

**T.C.
ZONGULDAK KARAEKMAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

Doktora Tezi

**BANKALARDA PİYASA RİSKİNİN ÖNGÖRÜLMESİ:
SERMAYE YETERLİLİĞİ ORANI AÇISINDAN
RİSKE MARUZ DEĞER HESAPLAMA
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

Ahmet Bostancı

Zonguldak 2011

**T.C.
ZONGULDAK KARAEKİMAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ
İŞLETME ANABİLİM DALI**

Doktora Tezi

**BANKALARDA PİYASA RİSKİNİN ÖNGÖRÜLMESİ:
SERMAYE YETERLİLİĞİ ORANI AÇISINDAN
RİSKE MARUZ DEĞER HESAPLAMA
YÖNTEMLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI**

**Hazırlayan
Ahmet Bostancı**


**Tez Danışmanı
Prof. Dr. Turhan Korkmaz**

Zonguldak 2011

T.C.
ZONGULDAK KARAELMAS ÜNİVERSİTESİ
SOSYAL BİLİMLER ENSTİTÜSÜ

TEZ ONAYI


Enstitümüzün İşletme Anabilim Dalında 2005638201003 numaralı Ahmet BOSTANCI'nın hazırladığı "Bankalarda Piyasa Riskinin Öngörülmesi: Sermaye Yeterliliği Oranı Açısından Riske Maruz Değer Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması" konulu DOKTORA/~~YÜKSEK LİSANS~~ tezi ile ilgili TEZ SAVUNMA SINAVI, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 20/07/2011 Çarşamba günü saat 14:00'te yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda tezinin onayına OYBİRLİĞİYLE/~~OYÇOKLUĞUYLA~~ karar verilmiştir.

Başkan  _____

Prof. Dr. Turhan KORKMAZ (Danışman)

Üye  _____

Doç. Dr. Metin SABAN

Üye  _____

Doç. Dr. Hasan VERGİL

Üye _____

Yrd. Doç. Dr. Sevinç GÜLER

Üye  _____

Yrd. Doç. Dr. Rasim İlker GÖKBULUT


Yukarıdaki imzaların, adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

22 /08/2011


Doç. Dr. Hasan VERGİL
Enstitü Müdürü

ÖZET

- Kurum** : ZKÜ Sosyal Bilimler Enstitüsü, İşletme Anabilim Dalı
Tez Başlığı : Bankalarda Piyasa Riskinin Öngörülmesi: Sermaye Yeterliliği Oranı Açısından Riske Maruz Değer Hesaplama Yöntemlerinin Karşılaştırılması
Tez Yazarı : Ahmet Bostancı
Tez Danışmanı : Prof. Dr. Turhan Korkmaz
Tez Türü, Yılı : Doktora Tezi, 2011
Sayfa Adedi : 185

Basel Bankacılık Denetim Komitesi Piyasa Riskine İlişkin Tutarı'nın (PRET) hesaplanmasında standart yöntemin yerine Riske Maruz Değer (RMD) yönteminin kullanımını özellikle önermektedir. Bunun nedeni ise denetim otoritelerince, RMD yönteminin piyasa risk ölçümünde standart yöntemle göre daha başarılı bir yaklaşım olarak kabul edilmesidir. Risklerini geliştirmiş bir RMD modeli ile daha doğru ölçen bir bankanın, risklerini daha basit bir RMD modeli ile ölçen bankadan daha güvenli olduğu düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak, geliştirmiş bir RMD modeli kullanan bir bankanın daha basit RMD modeli kullanma durumuna göre göreceli olarak risklerini daha iyi ölçtüğü için daha düşük bir PRET tutması beklenmektedir.

RMD modellerinin başarısını sınamak için geriye dönük test (backtesting) uygulaması yapılmakta ve elde edilen model sapma sayısı ile RMD yöntemlerinin uygunluğu ölçülmektedir. Az sapma sayısına sahip olan RMD modeli, iyi bir model olarak düşünülse de riski sistematik olarak olduğundan daha yüksek ölçmüş olabilir. Bu çalışmanın amacı, riskleri daha iyi ölçebilen geliştirmiş RMD modelleri daha düşük bir PRET'i sağlayacağı hipotezinin test edilmesidir. Bu durumun tespiti için, çalışmanın ampirik kısmında PRET minimize edilmesi gereken amaç fonksiyonu olarak ele alınmıştır.

Çalışmada RMD hesaplama yöntemlerinden tarihi volatilité, tarihi simülasyon, EWMA, GARCH (1,1), GARCH (1,1)-Bootstrap ve GARCH (1,1)-GED modelleri kullanılmıştır. RMD modellerinde kullanılacak olan parametreler "kayan gözlem penceresi" yöntemiyle her bir işlem için yeniden tahmin edilmiştir. RMD hesaplamaları, günlük veri setleri ile İMKB100 Endeksi, Altın Spot Fiyatı ve Dolar/TL kuru için varlık bazında yapılmıştır. Elde edilen RMD sonuçları geriye dönük test işlemine tabi tutulmuştur. Bu işlem sonucu model güvenlik çarpanı (h) belirlenip PRET simüle edilmiştir. Gerçek veriler için sonuçlar yorumlandıktan sonra aynı süreç altı tane farklı özelliğe sahip rassal olarak üretilmiş veri seti için tekrarlanıp sonuçların tutarlılığı sınanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, GARCH (1,1)-Bootstrap ve GARCH (1,1)-GED modelleri gibi geliştirmiş RMD modellerinin daha düşük PRET'i sağlayacağı hipotezi doğrulanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Riske Maruz Değer (RMD), Geriye Dönük Test, Sermaye Yeterlilik Oranı (SYO), Piyasa Riskine Esas Tutar (PRET), BASEL II.

ABSTRACT

Institution : ZKÜ Institute of Social Sciences, Department of Management
Title : Prediction of Market Risks in Banks: Comparison of Value at Risk Calculation Models in Terms of the Capital Adequacy Ratio
Author : Ahmet Bostancı
Adviser : Prof. Dr. Turhan Korkmaz
Type of Thesis, Year : Ph.D. Thesis, 2011
Total Number of Pages : 185

The Basel Committee on Banking Supervision recommends the use of Value at Risk (VaR) instead of the standard method for calculating the Amount Subject to Market Risk (ASMR). This is because the audit authorities accept that the VaR method is a more successful approach for measuring market risk than the standard method. Banks using advanced VaR models to measure their risks more accurately are thought to be safer than banks measuring their risks with a simple VaR model. Banks using advanced VaR models are expected to hold in a lower ASMR than banks using simple VaR models because of measuring their risk relatively more accurately.

To measure the suitability of VaR models, the numbers of backtesting deviations are accounted for the success of the VaR models. A model with little deviation is thought as a good model but the risk can be measured systematically higher than it is. The purpose of this study is to test the hypothesis that advanced VaR models which measures risks better are resulting a lower ASMR. For the detection of this situation, in the empirical study the ASMR is the objective function to be minimized.

In this study historical volatility, historical simulation, EWMA, GARCH (1,1), GARCH (1,1)-Bootstrap and GARCH (1,1)-GED models were used for VaR calculations. The parameters used in the VaR models were estimated with a “sliding observation window” so that all parameters are calculated again for each transaction. VaR calculations were done with daily data sets for ISE100 Index, Gold Spot Price and U.S. \$ / TL exchange rate on the basis of one asset. The VaR measures were backtested as a result of this process the model security factor h has been identified and so the ASMR has been simulated. After the results for the real data sets have been discussed the same process was repeated with randomly generated six different data sets to test the consistence of the results. According to the findings, the hypothesis that advanced VaR models like GARCH (1,1)-Bootstrap and GARCH (1,1)-GED provides a lower ASMR was rejected.

Keywords: Value at Risk (VaR), Backtesting, Capital Adequacy ratio, Amount Subject to Market Risk (ASMR), BASEL II.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
İÇİNDEKİLER	v
TABLolar LİSTESİ	viii
ŞEKİLLER LİSTESİ	ix
KISALTMALAR LİSTESİ	xiii
GİRİŞ	1
1. BANKACILIKTA RİSKLER VE RİSK YÖNETİM SÜRECİ	6
1.1. Risk Kavramı	6
1.2. Bankalarda Risk Yönetim Süreci	7
1.2.1. Bankalarda Risklerin Belirlenmesi	7
1.2.2. Bankalarda Piyasa Riskinin Ölçülmesi	9
1.2.2.1. Risk Ölçütü Olarak Standart Sapma veya Varyans	10
1.2.2.2. Risk Ölçütü Olarak Duyarlılık Ölçütleri	11
1.2.2.3. Risk Ölçütü Olarak Riske Maruz Değer	14
1.2.3. Bankalarda Piyasa Riskinin Yönetilmesi ve Kontrol Edilmesi	17
2. BASEL II VE YASAL SERMAYE	19
2.1. Basel Bankacılık Denetim Komitesi	19
2.2. BASEL II ve Piyasa Riskine Esas Tutar	25
2.3. Riske Maruz Değere Dayalı Sermaye Yükümlülüğü Oranı	26
2.4. Geriye Dönük Test İşlemi (Backtesting) ve Model Güvenlik Çarpanı (h)	29
2.4.1. Çarpım Faktörü	32
2.4.2. Artı Çarpım Faktörü (Add On)	38
3. RİSKE MARUZ DEĞER	42
3.1. RMD Hesaplamalarında Temel Unsurlar	42
3.1.1. Portföy Seçimi	42
3.1.2. Gözlem Döneminin Seçimi	42
3.1.3. Zaman Aralığı veya Elde Tutma Süresinin Seçimi	43
3.1.4. Güven Seviyesinin Seçimi	43
3.2. Olasılık Dağılımı	44
3.3. Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri	46
3.3.1. Stokastik Trend ve Durağanlık	46

3.3.2. Aşırı Basıklık (Leptocurtic) Dağılım	46
3.3.3. Volatilitte Kümelenmesi (Volatility Clustering)	50
3.3.4. Kaldıraç (Leverage) Etkisi	51
3.4. Temel RMD Hesaplama Modelleri	52
3.4.1. Varyans-Kovaryans Yöntemi	52
3.4.2. Tarihi Simülasyon Yöntemi.....	53
3.4.3. Monte Carlo Simülasyon Yöntemi	54
3.5. Volatilitte Hesaplama Yöntemleri.....	54
3.5.1. Rassal Yürüyüş	55
3.5.2. Tarihi Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması	56
3.5.2.1. Basit Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması.....	56
3.5.2.2. Ağırlıklı Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması	57
3.5.3. Üssel Düzleştirme ile Volatilitenin Hesaplanması	57
3.5.4. Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması	60
3.5.5. GARCH ile Volatilitenin Hesaplanması	61
4. METODOLOJİ VE ÇALIŞMADA KULLANILAN RMD MODELLERİ.....	63
4.1. Konuya İlişkin Literatür Taraması	63
4.2. Metodoloji.....	65
4.3. RMD Hesaplanmasında Kullanılan Veriler	68
4.3.1. Varlığın Getirisinin Hesaplanması.....	69
4.3.2. Getiri Dağılımından τ - Günlük RMD'nin Hesaplanması	70
4.4. Kullanılan RMD Modelleri.....	72
4.4.1. Tarihi Volatilitte.....	72
4.4.2. Tarihi Simülasyon	73
4.4.3. EWMA	75
4.4.4. GARCH (1,1).....	76
4.4.5. GARCH (1,1)-Bootstrap	78
4.4.6. GARCH (1,1)-GED.....	79
4.5. Gerçek Veriler ile Yapılan Ampirik Uygulamanın Sonuçları	81
4.5.1. İMKB100 Endeksi	81
4.5.2. Dolar/TL Kuru	84
4.5.3. Altın Spot Fiyatı.....	87
4.6. Rassal Veri Setleri ile Yapılan Ampirik Uygulama Sonuçları	91
4.6.1. Simülasyon 1 (nu=2)	95
4.6.2. Simülasyon 2 (nu=1.8)	97
4.6.3. Simülasyon 3 (nu=1.6)	98

4.6.4. Simülasyon 4 (nu=1.4)	99
4.6.5. Simülasyon 5 (nu=1.2)	100
4.6.6. Simülasyon 6 (nu=1)	101
4.7. Ampirik Uygulama Sonuçlarının Özetlenmesi	102
SONUÇLAR	104
KAYNAKÇA	108
EKLER	113

TABLULAR LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Tablo 2.1: Sermaye Yeterliliği Oranı Hesabında Özkaynaklar Detayı (Basel I ve Basel II)	23
Tablo 2.2: Geriye Dönük Test İşlemi Olasılıkları ve Çarpım Faktörü Tablosu.....	31
Tablo 3.1: Üç Farklı Senaryo ve Farklı λ için Standart Sapma Sonuçları	58
Tablo 4.1: Gerçek Verilerin Açıklayıcı İstatistikleri	66
Tablo 4.2: İMKB100 Endeksi İçin Uygulama Sonuçları.....	83
Tablo 4.3: Dolar/TL Kuru İçin Uygulama Sonuçları	86
Tablo 4.4: Altın Spot Fiyatı İçin Uygulama Sonuçları	89
Tablo 4.5: Rassal Veri Setlerinin Açıklayıcı İstatistikleri	92
Tablo 4.6: Simülasyon 1 İçin Uygulama Sonuçları.....	95
Tablo 4.7: Simülasyon 2 İçin Uygulama Sonuçları.....	97
Tablo 4.8: Simülasyon 3 İçin Uygulama Sonuçları.....	98
Tablo 4.9: Simülasyon 4 İçin Uygulama Sonuçları.....	99
Tablo 4.10: Simülasyon 5 İçin Uygulama Sonuçları.....	100
Tablo 4.11: Simülasyon 6 İçin Uygulama Sonuçları.....	101
Tablo 4.12: Ampirik Uygulama Sonuçlarının Özeti.....	102

ŞEKİLLER LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 1.1: Bankacılıkta Riskler	8
Şekil 1.2: Parametrik Yöntemle RMD'nin Hesaplanması	15
Şekil 1.3: Çeşitlendirme Etkisi	17
Şekil 2.1: Sermaye Yeterliliği Oranının Hesaplanması (BASEL I)	22
Şekil 2.2: Tschebyschow-Eşitsizliği (Stahl ve Jorion Düşünceleri – Simetrik Bir Dağılım İçin)	36
Şekil 2.3: Tschebyschow-Eşitsizliği (Stahl ve Jorion Düşünceleri – Simetrik Olmayan Bir Dağılım İçin)	37
Şekil 2.4: Artı Çarpım Faktörü	41
Şekil 3.1: Normal Dağılım Yoğunluk Fonksiyonu	44
Şekil 3.2: Ampirik Dağılım ve Normal Dağılım	47
Şekil 3.3: Ampirik Dağılım ve GED Dağılım	49
Şekil 3.4: Ampirik Dağılım İçin Normal ve GED Dağılımının Kuyruk Gösterimi ...	50
Şekil 3.5: İMKB 100 Getiri Dağılımı (01/1994 – 12/2011)	51
Şekil 4.1: Gerçek Verilerin Histogram ve Getiri Grafikleri	67
Şekil 4.2: Kar/Zarar Dağılımı ile $RMD_{\alpha}(\tau t)$ ve Getiri Dağılımı ile $Q_{\alpha}(\tau t)$ hesaplanması	74
Şekil 4.3: İMKB100 Endeksi İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	82
Şekil 4.4: İMKB100 Getirileri İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	82
Şekil 4.5: Dolar/TL Kuru İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	85
Şekil 4.6: Dolar/TL Getirileri İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	85
Şekil 4.7: Altın Spot Fiyatı İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	88
Şekil 4.8: Altın Spot Fiyatı İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri	88
Şekil 4.9: Rassal Verilerin Histogram Grafikleri	93
Şekil 4.10: Rassal Verilerin Getiri Grafikleri	94
Şekil 1: İMKB100 için Tarihi Volatilite Sonuçları	114
Şekil 2: İMKB100 için Tarihi Simülasyon Sonuçları	115
Şekil 3: İMKB100 için EWMA Sonuçları	116
Şekil 4: İMKB100 için GARCH(1,1) Sonuçları	117
Şekil 5: İMKB100 için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları	118

Şekil 6: İMKB100 için GARCH(1,1)-GED Sonuçları	119
Şekil 7: Dolar/TL için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	120
Şekil 8: Dolar/TL için Tarihi Simülasyon Sonuçları.....	121
Şekil 9: Dolar/TL için EWMA Sonuçları	122
Şekil 10: Dolar/TL için GARCH(1,1) Sonuçları.....	123
Şekil 11: Dolar/TL için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları	124
Şekil 12: Dolar/TL için GARCH(1,1)-GED Sonuçları	125
Şekil 13: Altın için Tarihi Volatilite Sonuçları	126
Şekil 14: Altın için Tarihi Simülasyon Sonuçları.....	127
Şekil 15: Altın için EWMA Sonuçları	128
Şekil 16: Altın için GARCH(1,1) Sonuçları	129
Şekil 17: Altın için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları	130
Şekil 18: Altın için GARCH(1,1)-GED Sonuçları	131
Şekil 19: Simülasyon 1 (nu=2) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	132
Şekil 20: Simülasyon 1 (nu=2) için Tarihi Simülasyon Sonuçları	133
Şekil 21: Simülasyon 1 (nu=2) için EWMA Sonuçları	134
Şekil 22: Simülasyon 1 (nu=2) için GARCH(1,1) Sonuçları.....	135
Şekil 23: Simülasyon 1 (nu=2) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları	136
Şekil 24: Simülasyon 1 (nu=2) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları	137
Şekil 25: Simülasyon 2 (nu=1.8) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	138
Şekil 26: Simülasyon 2 (nu=1.8) için Tarihi Simülasyon Sonuçları.....	139
Şekil 27: Simülasyon 2 (nu=1.8) için EWMA Sonuçları	140
Şekil 28: Simülasyon 2 (nu=1.8) için GARCH(1,1) Sonuçları.....	141
Şekil 29: Simülasyon 2 (nu=1.8) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları.....	142
Şekil 30: Simülasyon 2 (nu=1.8) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları.....	143
Şekil 31: Simülasyon 3 (nu=1.6) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	144
Şekil 32: Simülasyon 3 (nu=1.6) için Tarihi Simülasyon Sonuçları	145
Şekil 33: Simülasyon 3 (nu=1.6) için EWMA Sonuçları	146
Şekil 34: Simülasyon 3 (nu=1.6) için GARCH(1,1) Sonuçları.....	147
Şekil 35: Simülasyon 3 (nu=1.6) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları.....	148
Şekil 36: Simülasyon 3 (nu=1.6) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları.....	149
Şekil 37: Simülasyon 4 (nu=1.4) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	150
Şekil 38: Simülasyon 4 (nu=1.4) için Tarihi Simülasyon Sonuçları	151

Şekil 39: Simülasyon 4 (nu=1.4) için EWMA Sonuçları	152
Şekil 40: Simülasyon 4 (nu=1.4) için GARCH(1,1) Sonuçları	153
Şekil 41: Simülasyon 4 (nu=1.4) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları.....	154
Şekil 42: Simülasyon 4 (nu=1.4) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları.....	155
Şekil 43: Simülasyon 5 (nu=1.2) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	156
Şekil 44: Simülasyon 5 (nu=1.2) için Tarihi Simülasyon Sonuçları	157
Şekil 45: Simülasyon 5 (nu=1.2) için EWMA Sonuçları	158
Şekil 46: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1) Sonuçları	159
Şekil 47: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları.....	160
Şekil 48: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları.....	161
Şekil 49: Simülasyon 6 (nu=1) için Tarihi Volatilite Sonuçları.....	162
Şekil 50: Simülasyon 6 (nu=1) için Tarihi Simülasyon Sonuçları	163
Şekil 51: Simülasyon 6 (nu=1) için EWMA Sonuçları	164
Şekil 52: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1) Sonuçları.....	165
Şekil 53: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları	166
Şekil 54: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları	167
Şekil 55: İMKB100 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (1)	168
Şekil 56: İMKB100 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (2)	169
Şekil 57: Dolar/TL $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (1).....	170
Şekil 58: Dolar/TL $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (2).....	171
Şekil 59: Altın $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (1)	172
Şekil 60: Altın $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (2)	173
Şekil 61: Sim1 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (1).....	174
Şekil 62: Sim1 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (2).....	175
Şekil 63: Simülasyon 2 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10} t) \right)$ karşılaştırması (1) 176	

- Şekil 64: Simülasyon 2 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (2) 177
- Şekil 65: Simülasyon 3 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (1) 178
- Şekil 66: Simülasyon 3 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (2) 179
- Şekil 67: Simülasyon 4 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (1) 180
- Şekil 68: Simülasyon 4 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (2) 181
- Şekil 69: Simülasyon 5 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (1) 182
- Şekil 70: Simülasyon 5 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (2) 183
- Şekil 71: Simülasyon 6 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (1) 184
- Şekil 72: Simülasyon 6 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t) \right)$ karşılaştırması (2) 185

KISALTMALAR LİSTESİ

ABD	:	Amerika Birleşik Devletleri
ARCH	:	Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
ASMR	:	Piyasa Riskine Esas Tutar (Amount Subject to Market Risk)
BASEL I	:	I. uluslar arası ilk sermaye yeterliliği uzlaşısı
BASEL II	:	2004 yılında açıklanan ve Basel I' de ilave ve değişiklikler öngören yeni sermaye yeterliliği uzlaşısı
BCBS	:	Basel Bankacılık Denetim Komitesi (Basel Comittee on Banking Supervision)
BDDK	:	Bankacılık Düzenleme ve Denetleme Kurumu
BIS	:	Uluslararası Ödemeler Bankası (Bank for International Settlements)
EWMA	:	Üssel Ağırlıklı Hareketli Ortalama (Exponential Weighted Moving Average)
GARCH	:	Genelleştirilmiş Otoregresif Koşullu Değişen Varyans (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity)
GED	:	Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (Generalized Error Distribution)
i.i.d.	:	Bağımsız ve eşdeğer dağılımlı (independently and identically distributed)
İMKB100	:	İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Bileşik 100 Hisse Endeksi
P	:	Fiyat
PRET	:	Piyasa Riskine Esas Tutar
PRET-RMD	:	Riske Maruz Değer Yöntemiyle Hesaplanan Piyasa Riskine Esas Tutar
PRET-SY	:	Standart Yöntemle hesaplanan Piyasa Riskine Esas Tutar
R	:	Getiri
RMD	:	Riske Maruz Değer (Value at Risk)

RMDSY	:	Riske Maruz Değere Dayalı Sermaye Yükümlülüğü Oranı
ROE	:	Öz Varlık Getirisi (Return on Equity)
SYO	:	Sermaye Yeterliliği Oranı
TCMB	:	Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası
TDK	:	Türk Dil Kurumu
VaR	:	Value at Risk
YS	:	Yasal Sermaye

GİRİŞ

Finansal piyasaların sürekli gelişen yapısı riskin algılanılmasını ve yönetilmesini çok karmaşık hale getirmiştir. Özellikle 1990 ve 2000'li yıllarda gerçekleşen büyük finansal iflaslar, riskin ölçülmesi konusundaki gerekliliği gözler önüne sermiştir. Riskin ölçülmesi ve sayısal olarak ifade edilmesi kaçınılmaz hale gelmiştir. 90'lı yıllarının başında başlayan bu arayışlar sonucu Riske Maruz Değer (Value at Risk), risk ölçümünün önemli yapı taşlarından birisi olmuştur. Katlanılan riski, tek bir sayı ile ifade eden Riske Maruz Değer (RMD) yöntemi, finansal piyasalarda işlem yapan herkes tarafından benimsenmiştir. İstatistiksel bir temele dayanan RMD yöntemi, katlanılan ve aynı zamanda tek bir sayı ile ifade edilen riski, belirlenmiş bir zaman aralığı ve belirlenmiş bir olasılıkla gerçekleşebilecek kaybın, RMD yöntemiyle hesaplanan değeri aşmayacağını ifade etmektedir.

Bu tanımlamada iki temel unsur bulunmaktadır. İlk olarak, hesaplanan RMD değeri için belli bir olasılıktan bahsedilmektedir. Genellikle %95 veya %99 güven seviyesi için yapılan RMD hesaplamalarında, gerçekleşebilecek kayıp, hesaplanan RMD'yi belirlenen olasılıkla aşmayacağı ifade edilmektedir. İstatistiksel olarak basitleştirilmiş bir ifadeyle, %99 güven seviyesi için 100 RMD hesaplamasında sadece bir kez gerçekleşecek kaybın RMD'yi aşması beklenmektedir. İkinci unsur olarak, varlıklar için hesaplanan RMD sadece belirlenmiş bir zaman aralığı için geçerli bir risk ölçütüdür. Eğer bu varlıklar, hesaplamalarda belirlenmiş süreden daha uzun tutulursa, gerçekleşebilecek kaybın hesaplanan RMD'yi aşması normal olarak karşılanmaktadır.

RMD ilk olarak 1994'te J. P. Morgan tarafından tanıtılmıştır. RiskMetrics olarak piyasaya sürülen RMD modeli hızlı bir şekilde piyasa standardı haline gelmiştir. Zamanla farklı RMD modelleri geliştirilmiştir. Özellikle türev ürünlerin karmaşık yapısını modellemede yaşanan sıkıntılar, RiskMetrics tarafından tatmin edici bir şekilde çözümlenememiştir. Geliştirilen modellerden birinin diğerine karşı üstün olduğu söylenememektedir. Her RMD modelinin farklı giriş parametrelere ihtiyaç duyması, farklı varsayımlara dayanması ve farklı hesaplama yoğunluğu gerektirmesi, duruma göre farklı RMD modellerinin tercih edilmesine yol

açmaktadır. İstatistiksel bir yöntem olan RMD hesaplamalarında, herhangi bir modelle hesaplanan RMD, başka bir modelle hesaplanan RMD'ye eşit olmamaktadır. Bu durum, RMD hesaplamaları hangi varlık kompozisyonu için yapılacaksa, o kompozisyon için uygun bir modelin kullanılmasını gerektirebilmektedir.

Kullanılan RMD modelin başarısını sınamak için geriye dönük test (backtesting) uygulaması yapılmaktadır. Geriye dönük test uygulamasında, gerçekleşen bir kayıp varsa, hesaplanan RMD ile karşılaştırılır ve gerçekleşen kayıp RMD'den büyük ise bir sapma kaydedilir. RMD yöntemlerinin uygunluğu yaygın olarak bu sapma sayısı ile ölçülmektedir. Bu durumda, az sapma sayısına sahip olan RMD modeli iyi bir model olarak düşünülebilir. Bu düşüncenin risk yönetimi açısından doğru bir çıkarım olduğu söylenemez. Bankalar risklerini olduğundan daha düşük veya daha yüksek ölçmek yerine doğru ölçmek isteyeceklerdir. Geriye dönük test işleminde az sapma sayısına sahip olan bir RMD modeli, riski sistematik olarak olduğundan daha yüksek ölçmüş olabilir. Bu durumda, RMD modelinin performansı hakkında bir sonuca varmak için sadece sapma sayısının tek başına yeterli bir kriter olmadığı açıkça görülmektedir.

Özellikle Basel Bankacılık Denetim Komitesi (BCBS) bankaların piyasa riskine esas tutarının (PRET) ve dolayısıyla sermaye yeterlilik oranının (SYO) hesaplanmasında RMD yöntemi ile geriye dönük test işlemini benimsemesiyle bu durum önem kazanmıştır. Başlangıçta Basel Bankacılık Denetim Komitesi PRET'in sadece standart yöntemle hesaplanmasını öngörmüştür. Piyasa riskinin ölçülmesinde, RMD yönteminin bir standart olarak kabul edilmesiyle, Basel Bankacılık Denetim Komitesi daha önce öngördüğü standart yöntem yerine RMD bazlı SYO (RMDSY) hesaplanmasına izin vermekle birlikte risklerinin ölçümünde RMD yönteminin kullanılmasını özellikle önermektedir.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi RMD'nin istatistiksel bir yöntem olduğunu göz önünde bulundurarak hesaplanan RMD tutarının bir düzeltme faktörü ile artırılmasını öngörmüştür. Model güvenlik çarpanı olarak da adlandırılan bu düzeltme faktörü başlangıçta 3 olup, kullanılan RMD modelinin geriye dönük test işlemindeki performansına göre sapma sayısı arttıkça kademeli olarak 4'e kadar

artırılması gerekmektedir. Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarafından belirlenen bir sapma sayısını aşan modellerin ise değiştirilmesi istenmektedir.

Model güvenlik çarpanının artması RMDSY'nin artmasına neden olmaktadır. Bu durum sermaye yeterlilik açısından atıl fon tutulması anlamına gelmektedir ve dolayısıyla bankalar tarafından istenilmemektedir. Aynı zamanda sistematik olarak yüksek hesaplanan bir RMD, her ne kadar model güvenlik çarpanını düşük seviyede tutsa da, hesaplanan yüksek RMD sonucu yine atıl fonun tutulması anlamına gelmektedir. Dolayısıyla, yüksek RMD tutarı sonucu düşük bir güvenlik çarpanının kullanılması ile düşük RMD tutarı sonucu yüksek bir güvenlik çarpanının kullanılması arasında çelişkili bir durum söz konusu olabilmektedir.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi PRET'in hesaplanmasında özellikle standart yönteminin yerine RMD yönteminin kullanımını önermektedir. Bunun nedeni ise denetim otoritelerince, RMD yönteminin piyasa risk ölçümünde standart yöntemle göre daha başarılı bir yaklaşım olarak kabul edilmesinden kaynaklanmaktadır. Risklerini gelişmiş bir RMD modeli ile daha doğru ölçen bir bankanın, risklerini daha basit bir RMD modeli ile ölçen bankadan daha güvenli olduğu düşünülmektedir. Bunun sonucu olarak, gelişmiş bir RMD modeli kullanan bir bankanın daha basit RMD modeli kullanma durumuna göre göreceli olarak risklerini daha iyi ölçtüğü için daha düşük bir PRET tutması gerektiği beklenmektedir.

Fricke (2006) ilk olarak çeşitli RMD modellerini, geriye dönük test uygulamasındaki sapma sayılarından ziyade tutulması gereken PRET açısından değerlendirmiştir. Astafiev (2006) aynı metodolojiyi farklı GARCH (1,1) süreci izleyen rassal şekilde üretilen veri setleri ile uygulamıştır. Hermsen (2007) yine aynı metodolojiyi hem gerçek hem de normal, stabil ve GED dağılımlı rassal veri setleri ile uygulamıştır.

Gelişmiş bir RMD modelinin daha düşük bir PRET'e neden olup olmayacağını tespiti için, çalışmanın ampirik kısmında PRET, minimize edilmesi gereken amaç fonksiyonu olarak ele alınacaktır. Bu amaca ulaşılırken aynı zamanda

RMD modelinin piyasa riskinin ölçümünde de başarılı olması istenmektedir. Başarılı bir RMD modeli ile düşük bir PRET sonucu banka daha az atıl fon tutarak daha fazla karlı işlem yapmaya imkan bulacaktır. Bundan dolayı, çalışmada RMD modellerinin performansı için temel kriter olarak geriye dönük test işlemi sonucu model sapma sayılarından ziyade simüle edilecek olan PRET dikkate alınacaktır.

Çalışmada RMD hesaplama yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan tarihi volatilité, tarihi simülasyon ve EWMA yöntemleri kullanılacaktır. Daha gelişmiş RMD modelleri olarak GARCH (1,1), GARCH (1,1)-Bootstrap ve GARCH (1,1)-GED modelleri tercih edilmiştir. Kullanılacak RMD modellerinden, tarihi volatilité ve tarihi simülasyon için 250 ve 1000 günlük gözlem dönemleri, EWMA için 250 günlük gözlem dönemi ve farklı GARCH (1,1) modelleri için 1000 ve 2000 günlük gözlem dönemleri ile RMD hesaplamaları gerçekleştirilmiştir. RMD modellerinde kullanılacak olan parametreler “kayan gözlem penceresi” yöntemiyle, başka bir ifadeyle her işlem (gün) için güncellenmiş bir gözlem dönemiyle parametreler yeniden tahmin edilecektir.

Çalışmanın amacı; “Riskleri daha iyi ölçebilen gelişmiş RMD modelleri daha düşük bir PRET’e neden olmakta mıdır?” sorusuna cevap bulmaktır. Özellikle GARCH (1,1) modellerin, finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerini dikkate alan yapılarından dolayı başarılı RMD sonuçları verdikleri bilindiğinden yukarıdaki sorununun cevabında bu modellerin PRET simülasyon sonuçları merak konusu olmaktadır.

RMD hesaplamaları günlük İMKB100 Endeksi, Altın Spot Fiyatı ve Dolar / TL kuru için varlık bazında yapılacaktır. Elde edilen RMD sonuçları geriye dönük test işlemi sonucu model güvenlik çarpanı belirlenip PRET simüle edilecektir. Gerçek veriler için sonuçlar yorumlandıktan sonra aynı süreç altı tane farklı özelliğe sahip rassal olarak üretilmiş veri seti için tekrarlanıp sonuçlarının tutarlılığı sınanmıştır.

Bu çalışmanın birinci bölümünde; risk kavramı ve bankalarda risk yönetim süreci hakkında bilgi verilip temel risk ölçütleri kısaca ele alınacaktır.

İkinci bölümde ise Basel Bankacılık Denetim Komitesi hakkında bilgi verilip PRET'in hesaplanması, geriye dönük test işlemi ve model güvenlik çarpanı detaylı olarak ele alınacaktır.

Üçüncü bölümde RMD yönteminin temel unsurları tanıtılıp, finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerine değinilecektir. Ardından temel RMD yöntemleri tanıtılıp volatilité hesaplama yöntemlerinin finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerini modellemesindeki başarılarına değinilecektir.

Dördüncü bölümde ise konuya ilişkin literatür taraması, ampirik çalışmanın metodolojisi ve kullanılacak RMD modelleri ile veri setleri hakkında bilgi verilip sonuçlar yorumlanacaktır.

Çalışmanın sonuçlar bölümünde ise elde edilen bulgulara, eleştirilere ve önerilere yer verilecektir.

1. BANKACILIKTA RİSKLER VE RİSK YÖNETİM SÜRECİ

Bu bölümde risk kavramı ve risk yönetim süreci kapsamında risk ölçümünde kullanılan ölçütler tanıtılıp ardından da tanımlanacaktır. Kavramların açıklanmasından sonra, risk yönetimi uygulamaları ve çalışmanın ampirik bölümünde uygulanacak olan RMD yönteminin çerçevesi çizilecektir.

1.1. Risk Kavramı

Risk kavramı günlük hayatta çok kullanılan bir kavram olmasına rağmen çoğu zaman hatalı veya eksik olarak kullanılmaktadır. Genelde *risk* ve *belirsizlik* eşanlamlı olarak kullanılmaktadır.

Belirsizlik daha geniş kapsamlı bir kavram olup, gerçekleşebilecek olası olayların gerçekleşme olasılıklarının bilinmemesi anlamına gelmektedir. *Risk* ise gerçekleşebilecek olası *olayların* gerçekleşme *olasılıklarının* biliniyor olmasını ifade etmektedir. Burada bahsedilen “olay” gelecekte oluşabilecek durumu; “gerçekleşme olasılığı” ise bu olayın hangi ihtimalle gerçekleşeceğini ifade etmektedir. Gerçekleşme olasılığı kesin olarak, yani matematiksel veya istatistiksel olarak saptanabiliyorsa objektif olasılıktan, aksi takdirde subjektif olasılıktan bahsedilmektedir. Olası olayların gerçekleşme olasılıkları objektif veya subjektif olarak bilindiği durumlarda risk kavramının kullanılması uygun olmaktadır. Gerçekleşme olasılıklarının bilinmediği durumlarda ise belirsizlikten bahsedilmesi gerekmektedir (Dörsam, 2007:12; Kruschwitz, 2007:319).

Risk kavramı, hatalı olarak belirsizlik ile eşanlamlı olarak kullanılmasının yanı sıra çoğu kişi tarafından önyargılı veya içgüdüsel olarak olumsuz bir kavram gibi algılanmaktadır. Türk Dil Kurumuna (TDK) göre risk; “zarara uğrama tehlikesi” olarak tanımlansa da bu durum risk kavramının gerçek yapısı hakkında yanlış çıkarımlara yol açmaktadır. Risk tek taraflı bir olgu değildir; başka bir ifadeyle risk, olumsuz bir sonucu kadar olumlu bir sonucu da temsil etmektedir. Markowitz’in (1952) temelini attığı modern portföy teorisinde risk ile beklenen getiri arasında doğru orantılı bir ilişki ortaya konulmuştur. Bu durumda risk arttıkça beklenen getirinin de artacağı beklenmektedir. Ancak, katlanılan yüksek riske karşı beklenen

getiri doğrusal olarak artmadığı durumlarda bir zarara uğrandığı söylenemez; sadece beklenen getiriden olumsuz bir sapma gerçekleşmiştir, yani beklenen getiriden daha az bir getiri elde edilmiştir.

Yukarıda bahsedilenlerden hareketle *Bankacılık* sisteminde risk kavramı “olası bir zarar veya gerçekleşmeyen bir kar” olarak tanımlanmaktadır (Downes ve Goodman, 1991:380). Bu çalışmaya uygun daha kapsamlı bir tanım ise Büschgen tarafından yapılmıştır (Büschgen, 1993:735):

“Eğer ‘risk’ gerçekleşen sonuçlarının, planlanan sonuçlardan bir sapma olasılığı olarak algılanırsa, burada hem olumlu hem de olumsuz bir sapma söz konusu olabilmektedir. İlki genelde ‘şans’ olarak tanımlanırken ikincisi ise ‘dar anlamda risk’ olarak algılanabilir.”

Çalışmanın devamında bu tanım çerçevesinde risk kavramı “dar anlamda risk”, yani bir zararın gerçekleşme olasılığı veya beklenen sonuçtan olumsuz bir sapma olasılığı olarak kullanılacaktır.

1.2. Bankalarda Risk Yönetim Süreci

Bankaların risk yönetim süreci yazarlar tarafından farklı aşamalara ayrılmaktadır. Bankalardaki risk yönetim süreci temel olarak üç aşamada ele alınmaktadır (Jendruschewitz, 2003:10; Moser ve Quast, 1994:669):

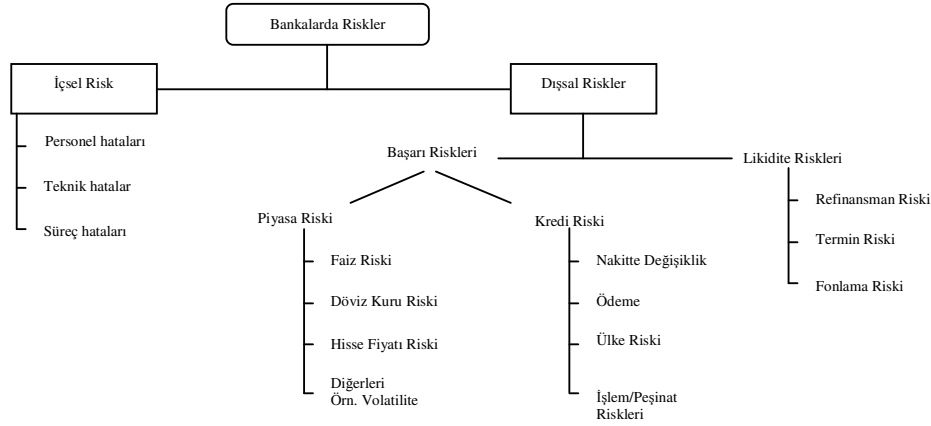
1. Risklerin belirlenmesi
2. Risklerin ölçülmesi (sayısallaştırılması)
3. Risklerin yönetilmesi ve kontrol edilmesi

1.2.1. Bankalarda Risklerin Belirlenmesi

Risklerin belirlenmesinde ilk aşama olarak, hangi risklerle karşı karşıya kalındığı ve hangi risklerin risk yönetimi kapsamında yönetilebileceği araştırılmaktadır. Risklerin belirlenmesinde göz önünde bulundurulması gereken temel nokta ise her etki, bir obje (finansal varlık) üzerinde belirli veya belirsiz bir tepkiye neden olmaktadır. Başka bir ifadeyle, risklerin belirlenmesinde neden-sonuç

ilişkisi tespit edilmelidir. Bankacılıkta riskler, kaynaklarına göre *içsel* ve *dışsal* olarak ayrılmaktadır (Jendruschewitz, 2003:11; Büschgen, 1993:134).

Şekil 1.1: Bankacılıkta Riskler



Kaynak: Boris Jendruschewitz (2003); *Value at Risk: Ein Ansatz zum Management von Marktrisiken in Banken*, 3. Baskı, Bankakademie-Verlag, Frankfurt am Main, s.11.

İçsel risk bankacılık sürecindeki parasal olmayan işlemleri kapsamaktadır. *Operasyonel risk* olarak da adlandırılan bu riskler çoğu zaman personel hatası, teknik hatalar ve süreç hatalarından kaynaklanmaktadır. Bu tür risklere ilişkin örnekler aşağıdaki gibi sıralanmaktadır (Jendruschewitz, 2003:12):

- Bir banka personelinin verdiği hatalı danışmanlığından kaynaklanan bir tazminat ödeme riski (personel hatası).
- Bilgisayarlara bulaşan bir “virüs” sebebiyle yazılımın yenilenme masraflarından kaynaklanan riskler (teknik hatalar).
- Bankacılık işlemlerindeki süreçte oluşan işlem hataları (örneğin para aktarma sırasında oluşan hata) sonucunda tazminat ödeme riskleri (süreç hataları).

Şekil 1.1’de görüldüğü gibi *dışsal risk*, *başarı* ve *likidite* risklerine ayrılmaktadır.

Likidite riski bankanın yükümlüklerini zamanında, sürekli ve eksiksiz olarak yerine getirme yeteneğine etki etmektedir. Bankanın likidite durumunu olumsuz

etkileyebilecek durumlar; yetersiz yeniden finanslama imkanları (*refinansman riski*), verilen kredilerin zamanında geri ödenememesi (*termin riski*) ve müşteriler tarafından beklenmeyen yüksek tutarlardaki kredi talepleri (*fonlama riski*) olmaktadır.

Başarı riski ise bir pozisyonun değerine veya getirisine etki etmektedir. Buradaki pozisyon, aktif veya pasif bir bilanço kaleminde olabildiği gibi (örneğin, yatırım portföyü, kredi, sermaye vs.) bilanço dışı bir pozisyonda (türev ürünlerindeki pozisyonlar) da olabilir. Bu riskleri kaynaklarına göre faiz, döviz kuru, hisse fiyatı ve diğer fiyatlar veya fiyatı etkileyen faktörlerdeki (örneğin volatilité) değişimlerden kaynaklanan “*piyasa riski*” ve karşı tarafın ödeme güçlüklerine veya likidite durumundaki değişimlerinden kaynaklanan “*kredi riski*”ne ayırabiliriz (Jendruschewitz, 2003:12–13).

Bu çalışmada yukarıda bahsi geçen çeşitli risk kaynaklarından sadece *piyasa riski* incelenecektir. Varlığın değerindeki değişimi etkileyen neden-sonuç ilişkisi aşağıda belirtildiği şekilde ele alınacaktır:

- *Risk Kaynağı (neden)*: Risk kaynağı olarak sadece piyasa parametrelerindeki değişmelerinden kaynaklanan riskler, yani *piyasa riski* incelenecektir.
- *Riske Maruz Varlık (varlık)*: Sadece bankaların alım satıma konu olan finansal varlıkları incelenecektir. Yani, alım satıma konu olan finansal varlıklar dışında kalan varlıklar dikkate alınmayacaktır (kredi veya operasyonel risk çalışmanın dışında bırakılacaktır).
- *Riskin Etkisi (sonuç)*: Bankaların alım satıma konu olan finansal varlıklarındaki fiyat ve getiri değişimleri incelenecektir.

1.2.2. Bankalarda Piyasa Riskinin Ölçülmesi

Riskler belirlendikten sonraki aşamada, belirlenen risklerin arasından hangilerinin analiz edileceğine karar verilmesi gerekmektedir. Analiz edilmesi istenen risklerin sayısallaştırılması yani ölçülebilir hale getirilmesi gerekmektedir.

Risklerin sayısallaştırılması, üzerinde en çok çalışılan fakat kaydedilen ilerlemeye rağmen hala gelişmeye çok açık bir çalışma alanı olmaktadır. Risklerin sayısallaştırılmasında, riskler bir veya birkaç risk ölçütü (sayısı) ile ifade edilmektedir. Bu aşama için en yoğun olarak kullanılan üç temel risk ölçütü burada kısaca tanıtılacaktır. Bunlar:

- Standart sapma veya varyans
- Duyarlılık ölçütleri
- Riske Maruz Değer

1.2.2.1. Risk Ölçütü Olarak Standart Sapma veya Varyans

Markowitz'in (1952) temelini attığı modern portföy teorisinde risk ile beklenen getiri arasında doğru orantılı bir ilişki ortaya konulmuştur. Bu durumda risk arttıkça beklenen getirinin de artacağı beklenmektedir. Yatırımcılar, yatırım tercihleri için özellikle iki parametreyi göz önünde bulundurmaktadırlar; *beklenen getiri* ve *beklenen risk*. Beklenen getirinin ölçütü olarak *getirinin beklenen değeri* ve risk ölçütü olarak ise *beklenen değerden sapmalar* dikkate alınmaktadır. Beklenen değerden sapmaların ölçütü olarak standart sapma ve varyans kullanılmaktadır. Markowitz'in başlangıçta risk ölçütü olarak varyansı tercih etmiş ise de zamanla standart sapma varyansın yerini almıştır (Jendruschewitz, 2003:14).

Risk ölçütü olarak varyansın kullanılmasındaki en önemli dezavantaj ölçü biriminden kaynaklanmaktadır. Bütün gözlemlere sabit bir sayı eklendiğinde varyans değişmez fakat gözlemler bir sabit k ile çarpıldığında varyans değişmektedir. Gözlemler k ile çarpıldığında riskin de k kat artması beklenmektedir. Fakat varyans k katı kadar değil k^2 katı kadar artmaktadır. Varyans hesaplanırken ortalamadan farklarının karesi alındığı için ölçüt doğrusal değil üssel (karesel) olarak artmaktadır. Standart sapma, varyansın karekökü olduğundan riskin ölçütü olarak böyle bir sorunu barındırmamaktadır, yani gözlemler k ile çarpıldığında standart sapma da k^2 katı kadar değil, sadece k katı kadar artmaktadır (Kraemer, 2008:52-53).

Beklenen değerden bir sapma olarak tanımladığımız risk, ölçülmek istendiğinde, beklenen değerden sapmanın boyutu önem arz etmektedir. Sapmanın, beklenen değerden (ortalamadan) ne kadar uzak olma ihtimali varsa, risk de doğru orantılı olarak artacaktır. Burada doğrusal bir ilişki değil sadece aynı yönde bir ilişkiden bahsedilebilir.

Bu çalışmada temel risk ölçütlerinden standart sapma ve varyans ampirik uygulama bölümünde kullanılacağından ilgili bölümlerde detaylı olarak anlatılacaktır.

1.2.2.2. Risk Ölçütü Olarak Duyarlılık Ölçütleri

Riskin ölçülmesinde en yaygın olarak kullanılan varyans ve standart sapmanın yanı sıra özellikle opsiyonların risk ölçümünde duyarlılık ölçütleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Duyarlılık ölçütleri, bir varlığın veya portföyünün değerinin, bir veya birkaç piyasa parametrelerinin değişiminden nasıl etkileneceğini ölçmektedir. Duyarlılık analizleri üç adımda gerçekleşmektedir (Jendruschewitz, 2003:15-16):

1. İlk olarak varlığın veya portföyün değeri (V) piyasa değişkenlerinin ($\Delta\xi_1, \Delta\xi_2, \dots, \Delta\xi_N$) fonksiyonu olarak tanımlanmaktadır. Başka bir ifadeyle, varlığın veya portföyün değerini belirlemek için piyasa değişkenlerine bağlı bir değerlendirme denkleminin oluşturulması gerekmektedir.
2. İkinci adımda, her bir piyasa değişkeni ξ_n , $\Delta\xi_n$ kadar değiştirilmektedir ve değişim vektörü; $S_Z = (\Delta\xi_1, \Delta\xi_2, \dots, \Delta\xi_N)$ senaryo olarak adlandırılmaktadır. Değişim vektörünün değerleri sabit kalırsa, Benchmark-Senaryodan, değişim vektörünün piyasa koşullarına uygun olarak değişirse de Piyasa-Senaryosundan bahsedilmektedir. Benchmark-Senaryosunun özel durumu olan Worst-Case-Senaryosu ise aşırı olumsuz bir durumu varsayan bir senaryodur.
3. Son adımda ise parasal olarak ifade edilecek olan risk, varlığın veya portföyün senaryodaki parasal değeri eksi başlangıç değeri olarak hesaplanmaktadır:

$$Risk = X(\xi_1 + \Delta\xi_1, \xi_2 + \Delta\xi_2, \dots, \xi_n + \Delta\xi_n) - X(\xi_1, \dots, \xi_N) \quad (1.1)$$

Burada parasal olarak ifade edilen risk, “what-if” ölçütü olarak da adlandırılmaktadır. Başka bir ifadeyle piyasa S_Z değişkenlik vektörü şeklinde değişiklik gösterirse, varlığın veya portföyün değerinin, hesaplanan risk kadar değişeceği öngörülmektedir.

Duyarlılık analizleri yaygın olarak opsiyonların riskliliğinin ölçümünde kullanılmaktadır. Avrupa tipi bir call opsiyonunun değeri Black-Scholes formülü ile aşağıdaki şekilde hesaplanmaktadır (Black ve Scholes, 1973:637–659):

$$C = S_0 \cdot N(d_1) - K \cdot e^{-r_{RF}t} \cdot N(d_2) \quad (1.2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{S_0}{K}\right) + \left(r_{RF} + \frac{\sigma^2}{2}\right) \cdot t}{\sigma \cdot \sqrt{t}} \quad (1.3)$$

$$d_2 = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{t} \quad (1.4)$$

Burada;

C =Avrupa tipi call opsiyonun fiyatı

S_0 = Hisse senedi piyasa fiyatı

K = Anlaşma fiyatı

σ = yıllık volatilitite

t = vadeye kadar süre

r_{RF} = yıllık risksiz faiz oranını

göstermektedir.

Risksiz faiz oranının yıllık %5 olduğu bir durumda, hisse senedi piyasa fiyatı \$30, anlaşma fiyatı \$29, volatilitesi %25 ve vadeye kalan süresi dört ay olan Avrupa tipi call opsiyonun fiyatı yukarıdaki formüllerle \$2,53 olarak hesaplanmaktadır.

Buna göre call opsiyonun fiyatı beş değişkene $C(S_0, K, \sigma, t, r_{RF})$ bağlıdır. Call opsiyonun fiyatının bağlı olduğu beş değişkenden sadece üçü değişkenlik sergilemektedir. Sözleşmenin vadeye kalan süresinin piyasa tarafından

etkilenmemesi ve anlaşma fiyatının sabit olması, duyarlılık analizlerinin geriye kalan değişkenlik gösterebilecek üç parametre $C(S_0, \sigma, r_{RF})$ ile yapılmasına neden olmaktadır.

Duyarlılık analizi için hisse senedi fiyatının %10 düşeceğini, volatilitésinin ve risksiz faiz oranının %10 artacağını varsayarsak yani $S_{Z_1} = (-\%10, +\%10, +\%10)$ ile hesaplama tekrarlanırsa, call opsiyonun yeni fiyatı \$1,11 ve riskimiz $\$1,11 - \$2,53 = -\$1,42$ olacaktır.

Uygulamada genelde birden çok değişkenin aynı anda değişiminin etkisi araştırılmaktansa tek değişkenin değişimi için duyarlılık analizleri yapılmaktadır. Farklı bir ifade ile, tek bir değişkene bağımlılığı ölçen duyarlılık ölçütleri hesaplanmaktadır. Burada değişkendeki sonsuz küçük değişimlerin etkisi, değerlendirme denklemindeki değişkene göre kısmi türev alınarak ölçülmektedir.

Opsiyonların riskliliğinin ölçülmesinde yaygın olarak kullanılan ve yunan sembollerıyla simgelandikleri için “Greeks” olarak adlandırılan tek değişkenli duyarlılık ölçütleri aşağıdaki gibidir (Korkmaz, 1999:182-197):

- Delta: Hisse senedi fiyatında meydana gelen değişimin opsiyon fiyatında yarattığı değişim

$$\delta = \frac{\Delta C}{\Delta S_0} \quad (1.5)$$

- Gama: Hisse senedi fiyatında meydana gelen değişimin deltada yarattığı değişim

$$\gamma = \frac{\Delta \delta}{\Delta S_0} \quad (1.6)$$

- Vega: Hisse senedinin standart sapmasında meydana gelen değişimin opsiyon fiyatında yarattığı değişim

$$\lambda = \frac{\Delta C}{\Delta \sigma_s} \quad (1.7)$$

- *Theta*: Vadenin azalmasının opsiyon fiyatında yarattığı değişim

$$\theta = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (1.8)$$

- *Rho*: Risksiz faiz oranındaki meydana gelen değişimin opsiyon fiyatında yarattığı değişim

$$\rho = \frac{\Delta C}{\Delta r_{RF}} \quad (1.9)$$

Bu çalışmada risk ölçütü olarak duyarlılık ölçütleri kullanılmayacağından bu başlık altında yapılan genel tanıtımı dışında tekrar değinilmeyecektir. Daha önce de belirtildiği gibi ampirik uygulamada temel risk ölçütlerinden standart sapma ile varyans ve bunların devamında RMD risk ölçütü kullanılacaktır.

1.2.2.3. Risk Ölçütü Olarak Riske Maruz Değer

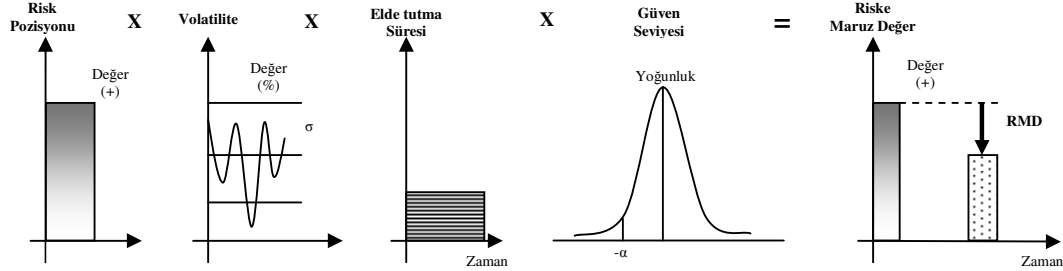
Buraya kadar tanıtılan risk ölçütleri “olasılık” olgusunu sadece kısmen hesaplamalara dahil etmektedir. RMD ise olasılığı daha kapsamlı bir şekilde hesaplamalara dahil etmektedir.

Eğer bir varlık veya portföy piyasa fiyatlarına göre değerlendirilmekte ise, varlık veya portföyün değeri de piyasada gerçekleşen değişiklikler sonucu değişmektedir ve bir kazanç ya da kayıp oluşmaktadır. Bu kar ya da zarar önceden belirlenemese de bir rassal değişken olarak ele alınabilmektedir. Uygun yöntemlerle bir olasılık dağılımı ve buradan da bir kantil hesaplanabilir. Bu kantil ise rassal değişkenin, belirli bir olasılıkla aşmayacağı değeri ifade etmektedir. %1 kantili örneğin hangi değerinin %99 olasılıkla aşılmayacağını göstermektedir. Eğer elde edilen %1 kantil değeri negatif ise, bu değer %99 olasılıkla aşılmayacak zarar değeri olarak düşünülmektedir.

Bu düşüncelere dayanarak RMD belirli bir zaman aralığı ve belirlenmiş bir olasılıkla, normal piyasa koşulları altında aşılması beklenmeyen en yüksek zarar olarak tanımlanmaktadır (Jorion, 1997:19).

RMD'nin parametrik yöntemle hesaplanması Şekil 1.2'de görselleştirilmiştir.

Şekil 1.2: Parametrik Yöntemle RMD'nin Hesaplanması



Kaynak: Thomas Wolke (2007); *Risikomanagement*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München, s.32.

RMD hesaplamasını etkileyen değişkenler (riske maruz varlık, volatilité, elde tutma süresi ve güven seviyesi) doğru orantılı bir şekilde RMD hesaplamalarını etkilemektedir. Etki eden değişkenler büyüdükçe RMD de büyümektedir; bu durumun tersi olarak, etki eden değişkenler küçüldükçe RMD de küçülmektedir.

Örneğin bir banka A Şirketinin 1.000.000 adet hissesini tutuyor. A Şirketin hisseleri borsada hisse başı 3,7 TL'den işlem görüyor. Bu durumda riske maruz varlık 1.000.000 adet hisse çarpı 3,7 TL eder bu da 3.700.000 TL olur. A hisse senedin standart sapması (=volatilitesi) daha önce günlük %1,031 olarak saptanıp, elde tutma süresi olarak 10 gün belirlenmiştir ve banka güven seviyesi olarak %99 benimsemektedir. Hisse senedinin getirilerinin normal dağıldığı varsayımı altında, %99 güven seviyesinin -0,01 (-alfa) kantili 2,326 olarak elde edilmektedir.

Yukarıdaki Şekil 1.2'ye uygun olarak RMD:

$$3.700.000\text{TL} * \%1,031 * \text{Karekök } 10 * 2,326 = 280.588,65 \text{ TL}$$

olmaktadır.

Buna göre, %99 olasılıkla 10 gün içinde beklenen kaybın 280.588,65 TL'yi geçmeyeceği, yani sadece %1 olasılıkla bu değerini aşılacağı beklenmektedir.

Şimdi ikinci bir şirketin, B Şirketinin 1.000.000 adet hissesinin alındığı ve B Şirketin hisselerinin borsada hisse başı 4,5 TL'den işlem gördüğü varsayalım. B hisse senedinin standart sapması daha önce günlük %1,386 olarak saptanıp, elde tutma süresi 10 gün ve güven seviyesi %99 ile A hisse senedi ile aynı belirlenmiştir. B hissesi tek başına değerlendirildiğinde RMD'si 458.759,91 TL olarak hesaplanır. A ve B hisselerin RMD'leri toplanırsa 739.348,56 TL elde edilir.

RMD'ler ayrı ayrı değil de bir portföy olarak değerlendirilirse, riske maruz varlık iki varlık değerinin toplamı 8.200.000 TL (3.700.000 TL + 4.500.00 TL) olur. Elde tutma süresi yine 10 gün ve güven seviyesi de %99 ile aynı belirlenmiştir. Asıl değişiklik volatilité hesaplamasında gerçekleşmektedir. Bunun sebebi ise, varyansın (dolayısıyla standart sapmanın) hesabında kovaryans veya korelasyonların da dikkate alınmasının gerekliliğinden kaynaklanmaktadır. Bu durumda, A ve B hisselerinden oluşan portföy için hesaplanan standart sapmanın %1,025 olarak hesaplandığı varsayımı altında portföyün RMD'si 618.226,23 TL olarak bulunur.

Eğer hisseler için ayrı ayrı elde edilen RMD'ler, portföyün RMD'si ile karşılaştırılırsa aşağıdaki sonuç elde edilmektedir.

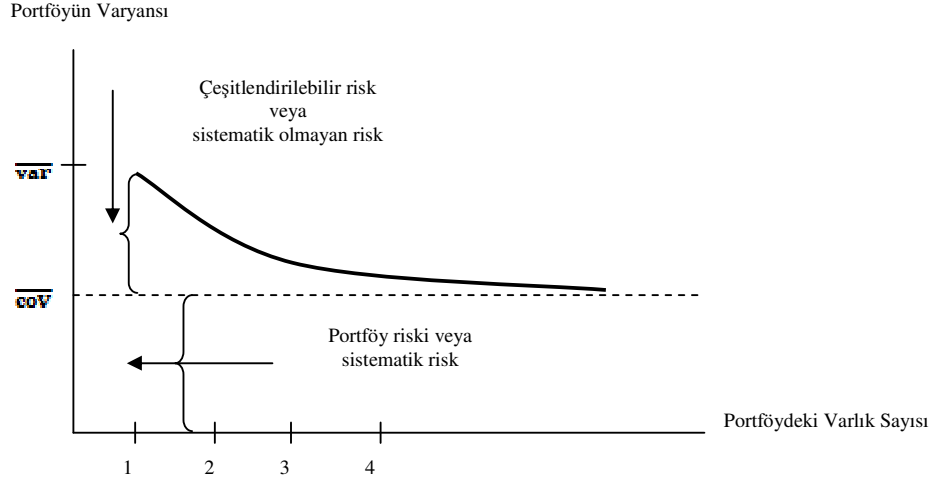
$$RMD_{\text{Portföy}} = 618.226,23 \text{ TL} < 739.348,56 \text{ TL} = RMD_A (280.588,65 \text{ TL}) + RMD_B (458.759,91 \text{ TL})$$

Görüldüğü gibi, varlıkların portföy olarak ele alındığında hesaplanan RMD, varlıkların ayrı ayrı hesaplanan RMD'lerinin toplamından daha düşük çıkmaktadır. Başka bir ifadeyle, varlıkların ayrı ayrı risk toplamları, varlıkların ortak riskinden daha yüksektir. Bunun sebebi ise portföy çeşitlendirme etkisiyle açıklanmaktadır. Bir portföyün riski; sistematik risk ve sistematik olmayan risk toplamından oluşmaktadır.

Sistematik risk (portföy riski veya piyasa riski olarak da adlandırılmaktadır) riskin çeşitlendirmeyele yok edilemeyen kısmını ifade etmektedir. Sistematik olmayan risk (spesifik risk olarak da adlandırılmaktadır) portföy çeşitlendirmesi ile azaltılıp teorik olarak 0'a kadar indirilebilmektedir. Çeşitlendirme etkisi, sistematik olmayan risk için varlıkların korelasyonunun 1'den küçük olduğu durumlarda geçerli olmaktadır. Varlıkların korelasyonu azaldıkça çeşitlendirme etkisi artmaktadır.

Varlıkların korelasyonu 1 ise portföyün riski varlıkların ayrı ayrı risklerin toplamına eşittir. Bahsedilen bu durum Şekil 1.3’de görselleştirilmiştir.

Şekil 1.3: Çeşitlendirme Etkisi



Kaynak: Adrian Buckley, Stephen A. Ross, Randolph W. Westerfield ve Jeffrey F. Jaffe (2000); *Finanzmanagement europäischer Unternehmen*, McGraw-Hill, London.

Yukarıdaki örnek, RMD hesaplamasının en basit şekliyle verilmiştir. Gerçek hayatta ise çok daha karmaşık hesaplama yöntemleri kullanılmaktadır. Bu yöntemler ampirik uygulamada kullanılacağından ilgili bölümlerde detaylı anlatılacaktır.

1.2.3. Bankalarda Piyasa Riskinin Yönetilmesi ve Kontrol Edilmesi

Bankalarda piyasa riskinin yönetilmesi ve kontrol edilmesi ise portföylerinin sadece olması gereken risklere maruz kalmalarının sağlanmasını kapsamaktadır. Bu bağlamda olması gerekenden fazla katlanılan riskin sınırlandırılması ve aynı zamanda toplam riskin optimal şekilde portföydeki varlıklara dağıtılması amaçlanmaktadır.

Risklerin yönetilmesi pasif veya aktif olarak gerçekleştirilmektedir. Pasif olarak risklerin yönetilmesi, risk limitleri belirlenip bu limitler dahilinde işlemler yapılarak gerçekleştirilirken; aktif olarak risklerin yönetilmesinde ise portföy, ters işlem ile korunup (hedging) riskler azaltılmaktadır. Pasif risk yönetiminde limitler kalitatif veya kantitatif olarak tespit edilmektedir. Kalitatif limit olarak sadece yüksek derecelendirmeli

(rating) tahvillere yatırım yapılması örnek olarak verilebilir. Kantitatif limit ise aşağıdaki gibi bir çok kritere bağlanabilir (Jendruschewitz, 2003:20-23):

- Hacim Limitleri: Açık pozisyonlarının tutulmasına sadece belirli bir nominal meblağa kadar izin verilmektedir. Çok basit olarak uygulanılabilen bir yöntem olmasına rağmen risk ile doğrudan bir ilişki kurulmamaktadır.
- Risk Limitleri: Bu yaklaşımda bir pozisyonun riski sayısal bir risk ölçütü ile sınırlandırılmaktadır. Buradaki sayısal risk ölçütü daha önce tanımlanmış risk ölçütlerinden herhangi biri ile hesaplanabilir. Uygulamada genel olarak aşağıdaki limitler kullanılmaktadır:
 - Duyarlılık Limitleri: Opsiyon alım satımında çoğu zaman Greeks (özellikle delta, gama ve vega) sınırları belirlenmektedir.
 - Senaryo Limitleri: Varsayımsal bir Benchmark veya Worst-Case-Senaryosu sonucu gerçekleşebilecek kayıp belirlenen bir tutarı aşmaması istenmektedir.
 - RMD Limitleri: Limitler RMD olarak verilmektedir. Varlığın veya portföyün RMD'si sürekli olarak hesaplanıp RMD limiti ile karşılaştırılmaktadır. Belli bir olasılık ve belirlenen bir süre için hesaplanan RMD'nin, RMD limitini aşmaması istenmektedir.
 - Zarar Limitleri: Daha önce belirlenen bir zarar sınırı gerçekleştiğinde pozisyon küçültülmekte veya kapatılmaktadır.

Risklerin aktif olarak yönetilmesinde ise mevcut pozisyonunda gerçekleşebilecek olası bir kaybın, pozisyonun ters işlem ile korunarak, asıl pozisyonundaki kaybın ters işlem pozisyonundaki kazanç ile kısmen karşılanması amaçlanmaktadır. Burada hangi risklerin korunması gerektiğinin tespiti farklı bilgilere göre belirlenmektedir. Bu bilgilerden bir tanesi RMD olabilmektedir.

Özet olarak RMD yönteminin etkili bir risk ölçüm aracı olduğu söylenebilir. Bu özelliğinden dolayı RMD yönteminin, risklerin yönetilmesinde de birçok uygulama alanı bulunmaktadır.

2. BASEL II VE YASAL SERMAYE

Bu bölümde BASEL II sermaye uzlaşısı ve bu kapsamda yasal sermaye oranı (YSO) ve piyasa riskine esas tutar (PRET) tanıtılacaktır. Bu çerçevede, RMD'ye dayalı sermaye yükümlülüğü oranı (RMDSY) hesaplamaları ile saptanan PRET'in yasal sermayenin amacına hizmet edip etmemesi tartışılacaktır. Bununla birlikte, geriye dönük test işlemi, çarpım faktörü ve artı çarpım faktörü tanıtılacaktır.

2.1. Basel Bankacılık Denetim Komitesi

Bankacılıkta ideal veya ekonomik sermaye miktarı ile yasal sermaye miktarı genelde birbirleri ile ters düşmektedir. Banka sermayesinin yeterli, yetersiz ve hatta bazı durumlarda fazla olduğuna nasıl karar verileceği önemli bir konu olmaktadır. Örneğin bir bankanın fazla sermaye ile çalışması, banka denetim otoritesi için çok büyük bir problem teşkil etmemektedir. Ancak, banka ortağı sermayedarlar için bankanın bir kısım sermayesinin atıl tutulması, sermaye karşılığında uygun ölçüde risk alınmaması ve bunun sonucunda banka karlılığını ve öz varlık getirisinin (return on equity-ROE) düşük gerçekleşmesi önemli bir sorun teşkil etmektedir. Eğer bankanın net kar/özkaynaklar oranı rakiplerinin veya sektör ortalamasının altında seyrediyor ve bu sorun sermaye yetersizliğinden kaynaklanmıyorsa, sorunun sebebi atıl sermaye olabilmektedir. Özvarlık getirisini (net kar/özkaynaklar oranını) yükseltmenin iki yolu vardır. Risk alarak karlılığı yükseltmek ve/veya özkaynakları azaltmaktır. Diğer yandan banka sermayesinin yetersiz olduğunun varsayıldığı durumlardan en önemlisi, sermaye seviyesinin ya da zorunlu yasal sermaye yeterliliği oranının yasal düzeyin altına düşmesidir. Ancak zorunlu yasal sermaye yeterliliği düzenlemelerinin, bankanın gerçek sermaye ihtiyacını ne ölçüde doğru ölçebildiği, dolayısıyla yasal sermaye yeterlilik oranının (YSO) yasal düzeyin üzerinde seyreden bankaların gerçekte ihtiyaçları olan sermayeye sahip olup olmadıkları veya yasal sermaye yeterliliği oranının yasal sınırın altına düşen bir bankanın gerçekten tehlikeli düzeyde bir riskle karşı karşıya olup olmadığı tartışılacak hususlar olmaktadır (Altıntaş, 2006:36).

Görüleceği üzere risk yönetimi perspektifinden bakıldığında öngörülebilecek ideal sermaye düzeyi ile mevzuatın öngördüğü yasal sermaye düzeyi arasında ciddi

farklılıkların oluşması büyük bir olasılıktır. Risk yönetimi açısından bir bankanın ideal sermaye düzeyi, toplam “beklenmeyen zararları” (unexpected loss) karşılayabilecek miktardır. İdeal olarak üstlendiğimiz tüm risklerden karşılaşılabileceğimiz beklenmeyen toplam zarar tutarını karşılayabilecek sermaye “ekonomik sermaye” veya “ekonomik risk sermayesi” olarak isimlendirilmektedir (Altıntaş, 2006:38).

Yukarıda bahsedilen çelişkiden kaynaklanan tartışma 1980’li yıllardan itibaren uluslararası arenada gerçekleşmiştir. Bankaların sermaye yeterliliği ile ilgili kaygıların artmasıyla, risklerin daha sağlıklı ölçümü yönündeki gayretler ivme kazanmıştır. Bunun sonucu olarak, Basel Bankacılık Denetim Komitesi 1988 yılında riske dayalı ilk sermaye yeterliliği uzlaşısını (BASEL I) açıklamıştır.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi bankaların *piyasa risklerinin* takibine yönelik “*The Supervisory Treatment of Market Risks*” adlı dokümanı ise 1993’de yayınlamıştır. Bu dokümanda, bankaların maruz kaldıkları piyasa riski seviyesine göre sermaye zorunluluklarını belirlemelerine dair bir çerçeve ortaya konmuştur. Bu çerçeve dokümanı, piyasa riskine dayalı sermaye gereksiniminin standart bir metodolojiye göre hesaplanmasını önermiştir. Fakat önerilen metodoloji, aşağıda belirtilen sebeplerden dolayı olumsuz eleştiriler almıştır (Duman, 1999:22, Babuşcu, 2005:88):

- Standart model, bankaların daha etkin ve daha doğru sonuçlar veren risk yönetim sistemleri geliştirmelerini teşvik edici unsurlar içermemektedir.
- Standart model, portföy halinde tutulan varlıklar ve yatırım enstrümanları arasındaki korelasyonu dikkate almamaktadır.
- Standart model, pek çok banka tarafından kullanılan ve teknolojik olarak gelişmiş risk yönetim sistemlerini dikkate almamıştır.

Bu yorum ve eleştiriler karşısında Basel Bankacılık Denetim Komitesi, çerçeve dokümanda değişikliklere giderek 1995 yılında “*Proposal to Issue a Supplement to the Basel Capital Accord to Cover Market Risks*” ve 1996 yılında “*Overview of the*

Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks” isimlerini taşıyan belgeleri yayınlanmıştır. Basel Bankacılık Denetim Komitesi, bu belgelerde, bankaların piyasa riskine esas tutarının hesaplanmasında kendi *içsel modellerini* kullanabilmelerine olanak sağlamıştır.

“*An Internal Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements*” (1995b) isimli çalışmada ise piyasa riskini ölçmeye yönelik risk ölçüm ve yönetim sistemlerinde risk faktörlerinin nasıl belirleneceğine ve nelerin göz önünde bulundurulacağına ilişkin öneriler yer almıştır. Bu çalışmada, piyasa riskinin hesaplanması için *RMD kullanımını* ayrıntılı olarak açıklayan bir bölüme de yer verilmiştir. 1996 yılında ise, yukarıdaki çalışmalar ve tartışmalar sonucu piyasa riskinin hesaplama yöntemlerine dair *nihai bir belge* olan “*Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks*” yayınlanmıştır. Buna göre bankalar, piyasa risklerinin ölçümünde Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarafından önerilen standart yöntem ile hesaplanan piyasa riskine esas tutarı (PRET-SY) kullanabilecekleri gibi, belli şartları taşımaları halinde, kendi geliştirdikleri risk ölçüm ve yönetim modelleri ile hesapladıkları RMD bazlı PRET’i (PRET-RMD) de kullanabileceklerdir. Bu belgeye göre, bankaların piyasa risklerini ölçmede kendi geliştirdikleri içsel modelleri kullanmasına belli şartlarda izin verilmesi öngörülmektedir (Babuşcu, 2005:88).

RMD bazlı sermaye yeterliliği oranı sadece Türkiye’de değil tüm dünyada geniş kabul görmüş ve bankaların sermaye yeterliliğinin ölçümünde uluslararası standart haline gelmiştir. Basel I’e göre SYO’nun hesaplanması Şekil 2.1’de gösterildiği gibi yapılmaktadır (Özkaynak detayı Tablo 2.1’de verilmiştir). Buna rağmen BASEL I uzlaşısı uygulamaya girdiği yıllardan itibaren özellikle kredi riskinin ölçümünde benimsenen yöntemler nedeniyle eleştiriye maruz kalmıştır.

Şekil 2.1: Sermaye Yeterliliği Oranının Hesaplanması (BASEL I)

Ana Sermaye		%0 Risk Ağırlığına Tabi Hesaplar
+		+
Katkı Sermaye		%20 Risk Ağırlığına Tabi Hesaplar
+		+
Üçüncü Kuşak Sermaye		%50 Risk Ağırlığına Tabi Hesaplar
-		+
Sermayeden İndirilecek Değerler		%100 Risk Ağırlığına Tabi Hesaplar
=		+
ÖZKAYNAKLAR	÷	Piyasa Riskine Esas Tutar
		=
		Risk Ağırlıklı Varlıklar, Gayrinakdi Krediler ve Yükümlülükler (RAGNKY)+Piyasa Riskine Esas Tutar (PRET)
Sermaye Yeterliliği Oranı = Özkaynaklar / (RAGNKY+PRET) ≥ %8		

Kaynak: M. Ayhan Altıntaş (2006); *Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Sermaye Yeterliliği*, Turhan Kitabevi Yayınları, Ankara, s. 63.

Bu eleştirileri dikkate alan Basel Bankacılık Denetim Komitesi, BASEL I'in sermaye yeterliliği ölçümüne ilişkin eksikliklerini ve finansal piyasalarda meydana gelen gelişmeleri göz önünde bulundurarak yeni sermaye uzlaşısının "*Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards*" nihai metnini 26 Haziran 2004'te yayımlamıştır.

Basel-II'de Basel I'deki kredi riski ölçüm yöntemi değiştirilmiş, buna bağlı olarak piyasa riskinin ölçümünde spesifik riskle ilgili kısmi değişiklik yapılmış, operasyonel riskler sermaye yeterliliği ölçümüne yeni bir unsur olarak dahil edilmiş, yapısal faiz oranı riski başta olmak üzere diğer risklerden kaynaklanan sermaye yükümlülüğünün ise banka denetim otoritelerince banka bazında takdir edilerek nihai sermaye yeterliliği oranına ulaşılması öngörülmüştür.

Tablo 2.1: Sermaye Yeterliliği Oranı Hesabında Özkaynaklar Detayı (Basel I ve Basel II)

<p>I. ANA SERMAYE A)Ödenmiş sermaye, B)Kanuni yedek akçeler, C)İhtiyari ve fevkalade yedek akçeler, D)Vergi provizyonundan sonraki dönem kârı ve geçmiş yıllar kârı toplamı, E)Dönem zararı ile geçmiş yıllar zararı toplamı (-).</p> <p>II. KATKI SERMAYE* A) Genel kredi karşılığı tutarı**, B) Banka sabit kıymet yeniden değerlendirme fonu (maliyet artış fonu, sermayeye eklenecek iştirak ve bağlı ortaklık hisseleri ile gayrimenkul satış kazançları dahil), C) Banka sabit kıymetleri için Bankaların Kuruluş ve Faaliyetleri Hakkında Yönetmeliğin 4 üncü maddesinin 4 üncü fıkrasında yer alan katkı sermaye ile ilgili tanımda belirtilen şekilde hesaplanan yeniden değerlendirme tutarı, D) İştirakler, bağlı ortaklıklar sabit kıymet yeniden değerlendirme karşılığı (Menkul kıymetler arasında izlenen iştirak amaçlı diğer ortaklıklara ilişkin olanlar dahil), E) Alınan sermaye benzeri krediler, F) Menkul değerler değer artış fonu, G) Muhtemel riskler için ayrılan serbest karşılıklar.</p> <p>III: ÜÇÜNCÜ KUŞAK SERMAYE</p> <p>IV. SERMAYE</p> <p>V. SERMAYEDEN İNDİRİLEN DEĞERLER A)Ana faaliyet konuları para ve sermaye piyasaları ile sigortacılık olan ve bu konulardaki özel kanunlara göre izin ve ruhsat ile faaliyet gösteren mali kurumlara yapılan tüm sermaye katılımlarına ilişkin tutarlar, B) Özel maliyet bedelleri, C) İlk tesis giderleri, D) Peşin ödenmiş giderler, E) İştiraklerin, bağlı ortaklıkların, sermayesine katılan diğer ortaklıkların ve sabit kıymetlerin rayiç değeri bilançoda kayıtlı değerinin altında ise aradaki fark, F) Türkiye'de faaliyet gösteren diğer bankalara verilen "sermaye benzeri krediler", G) Şerefiye, H) Aktifleştirilmiş giderler.</p> <p>VI. ÖZKAYNAKLAR (IV- V)</p> <p>* Katkı sermayenin, ana sermayeyi aşan bölümü dikkate alınmaz. ** Basel I'de genel karşılıkların ancak ana sermayenin %25'ine kadar olan bir bölümü katkı sermayeye ilave edilebilirken, Basel II uzlaşısında genel karşılıkların katkı sermayeye ilavesinde değişiklik öngörülmektedir. Buna göre standart yaklaşım altında genel karşılıktan katkı sermayeye ilave edilecek bölüm risk ağırlıklı aktiflerin %1,5'ini geçemeyecektir. İçsel derecelendirme yöntemlerini kullanan bankalarda ise genel karşılıkların peşinen katkı sermayeye ilave edilmesi uygulamasına son verilmektedir. İçsel derecelendirme yönteminde öncelikle genel karşılıkların beklenen zararı karşılayıp karşılamadığı analiz edilmekte, eğer artık bakiye kalıyorsa risk ağırlıklı varlıkların %0,6'sına kadar bir meblağın katkı sermayeye ilavesine rıza gösterilmektedir. Beklenen zararın karşılanamadığı hallerde farkın %50'si ana sermayeden %50'side katkı sermayeden indirilecektir.</p>

Kaynak: M. Ayhan Altıntaş (2006); *Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Sermaye Yeterliliği*, Turhan Kitabevi Yayınları, Ankara, s. 64.

BASEL II'ye göre zorunlu asgari yasal sermaye yeterliliği oranı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Altıntaş, 2006:77):

$$SYO = \frac{\text{Özkaynaklar}}{\text{Kredi Riski} + \text{Piyasa Riski} + \text{Operasyonel Risk}} \geq \%8 \quad (2.1)$$

Türkiye, uluslararası ilk sermaye yeterliliği düzenlemesini 26 Ekim 1989 tarihinde yayınlanan 3182 sayılı Bankalar Kanunu'na ilişkin 6 no.lu Tebliğle sermaye yeterliliği standart rasyosu olarak bilinen "Sermaye Tabanı/Risk Ağırlıklı Varlıklar ve Gayrinakdi Krediler ve Yükümlülükler Rasyosu" oranı bir geçiş süreci ile birlikte yürürlüğe koymuştur. Sermaye yeterlilik oranında (SYO) zaman içinde muhtelif değişiklikler yapılmıştır. En kapsamlı revizyon ise BDDK tarafından 10.02.2001 tarihinde yayınlanan "Bankaların Sermaye Yeterliliğinin Ölçülmesine ve Değerlendirilmesine İlişkin Yönetmelik" (SY Yönetmeliği) ile yapıлып, düzenlemeye *piyasa riski* bileşeni ilave edilmiştir. BDDK tarafından 31.01.2002 tarihinde yayınlanan yeni bir yönetmelikle ikinci bir revizyon daha yapılmış ve bu defa opsiyon işlemlerinden kaynaklanan riskler piyasa riski hesaplamasına dahil edilmiştir. 1989 yılı Ekim ayından 2005 yılı Ekim ayına kadar Tebliğ ve Yönetmeliklerle düzenlenen zorunlu sermaye yeterliliği oranı, 5411 sayılı yeni Bankacılık Kanunu'nun 45'inci maddesine münhasıran yer bulmuştur (Altıntaş, 2006:36).

Sön dönemlerde yaşanan küresel finansal kriz sonucu BIS, BASEL III sermaye uzlaşısını yayınlamıştır. BASEL III'e ilişkin BDDK "Sorularla BASEL III" bilgilendirmesinde aşağıdaki şekilde bir ifade kullanmaktadır (BDDK, 2010b:1).

"12 Eylül 2010 tarihi itibarıyla kamuoyuna açıklanan kurallar etkileri itibarıyla ciddi finansal sonuçlara yol açsa da sermaye yeterliliği hesaplama felsefesinde önemli sapmalar meydana getirmemektedir. Başka bir deyişle; Basel III, Basel II gibi sermaye gereksinimi hesaplanma usulünü tümünden değiştiren bir "devrim" değil ancak Basel II'nin özellikle son finansal krizdeki gözlemlenen eksikliklerini tamamlayan bir "ek düzenlemeler seti" niteliğindedir. Yeni kurallar setinde, mevcut özkaynak ve sermaye yeterliliği hesaplamasında önem arz eden sermayenin niteliğinin ve niceliğinin artırılmasına ilişkin standartlar ile dönemselliğe bağlı olarak kullanılacak ilave sermaye tamponu oluşturulması gibi başlıklar mevcuttur. Bahsi geçen hususlara ilave olarak daha önce Basel II uygulamalarının en büyük eksikliği

olarak görülen likidite yeterlilik ve risk bazlı olmayan kaldıraç oranları gibi hususlarda yeni düzenlemeler ihdas edilmiştir.”

Basel III, 2013–2019 yılları arası aşamalı olarak uygulamaya konulacağından ve kısmen halen tartışılıp değişebileceğinden bu çalışmada dikkate alınmayacaktır.

2.2. BASEL II ve Piyasa Riskine Esas Tutar

Basel Bankacılık Denetim Komitesi 1993 yılında yayımladığı “*Supervisory Treatment of Market Risks*” metninde piyasa riskini şu şekilde açıklamıştır:

“Piyasa riski; faiz oranı, döviz kuru ve hisse senedi fiyatlarındaki hareketlerden dolayı bilanço içi veya dışı pozisyonlarda ortaya çıkabilecek kayıp riski olmaktadır.”

Piyasa riskine ilişkin tutulması gereken zorunlu yasal sermaye standart yöntemin yanı sıra daha önce tanımlanan RMD risk ölçütü ile saptanmaktadır. Hangi RMD modelinin kullanılacağı bankaların tercihine bırakılsa bile belirli nitel ve nicel standartlar konulmuştur. İçsel modellerinin nitel standartlarında PRET-RMD’nin nasıl hesaplanacağı belirtilmiştir. Günlük olarak $\alpha = 0,01$ anlamlılık düzeyi için yani $1 - \alpha = 0,99$ güven seviyesi için 10 günlük ($\tau = 10$) RMD $\left(\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t) \right)$ hesaplanacaktır. Kolaylık olsun diye 1 günlük ($\tau = 1$) RMD $\left(\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{1}|t) \right)$ hesaplanıp zamanın karekökü kuralından faydalanılarak 10 iş gününe ölçeklendirilmesine izin verilmiştir. Hesaplamalar için en az 1 yıllık (250 iş günü) tarihi veri seti kullanılması gerekmektedir (BCBS, 2006:191-203):

$$\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t) = \sqrt{10} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{1}|t) \quad (2.2)$$

Bu yakınsama, kısıtlayıcı varsayımlara dayanmaktadır. Burada getirilerin normal dağılımlı ve beklenen değeri (ortalaması) 0 olduğu varsayılmaktadır. Aynı zamanda getirilerin bağımsız ve eşdeğer dağılımlı (i.i.d.) olduğu varsayılmıştır. Özetle (Fricke, 2006:21-22):

$$Y_i \stackrel{i.i.d.}{\sim} \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad (2.3)$$

Günlük getirilerin $\tau = 1$ gün için t zamanındaki koşullu kantili (i zamanına kadar bilgilerin mevcut olması durumunda);

$$Q_\alpha(1|t) = \sigma z_\alpha \quad (2.4)$$

olmaktadır. Burada z_α standart normal dağılımın α -kantilini temsil etmektedir.

Kümülatif getirilerin varyansı bu durumda;

$$\text{VARYANS}(Y_{\tau|t}) = \tau\sigma^2 \quad (2.5)$$

yani;

$$Y_{\tau|t} \sim \mathcal{N}(0, \tau\sigma^2) \text{ ve böylece } \frac{Y_{\tau|t}}{\sqrt{\tau}\sigma} \sim \mathcal{N}(0,1) \quad (2.6)$$

olmaktadır. Böylece t zamanındaki normal dağılımın $\tau = 10$ için koşullu kantili;

$$Q_\alpha(10|t) = \sqrt{10}\sigma z_\alpha = \sqrt{10}Q_\alpha(1|t) \quad (2.7)$$

olmaktadır.

2.3. Riske Maruz Değere Dayalı Sermaye Yükümlülüğü Oranı

Basel Bankacılık Denetim Komitesi piyasa riski için PRET-SY hesaplanmasından ziyade içsel model ile yani RMD yöntemi ile PRET-RMD hesaplanmasını önermektedir (BCBS, 1995). RMD yöntemiyle $t+1$ günü için hesaplanan riske maruz değere dayalı sermaye yükümlülüğü oranı (RMDSY), önceki 60 işgünün 10 günlük RMD ortalaması ile “*çarpım faktörü*” ve varsa “*artı çarpım faktörü*” ilave ederek oluşacak h katsayısı ile çarpılması sonucu elde edilen tutar ile t günündeki hesaplanan 10 günlük RMD tutarından yüksek olanını kullanılmasını öngörmektedir (BDDK, 2010:20).

$$\text{RMDSY}_{1|t} = \max\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i), \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t)\right) \quad (2.8)$$

Burada;

$RMDSY_{1t}$: Riske Maruz Değere Dayalı Sermaye Yükümlülüğü Oranı,

$RMD_{0,01}(\mathbf{10}|t)$: 10 günlük RMD değerini,

h : Çarpım Faktörünü

ifade etmektedir.

Çarpım faktörü başlangıçta 3 olup, RMD modelinin geriye dönük test işlemindeki performansına göre artı çarpım faktörü ilave edilerek çarpım faktörün kademeli olarak 4'e kadar yükseltilmesi öngörülmektedir. Çarpım faktörünün yükselmesi RMDSY'nin artması bu da atıl fon tutulması anlamına gelmektedir ve dolayısıyla bankalar tarafından istenmemektedir.

Denklem (2.8)'den anlaşıldığı gibi hem RMD'nin yüksek olarak hesaplanması hem de RMD modelinin kötü performansı (model sapma sayısına göre artan artı çarpım faktörü ve dolayısıyla artan h) RMDSY'yi artırmaktadır.

Sön dönemlerde yaşanan küresel finansal kriz sonucu Basel Bankacılık Denetim Komitesi 22.06.2008 tarihinde “*Proposed Revisions to the Basel II Market Risk Framework*” adlı tartışma metnini yayınlayıp RMDSY hesaplamasında bazı değişiklikleri öngörmüştür. RMDSY hesaplamasında strese tabi RMD hesaplamasının dahil edilmesiyle yapılan asıl değişiklik ise 22.07.2009 tarihinde yayınlanan nihai metin “*Revisions to the Basel II Market Risk Framework*” ile gündeme gelmiştir. Bu metne göre 31.12.2010 tarihinden itibaren RMDSY'nin denklem (2.9)'daki şekilde hesaplanması öngörülmektedir (BCBS, 2009:15):

$$RMDSY_{1t} = \max \left(\frac{h_1}{60} \sum_{i=1}^{60} RMD_{0,01}(\mathbf{10}|t-i), RMD_{0,01}(\mathbf{10}|t) \right) + \max \left(\frac{h_2}{60} \sum_{i=1}^{60} sRMD_{0,01}(\mathbf{10}|t-i), sRMD_{0,01}(\mathbf{10}|t) \right) \quad (2.9)$$

Burada;

$RMDSY_{1t}$: Riske Maruz Değere Dayalı Sermaye Yükümlülüğünü,

$RMD_{0,01}(10|t)$: 10 günlük RMD değerini,

$sRMD_{0,01}(10|t)$: 10 günlük strese tabi RMD değerini,

h_1 : RMD Çarpım Faktörünü,

h_2 : strese tabi RMD Çarpım Faktörünü,

ifade etmektedir.

Şubat 2011’de Basel Bankacılık Denetim Komitesi’nin yayımladığı “*Revisions to the Basel II Market Risk Framework - Updated as of 31 December 2010*” adlı metninde RMDSY hesaplamasında gidilecek değişikliği 31.12.2011 tarihine ertelemiştir (BCBS, 2011a:4). Bununla birlikte, Basel Bankacılık Denetim Komitesi’nin 31.01.2011 tarihinde yayınladığı “*Messages from the Academic Literature on Risk Measurement for the Trading Book*” adlı çalışmasında strese tabi RMD için aşağıdaki ifade kullanılmıştır (BCBS, 2011b:3):

“Strese tabi RMD yöntemi akademik literatürde şimdiye kadar analiz edilmemiştir. Teorik bir bakış açısından mükemmel olmayan bir çözüm olan bu yaklaşımın amacı bugünkü piyasa koşullarının gelecekte daha volatil piyasanın riskini doğru değerlendirilmesi için iyi bir gösterge olmayacağıdır.”

Bu açıklamaya bakılırsa, strese tabi RMD hesaplamasının RMDSY’ye dahil edilmesi eğer uygulamaya geçecek ise yukarıdaki şekliyle son hali olmayacağı anlaşılmaktadır.

BDDK’nın Risk Yönetim Dairesinin Nisan 2010’da yayımladığı “Piyasa Riski Ölçümleme Yöntemlerine İlişkin Analiz” adlı çalışmasında Türkiye’de RMDSY hesaplama konusundaki durumu şu sözlerle ifade etmiştir (BDDK, 2010a:5):

“Strese tabi RMD’nin hayata geçirilmesi halinde içsel model kullanma olasılığı bulunan bankaların bu uygulamadan etkilenebileceği, standart yöntemde ise söz konusu hesaplamaya denk gelen bir rakam olmadığından söz konusu yöntemi kullanan bankaların değişiklikten etkilenmeyeceği görülmektedir. Diğer taraftan, halen ülkemizde içsel model ile yasal sermaye gereksinimi hesaplayan banka bulunmamaktadır. Dolayısıyla, kısa vadede strese tabi RMD uygulamasından bankacılık sektörünün etkilenmeyeceği sonucu ortaya çıkmaktadır. Ancak, ülkemizde halen yasal sermaye gereksinimi hesabında içsel model kullanan banka bulunmaması düşündürücüdür. İçsel

modelin daha yüksek sermaye gereksinimi rakamları ortaya çıkarmasından dolayı hiçbir bankanın model onayı için başvurmadığı, tüm bankaların sermaye gereksinimi hesaplamak üzere standart yöntemi kullandığı kanaati oluşmaktadır. Diğer taraftan bankaların; sermayelerinin banka içi dağıtılması, RMD limitlerinin tesis edilmesi veya piyasa riskinin yönetilmesi süreçlerini içsel model kullanarak yapmaları risk yönetimi uygulamalarının gelişimi adına olumlu olarak değerlendirilmektedir.”

BDDK'nın Risk Yönetim Dairesi bu çalışma ile PRET-SY ile hesaplanan RMDSY, PRET-RMD ile hesaplanan RMDSY'den daha düşük olacağını açıkça ifade etmektedir. BASEL II'nin gelişmiş ülkeler örnek alınarak hazırlanmış olması zaten genel olarak bir eleştiri konusu olmaktadır. BDDK'nın bu çalışması BASEL II'nin Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler için sakıncaları bulunduğunun açıkça göstergesidir. Bununla birlikte, içsel model kullanacak olan bankalar için farklı RMD hesaplama modellerinin kullanımının PRET açısından nasıl bir farklılık yaratacağı, merak konusu olmaktadır.

Bundan dolayı, bu çalışmada RMDSY yani PRET minimize edilmesi gereken ekonomik amaç fonksiyonu olarak ele alınmaktadır. Bu amaca ulaşılırken aynı zamanda RMD modelinin piyasa riskinin ölçümünde de başarılı olması istenmektedir. Başarılı bir RMD modeli ile düşük bir RMDSY sonucu banka daha az atıl fon tutarak daha fazla karlı işlem yapmaya imkan bulmaktadır. Bundan dolayı ampirik çalışmada, RMD modellerinin performansı için temel kriter olarak model sapma sayılarından ziyade, RMDSY yani PRET dikkate alınacaktır.

2.4. Geriye Dönük Test İşlemi (Backtesting) ve Model Güvenlik Çarpanı (h)

Geriye dönük test işlemi basit bir ifadeyle kullanılan RMD modelinin tutarlılığının test edilmesidir. Bu işlemde portföy için hesaplanan RMD ile gerçekleşen portföy değişimi karşılaştırılmaktadır. Eğer portföy değerinde bir azalma söz konusu ise ve o azalma hesaplanan RMD'den büyük ise modelde bir “sapma” gerçekleşmiştir. Örnek olarak; %99 güven seviyesi için %1 sapma beklenmekteyken %95 güven seviyesi için %5 sapma beklenmektedir. Yani %99 güven seviyesinde 100 günde 1 sapma beklenirken 1.000 günde ise 10 sapma beklenmektedir. Bu durumun bu kadar basit olarak ifade edilmesi istatistiki açıdan

bir modelin %100 doğru olduğunu varsaymaktadır; fakat, bu modeller hatalar barındırmaktadırlar. Bu durumda iki istatistikî sorunla karşılaşılmaktadır:

- Doğru bir modelin hatalı olarak reddedilmesi (Tip 1 Hata)
- Hatalı bir modelin doğru olarak kabul edilmesidir (Tip 2 Hata)

Bu gerçeği göz önünde bulunduran Basel Bankacılık Denetim Komitesi, bir modelin doğru veya hatalı olmasının tespiti için 250 günlük bir geriye dönük test dönemi için sapmalar belirlendiğinde, 4 sapmaya kadar “yeşil”, 5 ile 9 arası sapmalar için “sarı”, 10 ve daha fazlası sapma için “kırmızı” bölge tanımını getirmiştir. “Yeşil” bölgede bulunan modeller, temelinde başarısında tutarlı olarak algılanılırken, “sarı” bölgedeki modeller ise başarısı hakkında soru işaretleri oluşturmakla beraber kesin bir yargıya yer vermemektedir. “Kırmızı” bölgedeki modeller ise başarıları hakkında kesin bir sorunun varlığına işaret etmektedirler (BCBS, 1996a:6).

Basel Bankacılık Denetim Komitesi PRET’in hesaplanmasında RMD’nin kullanılmasına izin verirken modelinin başarısını da bu hesaplama dahil etmektedir. Başarısız bir model artı çarpım faktörü ile cezalandırılarak daha çok zorunlu yasal sermaye tutulmasına yol açmaktadır. “Yeşil” bölgedeki bir modelin, sermaye tutma zorunluluğunun tespitinde RMD 3 faktörü ile katlanırken, “sarı” bölgedeki model kademeli olarak sapma sayısına göre 3,85’e kadar artarken “kırmızı” bölgede ise 4 faktörüne yükselmektedir (Bolgün ve Akçay, 2003:323).

Bu bölgelerin tayininde aşağıdaki formülden faydalanılmaktadır (Bolgün ve Akçay, 2003:366):

$$P(r = r | n, p) = \binom{n}{p} p^r q^{n-r} = \frac{n!}{r!(n-r)!} p^r q^{n-r} \quad (2.10)$$

Burada;

p = İstisnai olasılık değeri,

r = Yıl içindeki istisna sayısı,

n = Yıl içindeki gün sayısı,

$q = 1 - p$,

olmaktadır.

Yukarıdaki formülden hareketle Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarafından aşağıdaki Tablo 2.2 oluşturulmuştur (BCBS, 1996a:14).

Tablo 2.2: Geriye Dönük Test İşlemi Olasılıkları ve Çarpım Faktörü Tablosu

Bölge	Sapma Sayısı	Çarpım Faktöründeki Artış	%99 için Yakalama %'si	Kümülatif Olasılık
Yeşil Bölge	0	0,00	8,1%	8,11%
	1	0,00	20,5%	28,58%
	2	0,00	25,7%	54,32%
	3	0,00	21,5%	75,81%
	4	0,00	13,4%	89,22%
Sarı Bölge	5	0,40	6,7%	95,88%
	6	0,50	2,7%	98,63%
	7	0,65	1,0%	99,60%
	8	0,75	0,3%	99,89%
	9	0,85	0,1%	99,97%
Kırmızı Bölge	10 ve üzerinde	1,00	0,0%	99,99%

Kaynak: BCBS (1996a); Supervisory Framework for the use of 'Backtesting' in Conjunction with the Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements, Basel, s. 14.

Tablo 2.2’de Basel Bankacılık Denetim Komitesi’nin belirlediği bölgelerin sınırları ve çarpım faktörüne eklenecek artı çarpım faktörü verilmektedir. Bu tablo Denklem (2.10) ile %99 güven seviyesi için hesaplanmış olasılıkları gösterilmektedir. Burada örnek olarak 250 günlük bir gözlem aralığında %6,7 olasılıkla tam olarak 5 sapma veya %95,88 olasılıkla 5 veya daha az sapma beklenmektedir. Bölgelerin sınırları ise, sarı bölge için sapmaların kümülatif toplamı %95 veya üzeri olduğu yerde, kırmızı bölge için ise sapmaların kümülatif toplamı %99,99 olduğu yerde başlamaktadır (BCBS, 1996a:8).

Basel Bankacılık Denetim Komitesi, banka ve finans kurumlarının kendi RMD hesaplama modellerini kullanarak RMDSY hesaplamasına imkan vermektedir. Kullanılan RMD modellerinin geriye dönük test (backtesting) işlemi ile modelin sapma sayısı sonucu tespit edilen artı çarpım faktörü, 3’e eklenerek RMDSY hesaplanmaktadır.

Burada geriye dönük test işleminin önemi ortaya çıkmaktadır. Hiçbir banka fazla sermaye ve dolayısıyla atıl sermaye bulundurmamak istememektedir. Yüksek hesaplanan RMD az sapmaya ve dolayısıyla düşük bir artı çarpım faktörüne, fakat yüksek RMD değerinden dolayı yüksek bir RMDSY'ye yol açmaktadır. Diğer taraftan, düşük hesaplanan RMD ise çok sapmaya ve dolayısıyla yüksek bir artı çarpım faktörüne ve yine yüksek bir RMDSY'ye yol açmaktadır.

Bu sebeplerden dolayı her banka RMD hesaplamalarında gerçekçi bir RMD'ye ulaşmak isteyecektir. Başka bir ifadeyle, fazla sapmaya neden olmayacak bir RMD değeri ile artı çarpım faktörünün artışı engellenmeye çalışılırken aynı zamanda yüksek olarak hesaplanan RMD değerinden dolayı atıl tutulması gereken sermayenin engellenmesi amaçlanacaktır.

RMDSY açısından teorik optimum RMD tutarı, gerçekleşen kayıpların tam olarak hesaplanan RMD tutarına denk geldiği tutardır. Böylece çarpım faktörünün ve RMD'nin en küçük olacağı varsayıp bu durumda da RMDSY'nin minimum düzeyde olacağı düşünülmektedir. Bu mantıklı beklentinin ne kadar doğru olduğu çalışmanın ampirik uygulama bölümünde irdelenecektir.

2.4.1. Çarpım Faktörü

İstatistiksel modeller gerçeğin basitleştirilmiş yansımalarıdır. Dolayısıyla hatalı RMD modelleri yanlış RMD değerlerine yol açabilmektedir. Bu yanlış modeller bağlamında *model hatalarından* bahsedilmektedir. Bunun yanı sıra, modellerin sadeleştirilmesinden kaynaklanan analitik hatalar ise *sistemik hatalar* olarak adlandırılmaktadır. Başka bir hata kaynağı ise yetersiz istatistiksel verilerden kaynaklanan *tesadüfi hatalardır*. Yine RMD hesaplamalarında yaygın olarak kullanılan iterasyonlu yaklaştırma yöntemleri ile elde edilen yakınsamalar ise *nümerik hatalar* olarak adlandırılmaktadırlar (Auer, 2002:93).

Denetim otoritesi için RMD sonuçlarının performansı büyük önem arz etmektedir. Olduğundan daha başarılı olarak derecelendirilen bir RMD modeli, istenmeyen sonuçlara yol açabilmektedir. Denetim otoritesi bu olasılığı da göz önünde bulundurarak, RMD bazlı sermaye yükümlülüğünün hesaplanmasında, RMD

tutarını çarpım faktörü 3 ile çarpılarak RMDSY'ye dahil edilmesini öngörmektedir. Gerekli taktirde model sapma sayılarına göre belirlenen artı çarpım faktörü 3'e eklenerek bu çarpım faktörünü kademeli olarak 4'e kadar artırılması istenmektedir.

İçsel RMD modellerinde RMDSY'nin hesaplanmasında 3 olarak kullanılacak olan çarpım faktörü, çeşitli çevrelerden çok yüksek hatta gereksiz diye eleştirildiğinde, Basel Bankacılık Denetim Komitesi bu eleştirileri dikkate alarak konuyu tekrar değerlendireceğini belirtmiştir. Yapılan çalışmalar sonucu, Basel Bankacılık Denetim Komitesi aşağıdaki gerekçeleri de belirterek model çarpan katsayısının 3 olarak kalmasının, RMDSY için uygun ve makul bir hesaplama yol açacağına kanaat getirmiştir (BCBS, 1996b:3-4).

- Piyasa hareketleri çoğu zaman normal dağılımlı olarak modellenen dağılımdan farklılıklar arz etmektedir. Örneğin; normal dağılımın öngördüğü aşırı oynamalardan daha fazla gerçekleştirmeler olabilmektedir (kalın kuyuklar).
- Her zaman geçmiş, gelecek için iyi bir öngörü zemini oluşturamamaktadır (örneğin; volatilitte ve korelasyonlar ani değişiklikler gösterebilmektedirler).
- RMD hesaplamaları genelde gün sonu pozisyonlarına uygulanmaktadır; gün içinde gerçekleşen işlem riski (trading risk) bu hesaplamalara genelde dahil edilmemektedir.
- Olağanüstü piyasa hareketlerinden oluşan risk, sadece bir model ile uygun bir şekilde modellenememektedir.
- Bir çok model sadeleştirilmiş varsayımlar kullanarak portföyün kapsadığı, özellikle opsiyon gibi karmaşık varlıkları modelleyememektedir.

Yukarıdaki açıklamalardan anlaşılacağı gibi Basel Bankacılık Denetim Komitesi hiçbir somut istatistiksel dayanak ifade etmeden katsayıyı 3 olarak saptamaktadır. Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarafından bu konuya ilişkin herhangi bir açıklama bulunmamasına rağmen Stahl (1997) model çarpan katsayısını istatistiki bir gerekçeye dayandırmak için Tschebyschow-eşitsizliği (veya

Tschebyscheff, Tschebyschev olarak da adlandırılmaktadır) ile kanıtlamaya çalışmaktadır.

Stokastikte (olasılık hesabı) Tschebyschow-eşitsizliği sonlu varyansa sahip olan rassal bir değişkenin, kendisinin beklenen değeri etrafında belirli bir aralıkta yer alma olasılığı için bir alt sınırı belirlemektedir. Benzer şekilde değişkenin bu aralığın dışında yer alma olasılığı için de bir üst sınırı belirlenmektedir. Bu eşitsizlik “çan eğrisi” şeklinde olmayan veya simetrik olmayan dağılımlara da uygulanıp, verilerin ne kadarı “ortada” ve ne kadar ortada olmadığını saptamak için kullanılabilir.

Bu durumda dağılım fonksiyonu bilinmeyen fakat beklenen değeri ve varyansı sonlu olan rassal bir değişkenin gerçekleşme olasılık tahmini için aşağıdaki Tschebyschow-eşitsizliği geçerlidir (Stahl, 1997:67).

$$P(|X - E[X]| > k \cdot \sigma) \leq \frac{1}{k^2}; k > 0 \quad (2.11)$$

Burada $E[X]$ beklenen değer, σ bilinen standart sapma ve k bir sabiti ifade etmektedir. Bu durumda herhangi bir dağılım fonksiyonuna sahip rassal değişkenin $[E[X] - k \cdot \sigma, E[X] + k \cdot \sigma]$ güven aralığının içinde gerçekleşme olasılığı en fazla $1/k^2$ olur. Değişkenin $[E[X] - k \cdot \sigma, E[X] + k \cdot \sigma]$ güven aralığının dışında gerçekleşme olasılığı en az $1 - 1/k^2$ olur.

Eğer RMDSY hesaplanmasında, dağılım fonksiyonu bilinmeyen bir rassal değişken için Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarafından öngörülen %99 güven aralığı için k hesaplanırsa;

$$P(|X - \mu| > k \cdot \sigma) \leq 0,01$$

olur ve buradan;

$$\frac{1}{k^2} = 0,01 \quad \Rightarrow k = 10$$

elde edilir.

Normal dağılım fonksiyonu için %99 güven aralığının katsayısı bilindiği gibi yaklaşık 2,33 olmaktadır. Bu durumda Stahl'a göre %99 güven düzeyinde düzeltme faktörü veya model güvenlik çarpanı olarak:

$$k_{RMD} = \frac{RMD_{\Xi}}{RMD_{\Phi}} = \frac{\Xi^{-1}(0,99)}{\sigma \cdot Z_{0,99}} \leq \frac{10 \cdot \sigma}{2,33 \cdot \sigma} = 4,29 \quad (2.12)$$

olması gerekmektedir.

%95 güven aralığı için k hesaplanacak olursa;

$$P(|X - \mu| > k \cdot \sigma) \leq 0,05$$

olur ve buradan;

$$\frac{1}{k^2} = 0,05 \quad \Rightarrow k = 4,47$$

elde edilir.

Bilindiği gibi normal dağılım fonksiyonu için %95 güven aralığının katsayısı yaklaşık 1,64 olmaktadır. Dolayısıyla %95 güven düzeyinde düzeltme faktörü veya model güvenlik çarpanı olarak:

$$k_{RMD} = \frac{RMD_{\Xi}}{RMD_{\Phi}} = \frac{\Xi^{-1}(0,95)}{\sigma \cdot Z_{0,95}} \leq \frac{4,47 \cdot \sigma}{1,64 \cdot \sigma} = 2,72 \quad (2.13)$$

olması gerekmektedir.

Stahl, %5 güven seviyesi için de RMD model riski dikkate alındığı gerekçesini öne sürerek RMDSY hesaplamasında RMD tutarının model güvenlik çarpanı 3 ile çarpılmasını açıklamaktadır.

Jorion (2001) Stahl'ın bu açıklamasını benimseyerek simetrik bir dağılım için aynı düşüncüyü geliştirerek aşağıdaki şekilde ifade etmiştir:

$$P(|X - \mu| > -k \cdot \sigma) \leq \frac{1}{2} \frac{1}{k^2}; \quad k > 0 \quad (2.14)$$

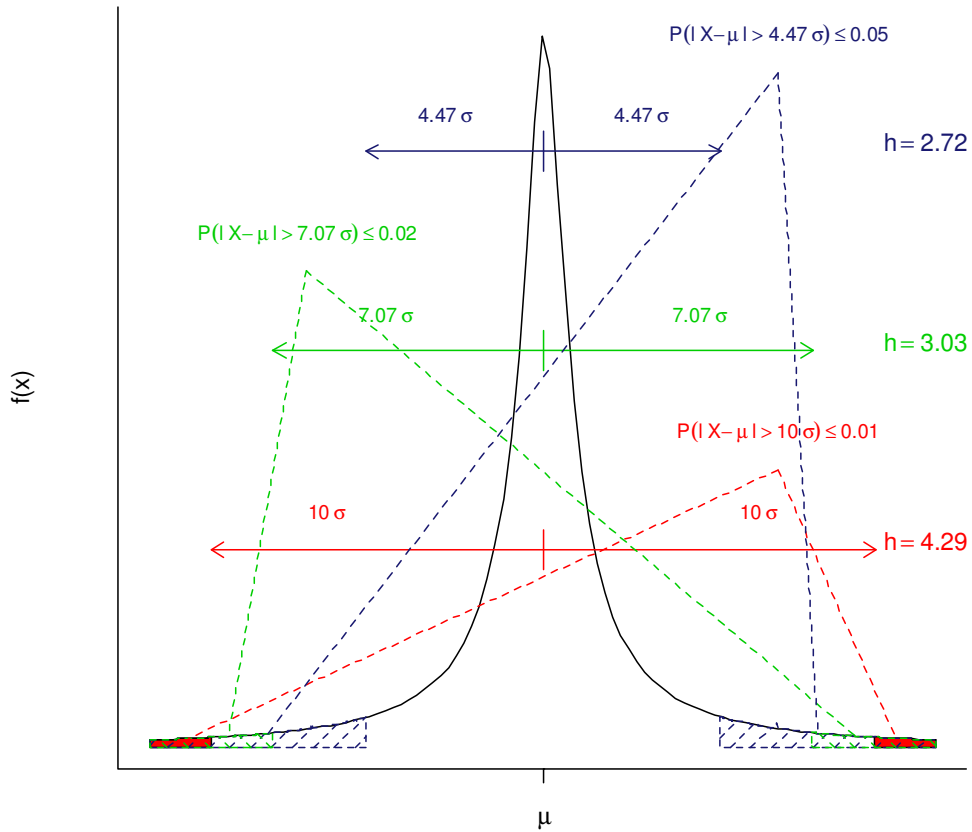
Bu durumda simetrik bir dağılımda 0,02 güven seviyesi için (bu da simetrik yapıdan dolayı RMD açısından önemli olan tarafın 0,01'ine tekabül etmektedir) $k=7,071$ olarak hesaplanmaktadır. Buna istinaden Stahl'ın fikrinden hareketle Jorion'a göre simetrik bir dağılım için düzeltme faktörü olarak:

$$h = \frac{RMD_{\varepsilon}}{RMD_{\phi}} = \frac{\Xi^{-1}(0,98)}{\sigma \cdot Z_{0,99}} \leq \frac{7,071 \cdot \sigma}{2,33 \cdot \sigma} = 3,03 \quad (2.15)$$

ile Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin öngördüğü model çarpan katsayısı 3 olarak elde edilmektedir.

Stahl ve Jorion'un düşünceleri aşağıda Şekil 2.2 ve Şekil 2.3'de grafiksel olarak görselleştirilmiştir.

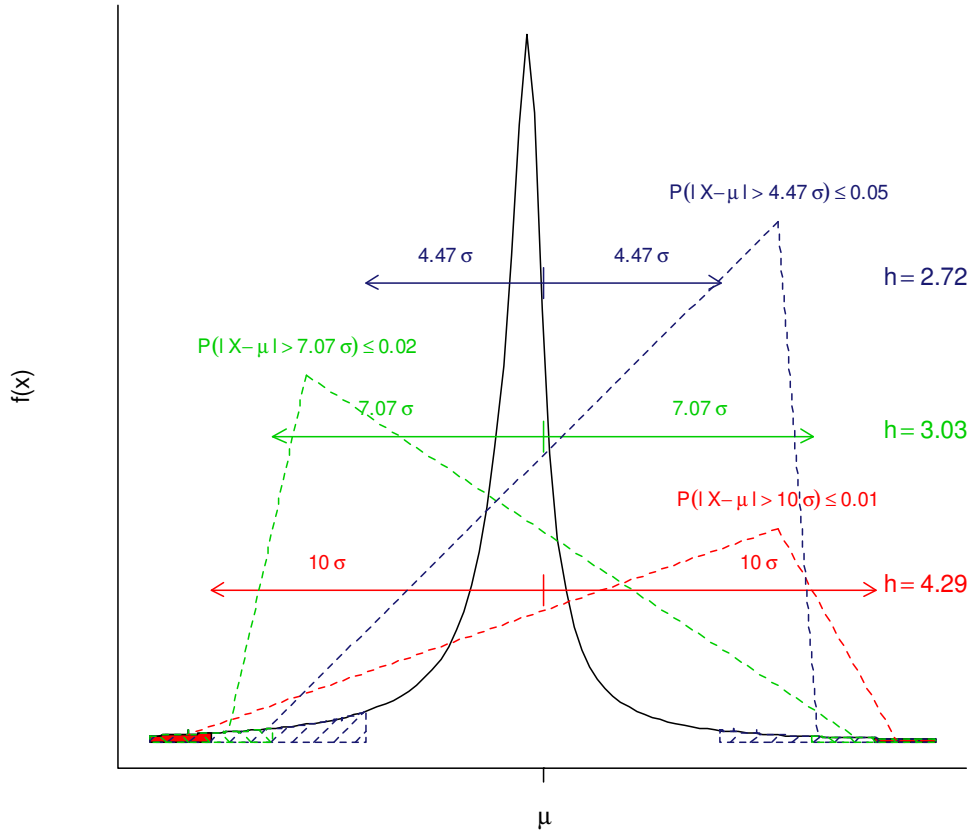
Şekil 2.2: Tschebyschow-Eşitsizliği (Stahl ve Jorion Düşünceleri – Simetrik Bir Dağılım İçin)



Kaynak: Stahl (1997) ve Jorion (2001)'in yaklaşımlarının grafiksel gösterimi.

Bu düşünceler Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin model çarpanı katsayısı için görünürde mantıklı gerekçeler sunsa da, teorisi düşündürmektedir. Tschebyschow-eşitsizliği çift taraflı bir konsept iken RMD yöntemi bilindiği üzere tek taraflı bir yaklaşım olmaktadır. Simülasyon yöntemlerinde (örneğin tarihi simülasyon yönteminde) simetrik bir yapıdan bahsedilememektedir. Şekil 2.2'de sorun görünmese de Şekil 2.3'de ise görüldüğü gibi gerçekleşme olasılıkları (yoğunluklar) iki tarafta farklı olmaktadır. Özellikle RMD yönteminin ilgilendiği sol kuyrukta bu durum daha da belirgin olduğundan RMD'nin sonucunu etkilemektedir.

Şekil 2.3: Tschebyschow-Eşitsizliği (Stahl ve Jorion Düşünceleri – Simetrik Olmayan Bir Dağılım İçin)



Kaynak: Stahl (1997) ve Jorion (2001)'in yaklaşımlarının grafiksel gösterimi.

Daha önce de belirtildiği gibi Basel Bankacılık Denetim Komitesi hiçbir somut istatistiksel dayanak ifade etmeden model güvenlik çarpanını 3 olarak saptamıştır. Stahl (1997) ve Jorion'un (2001) model güvenlik çarpanının 3 olmasını istatistiki bir

gerekçeye dayandırma çabaları, yani 3 katsayısını Tschebyschow-eşitsizliği ile gerekçelendirme fikirleri, tartışmaya açık olmaktadır.

2.4.2. Artı Çarpım Faktörü (Add On)

RMD istatistiksel bir değer olmaktadır. Çoğu zaman hesaplanan RMD, gerçekleşen kayıptan daha düşük olduğu gibi bazen daha yüksek de olacaktır. Hesaplanan RMD gerçekleşen kayıptan daha yüksek olduğu durumlarda bir sapmadan bahsedilmektedir. Güven seviyesi c (confidential level) için böyle bir sapmanın gerçekleşme olasılığı $1-c$ olmaktadır. Bu olasılığa dayalı beklenen sapma sayısı (k), n gözlemleri geriye dönük test dönemi için (takip eden açıklamalar için bkz. Deutsch, 2004:459-466):

$$E[k] = n(1 - c) \quad (2.16)$$

olmaktadır.

Sapma sayısı k her zaman beklenen değerine eşit olmayacaktır, aksine kendisi de bir rassal değerdir. Dolayısıyla, beklenen değerinden sapan bir sapma sayısı zorunlu olarak başarısız bir modelin göstergesi olmamaktadır; sadece tesadüfi bir sonuç da olabilmektedir. Bu durum özellikle beklenen değerden oluşan küçük sapmalar için geçerli olmaktadır. Bu durumda sarı bölgeden bahsedilmektedir. Sarı bölge, RMD modelinin denetim otoritesi tarafından kabul edildiği, fakat model güvenlik çarpanına bir artı çarpım faktörü eklenmesi istendiği bölgedir.

Geriye dönük test dönemi için gözlemlenen sapma sayısı k için, beklenen değerine eşit olduğu yeni bir güven seviyesi c' tanımlanabilir:

$$k = n(1 - c') \quad \Rightarrow \quad c' = 1 - k/n \quad (2.17)$$

Model tarafından elde edilen RMD'lerde gözlemlenen sapmalar, RMD'nin güven seviyesi c 'den çok güven seviyesi c' 'ye tekabül ettiğini düşündürmektedir. En azından geriye dönük test işleminde güven seviyesi c' 'ye göre güven seviyesi c için daha geniş "deneysel bir zemin" bulunmaktadır. Elde edilen RMD bu sebepten dolayı güven seviyesi c' için yorumlanmaktadır. Güven seviyesi c için ifade edilen

RMD, iki güven seviyesi aralığının oranı ile RMD'nin çarpımından elde edilmektedir:

$$RMD(c,t,T) \approx \frac{Q_{1-c}}{Q_{1-c'}} RMD\left(1 - \frac{k}{\underbrace{n}_{c'}}, t, T\right) \quad (2.18)$$

Bu denklemin kullanılması, “delta normal” yönteminin tüm varsayımları ve yaklaşımların kabul edilmesi anlamına gelmektedir. Yani:

- Risk faktörleri rassal yürüyüş (random walk) olarak hareket etmektedir ve lognormal dağılım özellikleri göstermektedirler. Başka bir ifadeyle $Q_{1-c} = Q_{1-c}^{N(0,1)}$ olmaktadır
- Risk faktörlerinin ortalama getirileri ihmal edilmektedir
- Risk faktörlerinin zamana dayalı üssel değişimi lineer olarak yakınsanacaktır
- Risk faktörlerine dayalı portföy değeri lineer olarak yakınsanacaktır. Başka bir ifadeyle portföy değeri de lognormal dağılımlı olarak varsayılacaktır.

Dahil edilen tüm değişkenlerin logaritmik değişimleri normal dağıldığı varsayıldığından $Q_{1-c'}$ kantili;

$$c' = 1 - \frac{k}{n} = 1 - \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Q_{1-c'}} e^{-x^2/2} dx \quad (2.19)$$

şeklinde hesaplanabilir.

Böylece 250 günlük geriye dönük test döneminde portföyün 6 logaritmik değişimi, ifade edilen %99 güven aralığının dışında yer alıyorsa, Q_{1-c} ve $Q_{1-c'}$ kantilleri:

$$0,99 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Q_{1-c}} e^{-x^2/2} dx \quad \Rightarrow Q_{1-c} \approx 2,326 \text{ ve}$$

$$1 - \frac{6}{250} = 0,976 = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{Q_{1-c'}} e^{-x^2/2} dx \Rightarrow Q_{1-c'} \approx 1,972$$

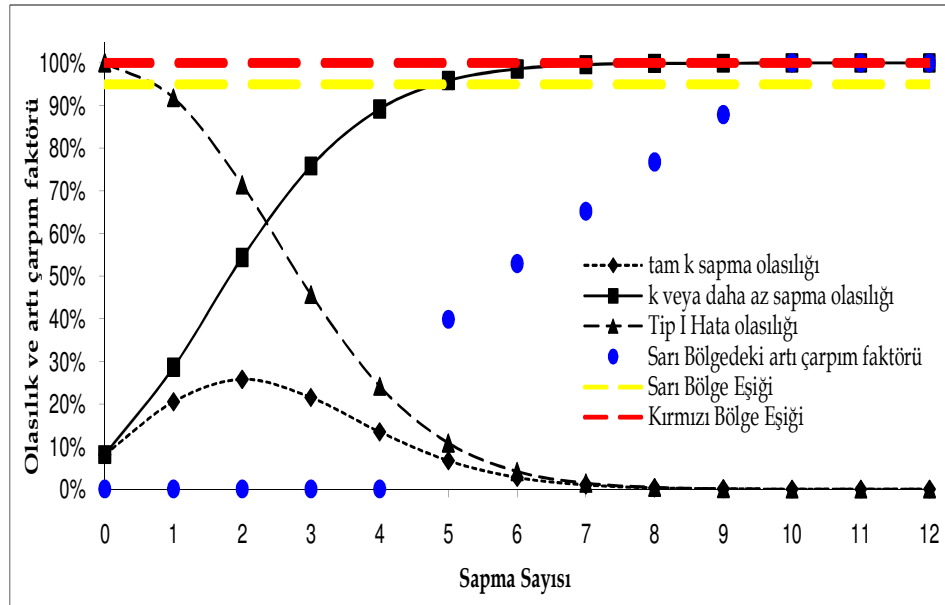
olarak hesaplanmaktadır.

Bu durumda, model tarafından hesaplanan RMD'nin güven seviyesinin ifade edildiği gibi %99 değil, elde edilen sonuçlara göre sadece %97,6 olduğu görülmektedir. Bu durumda RMD $Q_{1-c}/Q_{1-c'} = 2,326/1,972 = 1,18$ ile çarpılmalıdır. Bu işlem sonucu düzeltilen RMD değerine %99 güven seviyesi ile güvenilebilir.

Denetim otoritesi, daha önce belirtildiği gibi, RMDSY hesaplanmasında, RMD tutarının *model güvenlik çarpanı 3* ile çarpılarak PRET'e dahil edilmesini öngörmektedir. Sarı bölgede yer alan modellerde, sapma sayıları model güvenlik çarpanı 3'e eklenecek olan *artı çarpım faktörü* yukarıda anlatılan teoriye göre tespit edilmiştir.

Burada açıklanan RMD düzeltmesi her sapma sayısı k için uygulanamaz. Eğer sapma sayısı k, ifade edilen güven seviyesi c için beklenen sapma sayısından farkı tesadüfi olarak düşünülemezse, yani fark anlamlı (significant) ise modelin kendisinde hata olduğu söylenebilir. İşte burada denetim otoritesi kırmızı bölgeden bahsetmektedir. Bu bölgede yer alan modellerin hatalı olarak değerlendirilip gözden geçirilmesi veya değiştirilmesi istenmektedir. Yukarıda bahsedilen açıklamalar Şekil 2.4'de görselleştirilmiştir.

Şekil 2.4: Artı Çarpım Faktörü



Kaynak: Hans-Peter Deutsch (2005); *Derivate und Interne Modelle: Modernes Risikomanagement*, 3.Baskı, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart, s.466.

Bu bölümde BASEL II, zorunlu yasal sermaye ve çarpım faktörü ile artı çarpım faktörü hakkında detaylı bilgi verilmiştir. Bölüm 3'te Riske Maruz Değer, finansal zaman serilerinin özellikleri ve volatilité hesaplama yöntemleri hakkında bilgi verilecektir.

3. RİSKE MARUZ DEĞER

Bu bölümde çalışmada kullanılacak olan RMD yöntemi tanıtılacaktır. İlk olarak RMD'nin temel unsurlarından bahsedilecektir. Bunun ardından istatistiksel bir yöntem olan RMD'nin anlaşılması için olasılık dağılımı kavramı açıklanıp ardından ampirik dağılımları tanımlayan istatistiki dağılım parametrelerinden bahsedilecektir. Daha sonra ise finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerinden bahsedilip üç temel RMD hesaplama yöntemi tanıtılacaktır. Son olarak parametrik RMD hesaplamalarında kullanılan volatilité hesaplama yöntemleri tanıtılıp aralarındaki farklardan bahsedilecektir.

3.1. RMD Hesaplamalarında Temel Unsurlar

RMD'nin tanımında iki temel unsurdan bahsedilmektedir; biri zaman aralığı diğeri ise güven seviyesi olmaktadır. Bu iki temel unsurun yanı sıra literatürde portföy seçimi ve gözlem dönemi de RMD'nin temel unsurları olarak eklenmektedir.

3.1.1. Portföy Seçimi

RMD hesaplamalarında portföyün seçimi farklı amaçlarla uygun bir şekilde gerçekleştirilmektedir. Portföy seçimi risk bazlı düşünüldüğünde RMD hesaplaması bankanın tüm portföyünü kapsamalıdır. Fakat bazı durumlarda, özellikle sermaye tahsisinde, portföyler yatırım enstrümanı, yatırım yeri veya yatırım birimine göre parçalara ayrılmaktadır. RMD hesaplamaları tüm portföy için toplu olarak değil de ayrı ayrı hesaplanmakta ise; RMD değerlerinin toplanabilir olmadığından, riskin tümü hakkında bir değerlendirmede bulunamamaktadır. Bununla birlikte, opsiyon gibi kompleks yapıya sahip varlıkların risk bileşenlerine ayrılıp RMD hesaplamalarına dahil edilmesi daha uygun olmaktadır (Jendruschewitz, 2003:24).

Bu çalışmanın ampirik uygulama bölümünde portföy seçimi açısından sadece varlık bazında RMD hesaplamaları yapılacaktır.

3.1.2. Gözlem Döneminin Seçimi

RMD hesaplamalarının diğeri bir unsuru örnekleme veya gözlem dönemi olmaktadır. Riskin hesaplanması için kullanılan tarihi veri setinin büyüklüğü

RMD'yi doğrudan etkilemektedir. Tarihi veri seti değıştikçe RMD de değışmektedir. Aynı portföy ve aynı elde tutma süresi için yapılan hesaplamalarda farklı büyüklükteki örnekleme periyodu kullanılması sonucunda, değışik RMD sonuçlarına ulaşılabilmektedir.

Gözlem döneminin önemini dikkate alan Basel Bankacılık Denetim Komitesi tarihsel örnekleme periyodu olarak en az bir yıllık işgünü öngörmüştür. Bunun yanı sıra, bankalardan RMD hesaplamalarında baz alınan veri setlerinin düzenli olarak güncellemeleri de istenmektedir (BCBS, 1996c:44).

Bu çalışmanın ampirik uygulama bölümünde gözlem dönemi açısından varlıklar için 250, 1000 ve 2000 günlük farklı gözlem dönemleri kullanılarak RMD hesaplamaları yapılacaktır.

3.1.3. Zaman Aralığı veya Elde Tutma Süresinin Seçimi

Zaman aralığı veya elde tutma süresi, RMD hesaplamalarında, portföyün tasfiyesine kadar geçen zaman olarak tanımlanmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi Basel Bankacılık Denetim Komitesi RMD hesaplamalarında 10 günlük bir elde tutma süresinin kullanılmasını öngörmektedir; bunun sebebi ise olumsuz piyasa koşullarında likiditenin düşeceği ve portföyü oluşturan varlıklarının alım satım faaliyetlerinin zorlaşacağı düşüncesinden kaynaklanmaktadır.

Bu çalışmanın ampirik uygulama bölümünde 1 ve 10 günlük elde tutma süresi için RMD hesaplanacaktır. 1 günlük RMD değerleri ile modellerinin sapma sayıları hesaplanıp, 10 günlük RMD değerleri ile PRET simüle edilecektir.

3.1.4. Güven Seviyesinin Seçimi

Portföy zararları, hangi olasılıkla hesaplanan RMD'den küçük kalması beklendiği, belirlenen güven seviyesine göre ifade edilmektedir. Başka bir ifadeyle RMD, portföy getiri dağılımının kantili ile hesaplanmaktadır. Burada standart normal dağılım ve bu dağılımın özellikleri önem kazanmaktadır. Normal dağılımın ortalama ve varyansı ile tanımlandığı ve dolayısıyla kantilleri kolayca hesaplanabildiğinden finansal zaman serilerinin getirilerinin normal dağılımlı olduğu varsayılmaktadır. Bu

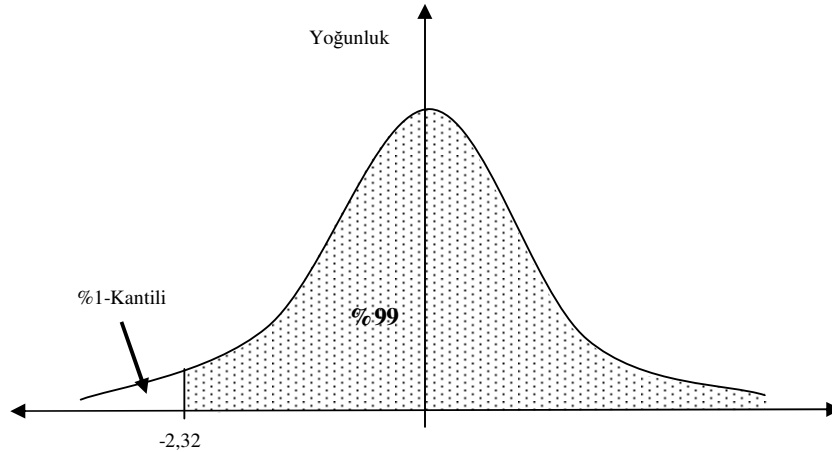
durum gerçeği tam olarak yansıtmasa da bu varsayım RMD hesaplamalarında büyük kolaylık sağlamaktadır.

Basel Bankacılık Denetim Komitesi konservatif bir yaklaşım benimseyip RMD hesaplamalarında %99 güven seviyesinin kullanılmasını öngörmektedir. Bu çalışmanın ampirik uygulama bölümünde buna uyularak güven seviyesi %99 olarak hesaplamalarda kullanılacaktır.

3.2. Olasılık Dağılımı

Olasılık dağılımları, stokastik bir süreçteki rassallığı sayısal olarak ele almaktadır ve ampirik verilerin (ölçümlerin) analizi ile elde edilen yoğunluk dağılımlarının teorik durumunu (karşıtını) temsil etmektedir.

Şekil 3.1: Normal Dağılım Yoğunluk Fonksiyonu



Olasılık dağılımların içerisinde en yaygın olarak kullanılan normal dağılımın, ilk iki momenti olan beklenen değer (μ) ve varyans (σ^2) ile tamamen tanımlanmaktadır. Üçüncü momenti olan çarpıklık katsayısı (skewness coefficient) simetrik yapısından dolayı 0 ve dördüncü momenti olan basıklık katsayısı (curtuosis coefficient) 3 (veya 0) olmaktadır. Normal dağılımın özel durumu olan ve $\mu=0$ ile $\sigma^2=1$ ile tanımlanan standart normal dağılım için yoğunluk fonksiyonu sadeleşmektedir. Aşağıda normal ve standart normal dağılımın yoğunluk- ve dağılım

fonksiyonu ile 4 momentin formülleri verilmektedir (Schröder, 2002:4; Henking vd., 2006:105-107):

Normal Dağılımın Yoğunluk Fonksiyonu:

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad (3.1)$$

Standart Normal Dağılımın Yoğunluk Fonksiyonu: $\mu=0$ ile $\sigma^2=1$

$$f(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{x^2}{2}} \quad (3.2)$$

Normal Dağılımın Dağılım Fonksiyonu:

$$F(x) = P(X \leq x) = \int_{-\infty}^x f(t)dt \quad (3.3)$$

Normal Dağılımın 1. Momenti: (Beklenen Değer)

$$E(X) = \mu \quad (3.4)$$

Normal Dağılımın 2. Momenti: (Varyans)

$$E((X - \mu)^2) = \sigma^2 \quad (3.5)$$

Normal Dağılımın 3. Momenti: (Çarpıklık Katsayısı)

$$\frac{E((X - \mu)^3)}{\sigma^3} = 0 \quad (3.6)$$

Normal Dağılımın 4. Momenti: (Basıklık Katsayısı)

$$\frac{E((X - \mu)^4)}{\sigma^4} = 3 \quad (3.7)$$

Normal dağılımın önemi ve yoğun kullanımından dolayı, kendisinin tanımlanması için özel sembolik notasyon ve simgeler literatürde yer edinmiştir. Öreğin μ ve σ^2 ile dağılan normal dağılımlı rassal değişken X için $X \sim \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ notasyonu kullanılmaktadır. Aynı şekilde, standart normal dağılımın

yoğunluk fonksiyonu için $\phi(\mu, \sigma^2)$ ve dağılım fonksiyonu için $\Phi(\mu, \sigma^2)$ kullanılmaktadır.

RMD hesaplamalarında çoğu zaman finansal zaman serilerinin getirilerinin normal dağıldığı varsayılmaktadır. Ampirik bulgular ise bunun pek de böyle olmadığını göstermektedir.

3.3. Finansal Zaman Serilerinin Özellikleri

Finansal zaman serilerinin, ekonomik zaman serilerinden farklılıkları “stylized facts” (belirgin özellikler) olarak adlandırılmaktadır. Bu belirgin özellikler, özel durum ve olaylardan bağımsız olarak, finansal zaman serilerinde genel olarak gözlemlenebilen özellikleri ifade etmektedir. Finansal zaman serilerinin bu özelliklerine sıkça belirgin bir şekilde rastlanmasına rağmen, oluşması doğal bir sürece bağlı olmadığından durumdan duruma da farklılık gösterebilmektedir (Schmid ve Trede, 2006:12).

3.3.1. Stokastik Trend ve Durağanlık

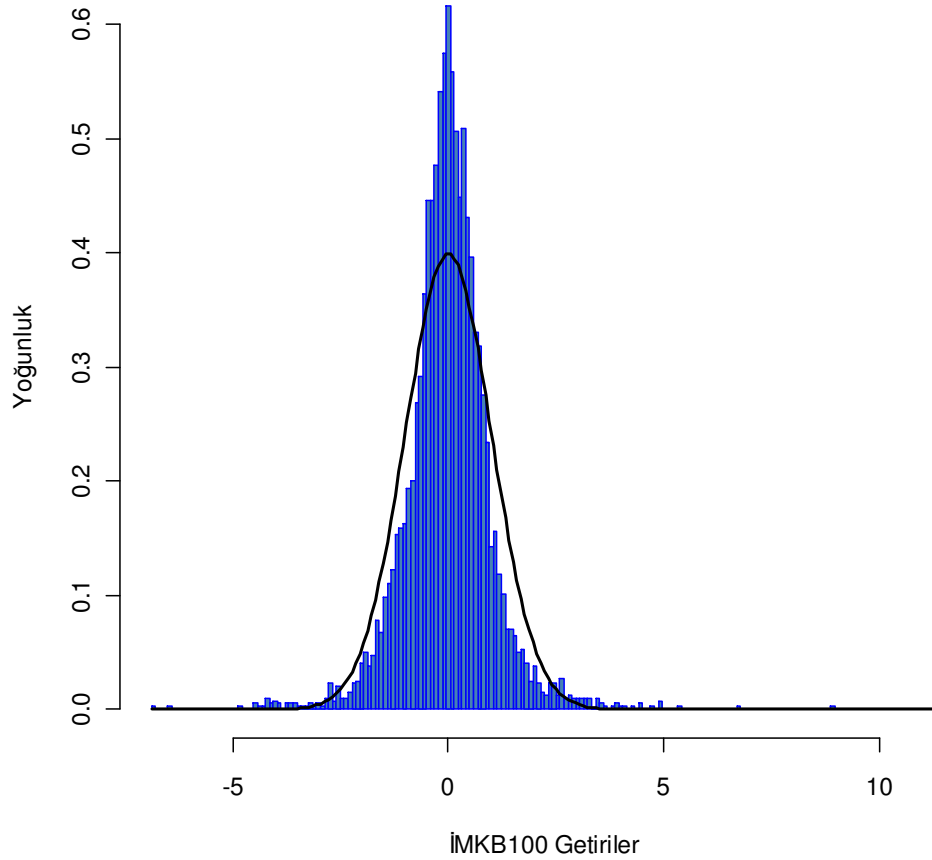
Analiz edilen finansal fiyat serilerinde genelde trend gözlemlenmektedir. Bu trend bazen deterministik (beklenen değerlerden kaynaklanabilir), bazen de stokastik (otokovaryans fonksiyonunun zamana bağlı olması gibi) olabilir (Sevüktekin ve Nargeleçekenler, 2001:54). Stokastik bir trende sahip bir zaman serisi fark durağan bir süreç izlemekte ve fark olarak durağan hale getirilmektedir (Enders, 1995:166). Zaman serilerinde trendin bulunması, istatistiksel bağımlılık ilişkisi analizlerinde sahte regresyon ilişkisine yol açabilir ve olmayan ilişkileri var gibi gösterebilir. Bu durumdan dolayı finansal zaman serileri fiyat seviyesi olarak değil de getiri serisi olarak hesaplamalarda kullanılmaktadır (Jacobi, 2005:3).

3.3.2. Aşırı Basıklık (Leptocurtic) Dağılım

Finansal fiyat serilerinin getiri dağılımları incelenip normal dağılımla karşılaştırıldığında, getiri serilerinin dağılımı genelde tamamen simetrik olmadığı görülmektedir. Fazla asimetrik olmayan dağılımda çoğu zaman yüksek kayıplar, yüksek kazançlardan daha çok gerçekleştiği görülmektedir. Ayrıca normal dağılıma

kiyasla, kuyruklar ve ortalama etrafında yoğunlaşmalar görülmektedir. Yani yüksek kayıplar ve yüksek kazançlar normal dağılıma göre daha fazla gerçekleşmektedir. Aynı şekilde, çok küçük getiri değişimleri de normal dağılıma göre daha çok gerçekleşmektedir. Bu durumda kalın kuyruklardan (heavy tails veya fat tails) ve aşırı basıklık'tan (peakedness) bahsedilmektedir (Schmid ve Tiede, 2006:14).

Şekil 3.2: Ampirik Dağılım ve Normal Dağılım



Şekil 3.2’de görüldüğü gibi İMKB 100 Endeksi’nin getiri değerlerinin dağılımı aşırı basıklık (sivri) sergileyip kalın kuyruklara sahiptir. Günlük finansal veri serilerinde bu özellik belirgin bir şekilde gözlemlenmektedir. Haftalık veya aylık veriler kullanıldığında ise gözlemlenen dağılım genelde normal dağılıma yakınsamaktadır.

RMD hesaplamalarında kalın kuyruk ve aşırı basıklık olduğu durumlarda normal dağılımın kullanılması riskin olduğundan daha küçük olarak hesaplanmasına yol açmaktadır (Schröder, 2002:5). Normal dağılıma göre 1987 yılındaki gibi bir borsa çöküşünün 1087 yıl içinde sadece 1 kere gerçekleşmesi beklenirken, gerçekte bu tür çöküşler ortalama 38 yılda bir gerçekleşmektedir. Örneğin Dow-Jones Endeksi'nin son 80 yıllık seyrine bakıldığında ortalama 4 ayda bir %3'ü aşan kayıplar gerçekleşmektedir. Normal dağılıma göre bu büyüklükteki kayıpların ortalama 13 ayda bir gerçekleşmesi beklenmektedir. Daha düşündürücü olan ise %6'lık bir düşüşün normal dağılımda beklendiği gibi ortalama 175.000 yılda bir değil de ortalama 3 yılda bir gerçekleşmesidir. Özellikle RMD hesaplamalarında normal dağılımın bu tür olayları doğru yansıtmadığı gerçeği büyük önem arz etmektedir (Risiko, 2006:20-21).

Jorion (2001) RMD hesaplamalarında aşırı basıklık sorununun, getirilerinin GED (Generalized Error Distribution) dağılımıyla modellenmesi ile aşılabileceğini öne sürmektedir. GED dağılımı genelleştirilmiş simetrik bir dağılım olup, önemli bir ek parametre ile dağılımın basıklığını modellemektedir. GED dağılımının yoğunluk fonksiyonu Denklem (3.8) verilmiştir.

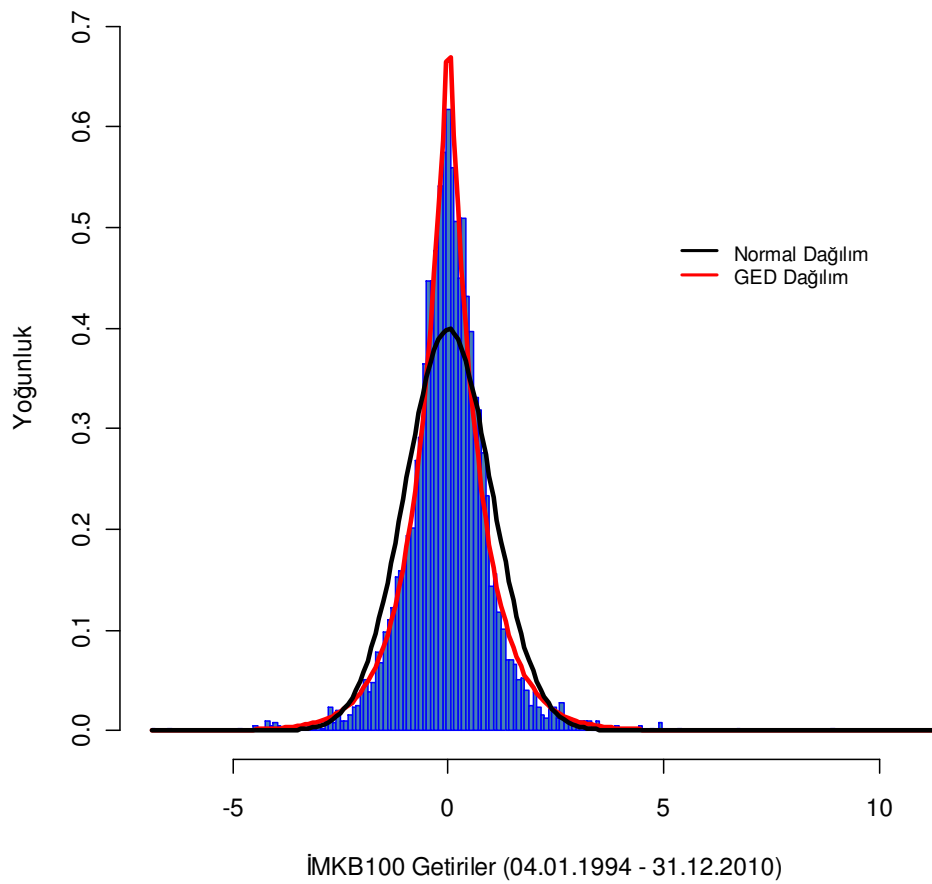
$$f(x) = \frac{\gamma}{\lambda 2^{(1+1/\gamma)} \Gamma(1/\gamma)} \exp\left(-\frac{1}{2} \left| \frac{x}{\lambda} \right|^\gamma\right), \quad \lambda = \left(2^{-\left(\frac{2}{\gamma}\right)} \frac{\Gamma\left(\frac{1}{\gamma}\right)}{\Gamma\left(\frac{3}{\gamma}\right)} \right)^{\frac{1}{2}} \quad (3.8)$$

Burada μ beklenen değeri, λ ise skala parametresini simgelemektedir. Dağılımın basıklığı γ parametresi ile modellenmektedir. $\gamma=2$ için dağılımın basıklığı normal dağılımınki ile aynı olup, $\gamma < 2$ için aşırı basıklık (sivri), $\gamma > 2$ içinse basık bir dağılım söz konusu olmaktadır. Çalışmanın devamında GED dağılımının tanımı kısaca GED (μ, b^2, γ) şeklinde verilecektir. Burada b^2 ,

$$b^2 = \frac{2^{\left(\frac{2}{\gamma}\right)} \Gamma\left(\frac{3}{\gamma}\right)}{\Gamma\left(\frac{1}{\gamma}\right)} \lambda^2 \quad (3.9)$$

dağılımın varyansı olmaktadır (Hermsen, 2006:42; Fricke, 2006:85-86).

Şekil 3.3: Ampirik Dağılım ve GED Dağılım

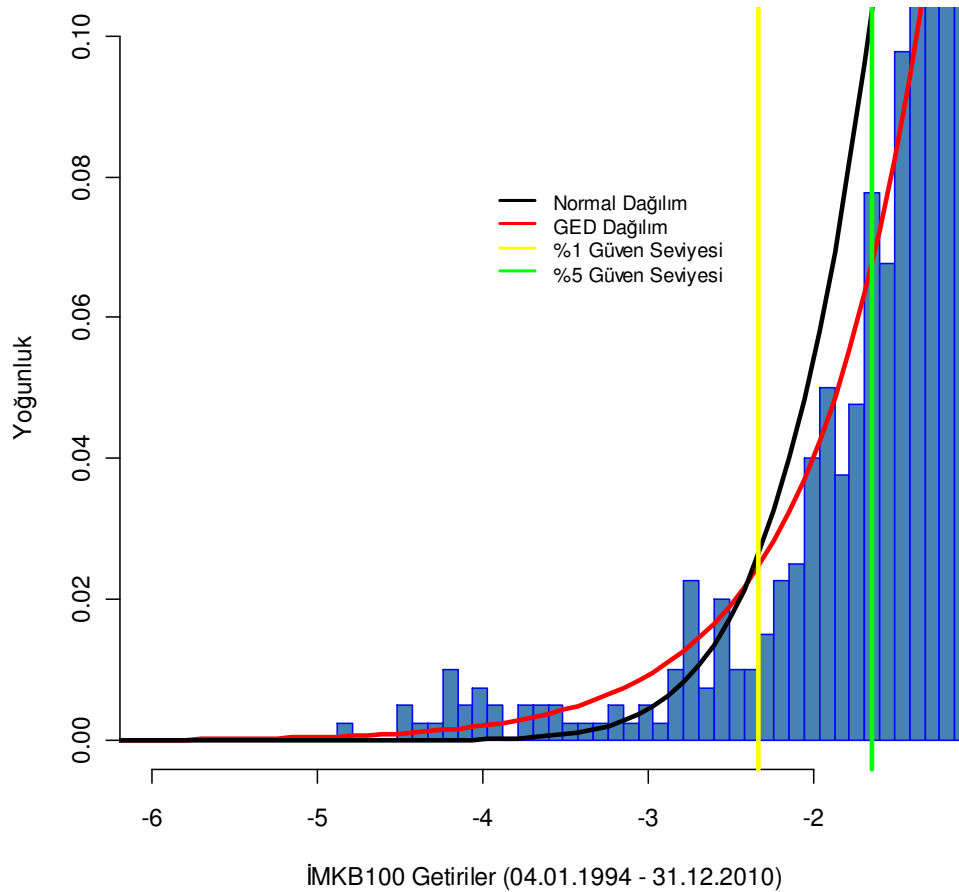


Şekil 3.3’de görüldüğü gibi GED dağılımı İMKB 100 Endeksinin getirilerini daha iyi modellemektedir*. GED dağılımı, ortalama etrafındaki yoğunluğu ve kalın kuyrukları daha iyi modellemektedir.

* İMKB100 getirilerin GED dağılımı ile modellenmesi için R programının Rmetrics paketin “gedFit” fonksiyonu kullanılmıştır.

Şekil 3.4’de ise GED dağılımının normal dağılıma göre kalın kuyrukları daha iyi modellediği açıkça görülmektedir.

Şekil 3.4: Ampirik Dağılım İçin Normal ve GED Dağılımının Kuyruk Gösterimi



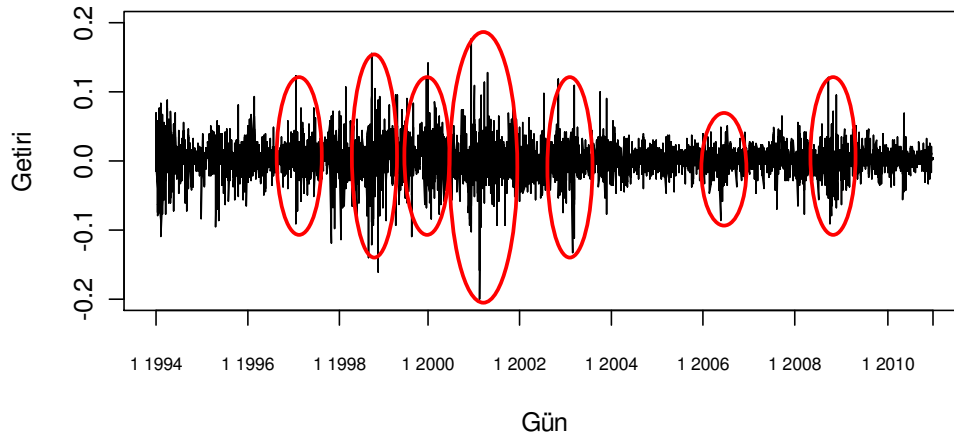
RMD hesaplamalarında GED dağılımının kullanılması, RMD sonuçlarının doğruluğu açısından özellikle kalın kuyruk modellemesi ile olumlu bir beklenti yaratmaktadır.

3.3.3. Volatilite Kümelenmesi (Volatility Clustering)

Mandelbrot (1963) ve Fama (1965) finansal fiyat serilerinin getirilerindeki büyük değişmelerin, yine büyük değişmeler tarafından takip edildiğini, küçük fiyat değişimlerin yine küçük fiyat değişimleri tarafından takip edildiğini tespit etmişlerdir.

Başka bir ifadeyle, yüksek volatilitte seviyeleri ile düşük volatilitte seviyeleri düzensiz bir şekilde yer değiştirmekte ve bu olgu volatilitte kümelenmesi olarak adlandırılmaktadır. Volatilitte kümelenmeleri koşullu değişen varyansa (conditional heteroscedasticity) işaret etmektedir ve bu durum zamana göre bağımsız ve özdeş dağılmış (normal ve bağımsız dağılmış) getiriler varsayımıyla bağdaşmamaktadır. Ayrıca, finansal fiyat serilerinin günlük getirilerinin lineer bağımlılıkları (otokorelasyonları) önemsenmeyecek kadar küçük olmasına rağmen, mutlak getiriler veya getirilerin kareleri ise otokorelasyon sergilemektedir. Bu durum fiyat seviyesi yerine varyansın yani volatilitenin öngörülmesinin daha sağlıklı olduğuna dair bir ipucu vermektedir (Schmid ve Trede, 2006:14).

Şekil 3.5: İMKB 100 Getiri Dağılımı (01/1994 – 12/2011)



Şekil 3.5’de görüldüğü gibi İMKB 100 Endeksinin getiri değerlerinin dağılımı belirgin bir şekilde volatilitte kümelemeleri sergilemektedir.

3.3.4. Kaldıraç (Leverage) Etkisi

Yüksek kayıplardan sonraki volatilitte artışı, yüksek kazançlardan sonraki volatilitte artışından daha fazla olması durumu, kaldıraç etkisi olarak adlandırılmaktadır (Jacobi, 2005:4). Daha önce değinildiği gibi finansal fiyat serilerinin getirilerinde otokorelasyona az rastlanmasına karşın, mutlak getiriler veya getiri kareleri otokorelasyon sergilemektedir. Ayrıca, varyans ve getiriler arasında

negatif korelasyona rastlanması kaldıraç etkisini işaret etmektedir (Christoffersen, 2003:7-8).

3.4. Temel RMD Hesaplama Modelleri

RMD'yi hesaplamak için üç temel yöntem bulunmaktadır (RiskMetrics, 1999:8):

1. Varyans-Kovaryans Yöntemi (Parametrik Yöntem)
2. Tarihi Simülasyon Yöntemi
3. Monte Carlo Simülasyon Yöntemi.

3.4.1. Varyans-Kovaryans Yöntemi

En basit yöntem olarak anılan Varyans-Kovaryans Yönteminde az veriye ihtiyaç duyulmaktadır. Portföyde bulunan varlıkların ağırlıkları, riskleri ve varlıkların aralarındaki korelasyonları dışında, sadece arzulanan güven seviyesindeki katsayı gerekmektedir. Varlıkların riskleri ve varlıkların arasındaki korelasyon farklı web sitelerinden güncel olarak indirilebilmekte ve portföydeki varlıkların ağırlıkları da kolaylıkla saptanabilmektedir (Butler, 1999:50).

Riskler, ağırlıklar ve korelasyonlar kullanarak matrisler oluşturulmaktadır ve bu matrislerin çarpımları sonucu ise portföyün varyansı elde edilmektedir. Portföyün RMD hesaplaması için sadece varyansın karekökü ile istenen güven seviyesinin katsayısının çarpılması gerekmektedir. Varyans-Kovaryans Yönteminde getirilerin normal dağılımlı olduğu varsayılmakta ve bunun sonucu olarak istatistiki basit bir temele dayanan bir işlemle (portföyün riski normal dağılım tablosundan istenen güven seviyesine karşılık gelen değerle çarpılması sonucu) portföyün RMD'si hesaplanmaktadır.

Bu yöntemin bazı zorlukları da vardır. Bunlardan bir tanesi opsiyonlar ve kupon ödemeli tahviller için "mapping"* işleminin uygulanmasının gerekliliği olmaktadır. Burada varlıklar, delta eşdeğer (delta equivalent) bileşenlerine

* "mapping" varlığın risk bileşenlerine veya nakit akışlarına ayrıştırma işlemine denilmektedir.

ayrıştırılmaktadır ve bu karmaşık ayrıştırma işlemi sonrası bileşenler ayrı varlıklar olarak RMD hesaplanmasına katılmaktadır (Beder, 1996:14).

Diğeri ise varlıkların korelasyon katsayılarının sabit olduğu varsayımı, ki bu özellikle borsa çöküşlerinde doğrulanmamaktadır. Başka bir sınırlama ise varlıkların getirilerinin normal dağılımlı olduğunun varsayılmasıdır ve bu varsayım gerçek hayatla örtüşmemektedir. Bu sınırlamalara rağmen anlaşılabilirliği ve kolaylığı bu yöntemi risk yöneticileri arasında cazip ve çok kullanılan bir yöntem haline getirmiştir (Korkmaz ve Pekkaya, 2005:601).

3.4.2. Tarihi Simülasyon Yöntemi

Varyans-Kovaryans Yöntemi gibi Tarihi Simülasyon Yöntemi de anlaşılması kolay bir yöntemdir. Risk yöneticisi, portföyün günlük kar ve zararlarını kaydederek tarihi veri setini oluşturmaktadır. Bu tarihi veri seti, en büyük zarardan en büyük kazanca doğru sıralanmaktadır. İstenen güven seviyesine göre sıralanmış tarihi veri setinden, o yüzdeye karşılık gelen değer saptanmaktadır. Başka bir ifadeyle, %95 güven seviyesi için, tarihi veriler en büyük zarardan başlayarak sıralanmaktadır. Böylece, sıralanmış veri setinin %5'e karşı gelen değeri saptanmaktadır ve bir sonraki günün değeri ise %95 güven seviyesindeki RMD'yi ifade etmektedir (Butler, 1999:50).

Bu yöntemle RMD'nin hesaplanması kolay olduğu kadar da gerçekçi olmaktadır. Aynıysa Varyans-Kovaryans Yöntemi için söylenememektedir. Bunun sebebi ise Varyans-Kovaryans Yönteminde hesaplamalar için kullanılmakta olan standart sapma ve korelasyonların sabit değerler olmamalarıdır. Belli bir dönem için hesaplanan bu değerler kriz dönemleri için gerçekçi bir sonuç vermeyebilmektedir. Tarihi Simülasyon Yöntemi, gerçek tarihi veriler ile çalıştığı için piyasadaki gelişmelere duyarlı olmaktadır (Ceylan ve Korkmaz, 2004:530).

Tarihi Simülasyon Yönteminde, portföyün ağırlıklarının değişmesi durumunda tarihi piyasa verileri mevcut portföy ağırlıklarıyla kullanılmaktadır. Mevcut portföy ağırlığı sabit tutularak geçmiş piyasa verileriyle portföyün her geçmiş günü için kâr ve zararlar hesaplanmakta ve portföyün RMD'si yukarıda anlatıldığı şekliyle

saptanmaktadır. Tarihi Simülasyon Yönteminin en büyük eleştirisi konusu ise geçmiş dönemlerin geleceği yansıtması varsayımından kaynaklanmaktadır. Yapısal değişiklikler bu yöntemle dikkate alınmamaktadır.

3.4.3. Monte Carlo Simülasyon Yöntemi

Bu yöntemde bilgisayar kullanılarak “rassal yürüyüş” yaklaşımına göre rassal getiriler üretilmektedir. Bu oldukça karmaşık, zaman alıcı ve Tarihi Simülasyon Yönteminde olduğu gibi yoğun bilgisayar kullanımını gerektiren, oldukça etkin bir yöntemdir. Bu yöntem, karmaşık yapıdaki ve özellikle çok sayıdaki opsiyon sözleşmeleri içeren portföyler için oldukça uygundur. Özellikle bankaların yazıcı pozisyonunda buldukları egzotik opsiyonların, Varyans-Kovaryans Yöntemi veya Tarihi Simülasyon Yöntemiyle hesaplanması oldukça zor olmaktadır. Böyle bir durumda en uygun yöntem, Monte Carlo Simülasyon yöntemi olup tarihi yöntemle göre daha çok fiyat ihtimalleri yaratılıp daha gerçekçi sonuçlar elde edilmektedir (Buttler, 1999:50).

Monte Carlo Simülasyon Yöntemi, Tarihi Simülasyon Yöntemini andırmaktadır. Aralarındaki fark ise; Tarihi Simülasyon Yöntemi, tarihi gözlem döneminin geleceği yansıttığı varsayımıyla hareket ederken, Monte Carlo Simülasyon Yöntemi birçok (uygulamada 1000 ile 10000 arası) rassal fiyat hareketlerini oluşturmaktadır. Buradan sonra ise Tarihi Simülasyon Yönteminde yapılan işlemin aynısı yapılmaktadır. En büyük zarardan en büyük kazanca doğru sıralanan fiyat hareketlerinden, istenen güven seviyesine karşılık gelen değer, RMD’yi vermektedir (Uysal, 1999:13).

3.5. Volatilite Hesaplama Yöntemleri

Daha önce belirtildiği gibi RMD hesaplamasında birçok farklı model kullanılmaktadır. Özellikle volatilite hesaplanırken bir çok farklı yaklaşım söz konusu olmaktadır.

Literatürde volatilite standart sapma ile eş anlamlı olarak kullanılmasına rağmen bunun sadece kısmen doğru olduğu söylenebilir. Ayrıca volatilitenin tek bir

tanımı olduğu söylenemez. Volatilite bazen standart sapma veya varyans, bazen de bunların zamanının kareköküyle ilişkilendirilmiş bir şekilde ifade edilmektedir.

Volatilite aslında normlandırılmış bir ölçüttür. Volatilite, sürekli getirilerin standart sapmasıyla hesaplanmaktadır. Farklı volatilite değerleri arasında karşılaştırma yapabilmek için standart sapma bir yıla normlandırılmaktadır. Bunun için günlük standart sapmanın bir yıldaki iş günü* sayısının kareköküyle çarpılması gerekmektedir. Buna göre volatilite[†] (Andres, 1998:35):

$$\sigma_{Yıllık} = \sigma_{Günlük} \times \sqrt{252} \quad (3.10)$$

olarak hesaplanmaktadır.

3.5.1. Rassal Yürüyüş

Rassal yürüyüş (random walk) ile değişen finansal fiyat serileri stokastik bir süreç olarak algılanabilir. Finansal fiyat serilerinin Markov özelliği taşıyan özel bir stokastik süreci izlediği düşünülmektedir. Markov sürecinde, gelecekteki değer için geçmişteki değerlerin hiçbir etkisi olmadığı ve sadece mevcut değer ile gelecekteki değer için bir öngöründe bulunabileceği varsayılmaktadır. Burada, mevcut değerinin nasıl ve hangi şekilde oluştuğunun hiçbir önemi bulunmamaktadır (Hull, 2006:326).

Bu durumda rassal yürüyüş varsayımı altında finansal fiyat serilerinin getirilerinin volatilitesi aşağıdaki şekilde tahmin edilmektedir (Poon ve Granger, 2003:507):

$$\hat{\sigma}_t = \sigma_{t-1} \quad (3.11)$$

* Yıllık olarak 365 gün yerine daha az olan iş günü (≈ 252) kullanılmasının sebebi, ampirik çalışmalar sonucu olarak, getirilerin oluşma sürecinin, yılın işgünleri ile ilişkili bir süreç takip ettiğinin saptanmasıdır (Bkz. Hull, 2006:354–355). Literatürde yıllık iş günü olarak 240 ile 260 arasında değerlere rastlanmaktadır.

[†] Çalışmada standart sapmanın tahmincisi ($\hat{\sigma}$) ile gözlem dönemi için hesaplanan standart sapma (σ) arasında her yerde belirgin ayırım yapılmayacaktır. Geçmiş verilerle hesaplanan standart sapmalar, parametre olarak, gelecekteki standart sapmanın tahmin edilmesinde kullanılacaktır.

Burada $\hat{\sigma}_t$ tahmin edilecek standart sapmayı ve σ_{t-1} bir önceki dönemdeki tarihi standart sapma değerini vermektedir. Bu durumda tahmin edilen volatilitenin bir önceki dönemde gerçekleşmiş volatilitenin ile eşit olmaktadır.

3.5.2. Tarihi Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması

Tarihi ortalama (historical average) ile öngörülen volatilitenin, geçmiş dönemdeki gözlemlenmiş volatilitelerin ortalaması ile hesaplanmaktadır (Poon ve Granger, 2003:507):

$$\hat{\sigma}_t = \frac{\sigma_{t-1} + \sigma_{t-2} + \dots + \sigma_1}{t-1} \quad (3.12)$$

Burada rassal yürüyüş modelinden farklı olarak t gözlem sayısını ifade etmekte ve sadece bir önceki dönemde gerçekleşmiş volatilitenin yerine, tüm geçmiş dönemlerin standart sapmalarının ortalaması, volatilitenin tahmincisi olmaktadır.

Volatilitenin hesaplamalarında gözlem döneminin tümünün değil sadece belli bir dönemin ortalamasının alınması ve bu gözlem döneminin veya bu gözlem penceresinin her hesaplamada bir gün kaymasıyla, basit hareketli ortalama hesaplanmış olur.

3.5.2.1. Basit Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması

Basit hareketli ortalama (simple moving average) ile hesaplanan volatilitenin için belli bir gözlem dönemi seçilir ve bu dönem için bir ortalama değer hesaplanır. Basit hareketli ortalama standart sapma aşağıdaki denklemdeki gibi hesaplanmaktadır (Poon ve Granger, 2003:507):

$$\hat{\sigma}_t = \frac{\sigma_{t-1} + \sigma_{t-2} + \dots + \sigma_{t-\tau}}{\tau} \quad (3.13)$$

Burada tarihi ortalama modelinden farklı olarak τ gözlem dönemini ifade etmektedir. Böylece tüm geçmiş dönemlerin standart sapmalarının ortalaması yerine, sadece belirli bir dönemin standart sapmalarının ortalaması, volatilitenin tahmincisi olmaktadır.

3.5.2.2. Ağırlıklı Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması

Ağırlıklı hareketli ortalama (weighted moving average) ile standart sapma hesaplamak için geçmiş dönemlere azalan ağırlık verilip bir ortalama hesaplanmaktadır. Böylece geçmiş dönemlerin standart sapması, ağırlıklı hareketli ortalamaya daha az etki etmektedir. Ağırlıklı hareketli ortalama ile standart sapmayı hesaplamak için aşağıdaki denklemden faydalanılmaktadır (Gökgöz, 2006:25):

$$\hat{\sigma}_t = \frac{\tau \times \sigma_{t-1} + (\tau - 1) \times \sigma_{t-2} + \dots + 1 \times \sigma_{t-\tau}}{(\tau + (\tau - 1) + \dots + 1)} \quad (3.14)$$

Görüldüğü gibi, ağırlıklı hareketli ortalama hesaplamasından farklı olarak yakın geçmişteki standart sapmalara daha çok, uzak geçmişteki standart sapmalara daha az ağırlık verilmektedir. Bunun sonucunda, yakın geçmişteki standart sapmaların, daha uzak geçmişteki standart sapmalara göre nispeten yüksek olması durumunda, ağırlıklı hareketli ortalama ile hesaplanan standart sapma, basit hareketli ortalama ile hesaplanan standart sapmadan daha yüksek bir volatilitate tahmininde bulunacaktır.

Tersi durumda, yani yakın geçmişteki standart sapmaların daha uzak geçmişteki standart sapmalara göre nispeten düşük olması durumunda, ağırlıklı hareketli ortalama ile hesaplanan standart sapma, basit hareketli ortalama ile hesaplanan standart sapmadan daha düşük bir volatilitate tahmininde bulunacaktır.

3.5.3. Üssel Düzleştirme ile Volatilitenin Hesaplanması

Üssel düzleştirme (exponential smoothing) ile hesaplanan standart sapma yönteminde, ağırlıklı hareketli ortalama yöntemindeki gibi geçmiş dönemlere azalan ağırlık verilip bir ortalama hesaplanmaktadır. Aralarındaki fark ise ağırlıklandırma şeklidir. Daha önce doğrusal bir ağırlıklandırma söz konusu iken burada üssel bir ağırlıklandırma kullanılmaktadır.

Üssel düzleştirme ile hesaplanan standart sapma aşağıdaki formül kullanılarak elde edilmektedir (Poon ve Granger, 2003:507):

$$\hat{\sigma}_t = (1 - \lambda)\sigma_{t-1} + \lambda\hat{\sigma}_{t-1} ; 0 \leq \lambda \leq 1 \quad (3.15)$$

Burada λ ağırlıklandırma veya farklı bir ifadeyle azalma faktörünü (decay factor) ifade etmektedir.

Örneğin (t-1) dönemdeki standart sapmanın $\hat{\sigma}_{t-1}=0,20$ olarak tahmin edildiği varsayılın ve σ_{t-1} 'in gerçekleşmesi için aşağıdaki üç farklı senaryoyu değerlendirilirse;

1. $\sigma_{t-1}=0,15$ olarak gerçekleştiyse,
2. $\sigma_{t-1}=0,20$ olarak gerçekleştiyse,
3. $\sigma_{t-1}=0,25$ olarak gerçekleştiyse,

$\hat{\sigma}_t$ yukarıdaki üç farklı senaryo ve farklı λ için tahmin edilecek standart sapmalar Tablo 3.1'de verilmektedir.

Tablo 3.1: Üç Farklı Senaryo ve Farklı λ için Standart Sapma Sonuçları

λ	$\sigma_{t-1} = \mathbf{0,15}$	$\sigma_{t-1} = \mathbf{0,20}$	$\sigma_{t-1} = \mathbf{0,25}$
0	0,1500	0,2000	0,2500
0,25	0,1625	0,2000	0,2375
0,50	0,1750	0,2000	0,2250
0,75	0,1875	0,2000	0,2125
0,90	0,1950	0,2000	0,2050
0,94	0,1970	0,2000	0,2030
0,97	0,1985	0,2000	0,2015
1	0,2000	0,2000	0,2000

$\hat{\sigma}_t$ üssel düzleştirme ile tahmin edilirken, önceki dönemde tahmin edilen $\hat{\sigma}_{t-1}$ yerine daha düşük bir standart sapma (σ_{t-1}) gerçekleştiğinde, λ arttıkça $\hat{\sigma}_t$ de artmaktadır. Bu durumda $\hat{\sigma}_t$ 'nin alabileceği değerler $\sigma_{t-1} \leq \hat{\sigma}_t \leq \hat{\sigma}_{t-1}$ aralığında yer

almaktadır. Tersi durumda $\hat{\sigma}_{t-1}$ yerine daha yüksek bir standart sapma (σ_{t-1}) gerçekleştiğinde, λ arttıkça $\hat{\sigma}_t$ azalmakta ve alabileceği değerler $\hat{\sigma}_{t-1} \leq \hat{\sigma}_t \leq \sigma_{t-1}$ aralığında olmaktadır. Bir önceki dönemde tahmin edilen $\hat{\sigma}_{t-1}$ ile gerçekleşen σ_{t-1} iaynıysa, tahmin edilen $\hat{\sigma}_t$ her λ için de değişmemekte ve $\hat{\sigma}_{t-1}$ veya σ_{t-1} ile aynı olmaktadır.

Üssel düzleştirme ile hesaplanan volatilitenin formülünde standart sapmanın yerine varyans yazılırsa ve ardışık yerine koyma işlemi uygulanırsa;

$$\begin{aligned}
\hat{\sigma}_t^2 &= (1-\lambda)\sigma_{t-1}^2 + \lambda\hat{\sigma}_{t-1}^2 \\
\hat{\sigma}_t^2 &= (1-\lambda)\sigma_{t-1}^2 + \lambda[\lambda\hat{\sigma}_{t-2}^2 + (1-\lambda)\sigma_{t-2}^2] \\
\Rightarrow \hat{\sigma}_t^2 &= (1-\lambda)(\sigma_{t-1}^2 + \lambda\sigma_{t-2}^2) + \lambda^2\hat{\sigma}_{t-2}^2 \\
\Rightarrow \hat{\sigma}_t^2 &= (1-\lambda)(\sigma_{t-1}^2 + \lambda\sigma_{t-2}^2 + \sigma_{t-3}^2) + \lambda^3\hat{\sigma}_{t-3}^2 \\
\Rightarrow \Rightarrow \hat{\sigma}_t^2 &= (1-\lambda) \times \sum_{i=1}^j \lambda^{i-1} \sigma_{t-i}^2 + \lambda^j \hat{\sigma}_{t-j}^2 \\
\Rightarrow \Rightarrow \hat{\sigma}_t^2 &\cong (1-\lambda) \times \sum_{i=1}^j \lambda^{i-1} \sigma_{t-i}^2 \tag{3.16}
\end{aligned}$$

olur.

Burada $\lambda^j \times \hat{\sigma}_{t-j}^2$ büyük j'ler için çok küçük bir değer alacağından ihmal edilebilir. Bu durumda σ_{t-i}^2 'lerin ağırlıklandırılması $(1-\lambda) \times \lambda^{i-1}$ olup her σ_{t-i}^2 ağırlığı bir öncekinin λ katı kadar olmaktadır (Hull, 2006:558-559).

RiskMetrics olarak bilinen yöntemde yukarıdaki varyans hesaplamasından faydalanılmakta ve model EWMA (Exponential Weighted Moving Average) olarak adlandırılmaktadır.

3.5.4. Üssel Ağırlıklandırılmış Hareketli Ortalama ile Volatilitenin Hesaplanması

EWMA olarak bilinen bu yöntemde geçmiş gözlemler üssel olarak ağırlıklandırılmakta ve böylece yakın geçmişteki gözlemlere daha çok ağırlık, uzak geçmişteki gözlemlere ise daha az ağırlık verilmektedir. EWMA yöntemi ile standart sapmanın hesaplanması aşağıdaki denklemlerden faydalanılarak yapılmaktadır (Hull, 2006: 558-559):

$$\hat{\sigma}_t = \frac{\sum_{i=1}^{\tau} \lambda^i \sigma_{t-i}}{\sum_{i=1}^{\tau} \lambda^i} \quad (3.17)$$

Burada, λ hem yakın geçmişteki gözlemlerin ağırlıklandırma derecesini, hem de volatilitenin büyük bir oynaklıktan sonra ne kadar hızlı bir şekilde düşük seviyeye döneceğini ifade etmektedir. Düşük bir ağırlıklandırma faktörü yakın geçmişteki gözlemlere daha çok ağırlık vermekte ve büyük bir hareketten sonra volatilitenin eski seviyesine dönmesini hızlandırmaktadır. τ ise volatilitenin hesaplanmasında kullanılacak gözlem dönemini ifade etmektedir. Teorik olarak sonsuz alınabilen gözlem dönemi, üssel ağırlıklandırmada hızlıca sifıra gerilemektedir. Uygulamada örneğin $\lambda = 0,94$ için 50 ve $\lambda = 0,97$ için 100 günlük gözlem dönemi iyi sonuçlar vermektedir (Best, 1999). RiskMetrics %1 hata payı ile $\lambda = 0,94$ için 74 ve $\lambda = 0,97$ için 151 gün önermektedir. Burada ifade edilen gözlem sayılarından daha uzun geçmişte kalan gözlemler, hesaplamalara pek fazla etki etmemektedir (RiskMetrics, 1996:94).

EWMA'dan farklı olarak RiskMetrics, hesaplamalarda bazı sadeleştirmeleri uygulamaktadır. İlk olarak daha önce gösterildiği gibi $\lambda^j \times \hat{\sigma}_{t-j}^2$ terimi göz ardı edilip

$\sum_{i=1}^{\tau} \lambda^i \cong \frac{1}{(1-\lambda)}$ olarak alınmaktadır. Ayrıca, finansal fiyat serilerinin ortalama getirisinin sıfır olduğu varsayılmaktadır. Bu durumda,

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{(\lambda \hat{\sigma}_{t-1}^2 + (1-\lambda) X_{t-1}^2)} \quad (3.18)$$

formülü elde edilmektedir.

Burada X_{t-1}^2 bir önceki günün getirisinin karesini ifade etmekte ve ortalama sıfır olarak kabul edildiğinden varyans olarak kullanılmaktadır. Bu durumda, volatilité hesaplamaları için sadece bir başlangıç varyansına ve bir önceki günün getirisine ihtiyaç duyulmaktadır. İlk hesaplamadan sonraki gün için yapılacak volatilité tahmininde bir gün önce tahmin edilen varyans ile bir önceki günün getirisinin karesi kullanılmaktadır.

3.5.5. GARCH ile Volatilitenin Hesaplanması

Üssel Düzleştirme ve EWMA yöntemleri koşullu değişen varyansı modellemektedirler. Ancak bu yöntemler koşulsuz varyansı tamamen göz ardı etmektedir. Hem koşullu hem de koşulsuz varyansı modele dahil eden ARCH yöntemlerinden olan GARCH (Generalized Autoregressive Conditional Heteroscedasticity) modeli EWMA modeline çok benzemektedir. Aralarındaki fark ise, GARCH modeli, uzun dönem ortalama varyansı da hesaba katmaktadır. GARCH(p,q) aşağıdaki formüldeki gibi hesaplanmaktadır (Bollerslev vd., 1994:2968):

$$h_t = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (3.19)$$

Genel GARCH(p,q) formülü p=1 ve q=1 için aşağıdaki formüle dönüşmektedir:

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (3.20)$$

ve $u_{t-1}^2 = X_{t-1}^2$ olduğundan,

$$\hat{\sigma}_t = \sqrt{(\omega + \beta \hat{\sigma}_{t-1}^2 + \alpha X_{t-1}^2)} \quad (3.21)$$

olmaktadır (Bollerslev vd., 1994:2968).

Görüldüğü gibi GARCH(1,1) modeli RiskMetrics'i andırmaktadır. Aralarındaki fark ise ω olmaktadır. Bu sabit, uzun vadeli ortalama varyansı (veya koşulsuz varyansı) da hesaba katmaktadır. Eğer $\omega=0$, $\beta = \lambda$ ve $\alpha = (1 - \lambda)$ olarak düşünülürse, EWMA (RiskMetrics) modeli elde edilir. GARCH(1,1) modelinde

kullanılan ω , β ve α parametrelerinin tahmini için Maximum-Likelihood* yöntemi kullanılmaktadır.

Bu bölümde tanıtılan RMD ile volatilité hesaplama yöntemlerinden Tarihi Simülasyon Yöntemi, Tarihi Volatilité Yöntemi, EWMA ve farklı GARCH(1,1) yöntemleri ampirik uygulama bölümünde kullanılacaktır. Çalışmada izlenecek metodoloji ile kullanılacak RMD hesaplama yöntemleri detaylı bir şekilde Bölüm 4'te anlatılacaktır.

* Maximum-Likelihood yöntemi ile parametre tahmini için bakınız (Hull, 2006:562-566).

4. METODOLOJİ VE ÇALIŞMADA KULLANILAN RMD MODELLERİ

Bu bölümde konuya ilişkin literatür taraması, ampirik çalışmada izlenecek metodoloji ve kullanılacak modeller tanıtılacaktır. Çalışmanın amacı, farklı RMD modelleri ile hesaplanan RMD sayılarının sadece model sapma sayıları ile RMD modellerinin performansları hakkında bir sonuca varmak yerine, RMDSY (RMD bazlı sermaye yeterlilik oranının) hesaplanmasında paydaya eklenecek olan piyasa riskine esas tutarın (PRET) büyüklüğüne bakılarak RMD modelinin başarısı hakkında bir sonuca varmaktır.

4.1. Konuya İlişkin Literatür Taraması

RMD modellerinin karşılaştırılması konusunda çok sayıda akademik ve akademik olmayan çalışmalar olmasına rağmen PRET açısından yapılan çalışmaların sayısı sınırlıdır. Bu çalışmanın da konusunu oluşturan RMD modellerinin PRET'e etkisinin sınanması ile ilgili temel çalışmalar aşağıda verilmiştir.

Danielsson vd., (1998) model güvenlik çarpanı başlangıçta 3 olmasını yüksek olduğu gerekçesiyle eleştirmişlerdir. Yüksek olarak değerlendirdikleri bu katsayı gelişmiş RMD modellerinin kullanımını ve geliştirilmesini engellediğini ifade etmişlerdir. Çözüm önerisi olarak, model güvenlik çarpanı daha düşük bir değer ile başlatılarak sapma sayısı yüksek olan RMD modellerine ilave edilecek olan artı çarpım faktörünün daha hızlı arttırılmasını öne sürmektedirler.

Fricke (2005) 14 adet tek değişkenli ve sekiz adet çok değişkenli RMD modellerini kullanıp RMD hesaplamaları yapmıştır. İlk kez bu çalışmada sapma sayılarından ziyade BASEL II kriterlerine uygun olarak saptanan PRET açısından bir değerlendirme yapılmıştır. Çalışmada DOW JONES EURO STOXX TMI endeksini ve bu endekse ait beş sektör endeksi kullanılmıştır. Altı tane endeks yanı sıra beş sektör endeksinden oluşturulan %20 eşit ağırlıklı portföy analiz edilmiştir. Elde edilen bulgulara göre piyasa aktörlerinden yaygın olarak kullanılan tek değişkenli RMD modellerinden olan tarihi volatilité gibi normal dağılım varsayımına dayalı olarak RMD hesaplamaları gerçekleştiren modeller, finansal zaman serilerindeki

gözlemlenen volatilité değişimlerine veya kalın kuyruklara cevap verememektedir. EWMA modeli örneğin hızlı bir şekilde zaman serilerindeki değişimlerine cevap vermesine rağmen geriye dönük test işleminde çok sapma kaydetmektedir. Basel II kriterlerine uygun olarak saptanan PRET açısından bazı çok değişkenli modellerinin kullanımını önermesine rağmen kullanılması sakıncalı olan modellerde tespit edilmiştir.

Astafiev (2006) beş tane GARCH (1,1) özelliği taşıyan ve hata teriminin GED dağılımlı (nu = 0.5, 0.6, 0.75, 1.0, 2.0) olduğu varsayımı altında üretilen rassal veri setleri ile tarihi simülasyon, tarihi volatilité, EWMA ve farklı GARCH modelleri kullanıp RMD hesaplamaları gerçekleştirip BASEL II kriterlerine uygun olarak PRET'i hesaplamıştır. Elde ettiği bulgulara göre farklı GARCH modelleri hem geriye dönük test işleminin sonucu sapma sayıları açısından hem de BASEL II kriterlerine uygun olarak saptanan PRET açısından çoğu zaman daha başarılı olmuşlardır. Buna rağmen sapma sayısı açısından çok başarısız modeller yetersiz bir artı çarpım faktörü sonucu başarılı modellerden daha düşük bir PRET gerektirdiği durumlar da saptamıştır.

Hermesen (2007) DAX30, DOW JONES ve NİKKEİ endeksleri için yedi farklı RMD hesaplama modellerini kullanıp BASEL II kriterlerine uygun PRET'i hesaplamıştır. Ayrıca normal dağılımlı, GED dağılımlı ve stabil dağılımlı rassal veri setleri oluşturup yedi farklı RMD hesaplama modellerini kullanıp hesaplamaları tekrarlamıştır. Elde ettiği bulgulara göre farklı GARCH (1,1) modelleri riski daha iyi ölçtüklerini tespit etmiştir. Riski ölçmekte kıyasla başarısız olan tarihi simülasyon ve tarihi volatilité modelleri BASEL II kriterlerine uygun saptanan PRET açısından gelişmiş GARCH (1,1) modellerine göre zaman zaman daha düşük bir PRET gerektirmiştir.

Fricke ve Pauly (2009) çalışmalarında DOW JONES, NASDAQ, FTSE ve NİKKEİ endekslerine ait 200 farklı finansal zaman serilerini yedi farklı RMD modelleriyle analiz etmişlerdir. Elde ettikleri bulgulara göre, finansal zaman serilerinin yüksek riskli dönemlerinde sergiledikleri yüksek volatilité ve kalın kuyruklar sebebiyle tarihi volatilité, tarihi simülasyon ve EWMA gibi RMD

hesaplama modelleri riski sistematik olarak olduğundan daha düşük ölçmektedir. Farklı GARCH modelleri riski daha iyi ölçmelerine rağmen tarihi volatilité, tarihi simülasyon ve EWMA'ya göre BASEL II kriterlerine uygun saptanan PRET açısından daha yüksek bir sermaye gerektirdiği durumları da saptamışlardır.

4.2. Metodoloji

Daha önce de belirtildiği gibi PRET minimize edilmesi gereken ekonomik amaç fonksiyonu olarak ele alınacaktır. Bu amaca ulaşılırken aynı zamanda RMD modelinin piyasa riskinin ölçümünde de başarılı olması istenmektedir. Başarılı bir RMD modeli (sapma sayısı kırmızı bölgede yer almayan) ile düşük bir PRET, bankanın daha az atıl fon tutarak daha fazla karlı işlem yapmasına imkan tanımaktadır. Bundan dolayı, ampirik çalışmada RMD modellerinin performansı yorumlanırken temel kriter olarak model sapma sayısından ziyade, PRET dikkate alınacaktır.

PRET'inin hesaplanabilmesi için RMD modelinin yıllık sapma sayısı elde edilip, çarpım faktörüne ilave edilecek olan artı çarpım faktörünün tespiti gerçekleştirilecektir. Bunun için, farklı RMD modelleri kullanılarak 1 ve 10 günlük RMD sayıları hesaplanacaktır ve 1 günlük RMD değerleri ile modellerinin sapma sayıları hesaplanıp, 10 günlük RMD değerleri ile PRET simüle edilecektir. Hesaplanan 1 günlük RMD değerleri geriye dönük test işlemine tabi tutularak çarpım faktörüne ilave edilecek olan artı çarpım faktörünün tespitinde kullanılıp, PRET'in hesaplanması için son 60 günün 10 günlük RMD'lerin ortalaması ile çarpılacaktır ve son güne ilişkin hesaplanan 10 günlük RMD ile karşılaştırılıp, büyük olan değer PRET olarak kullanılacaktır.

RMD hesaplamaları sonucu sapma sayılarının tespiti için yapılacak olan geriye dönük test işlemi, veri setlerinin son 2000 günlük verileri ile yapılacaktır. 1 ve 10 günlük RMD değerleri hesaplanacağından son 10 gün düşölerek toplam 1990 günün RMD hesaplamaları ile geriye dönük test işlemi uygulanıp PRET simüle edilecektir.

Ampirik çalışma ikiye ayrılacaktır. İlk kısımda İMKB100 Endeksi, Dolar/TL Kuru ve Altın Spot Fiyatı için farklı RMD yöntemleri kullanılarak Basel II

çerçevesinde RMDSY hesaplanmasına ilişkin PRET simüle edilecektir. Elde edilen simülasyon sonuçları yorumlandıktan sonra ikinci kısımda altı rassal veri seti üretilerek PRET simülasyonu tekrarlanacaktır ve gerçek verilerle elde edilen sonuçlar karşılaştırılacaktır.

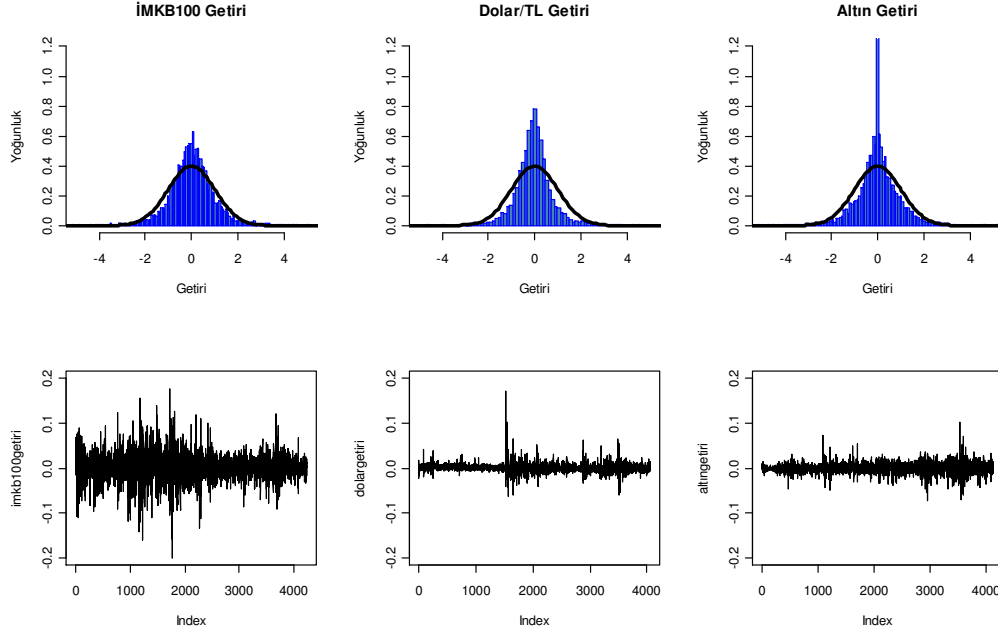
Çalışmada kullanılacak olan gerçek veri setleri 02.01.2011 tarihinde MATRİKS Data tarafından temin edilmiştir. İMKB100 Endeksi için 03.01.1994 – 31.12.2010 tarihleri arası 4239 günlük kapanış değeri, Dolar/TL kuru için 02.01.1995 – 31.12.2010 tarihleri arasında 4057 günlük kapanış değeri ve altın spot fiyatı için 02.01.1996 – 31.12.2010 tarihleri arasında 4127 günlük kapanış değeri elde edilmiştir. Elde edilen gerçek verilerin açıklayıcı istatistikleri Tablo 4.1’de verilmektedir.

Tablo 4.1: Gerçek Verilerin Açıklayıcı İstatistikleri

	İMKB100 Endeksi	Dolar/TL Kuru	Altın Spot Fiyatı
Veri Tarihi	03.01.1994 – 31.12.2010	02.01.1995 – 31.12.2010	02.01.1996 – 31.12.2010
Gözlem Sayısı	4239	4057	4127
Getiri Sayısı	4238	4256	4126
Ortalama	0,135%	0,090%	0,031%
Standart Sapma	2,77%	0,90%	1,04%
Çarpıklık	-0,069	2,564	0,016
Basıklık	7,260	45,435	10,292
Minimum	-19,98%	-6,10%	-7,32%
Maximum	17,77%	17,13%	10,25%

Tablo 4.1’de görüldüğü gibi 3 veri setinin aşırı basıklık (sivrilik) sergilediği basıklık katsayısından anlaşılmaktadır. Özellikle Dolar/TL kuru finansal zaman serileri için bile çok yüksek bir basıklık sergilemektedir. Şekil 4.1’de görüldüğü gibi üç gerçek veri seti için finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerinden olan kalın kuyruklar histogramlarda, volatilité kümelemeleri ise getiri grafiklerinde gözlemlenmektedir.

Şekil 4.1: Gerçek Verilerin Histogram ve Getiri Grafikleri



Ampirik çalışmada kullanılacak olan RMD modelleri farklı parametrelere ihtiyaç duymaktadır. Farklı RMD modellerinde kullanılacak olan parametrelerin tahmininde “kayan gözlem penceresi” yöntemi kullanılacaktır. Başka bir ifadeyle RMD modellerinin ihtiyaç duyduğu parametreler her işlem (gün) için güncellenmiş bir gözlem dönemi ile yeniden tahmin edilecektir.

Örneğin, İMKB100 veri seti için ilk RMD değeri 08.01.2003 tarihi için hesaplanacaktır. 250 günlük gözlem dönemi için 10.01.2002–07.01.2003 tarihli getiriler kullanılarak 08.01.2003 tarihi için kullanılacak her RMD modeline göre ihtiyaç duyulan tüm parametrelerin tahmini yapılacaktır. Bir sonraki gün için, ilk yani 10.01.2002 tarihli getiri gözlem veri setinden çıkartılıp son güne bir gözlem ilave edilip yani 08.01.2003 tarihli getiri gözlem veri setine eklenecektir ve böylece 11.01.2002–08.01.2003 tarihli getiriler kullanılarak ihtiyaç duyulan tüm parametreler yeniden tahmin edilecektir. Bu işlem son olarak 20.12.2010 tarihi için 1990 kez tekrar tekrar yapılacaktır.

Yukarıda bahsedilen kayan gözlem penceresi yöntemi ile tahmin edilen parametreler kullanılıp farklı RMD modelleri ile RMD değerleri hesaplanacaktır. Farklı RMD modelleri ile elde edilen 1 günlük RMD değerleri geriye dönük test işlemine tabi tutulup modellerin sapma sayıları tespit edilecektir. Elde edilen sapma sayısına göre RMD modellerinin cezalandırılacağı artı çarpım faktörü tespit edilecektir. Basel II'ye göre PRET hesaplanırken son 1 yıllık sapma sayılarına bakılarak, başlangıçta 3 olan çarpım faktörüne eklenecek olan artı çarpım faktörü tespit edilmektedir. Bu durumda en az dört çeyrek sapma sayılarına bakılarak artı çarpım faktörü tespit edilip ilk PRET simüle edilecektir. Dönemler ilerledikçe artı çarpım faktörü de son 4 çeyreğe bakılarak güncellenecektir.

Artı çarpım faktörünün tespiti için 4 tam çeyrek geriye dönük test işleminin gerçekleştirilmesi gerektiğinden elde edilen veri setlerinden İMK100 ve Dolar/TL kuru için ilk PRET 2004 yılının ikinci çeyreği için, Altın spot fiyatı için ise ilk PRET ancak 2004 yılın üçüncü çeyreğinden itibaren simüle edilecektir.

Çalışmanın ampirik kısmı, yukarıda anlatılan metodoloji çerçevesinde R programıyla gerçekleştirilmiştir. Yukarıda belirtildiği gibi kayan gözlem penceresi kullanıldığından her gün için büyük veri setleri ile kapsamlı hesaplamalar yapılacağından dinamik ve döngüsel programlamaya uygun bir yazılıma ihtiyaç duyulmaktadır. Ampirik çalışma için R programının tercih edilmesinin sebeplerinden ücretsiz olarak internette temin edilebilmesi yanı sıra özellikle zaman serileri analizi için çok güçlü matris tabanlı bir programlama dili olmasından kaynaklanmaktadır.

4.3. RMD Hesaplanmasında Kullanılan Veriler

Bu çalışmada RMD hesaplaması varlık bazında yapılacaktır. Varlığın t zamanındaki değeri $V(t)$ ile ifade edilecektir. Varlığın $i + \tau$ zamanındaki değeri ise $V(t + \tau)$ ile ifade edilecektir. Çalışmada günlük veriler kullanılacağından $V(t)$ ile $V(t + \tau)$ arasında geçen τ zaman birimi gün olarak düşünülmesi gerekmektedir. RMD hesaplamasında amaç τ günlük RMD hesaplaması olduğundan sonuç

$RMD_\alpha(\tau, t)$ olarak belirtilecektir ve p olasılık olarak düşünülürken aşağıdaki denklem sağlanacaktır (Fricke, 2006:13):

$$p\left(V(t) - V(t + \tau) > RMD_\alpha(\tau|t)\right) = \alpha \quad (4.1)$$

RMD, $1 - \alpha$ güven seviyesi için $t + \tau$ zamanında aşılması beklenmeyen kayıp olarak tanımlanmıştır. Finansal zaman serileri çoğu zaman durağan olmadığından burada gösterildiği gibi fiyat serisi olarak modellenmesi sorun teşkil etmektedir. Bu sebepten dolayı varlığın getiri serisi modellenmektedir.

4.3.1. Varlığın Getirisinin Hesaplanması

Bir varlığın getirisini hesaplamak için iki farklı hesaplama benimsenmektedir; kesikli getiri ve sürekli getiri. Bu iki hesaplama aşağıda gösterildikten sonra arasındaki farka değinilip çalışmada sürekli getirinin kullanılmasının nedeni açıklanacaktır.

Kesikli getiri ve sürekli getiri hesaplamak için aşağıdaki denklem (4.2) ve (4.3) kullanılmaktadır (Benninga, 1997:68-80).

Kesikli Getiri:

$$\Upsilon_t^k = \frac{V(t) - V(t-1)}{V(t-1)} \quad (4.2)$$

Sürekli Getiri:

$$\Upsilon_t^s = \ln\left(\frac{V(t)}{V(t-1)}\right) = \ln(V(t)) - \ln(V(t-1)) \quad (4.3)$$

Eğer fiyat serisi normal dağıldığı varsayılırsa o zaman kesikli olarak hesaplanan getiriler de normal dağılımlı olacaktır. Eğer hisse senetlerinin fiyat değişimi logaritmik dağıldığı varsayılırsa o zaman sürekli olarak hesaplanan getiriler de normal dağılımlı olacaktır. Genelde hisse senetlerinin fiyat serileri lognormal, getirilerinin ise normal dağılımlı olduğu varsayılmaktadır (Albrecht, 2001:890).

Sürekli getiriyi kullanırken $V(t+1) = V(t) \cdot e^{r(t)}$ olduğu varsayılmaktadır; burada $r(t)$ menkul kıymetin (t ile $t+1$) dönemi arası getiri oranını temsil etmektedir. Eğer $r(1), r(2), \dots, r(12)$ 12 aylık getirileri ise, o zaman menkul kıymetin fiyatı 12 ayın sonunda $V(12) = V(t) * e^{r(1)+r(2)+\dots+r(12)}$ olur. Buradan aylık ortalama getiri oranı $r = (r(1) + r(2) + \dots + r(12)) / 12$ olduğunu ve böylece uygun olarak 13. ayın getirisi sürekli getiri olarak hesaplanması gerektiği söylenebilir (Benninga, 1997:80).

Kesikli getiri ile sürekli getirinin ilişkisi $Y_t^s = \ln(1 + Y_t^k)$ olmaktadır. Kesikli getiri, sürekli getiriden daima büyük bir sayı olarak hesaplanmaktadır. Kesikli getiri ne kadar büyükse, sürekli getiriyle arasındaki sapma da o ölçüde büyük olmaktadır. Fiyat değişimi fazla büyük olmadığı sürece fark anlamsız gibi görünebilir; fakat, fiyat seviyesi büyük farklılık gösterirse hesaplama yöntemleri çok farklı sonuçlar verebilmektedir. Ayrıca, kesikli getiride fiyat $V(1)$ seviyesinden $V(2)$ seviyesine çıkarken hesaplanan getiriyle, fiyat $V(2)$ seviyesinden $V(1)$ seviyesine düşen fiyatın getirisi hesaplanırken, mutlak değer olarak eşit olmamaktadır. Sürekli getiri ile hesaplama yapılırken böyle bir durum söz konusu olmamaktadır ve iki getiri mutlak olarak eşit olmaktadır (Fettahoğlu, 2003:67-68).

4.3.2. Getiri Dağılımından τ - Günlük RMD'nin Hesaplanması

Yukarda açıklananlara dayanarak, sürekli getiri formülü ile hesaplanan günlük getiriler kullanılacaktır. Peş peşe gerçekleşen günlük getirilerden 10 tanesi toplanarak 10 günlük getirilerin elde edilmesi çalışmada büyük kolaylık sağlayacaktır. Bu toplama özelliğinden faydalanmak için RMD hesaplamalarında kullanılacak olan varlıkların getirileri sürekli getiri formülüyle hesaplanacaktır. Dolayısıyla, çalışmada $Y_{\tau/l}^s \equiv Y_{\tau/l}$ olarak kullanılacaktır. Bu durumda (bkz. Fricke, 2006:14);

$$Y_{\tau|t} = \ln\left(\frac{V(t+\tau)}{V(t)}\right) = Y_{t+1} + Y_{t+2} + \dots + Y_{t+\tau} \quad (4.4)$$

olur. Bu özellik $Y_{\tau|t}$ getirilerinin dağılım fonksiyonu $f_{Y_{\tau|t}}$ ile 10 günlük RMD'lerin hesaplanması açısından büyük kolaylık sağlamaktadır. Örneğin i.i.d. standart normal dağılımlı getirilerin toplamı yine normal dağılımlı olmaktadır. Buradan;

$$V(t+\tau) = V(t) \exp(Y_{\tau|t}) \quad (4.5)$$

olup, $Y_{\tau|t}$ için $Q_{\alpha}(\tau|t)$ kantilinden;

$$P(Y_{\tau|t} \leq Q_{\alpha}(\tau|t)) = \alpha \leftrightarrow \quad (4.6)$$

$$P\left(\ln\left(\frac{V(t+\tau)}{V(t)}\right) \leq Q_{\alpha}(\tau|t)\right) = \alpha \leftrightarrow \quad (4.7)$$

$$P(V(t+\tau) \leq V(t) \exp(Q_{\alpha}(\tau|t))) = \alpha \quad (4.8)$$

olarak hesaplanabilmektedir.

Denklem (4.7)'de $V(t) - \text{VaR}_{\alpha}(\tau|t) = V(t) \exp(Q_{\alpha}(\tau|t))$ elde edilmesiyle τ günlük RMD:

$$\text{VaR}_{\alpha}(\tau|t) = V(t) \left(1 - \exp(Q_{\alpha}(\tau|t))\right) \quad (4.9)$$

olmaktadır. RMD'nin doğru hesaplanmasındaki asıl sorun getiri dağılımının istenen kantilinin doğru hesaplanmasından kaynaklanmaktadır.

Başlık 4.4 altında ampirik çalışmada kullanılan RMD modelleri tanıtılıp, başlık 4.5 altında gerçek veri setleri ile elde edilen sonuçlar ve başlık 4.6 altında ise rassal veri setleri ile elde edilen sonuçlar özetlenecektir.

4.4. Kullanılan RMD Modelleri

Ampirik çalışmada RMD hesaplama yöntemlerinden yaygın olarak kullanılan tarihi volatilité, tarihi simülasyon, EWMA, GARCH (1,1), GARCH (1,1)-Bootstrap, GARCH (1,1)-GED modelleri tercih edilmiştir. Kullanılacak modeller Fricke (2005)* tarafından programlanmış 14 adet tek değişkenli ve 8 adet çok değişkenli RMD modelleri arasından seçilmiştir. Çalışmada RMD hesaplamaları varlık bazında yapılacağından 14 tane tek değişkenli modellerden yaygın olarak kullanılanlar seçilmiştir. Çalışmada kullanılacak farklı GARCH (1,1) modellerinin özellikle finansal zaman serilerinin belirgin özelliklerini dikkate alan yapılarından dolayı başarılı RMD sonuçları verdikleri bilinmektedir.

Daha önce belirtildiği gibi çalışmanın asıl amacı; “Riskleri daha iyi ölçebilen gelişmiş RMD modelleri daha düşük bir PRET’e neden olmakta mıdır?” sorusuna cevap bulmaktır. Bu sorununun cevabında özellikle farklı GARCH (1,1) modellerinin performansı merak konusu olmaktadır.

Kullanılacak RMD modellerinden tarihi volatilité ve tarihi simülasyon için 250 ve 1000 günlük gözlem dönemleri, EWMA için 250 günlük gözlem dönemi ve farklı GARCH (1,1) modelleri için 1000 ve 2000 günlük gözlem dönemleri ile RMD hesaplamaları gerçekleştirilecektir.

4.4.1. Tarihi Volatilité

Tarihi Volatilité ile RMD hesaplanırken finansal varlığın getirileri normal dağılımlı ve varyansın zaman içinde sabit olduğu varsayılmaktadır. Başka bir ifadeyle $Y_i \stackrel{i.i.d.}{\sim} \mathcal{N}(\mu, \sigma^2)$ olmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi ampirik bulgularla bu iki varsayım örtüşmemektedir. Getiri dağılımın parametreleri μ ve σ^2 tarihi veri setinden aşağıdaki denklemler (4.10) ve (4.11) ile tahmin edilmektedir:

* Çalışmada kullanılacak bilgisayar R program kodu ilk olarak Fricke (2005) tarafından programlanmıştır ve http://nts4.oec.uni-osnabrueck.de/stat1/Aktuelles/R_Code.txt linkinden temin edilebilmektedir. Hermsen (2006) ve Astajev (2006) bu program koduna çeşitli ilaveler yapmışlardır.

$$\hat{\mu} = \bar{y} = \frac{1}{t} \sum_{i=1}^t y_i \quad (4.10)$$

ve

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{t-1} \sum_{i=1}^t (y_i - \bar{y})^2 \quad (4.11)$$

Buradan τ günlük RMD'ler toplanabilir olma özelliklerinden dolayı $RMD_\alpha = (\tau, t)$ için $Y_{t+1} + Y_{t+2} + \dots + Y_{t+\tau} \sim \mathcal{N}(\tau\mu, \tau\sigma^2)$ olur ve istenen α -kantili için $Q_\alpha(\tau|t) = \tau\mu + z_\alpha \sqrt{\tau}\sigma$ olur. Buradan denklem (4.9) ile τ günlük RMD'ler kolayca hesaplanabilmektedir.

4.4.2. Tarihi Simülasyon

Tarihi simülasyon yönteminde yukarıdaki temel varsayımlar yapılmamaktadır. Bu yöntemde getirilerin parametrelerinin tahmin edilmesi yerine ampirik dağılımın kendisi (tarihi gözlem verilerinin tümü) kullanılmaktadır. Bu yöntemde sadece getirilerin i.i.d. olduğu varsayılmaktadır ve bunun dışında normal dağılım gibi bir dağılıma ihtiyaç duyulmamaktadır.

McNeil vd. (2005) tarihi simülasyon yöntemi ile RMD hesaplamasını kar/zarar dağılımı ile tarif ederken, Fricke (2005) ise hesaplamalar için getiri dağılımını kullanmaktadır. Huschens (2000) ise tarihi simülasyonu genel olarak tarif etmektedir. Sonuç itibarıyla veri setinin kar/zarar (l_t) veya getiri (Y_t) serisi şeklinde kullanılması fark teşkil etmemektedir (Hermsen, 2006:50).

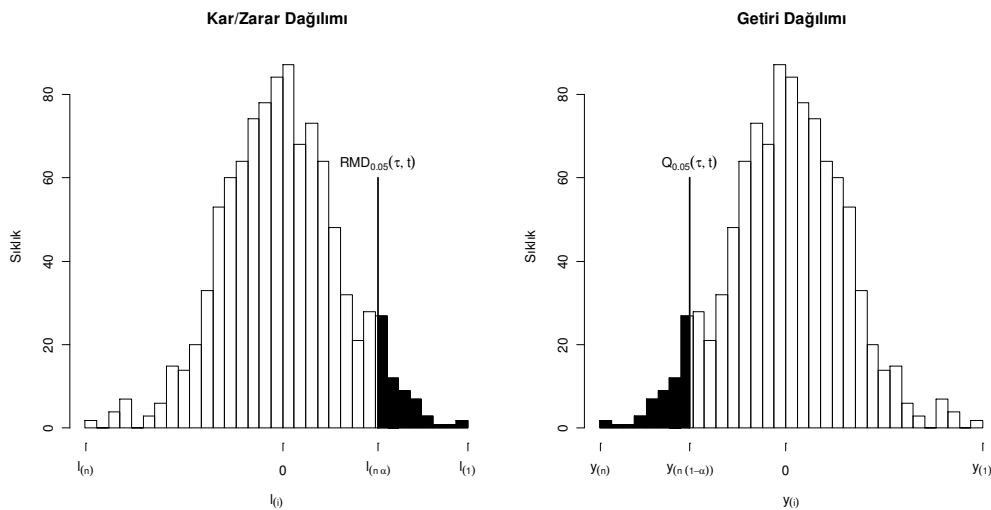
Buna göre, kar/zarar veri seti $l_{(n)}, l_{(n-1)}, \dots, l_{(n\alpha)}, \dots, l_{(1)}$ şeklinde sıraya konulduğunda $RMD_\alpha(1|t)$ tahmini;

$$RMD_\alpha(1|t) = l_{(n\alpha)} \quad (4.12)$$

ile yapılmaktadır. Burada $l_{(n\alpha)}$, $n\alpha$ 'yı aşmayan en büyük tam sayıyı ifade etmektedir.

Veri seti kar/zarar yerine getiri olarak kullanılacaksa $Q_\alpha(1|t)$ 'nin tahmini için getiriler $y_{(n)}, y_{(n-1)}, \dots, y_{(n(1-\alpha))}, \dots, y_{(1)}$ şeklinde sıraya konulup $n(1-\alpha)$ sınırını aşmayan en küçük $y_{(n(1-\alpha))}$ seçilip, $RMD_\alpha(1|t)$ 'yi hesaplamak için ise Denklem (4.9)'dan faydalanılmaktadır. İki yaklaşımın daha iyi anlaşılması için anlatılanlar aşağıda Şekil 4.2'de görselleştirilmektedir.

Şekil 4.2: Kar/Zarar Dağılımı ile $RMD_\alpha(\tau|t)$ ve Getiri Dağılımı ile $Q_\alpha(\tau|t)$ hesaplanması



Buradan τ günlük RMD'nin hesaplanması için bootstrap yönteminden faydalanılmaktadır. Tarihi veri setinden elde edilen getirilerden toplam olarak $\tau \cdot 1000$ günlük getiri rassal olarak çekilip $\tilde{y}_{j,t+\tau}$ ($y = 1, \dots, 1000$ ve $\tau = 1, \dots, 10$) olarak adlandırılmaktadır.

Elde edilen rassal getiriler $\mathcal{X}_m = \{\tilde{y}_{1,t+1}, \tilde{y}_{1,t+2}, \dots, \tilde{y}_{1,t+10}, \tilde{y}_{2,t+1}, \dots, \tilde{y}_{1000,t+10}\}$;

$$\tilde{y}_{j,t+10} = \sum_{\tau=1}^{10} \tilde{y}_{j,t+\tau}, \quad j = 1, \dots, 1000 \quad (4.13)$$

şeklinde toplanıp rassal 10 günlük getiri serisi elde edilmektedir. Oluşturulan 1000 adet 10 günlük rassal getiri serisinden denklem (4.9) ile $RMD_\alpha(10|t)$ kolayca hesaplanabilmektedir.

Bu modelle hesaplanan RMD için getiriler hakkında sadece i.i.d olduklar varsayımı kabullenilmektedir. Bu kabul ampirik gözlemlerle bağdaşmamaktadır. Örneğin, volatilité kümelemeleri bu yöntemle modellenememektedir. Bununla birlikte, gözlem döneminin uzunluğu bu modelle hesaplanan RMD'yi fazlasıyla etkilemektedir. Getiriler tarihi volatilité modelinde olduğu gibi eşit ağırlıklı olarak modele dahil edilmektedirler. Tarihi volatilitéde sapan değerler ortalama olarak hesaba dahil edilirken, tarihi simülasyon yönteminde ise doğrudan kantili belirlemektedirler. Gözlem döneminin uzatılıp veya kısaltılması RMD'nin sistematik olarak yüksek veya düşük hesaplanmasına neden olabilmektedir.

4.4.3. EWMA

EWMA modeli daha önce tanıtılan modellerin zayıf yönlerini kısmen aşmaktadır. Uzun geçmişte kalan gözlemleri daha az ağırlandırarak değişen varyansı da modellemeye çalışan EWMA modeli, getirilerin beklenen değerini $\mu = 0$ ve $\hat{u}_i \sim \mathcal{N}(0, \hat{h}_i)$ varsayıp \hat{h}_i ise bir önceki dönemin varyansı olup bir sonraki dönemin varyansı;

$$\hat{h}_{1|t} = (1 - \lambda)u_t^2 + \lambda\hat{h}_t \quad (4.14)$$

olarak hesaplanmaktadır. Buradan

$$Q_\alpha(1|t) = z_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}} \quad (4.15)$$

denklemleri ile getiri dağılımının α - kantili hesaplanmaktadır.

Gelecek dönemlerinin tahmini için $\hat{h}_{\tau|t} = (1 - \lambda)\hat{h}_{1|t} + \lambda\hat{h}_{1|t} = \hat{h}_{1|t}$ olup;

$$\hat{y}_{\tau|t} \sim \mathcal{N}(0, \tau\hat{h}_{1|t}) \text{ yani } \frac{\hat{y}_{\tau|t}}{\sqrt{\tau\hat{h}_{1|t}}} \sim \mathcal{N}(0,1) \text{ ve } Q_\alpha(\tau|t) = z_\alpha \sqrt{\tau\hat{h}_{1|t}}$$

şeklinde gerçekleşmektedir.

Buradan RMD hesaplaması ise tarihi volatilitedeki gibi denklem (4.9) ile kolayca yapılmaktadır. Çalışmada λ - faktörü olarak RiskMetrics tarafından önerildiği gibi 0,94 kullanılacaktır.

4.4.4. GARCH (1,1)

EWMA yöntemiyle sadece koşullu değişen varyans modellenmektedir. Koşulsuz varyans ise tamamen göz ardı edilmektedir. Engle (1982) tarafından geliştirilen ARCH yöntemi ise koşulsuz varyansı da modellemektedir. Bollerslev (1986) tarafından geliştirilen ARCH yöntemi (GARCH) ise özellikle finansal zaman serilerinde geniş uygulama alanı bulmaktadır. Başka bir ifadeyle hem koşullu hem de koşulsuz varyansı modele dahil eden ARCH yöntemlerinden olan GARCH modeli uzun dönem ortalama varyansı da hesaba katmaktadır. GARCH(p,q) modeli aşağıdaki formüldeki gibi hesaplanmaktadır (Bollerslev, 1986:309):

$$y_i = \mu + u_i$$

$$u_i = \sqrt{h_i} v_i \text{ ve } v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$$

$$h_i = \alpha_0 + \sum_{i=1}^q \alpha_i u_{t-i}^2 + \sum_{i=1}^p \beta_i h_{t-i} \quad (4.16)$$

ve

$$p, q, \alpha_0 > 0; \alpha_i \leq 0, i = 1, \dots, q; \beta_i \leq 0, i = 1, \dots, p$$

Finansal zaman serileri için genelde GARCH(p,q) için p=1 ve q=1 tercih edilip aşağıdaki denklem elde edilmektedir:

$$h_i = \alpha_0 + \alpha_1 u_{i-1}^2 + \beta_1 h_{i-1} \quad (4.17)$$

Burada eğer $\alpha_1 + \beta_1 < 1$ yani durağan bir süreç söz konusu ise uzun dönemli varyans,

$$\sigma^2 = \frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 - \beta_1} \quad (4.18)$$

şeklinde hesaplanmaktadır. Ortalamaya dönüş etkisi (mean reversing effect) olarak adlandırılan bu süreçte varyans sürecinin volatilitesi uzun dönemli varyansa yakınsamaktadır.

$v_i = \overset{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$ varsayımı altında 1 günlük RMD için,

$$\hat{y}_{1|t} \sim \mathcal{N}(\mu, \hat{h}_{1|t})$$

olup

$$\frac{\hat{y}_{1|t} - \mu}{\sqrt{\hat{h}_{1|t}}} \sim \mathcal{N}(0,1)$$

olduğundan α - kantili

$$Q_\alpha(1|t) = \mu - z_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}}.$$

olarak hesaplanmaktadır. Buradan $\text{RMD}_\alpha(1|t)$;

$$\text{RMD}_\alpha(1|t) = V(t) \left(1 - \exp\left(\mu + z_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}}\right) \right) \quad (4.19)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Buraya kadar $v_i = \overset{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$ olduğu varsayımı altında 1 günlük koşullu tahmin yapılmaktadır. 10 günlük veya τ günlük getiri dağılımının koşullu varyansı normal dağılımından daha sivri olduğu bilinmesine rağmen ampirik araştırmalarda yine de τ günlük getiri dağılımlarının normal dağılımlı olduğu varsayılarak hesaplamalar yapılmaktadır (Fricke, 2006:80).

Böylece $\text{RMD}_\alpha(\tau|t)$ hesaplaması için,

$$\frac{y_{\tau|t} - \tau\mu}{\sqrt{\hat{h}_{\tau|t}}} \sim \mathcal{N}(0,1)$$

varsayıp,

$$\frac{y_{\tau|t} - \tau\hat{\mu}}{\sqrt{\hat{h}_{\tau|t}}} \sim \mathcal{N}(0,1)$$

olduğundan α - kantili

$$Q_{\alpha}(\tau|t) = \tau\hat{\mu} - z_{\alpha}\sqrt{\hat{h}_{\tau|t}}$$

olarak hesaplanmaktadır. Buradan $\text{RMD}_{\alpha}(\tau|t)$;

$$\text{RMD}_{\alpha}(\tau|t) = V(t) \left(1 - \exp\left(\tau\hat{\mu} + z_{\alpha}\sqrt{\hat{h}_{\tau|t}}\right) \right) \quad (4.20)$$

olarak hesaplanmaktadır.

Bu modellemede $\text{RMD}_{\alpha}(\tau|t)$ 'nin hesaplanması ile standartlaştırılmış hatalar için yapılan $v_i = \overset{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$ varsayımı standartlaştırılmış hataların dağılımında gözlemlenen kalın kuyruklar ile bağdaşmamaktadır. Bu eleştirilere cevap olarak standartlaştırılmış hatalarının normal dağılımı olduğu varsayımı yerine kalın kuyrukları daha iyi modelleyebilen dağılımların kullanılması veya standartlaştırılmış hatalarının dağılımı hakkında bir varsayımda bulunmak yerine ampirik dağılım fonksiyonunun kullanılması önerilmektedir.

4.4.5. GARCH (1,1)-Bootstrap

GARCH(1,1) modelinde belirtildiği gibi standartlaştırılmış hatalarının modellemesi eleştiri konusu olmaktadır. Bu eleştirilere cevap olarak Barone-Adesi vd. (1999) tarafından GARCH(1,1) modelinde standartlaştırılmış hataların bootstrap yöntemiyle tahmin edilmesi önerilmiştir. Tarihi veri setinin getirilerinin GARCH(1,1)-Bootstrap modelindeki parametreleri aşağıdaki şekilde tahmin edilmektedir.

$$y_i = \mu + u_i$$

$$u_i = \sqrt{h_i} v_i$$

$$h_i = \alpha_0 + \alpha_1 u_{i-1}^2 + \beta_1 h_{i-1}$$

Elde edilen modelin standartlaştırılmış hatalarının dağılımları hakkında varsayımda bulunmadan denklem (4.21) ile kolayca tahmin edilmektedir.

$$\hat{v}_i = \frac{y_i - \hat{\mu}}{\sqrt{\hat{h}_i}}, i = 1, \dots, n \quad (4.21)$$

Standartlaştırılmış hataların dağılımından $(\hat{\psi}_\alpha)$ %1-kantilinin hesaplanması tarihi simülasyondaki gibi gerçekleştirilmektedir. Yani;

$$Q_\alpha(1|t) = \hat{\mu} + \hat{\psi}_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}} \quad (4.22)$$

$RMD_\alpha(1|t)$ ise denklem (4.23) ile hesaplanmaktadır.

$$RMD_\alpha(1|t) = V_t \left(1 - \exp\left(\hat{\mu} + \psi_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}}\right) \right) \quad (4.23)$$

$RMD_\alpha(\tau|t)$ hesaplanması için ise tarihi simülasyonda olduğu gibi simüle edilmiş kümülatif 10 günlük getiri serisi $\mathcal{X}_m = \{\tilde{y}_{j,t+1}, \tilde{y}_{j,t+2}, \dots, \tilde{y}_{j,t+10}\}$ 'den istenen kantil $\tilde{Q}_\alpha(\tau|t)$ saptanıp denklem (4.24)'den faydalanılmaktadır.

$$RMD_\alpha(\mathbf{10}|t) = V_t \left(1 - \exp\left(\hat{Q}_\alpha(\mathbf{10}|t)\right) \right) \quad (4.24)$$

4.4.6. GARCH (1,1)-GED

GARCH(1,1) modelinde standartlaştırılmış hatalarının ampirik fonksiyonun oluşturulması yerine standartlaştırılmış hataları için gözlemlenen kalın kuyrukları normal dağılımından daha iyi modelleyebilen uygun bir dağılım varsayılabılır. GED dağılımı ile dağıldığı varsayılan standartlaştırılmış hatalar için GARCH(1,1)-GED modelindeki parametreler aşağıdaki şekilde tahmin edilmektedir.

$$y_i = \mu + u_i$$

$$u_i = \sqrt{h_i} v_i \text{ ve } v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,\hat{\gamma})$$

$$h_i = \alpha_0 + \alpha_1 u_{i-1}^2 + \beta_1 h_{i-1}$$

İlk olarak GARCH(1,1) parametreleri başlık 4.4.4'de yapıldığı gibi yani, standartlaştırılmış hataların dağılımı için normal dağılımı varsayılarak tahmin edilmektedir. İkinci aşamada elde edilen modelin standartlaştırılmış hatalarının dağılımları hakkında varsayımda bulunmadan denklem (4.21) ile standartlaştırılmış hatalar elde edilmektedir. Elde edilen bu standartlaştırılmış hataların GED dağılımlı oldukları varsayıp, $\text{GED}(0,1,\hat{\gamma})$ dağılımın $\hat{\gamma}$ parametresini ML-tahmincisi kullanılıp tahmin edilmektedir.

$\tilde{Q}_\alpha(1|t)$ yani %1-kantilinin hesaplanması için GARCH(1,1)-Bootstrap ile oluşturulan $\hat{\psi}_\alpha$ yerine tahmin edilen GED dağılımın $\kappa_{0,01}$ kantili hesaplanmaktadır. Yani;

$$Q_\alpha(1|t) = \hat{\mu} + \kappa_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}} \quad (4.25)$$

olup, buradan $RMD_\alpha(1|t)$ ise denklem (4.26) ile hesaplanmaktadır.

$$RMD_\alpha(1|t) = V_t \left(1 - \exp\left(\hat{\mu} + \kappa_\alpha \sqrt{\hat{h}_{1|t}}\right) \right) \quad (4.26)$$

$RMD_\alpha(\tau|t)$ hesaplanması için ise bootstrap yöntemi ile simüle edilmiş kümülatif 10 günlük getiri serisi $\mathcal{X}_m = \{\tilde{y}_{j,t+1}, \tilde{y}_{j,t+2}, \dots, \tilde{y}_{j,t+10}\}$ 'den istenen kantil $\tilde{Q}_\alpha(\tau|t)$ hesaplanıp denklem (4.27)'den faydalanılmaktadır.

$$RMD_\alpha(\mathbf{10}|t) = V_t \left(1 - \exp\left(\hat{Q}_\alpha(\mathbf{10}|t)\right) \right) \quad (4.27)$$

4.5. Gerçek Veriler ile Yapılan Ampirik Uygulamanın Sonuçları

Bu başlık altında yukarıda anlatılan metodoloji çerçevesinde Başlık 4.4’de detaylı tanımlanan RMD modellerinden Tarihi Simülasyon, Tarihi Volatilité, EWMA GARCH(1,1), GARCH(1,1)-Bootstrap ve GARCH(1,1)-GED modelleri kullanılıp 1 ve 10 günlük RMD hesaplamalar sonucu simüle edilen PRET’ler karşılaştırılıp kullanılan farklı RMD modelleri hakkında bir yargıya varılacaktır.

İlgili başlıklar altında ilk olarak İMKB100 Endeksi, Dolar/TL Kuru ve Altın Spot Fiyatı ile gözlem ve geriye dönük test dönemleri görsel olarak verilip ardından tablo halinde ampirik uygulama sonuçları özetlenecektir. Ekteki Şekil 1 - Şekil 18’e kadar olanlar ise gerçek veri setleri için ilgili RMD modellerinin önemli parametrelerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

4.5.1. İMKB100 Endeksi

İMKB100 Endeks ve getiri grafiği ile ampirik uygulamanın gözlem ile geriye dönük test dönemleri Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de gösterilmektedir. Artı çarpım faktörünün tespiti için 4 tam çeyrek dönem için geriye dönük test işlemi gerçekleştirilmesi gerektiğinden İMKB100 Endeksi için ilk PRET 2004 yılının ikinci çeyreğinden itibaren simüle edilecektir.

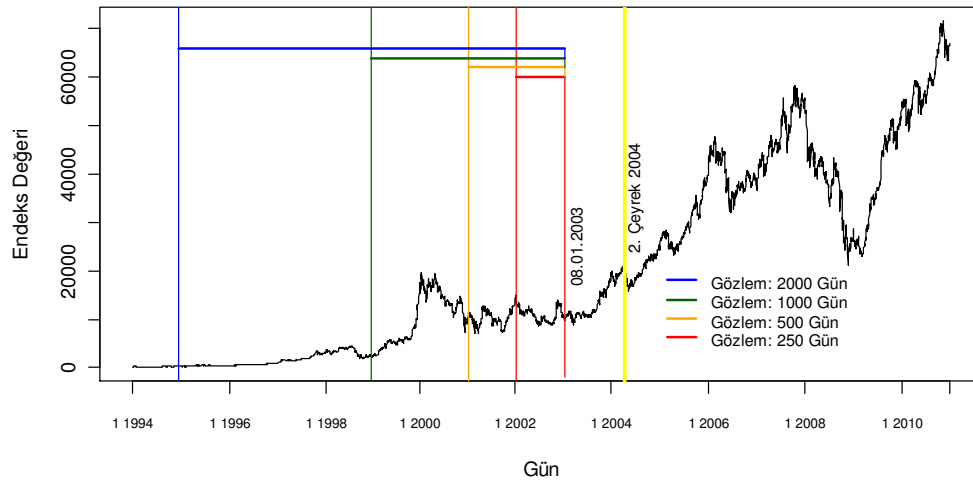
Şekil 4.3’de görüldüğü gibi İMKB 100 Endeksi 03.01.1994 tarihinde 218 ile başlayıp 01.12.1999 tarihinde 7.775 civarındayken, 40 günlük bir sürede 19.000 seviyelerine ulaştı, 22.02.2000 tarihinde 14.000 seviyesine geriledi ve Mayıs 2000’in ilk haftasında tekrar 19.000 seviyelerine yükselmiştir. Buradan yıl boyunca düşüş trendine geçen endeks, yılın sonuna doğru (“Kasım Krizi” etkisiyle*) 7.000’lere kadar geriledi. Hafif bir toparlanma döneminden sonra, 22.02.2001 tarihinde endeks tekrar 7.000 seviyesine düştü (“Şubat Krizi” etkisiyle†). Ağırlıklı olarak iki yıl boyunca 9.000 ile

* Kasım Krizi: Düşük bir kur sebebiyle, ithalat ihracat dengenin bozulması ve bunun sonucu oluşan dış ticaret açığı, bankaların açık pozisyon sebebiyle artan döviz talepleri ve yabancılar tarafından hazine kağıtların satılması sonucu Türkiye’yi terk eden 5 milyar doların üzerinde bir para, ciddi bir krizin çıkmasına sebep olmuştur.

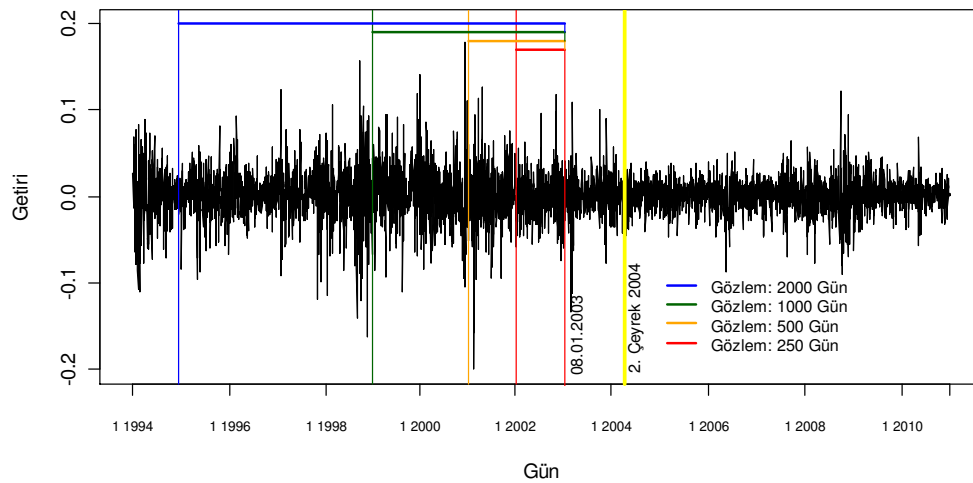
† Şubat Krizi: Uzun zamandır TCMB tarafından tayinli kurun düşük olması, piyasada likidite sıkıntısından dolayı faizlerin %5000’leri aşması ve bunun sonucu TCMB dalgalı kur rejimine geçmesi sonucu oluşan Türkiye Cumhuriyeti’nin yakın tarihinde yaşadığı en büyük finansal krizdir.

12.000 arası bir bantta seyreden endeks, 30.09.2003 tarihinde 13.000 seviyesinden başlayarak ciddi bir yükseliş trendine geçmiştir. Bu yükseliş trendi 01.03.2006 tarihinde 47.492 ile en yüksek seviyesine ulaşmış ve 26.06.2006 tarihine kadar 31.950 seviyesine gerileyip tekrar yükselişe geçmiştir. Devam eden yükseliş 15.10.2007 tarihinde 58.231 ile en yüksek seviyesine ulaşmış ABD’de ortaya çıkan mortgage krizinin etkisiyle 20.11.2008 tarihinde 21.228 seviyesine kadar sert bir düşüş yaşamıştır. Piyasaların toparlanmasıyla İMKB 100 Endeksi 31.12.2010 tarihine kadar bu yükseliş trendini sürdürerek 09.11.2010 tarihinde 71.543 ile tarihi maksimumuna ulaşmış Aralık sonu ise 67.000’lere gerilemiştir.

Şekil 4.3: İMKB100 Endeksi İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Şekil 4.4: İMKB100 Getirileri İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Tablo 4.2’de İMKB100 Endeksi için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. İlk iki sütun kullanılan RMD modeli ile kullanılan gözlem penceresinin uzunluğunu (gün olarak) vermektedir. Sonraki üç sütun ise modelin toplam sapma sayısını ve gözlem dönemi boyunca modelin kaç dönem sarı ve kırmızı bölgede yer aldığını göstermektedir. Son üç sütun ise sırasıyla ortalama h çarpanını, ortalama simüle edilen $PRET(\%)$ ve %99 güven seviyesi için ortalama 1 günlük RMD’yi vermektedir. Ekteki Şekil 1 - Şekil 6’ya kadar olanları ise İMKB100 Endeksi uygulaması için önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedirler. Bunlar günlük RMD hesaplamalarının seyri, modellerinin kümülatif sapmalarının seyri, model güvenlik çarpanı h ’ın seyrini ve simüle edilmiş $PRET$ ’in seyri olmaktadır.

Tablo 4.2: İMKB100 Endeksi İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	\hat{h} Çarpanı	$\hat{PRET}(\%)$	$\hat{RMD}_{0,01}(1 t)$
Tarihi Volatilité	250	35	14	1	3,344	14,267	1627,321
	1000	29	5	4	3,288	15,690	1842,282
Tarihi Simülasyon	250	34	14	0	3,267	14,300	1692,808
	1000	19	2	3	3,154	17,158	2097,224
EWMA	250	29	6	0	3,096	12,682	1560,992
GARCH(1,1)	1000	25	5	0	3,085	13,019	1611,745
	2000	23	1	0	3,015	13,221	1678,562
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	20	0	0	3,000	14,077	1799,223
	2000	15	0	0	3,000	15,087	1923,670
GARCH(1,1) GED	1000	20	1	0	3,015	13,618	1727,311
	2000	16	0	0	3,000	14,257	1820,794

İMKB100 Endeksi için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-Bootstrap (2000), GARCH(1,1)-GED (2000) ve Tarihi Simülasyon (1000) olmaktadır. Burada Tarihi Simülasyon (1000) modeli 3 dönem kırmızı bölgede yer almış olduğundan denetim otoritesi, bankanın bu modeli değiştirmesini isteyecektir. Bu durum banka için ciddi bir sorun teşkil edecektir. Böyle bir durumla karşı karşıya kalacak olan banka ciddi maliyetlere katlanması gerekecektir ve dolayısıyla banka için kullanılacak modelin

sapma sayısı açısından (kırmızı bölgeye düşmemeli) başarılı olması önkoşul olacaktır. Ekteki Şekil 2’de kümülatif sapma sayısı h ’ın seyriden görüldüğü gibi Tarihi Simülasyon (1000) modeli 2008 yılı sonu ile 2009 yılı başı arasında peş peşe sapmalar kayıt ettiği için kırmızı bölgeye düşmüştür. Bu durumda sapmaların yoğunlaşmış bir şekilde gerçekleşmesi, RMD modellerinden istenmeyen önemli bir özellik olarak öne çıkmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla EWMA (250), GARCH(1,1) (1000) ve GARCH(1,1) (2000) olmaktadır. Görüldüğü gibi sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarının düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde sıralamaya bile girememiştir.

Özellikle 15 ile 35 sapma arası seyreden modellerde EWMA (250) modeli 29 sapma ile en düşük PRET’e neden olması ilginç olmaktadır. Ekteki Şekil 3’teki kümülatif sapma sayısı h ’a bakıldığında gerçekleşen 29 sapmanın zamana yayılmış bir şekilde gerçekleştiği görülmektedir ve bunun sonucu olarak model güvenlik çarpan h , 3,5’i hiç aşmamıştır. Bu durumda PRET’i etkileyen önemli unsur model sapma sayısının büyüklüğünden ziyade sapmaların zamana nasıl yayıldığı olmaktadır.

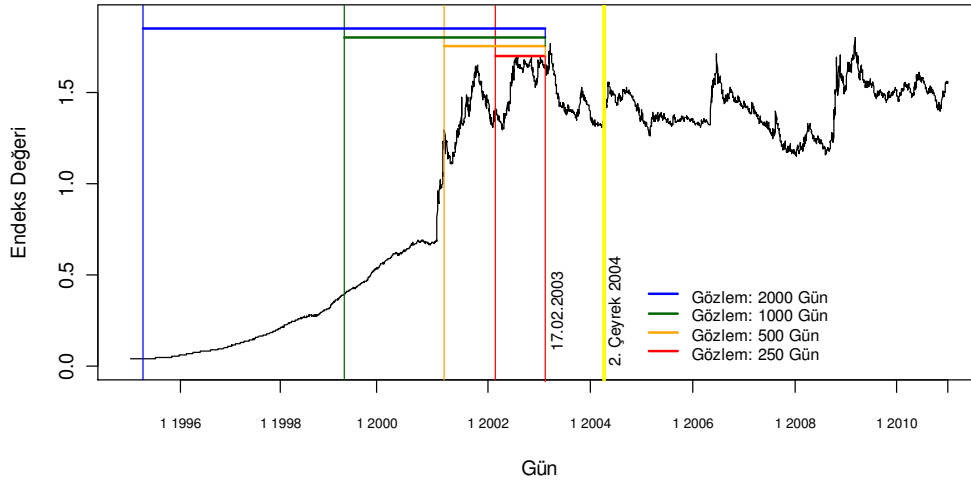
Sapma sayısı açısından çok başarılı olan GARCH(1,1)-GED (2000) ve GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modelleri PRET açısından beklenenin aksine iyi bir sonuç elde edememişlerdir. Gerçekleşen 29 sapma ile yüksek sapma sayısına sahip olan EWMA (250) modeli ve 15 sapma ile en düşük sapma sayısına sahip olan GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modeli ortalama PRET (12,682’ye karşı 15,087) açısından karşılaştırıldığında GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modeli yaklaşık %19 kadar daha yüksek bir PRET gerektirmektedir.

4.5.2. Dolar/TL Kuru

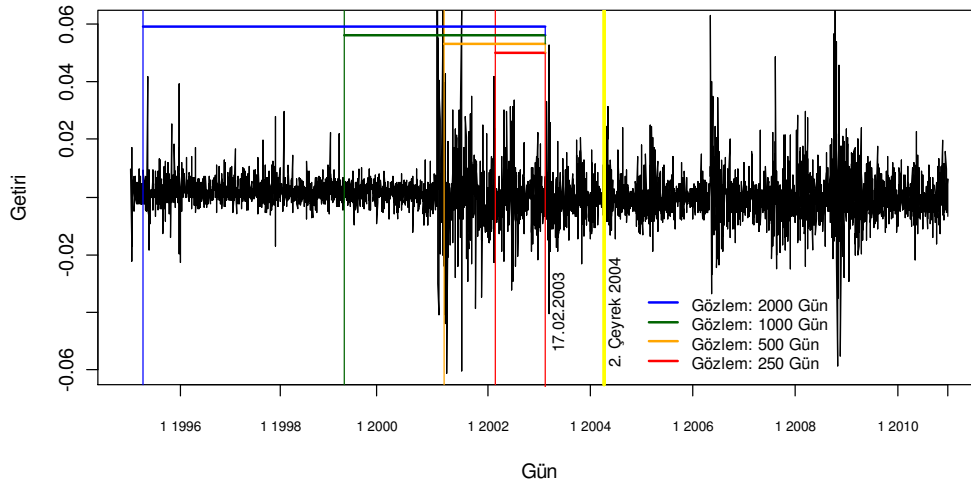
Dolar/TL kuru ve getiri grafiği ile ampirik uygulamanın gözlem ile geriye dönük test dönemleri Şekil 4.5 ve Şekil 4.6’da gösterilmektedir. Artı çarpım faktörünün tespiti için 4 tam çeyrek dönem için geriye dönük test işleminin

gerçekleştirilmesi gerektiğinden Dolar/TL kuru için ilk PRET 2004 yılının ikinci çeyreğinden itibaren simüle edilmiştir.

Şekil 4.5: Dolar/TL Kuru İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Şekil 4.6: Dolar/TL Getirileri İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Şekil 4.5’de görüldüğü gibi Dolar/TL kurun seyri, 02.01.1994 tarihinde 0,04’ün az üzerinden, 21.02.2001 tarihinde ortaya çıkan “Şubat Krizi”ne kadar, TCMB tarafından tayin edilmesi nedeniyle hemen hemen doğrusal seyriyle, 0,68’lere kadar yükselmiştir. Kriz döneminde sert bir yükseliş trendine giren Dolar/TL kuru, Kriz sonrası bazı sert düşüşleriyle beraber, Kasım 2001 ortalarında 1,65’lere

çıkıştır. ABD’de yaşanan 11 Eylül terör saldırısı nedeniyle ve Türkiye’deki makro ekonomik gelişmeler sonucu 1,35 TL’lere gerileyen Amerikan Doları’nın fiyatı 2002 Haziran sonu tekrar 1,70 TL’lere ulaşmıştır. Aralık 2002 başlarına kadar 1,53 TL’lere kadar gerileyen dolar fiyatı, iki sert çıkışla 24.03.2003 tarihinde en yüksek seviyesi olan 1,76 TL’lere ulaşmıştır. Sonrasında düşüşe geçen dolar fiyatı 2003 Temmuz’da 1,40 TL’nin altına düşüp, ağırlıklı olarak 1,30 TL ile 1,50 TL arası dar bir bantta seyretmiştir ve 08.05.2005 tarihinde 1,32 TL’den mortgage krizinin ilk dalgasıyla sert bir hareketle 23.06.2006 tarihinde 1.71 TL’lere ulaşmıştır. Buradan uzun bir düşüş dönemi sonunda 05.08.2008 tarihinde 1.15 TL’lere gerileyen Dolar/TL kuru mortgage krizinin ikinci dalgasıyla sert bir hareketle 24.10.2008 tarihinde 1.69 TL seviyesine yükselip hafif bir gerileme sonrası tekrar yükselip 09.03.2009 tarihinde 1.80 TL’lere ulaşmıştır. Buradan gerileyen Dolar/TL kuru 1.45 TL ile 1.6 TL bandında seyrederek 31.12.2010 tarihinde 1.54 TL olmuştur.

Tablo 4.3’de Dolar/TL kuru için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 7 - Şekil 12’ye kadar olanları ise Dolar/TL kuru uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedirler.

Tablo 4.3: Dolar/TL Kuru İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11 t)
Tarihi Volatilité	250	23	8	0	3,153	6,242	0,028
	1000	20	10	0	3,200	6,899	0,031
Tarihi Simülasyon	250	32	14	0	3,279	6,088	0,026
	1000	21	10	0	3,216	7,015	0,031
EWMA	250	18	1	0	3,012	5,407	0,026
GARCH(1,1)	1000	15	2	0	3,030	5,998	0,028
	2000	11	0	0	3,000	5,789	0,028
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	22	8	0	3,137	5,709	0,026
	2000	25	2	0	3,034	5,231	0,025
GARCH(1,1) GED	1000	9	0	0	3,000	6,709	0,032
	2000	3	0	0	3,000	6,848	0,032

Dolar/TL kuru için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-GED (2000), GARCH(1,1)-GED (1000) ve GARCH(1,1) (2000) olmaktadır.

Ortalama PRET'e bakıldığında ise en düşük PRET'i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-Bootstrap (2000), EWMA (250) ve GARCH(1,1)-Bootstrap (1000)'dir.

Görüldüğü gibi burada da İMKB100 Endeksi uygulamasında olduğu gibi sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarının düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir.

Burada da 3 ile 32 sapma arası seyreden modellerde 25 sapma ile oldukça yüksek bir sapmaya sahip olan GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modeli dikkat çekici bir şekilde en düşük PRET'i gerektirmiştir. Ekteki Şekil 11'e bakıldığında burada da GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modelinde yoğunlaşmış sapmaların bulunmaması ve 3,5'i aşmayan bir h katsayısı dikkat çekmektedir.

Gerçekleşen 25 sapma ile yüksek sapma sayısına sahip olan GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) modeli ve 3 sapma ile en düşük sapma sayısına sahip olan GARCH(1,1)-GED (2000) modeli ortalama PRET (6,848'e karşı 5,231) açısından karşılaştırıldığında GARCH(1,1)-GED (2000) modeli yaklaşık %31 kadar daha yüksek bir PRET gerektirmektedir.

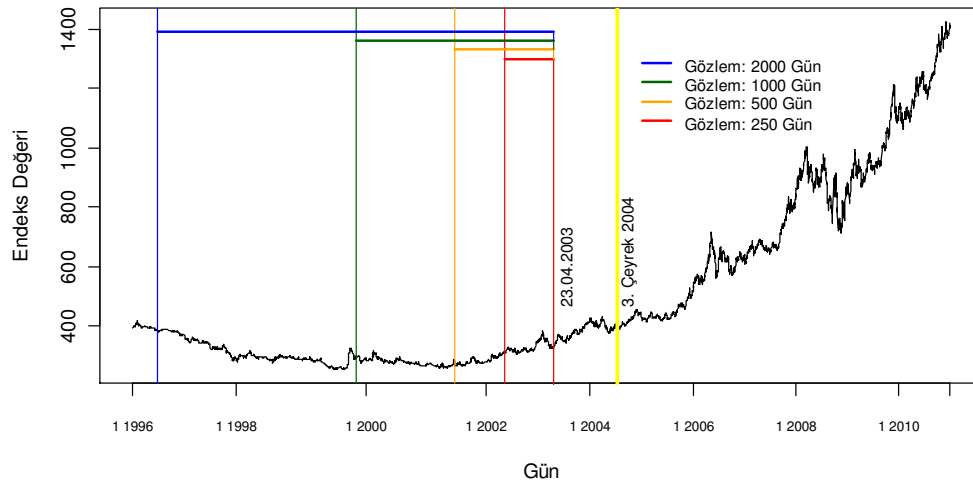
4.5.3. Altın Spot Fiyatı

Altın Spot Fiyatı ve getiri grafiği ile ampirik uygulamanın gözlem ile geriye dönük test dönemleri Şekil 4.7 ve Şekil 4.8'de gösterilmektedir. Artı çarpım faktörünün tespiti için 4 tam çeyrek dönem için geriye dönük test işlemi gerçekleştirilmesi gerektiğinden Altın Spot Fiyatı için ilk PRET 2004 yılının üçüncü çeyreğinden itibaren simüle edilmektedir.

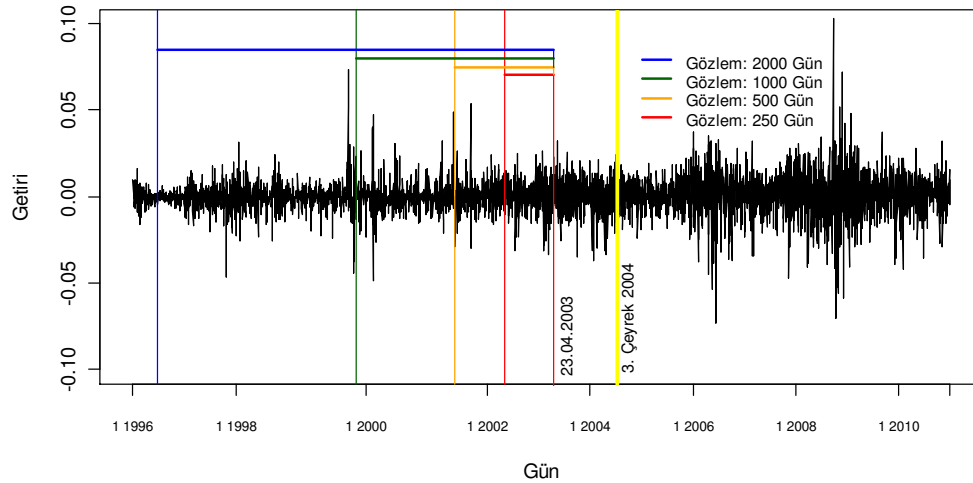
Şekil 4.7'de görüldüğü gibi Altının Spot fiyatının seyri, 02.01.1996 tarihinde 390 Dolar olup Eylül 1999'a kadar yavaşça gerileyerek 255 Dolar seviyelerine gerilemiştir. Buradan sert bir hareketle 10.10.1999 tarihinde 320 Dolara yükselen

Altın Spot fiyatı Aralık 2002'ye kadar dar bir bantta yatay bir seyir izleyerek 320 Dolardan 23.03.2006 tarihinde 550 Dolara yükselmiştir. Buradan sert bir hareketle 12.05.2006 tarihinde 715 Dolara ulaşan fiyat artış trendine geçerek 17.03.2008 tarihinde 1002 Dolarda zirve yaparak bir düzeltme hareketiyle 02.12.2009 tarihinde 712 Dolara gerileyip tekrar hızlı bir artış trendiyle 02.12.2009 tarihinde 1215 Dolara ve 06.12.2010 tarihinde zirve yapıp 1423 Dolara ulaşıp 31.12.2010 tarihinde 1418 Dolar seviyesinde seyretmiştir.

Şekil 4.7: Altın Spot Fiyatı İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Şekil 4.8: Altın Spot Fiyatı İçin Gözlem ve Geriye Dönük Test Dönemleri



Tablo 4.4’de Altın Spot Fiyatı için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 13 - Şekil 18’e kadar olanları ise Altın Spot Fiyatı uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedirler.

Tablo 4.4: Altın Spot Fiyatı İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	47	10	6	3,459	9,666	22,124
	1000	53	7	8	3,501	9,001	21,383
Tarihi Simülasyon	250	31	10	3	3,315	10,706	25,617
	1000	30	11	1	3,305	10,886	27,059
EWMA	250	40	12	3	3,361	8,977	21,620
GARCH(1,1)	1000	41	16	0	3,395	9,328	21,847
	2000	46	17	2	3,490	9,100	21,042
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	24	7	0	3,120	9,987	25,701
	2000	28	8	0	3,172	9,291	24,004
GARCH(1,1) GED	1000	28	7	0	3,157	9,524	24,341
	2000	41	5	6	3,318	9,214	23,479

Altın Spot Fiyat için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-Bootstrap (1000), GARCH(1,1)-GED (1000) ve GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla EWMA (250), Tarihi Volatilité (1000) ve GARCH(1,1) (2000)’dir.

Görüldüğü gibi burada da sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, diğer iki uygulamada olduğu gibi, başarının düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir. Ancak, farklı olarak PRET açısından başarılı olan üç model de dönem dönem kırmızı bölgeye düşmüştür. Bu durumda denetim otoritesi bankalardan model değişikliğine gidilmesini isteyecektir. Ancak, Altın Spot Fiyatı uygulaması için 11 RMD modelinin 7’sinin zaman zaman kırmızı bölgede yer alması düşündürücüdür.

Bu durumun sebebi kuşkusuz Altın Spot Fiyatının gözlem döneminin, İMKB 100 Endeks ve Dolar/TL uygulamalarındakinden farklı olarak, çok fazla volatil

olmamasından kaynaklanmaktadır. İMKB100 Endeksi'nin her zaman volatil olması, Dolar/TL kurunu ise "Şubat Krizi"nin sonucu olarak TCMB'nin dalgalı kur rejimine geçmesiyle kurun belirgin bir şekilde volatil bir yapıya bürünmesiyle, iki veri setinin gözlem dönemlerinde sert fiyat hareketlerinin ve dolayısıyla RMD modelleri için yüksek kayıpları da barındıran gözlem dönemlerinin bulunması, modellerin performansına olumlu etki etmiştir.

Altın Spot Fiyatının 2006 yılına kadar pek volatil olmaması, gözlem döneminin sert fiyat hareketlerinden ve dolayısıyla yüksek kayıplardan yoksun kalmasına yol açmıştır. Ancak, Amerika'da yaşanan "Mortgage Krizi"nin etkisiyle volatil bir yapıya dönüşen Altın Spot Fiyatı, RMD modelleri için, volatil olmayan gözlem döneminden dolayı, olumsuz bir etkiye sebep olmuştur.

Denetim otoritesi böyle bir durumu mutlaka dikkate alacaktır ve gerektiği takdirde EWMA (250) ve GARCH(1,1) (2000) gibi 2 veya 3 kez kırmızı bölgeye düşen modellerin doğrudan değiştirilmesini talep etmek yerine bu modelleri belli bir dönem için gözlem altına alacaktır. Modeldeki sapmalar piyasanın (örnekte Altın Spot Fiyatının) yapısal değişikliğinden kaynaklanıyorsa denetim otoritesi bunu dikkate alıp toleranslı davranarak bu modellerin kullanımına izin verecektir. Ancak, RMD modeli bu yapısal değişikliğe hızlı bir şekilde ayak uyduramazsa modelin değiştirilmesi kaçınılmaz olacaktır.

Ekteki Şekil 13 - Şekil 18'e bakıldığında kümülatif sapma sayılarında hiçbir model için aşırı yoğunlaşmış sapmalar gözlemlenmemektedir. Bu durum piyasada yapısal bir değişikliğinin olduğuna dair bir işaret olmaktadır ve dolayısıyla modellerinin kötü performansını açıklamaktadır.

4.6. Rassal Veri Setleri ile Yapılan Ampirik Uygulama Sonuçları

Başlık 4.5 altında gerçek veri setleri ile elde edilen simülasyon sonuçlarının tutarlılığını sınamak için bu başlık altında altı rassal veri seti üretilerek ampirik uygulama bu rassal veri setleri için tekrarlanacaktır.

Rassal veri setleri oluşturulurken volatilité kümelemesi, aşırı basıklık ve kalın kuyrukların da dikkate alınması amacıyla veri setleri aşağıdaki yaklaşıma göre üretilmiştir.

$$y_i = \mu + u_i \quad (4.28)$$

$$u_i = \sqrt{h_i} v_i \quad \text{ve} \quad v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,\hat{\gamma}) \text{ veya } v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1) \quad (4.29)$$

$$h_i = \alpha_0 + \alpha_1 u_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (4.30)$$

Bu daha önce tanıtılan GARCH(1,1) veya GARCH(1,1)-GED modeli olmaktadır. Burada α_0 , α_1 ve β_1 için İMKB100 Endeksi'nin 08.01.2003–31.12.2010 tarihleri arasındaki verileri kullanılıp GARCH(1,1) parametreleri R programı ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonucu $\alpha_0 = 0,00001228$, $\alpha_1 = 0,09357$ ve $\beta_1 = 0,8764$ olarak elde edilmiştir.

Ardından 4237 (İMKB100 Endeksi'nin gerçek veri setinde olduğu gibi) rassal getiri v_i den oluşan altı rassal veri seti üretilmiştir. Rassal veri setleri için:

$$1. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,2) \text{ veya } v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \mathcal{N}(0,1)$$

$$2. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,1.8)$$

$$3. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,1.6)$$

$$4. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,1.4)$$

$$5. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,1.2)$$

$$6. v_i \stackrel{\text{i.i.d.}}{\sim} \text{GED}(0,1,1)$$

kullanılmıştır.

Üretilen bu veri setleri hata terimi u_i 'nin elde edilmesi için Denklem (4.29)'da yerine konulmuştur. Denklem (4.29)'daki h_i 'nin başlangıç değeri için uzun dönem varyansı Denklem (4.31)'deki gibi kullanılmıştır.

$$\frac{\alpha_0}{1 - \alpha_1 - \beta} = h_0 \quad (4.31)$$

Elde edilen hata terimi u_i 'nin Denklem (4.30)'a yerleştirilerek varyans h_i elde edilmiştir. Böylece 4237'şer getiriden oluşan altı rassal veri seti volatilité kümelemesi, aşırı basıklık ve kalın kuyrukları sergileyen birer rassal veri setine dönüştürülmüştür.

PRET hesaplaması yapılabilmesi için fiyat seviyesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için 100 seviyesi başlangıç değeri olarak atanıp getirilerin gerçekleşmesi ile bu fiktif fiyat seviyeleri altı rassal veri seti için ayrıca oluşturulmuştur.

Yukarıda anlatılan bu yaklaşıma* göre oluşturulan altı rassal veri setinin ve karşılaştırma amaçlı İMKB100 Endeksi'nin açıklayıcı istatistikleri Tablo 4.5'de verilmektedir.

Tablo 4.5: Rassal Veri Setlerinin Açıklayıcı İstatistikleri

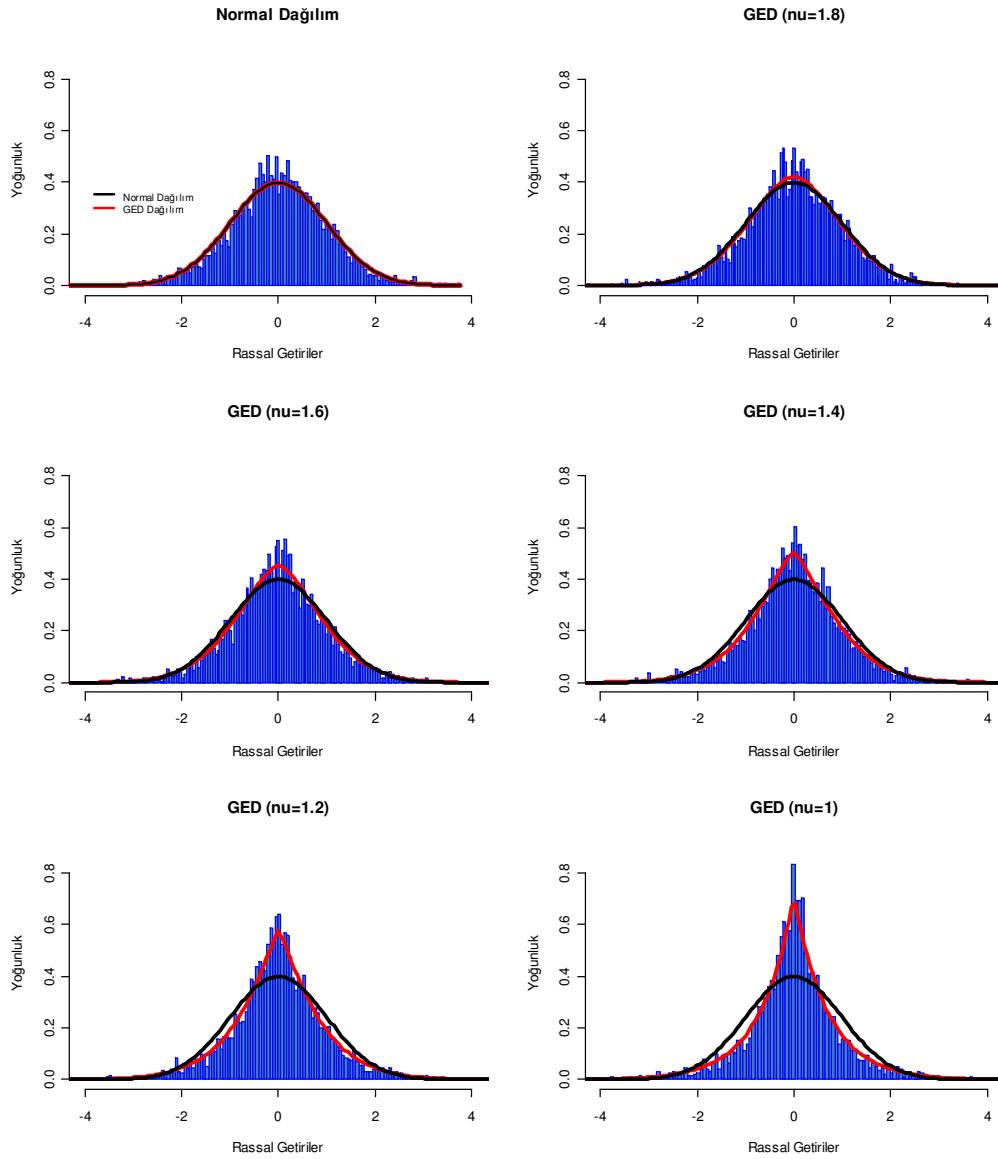
	İMKB100	Normal Dağılımlı GED(nu=2) Simülasyon 1	GED (nu=1,8) Simülasyon 2	GED (nu=1,6) Simülasyon 3	GED (nu=1,4) Simülasyon 4	GED (nu=1,2) Simülasyon 5	GED (nu=1) Simülasyon 6
Ortalama	0,00135	-0,00039	0,00002	0,00022	-0,00015	0,00021	0,00005
Std ,Sapma	2,77%	1,89%	1,89%	1,92%	1,88%	1,88%	1,80%
Çarpıklık	-0,0694	-0,2022	-0,1525	0,0449	-0,0603	0,0425	0,1636
Basıklık	7,2630	4,6303	3,8191	4,2542	4,7805	5,8166	7,6729
Maximum	17,77%	7,09%	8,28%	9,87%	10,72%	9,83%	12,88%
Minimum	-19,98%	-14,58%	-9,02%	-9,16%	-8,95%	-11,76%	-10,04%

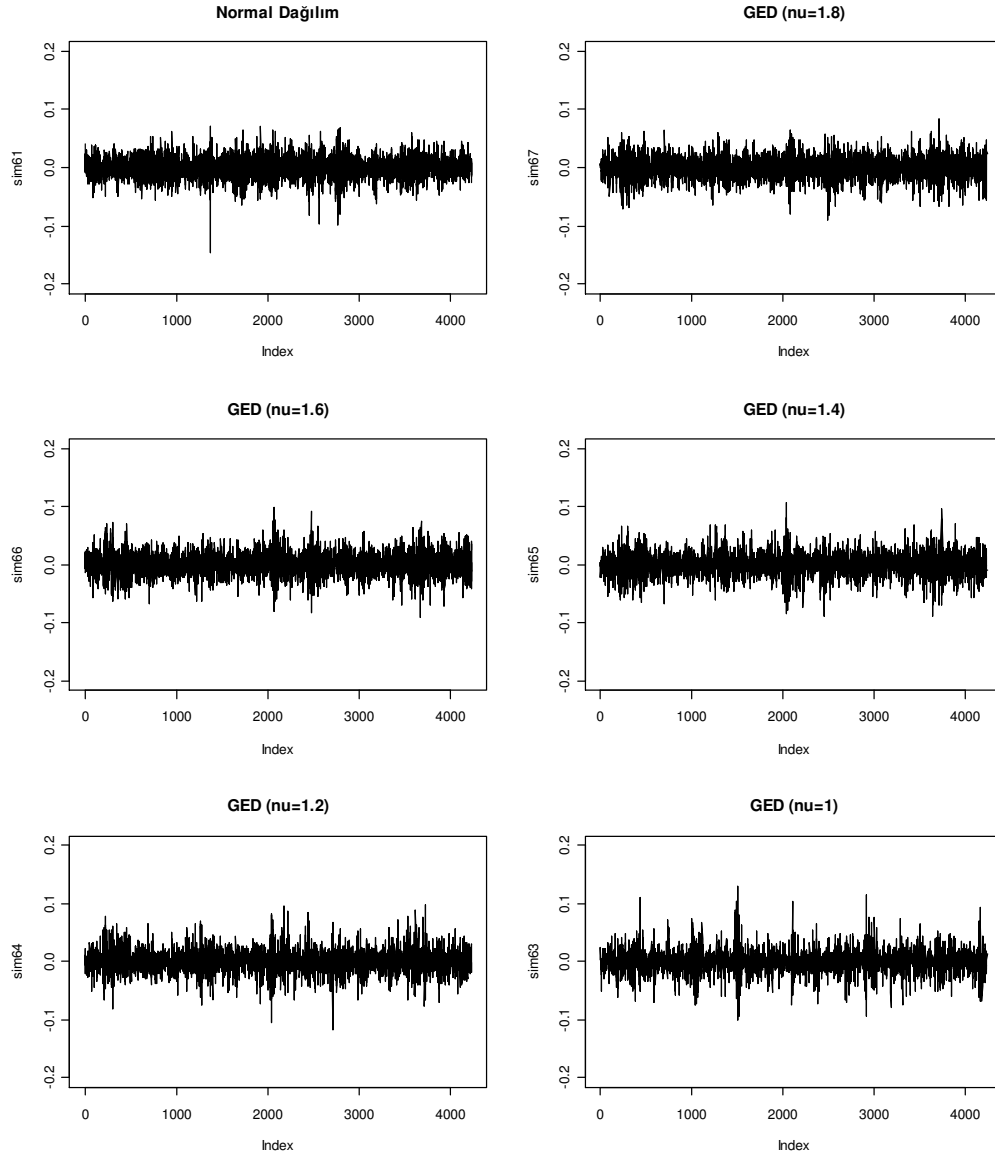
Tablo 4.5'de görüldüğü gibi altı rassal veri setinin aşırı sivrilik sergilediği basıklık katsayısından anlaşılmaktadır. Şekil 4.9'da görüldüğü gibi finansal zaman

* Anlatılan yaklaşım R programının TSA paketindeki 'garch.sim' fonksiyonu ile uygulanmıştır.

serilerinde sıkça gözlemlenen sivrilik ve volatilité kümelemesi tüm rassal veri setleri için gözlemlenmektedir.

Şekil 4.9: Rassal Verilerin Histogram Grafikleri



Şekil 4.10: Rassal Verilerin Getiri Grafikleri

4.6.1. Simülasyon 1 (nu=2)

Tablo 4.6’da rassal veri seti 1 (Simülasyon 1) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 19 - Şekil 24’e kadar olanları ise Simülasyon 1 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.6: Simülasyon 1 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	33	13	1	3,344	15,412	2,004
	1000	20	10	0	3,201	15,244	1,341
Tarihi Simülasyon	250	36	11	3	3,331	15,616	2,005
	1000	16	4	0	3,097	15,894	1,435
EWMA	250	28	11	0	3,211	13,734	1,846
GARCH(1,1)	1000	17	3	0	3,049	13,506	1,275
	2000	18	3	0	3,045	13,447	0,996
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	21	5	0	3,105	13,924	1,286
	2000	17	3	0	3,045	13,679	1,017
GARCH(1,1) GED	1000	17	3	0	3,049	13,577	1,284
	2000	17	3	0	3,045	13,551	1,005

Simülasyon 1 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri 16 sapma ile Tarihi Simülasyon (1000) ve 17 sapma ile GARCH(1,1) (1000), GARCH(1,1)-Bootstrap (2000), GARCH(1,1)-GED (1000), ve GARCH(1,1)-GED (2000) olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), GARCH(1,1) (1000) ve GARCH(1,1)-GED (2000)’dir.

Görüldüğü gibi burada sapma sayısı açısından en başarılı olan üç modelin ikisi, başarımın düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, gerçek veriler setleri ile yapılan uygulamalardan farklı olarak, ilk kez sıralamaya girmiştir. Düşük bir PRET açısından en başarılı GARCH(1,1) (1000) modeli ise sapma sayısı açısından 16 sapma ile en başarılı Tarihi Simülasyon (1000) modelinden sadece 2 sapma fazla kaydetmiştir.

Bu sonuç Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin amacına uyduğu kadar geriye dönük test ve çarpım faktörünün teorisi ile de örtüşmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi geriye dönük test ve çarpım faktörünün teorisi normal dağılımlı getiriler varsayımı üzerine kurulmuştur. Bu durumda, normal dağılımlı olarak oluşturulan Simülasyon 1 için elde edilen bu sonuçlar, gerçek veri setlerinden farklı olarak, gelişmiş RMD modellerinden olan farklı GARCH modellerinin bankalar tarafından tercih edilmesini hem sapma sayısı açısından hem de düşük bir PRET açısından teşvik etmektedir.

Gerçekleşen 18 sapma sayısına sahip olan GARCH(1,1) (2000) modeli ve 16 sapma ile en düşük sapma sayısına sahip olan Tarihi Simülasyon (1000) modeli ortalama PRET (15,894'e karşı 13,447) açısından karşılaştırıldığında Tarihi Simülasyon (1000) modeli yaklaşık %17 kadar daha yüksek bir PRET gerektirmektedir. Farklı GARCH(1,1) modelleri kendi içerisinde karşılaştırıldığında 17 ile 21 sapma sayısına sahip olan modeller ortalama PRET açısından 18 sapma ile en düşük PRET'i gerektiren GARCH(1,1) (2000) modeli ile 21 sapma ile en yüksek PRET'i (13,447'e karşı 13,924) gerektiren GARCH(1,1)-Bootstrap (1000) modeli arasında yaklaşık %3,5 kadar daha yüksek bir PRET ortaya çıkmaktadır. Bu sonuca göre de bankaların gelişmiş GARCH(1,1) modellerinin kullanımı teşvik edilmektedir.

Normal dağılımlı rassal veri seti Simülasyon 1 için EWMA (250) modelinin başarısı dikkat çekmektedir. Gerçekleşen 28 sapma sayısına sahip olan EWMA (250) modeli ile sadece 18 sapma sayısına sahip olan ve en düşük PRET'i gerektiren GARCH(1,1) (2000) modeli ortalama PRET (13,734'e karşı 13,447) açısından karşılaştırıldığında, EWMA (250) modeli sadece %2,1 kadar daha fazla PRET gerektirmektedir.

Ekteki Şekil 21-Şekil 24'e bakıldığında volatilitenin arttığı dönemlerde PRET'in seyri özellikle EWMA (250) modeli için farklı GARCH(1,1) modellerine göre daha fazla arttığı görülmektedir. Denetim otoritesi tarafından memnuniyetle karşılaşılabilecek olan bu durum banka için zaman zaman sorun olabilecektir. Özellikle volatilitenin yani belirsizliğin arttığı zamanlarda fon bulmak zor olmaktadır. Tam bu zamanlarda daha fazla nakitin atıl olarak tutulması bankalar tarafından arzulanmayacaktır.

4.6.2. Simülasyon 2 (nu=1.8)

Tablo 4.7’de rassal veri seti 2 (Simülasyon 2) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 25 - Şekil 30’a kadar olanları ise Simülasyon 2 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.7: Simülasyon 2 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ_h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	45	11	4	3,418	15,866	4,656
	1000	41	10	3	3,350	15,032	6,841
Tarihi Simülasyon	250	44	12	4	3,413	16,831	4,939
	1000	28	9	0	3,218	16,271	7,644
EWMA	250	38	15	0	3,244	14,306	4,331
GARCH(1,1)	1000	30	6	0	3,119	13,914	6,686
	2000	31	8	0	3,131	13,717	5,351
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	29	4	0	3,080	14,132	6,860
	2000	30	6	0	3,101	13,960	5,489
GARCH(1,1) GED	1000	27	5	0	3,095	14,106	6,822
	2000	30	6	0	3,101	13,878	5,466

Simülasyon 2 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-GED (1000), Tarihi Simülasyon (1000) ve GARCH(1,1)-Bootstrap (1000) olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), GARCH(1,1)-GED (2000) ve GARCH(1,1) (1000)’dir.

Görüldüğü gibi sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, gerçek verilerle yapılan uygulamada olduğu gibi, başarının düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir. Sapma sayısı açısından en başarılı GARCH(1,1)-GED (1000) modeli ile PRET açısından en başarılı olan GARCH(1,1) (2000) modeli ortalama PRET (14,106’ya karşı 13,717) açısından karşılaştırıldığında GARCH(1,1) (2000) modeli yaklaşık %2,8 kadar daha yüksek bir PRET gerektirmektedir.

4.6.3. Simülasyon 3 (nu=1.6)

Tablo 4.8’de rassal veri seti 3 (Simülasyon 3) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 31 - Şekil 36’ya kadar olanları ise Simülasyon 3 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.8: Simülasyon 3 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	33	14	0	3,314	14,496	5,784
	1000	30	12	0	3,274	14,383	9,677
Tarihi Simülasyon	250	36	13	0	3,306	14,802	5,860
	1000	24	8	0	3,167	15,686	10,889
EWMA	250	30	10	0	3,201	13,513	5,576
GARCH(1,1)	1000	25	9	0	3,169	13,482	9,288
	2000	26	10	0	3,188	13,468	6,853
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	23	9	0	3,165	13,849	9,599
	2000	27	7	0	3,162	13,533	6,947
GARCH(1,1) GED	1000	23	6	0	3,121	14,011	9,810
	2000	23	6	0	3,124	13,932	7,233

Simülasyon 3 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri GARCH(1,1)-Bootstrap (1000), GARCH(1,1)-GED (1000), ve GARCH(1,1)-GED (2000) olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), GARCH(1,1) (1000) ve EWMA (250)’dir.

Görüldüğü gibi burada da sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarımın düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir. Ancak Simülasyon 2 de de olduğu gibi sapma sayısı açısından başarılı modeller ile PRET açısından başarılı modeller PRET açısından karşılaştırıldığında tutulması gereken fazladan PRET çok düşük olmaktadır.

4.6.4. Simülasyon 4 (nu=1.4)

Tablo 4.9’da rassal veri seti 4 (Simülasyon 4) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 37 - Şekil 42’ye kadar olanları ise Simülasyon 4 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.9: Simülasyon 4 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ_h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	41	14	2	3,396	14,861	1,720
	1000	36	10	3	3,351	14,720	4,922
Tarihi Simülasyon	250	34	13	0	3,286	15,746	1,876
	1000	20	6	1	3,164	16,420	5,792
EWMA	250	32	11	0	3,210	13,585	1,641
GARCH(1,1)	1000	29	9	0	3,185	13,655	4,731
	2000	28	9	0	3,169	13,518	4,717
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	20	6	0	3,114	14,798	5,233
	2000	20	3	0	3,065	14,089	5,076
GARCH(1,1) GED	1000	19	4	0	3,080	14,312	5,126
	2000	18	3	0	3,065	14,196	5,126

Simülasyon 4 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri 18 sapma ile GARCH(1,1)-GED (2000) modeli, 19 sapma ile GARCH(1,1)-GED (1000) modeli ve her biri 20 sapma ile GARCH(1,1)-Bootstrap (1000), GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) ve Tarihi Simülasyon (1000) modelleri olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), GARCH(1,1) (1000) ve EWMA (250)’dir.

Görüldüğü gibi burada da sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarımın düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir. Ancak burada da sapma sayısı açısından başarılı modeller ile PRET açısından başarılı modeller karşılaştırıldığında tutulması gereken fazladan PRET çok düşük olmaktadır.

4.6.5. Simülasyon 5 (nu=1.2)

Tablo 4.10'da rassal veri seti 5 (Simülasyon 5) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 43 - Şekil 48'e kadar olanları ise Simülasyon 5 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.10: Simülasyon 5 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	27	8	0	3,165	14,070	1,861
	1000	27	7	0	3,153	14,353	2,720
Tarihi Simülasyon	250	26	8	0	3,148	14,241	1,879
	1000	18	1	0	3,015	14,998	2,978
EWMA	250	40	15	3	3,367	14,323	1,763
GARCH(1,1)	1000	31	7	0	3,156	13,994	2,637
	2000	33	5	2	3,173	13,875	5,317
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	17	1	0	3,015	14,723	2,914
	2000	17	3	0	3,053	15,382	6,112
GARCH(1,1) GED	1000	17	2	0	3,031	15,201	2,995
	2000	18	3	0	3,053	15,157	6,048

Simülasyon 5 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri 17 sapma ile GARCH(1,1)-Bootstrap (1000), GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) ve GARCH(1,1)-GED (1000) modelleri olmaktadır.

Ortalama PRET'e bakıldığında ise en düşük PRET'i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), GARCH(1,1) (1000) ve Tarihi Volatilité (250)'dir.

Görüldüğü gibi burada da sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarımın düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememişlerdir. Ancak burada da sapma sayısı açısından başarılı modeller ile PRET açısından başarılı modeller karşılaştırıldığında tutulması gereken fazladan PRET çok düşük olmaktadır.

4.6.6. Simülasyon 6 (nu=1)

Tablo 4.11’de rassal veri seti 6 (Simülasyon 6) için ampirik uygulama sonuçları özetlenmiştir. Ekteki Şekil 49 - Şekil 54’e kadar olanları ise Simülasyon 6 uygulamasının önemli değerlerinin zaman içindeki seyrini göstermektedir.

Tablo 4.11: Simülasyon 6 İçin Uygulama Sonuçları

Model	Gözlem	Sapma	Sarı Bölge	Kırmızı Bölge	σ_h Çarpanı	σ PRET(%)	σ RMD _{0.01} (11t)
Tarihi Volatilité	250	47	15	1	3,371	13,316	6,303
	1000	46	13	3	3,387	13,448	5,471
Tarihi Simülasyon	250	39	14	0	3,265	14,556	7,120
	1000	23	5	0	3,082	15,133	6,777
EWMA	250	44	19	0	3,353	13,067	6,132
GARCH(1,1)	1000	43	18	0	3,343	13,122	5,358
	2000	42	17	0	3,313	13,044	6,290
GARCH(1,1) Bootstrap	1000	22	3	0	3,044	14,824	6,655
	2000	21	3	0	3,044	14,998	7,863
GARCH(1,1) GED	1000	35	10	0	3,200	14,239	6,031
	2000	29	7	0	3,117	14,506	7,439

Simülasyon 6 için elde edilen sonuçlara göre toplam sapma sayısına göre en az sapma sayısına sahip RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1)-Bootstrap (2000), GARCH(1,1)-Bootstrap (1000) ve Tarihi Simülasyon (1000) modelleri olmaktadır.

Ortalama PRET’e bakıldığında ise en düşük PRET’i gerektiren RMD modelleri sırasıyla GARCH(1,1) (2000), EWMA (250) ve GARCH(1,1) (1000)’dir.

Görüldüğü gibi burada da sapma sayısı açısından en başarılı olan üç model, başarımın düşük bir PRET açısından değerlendirildiğinde, sıralamaya bile girememiştir.

4.7. Ampirik Uygulama Sonuçlarının Özetlenmesi

Çalışmada gerçek veriler ve rassal veri setleri için elde edilen sonuçlar Tablo 4.12’de özetlenmiştir. İlk olarak RMD modeli ile gözlem dönemi belirtilmiştir. Ardından gerçek veri setleri için İMKB100 Endeksi, Dolar/TL kuru ve Altın spot fiyatı için ortalama PRET tutarı açısından RMD modellerinin başarı sıralaması verilmiştir. Aynı özetleme rassal olarak üretilen veri setleri (Simülasyon 1-Simülasyon 6) için de yapılmıştır. Son olarak RMD modellerin kaç kez en başarılı, ikinci başarılı ve üçüncü başarılı model oldukları belirtilmiştir.

Tablo 4.12: Ampirik Uygulama Sonuçlarının Özeti

		İMKB100	Dolar/TL	Altın Spot	Simülasyon 1	Simülasyon 2	Simülasyon 3	Simülasyon 4	Simülasyon 5	Simülasyon 6	1.'lik	2.'lik	3.'lük
Tarihi Volatilite	250								3				1
	1000												
Tarihi Simülasyon	250												
	1000												
EWMA	250	1	3	1		3	2		2		2	2	2
GARCH(1,1)	1000	2			2	3	2	3	2	3		4	3
	2000	3			1	1	1	1	1	1	6		1
GARCH(1,1) Bootstrap	1000		2									1	
	2000		1	2							1	1	
GARCH(1,1) GED	1000												
	2000			3	3	2						1	2

Tablo 4.12’de görüldüğü gibi İMKB100 Endeksi için düşük bir PRET açısından EWMA modeli en başarılı, GARCH(1,1) (1000) ikinci başarılı ve GARCH(1,1) (2000) üçüncü başarılı model olmuştur. Rassal veri setleri için bakıldığında düşük bir PRET açısından GARCH(1,1) (2000) tüm rassal veri setleri için en başarılı model olmuştur. RMD modellerinin başarı sıralamalarına bakıldığında EWMA yöntemi iki kez en başarılı, iki kez ikinci başarılı ve iki kez üçüncü başarılı model olmuştur. GARCH(1,1) (2000) modeli ise altı kez en başarılı bir kez de üçüncü başarılı model olmuştur.

En başarısız model Tarihi Simülasyon yöntemi olmuştur. Bu modeller hiçbir veri seti için sıralamaya girememiştir. Tarihi Volatilité (250) ise sadece bir kez üçüncü başarılı model olabilmiştir. GARCH(1,1)-Bootstrap modeli İMKB100 Endeksi hariç gerçek veri setlerinde başarılı olmasına rağmen rassal veri setleri için hiç sıralamaya girememiştir. GARCH(1,1)-GED modelleri ise başarılı sonuçlar vermemiştir.

SONUÇLAR

Bu tezde ampirik uygulamalardan elde edilen sonuçlar hem Basel Bankacılık Denetim Komitesi hem de bankalar açısından değerlendirilmiştir. Ampirik uygulamada başarı kriteri olarak hem RMD modellerinin geriye dönük test işlemindeki sapma sayıları, hem de sonuç olan PRET değerlendirilmiştir. Hem gerçek veri setleri hem de rassal veri setleri ile elde edilen bulgulara göre, sapma sayısı ve sonuç olan PRET açısından herhangi bir RMD modelinin diğerlerine üstün olduğu tespit edilememiştir.

Tüm uygulamalardan sadece normal dağılımlı rassal veri seti Simülasyon 1 için hem sapma sayısı açısından hem de sonuç olan PRET açısından tutarlı olarak adlandırılabilir bir sonuç elde edilmiştir. Bunun açıklaması ise RMD yönteminin ve Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin geriye dönük test uygulamasındaki oluşturulan çerçevesinden kaynaklanmaktadır. Hem geriye dönük test işleminden elde edilen sapma sayıları sonucu artırılan artı çarpım faktörünün hem de model güvenlik çarpanı 3'ün tayininde normal dağılımından faydalanılması, Simülasyon 1 için elverişli bir uygulama zemini oluşturmaktadır. Teorisinde normal dağılımı varsayan bir yöntem, beklendiği gibi normal dağılımlı bir veri seti için tutarlı bir sonuç ortaya çıkarmaktadır.

Gerçek veri setleri ile yapılan ampirik uygulamalarda EWMA (250) PRET açısından başarılı sonuçlar verip, İMKB100 Endeksi ve Altın uygulaması için en başarılı, Dolar/TL uygulaması için ise ikinci başarılı model olmuştur. GARCH(1,1) (1000) ve GARCH(1,1) (2000) modelleri ise İMKB100 Endeksi uygulaması için, GARCH(1,1)-Bootstrap (1000) ve GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) Dolar/TL kuru için ve GARCH(1,1)-Bootstrap (2000) ile GARCH(1,1)-GED (2000) ise Altın Spot Fiyatı için başarılı sonuçlar vermiştir.

Oluşturulan Rassal veri setleri için GARCH(1,1) (1000) ve GARCH(1,1) (2000) modelleri tüm altı veri setleri için başarılı sonuçlar elde edilmiştir. Rassal veri setlerinin tümü için GARCH(1,1) (2000) modeli en düşük PRET'e sahip olup GARCH(1,1) (1000) ise üç veri seti için ikinci diğer üç veri seti

içinse üçüncü başarılı model olmuştur. GARCH(1,1)-GED (2000) ise sadece Simülasyon 1 için üçüncü, Simülasyon 2 için ise ikinci en düşük PRET'e neden olmuştur. Özellikle GED dağılımlı rassal veri setlerinde GARCH(1,1)-GED modellerinin PRET açısından başarılı olmamaları düşündürmektedir.

Buraya kadar özetlenenlere bakıldığında sonuç olan PRET açısından gerçek veri setleri için EWMA (250), rassal veri setleri için ise GARCH(1,1) (2000) modelleri öne çıkmaktadır. Burada rassal veri setlerinin üretim süreci göz ardı edilmemesi gerekmektedir. Rassal veri setlerinin tümü GARCH(1,1) süreci izleyen rassal veri setleri olarak üretildiğinden bu sonuç çok da şaşırtmamalıdır. Ancak, rassal veri setlerinin oluşturulmasında GARCH(1,1) sürecindeki hata teriminin GED dağılımlı varsayılması GARCH(1,1)-GED modellerinin performansına kayda değer olumlu bir etki yapmamıştır. Bu durum GARCH(1,1)-GED modellerinin RMDSY ölçümü için uygun modeller olmadıklarına işaret etmektedir. Bu şaşırtıcı sonuç geriye dönük test işlemi ve elde edilen sapma sayısı sonucu model güvenlik çarpanının tayinindeki metodolojinin GARCH(1,1)-GED modellerinin kullanımı için uygun olmamasından kaynaklanabilir.

Rassal veri setleri için GARCH(1,1) (2000) modelinin sonuç olan PRET açısından üstün başarısı, Basel Bankacılık Denetim Komitesi'nin amacına hizmet etse de gerçek veri setleri için bu durum saptanamamıştır. Burada üç temel sebep öne sürülebilir.

1. Model Güvenlik Çarpanına başlangıçta üç değeri verilmektedir. Üç olan bu başlangıç değeri, RMD ölçümünde etkili olan gelişmiş RMD modellerinin (farklı GARCH(1,1) modelleri) başarısına olumsuz etki etmektedir. Daha düşük bir başlangıç değeri ile daha hızlı artan bir artı çarpım faktörünün bu durumu değiştirebileceği düşünülmektedir.
2. Geriye dönük test işleminde 1 günlük RMD hesaplamaları sınanmaktadır. Ancak RMDSY hesaplamasında 10 günlük RMD değerleri kullanılmaktadır. Burada başarılı 1 günlük RMD'leri veren RMD modellerinin aynı zamanda başarılı 10 günlük RMD'ler üreteceği varsayılmaktadır. Gerçekte bu durum böyle

olmamaktadır. Başarılı 1 günlük RMD'leri veren modeller 10 günlük RMD'ler için oldukça başarısız sonuçlar verebilmektedir.

3. Denklem (2.8) ile hesaplanan RMDSY, son 60 işgününün 10 günlük RMD ortalamasının model güvenlik çarpanı h ile çarpılması sonucu elde edilen tutar ile son hesaplanan 10 günlük RMD tutarından yüksek olanının kullanılması RMD hesaplamaların gelişmiş modellerle yapılmasını teşvik etmemektedir. Şekil 55 ile Şekil 72 arasındaki şekillere bakıldığında sorun açıkça görülmektedir. Hemen hemen istinasız Denklem (2.8)'in ilk terimi uygulanmıştır, yani 60 günün ortalaması ile h çarpımından oluşan RMD kullanılmıştır. Model güvenlik çarpanı h 'ın önemi burada da ortaya çıkmaktadır. Bu durumda, 10 günlük RMD'yi çok iyi ölçen bir RMD modeli, yüksek bir model güvenlik çarpanından etkilenmektedir. Sürekli olarak 60 günün ortalaması ile h çarpımından oluşan RMDSY'nin kullanılması gelişmiş RMD modellerinin kullanımını teşvik etmemektedir.

Durum böyle olunca bankalar, gelişmiş RMD modelleri kullanarak risklerini daha iyi ölçmek yerine PRET'i düşük seviyede tutan modelleri tercih edeceklerdir. Bankaların bu yaklaşımı BDDK'nın "Piyasa Riski Ölçümleme Yöntemlerine İlişkin Analiz" adlı çalışmasında aşağıdaki ifadeyle açıkça ortaya konmaktadır.

"İçsel modelin daha yüksek sermaye gereksinimi rakamları ortaya çıkarmasından dolayı hiçbir bankanın model onayı için başvurmadığı, tüm bankaların sermaye gereksinimi hesaplamak üzere standart yöntemi kullandığı kanaati oluşmaktadır."

Bu durumda içsel modelinin kullanımı zorunlu hale gelse bile, bankalar risklerini daha doğru bir şekilde ölçecek gelişmiş modelleri kullanmak yerine daha düşük PRET'e neden olacak modelleri tercih edeceklerdir. Basel Bankacılık Denetim Komitesi için arzulanmayan bu durumun önüne geçilmesi için, model güvenlik çarpanı h 'ın başlangıç değeri, geriye dönük test işlemi sonucu artı çarpım faktörünün artış şekli ve Denklem (2.8)'in yapısının tekrar gözden geçirilmesi gerekmektedir. Basel Bankacılık Denetim Komitesi ilk adımını Denklem (2.9)'la atmıştır. RMDSY hesaplamasında strese tabi RMD'nin modele eklenmesiyle volatilité değişimlerine hızlı tepki veren gelişmiş RMD modellerinin kullanımı teşvik edilmiş gibi

görülmektedir. Ancak, RMDSY hesaplamasında gidilen bu değişikliğin yeterli olup olmadığı henüz test edilmemiştir.

İleride yapılacak olan çalışmalar için RMDSY hesaplamasında strese tabi RMD'nin dahil edilmesi önemli bir araştırma konusu olacaktır. Yapılan bu değişiklik sonucu "Gelişmiş RMD modelleri daha düşük bir PRET'e sebep olacak mıdır?" sorusunun cevabı, bankaların gelişmiş RMD modellerinin kullanımını ve bu modellerin gelişimini önemli ölçüde etkileyecektir.

KAYNAKÇA

- Albrecht, Peter ve Raimond Maurer (2008); *Investment- und Risikomanagement*, 3. Baskı, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Altıntaş, M. Ayhan (2006); *Bankacılıkta Risk Yönetimi ve Sermaye Yeterliliği*, Turhan Kitabevi Yayınları, Ankara.
- Andres, Peter (1998); *Von der Black/Scholes-Optionspreisformel zum GARCH-Optionsbewertungsmodell*, Josef Eul Verlag, Köln (Lohmar).
- Astafiev, Dmitri (2006); “*Prognosen von Marktrisiken mit dem Value-at-Risk Ansatz in Abhängigkeit von Verallgemeinerten Fehlverteilungen*,” Yayınlanmamış Yüksek Lisans Tezi, Universitaet Osnabrück.
- Auer, Michael (2002); *Methoden zur Quantifizierung von Marktpreisen*, Josef Eul Verlag, Köln (Lohmar).
- Babuşcu, Şenol (2005); *Basel II Düzenlemeleri Çerçevesinde Bankalarda Risk Yönetimi*, Akademi Consulting&Training, Ankara.
- BCBS (1993); The Supervisory Treatment of Market Risks, <http://www.bis.org/publ/bcbs11a.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (1995a); Proposal to Issue a Supplement to the Basel Capital Accord to Cover Market Risks, <http://www.bis.org/publ/bcbs15.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (1995b); An Internal Model-Based Approach to Market Risk Capital Requirements, <http://www.bis.org/publ/bcbs17.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (1996a); Supervisory Framework for the use of 'Backtesting' in Conjunction with the Internal Models Approach to Market Risk Capital Requirements, <http://www.bis.org/publ/bcbs22.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (1996b); Overview of the Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks, <http://www.bis.org/publ/bcbs23.pdf>, Basel.
- BCBS (1996c); Amendment to the Capital Accord to Incorporate Market Risks, <http://www.bis.org/publ/bcbs24.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (2004); Basel II: International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, <http://www.bis.org/publ/bcbs107.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (2008); Proposed Revisions to the Basel II Market Risk Framework, <http://www.bis.org/publ/bcbs140.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).

- BCBS (2009); Revisions to the Basel II Market Risk Framework, <http://www.bis.org/publ/bcbs158.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (2011a); Revisions to the Basel II Market Risk Framework - Updated as of 31 December 2010, <http://www.bis.org/publ/bcbs193.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (2011b); Messages from the Academic Literature on Risk Measurement for the Trading Book, http://www.bis.org/publ/bcbs_wp19.pdf, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BCBS (1988); International Convergence of Capital Measurement and Capital Standards, <http://www.bis.org/publ/bcbs111.pdf>, Basel, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BDDK (2010a); Piyasa Riski Ölçümleme Yöntemlerine İlişkin Analiz, http://www.bddk.org.tr/WebSitesi/turkce/Basel/8742sorularla_basel_iii_29_11_2010_.pdf, İstanbul, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- BDDK (2010b); Sorularla BASEL III, http://www.bddk.org.tr/WebSitesi/turkce/Basel/8742sorularla_basel_iii_29_11_2010_.pdf, İstanbul, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- Beder, Tanya Staylor (1996); "Report Card on Value at Risk: High Potential but Slow Starter," *Bank Accounting & Finance*, Sonbahar, <http://gloriamundi.org/picsresources/tbrc.pdf>, (Erişim Tarihi: 01.01.2011)
- Benninga, Simon (1997); *Financial Modelling*, The MIT Press, London.
- Best, Philip (1999); *Implementing Value at Risk*, John Wiley and Sons Inc., London.
- Black, Fischer ve Myron Scholes (1973); "The Pricing of Options and Corporate Liabilities," *Journal of Political Economy*, Volume 81, s. 637-654.
- Bolgün, Evren ve Barış Akçay (2003); *Risk Yönetimi*, Scala Yayıncılık ve Tanıtım A.Ş., İstanbul.
- Bollerslev, Tim (1986); "Generalized Autoregressive Conditional Heteroskedasticity," *Journal of Econometrics*, Volume 31, s. 307-327.
- Bollerslev, Tim, Robert F. Engle ve Daniel B. Nelson (1994); *ARCH Models*, in *Handbook of Econometrics Volume IV*, (Ed.: Robert F. Engle ve Daniel L. McFadden), Elsevier Science, s. 2959-3038.
- Buckley, Adrian, Stephen A. Ross, Randolph W. Westerfield ve Jeffrey F. Jaffe (2000); *Finanzmanagement europäischer Unternehmen*, (Çev.: Ulrich Pape, Bernd Pfeiffer ve Klaus Serfling), McGraw-Hill, London.

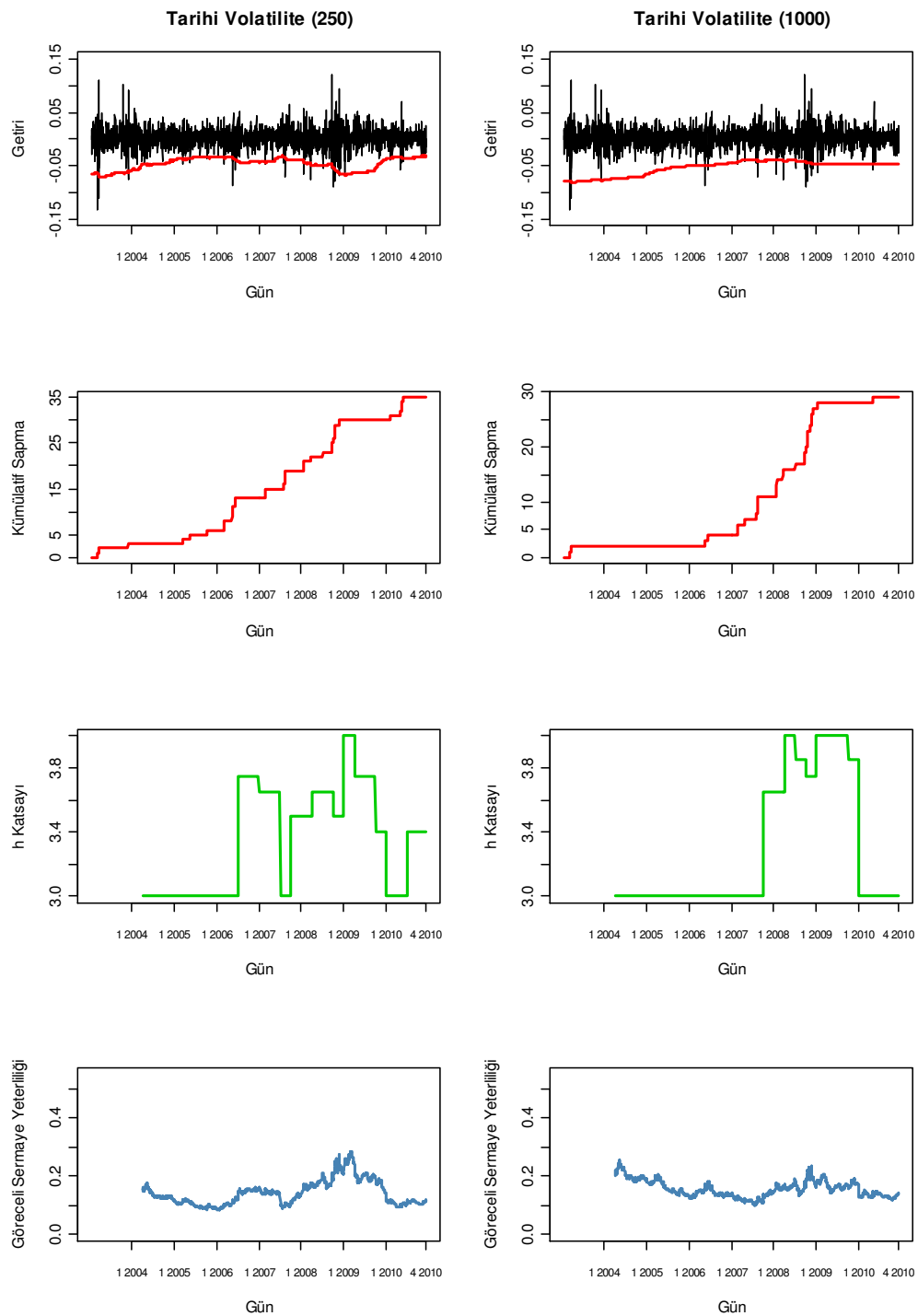
- Buttler, Cormac (1999); *Mastering Value at Risk: A Step-by-Step Guide to Understanding and Applying VaR*, Financial Times Management, Pearson Education, London.
- Büschgen, Hans E. (1993); *Bankbetriebslehre: Bankgeschäfte und Bankmanagement*, 4. Baskı, Gabler Verlag, Wiesbaden.
- Ceylan, Ali ve Turhan Korkmaz (2004); *Sermaye Piyasası ve Menkul Değer Analizi*, 2. Baskı, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Christoffersen, Peter F. (2003); *Elements of Financial Risk Management*, Academic Press, London.
- Danielsson, Jon, Philipp Hartmann ve Casper G. de Vries (1998); “The Cost of Conservatism: Extreme Returns, Value-at-Risk, and the Basle ‘Multiplication Factor’”, *Risk*, Volume 11, s.101-103.
- Deutsch, Hans-Peter (2004); *Derivate und Interne Modelle: Modernes Risikomanagement*, 3. Baskı, Schaeffer-Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Downes, Jones and Jordan Eliot Goodman (1991); *Dictionary of Finance and Investment Terms*, 3. Baskı, Barron’s Educational Series, Hauppauge (NY).
- Dörsam, Peter (2007); *Grundlagen der Entscheidungstheorie*, 5. Baskı, PD-Verlag, Heidenau.
- Duman, Mustafa (1999); “Bankacılık Sektöründe Finansal Riskin Ölçülmesi ve Gözetiminde Yeni Bir Yaklaşım: Value at Risk Metodolojisi,” *Bankacılar Dergisi*, Türkiye Bankalar Birliği, Sayı:32.
- Enders, Walter (1995); *Applied Econometric Time Series*, John Wiley and Sons, Chichester.
- Engle, Robert F. (1982); “Autoregressive Conditional Heteroscedasticity with Estimates of the Variance of United Kingdom Inflation,” *Econometrica*, Volume 50, s. 987-1007.
- Fama, Eugene (1965); “The Behaviour of Stock-Market Prices”, *The Journal of Business*, Volume 38, No. 1, s. 34-105, http://stevereads.com/papers_to_read/the_behavior_of_stock_market_prices.pdf (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- Fettahoğlu, Abdurrahman (2003); *Menkul Değerler Yönetimi*, Rengin Matbaası, İstanbul.
- Fricke, Jens (2006); *Value-at-Risk Ansaetze zur Abschaetzung von Marktrisiken: Theoretische Grundlagen und empirische Analysen*, Deutscher Universitaets-Verlag, Wiesbaden.

- Fricke, Jens ve Ralf Pauly (2009); "Proposals For a Needed Adjustment of the Var-Based Market Risk Charge of Basle II", Universitaet Osnabrück, Working Paper No:78, http://www.iew.uni-osnabrueck.de/WP_78.pdf, (Erişim Tarihi:01.01.2011).
- Gökgöz, Elif (2006); *Riske Maruz Değer ve Portföy Optimizasyonu*, Sermaye Piyasa Kurulu, Yayın No. 190, Ankara.
- Henking, Andreas, Christian Bluhm ve Ludwig Fahrmeier (2006); *Kreditrisikomessung: Statistische Grundlagen, Methoden und Modellierung*, Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg.
- Hermesen, Oliver (2007); "Prognosen von Marktrisiken: Eine Studie zur Schaetzung des Value-at-Risk, der Eigenkapitalanforderung nach Basel II und des Expected Shortfall," Yayınlanmamış Lisans Tezi, Universitaet Osnabrück.
- Hull, John C. (2006); *Optionen, Futures und andere Derivate*, (Çev.: Hendrik Hoffmann), 6. Baskı, Pearson Studium, München.
- Huschens, Stefan (2000); *Verfahren zur Value-at-Risk Berechnung im Marktrisikobereich*, in Handbuch: Risikomanagement, (Ed.: Lutz Johanning ve Bernd Rudolph), Cilt 1, Uhlenbruch Verlag, Bad Soden, s.182-218.
- Jacobi, Frank (2005); ARCH-Prozesse und ihre Erweiterungen- Eine empirische Untersuchung für Finanzmarktzeitreihen, Institut für Statistik und Ökonometrie, Johannes Gutenberg-Universitaet, Mainz, http://www.statoek.vwl.uni-mainz.de/Dateien/Arbeitspapier_Nr_31_ARCH-Prozesse_.pdf, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- Jendruschewitz, Boris (2003); *Value at Risk: Ein Ansatz zum Management von Marktrisiken in Banken*, 3. Baskı, Bankakademie-Verlag, Frankfurt am Main.
- Jorion, Philippe (2001); *Value-at-Risk – The new Benchmark for Managing Financial Risk*, 2. Baskı, McGraw-Hill, New York.
- Korkmaz, Turhan (1999); *Hisse Senedi Opsiyonları ve Opsiyon Fiyatlama Modelleri*, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Korkmaz, Turhan ve Mehmet Pekkaya (2005); *Excel Uygulamalı Finans Matematiği*, Ekin Kitabevi, Bursa.
- Kraemer, Walter (2008); *Statistik Verstehen*, 7. Baskı, Campus (Piper) Verlag, München.
- Kruschwitz, Lutz (2007); *Investitionsrechnung*, 11. Baskı, R. Oldenburg Wissenschaftsverlag, München.

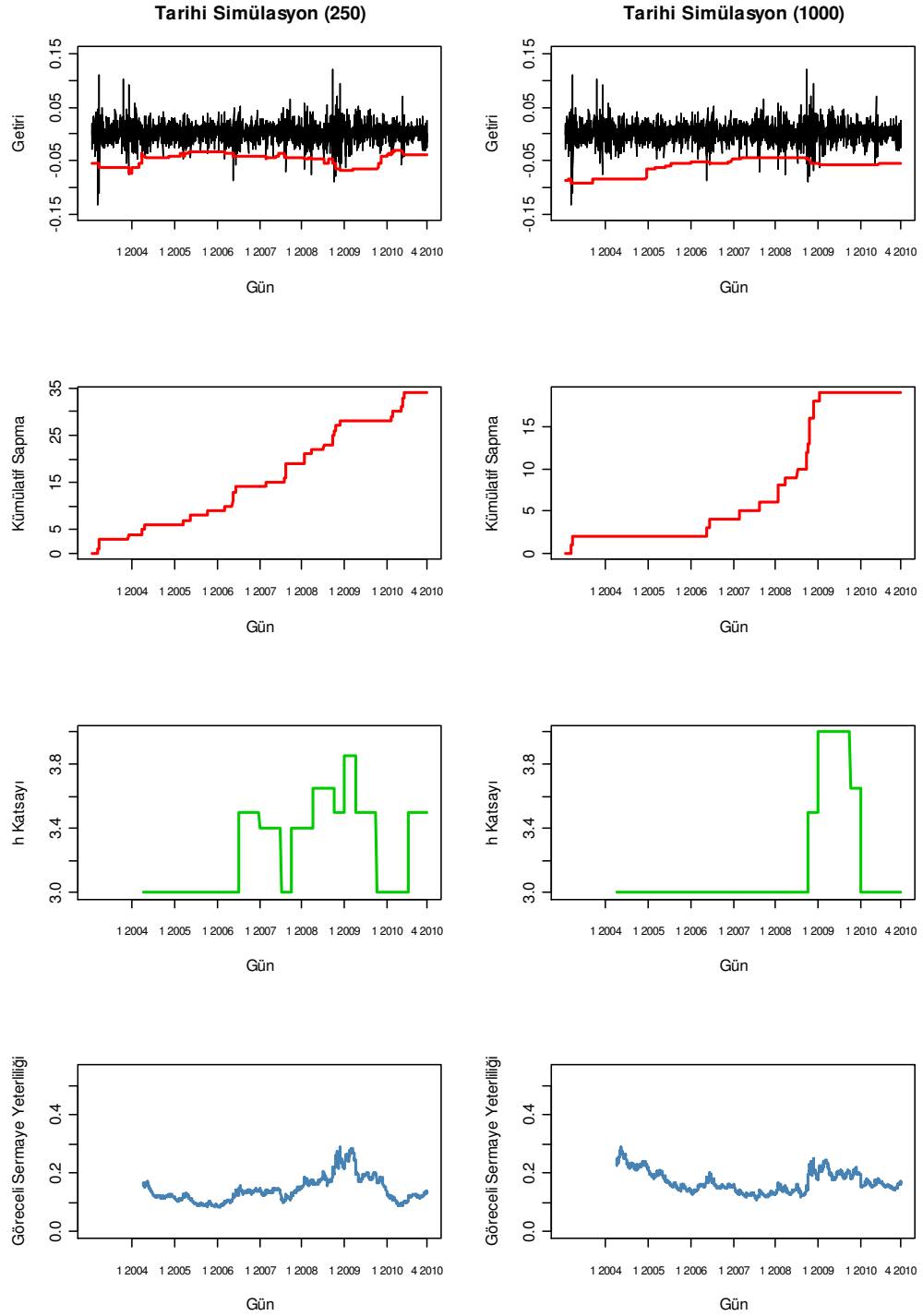
- Mandelbrot, B. Benoit (1963); "The Variation of Certain Speculative Prices," *Journal of Business*, Volume 36, Issue 4, s. 394-419, <http://www.e-m-h.org/Mand63.pdf>, (Erişim Tarihi:01.01.2011).
- Markowitz, Herry (1952); "Portfolio Selection," *The Journal of Finance*, Vol. 7, No. 1. (Mar., 1952), s. 77-91. http://www.math.ust.hk/~maykwok/courses/ma362/07F/markowitz_JF.pdf, (Erişim Tarihi: 01.01.2011).
- McNeil, Alexander J., Rüdiger Frey ve Paul Embrechts (2005); *Quantitative Risk Management: Concepts, Techniques and Tools*, Princeton University Pres, Princeton.
- Moser, Hubertus und Walter Quast (1995); *Organisation des Risikomanagements in einem Bankkonzern*, in Handbuch Bankcontrolling, (Ed.: Henner Schierenbeck ve Hubertus Moser), Gabler Verlag, s. 663-686.
- Poon, Ser-Huang ve Clive W. J. Granger (2003); "Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review," *Journal of Economic Literature*, Volume XLI, s. 478-539.
- Risiko (2006); "Neue Ansaetze zur Portfolio-Optimierung: Abschied von der Glockenkurve," *Risiko Manager*, Ausgabe 11/2006; Bank-Verlag Medien GmbH, Köln.
- RiskMetrics (1996); *RiskMetrics Technical Document*, 4. Baskı, J.P.Morgan & Co., Reuters, New York.
- Schmid, Friedrich ve Mark Trede (2006); *Finanzmarktstatistik*, Springer Verlag, Berlin (Heidelberg).
- Schröder, Michael (2002); *Statistische Eigenschaften von Finanzmarkt-Zeitreihen*, in Finanzmarkt-Ökonometrie: Basistechniken, Fortgeschrittene Verfahren, Prognosemodelle, (Ed.: Michael Schröder), Schaeffer Poeschel Verlag, Stuttgart.
- Sevüktekin, Mustafa ve Mehmet Nargeleçekenler (2005); *Zaman Serileri Analizi*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Stahl, Gerhard (1997); "Three Cheers," *Risk*, Yıl 10, Sayı 5, s. 67-69.
- Uysal, H. Özge (1999); "Piyasa Riskinin Tespitinde Kullanılan Riskteki Değer (Value at Risk) Yöntemi," SPK Aracılık Faaliyet Dairesi, Yeterlilik Etüdü, Nisan, Ankara, <http://www.econturk.org/spk6.pdf>, (Erişim Tarihi:01.01.2011).
- Wolke, Thomas (2007); *Risikomanagement*, Oldenbourg Wissenschaftsverlag, München.

EKLER

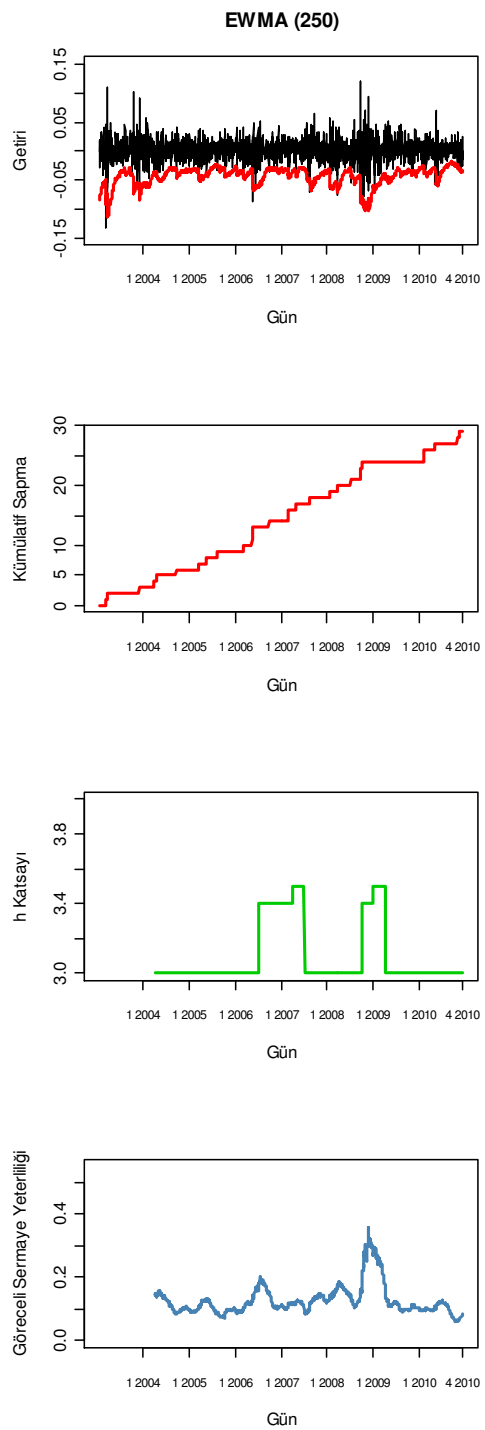
Şekil 1: İMKB100 için Tarihi Volatilite Sonuçları



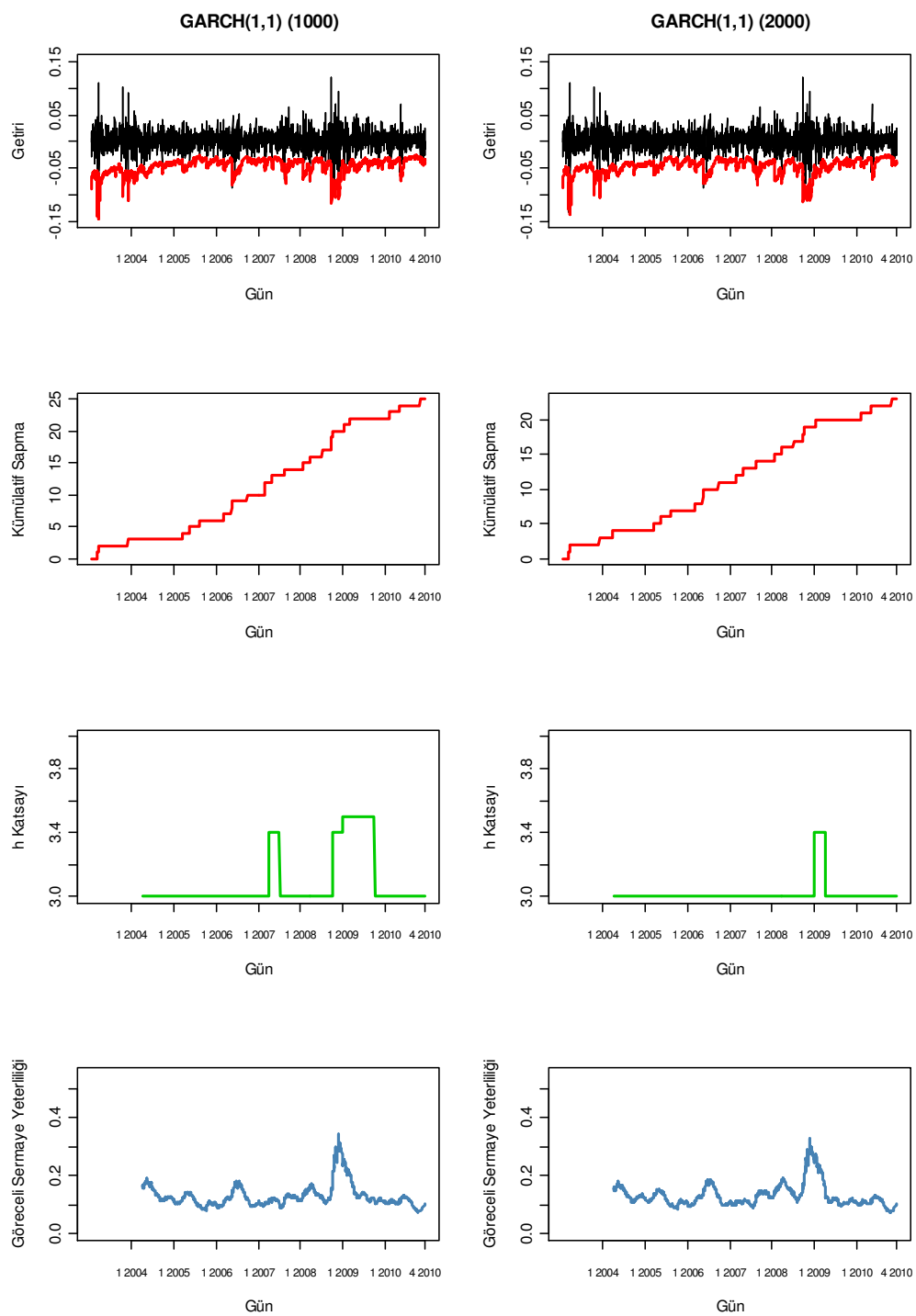
Şekil 2: İMKB100 için Tarihi Simülasyon Sonuçları



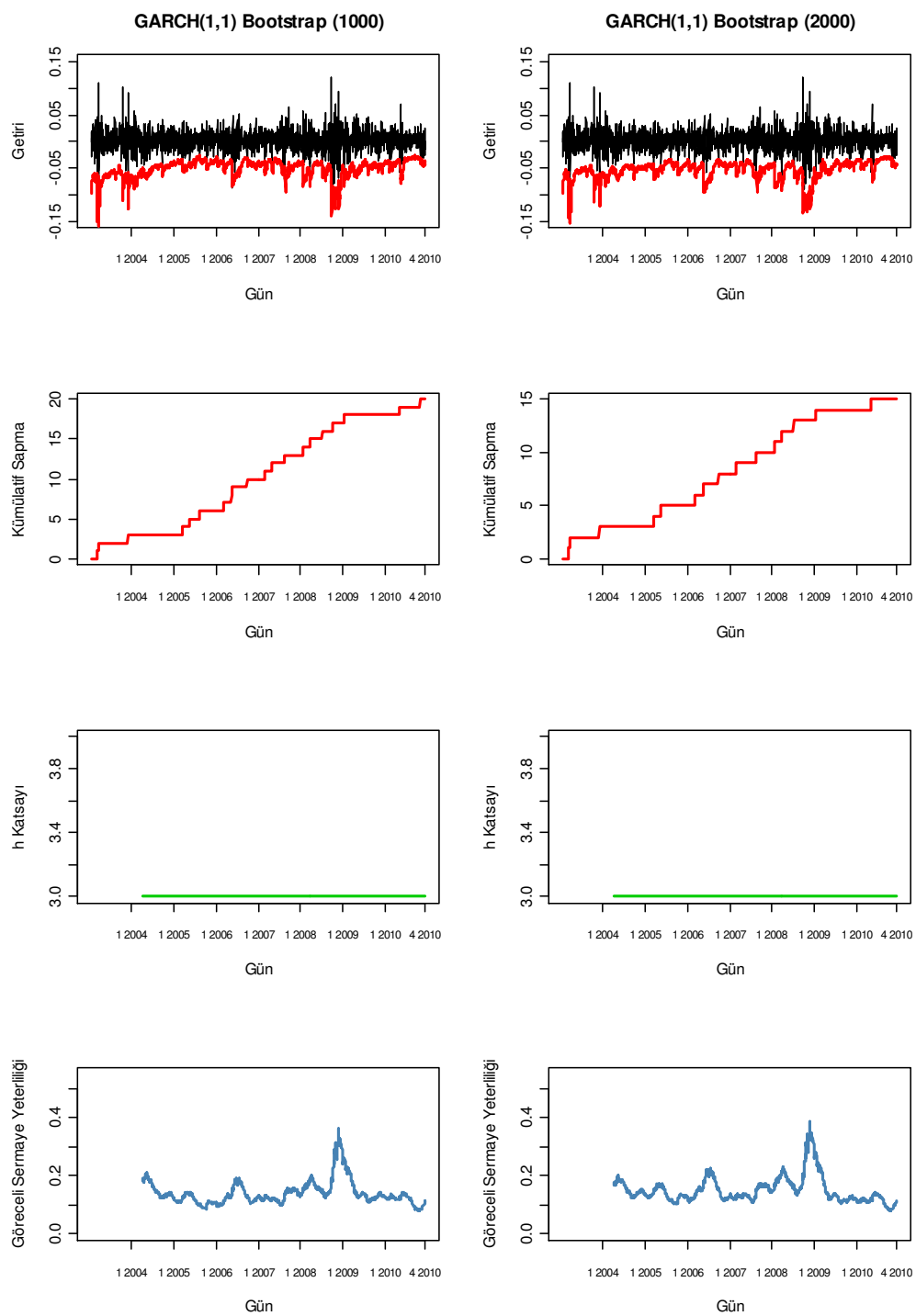
Şekil 3: İMKB100 için EWMA Sonuçları



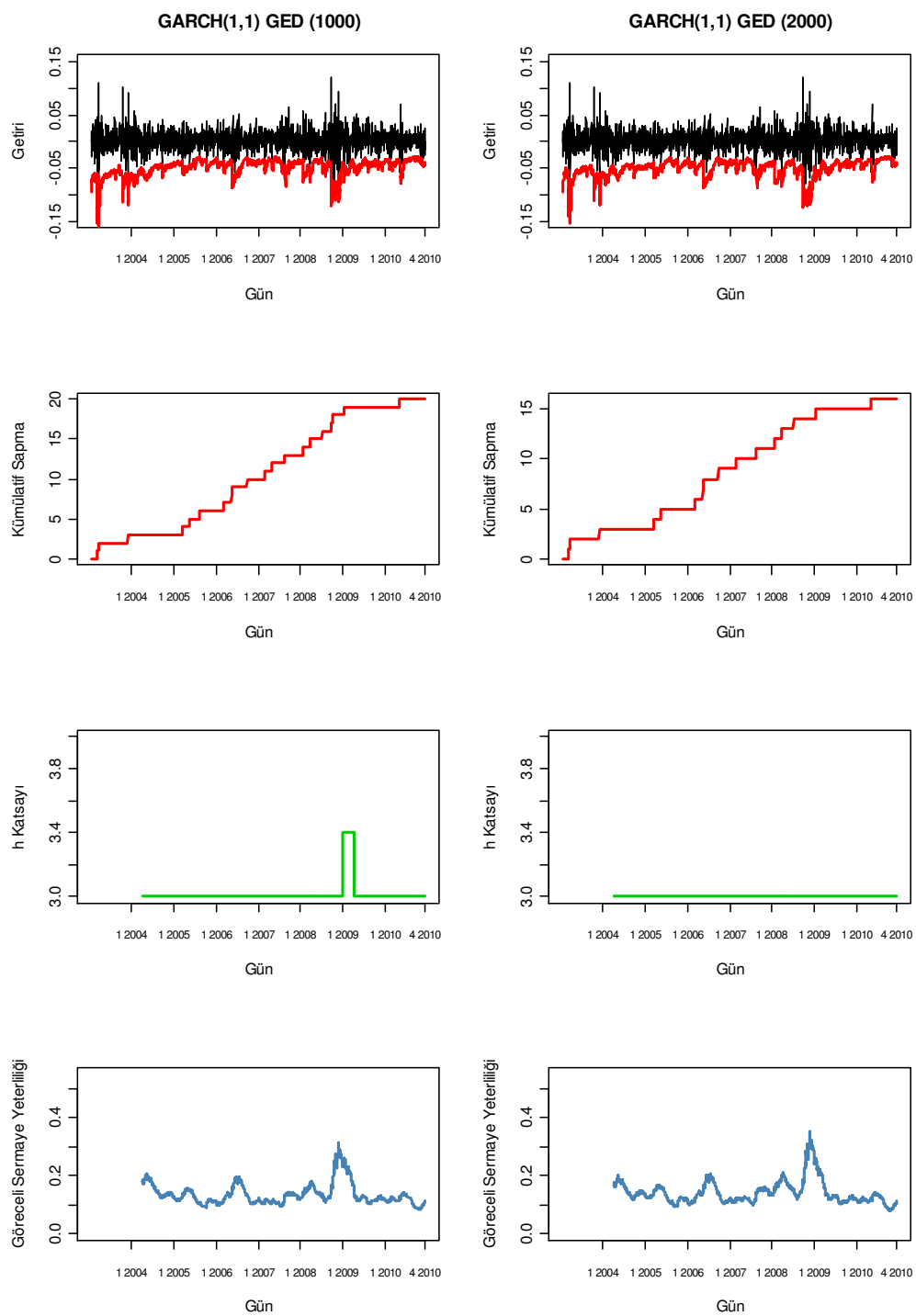
Şekil 4: İMKB100 için GARCH(1,1) Sonuçları



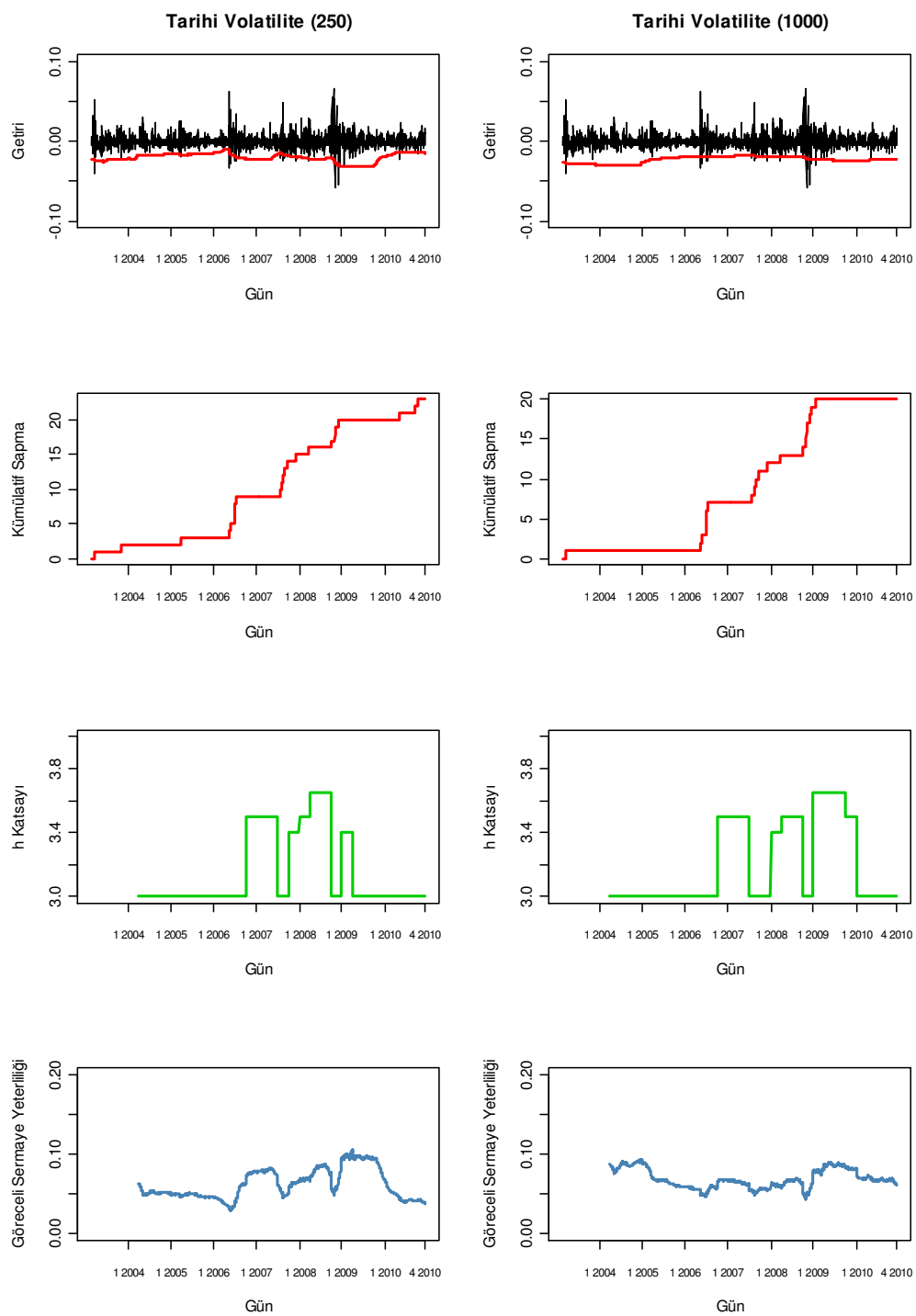
Şekil 5: İMKB100 için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



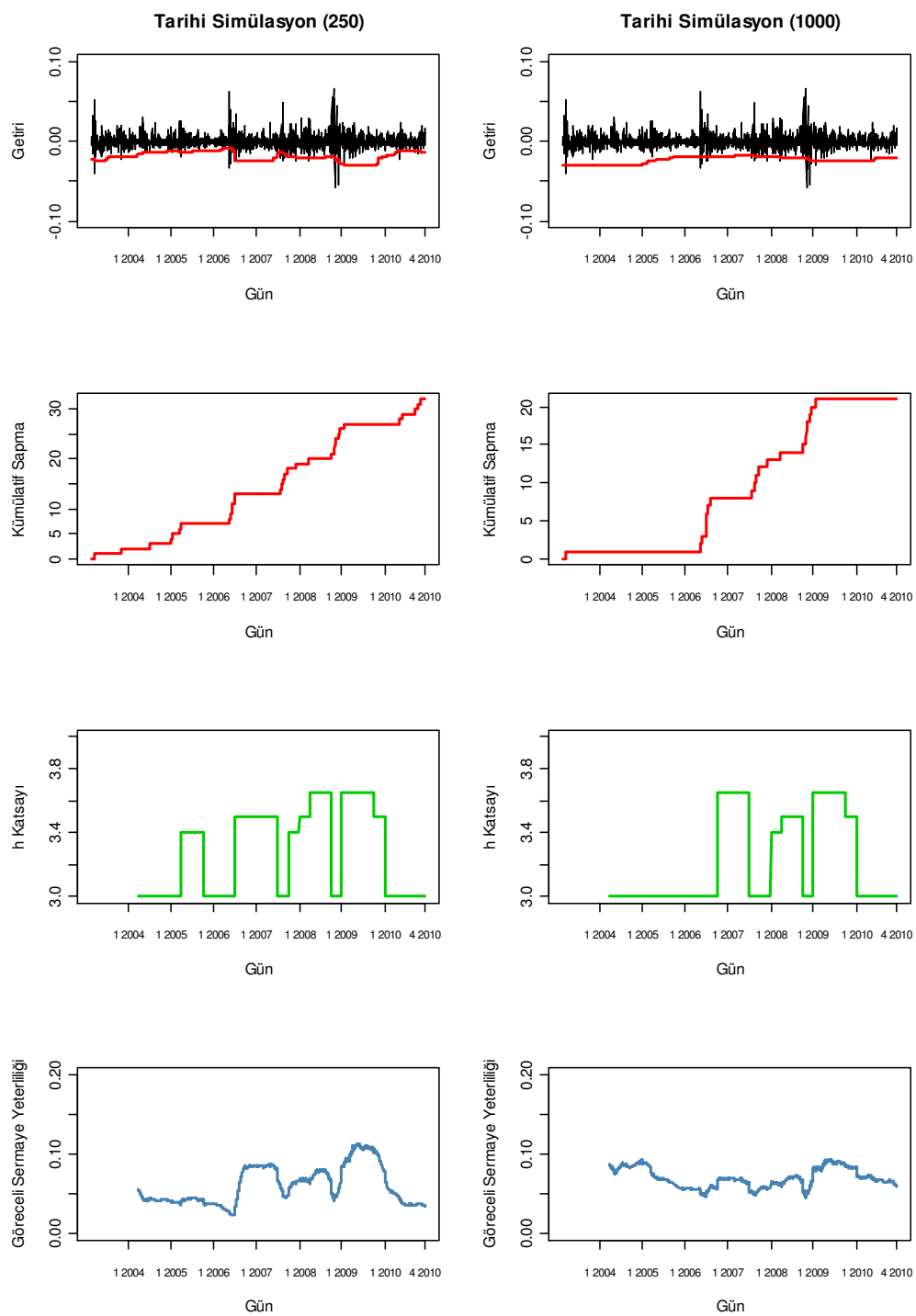
Şekil 6: İMKB100 için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



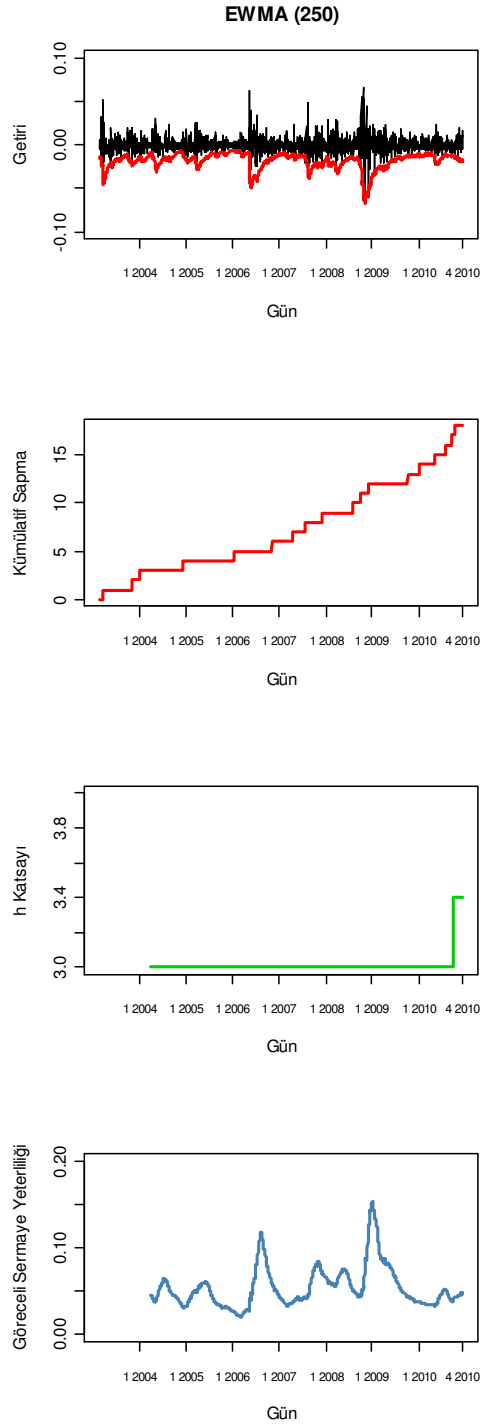
Şekil 7: Dolar/TL için Tarihi Volatilite Sonuçları



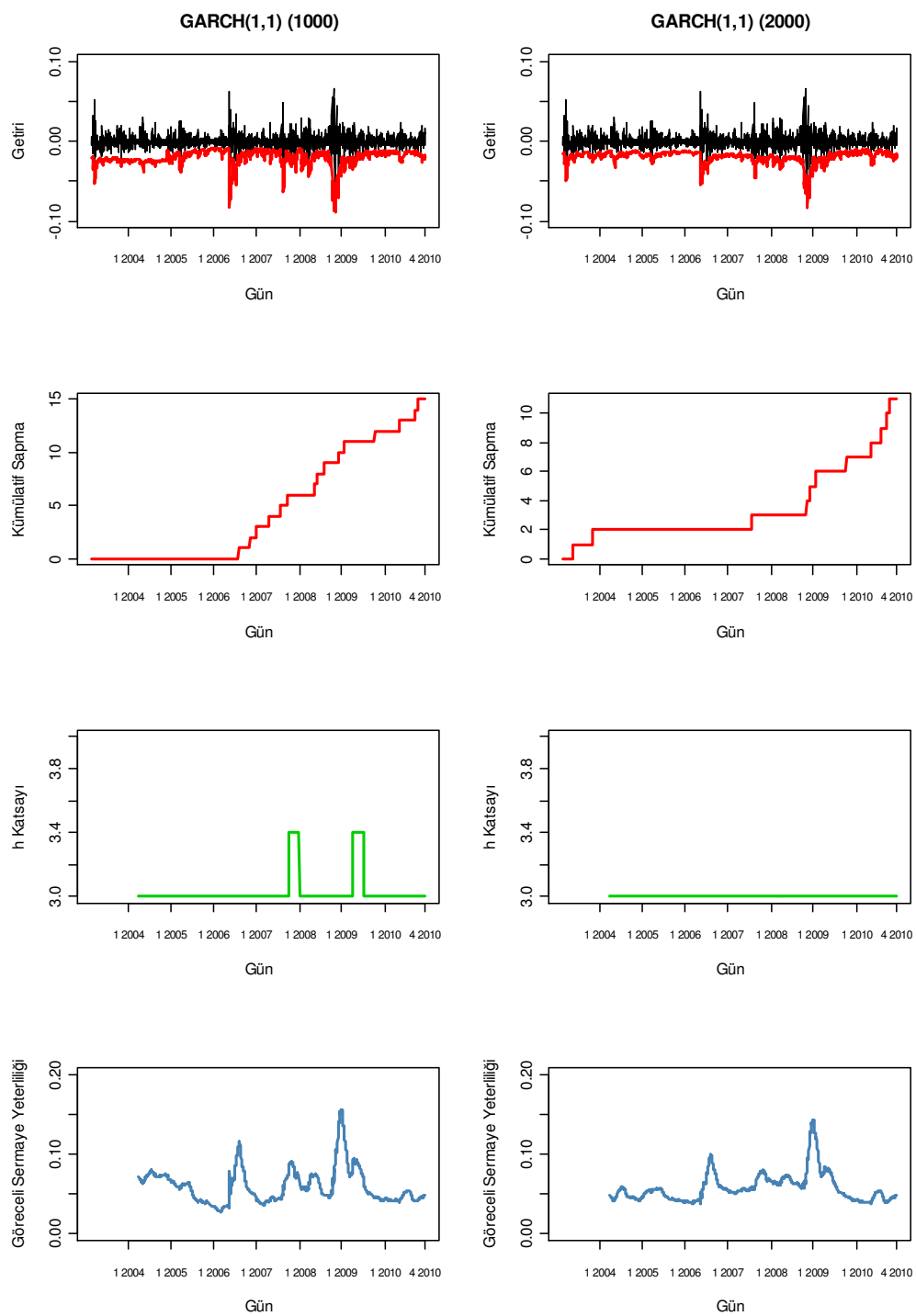
Şekil 8: Dolar/TL için Tarihi Simülasyon Sonuçları



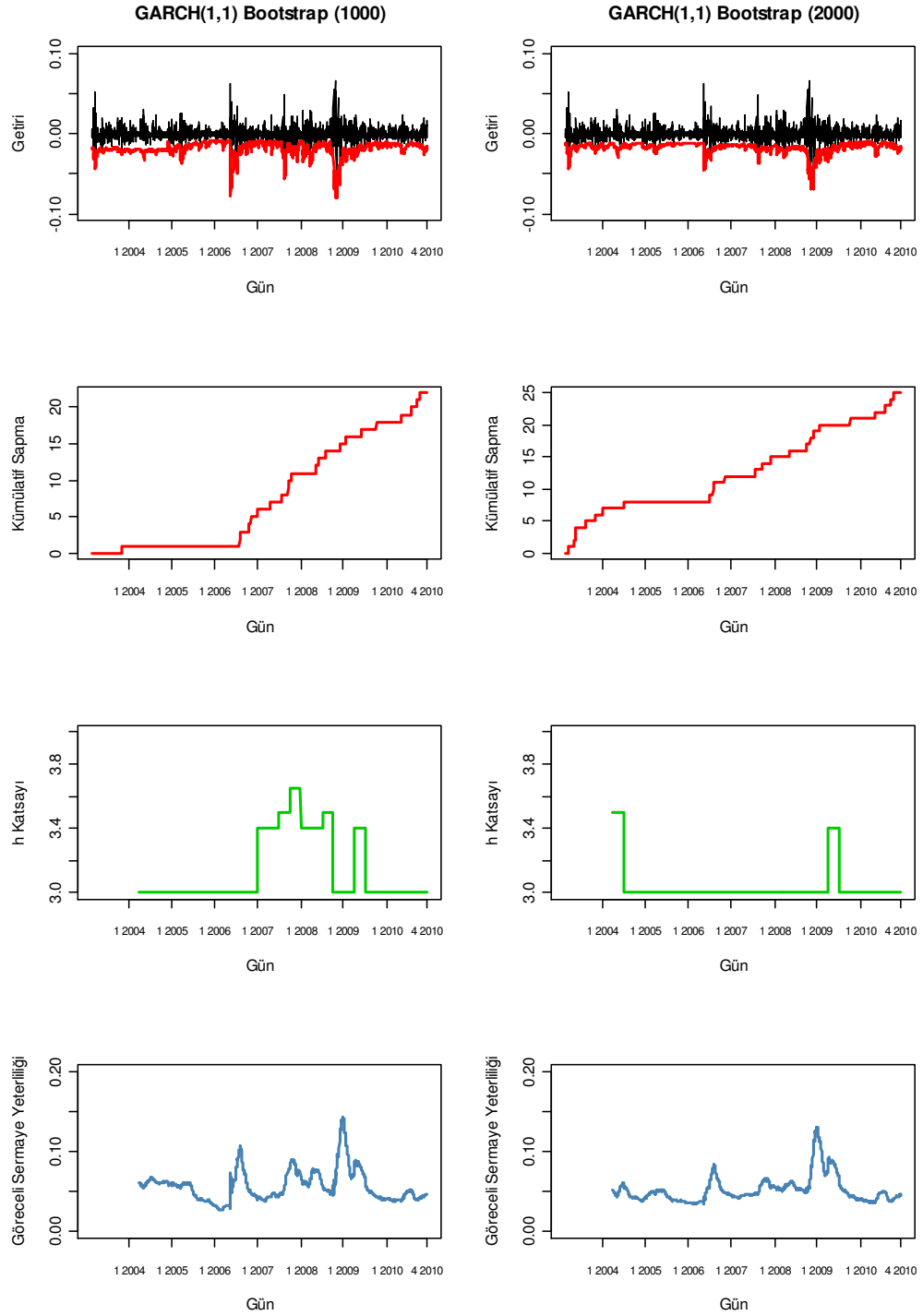
Şekil 9: Dolar/TL için EWMA Sonuçları



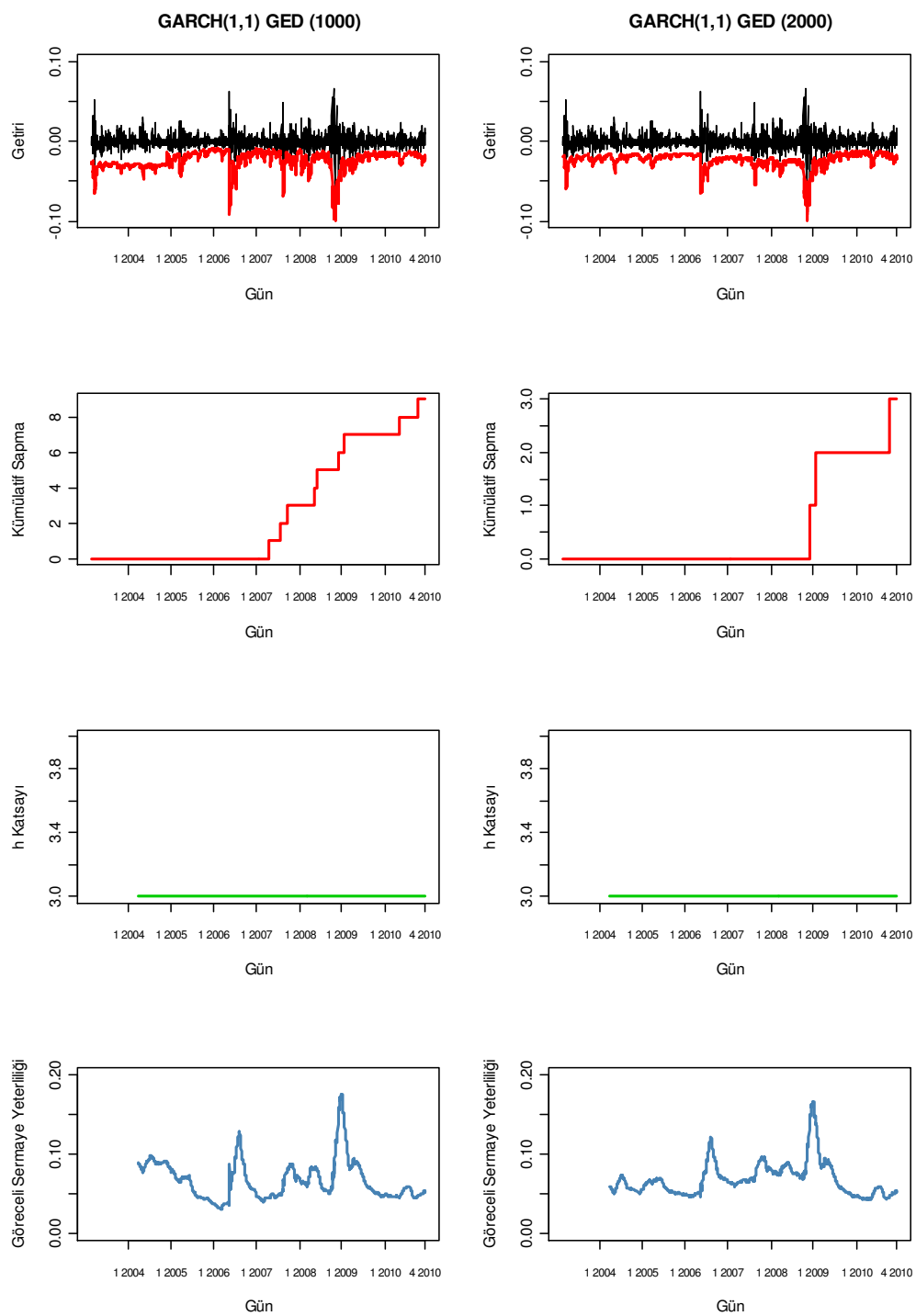
Şekil 10: Dolar/TL için GARCH(1,1) Sonuçları



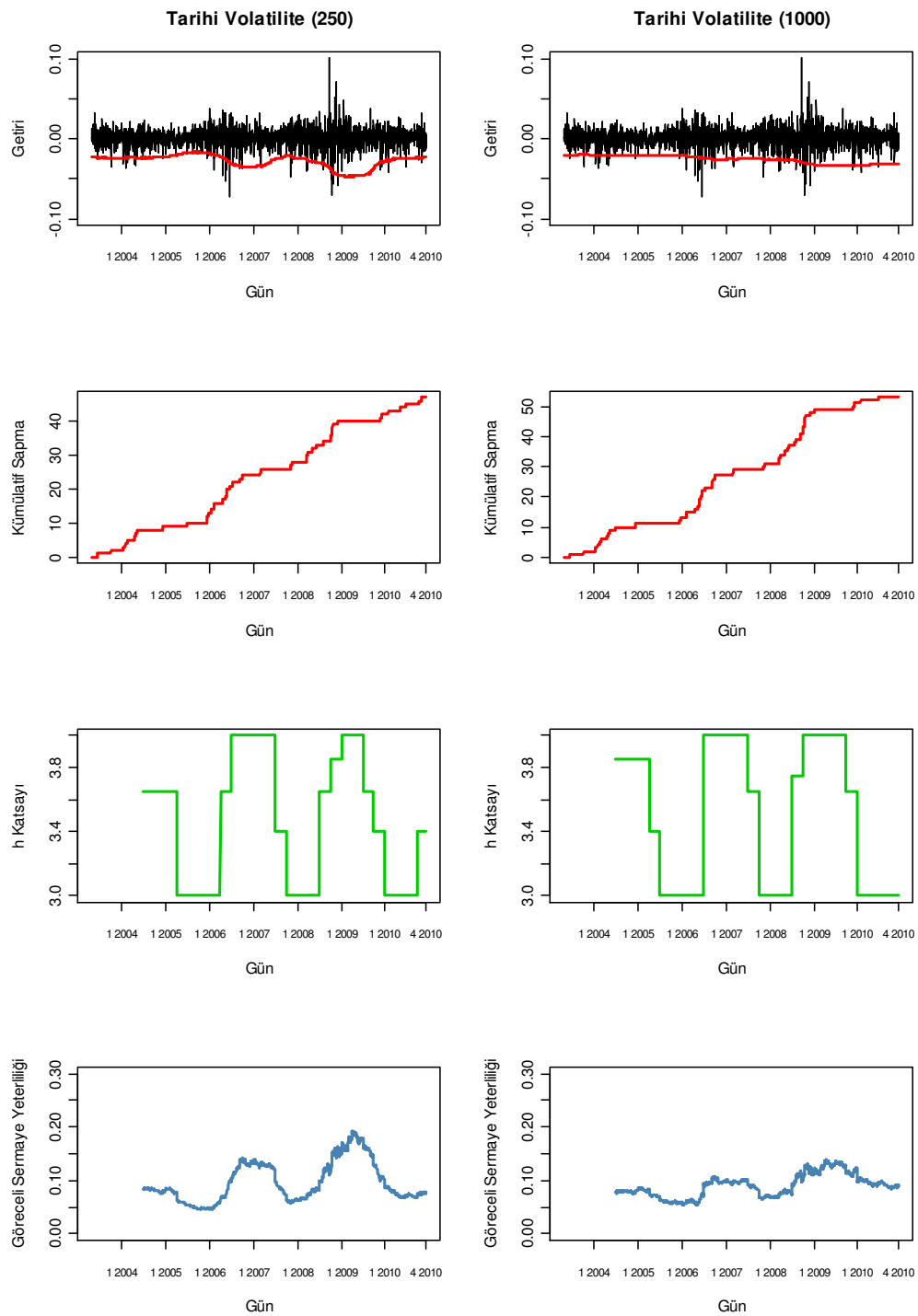
Şekil 11: Dolar/TL için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



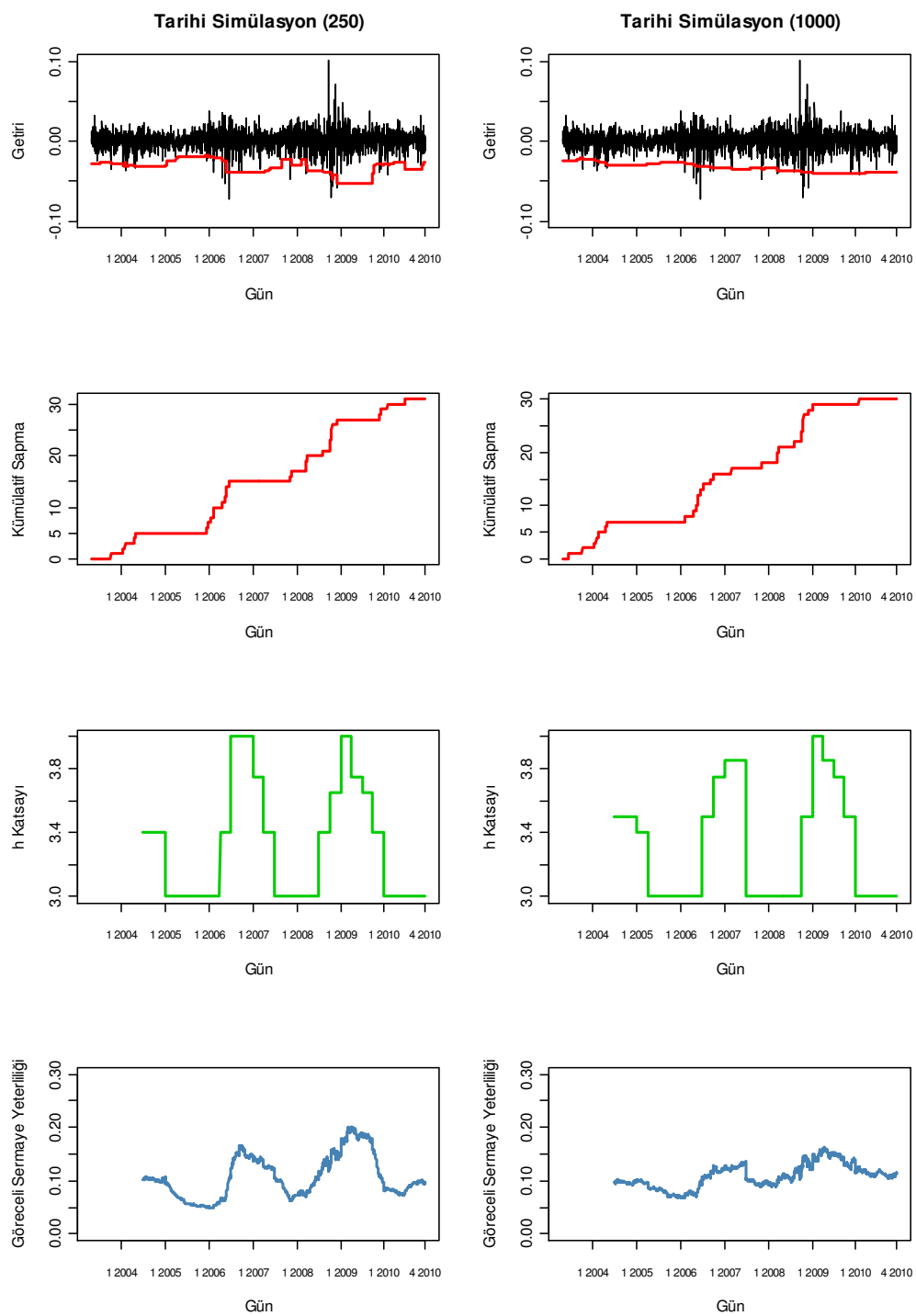
Şekil 12: Dolar/TL için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



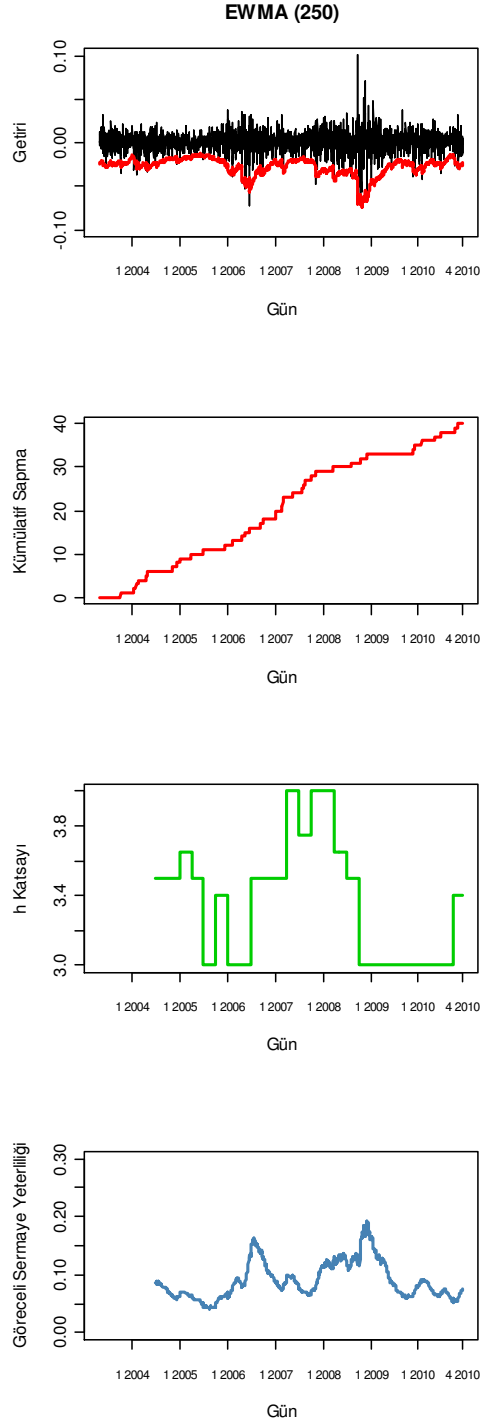
Şekil 13: Altın için Tarihi Volatilite Sonuçları



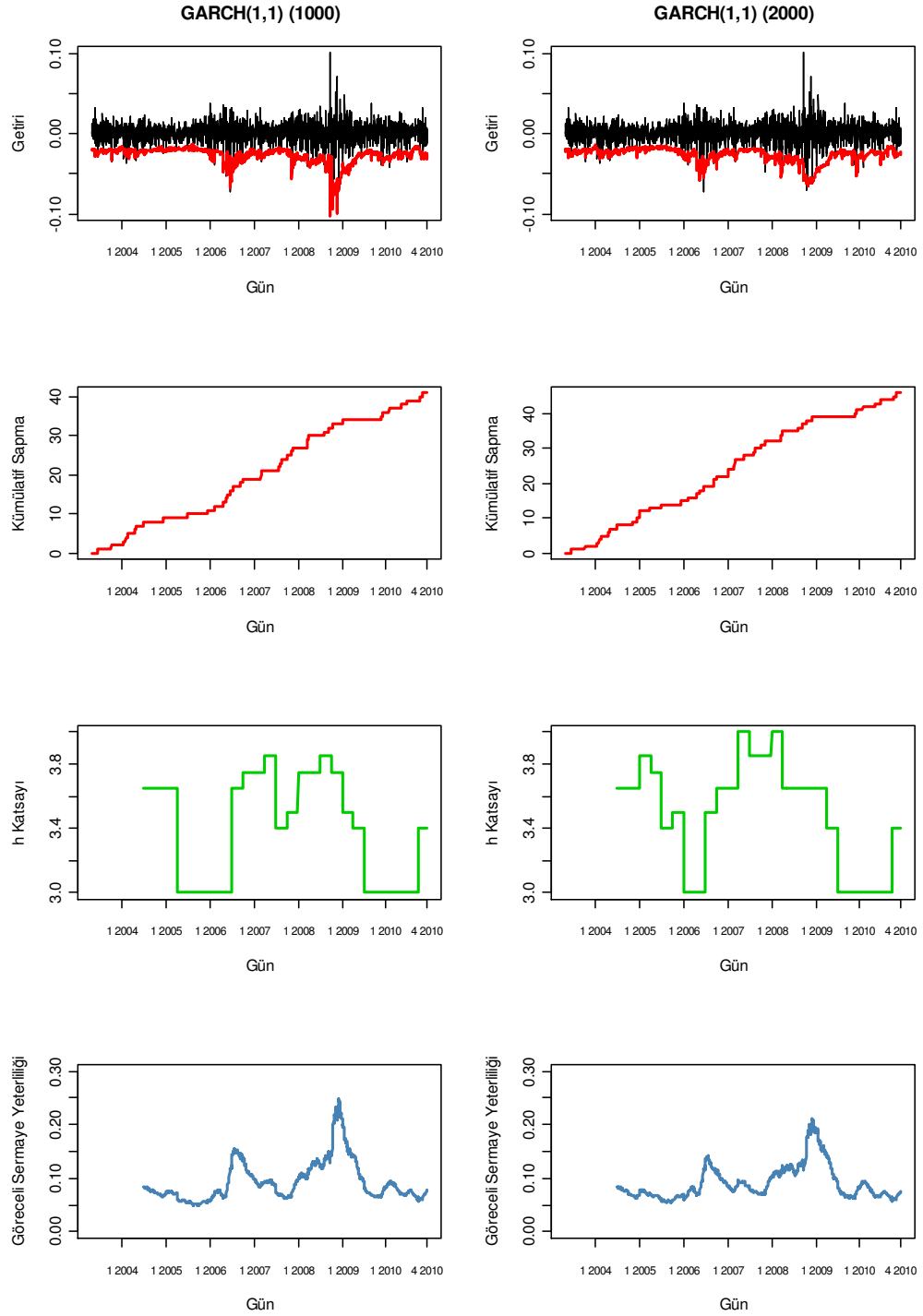
Şekil 14: Altın için Tarihi Simülasyon Sonuçları



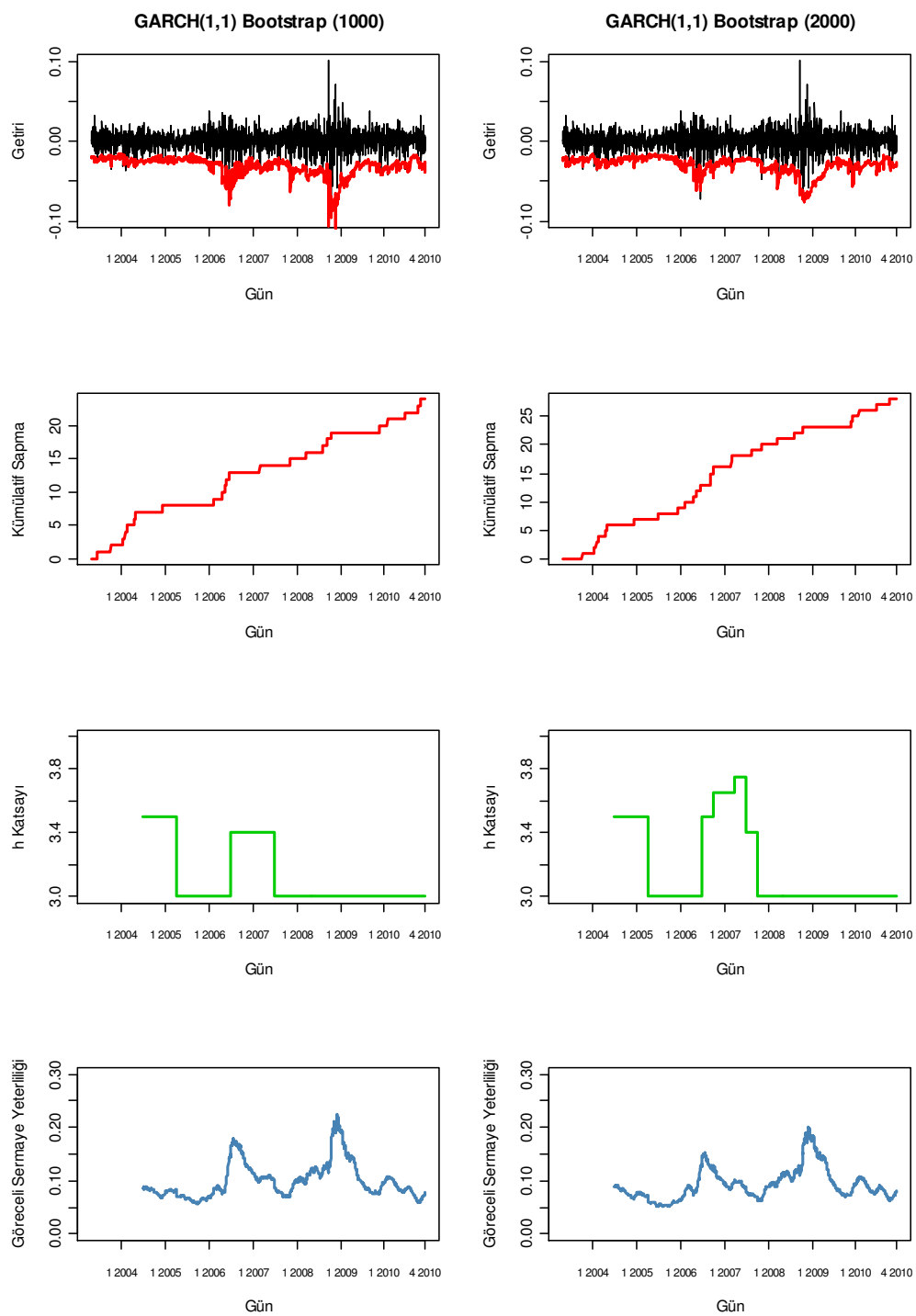
Şekil 15: Altın için EWMA Sonuçları



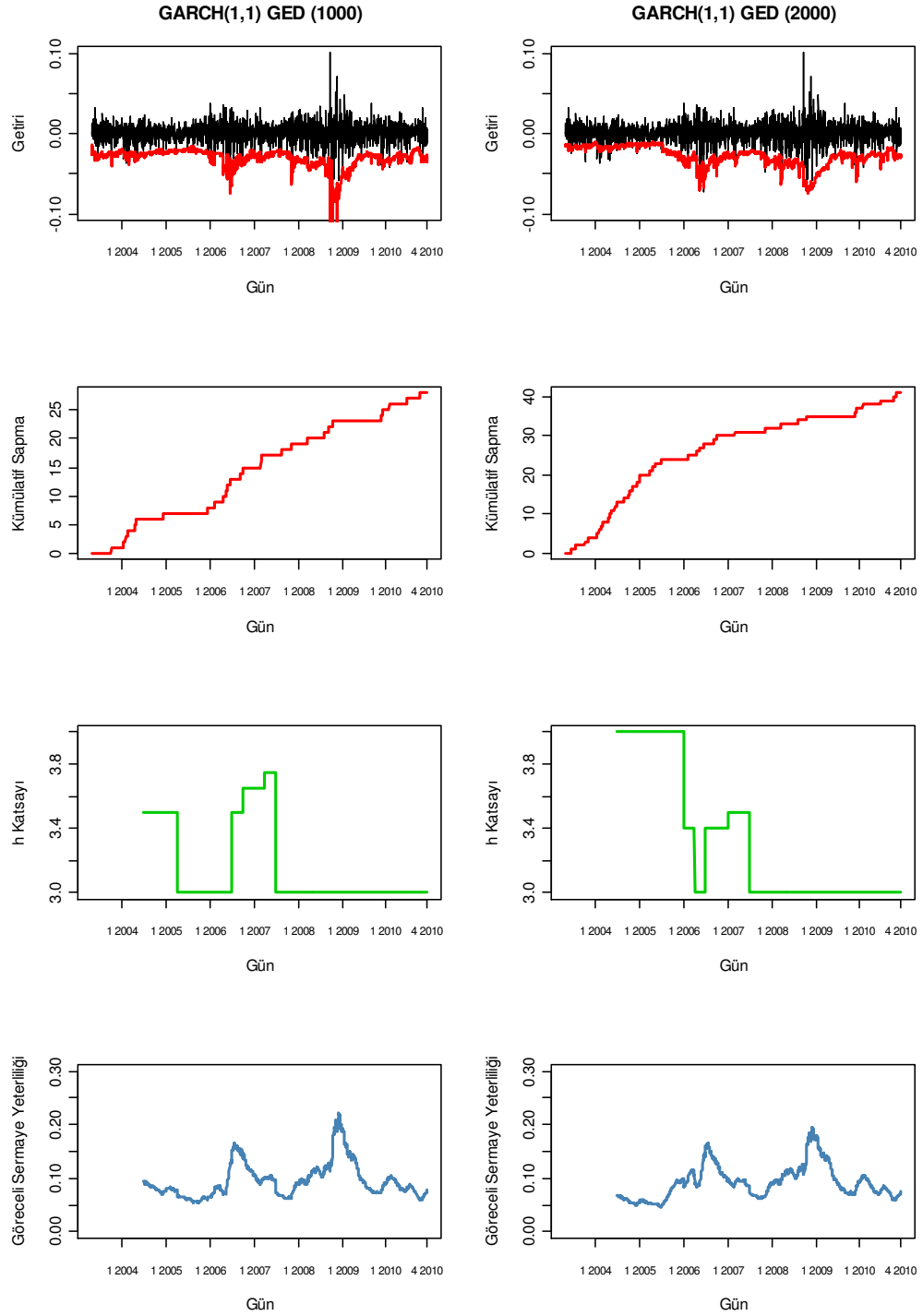
Şekil 16: Altın için GARCH(1,1) Sonuçları



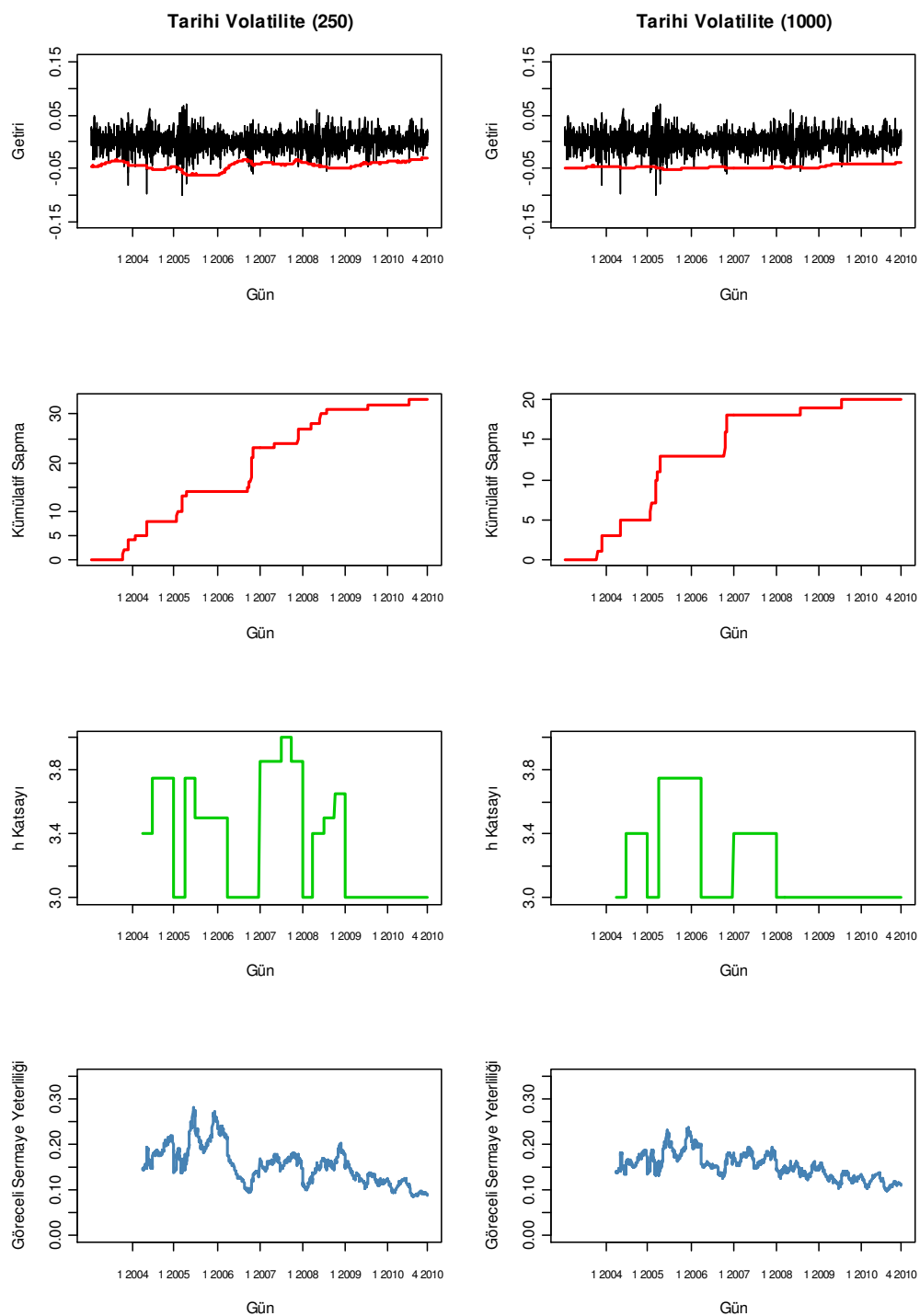
Şekil 17: Altın için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



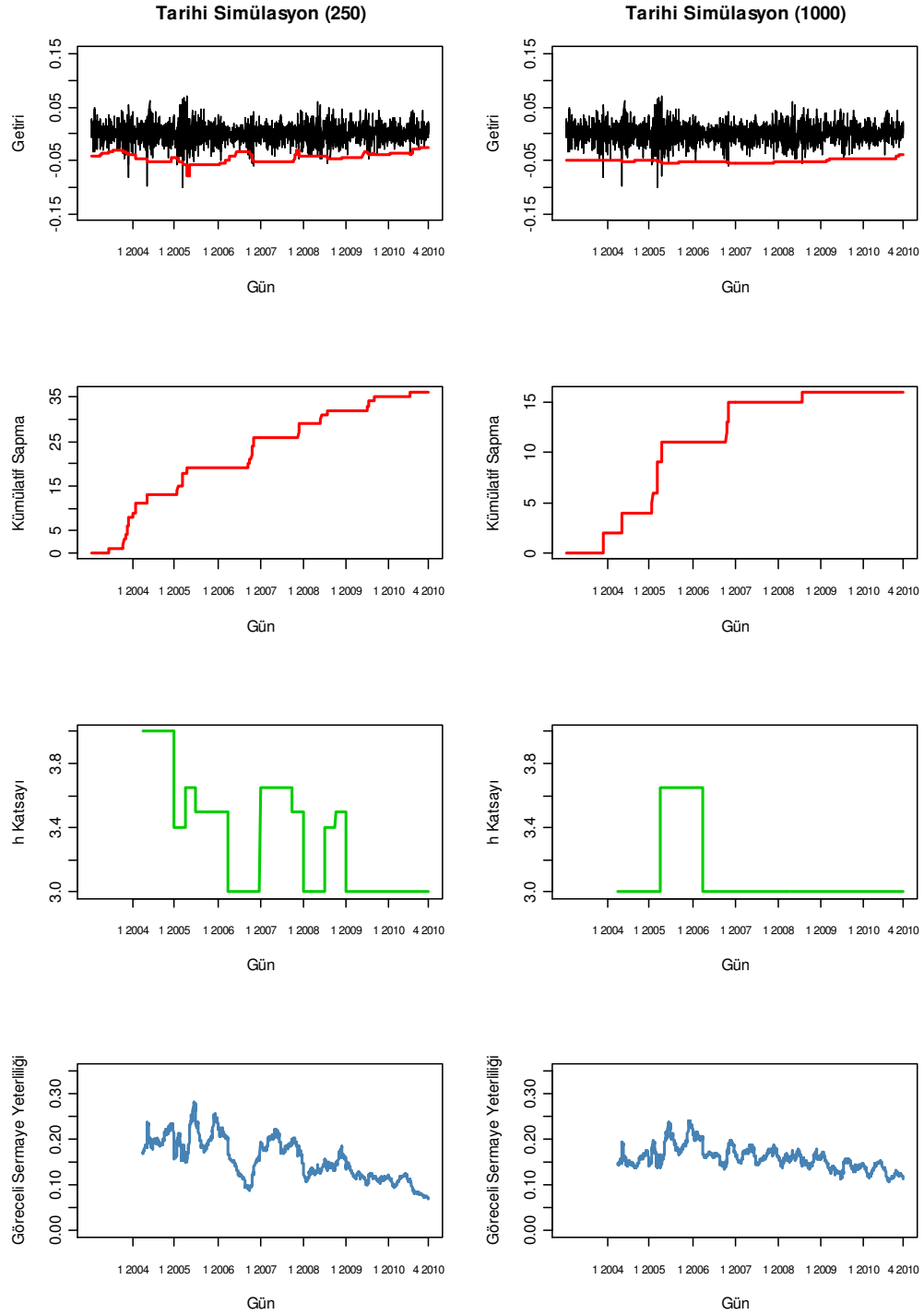
Şekil 18: Altın için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



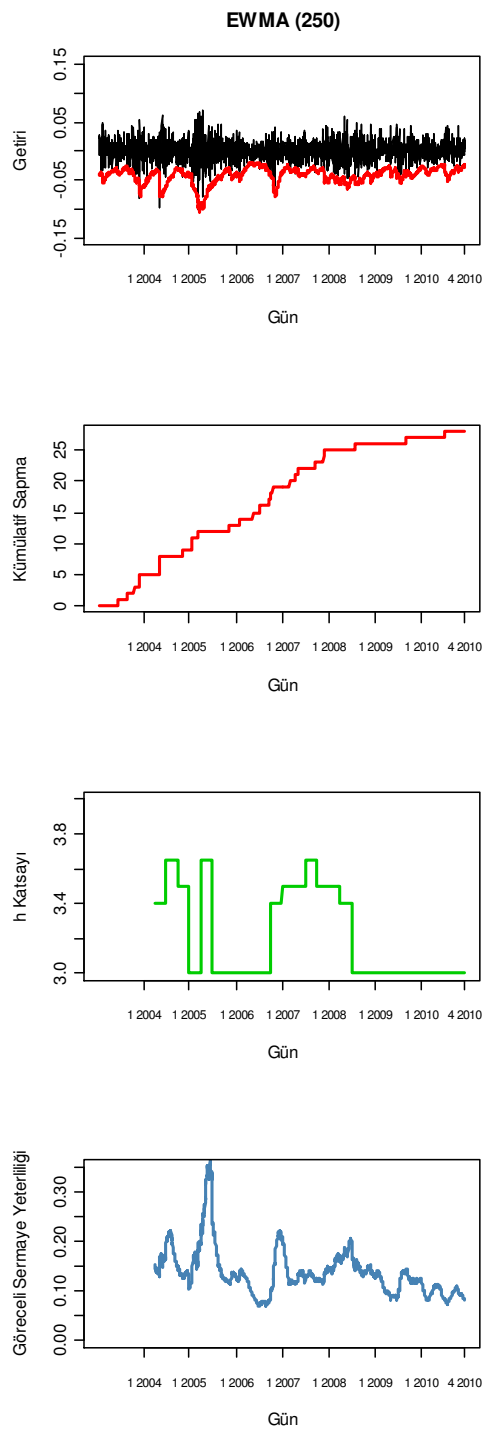
Şekil 19: Simülasyon 1 ($\nu=2$) için Tarihi Volatilite Sonuçları



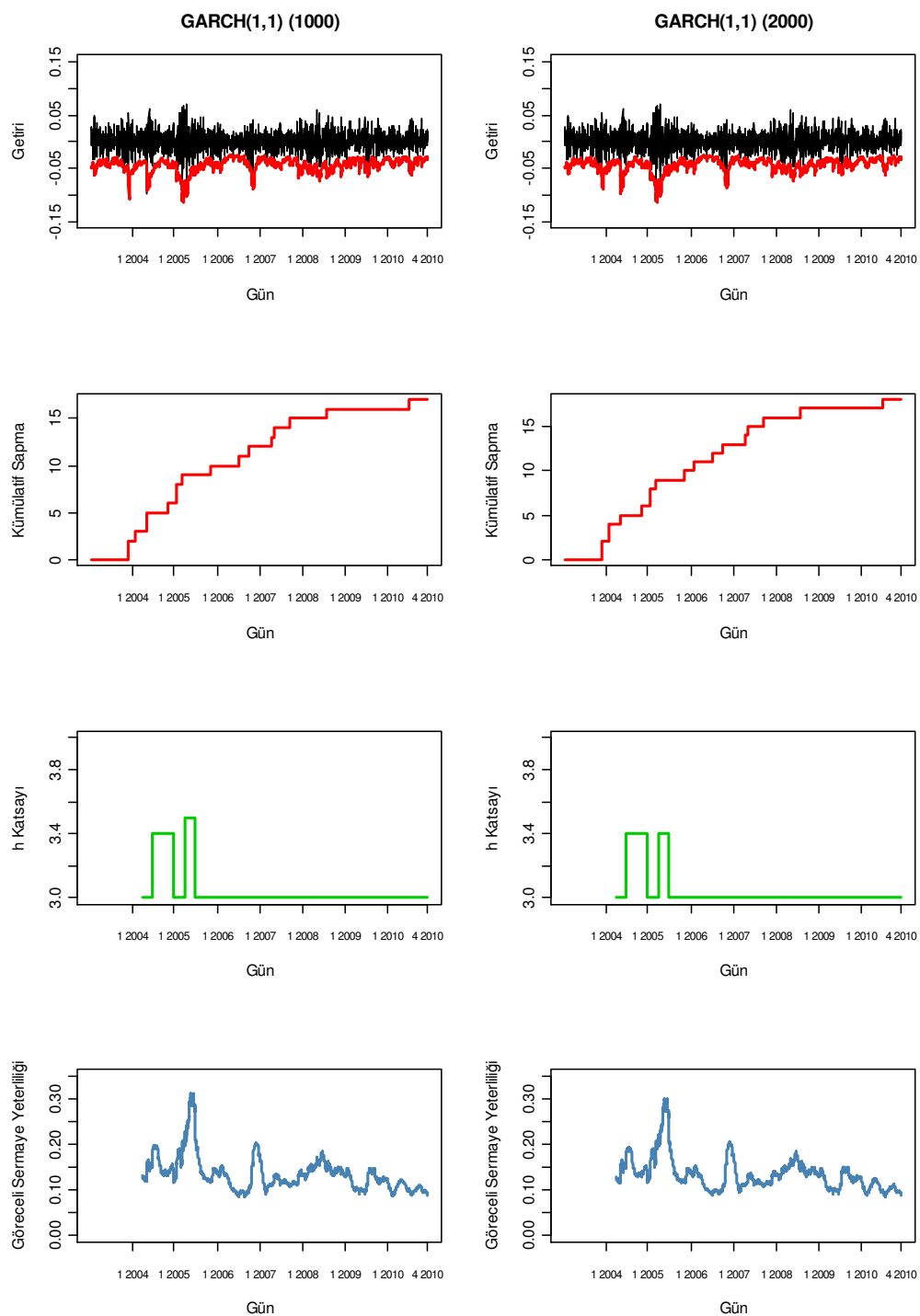
Şekil 20: Simülasyon 1 ($\nu=2$) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



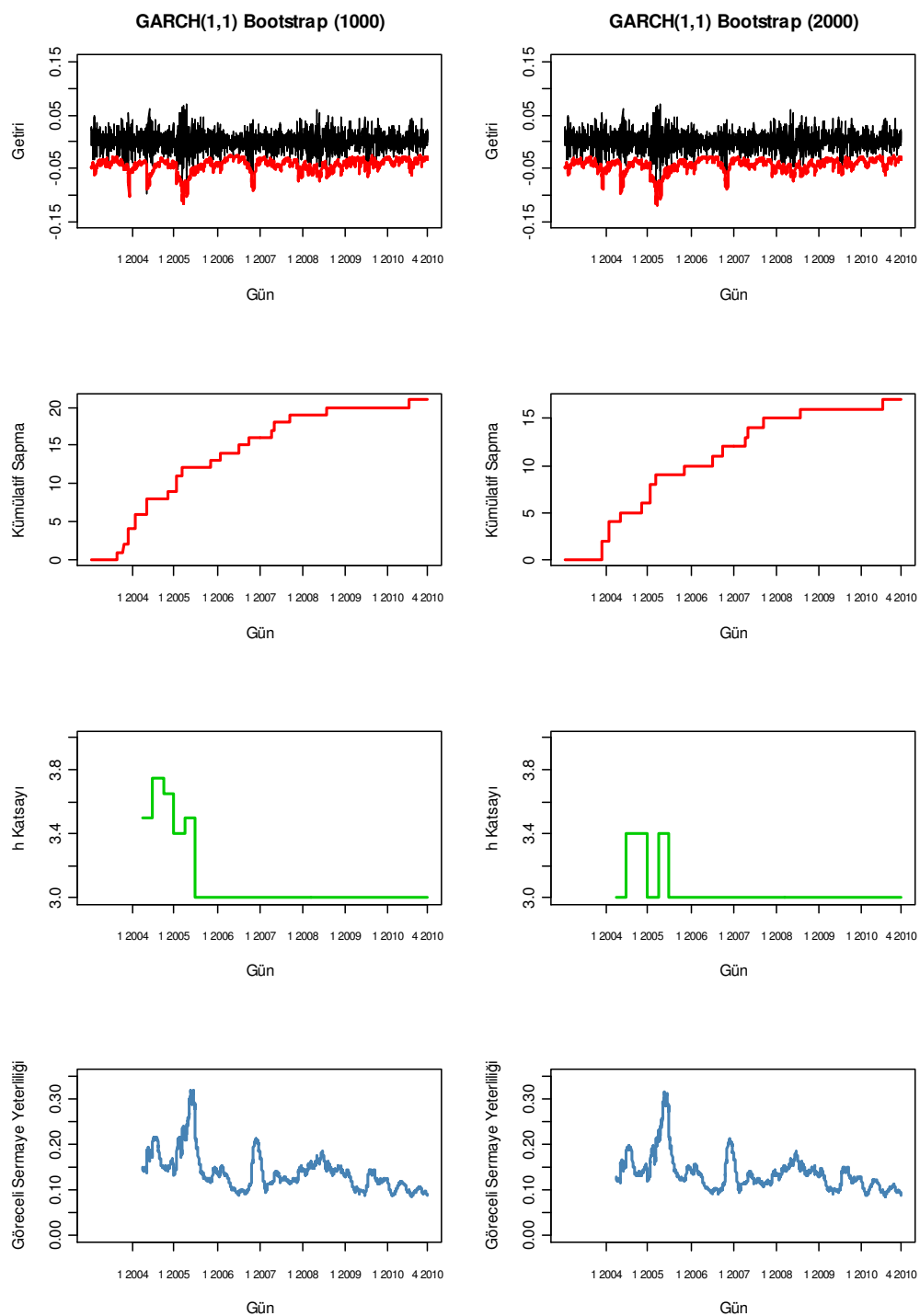
Şekil 21: Simülasyon 1 ($\nu=2$) için EWMA Sonuçları



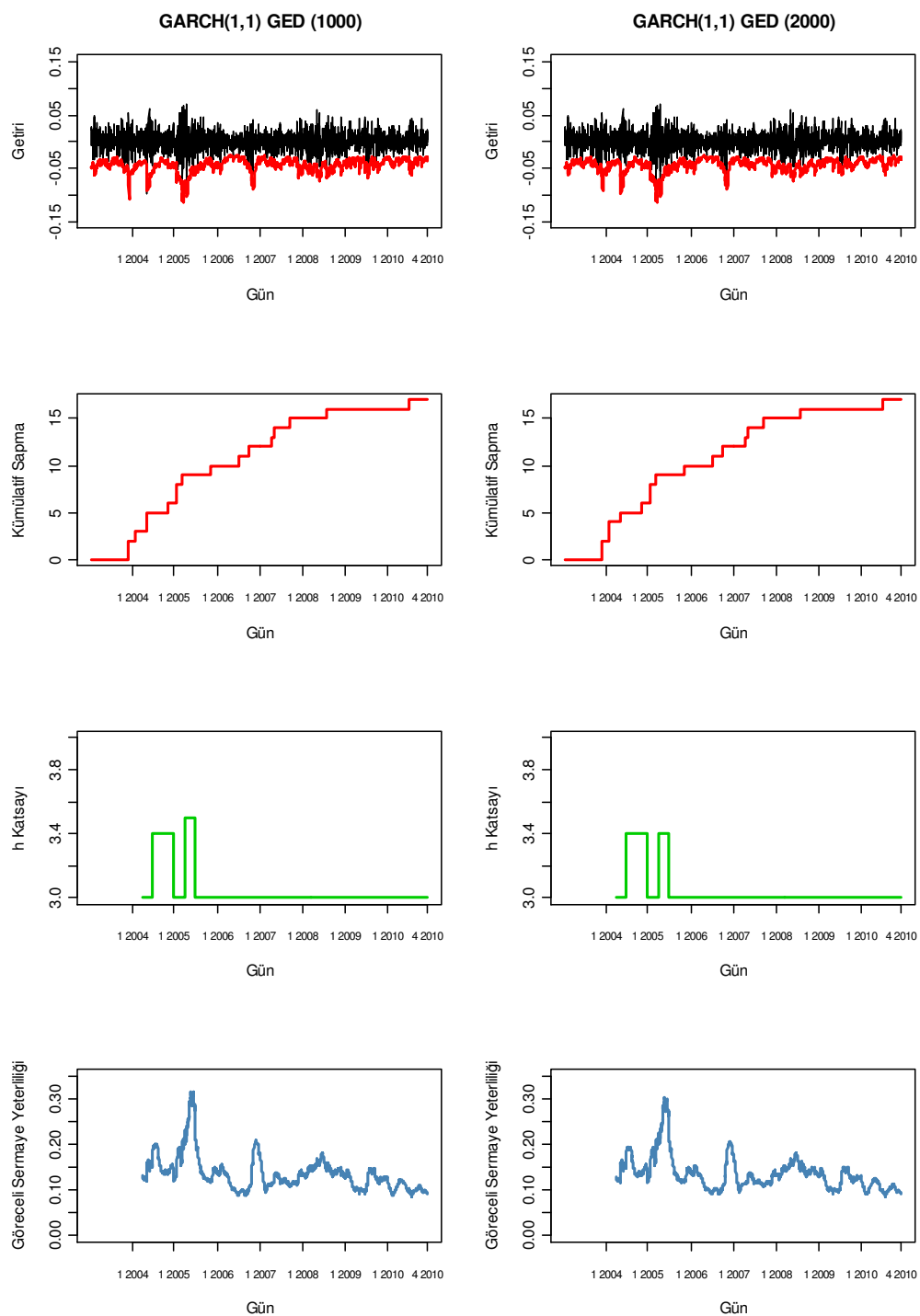
Şekil 22: Simülasyon 1 (nu=2) için GARCH(1,1) Sonuçları



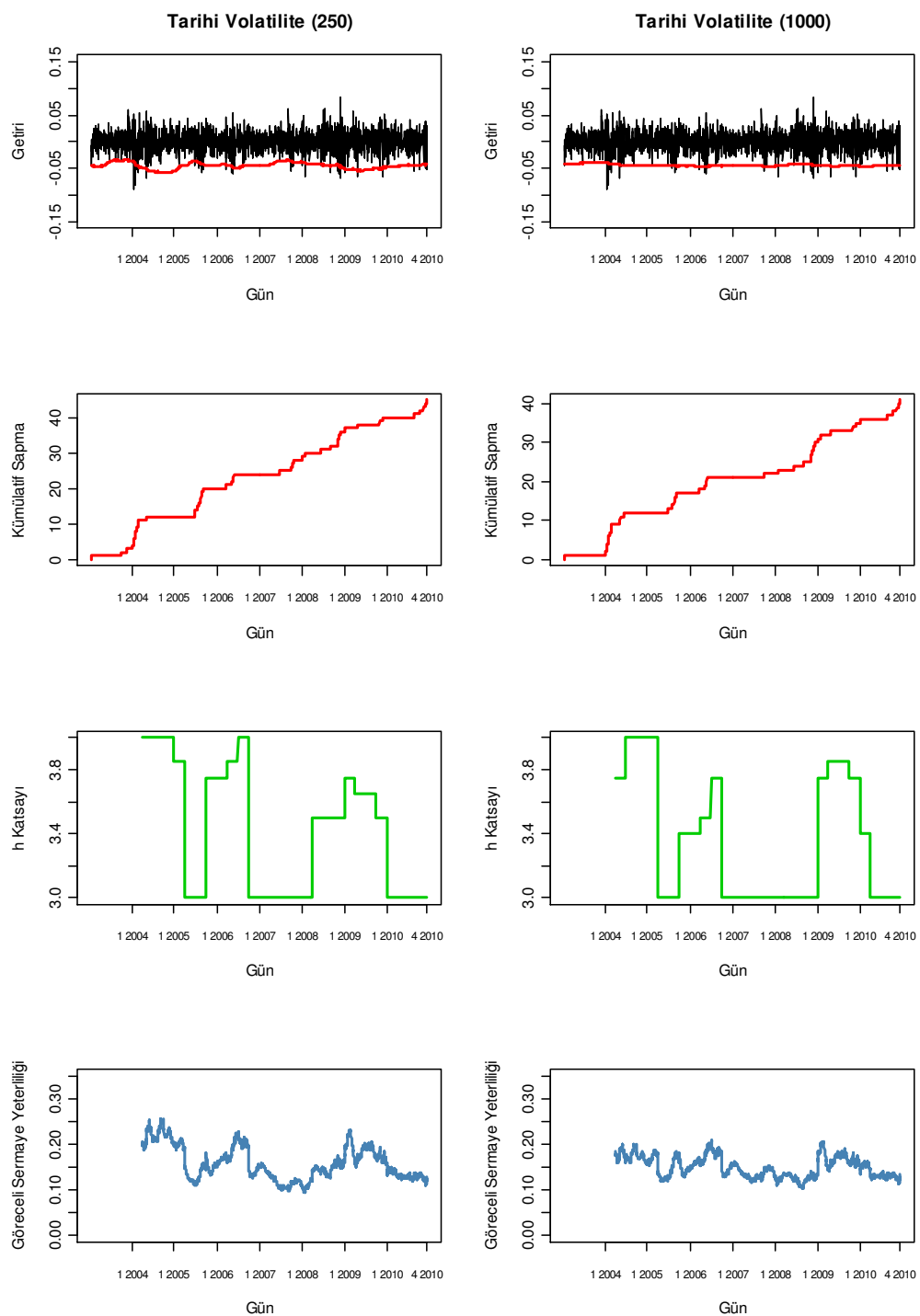
Şekil 23: Simülasyon 1 ($\nu=2$) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



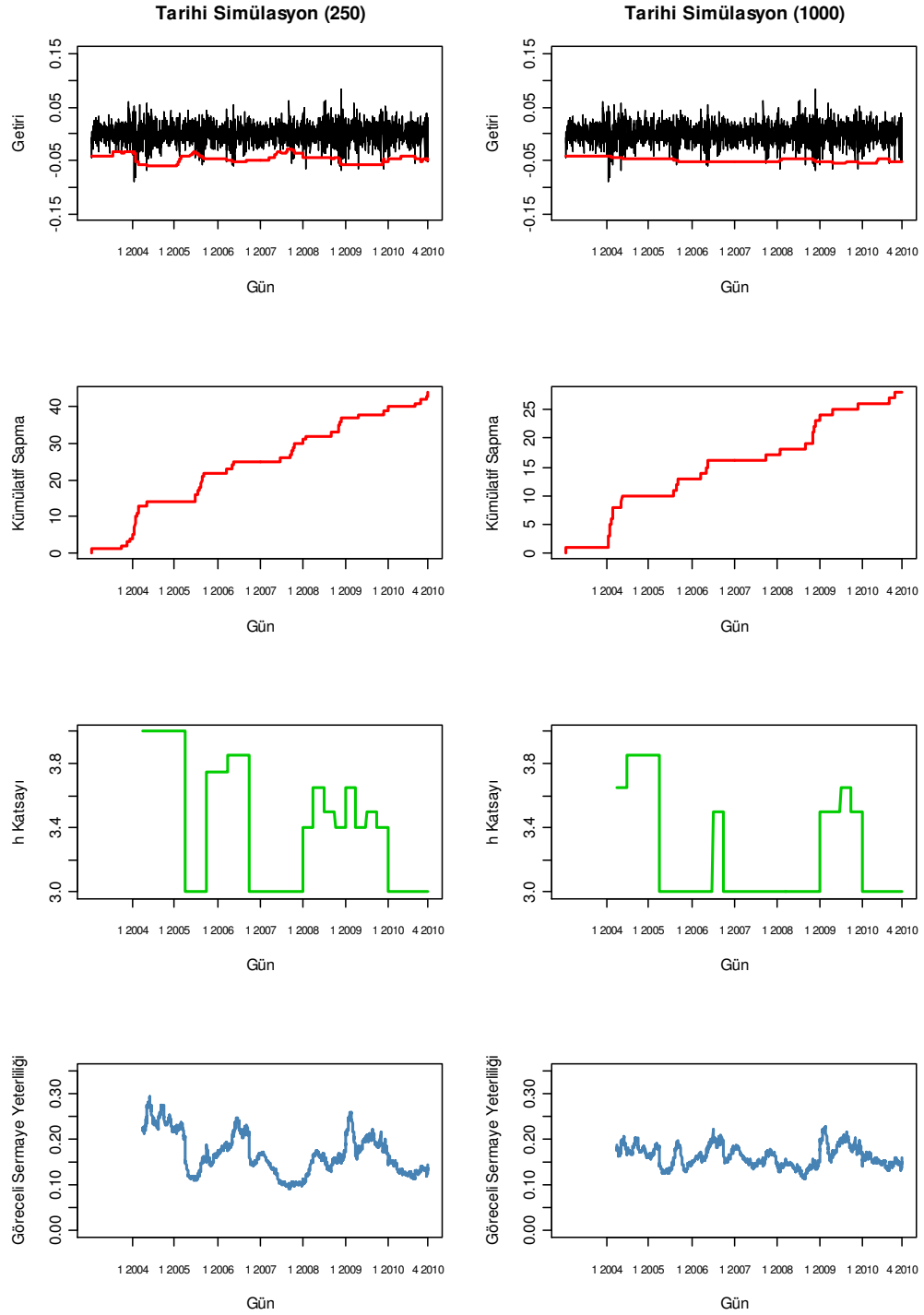
Şekil 24: Simülasyon 1 (nu=2) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



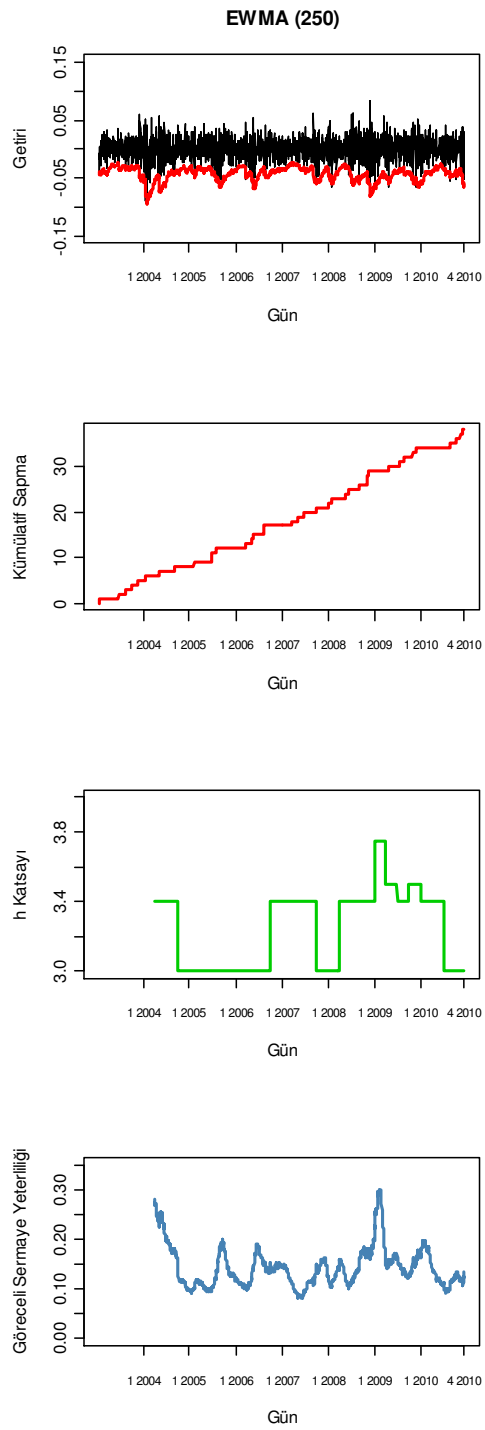
Şekil 25: Simülasyon 2 ($\nu=1.8$) için Tarihi Volatilite Sonuçları



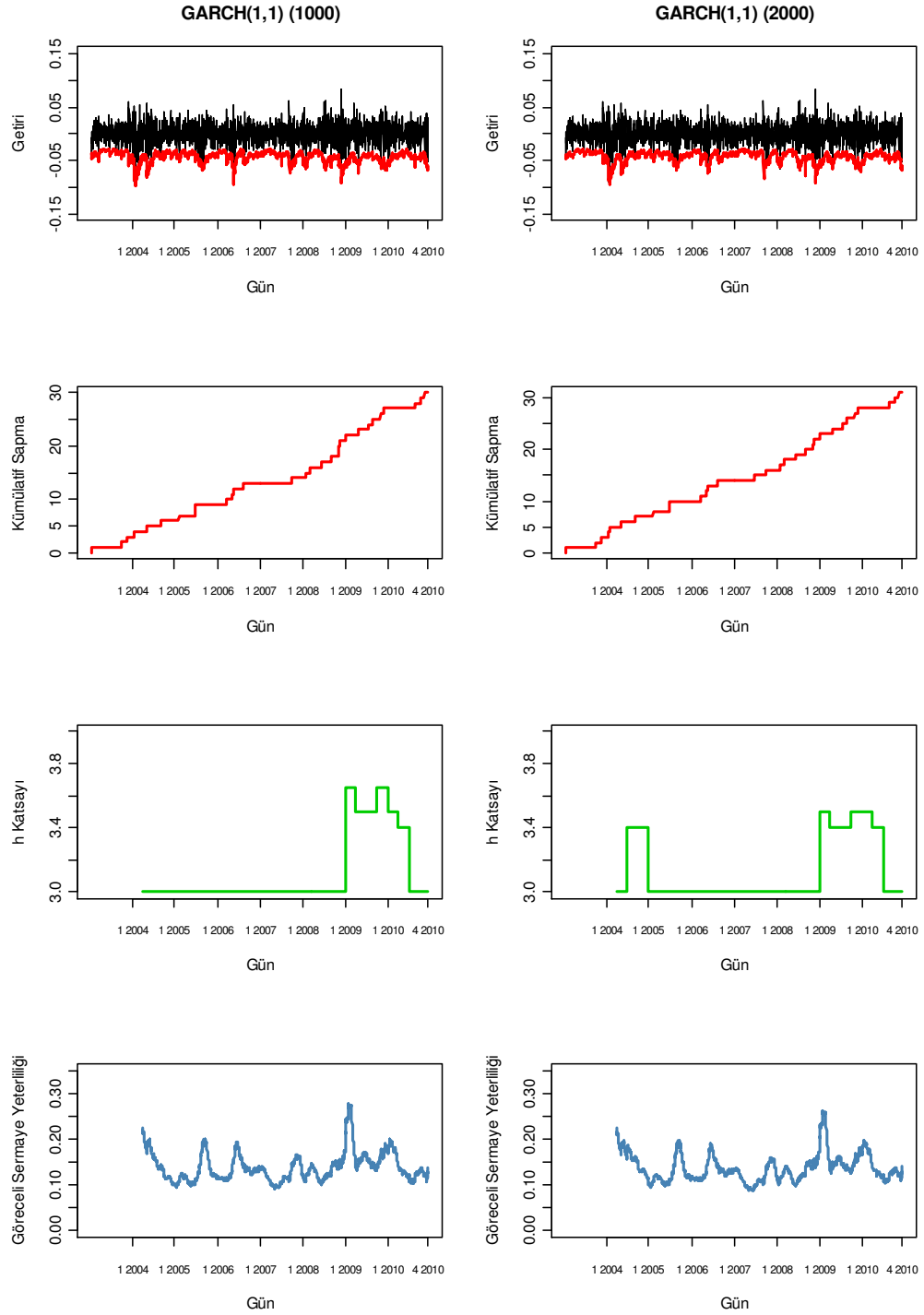
Şekil 26: Simülasyon 2 ($\nu=1.8$) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



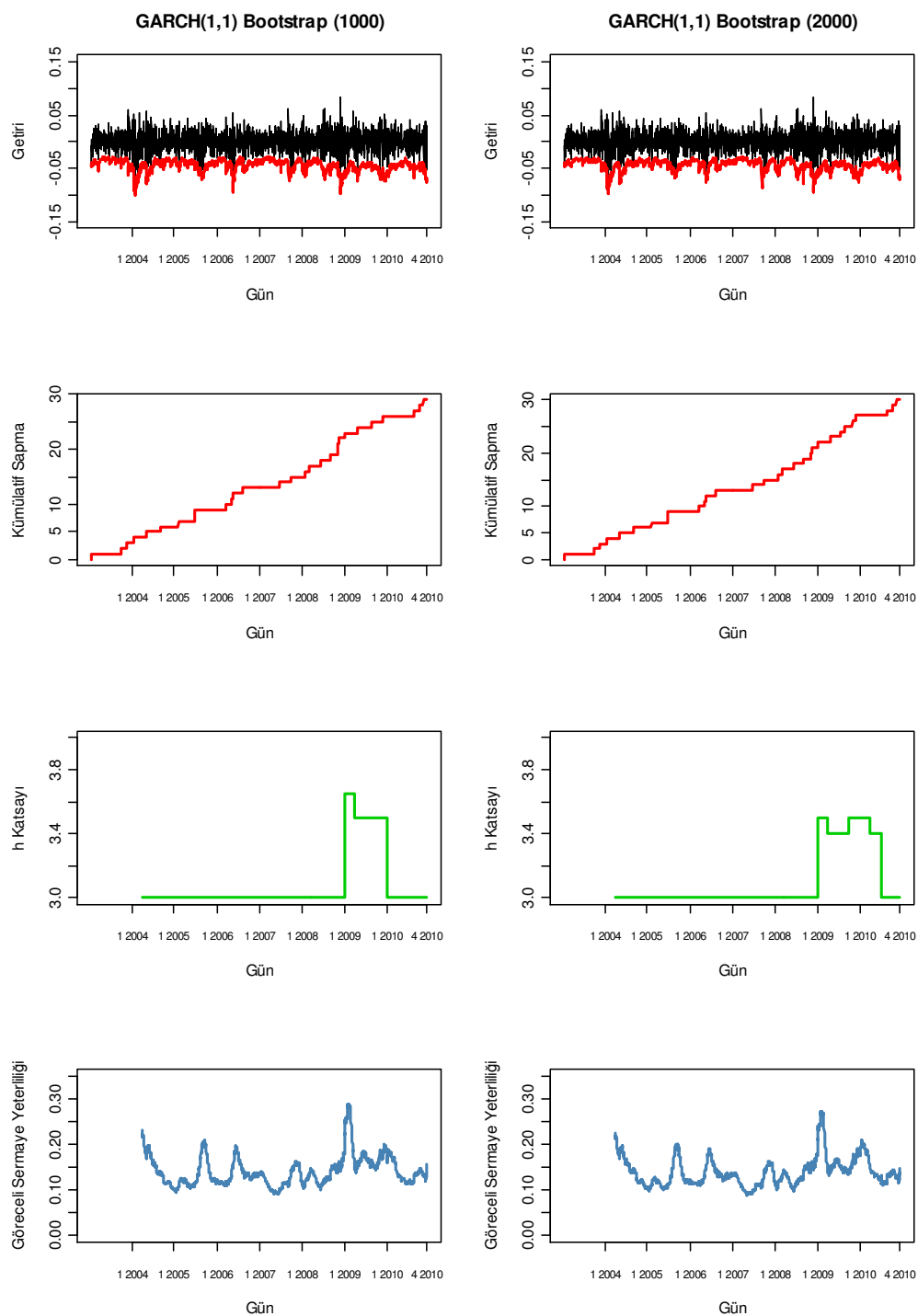
Şekil 27: Simülasyon 2 ($\nu=1.8$) için EWMA Sonuçları



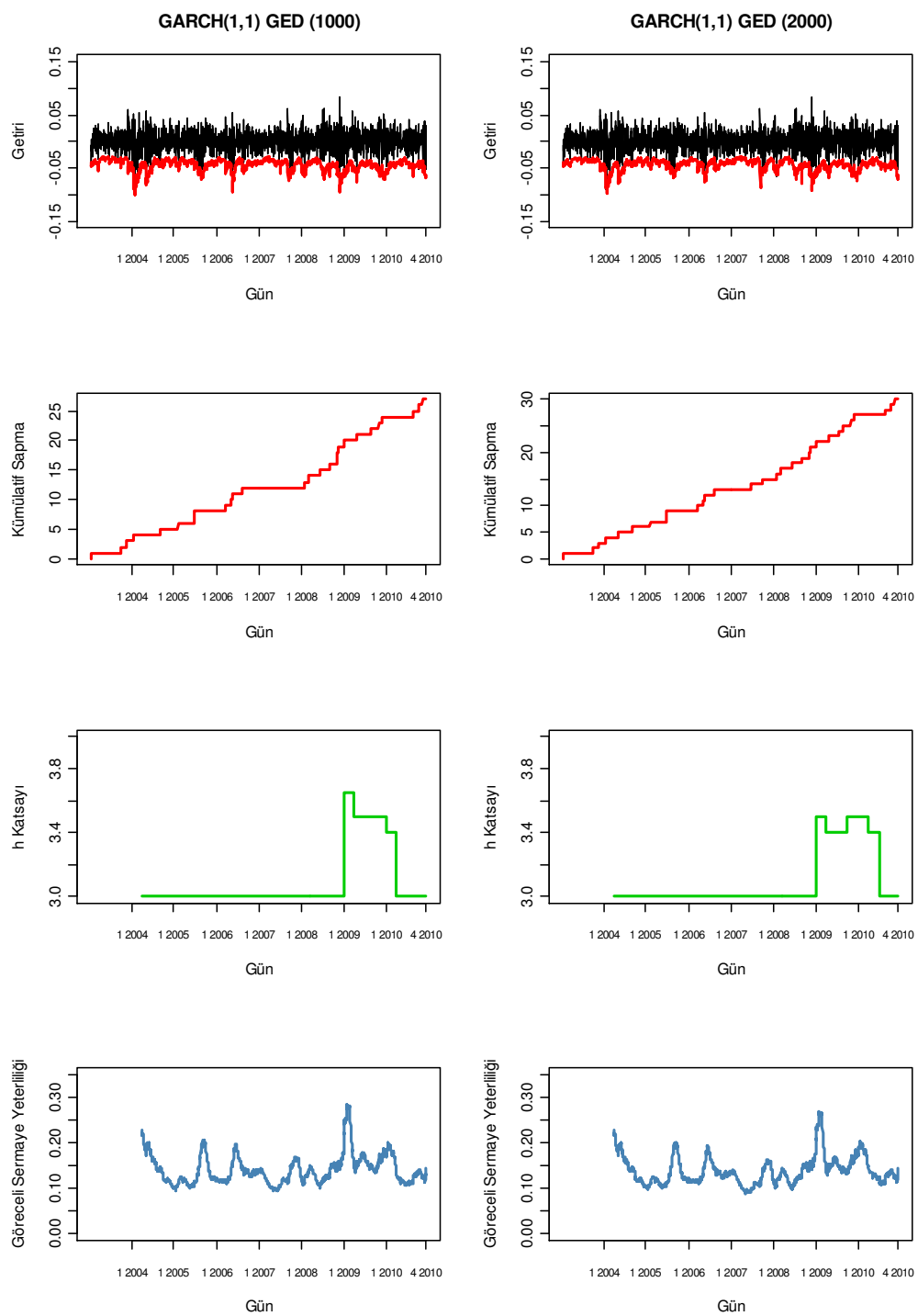
Şekil 28: Simülasyon 2 ($\nu=1.8$) için GARCH(1,1) Sonuçları



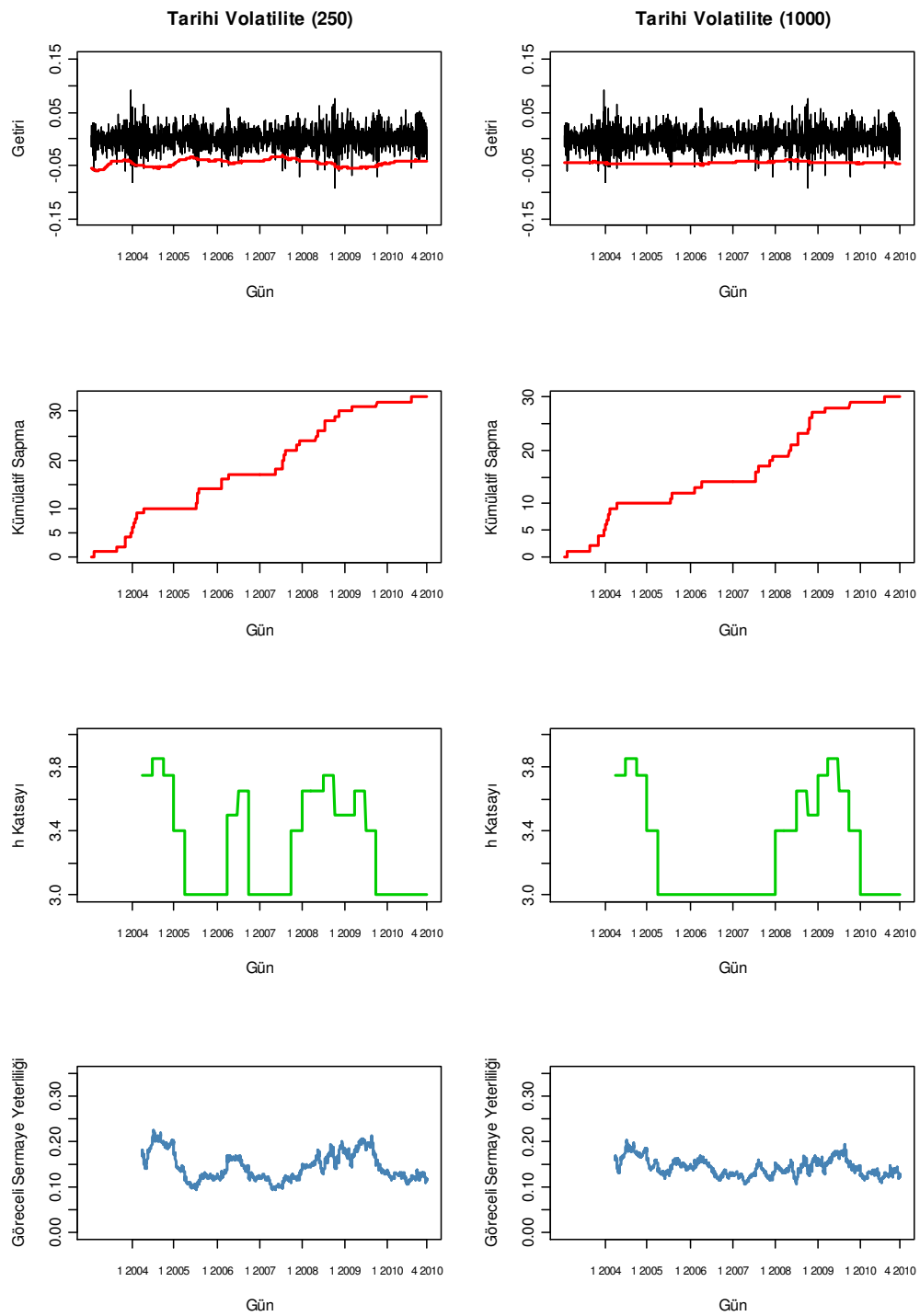
Şekil 29: Simülasyon 2 (nu=1.8) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



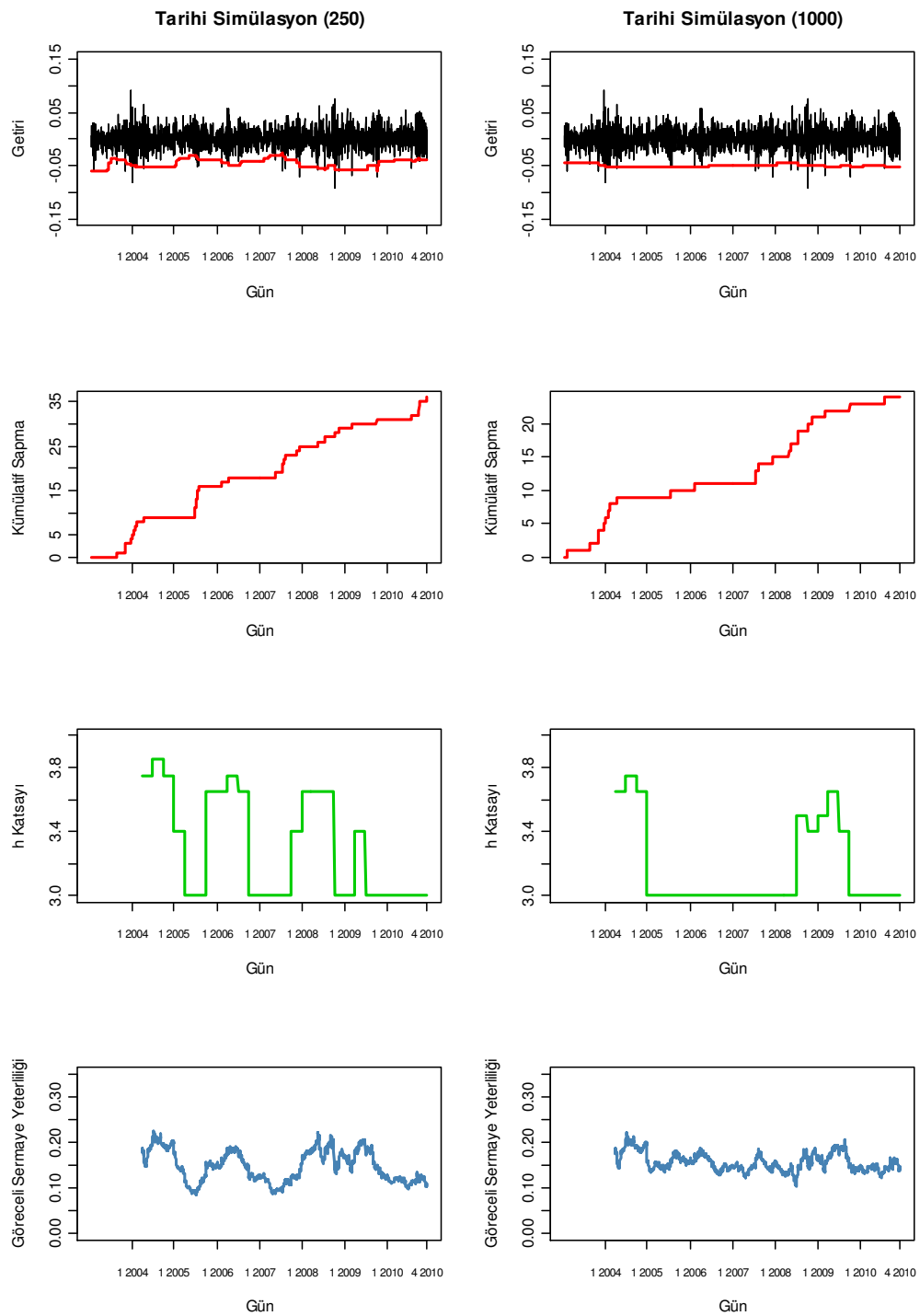
Şekil 30: Simülasyon 2 ($\nu=1.8$) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



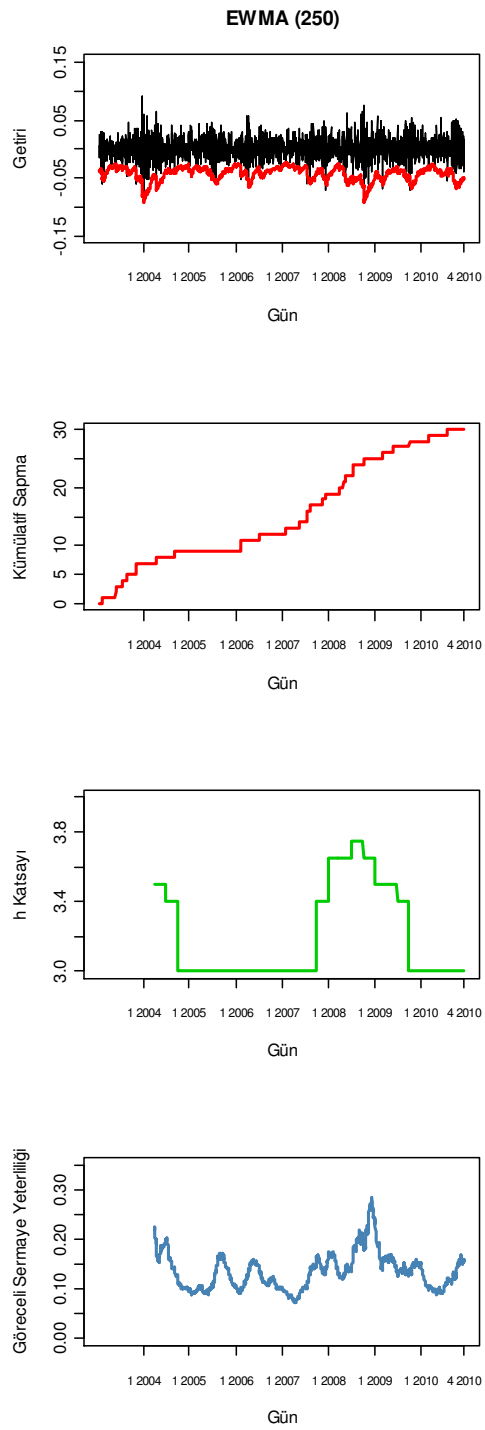
Şekil 31: Simülasyon 3 ($\nu=1.6$) için Tarihi Volatilite Sonuçları



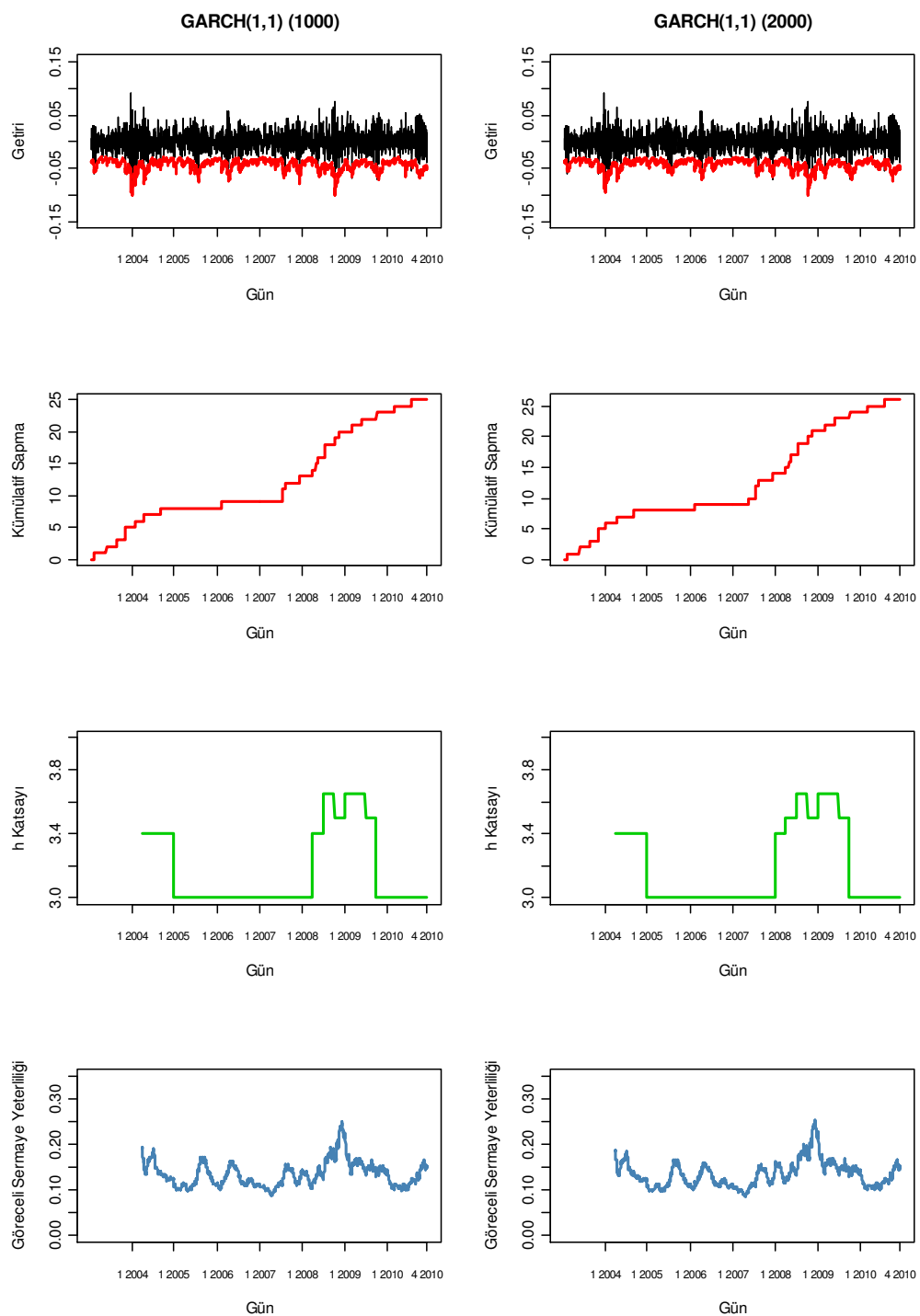
Şekil 32: Simülasyon 3 ($\nu=1.6$) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



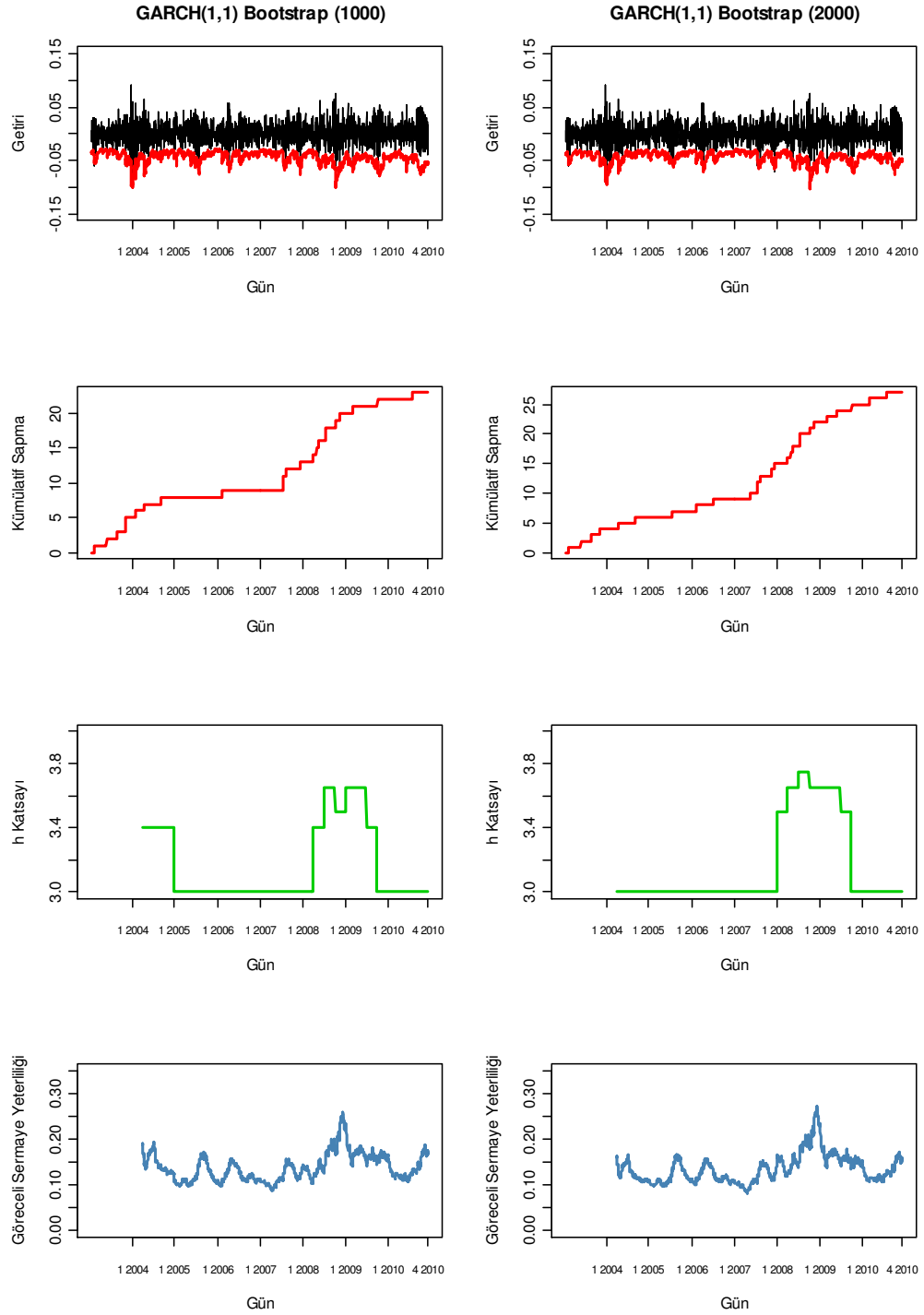
Şekil 33: Simülasyon 3 ($\nu=1.6$) için EWMA Sonuçları



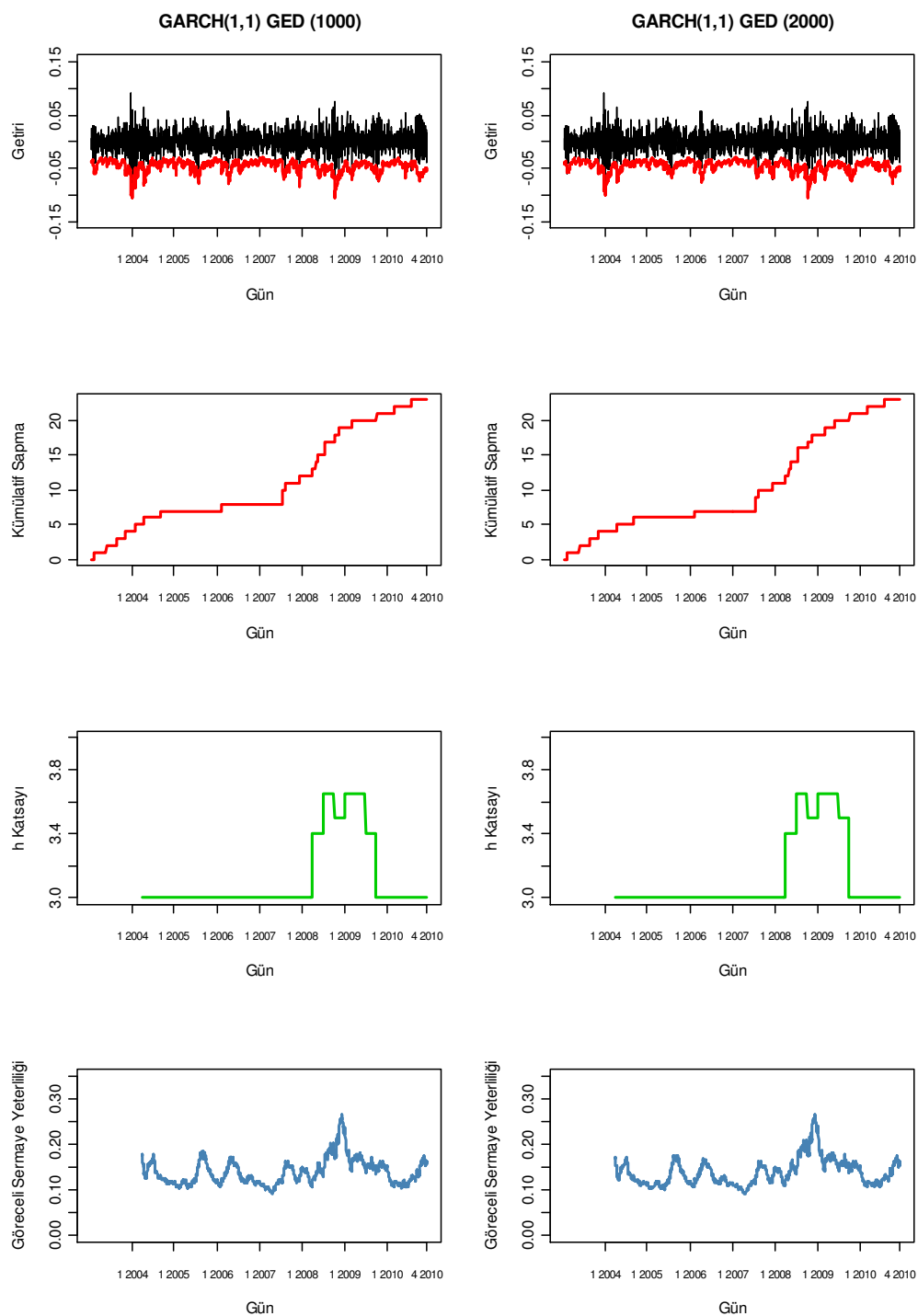
Şekil 34: Simülasyon 3 (nu=1.6) için GARCH(1,1) Sonuçları



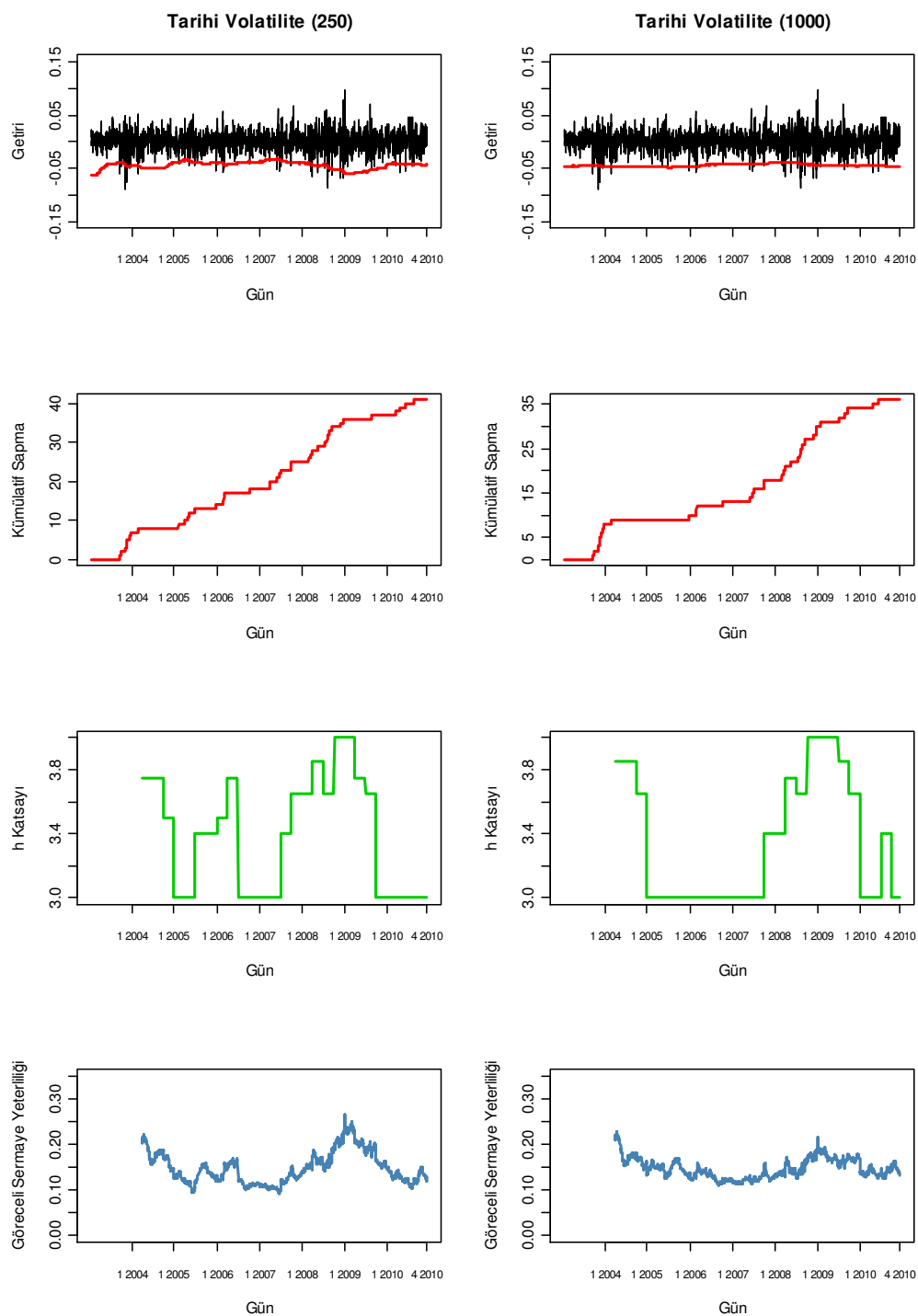
Şekil 35: Simülasyon 3 ($\nu=1.6$) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



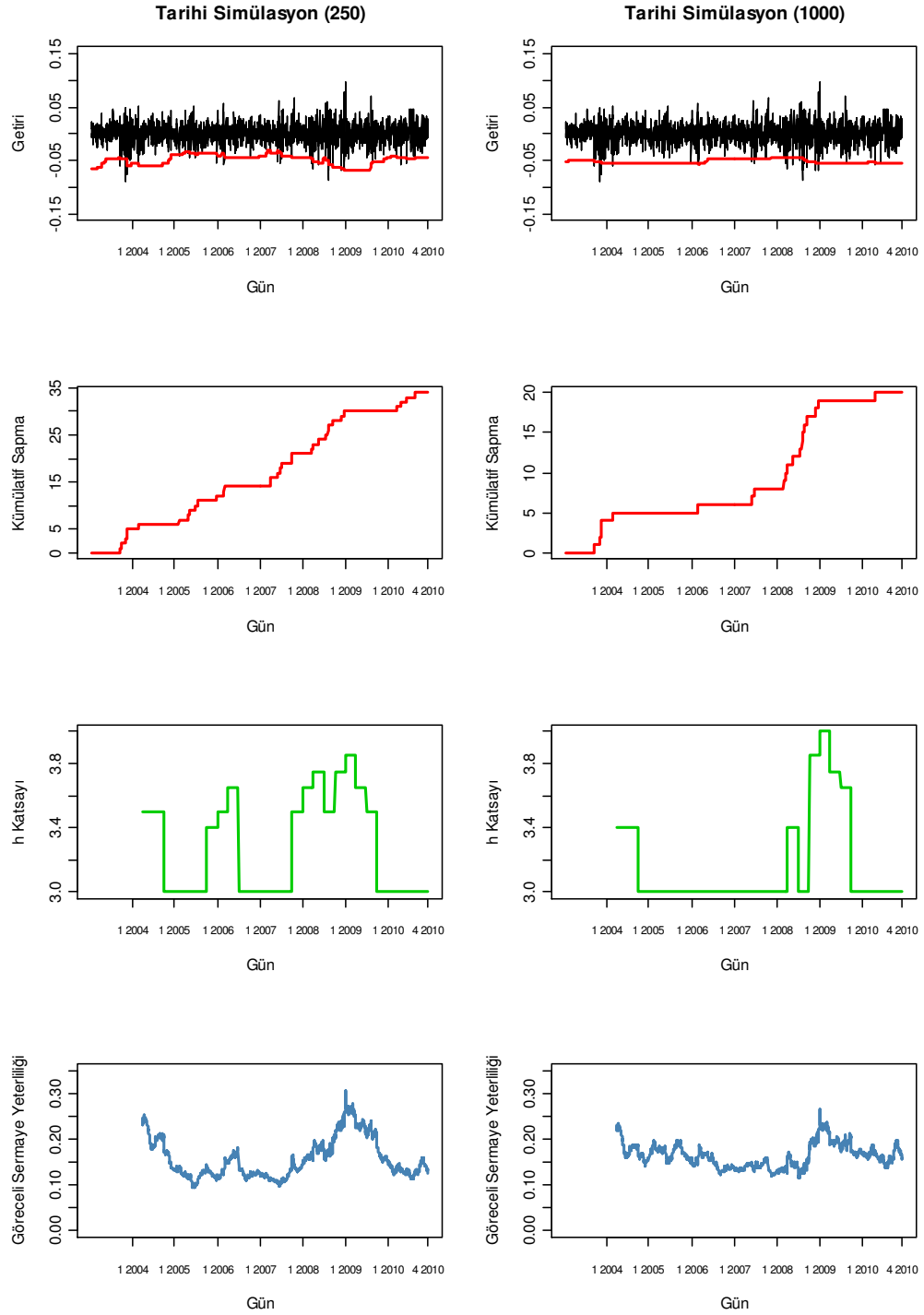
Şekil 36: Simülasyon 3 ($\nu=1.6$) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



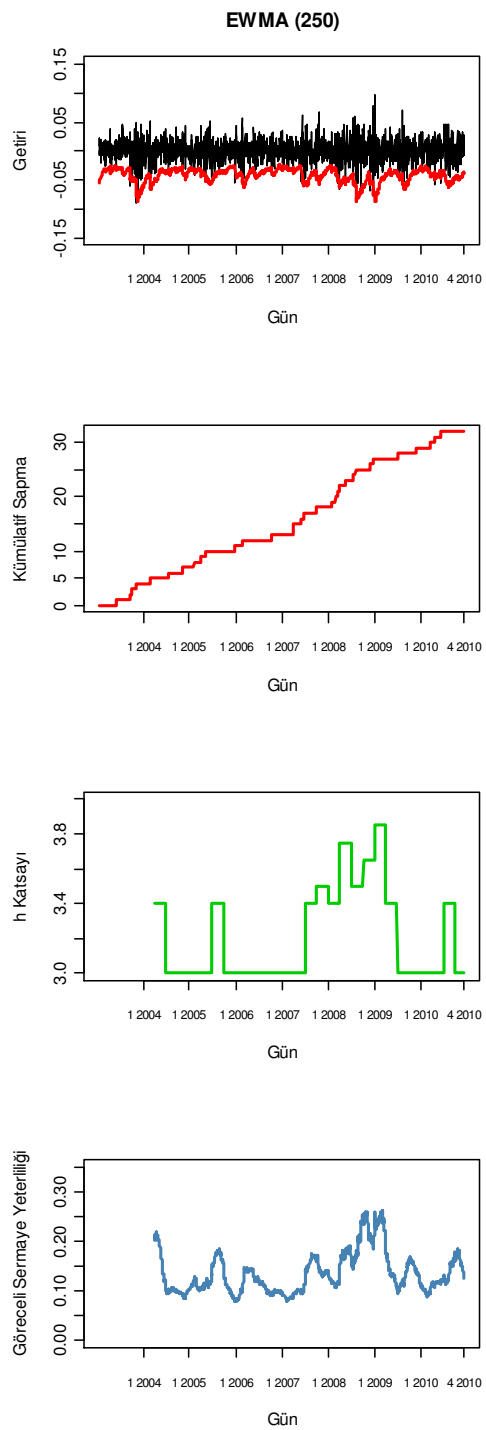
Şekil 37: Simülasyon 4 ($\nu=1.4$) için Tarihi Volatilite Sonuçları



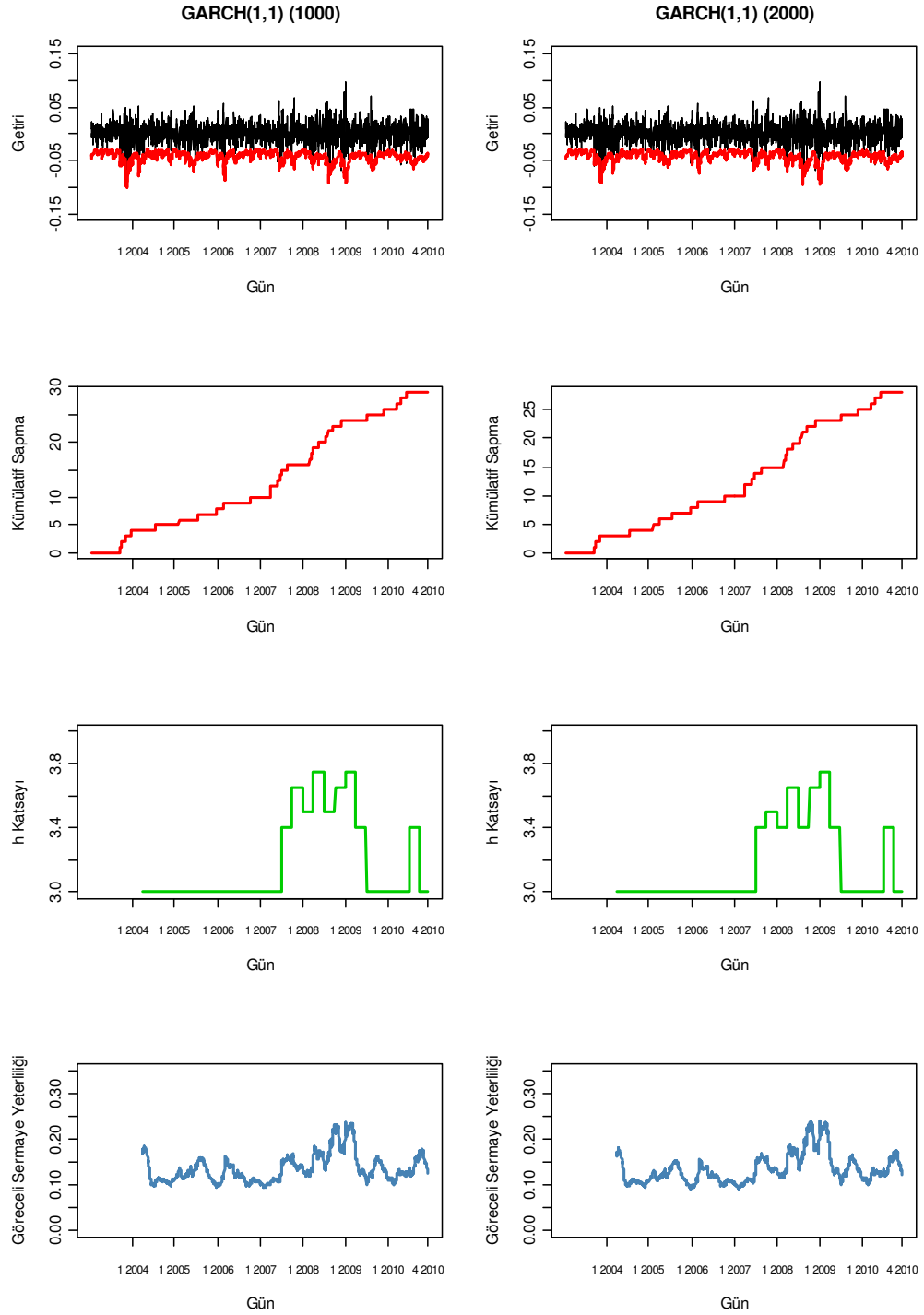
Şekil 38: Simülasyon 4 ($\nu=1.4$) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



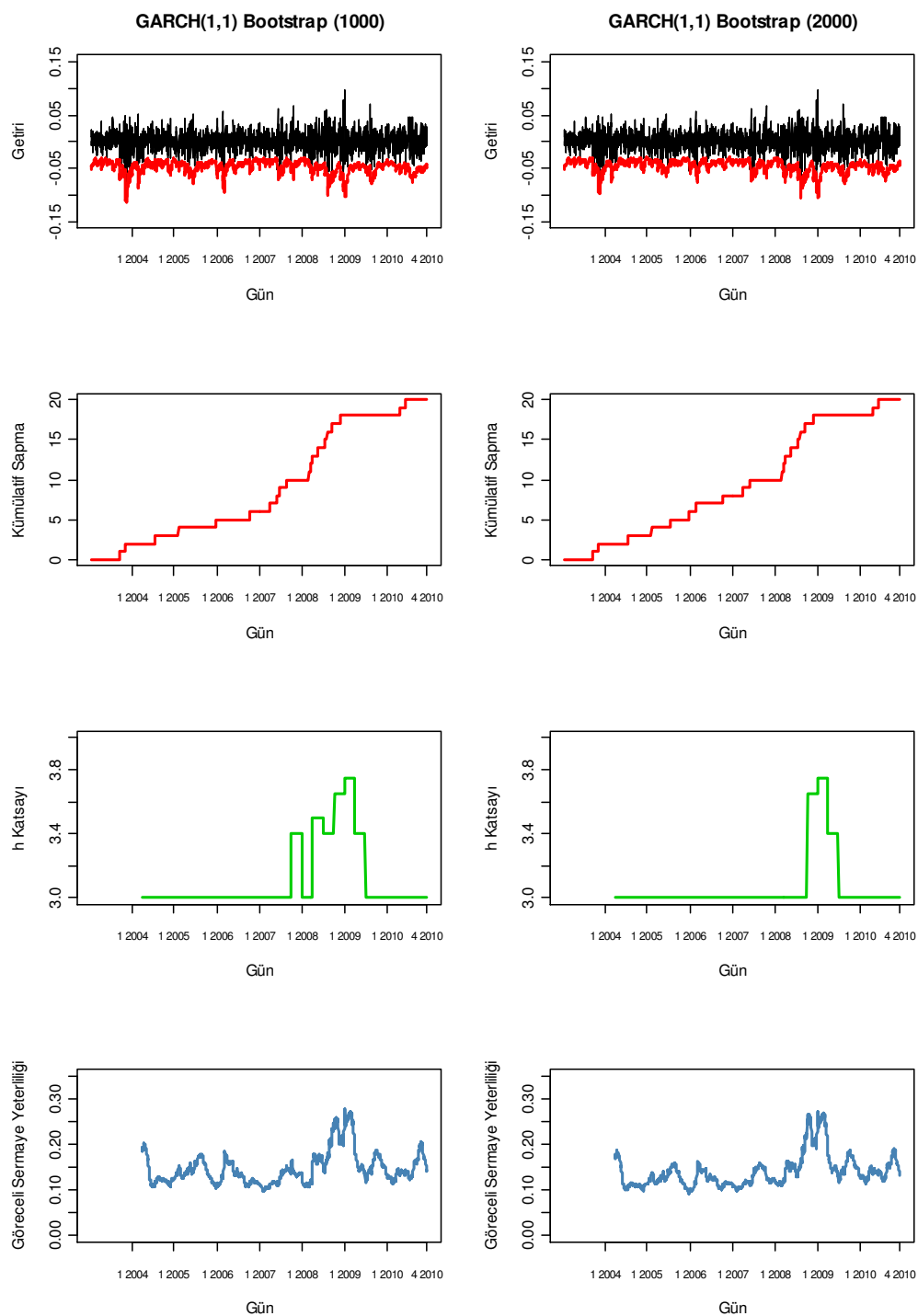
Şekil 39: Simülasyon 4 (nu=1.4) için EWMA Sonuçları



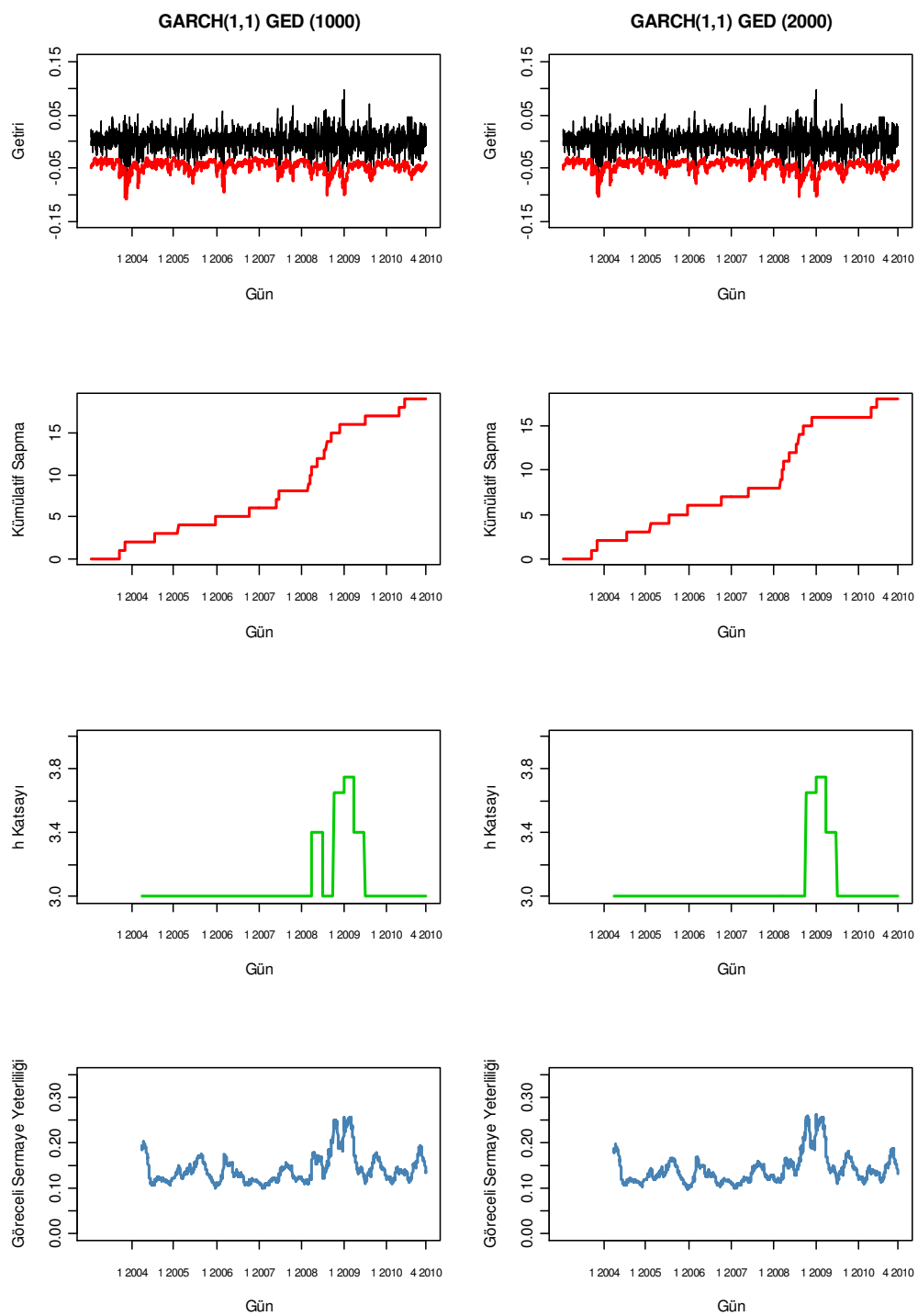
Şekil 40: Simülasyon 4 ($\nu=1.4$) için GARCH(1,1) Sonuçları



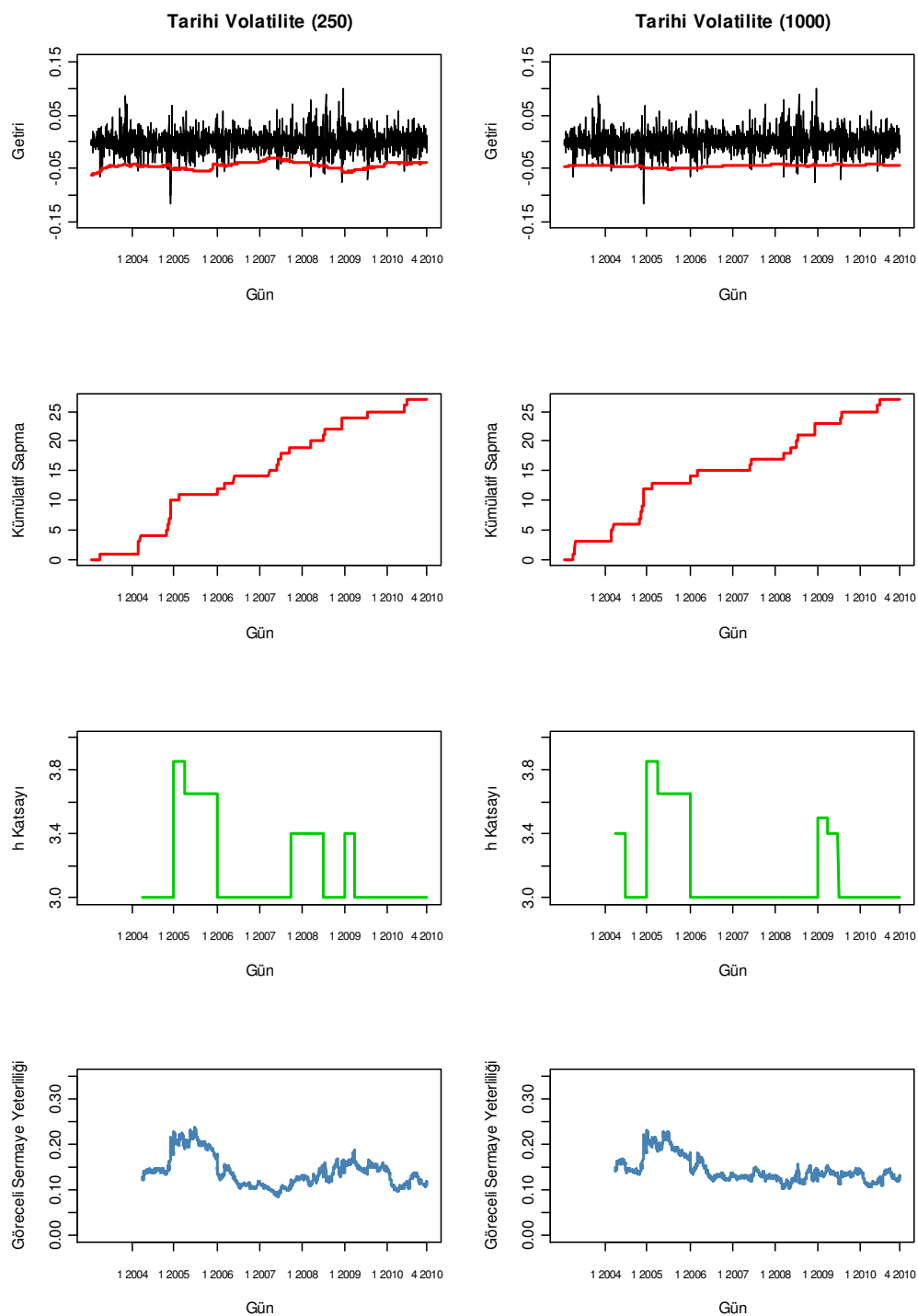
Şekil 41: Simülasyon 4 ($\nu=1.4$) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



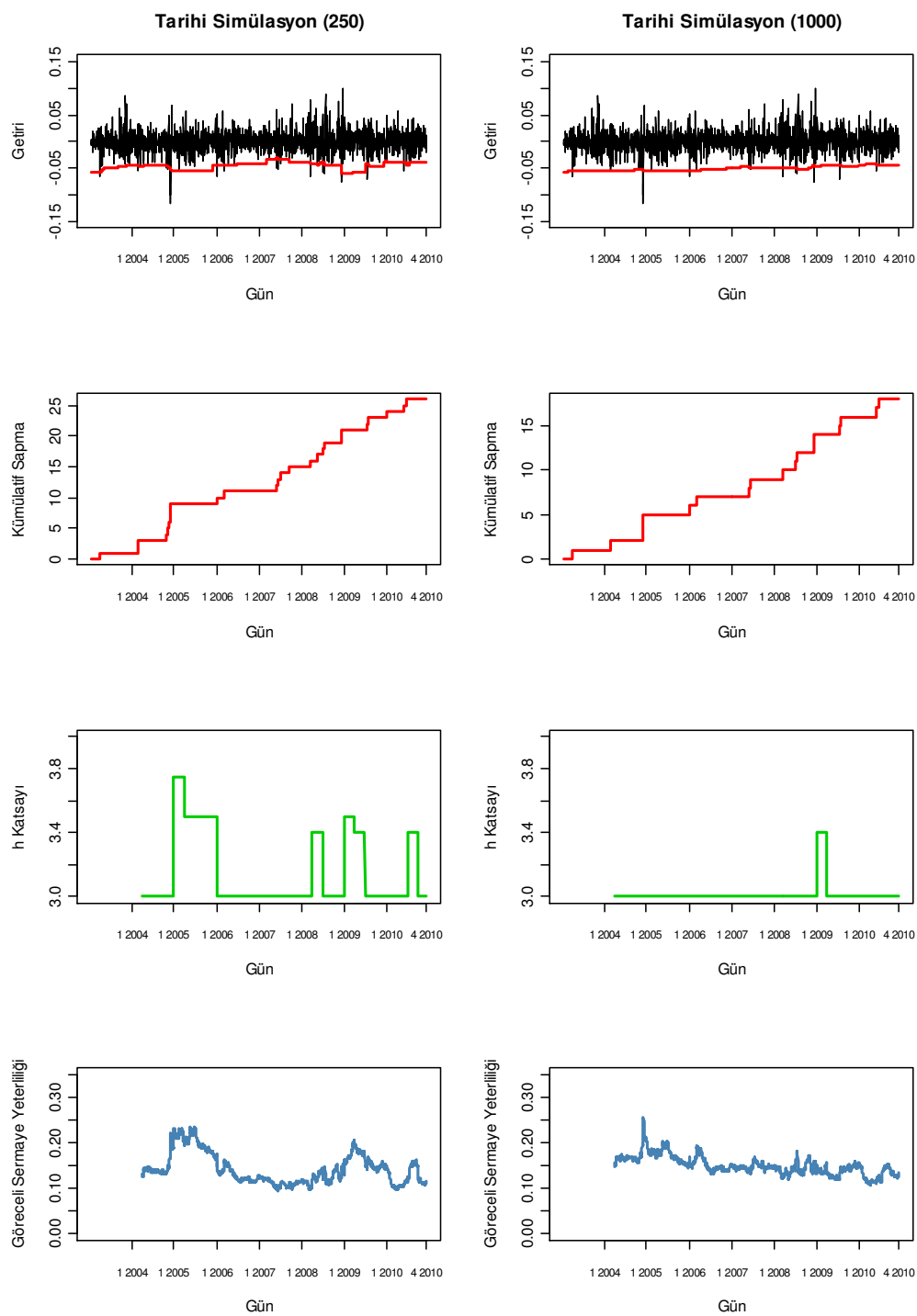
Şekil 42: Simülasyon 4 ($\nu=1.4$) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



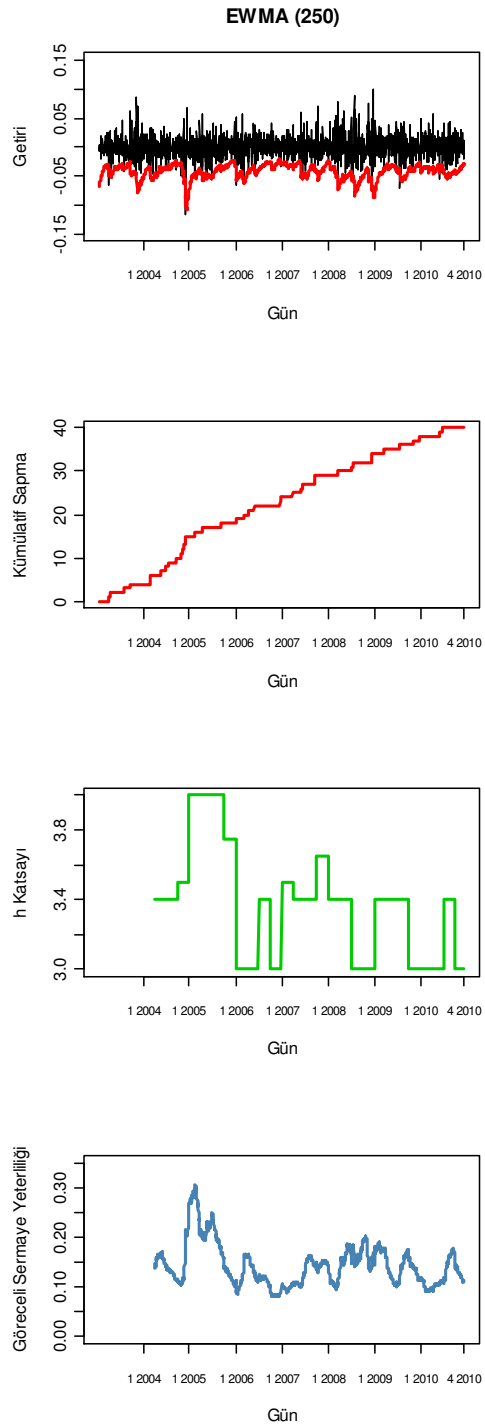
Şekil 43: Simülasyon 5 (nu=1.2) için Tarihi Volatilite Sonuçları



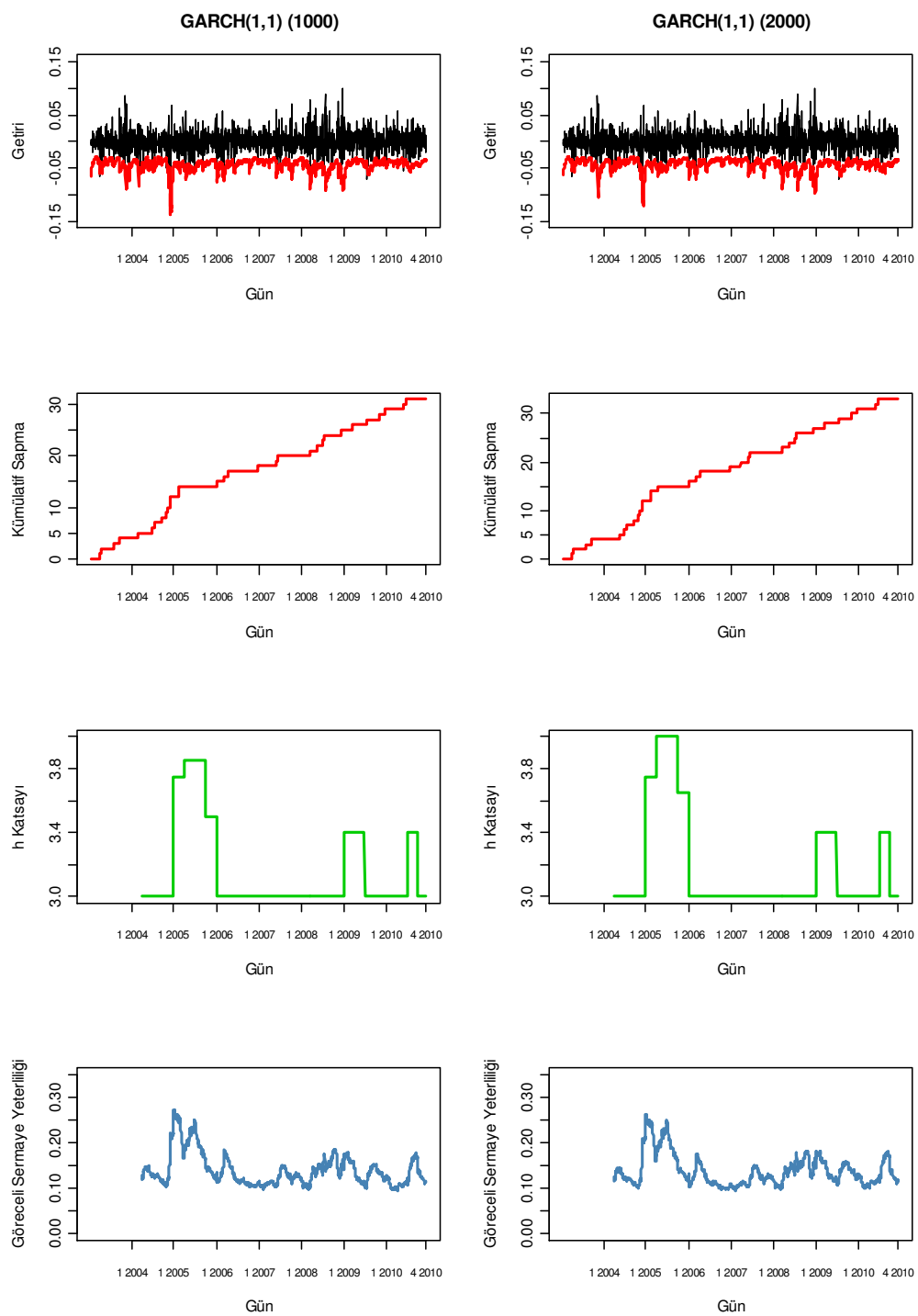
Şekil 44: Simülasyon 5 ($\nu=1.2$) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



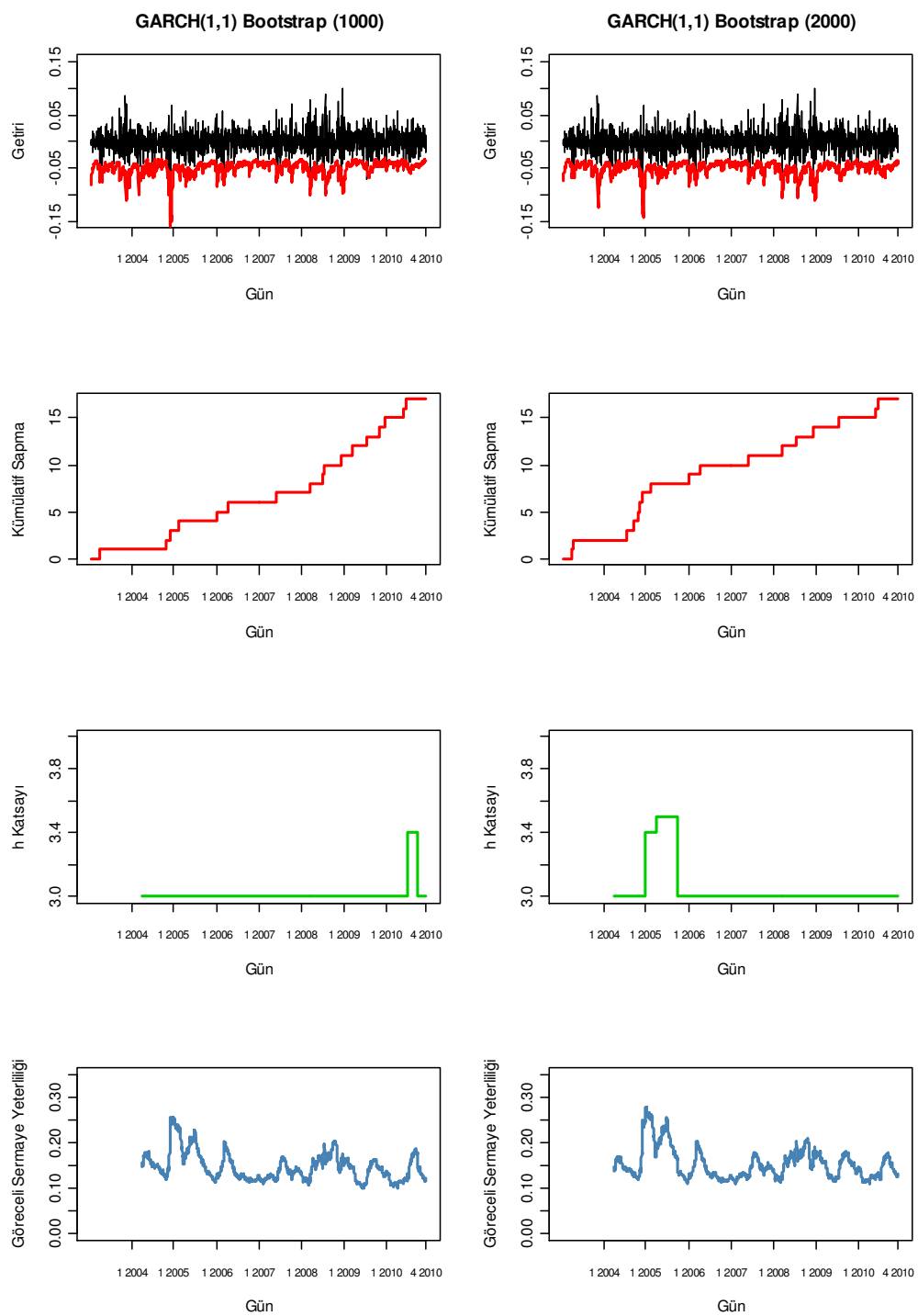
Şekil 45: Simülasyon 5 (nu=1.2) için EWMA Sonuçları



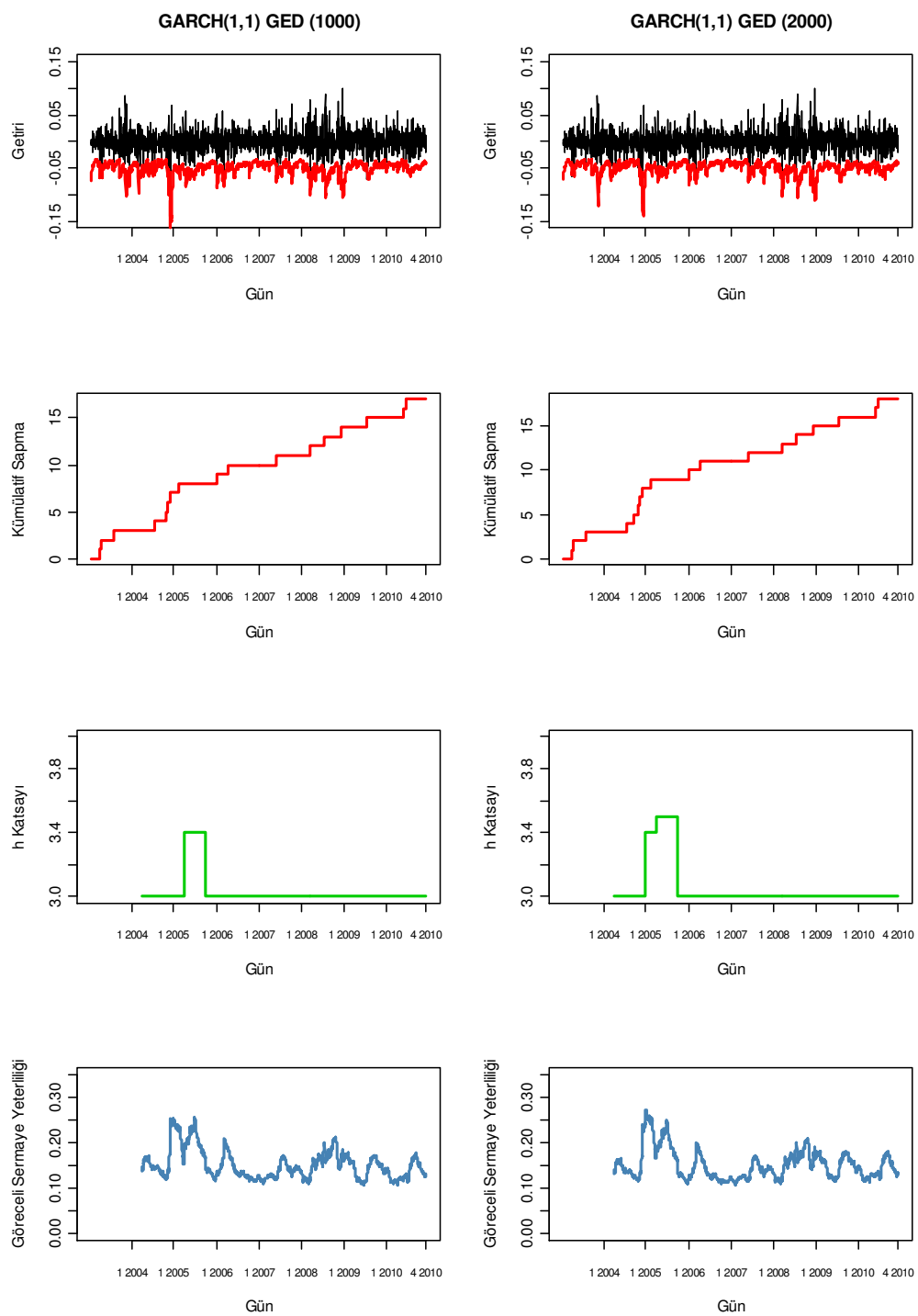
Şekil 46: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1) Sonuçları



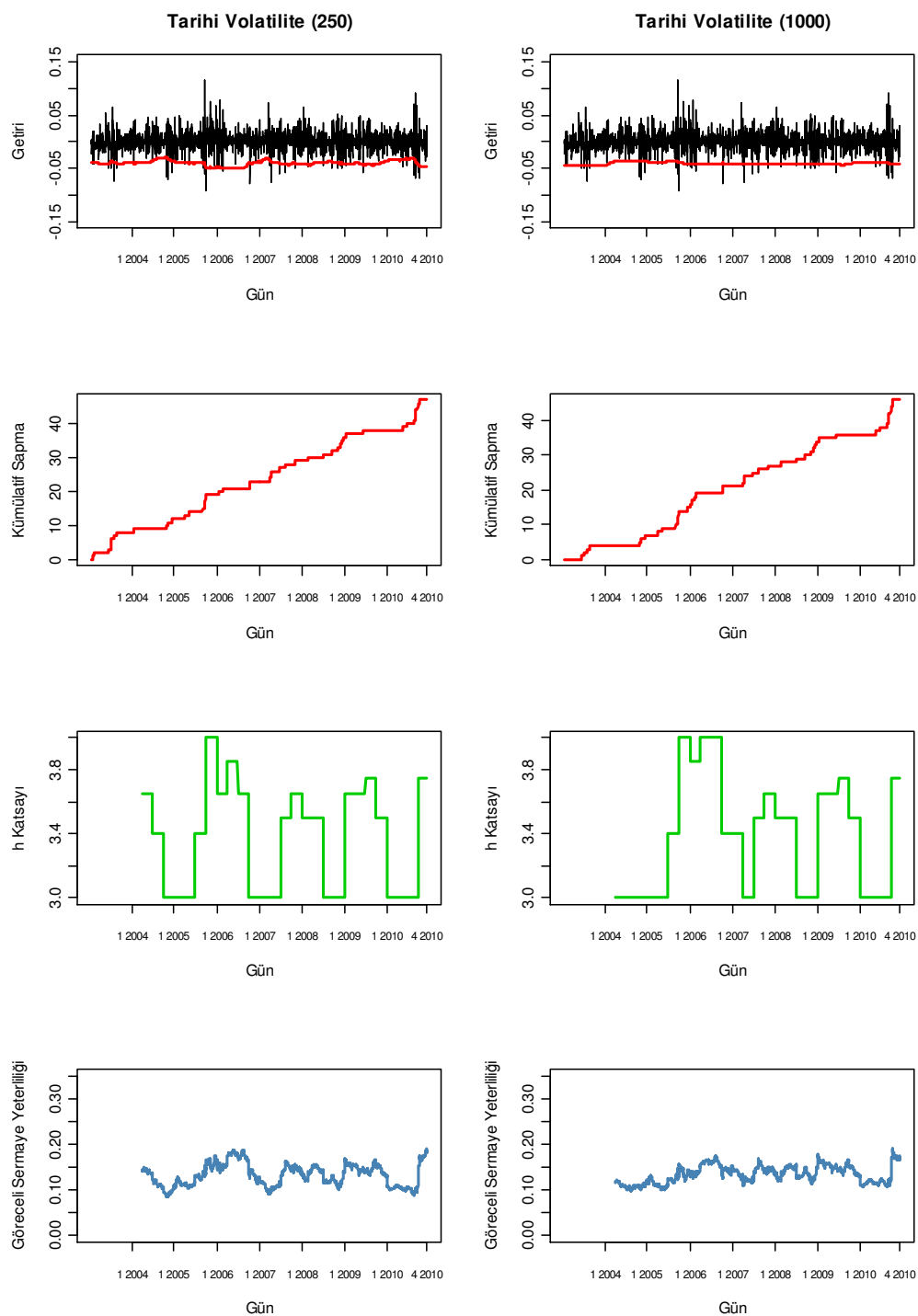
Şekil 47: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



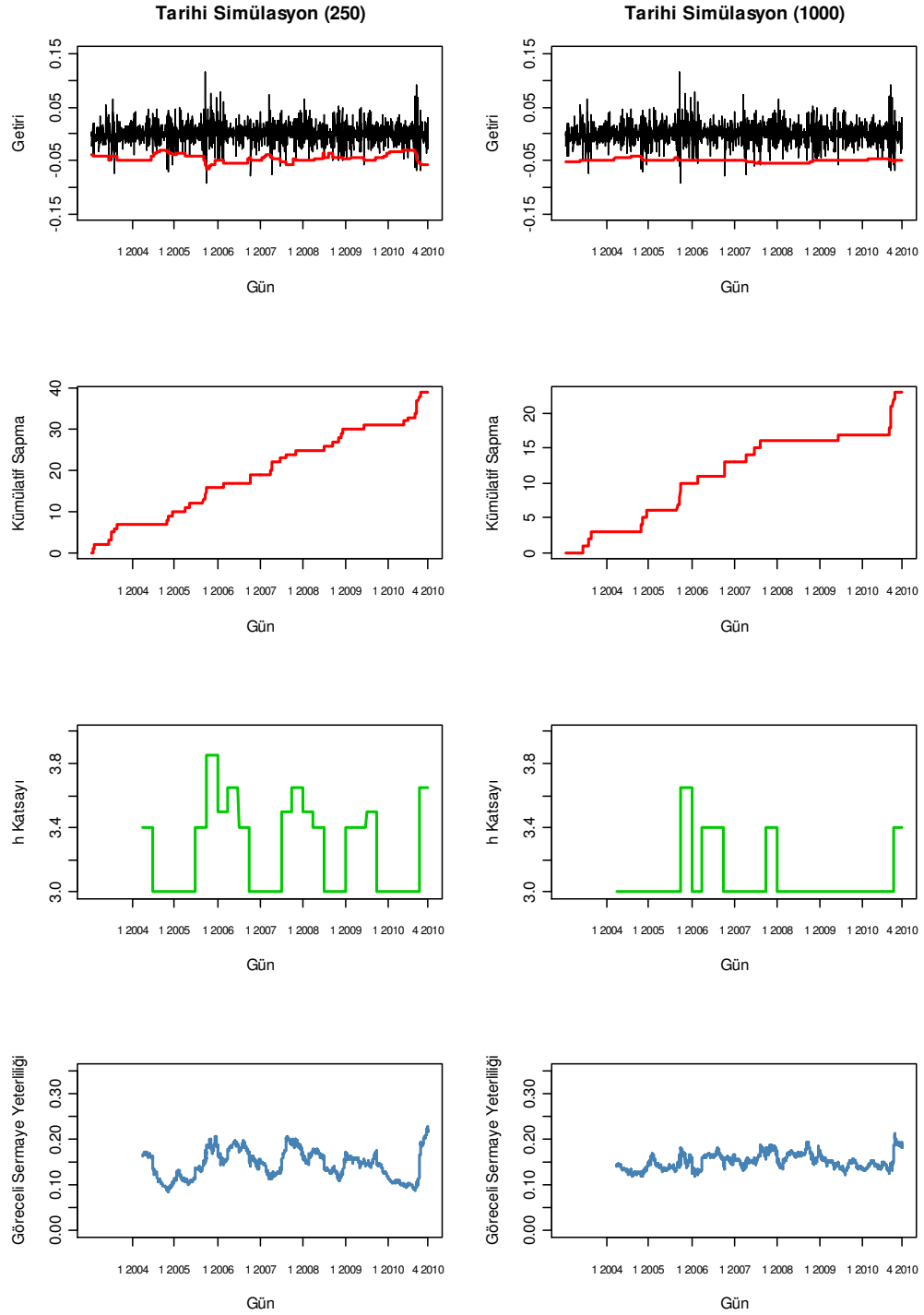
Şekil 48: Simülasyon 5 (nu=1.2) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



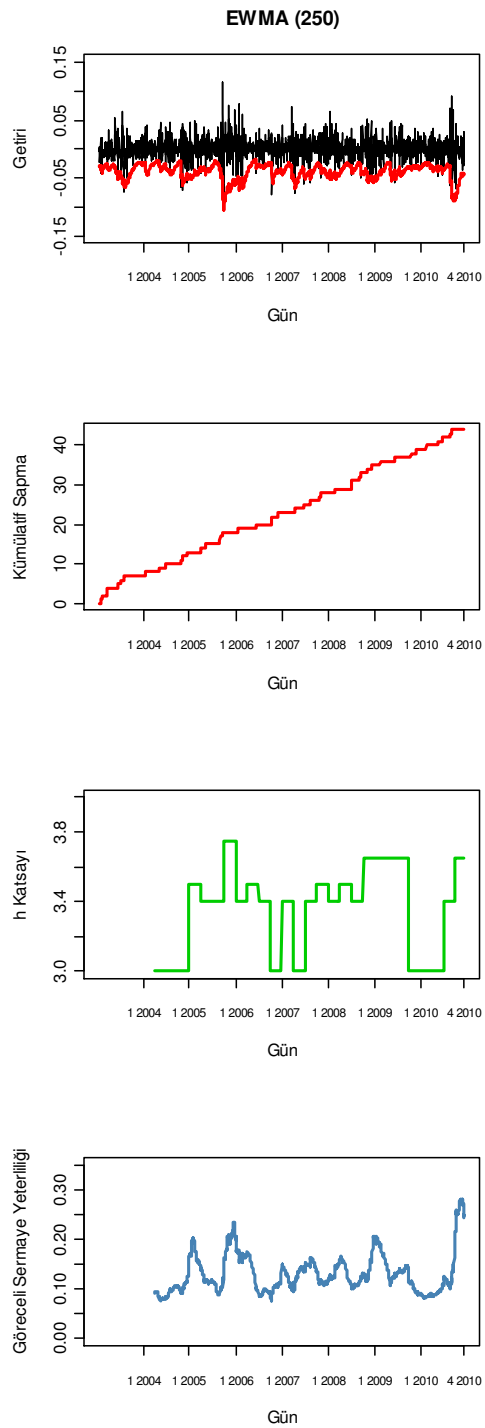
Şekil 49: Simülasyon 6 (nu=1) için Tarihi Volatilite Sonuçları



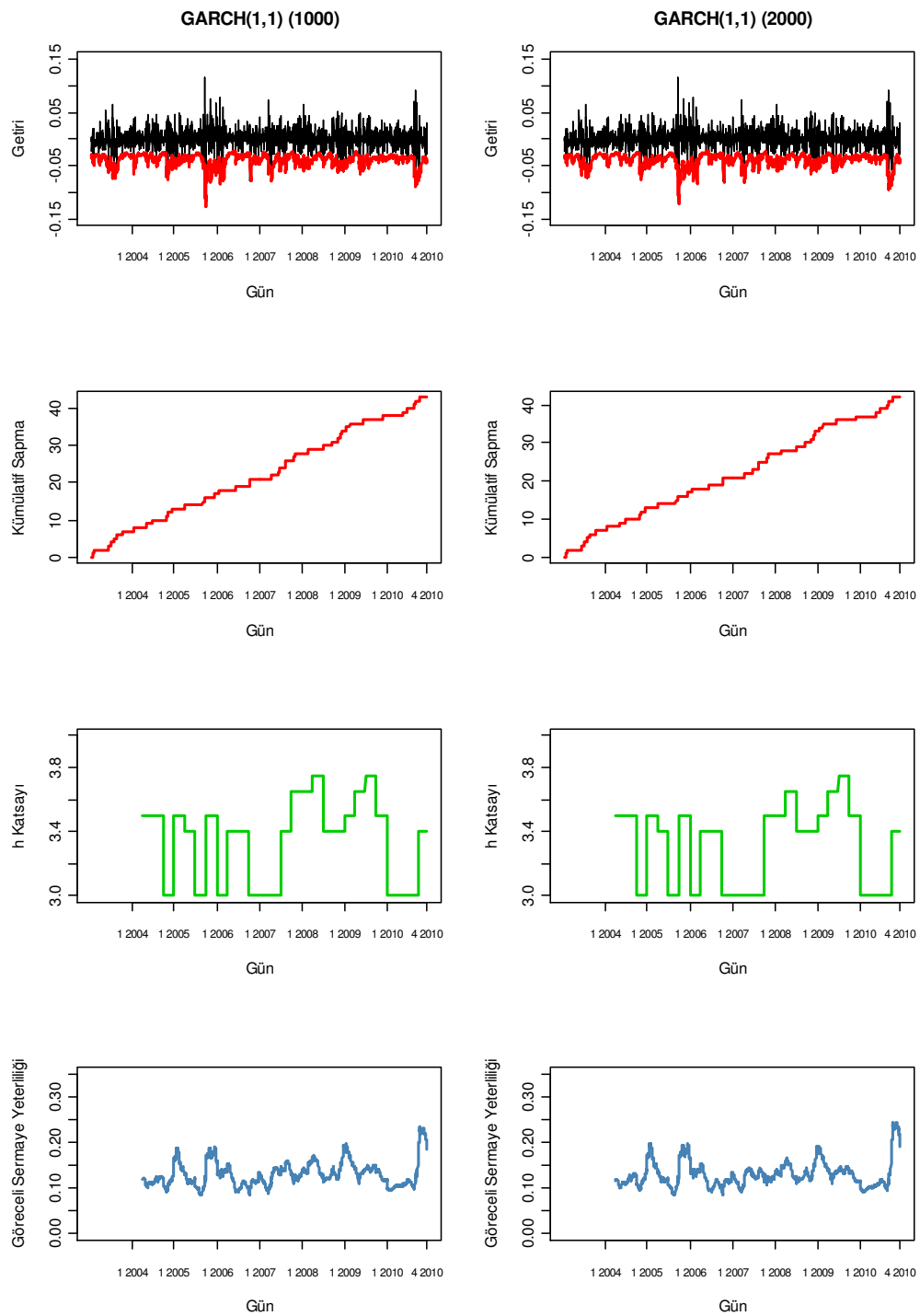
Şekil 50: Simülasyon 6 (nu=1) için Tarihi Simülasyon Sonuçları



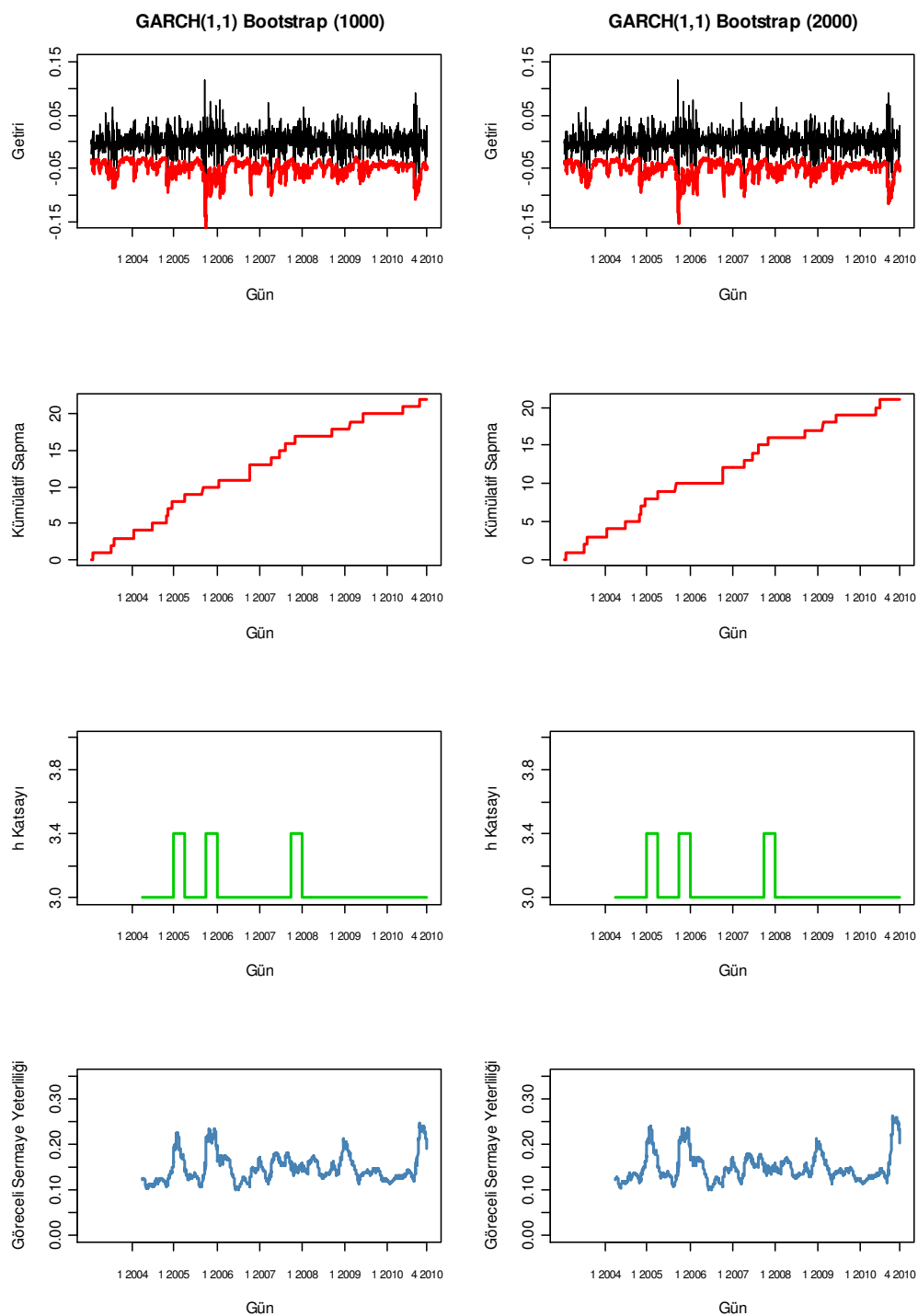
Şekil 51: Simülasyon 6 (nu=1) için EWMA Sonuçları



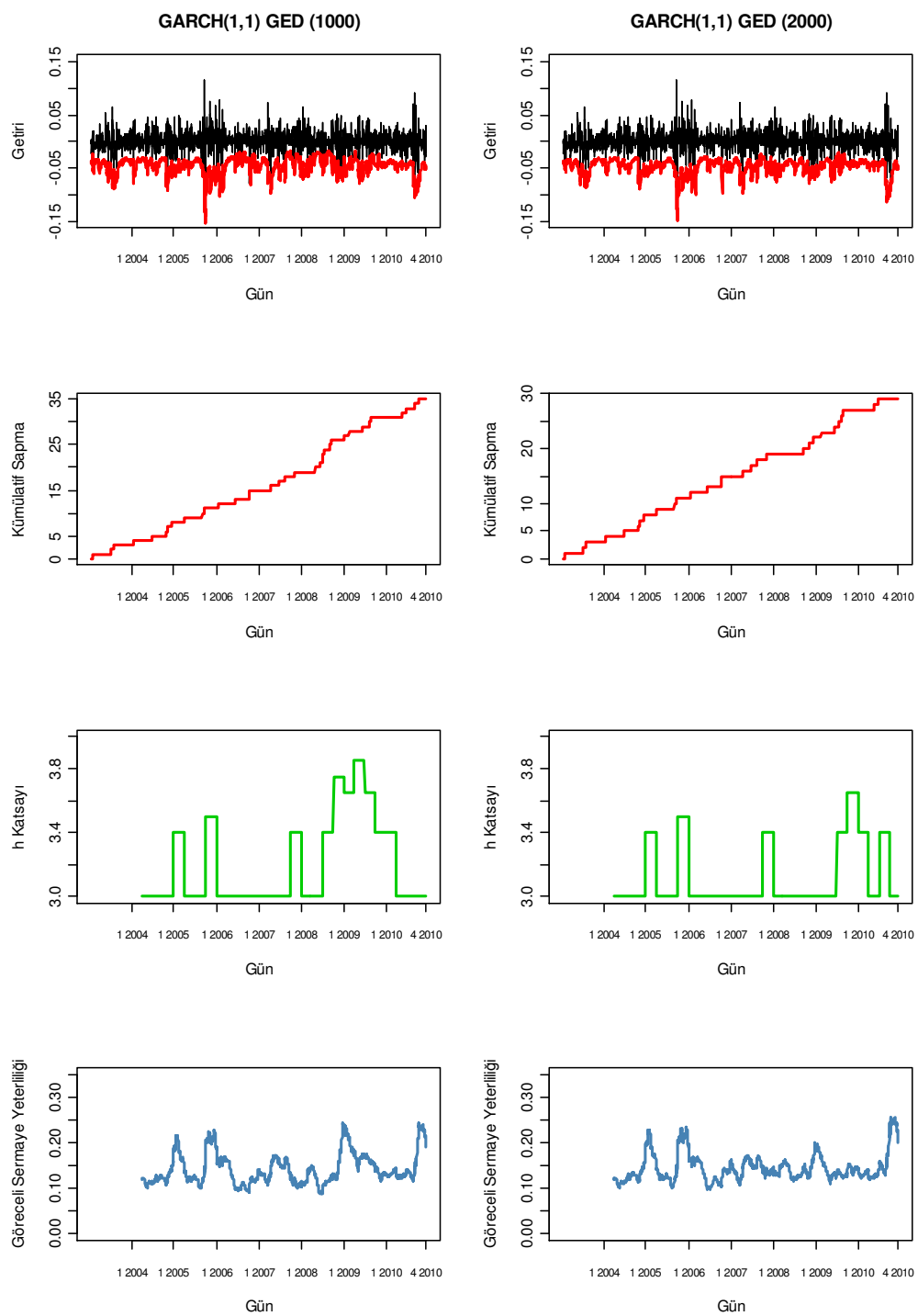
Şekil 52: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1) Sonuçları



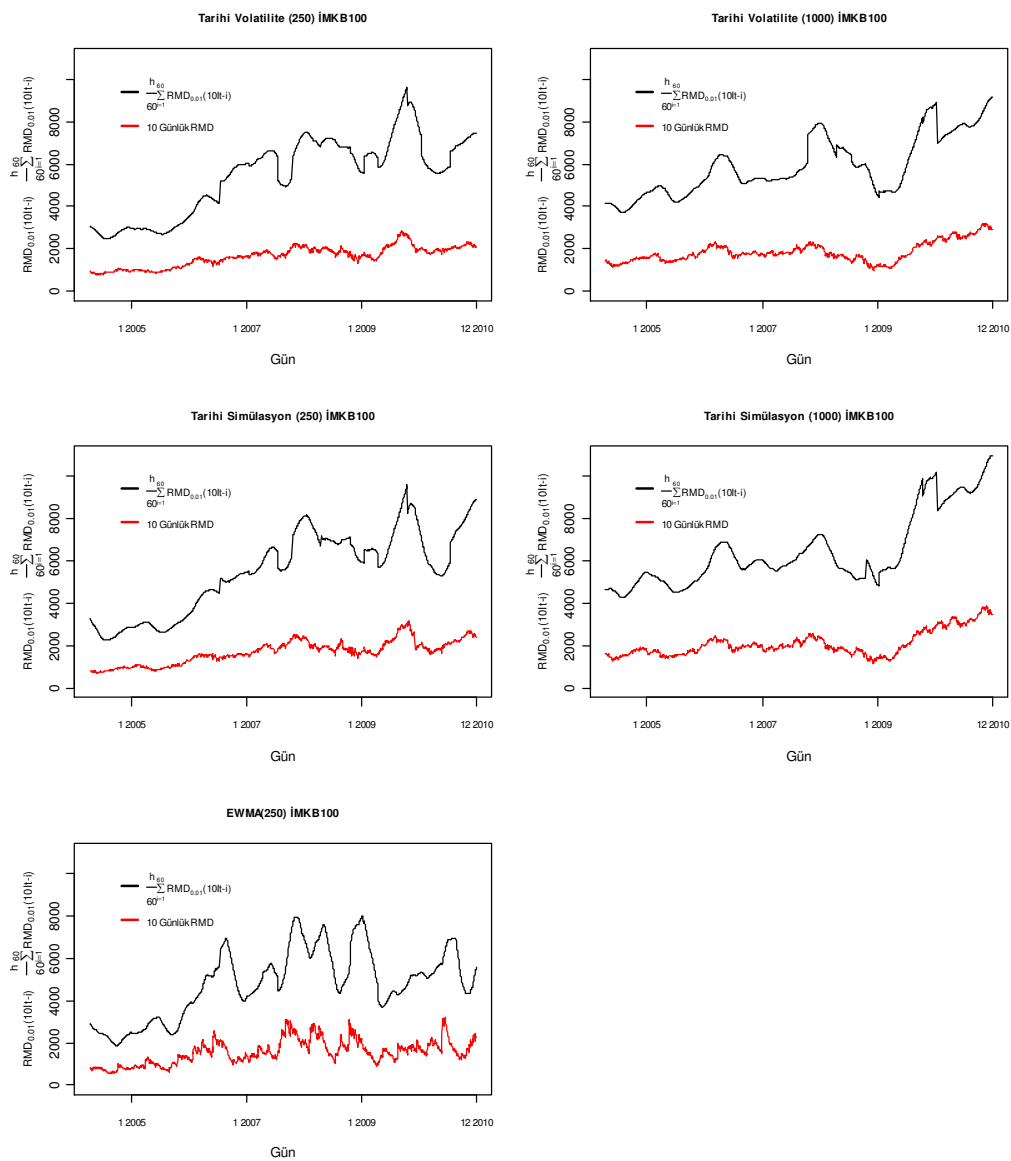
Şekil 53: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1)-Bootstrap Sonuçları



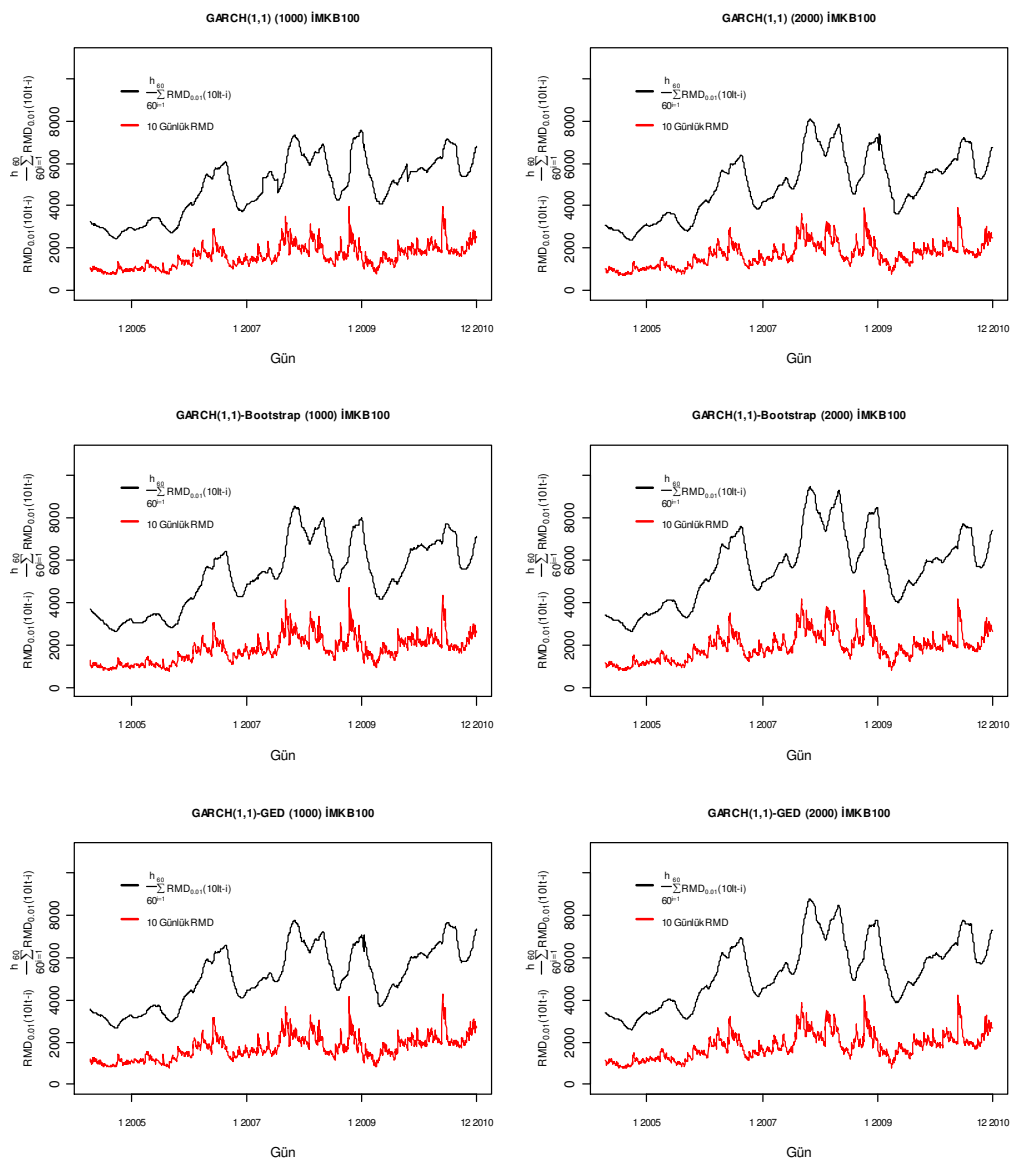
Şekil 54: Simülasyon 6 (nu=1) için GARCH(1,1)-GED Sonuçları



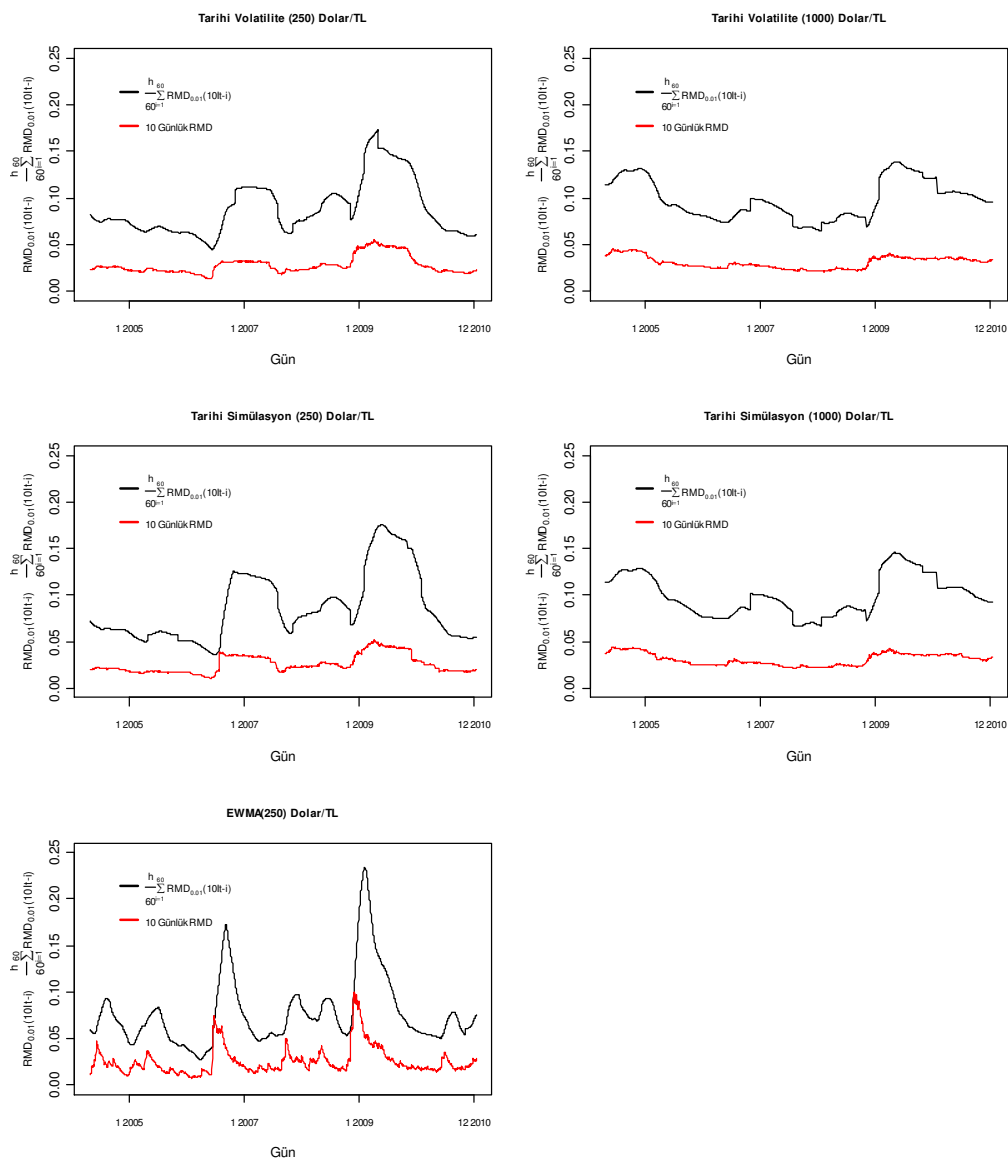
Şekil 55: İMKB100 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i)\right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (1)



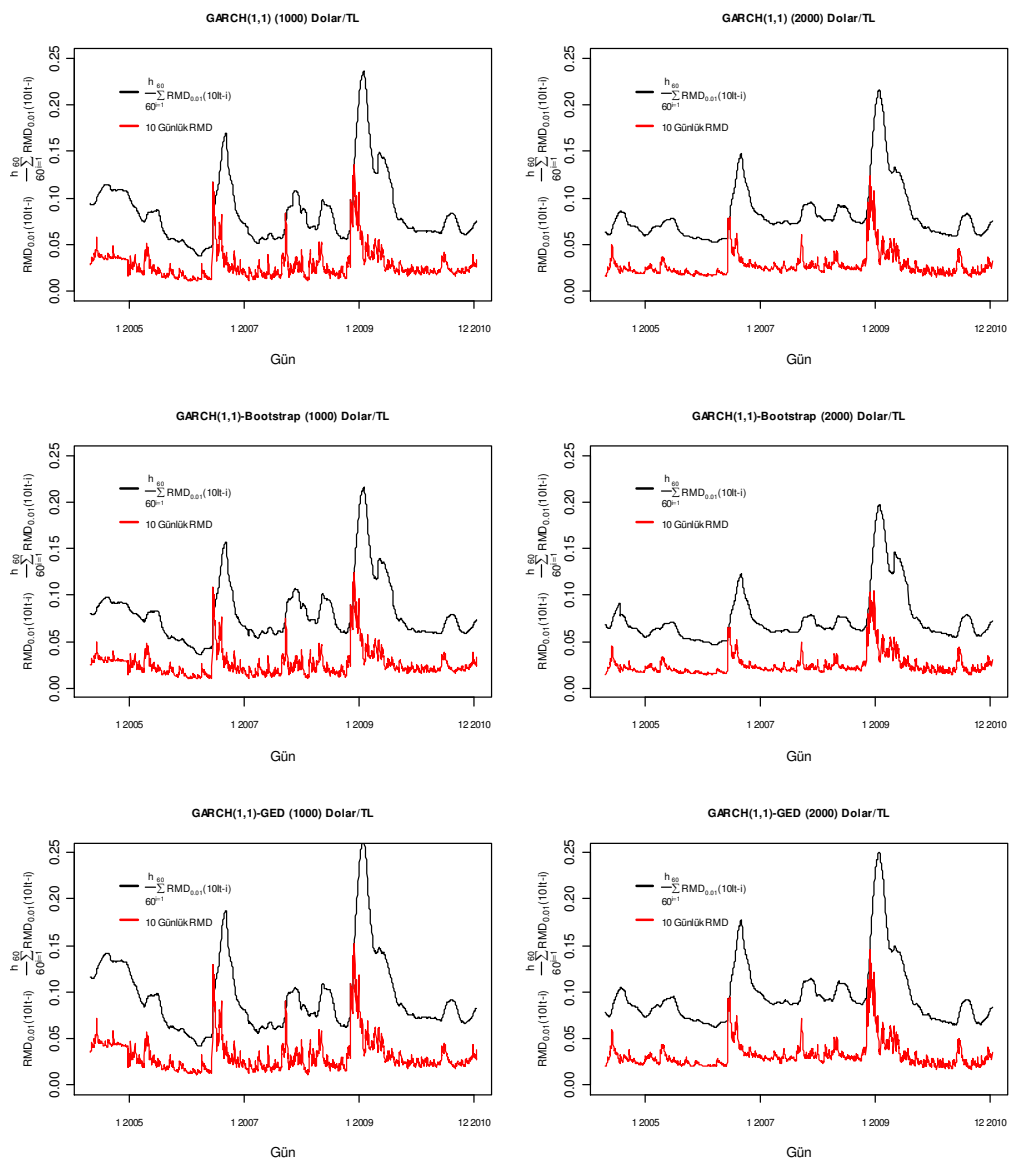
Şekil 56: İMKB100 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0.01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (2)



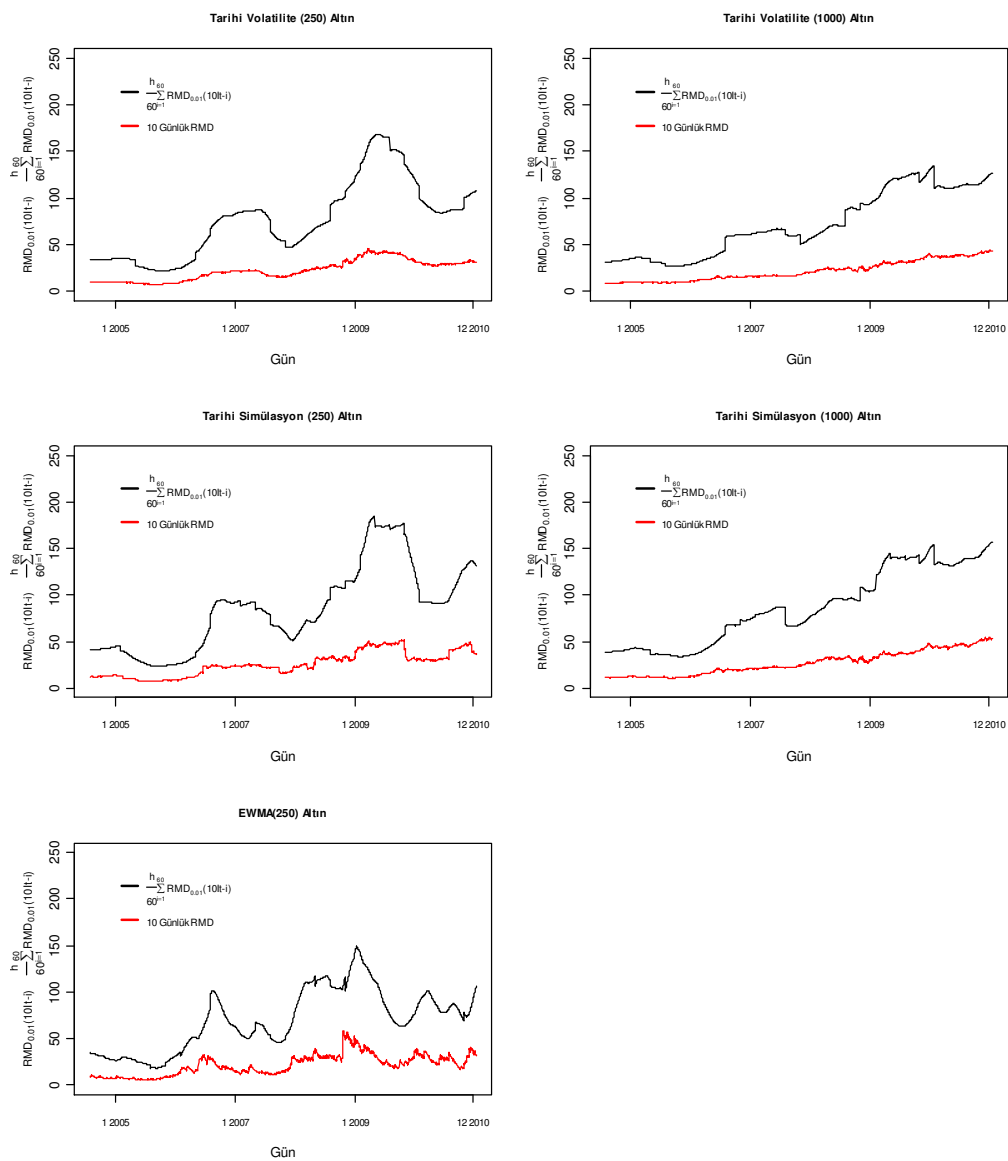
Şekil 57: Dolar/TL $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i)\right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (1)



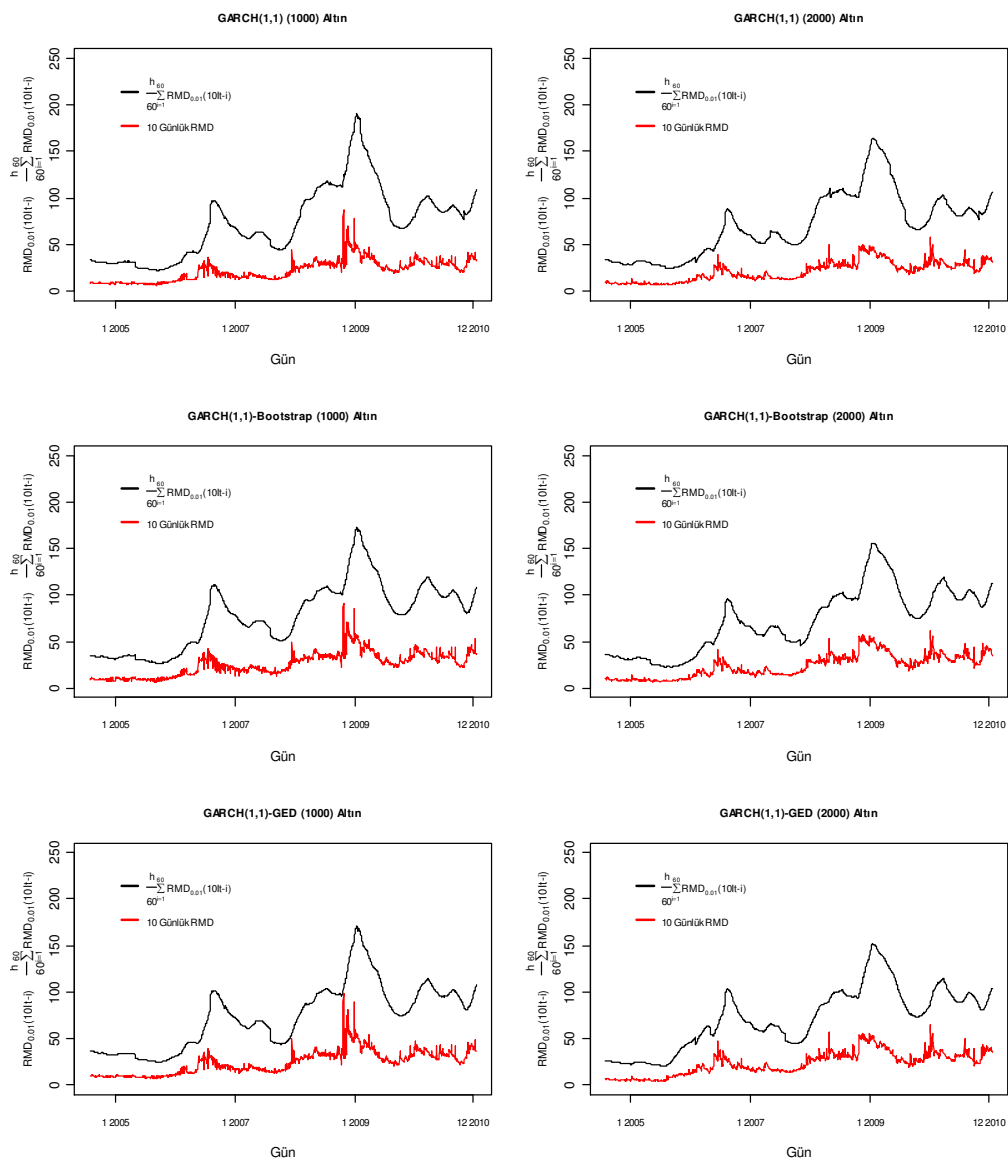
Şekil 58: Dolar/TL $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i)\right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (2)



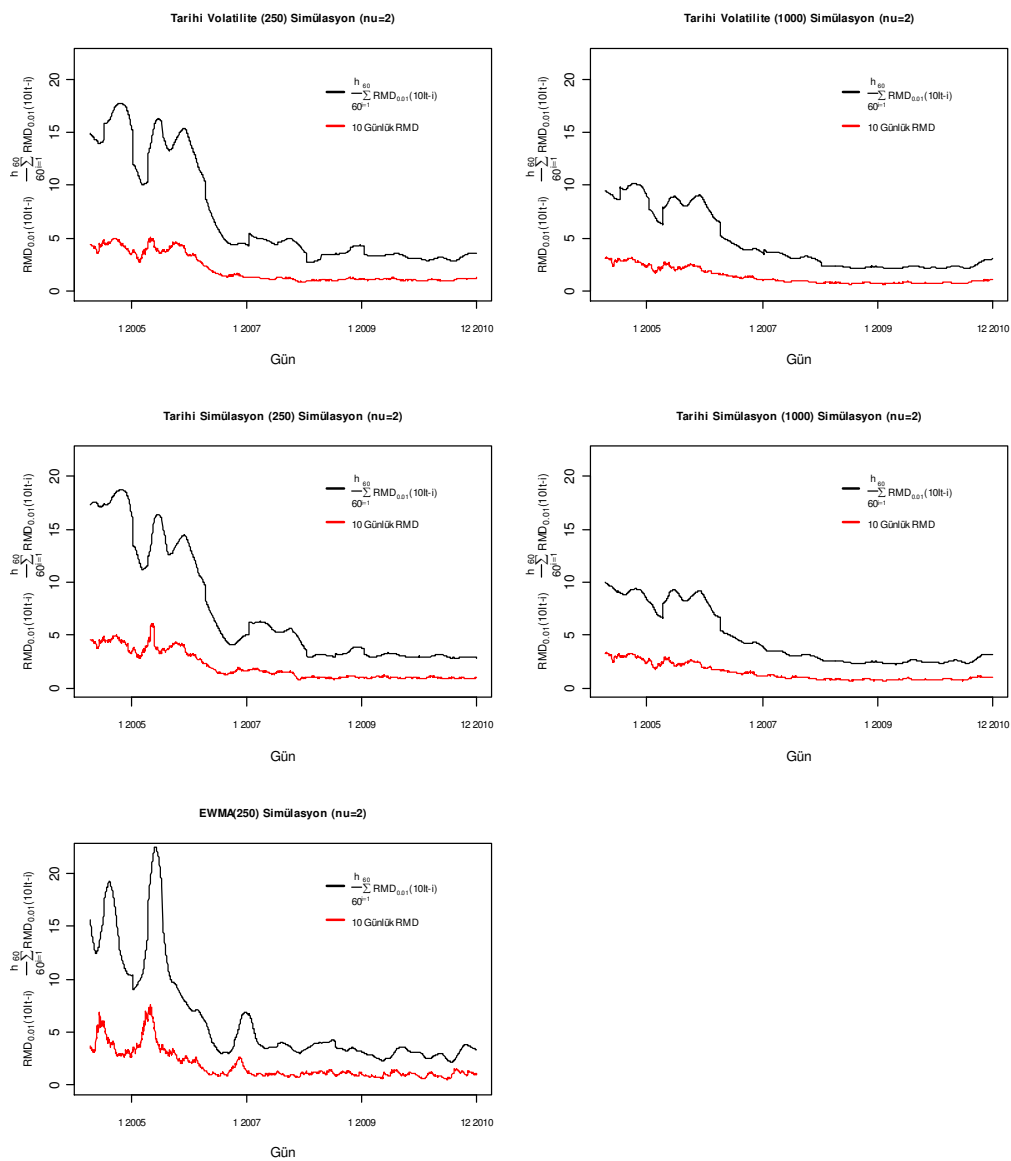
Şekil 59: Altın $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10|t-i}) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10|t})$ karşılaştırması (1)



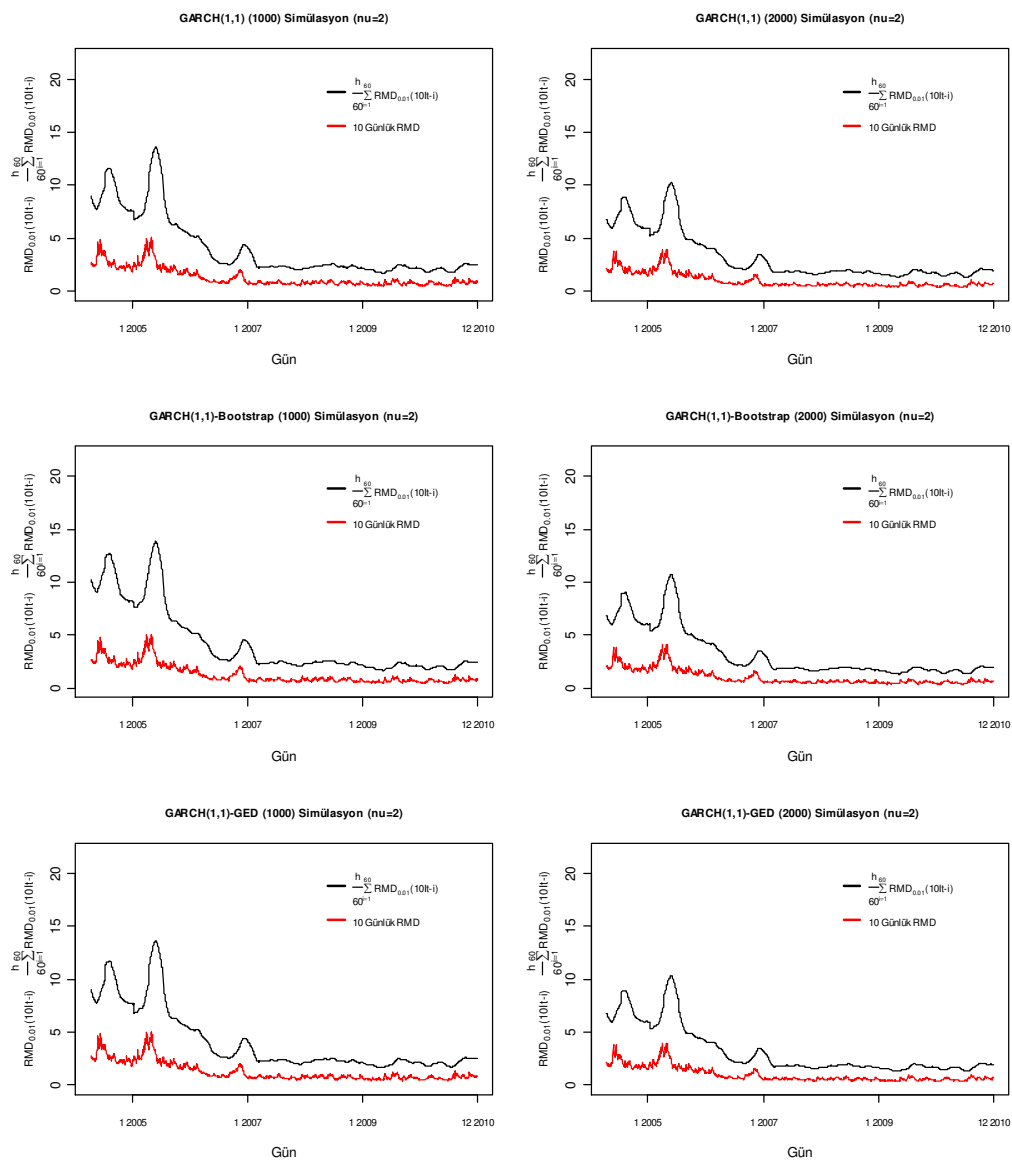
Şekil 60: Altın $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (2)



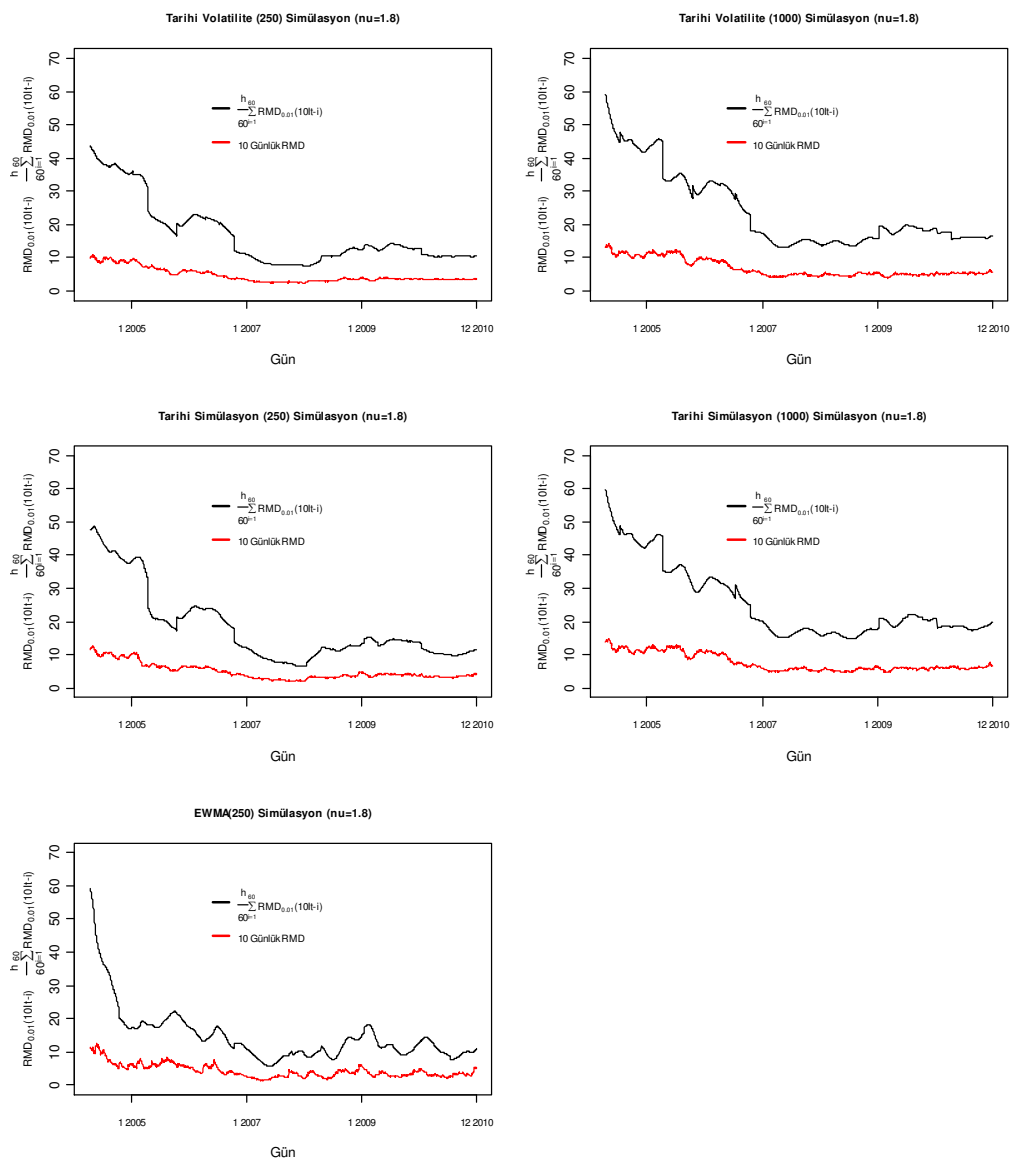
Şekil 61: Sim1 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (1)



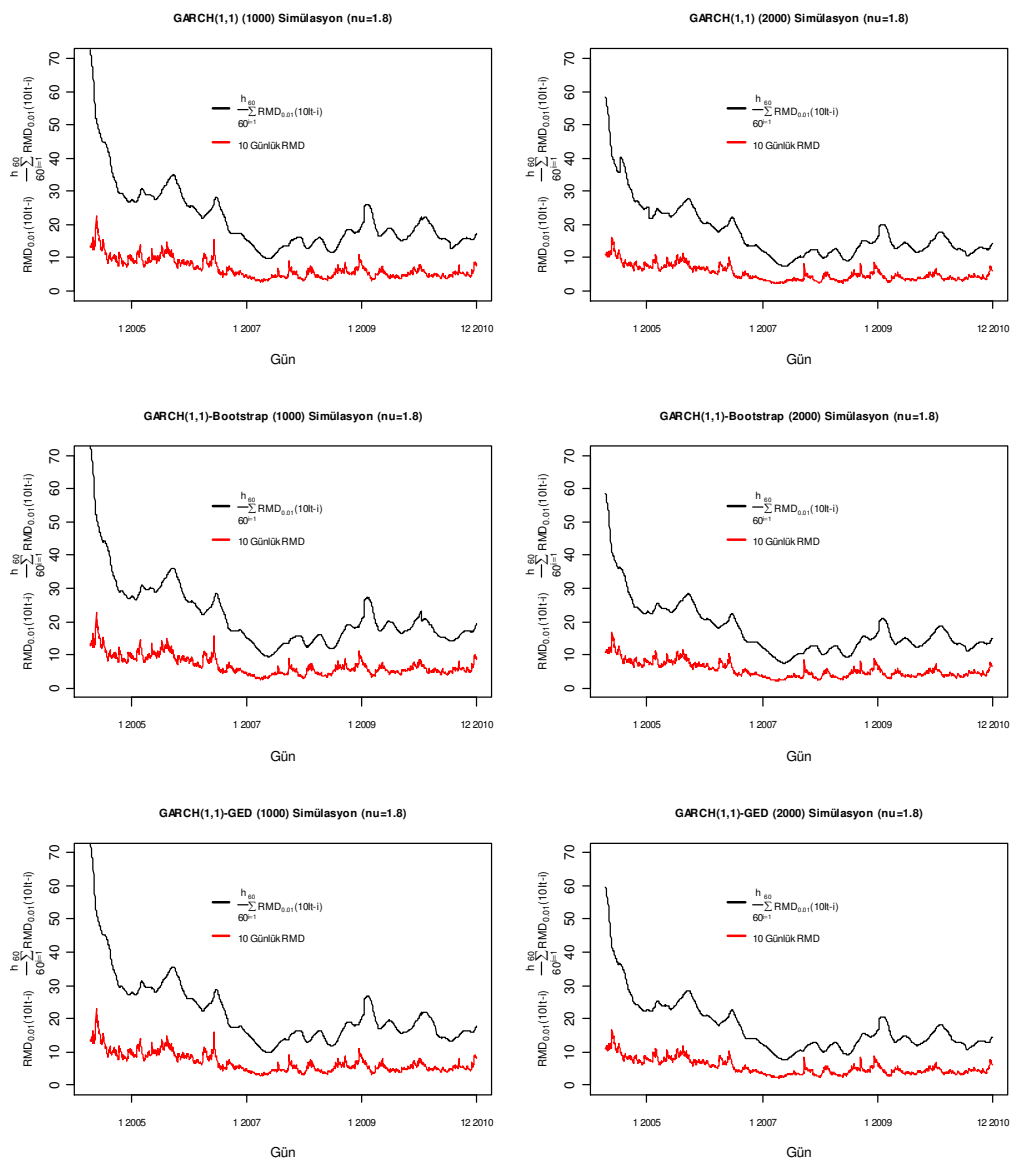
Şekil 62: Sim1 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(\mathbf{10}|t)$ karşılaştırması (2)



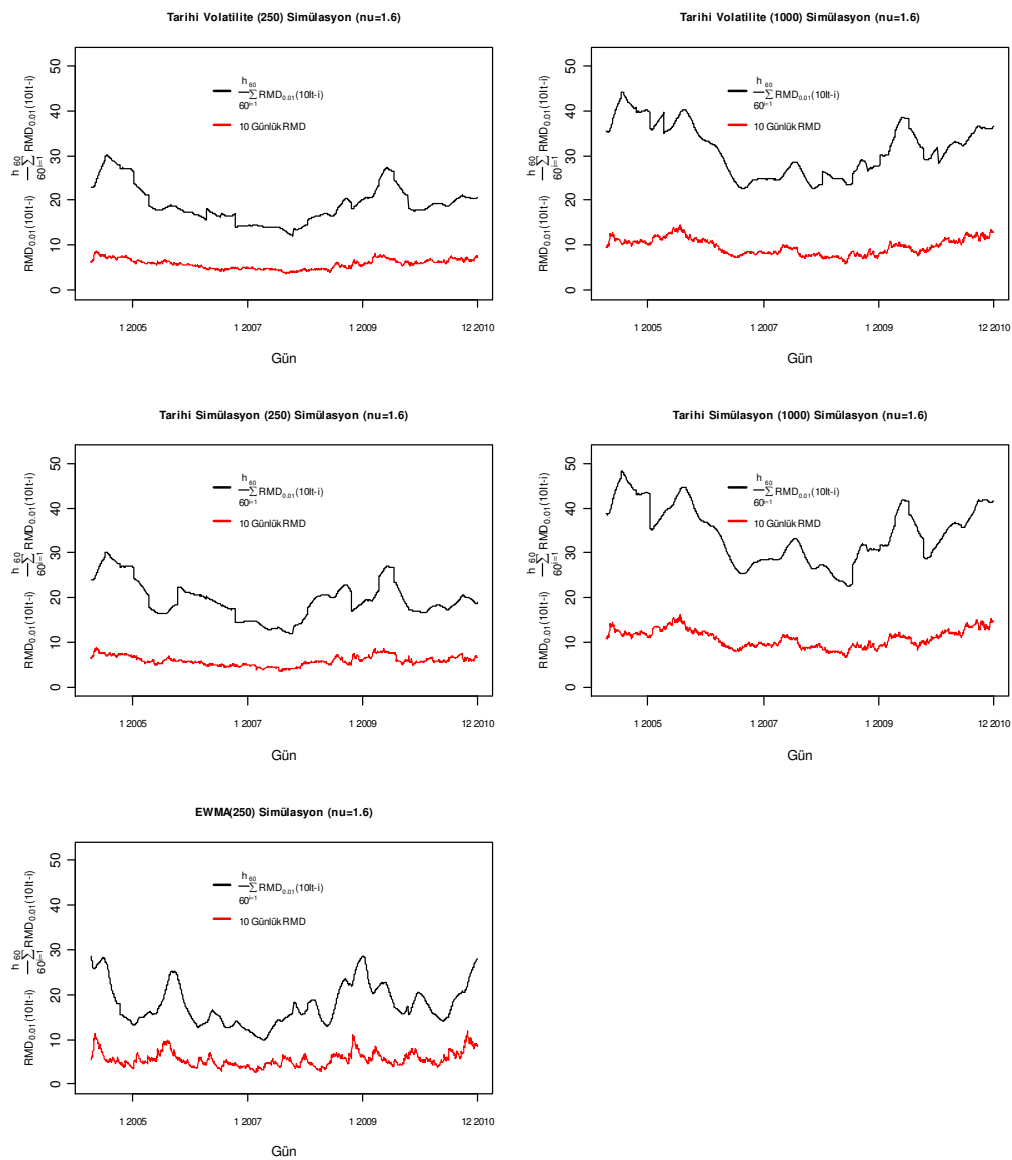
Şekil 63: Simülasyon 2 $\left(\frac{h_{60}}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (1)



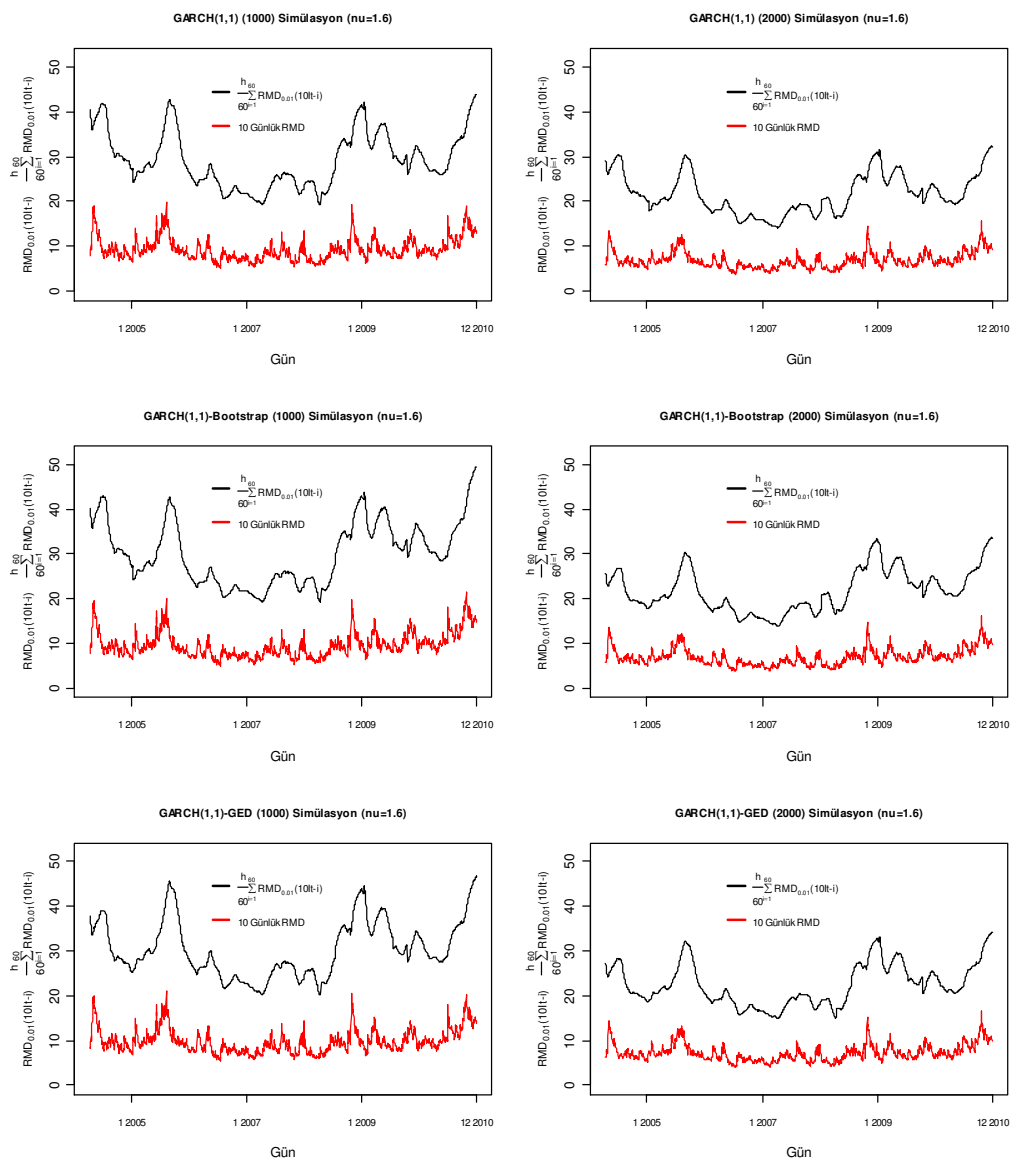
Şekil 64: Simülasyon 2 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \text{ ile } \text{RMD}_{0,01}(10|t) \right)$ karşılaştırması (2)



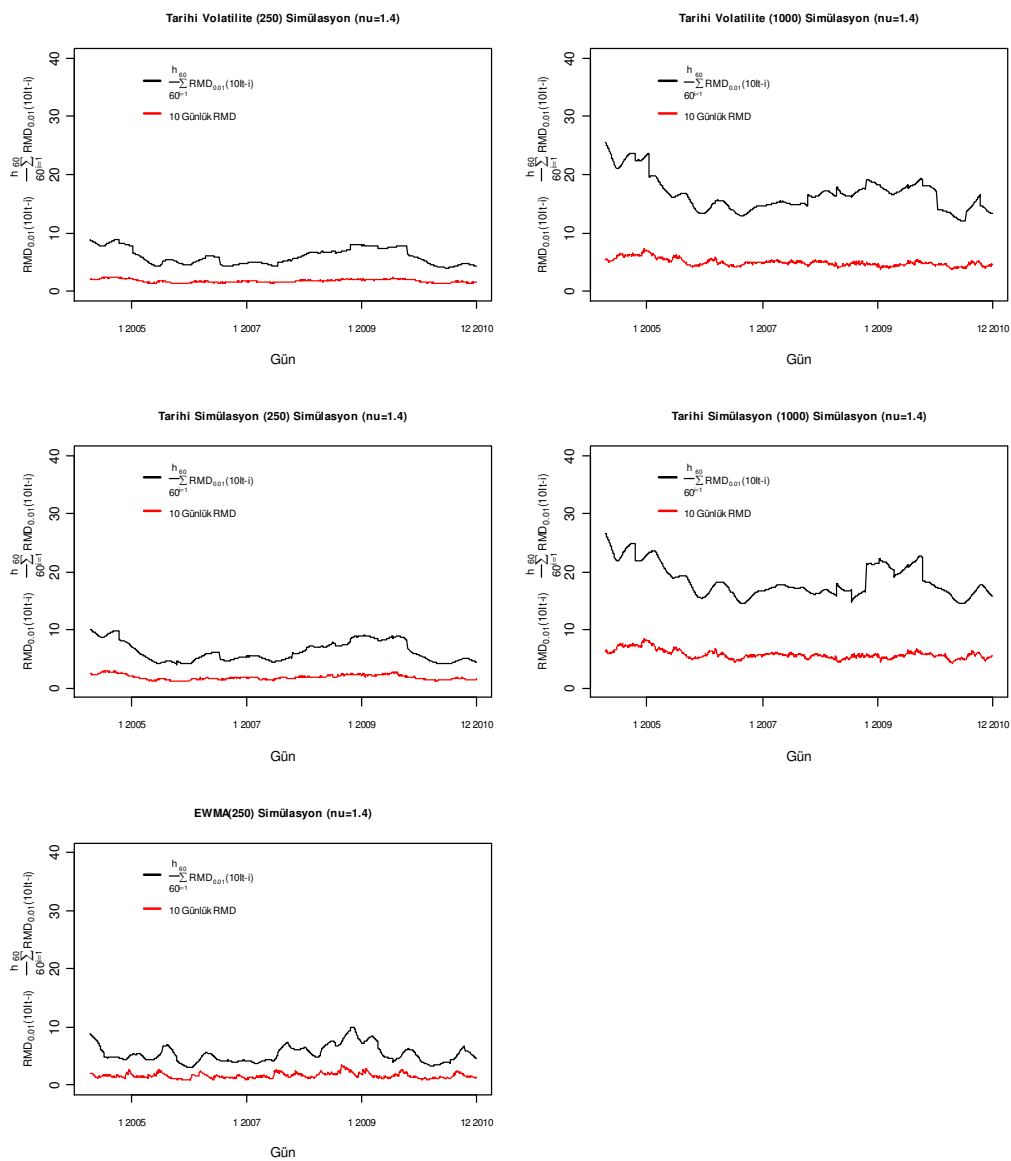
Şekil 65: Simülasyon 3 $\left(\frac{h}{60} \sum_{j=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (1)



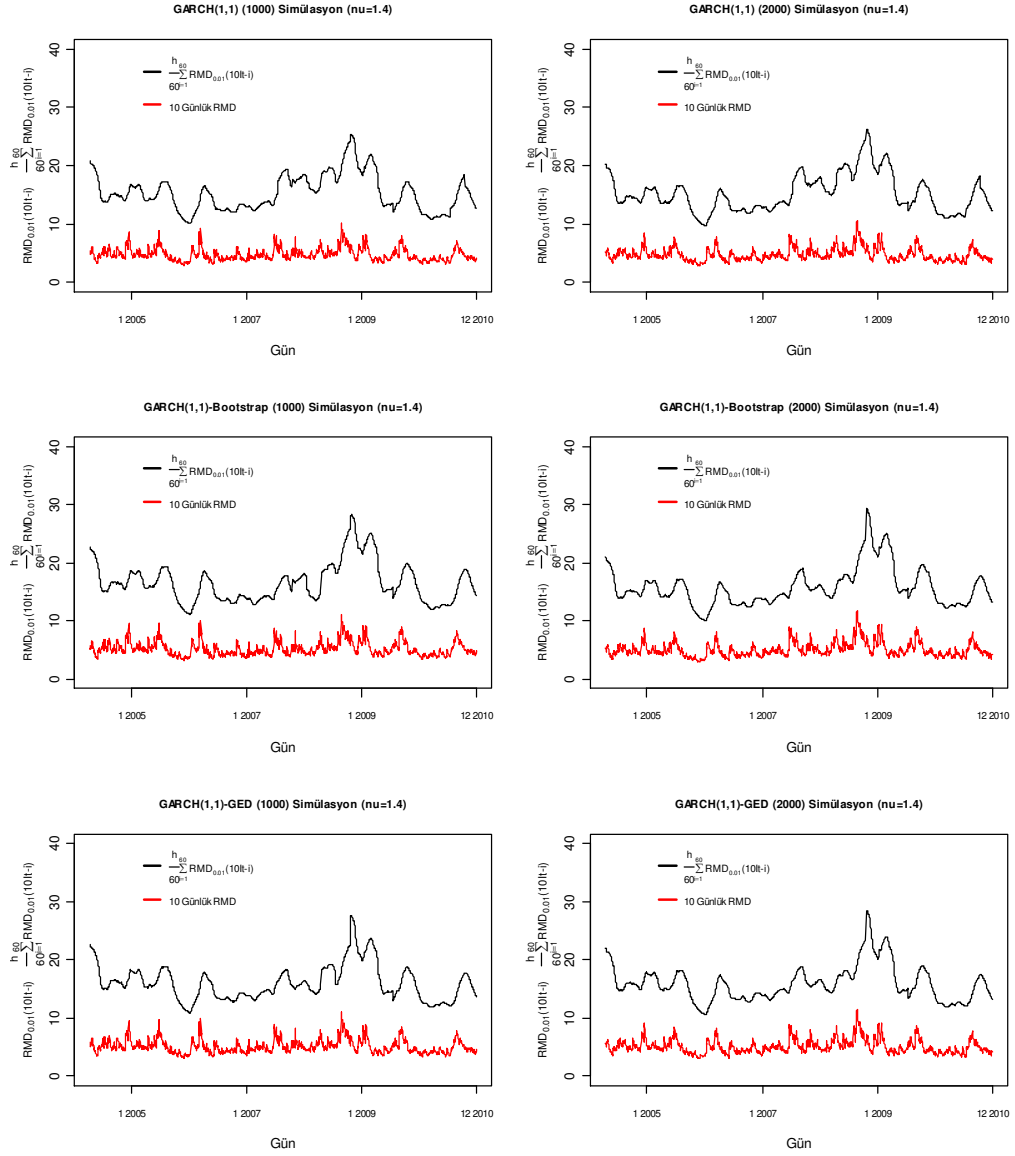
Şekil 66: Simülasyon 3 $\left(\frac{h_{60}}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (2)



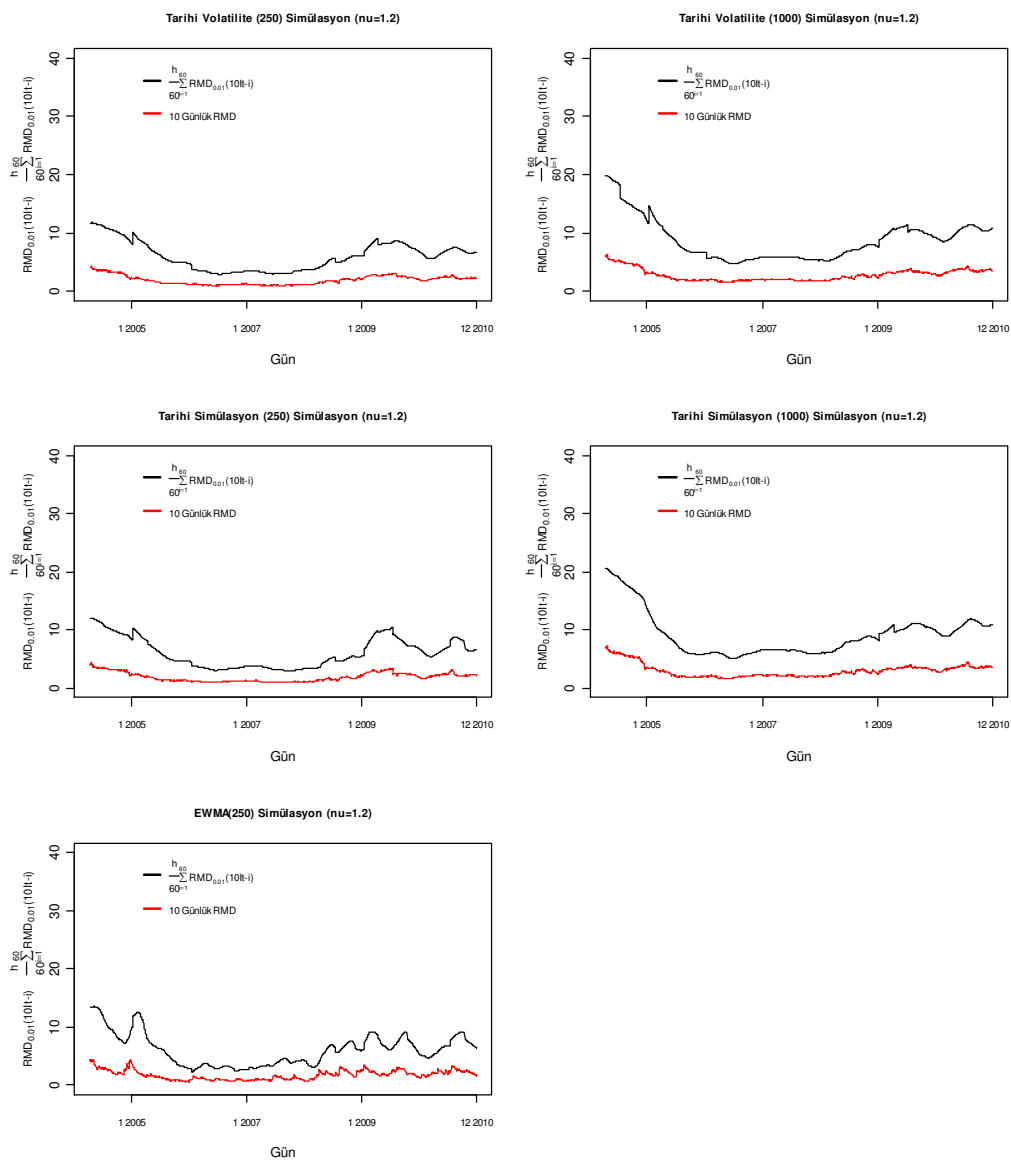
Şekil 67: Simülasyon 4 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (1)



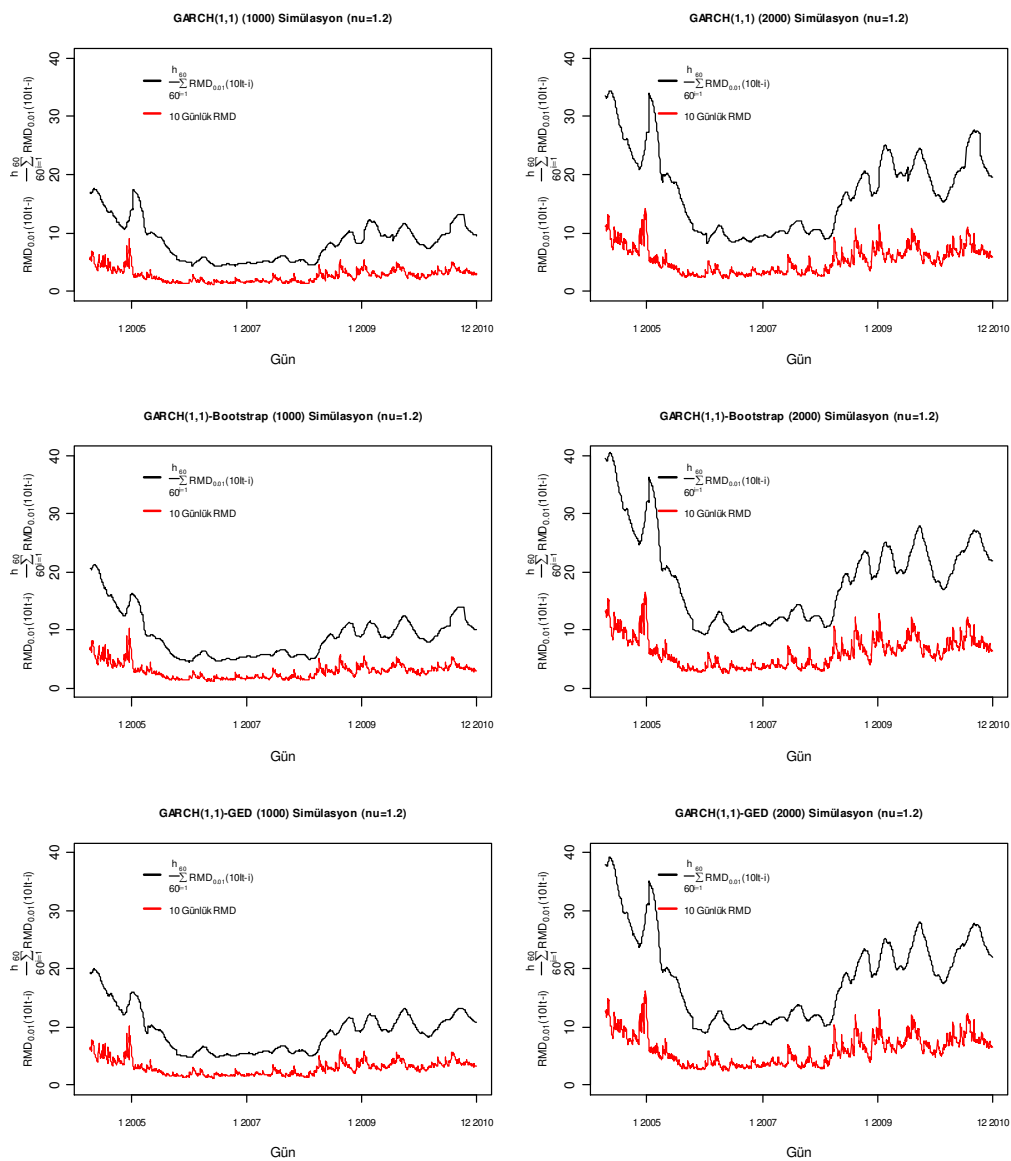
Şekil 68: Simülasyon 4 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (2)



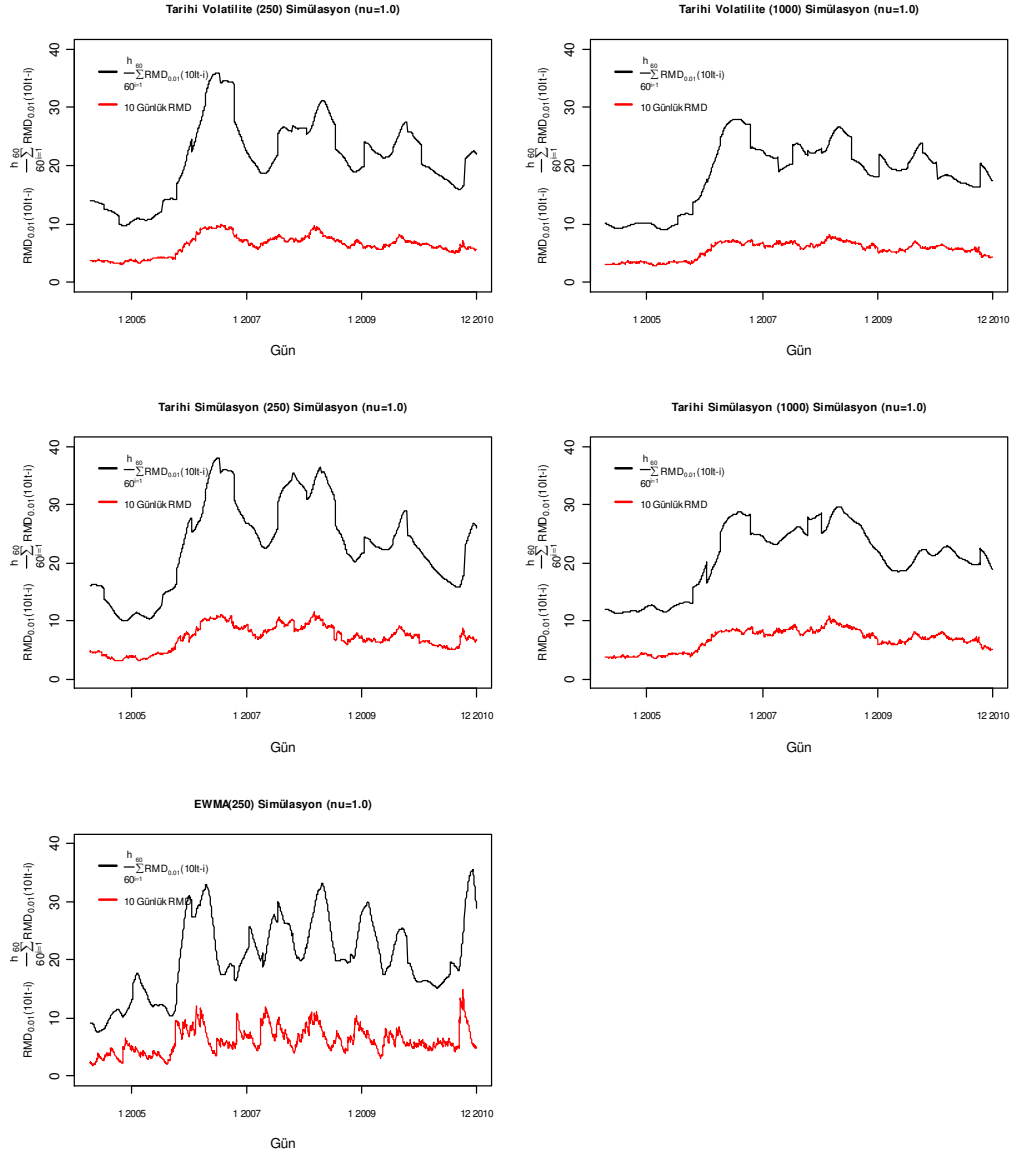
Şekil 69: Simülasyon 5 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (1)



Şekil 70: Simülasyon 5 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (2)



Şekil 71: Simülasyon 6 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (1)



Şekil 72: Simülasyon 6 $\left(\frac{h}{60} \sum_{i=1}^{60} \text{RMD}_{0,01}(10|t-i) \right)$ ile $\text{RMD}_{0,01}(10|t)$ karşılaştırması (2)

