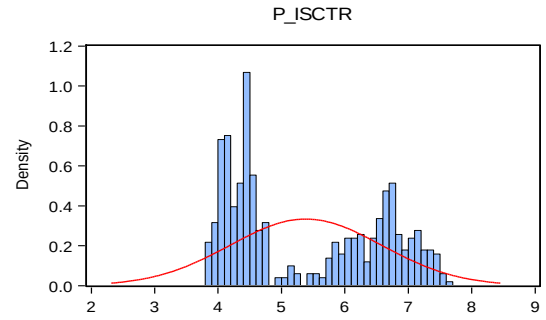
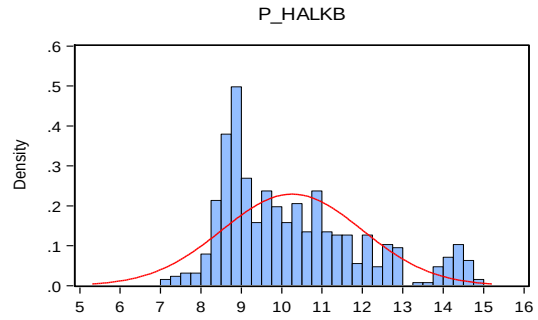
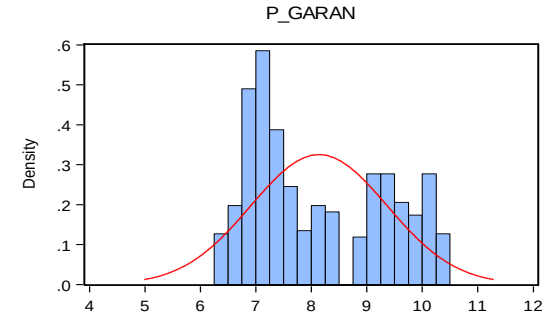
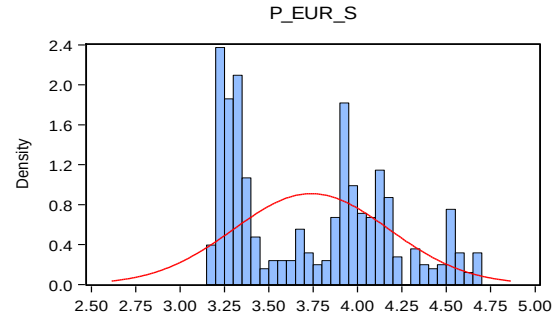
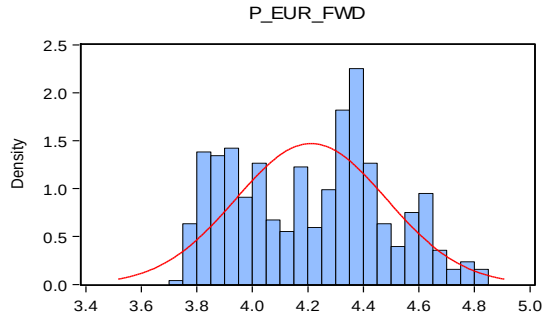
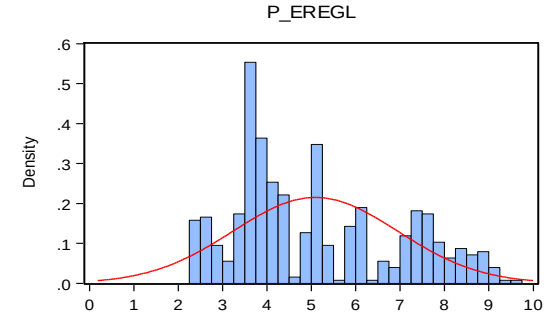
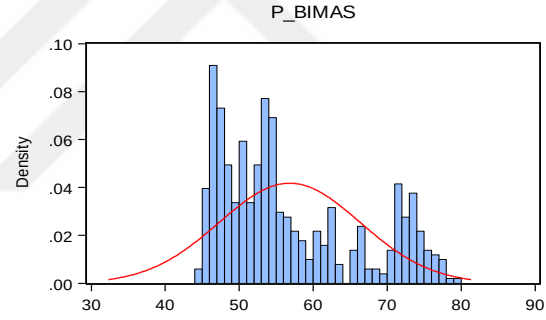
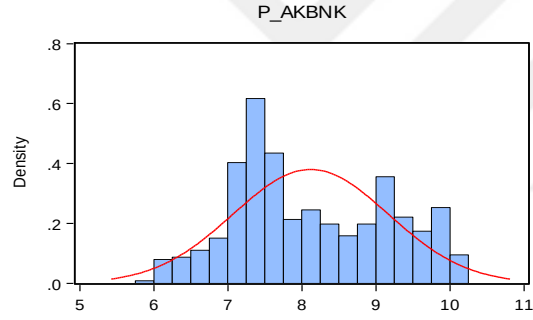
EK - 5: Çalışma Test Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları



EK – 5 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları

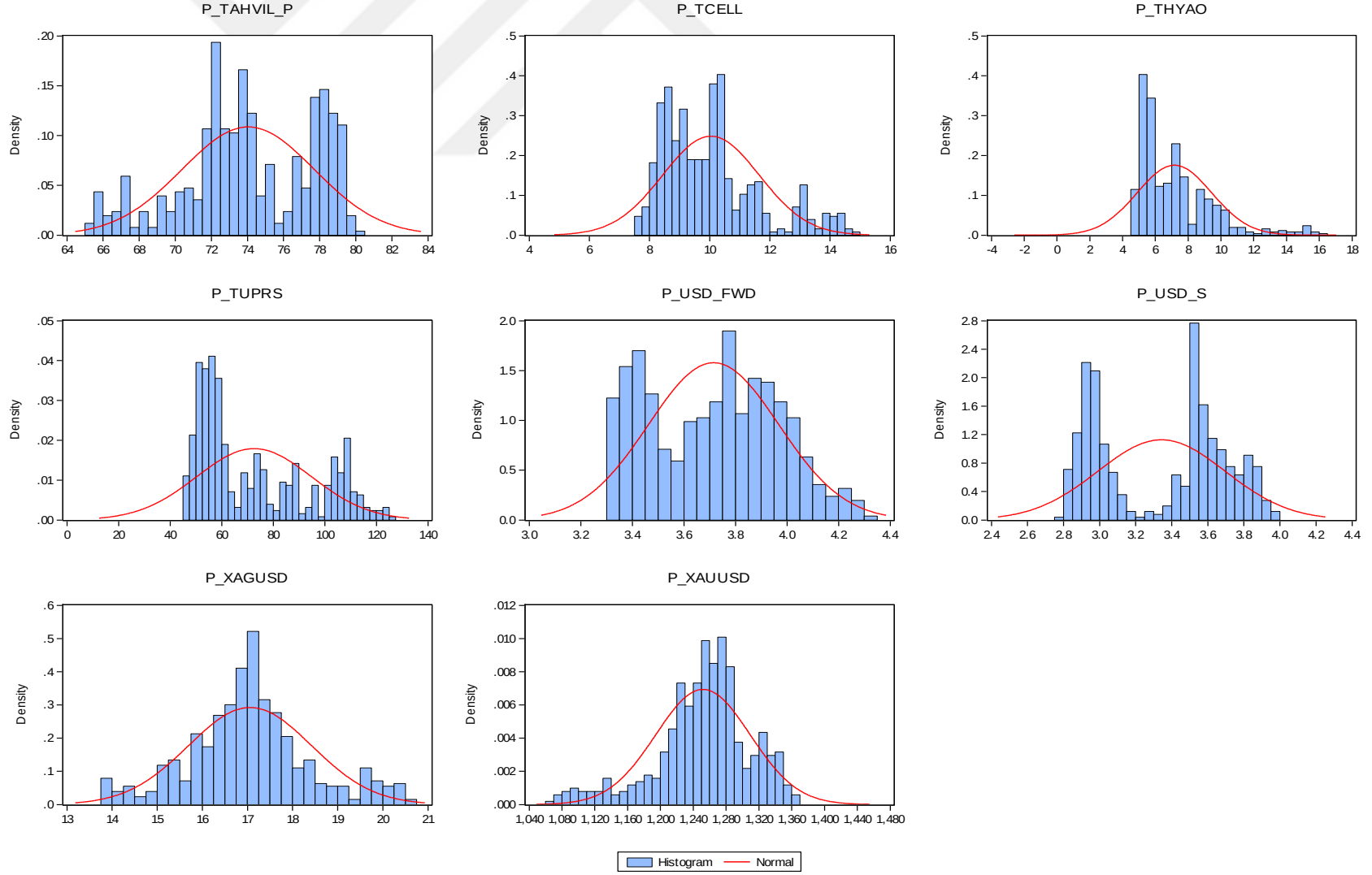


EK – 5 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları

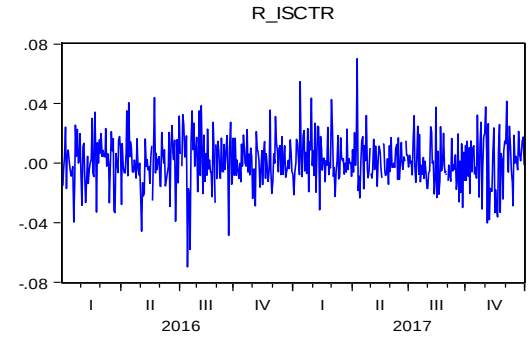
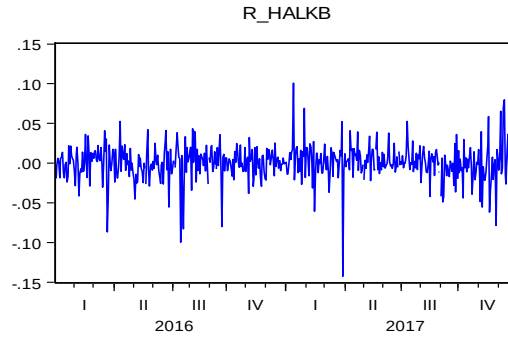
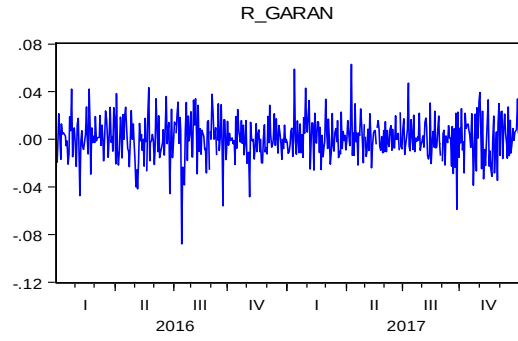
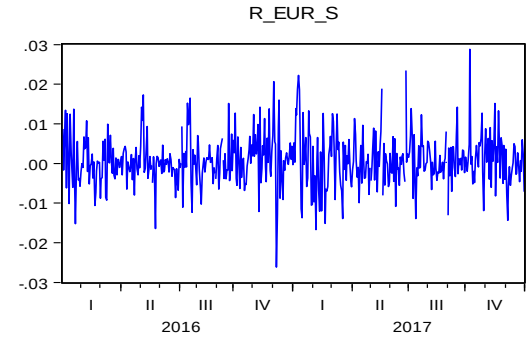
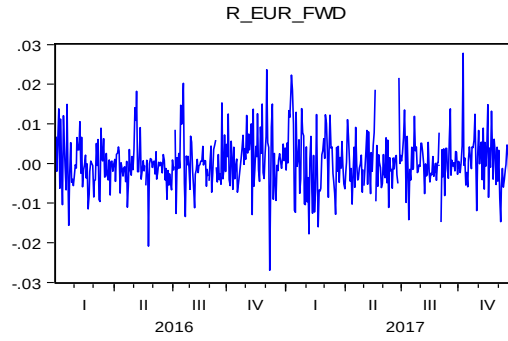
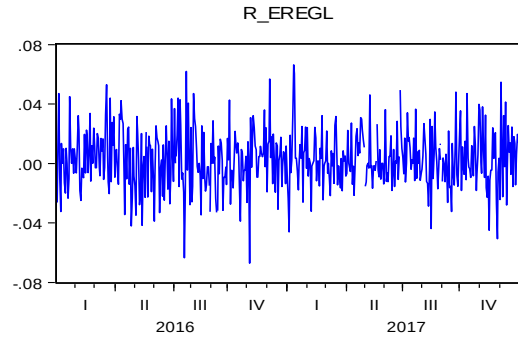
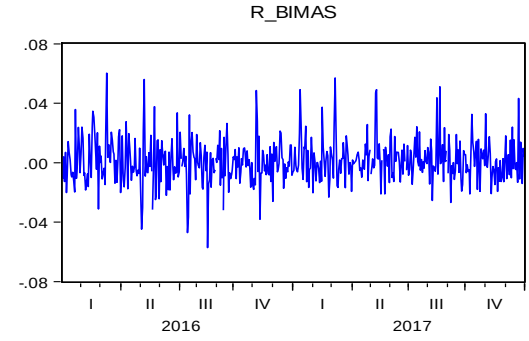
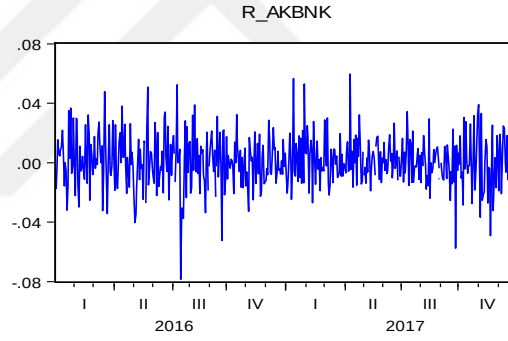
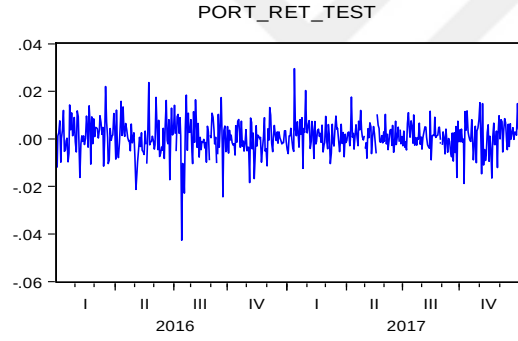


■ Histogram — Normal

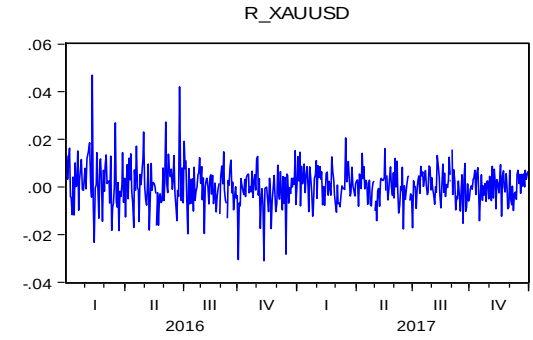
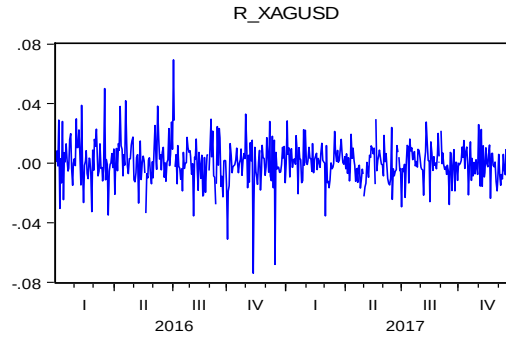
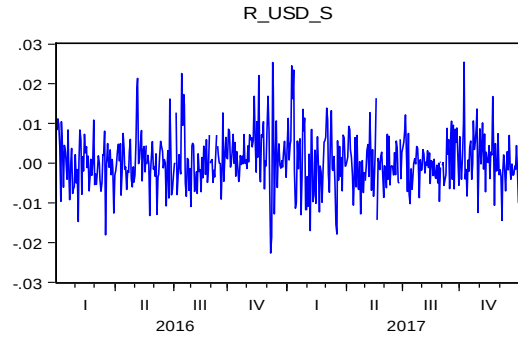
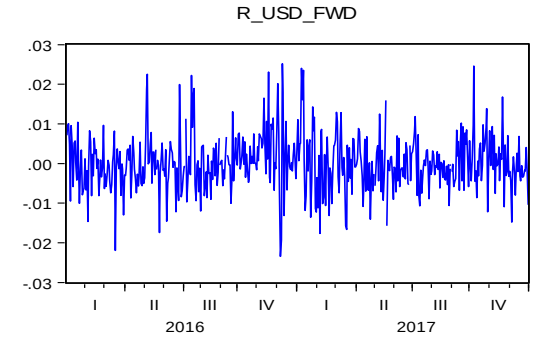
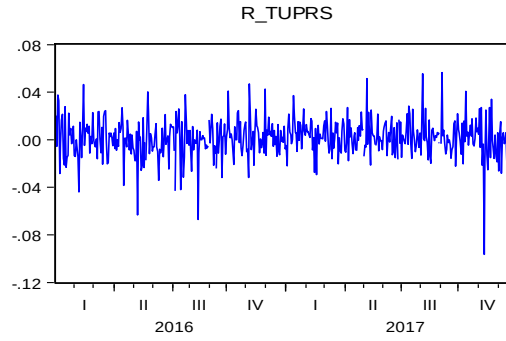
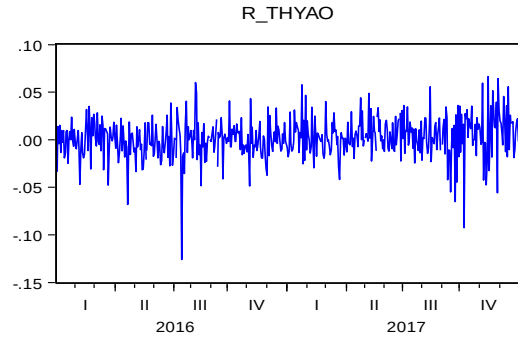
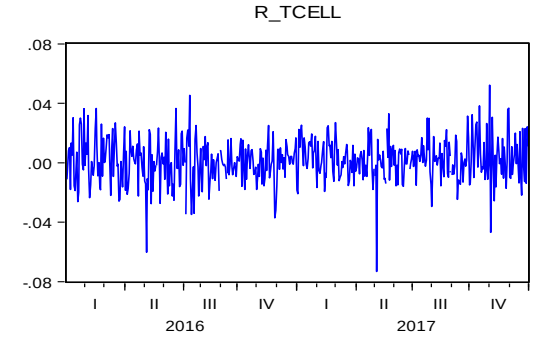
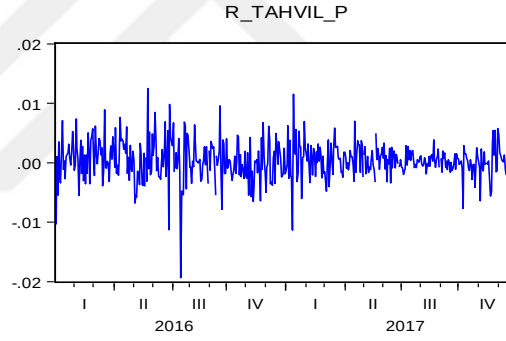
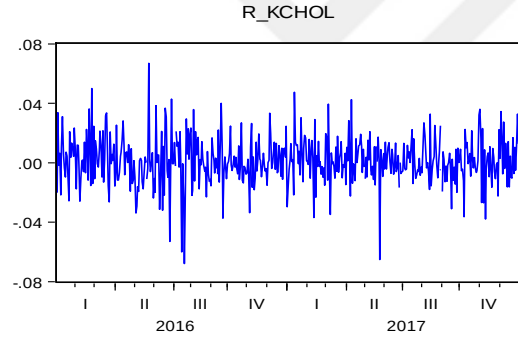
EK – 5 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Fiyat Serileri Grafik ve Histogramları



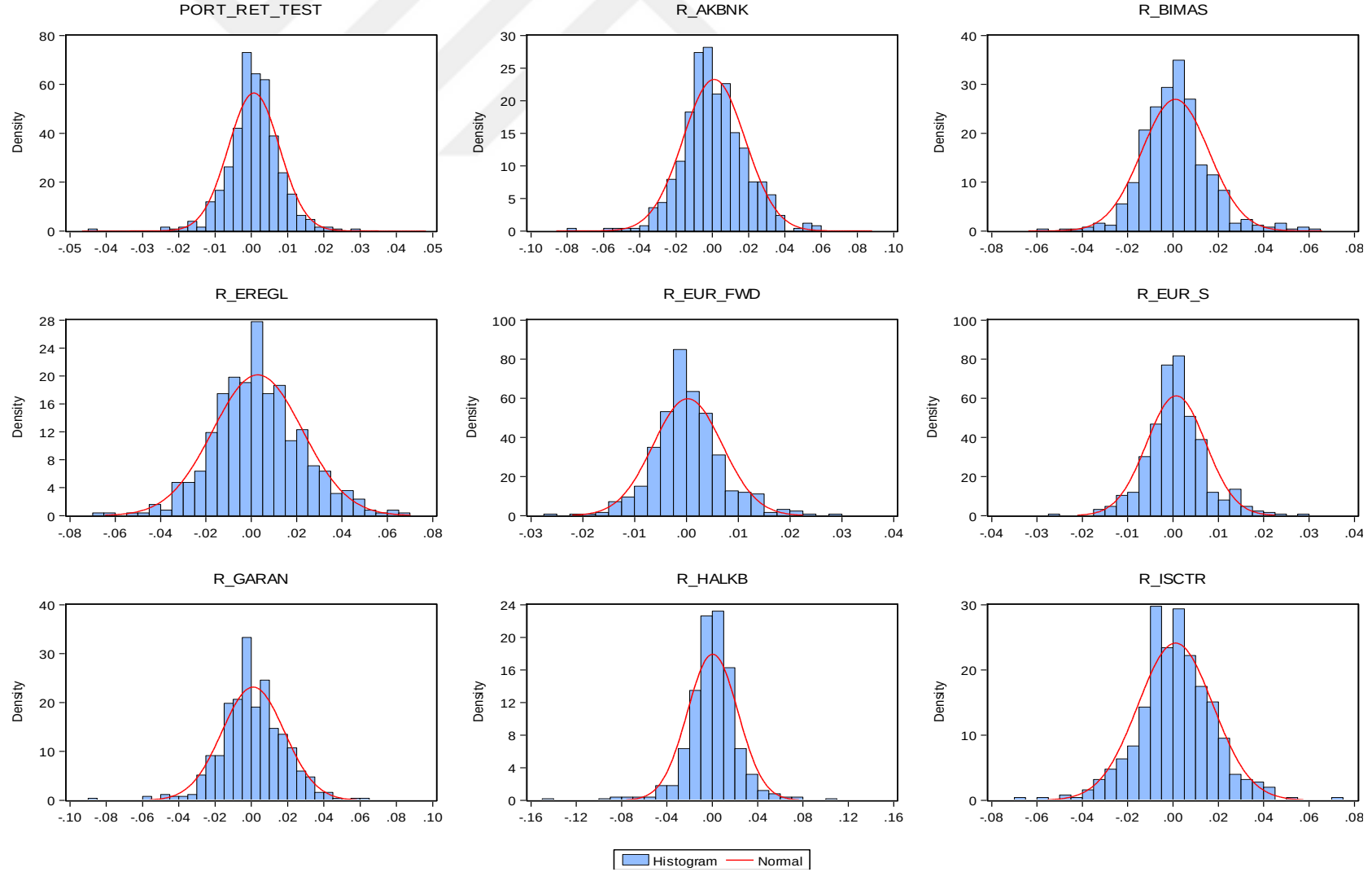
EK - 6: Çalışma Test Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



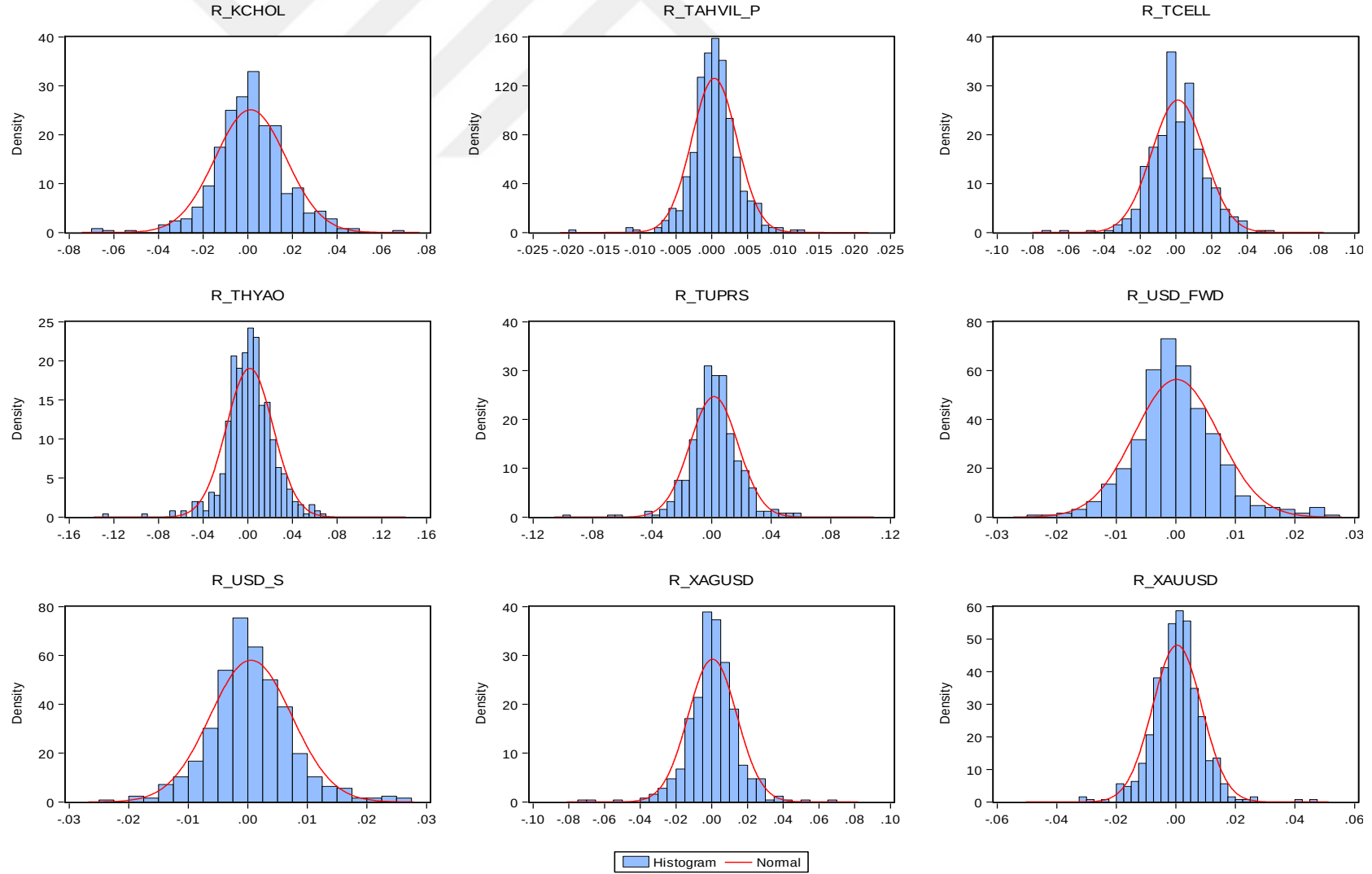
EK – 6 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



EK – 6 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



EK – 6 DEVAM: Çalışma Test Aralığı Getiri Serileri Grafik ve Histogramları



EK - 7: 29/12/2017 Tarihli Kovaryans Matrisi

Portföy Ağırlıkları																
GARAN	AKBNK	HALKB	ISCTR	KCHOL	TUPRS	TCELL	BIMAS	THYAO	EREGL	TAHVIL_P	XAUUSD	XAGUSD	USD_S	EUR_S	USD_FWD	EUR_FWD
7.736%	7.511%	3.430%	3.459%	3.287%	4.603%	4.109%	5.041%	2.748%	2.753%	53.607%	1.111%	0.722%	4.220%	5.053%	-4.268%	-5.121%

	Kovaryans Matrisi																
	GARAN	AKBNK	HALKB	ISCTR	KCHOL	TUPRS	TCELL	BIMAS	THYAO	EREGL	TAHVIL_P	XAUUSD	XAGUSD	USD_S	EUR_S	USD_FWD	EUR_FWD
GARAN	0.0002746	0.0002311	0.0002295	0.0002130	0.0001363	0.0000764	0.0000695	0.0000488	0.0002015	0.0001208	0.0000144	0.0000079	0.0000160	-0.0000051	0.0000014	-0.0000048	0.0000018
AKBNK	0.0002311	0.0002562	0.0002326	0.0002003	0.0001351	0.0000762	0.0000737	0.0000427	0.0001876	0.0001156	0.0000153	0.0000094	0.0000192	-0.0000139	-0.0000048	-0.0000138	-0.0000047
HALKB	0.0002295	0.0002326	0.0005686	0.0002012	0.0001369	0.0000735	0.0000898	0.0000465	0.0002180	0.0001429	0.0000187	0.0000062	0.0000267	-0.0000160	0.0000034	-0.0000147	0.0000045
ISCTR	0.0002130	0.0002003	0.0002012	0.0002638	0.0001353	0.0000619	0.0000569	0.0000255	0.0001920	0.0001298	0.0000147	0.0000065	0.0000223	-0.0000030	0.0000026	-0.0000027	0.0000028
KCHOL	0.0001363	0.0001351	0.0001369	0.0001353	0.0002061	0.0000902	0.0000519	0.0000419	0.0001118	0.0000864	0.0000126	-0.0000013	0.0000029	-0.0000103	-0.0000026	-0.0000102	-0.0000026
TUPRS	0.0000764	0.0000762	0.0000735	0.0000619	0.0000902	0.0002482	0.0000249	0.0000233	0.0000792	0.0000548	0.0000037	0.0000077	0.0000271	0.0000024	0.0000024	0.0000031	0.0000031
TCELL	0.0000695	0.0000737	0.0000898	0.0000569	0.0000519	0.0000249	0.0002005	0.0000236	0.0000880	0.0000484	0.0000062	0.0000042	0.0000179	-0.0000050	-0.0000045	-0.0000050	-0.0000045
BIMAS	0.0000488	0.0000427	0.0000465	0.0000255	0.0000419	0.0000233	0.0000236	0.0001871	0.0000354	0.0000113	0.0000034	0.0000002	-0.0000036	-0.0000058	-0.0000058	-0.0000049	-0.0000046
THYAO	0.0002015	0.0001876	0.0002180	0.0001920	0.0001118	0.0000792	0.0000880	0.0000354	0.0004780	0.0001288	0.0000169	0.0000068	0.0000226	-0.0000255	-0.0000145	-0.0000255	-0.0000147
EREGL	0.0001208	0.0001156	0.0001429	0.0001298	0.0000864	0.0000548	0.0000484	0.0000113	0.0001288	0.0003354	0.0000090	0.0000026	0.0000067	-0.0000032	0.0000049	-0.0000029	0.0000051
TAHVIL_P	0.0000144	0.0000153	0.0000187	0.0000147	0.0000126	0.0000037	0.0000062	0.0000034	0.0000169	0.0000090	0.0000060	0.0000033	0.0000046	-0.0000088	-0.0000065	-0.0000087	-0.0000065
XAUUSD	0.0000079	0.0000094	0.0000062	0.0000065	-0.0000013	0.0000077	0.0000042	0.0000002	0.0000068	0.0000026	0.0000033	0.0000400	0.0000536	-0.0000068	-0.0000024	-0.0000064	-0.0000022
XAGUSD	0.0000160	0.0000192	0.0000267	0.0000223	0.0000029	0.0000271	0.0000179	-0.0000036	0.0000226	0.0000067	0.0000046	0.0000536	0.0001118	-0.0000079	-0.0000018	-0.0000077	-0.0000020
USD_S	-0.0000051	-0.0000139	-0.0000160	-0.0000030	-0.0000103	0.0000024	-0.0000050	-0.0000058	-0.0000255	-0.0000032	-0.0000088	-0.0000068	-0.0000079	0.0000476	0.0000383	0.0000476	0.0000384
EUR_S	0.0000014	-0.0000048	0.0000034	0.0000026	-0.0000026	0.0000024	-0.0000045	-0.0000058	-0.0000145	0.0000049	-0.0000065	-0.0000024	-0.0000018	0.0000383	0.0000473	0.0000383	0.0000473
USD_FWD	-0.0000048	-0.0000138	-0.0000147	-0.0000027	-0.0000102	0.0000031	-0.0000050	-0.0000049	-0.0000255	-0.0000029	-0.0000087	-0.0000064	-0.0000077	0.0000476	0.0000383	0.0000478	0.0000386
EUR_FWD	0.0000018	-0.0000047	0.0000045	0.0000028	-0.0000026	0.0000031	-0.0000045	-0.0000046	-0.0000147	0.0000051	-0.0000065	-0.0000022	-0.0000020	0.0000384	0.0000473	0.0000386	0.0000475

EK-7 DEVAM: 29/12/2017 Tarihli Cholesky (Kök) Matrisi

	Kök Matrisi (Cholesky Matrisi)																
	GARAN	AKBNK	HALKB	ISCTR	KCHOL	TUPRS	TCELL	BIMAS	THYAO	EREGL	TAHVIL_P	XAUUSD	XAGUSD	USD_S	EUR_S	USD_FWD	EUR_FWD
GARAN	0.016570	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AKBNK	0.013946	0.007856	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HALKB	0.013852	0.005015	0.018750	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ISCTR	0.012855	0.002680	0.000517	0.009546	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
KCHOL	0.008229	0.002593	0.000529	0.002337	0.011222	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TUPRS	0.004610	0.001510	0.000112	-0.000151	0.004337	0.014346	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TCELL	0.004195	0.001931	0.001174	-0.000290	0.001104	-0.000161	0.013282	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BIMAS	0.002944	0.000206	0.000252	-0.001369	0.001797	0.000094	0.000618	0.013146	0	0	0	0	0	0	0	0	0
THYAO	0.012159	0.002295	0.002029	0.002985	-0.000202	0.001447	0.002372	0.000115	0.017438	0	0	0	0	0	0	0	0
EREGL	0.007291	0.001772	0.001760	0.003191	0.001200	0.000946	0.000906	-0.000714	0.001136	0.016152	0	0	0	0	0	0	0
TAHVIL_P	0.000870	0.000404	0.000249	0.000237	0.000330	-0.000166	0.000090	0.000030	0.000246	0.000013	0.002182	0	0	0	0	0	0
XAUUSD	0.000475	0.000359	-0.000115	-0.000058	-0.000534	0.000507	0.000173	-0.000037	-0.000036	-0.000066	0.001384	0.006093	0	0	0	0	0
XAGUSD	0.000966	0.000729	0.000516	0.000807	-0.000813	0.001753	0.000995	-0.000373	0.000043	-0.000434	0.001655	0.008065	0.006051	0	0	0	0
USD_S	-0.000308	-0.001220	-0.000299	0.000461	-0.000494	0.000551	-0.000019	-0.000233	-0.001177	0.000095	-0.003427	-0.000339	0.000029	0.005642	0	0	0
EUR_S	0.000087	-0.000762	0.000319	0.000356	-0.000212	0.000286	-0.000255	-0.000377	-0.000877	0.000304	-0.002803	0.000257	0.000063	0.004673	0.003943	0	0
USD_FWD	-0.000292	-0.001239	-0.000236	0.000467	-0.000498	0.000600	-0.000022	-0.000171	-0.001201	0.000104	-0.003384	-0.000291	-0.000030	0.005668	-0.000006	0.000410	0
EUR_FWD	0.000106	-0.000784	0.000372	0.000353	-0.000221	0.000330	-0.000259	-0.000291	-0.000908	0.000309	-0.002778	0.000271	0.000003	0.004702	0.003908	0.000409	0.000167

EK - 8: Cholesky (Kök) Matrisi Ayırıştırma Yöntemi

$$Cov = L * L^T = \begin{pmatrix} L_{11} & 0 & 0 & 0 \\ L_{21} & L_{22} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ L_{i1} & L_{i2} & \cdots & L_{ij} \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & L_{1j} \\ 0 & L_{22} & \vdots & L_{2j} \\ 0 & 0 & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & L_{ij} \end{pmatrix}$$

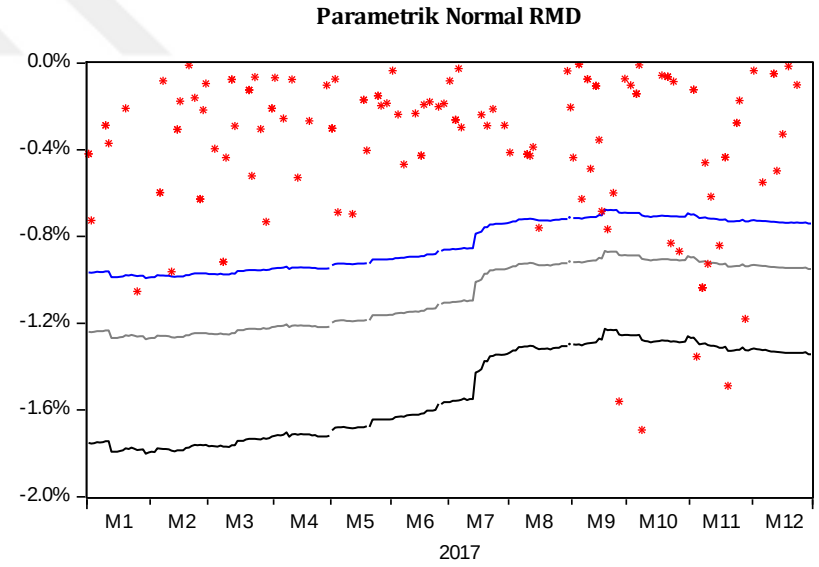
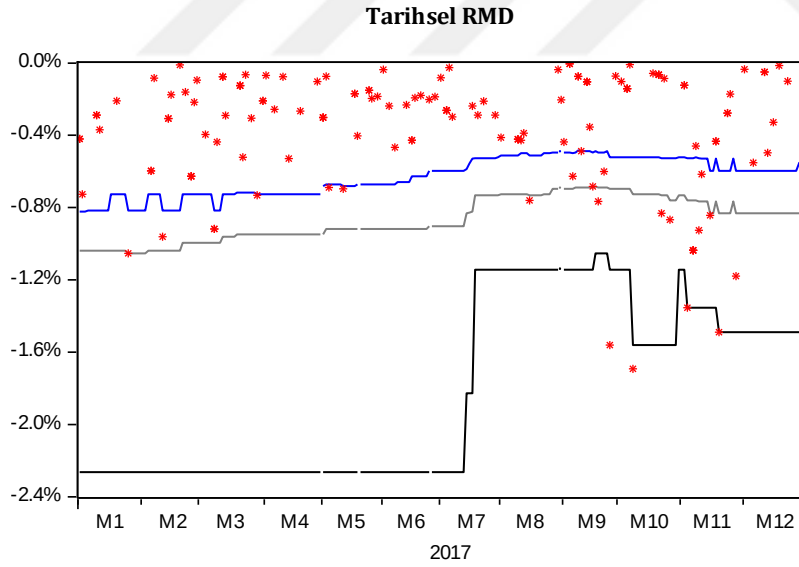
$$Cov = \begin{pmatrix} a_{11} & 0 & 0 & 0 \\ a_{21} & a_{22} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ a_{i1} & a_{i2} & \cdots & a_{ij} \end{pmatrix} \Rightarrow L = \begin{pmatrix} L_{11} & 0 & 0 & 0 \\ L_{21} & L_{22} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ L_{i1} & L_{i2} & \cdots & L_{ij} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \sqrt{a_{11}} & 0 & 0 & 0 \\ \frac{1}{L_{11}} * a_{21} & \sqrt{a_{22} - L_{12}^2} & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \ddots & 0 \\ \frac{1}{L_{11}} * a_{i1} & \frac{1}{L_{22}} * \sqrt{a_{i2} - (L_{21} * L_{i1})} & \cdots & \sqrt{a_{ij} - (L_{i1}^2 + L_{i2}^2 \cdots + L_{i(j-1)}^2)} \end{pmatrix}$$

i = satır sırası , j = kolon sırası

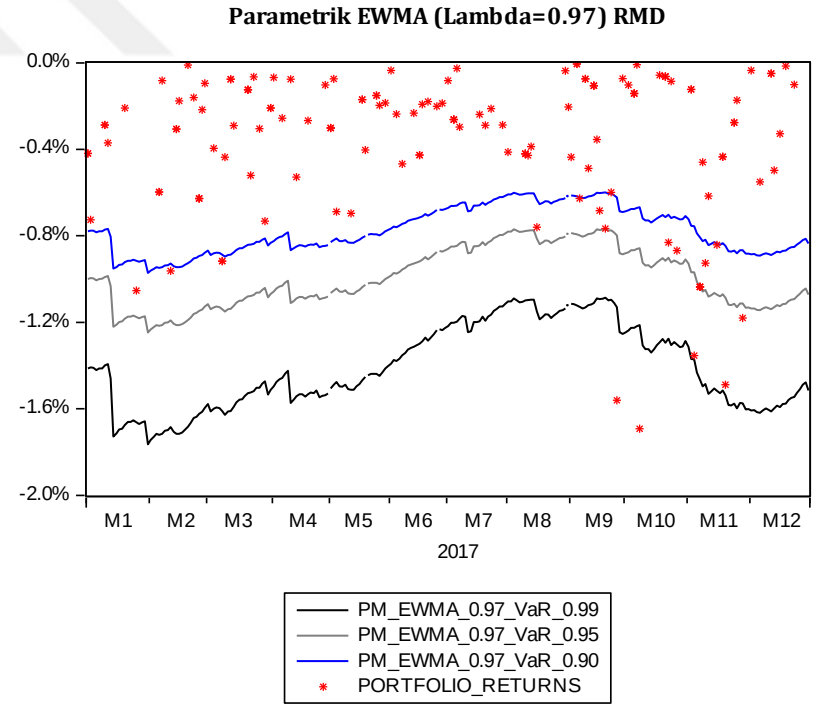
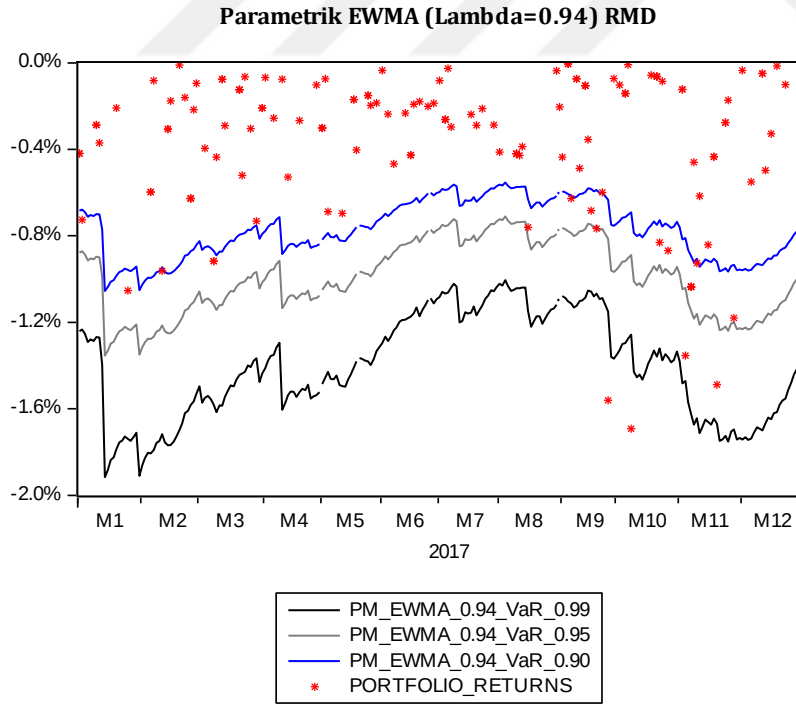
$$L_{ij} = \frac{1}{L_{jj}} \left(a_{ij} - \sum_{k=1}^j L_{ik} * L_{jk} \right), \quad i > j$$

$$L_{ii} = \sqrt{a_{ii} - \sum_{k=1}^i L_{ik}^2}$$

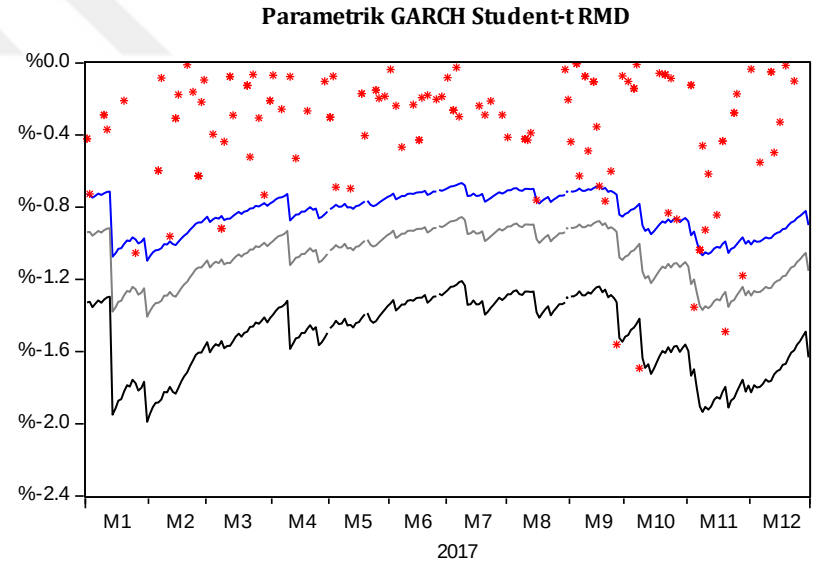
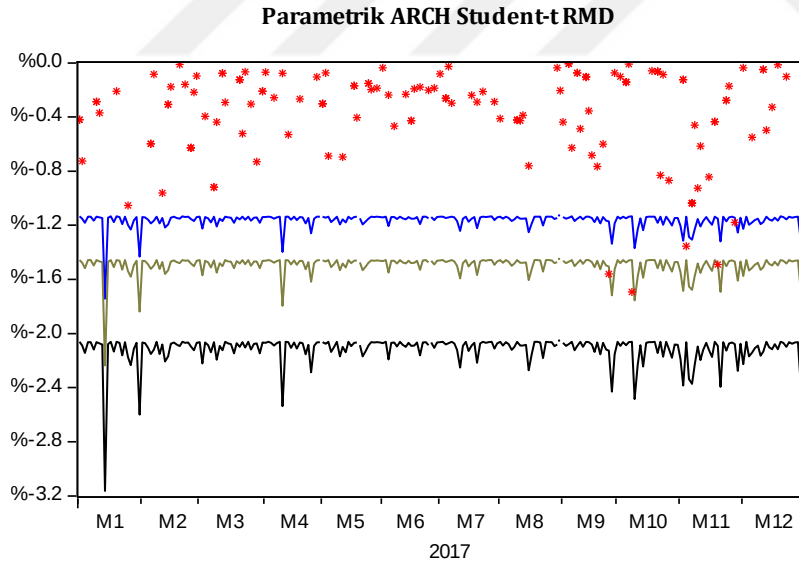
EK - 7: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri



EK-9 DEVAM: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri

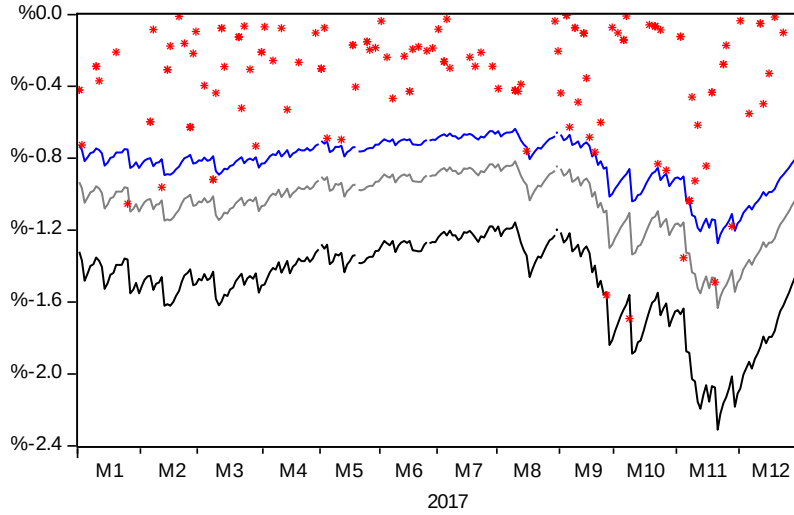


EK-9 DEVAM: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri



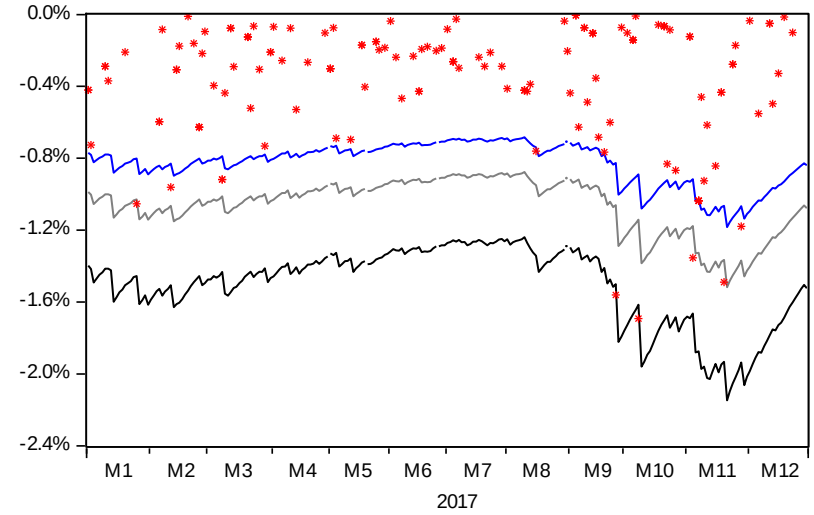
EK-9 DEVAM: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri

Parametrik EGARCH Student-t RMD



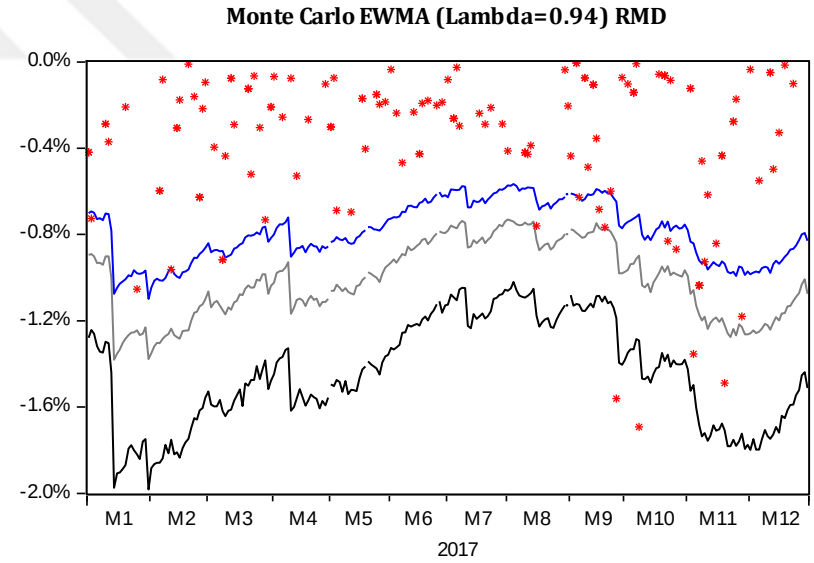
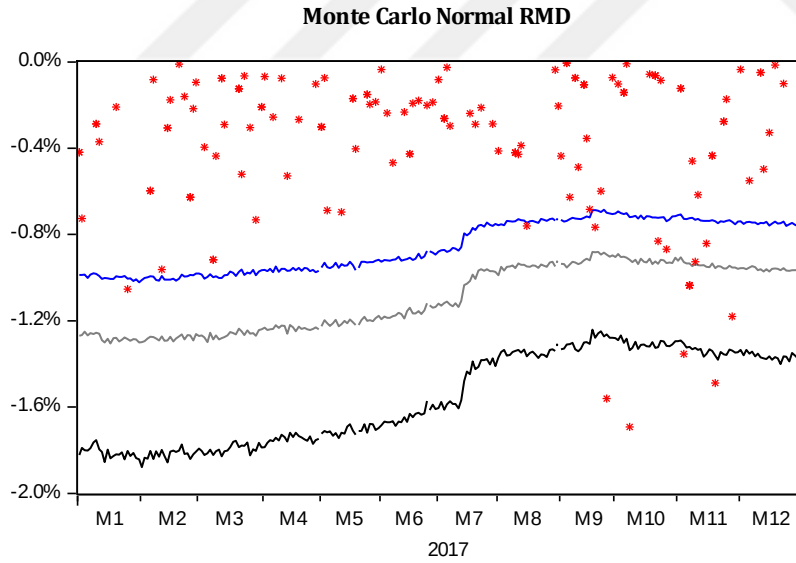
PM_EGARCH_t_VaR_0.90
PM_EGARCH_t_VaR_0.95
PM_EGARCH_t_VaR_0.99
* PORTFOLIO_NEG_RETURNS

Parametrik TGARCH Normal (Gaussian) RMD

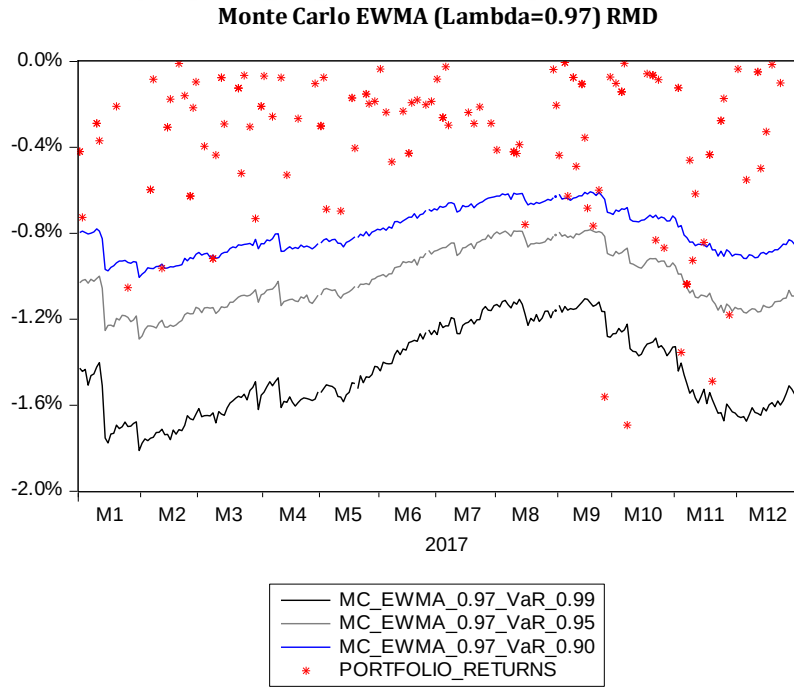


PM_TGARCH_Norm_VaR_0.99
PM_TGARCH_Norm_VaR_0.95
PM_TGARCH_Norm_VaR_0.90
* PORTFOLIO_RETURNS

EK-9 DEVAM: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri



EK-9 DEVAM: RMD Tahmin Modelleri Geriye Dönük Test Görsel Tespit Grafikleri



EK - 8: Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması Stres Senaryosu (Senaryo 1) Kovaryans Matrisi

	AKBNK	BIMAS	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	TCELL	THYAO	TUPRS	TAHVL	XAUUSD	XAGUSD	USD_S	EUR_S	USD_FWD	EUR_FWD
AKBNK	0.00136	0.00095	0.00083	0.00131	0.00122	0.00132	0.00104	0.00078	0.00119	0.00089	0.00048	0.00002	0.00007	-0.00015	-0.00007	-0.00025	-0.00017
BIMAS	0.00095	0.00106	0.00065	0.00096	0.00088	0.00096	0.00083	0.00055	0.00087	0.00081	0.00033	0.00006	0.00013	-0.00010	-0.00003	-0.00017	-0.00010
EREGL	0.00083	0.00065	0.00070	0.00087	0.00081	0.00087	0.00070	0.00054	0.00092	0.00067	0.00032	0.00003	0.00005	-0.00009	-0.00002	-0.00015	-0.00009
GARAN	0.00131	0.00096	0.00087	0.00149	0.00129	0.00140	0.00107	0.00078	0.00139	0.00096	0.00047	-0.00003	0.00000	-0.00013	-0.00006	-0.00027	-0.00020
HALKB	0.00122	0.00088	0.00081	0.00129	0.00131	0.00131	0.00096	0.00072	0.00134	0.00085	0.00052	0.00005	0.00007	-0.00014	-0.00005	-0.00024	-0.00015
ISCTR	0.00132	0.00096	0.00087	0.00140	0.00131	0.00147	0.00105	0.00084	0.00140	0.00093	0.00056	0.00000	0.00003	-0.00014	-0.00007	-0.00025	-0.00018
KCHOL	0.00104	0.00083	0.00070	0.00107	0.00096	0.00105	0.00104	0.00064	0.00106	0.00083	0.00038	0.00002	0.00007	-0.00013	-0.00007	-0.00023	-0.00017
TCELL	0.00078	0.00055	0.00054	0.00078	0.00072	0.00084	0.00064	0.00073	0.00081	0.00052	0.00034	0.00004	0.00005	-0.00011	-0.00009	-0.00019	-0.00017
THYAO	0.00119	0.00087	0.00092	0.00139	0.00134	0.00140	0.00106	0.00081	0.00210	0.00081	0.00058	-0.00009	-0.00012	-0.00014	-0.00010	-0.00029	-0.00025
TUPRS	0.00089	0.00081	0.00067	0.00096	0.00085	0.00093	0.00083	0.00052	0.00081	0.00104	0.00031	0.00012	0.00028	-0.00010	-0.00004	-0.00017	-0.00011
TAHVL	0.00048	0.00033	0.00032	0.00047	0.00052	0.00056	0.00038	0.00034	0.00058	0.00031	0.00035	0.00008	0.00009	-0.00008	-0.00004	-0.00010	-0.00007
XAUUSD	0.00002	0.00006	0.00003	-0.00003	0.00005	0.00000	0.00002	0.00004	-0.00009	0.00012	0.00008	0.00028	0.00039	-0.00004	0.00000	-0.00004	0.00000
XAGUSD	0.00007	0.00013	0.00005	0.00000	0.00007	0.00003	0.00007	0.00005	-0.00012	0.00028	0.00009	0.00039	0.00064	-0.00005	0.00001	-0.00007	0.00000
USD_S	-0.00015	-0.00010	-0.00009	-0.00013	-0.00014	-0.00014	-0.00013	-0.00011	-0.00014	-0.00010	-0.00008	-0.00004	-0.00005	0.00004	0.00002	0.00005	0.00003
EUR_S	-0.00007	-0.00003	-0.00002	-0.00006	-0.00005	-0.00007	-0.00007	-0.00009	-0.00010	-0.00004	-0.00004	0.00000	0.00001	0.00002	0.00004	0.00003	0.00005
USD_FWD	-0.00025	-0.00017	-0.00015	-0.00027	-0.00024	-0.00025	-0.00023	-0.00019	-0.00029	-0.00017	-0.00010	-0.00004	-0.00007	0.00005	0.00003	0.00010	0.00009
EUR_FWD	-0.00017	-0.00010	-0.00009	-0.00020	-0.00015	-0.00018	-0.00017	-0.00017	-0.00025	-0.00011	-0.00007	0.00000	0.00000	0.00003	0.00005	0.00009	0.00011

EK – 10 DEVAM: Gezi Olayları ve Tapering Açıklaması Stres Senaryosu (Senaryo 1) Kök (Cholesky) Matrisi

	AKBNK	BIMAS	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	TCELL	THYAO	TUPRS	TAHVL	XAUUSD	XAGUSD	USD_S	EUR_S	USD_FWD	EUR_FWD
AKBNK	0.03691	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BIMAS	0.02576	0.02002	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EREGL	0.02259	0.00348	0.01335	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
GARAN	0.03545	0.00210	0.00453	0.01448	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
HALKB	0.03307	0.00150	0.00412	0.00683	0.01234	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ISCTR	0.03577	0.00215	0.00409	0.00770	0.00442	0.00964	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KCHOL	0.02814	0.00528	0.00329	0.00342	-0.00088	-0.00035	0.01391	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TCELL	0.02120	0.00013	0.00476	0.00016	-0.00003	0.00624	0.00197	0.01478	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
THYAO	0.03232	0.00185	0.01364	0.01203	0.01050	0.00504	0.00473	0.00137	0.02378	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TUPRS	0.02404	0.00936	0.00691	0.00381	-0.00120	-0.00028	0.00478	-0.00198	-0.00557	0.01600	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TAHVL	0.01287	-0.00029	0.00212	0.00063	0.00669	0.00610	0.00146	0.00100	0.00084	-0.00052	0.00942	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
XAUUSD	0.00045	0.00244	0.00088	-0.00348	0.00395	-0.00149	0.00041	0.00213	-0.00488	0.00464	0.00694	0.01210	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
XAGUSD	0.00181	0.00418	-0.00014	-0.00511	0.00339	-0.00232	0.00138	0.00152	-0.00645	0.01162	0.00784	0.01653	0.00774	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
USD_S	-0.00400	0.00023	-0.00022	0.00059	-0.00083	-0.00020	-0.00160	-0.00147	0.00027	-0.00024	-0.00186	-0.00123	0.00018	0.00317	0.00000	0.00000	0.00000
EUR_S	-0.00193	0.00103	0.00115	-0.00022	0.00074	-0.00084	-0.00170	-0.00316	-0.00185	-0.00097	-0.00154	0.00087	0.00109	0.00182	0.00284	0.00000	0.00000
USD_FWD	-0.00679	0.00021	-0.00009	-0.00184	-0.00041	0.00065	-0.00260	-0.00311	-0.00110	-0.00036	-0.00057	-0.00316	-0.00008	0.00298	0.00072	0.00371	0.00000
EUR_FWD	-0.00471	0.00102	0.00129	-0.00265	0.00118	0.00001	-0.00271	-0.00481	-0.00322	-0.00109	-0.00024	-0.00107	0.00084	0.00163	0.00357	0.00372	0.00002

EK - 11: BREXIT ve 15 Temmuz Darbe Girişimi Stres Senaryosu (Senaryo 2) Kovaryans Matrisi

	AKBNK	BIMAS	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	TCELL	THYAO	TUPRS	TAHVL	USD_S	EUR_S	XAUUSD	XAGUSD	USD_FWD	EUR_FWD
AKBNK	0.00062	0.00025	0.00040	0.00057	0.00064	0.00053	0.00049	0.00034	0.00052	0.00026	0.00010	-0.00017	-0.00009	-0.00008	0.00006	-0.00017	-0.00010
BIMAS	0.00025	0.00029	0.00020	0.00027	0.00026	0.00022	0.00025	0.00020	0.00028	0.00012	0.00005	-0.00006	-0.00004	-0.00003	0.00006	-0.00006	-0.00004
EREGL	0.00040	0.00020	0.00060	0.00041	0.00048	0.00040	0.00051	0.00035	0.00025	0.00027	0.00006	-0.00012	-0.00006	-0.00010	0.00004	-0.00013	-0.00007
GARAN	0.00057	0.00027	0.00041	0.00063	0.00066	0.00055	0.00054	0.00034	0.00058	0.00028	0.00011	-0.00017	-0.00008	-0.00008	0.00006	-0.00018	-0.00010
HALKB	0.00064	0.00026	0.00048	0.00066	0.00096	0.00066	0.00062	0.00039	0.00072	0.00037	0.00011	-0.00019	-0.00010	-0.00013	-0.00001	-0.00021	-0.00012
ISCTR	0.00053	0.00022	0.00040	0.00055	0.00066	0.00059	0.00051	0.00030	0.00051	0.00030	0.00010	-0.00016	-0.00009	-0.00010	0.00002	-0.00018	-0.00011
KCHOL	0.00049	0.00025	0.00051	0.00054	0.00062	0.00051	0.00070	0.00034	0.00042	0.00030	0.00010	-0.00015	-0.00007	-0.00009	0.00001	-0.00016	-0.00008
TCELL	0.00034	0.00020	0.00035	0.00034	0.00039	0.00030	0.00034	0.00040	0.00027	0.00028	0.00006	-0.00011	-0.00006	-0.00008	0.00005	-0.00012	-0.00007
THYAO	0.00052	0.00028	0.00025	0.00058	0.00072	0.00051	0.00042	0.00027	0.00084	0.00030	0.00012	-0.00015	-0.00010	-0.00006	0.00002	-0.00016	-0.00011
TUPRS	0.00026	0.00012	0.00027	0.00028	0.00037	0.00030	0.00030	0.00028	0.00030	0.00033	0.00007	-0.00010	-0.00006	-0.00008	0.00001	-0.00011	-0.00006
TAHVL	0.00010	0.00005	0.00006	0.00011	0.00011	0.00010	0.00010	0.00006	0.00012	0.00007	0.00003	-0.00004	-0.00002	-0.00001	0.00002	-0.00004	-0.00002
USD_S	-0.00017	-0.00006	-0.00012	-0.00017	-0.00019	-0.00016	-0.00015	-0.00011	-0.00015	-0.00010	-0.00004	0.00007	0.00004	0.00003	-0.00003	0.00007	0.00004
EUR_S	-0.00009	-0.00004	-0.00006	-0.00008	-0.00010	-0.00009	-0.00007	-0.00006	-0.00010	-0.00006	-0.00002	0.00004	0.00004	-0.00001	-0.00004	0.00004	0.00004
XAUUSD	-0.00008	-0.00003	-0.00010	-0.00008	-0.00013	-0.00010	-0.00009	-0.00008	-0.00006	-0.00008	-0.00001	0.00003	-0.00001	0.00013	0.00013	0.00003	-0.00001
XAGUSD	0.00006	0.00006	0.00004	0.00006	-0.00001	0.00002	0.00001	0.00005	0.00002	0.00001	0.00002	-0.00003	-0.00004	0.00013	0.00031	-0.00003	-0.00004
USD_FWD	-0.00017	-0.00006	-0.00013	-0.00018	-0.00021	-0.00018	-0.00016	-0.00012	-0.00016	-0.00011	-0.00004	0.00007	0.00004	0.00003	-0.00003	0.00008	0.00004
EUR_FWD	-0.00010	-0.00004	-0.00007	-0.00010	-0.00012	-0.00011	-0.00008	-0.00007	-0.00011	-0.00006	-0.00002	0.00004	0.00004	-0.00001	-0.00004	0.00004	0.00005

EK - 11 DEVAM: BREXIT ve 15 Temmuz Darbe Girişimi Stres Senaryosu (Senaryo 2) Kök (Cholesky) Matrisi

	AKBNK	BIMAS	EREGL	GARAN	HALKB	ISCTR	KCHOL	TCELL	THYAO	TUPRS	TAHVL	USD_S	EUR_S	XAUUSD	XAGUSD	USD_FWD	EUR_FWD
AKBNK	0.02490	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
BIMAS	0.01007	0.01382	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EREGL	0.01589	0.00297	0.01853	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
GARAN	0.02279	0.00298	0.00234	0.00963	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
HALKB	0.02553	0.00009	0.00392	0.00722	0.01566	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
ISCTR	0.02141	0.00053	0.00307	0.00529	0.00386	0.00883	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
KCHOL	0.01964	0.00363	0.01015	0.00604	0.00230	0.00189	0.01224	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TCELL	0.01364	0.00426	0.00638	-0.00015	0.00081	-0.00175	-0.00019	0.01241	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
THYAO	0.02073	0.00537	-0.00510	0.01035	0.00855	-0.00080	-0.00285	-0.00051	0.01297	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TUPRS	0.01058	0.00094	0.00527	0.00290	0.00378	0.00343	0.00027	0.00789	0.00406	0.00869	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
TAHVL	0.00400	0.00070	-0.00008	0.00223	-0.00021	0.00028	0.00081	0.00054	0.00129	0.00081	0.00245	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
USD_S	-0.00665	0.00042	-0.00090	-0.00162	-0.00058	-0.00083	0.00045	-0.00167	-0.00013	-0.00031	-0.00182	0.00325	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
EUR_S	-0.00355	-0.00003	-0.00019	-0.00012	-0.00057	-0.00133	0.00066	-0.00128	-0.00164	0.00080	-0.00043	0.00205	0.00379	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000
XAUUSD	-0.00302	0.00015	-0.00269	-0.00083	-0.00262	-0.00190	0.00064	-0.00157	0.00154	-0.00085	0.00102	0.00000	-0.00749	0.00654	0.00000	0.00000	0.00000
XAGUSD	0.00252	0.00240	-0.00065	-0.00078	-0.00412	-0.00167	-0.00209	0.00097	-0.00065	0.00034	0.00615	-0.00164	-0.00746	0.01006	0.00856	0.00000	0.00000
USD_FWD	-0.00698	0.00051	-0.00112	-0.00229	-0.00071	-0.00118	0.00038	-0.00176	0.00038	-0.00021	-0.00190	0.00304	0.00051	0.00073	-0.00032	0.00090	0.00000
EUR_FWD	-0.00388	0.00006	-0.00041	-0.00078	-0.00071	-0.00168	0.00060	-0.00138	-0.00114	0.00089	-0.00051	0.00184	0.00430	0.00073	-0.00032	0.00089	0.00000