

**T.C.  
İstanbul Üniversitesi  
Sosyal Bilimler Enstitüsü  
İşletme Anabilim Dalı  
Finansman Bilim Dalı**

**Yüksek Lisans Tezi**

**Hisse Senedi Endeksine Dayalı Futures İşlemler :  
Bir Uygulama**

**Hazırlayan  
Mehmet PİLAVCI  
2501030269**

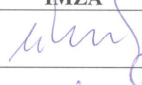
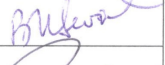
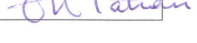
**Tez Danışmanı  
Prof. Dr. İhsan ERSAN**

**Düzeltilmiş Tez**

**İstanbul - 2007**

**TEZ ONAYI**

Enstitümüz **FİNANSMAN** Bilim Dalında **2501030269** numaralı **MEHMET PİLAVCI**'nın hazırladığı **"HİSSE SENEDİ ENDEKSİNE DAYALI FUTURES İŞLEMLER: BİR UYGULAMA"** konulu **YÜKSEK LİSANS/ DOKTORA TEZİ** ile ilgili **TEZ SAVUNMA SINAVI**, Lisansüstü Öğretim Yönetmeliği'nin 15.Maddesi uyarınca **15.10.2007 Pazartesi** günü saat **12.00'de** yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin **Kabul** ne\* **OYBİRLİĞİ / OYÇOKLUĞUYLA** karar verilmiştir.

| JÜRİ ÜYESİ                  | KANAATİ(*) | İMZA                                                                                  |
|-----------------------------|------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| PROF.DR.MEHMET ŞÜKRÜ TEKBAŞ | Kabul      |  |
| PROF.DR.BELKIS SEVAL        | Kabul      |  |
| PROF.DR.NEYRAN ORHUNBİLGE   | Kabul      |  |
| PROF.DR.İHSAN ERSAN         | Kabul      |  |
| YRD.DOÇ.DR.TÜLİN ATAKAN     | Kabul      |  |

## Tezde Yapılan Düzeltmeler

- 1) VOB piyasasına sonradan katılan Altın ve G-DİBS kontratları listeye eklendi ( sayfa 16 )
- 2) Endeks bölümü tekrar gözden geçirildi. Endeks çeşitleri ve hesaplama yöntemleri eklendi. Türkiye de kullanılan hisse senedi endeklerinin başlığı “Türkiye’de kullanılan hisse senedi endeks çeşitleri’nden” “Türkiye’de kullanılan hisse senedi endeksleri’ne” değiştirildi. ( sayfa 33 - 46 )
- 3) Arch/Garch Modelleri ile ilgili teorik bilgi eklendi ( Sayfa 73 – 76 )
- 4) Uygulama bölümü, “Vadeli İşlemler Borsasının açılmasının spot piyasadaki volatilité etkisinin zaman serisi analizi”adı altında incelenerek yenilendi. Uygulama bölümünde yapılan değişiklikler aşağıdaki gibidir; (sayfa 77 – 245 )
  - a) PXLAST (Kapanıs fiyatları) ve Volume (Hacim) serilerinin zaman aralığı güncellendi.
  - b) PXLAST ve Volume serileri hem 2001-2007 içim hemde 2001-2005 ve 2005-2007 için iki alt dönem olarak modellendi.
  - c) PXLAST ve VOLUME serilerinin korelogramları incelendi.
  - d) Serilerin birim kök testleri yapıldı.
  - e) Her iki serinin de ( tabii ) logaritması alındı
  - f) Logaritmik dönüşüm yapılmış serilerin de DF(1979) testi ve korelogram yardımı ile durağan olmadıkları saptandı.
  - g) Her iki serinin ilk farkları alındı ve durağan oldukları görüldü.
  - h) Her iki serinin tanımsal istatistikleri elde edildi ve tablolandı.
  - i) Her dönem için ortalama ve varyans denklemlerinin elde edilmesi:
    - (a) Getiri serisinin otokorelasyon (ACF) ve kısmi korelasyon (PACF) grafikleri incelendi
    - (b) Denklemler EKK yöntemi ile tahmin edildi.
    - (c) Modeller tahmin edildi.
    - (d) Modellerin artıklarına bakıldı.
    - (e) Daha sonra ARMA-GARCH modelleri tahmin edildi.
    - (f) Yeni modellerin artıklarından ARCH etkisinin olmadığı, ancak hala normal dağılmadıkları görüldü.
    - (g) Denklemlerde işlem hacminin etkilerine bakıldı.
    - (h) Tüm modeller için statik öngörüler yapıldı ve buna göre karşılaştırıldılar.

## ÖZ

Vadeli işlemler bağlamında futures piyasaları Türkiye için henüz yeni sayılabilecek bir uygulama olmakla birlikte, 2001 sonrası süreçte yaygınlaşmaya başlamıştır. Bu çalışmada vadeli işlem piyasalarının kapsamı ve tarihsel gelişimi, vadeli işlem piyasalarının endekse dayalı hesaplama ve uygulanması ile vadeli işlemlere ilişkin fiyatlandırma ögeleri genel olarak ve Türkiye özelinde ele alınmaktadır. Uygulama bölümünde ise IMKB – 100 hisse senedi kapanış fiyatları ve işlem hacimleri alınarak vadeli işlemler borsasının öncesindeki ve sonrasındaki etki görülmeye çalışılmıştır. Buna göre PXLAST ve VOLUME serileri vadeli işlemler borsasının etkisinin daha iyi anlaşılması için üç dönemde incelenmiştir. Çalışmada 2005-2007 dönemin volatilitésinin, 2001 – 2007 dönemi ve 2001–2005 dönemi volatilitésinden farklı özellikler taşıdığı saptanmıştır.

Anahtar Sözcükler: Vadeli işlemler, volatilité, endeks, opsiyon fiyatlaması, GARCH analizi.

## **ABSTRACT**

Futures and option markets are yet new concepts for Turkey that have become widespread after 2001. This dissertation goes through the content and history of options and futures markets, application and calculation of futures operations in general and in Turkey. The analysis part of the study was aimed at detection of the effect before and after the introduction of futures market on the ISE – 100 index values' closing prices as well as total operational volumes. Accordingly PXLAST and VOLUME series were analyzed in three periods to understand the effect of futures markets' effect beter. It was detected that the volatility of 2005 – 2007 period did have more different specifications than both 2001 – 2005 period and 2001 – 2007 period.

Key Words: Futures, volatility, index, option pricing, GARCH analysis.

## **ÖNSÖZ**

Tezin hazırlanması sürecinde değerli yardımlarından dolayı tez danışmanım Sn. Prof. Dr. İhsan Ersan'a ve aileme teşekkür ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                     |      |
|---------------------|------|
| ÖZ                  | ii   |
| ABSTRACT            | iii  |
| ÖNSÖZ               | iv   |
| İÇİNDEKİLER         | v    |
| TABLolar LİSTESİ    | x    |
| ŞEKİLLER LİSTESİ    | xxi  |
| KISALTMALAR LİSTESİ | xxiv |
| GİRİŞ               | 1    |

## VADELİ İŞLEM PİYASALARI, ENDEKS KAVRAMI VE FİYATLANDIRMA

|                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------|----|
| 1. VADELİ İŞLEM PİYASALARI                                   | 3  |
| 1.1. Vadeli İşlem Piyasaları ve İşlem Gören Sözleşme Türleri | 3  |
| 1.1.1. Vadeli İşlemlerin Tarihi                              | 4  |
| 1.1.1.1. Vadeli İşlemlerin Dünyadaki Gelişimi                | 5  |
| 1.1.1.2. Vadeli İşlemlerin Türkiye’deki Gelişimi             | 11 |
| 1.1.2. Vadeli İşlem Çeşitleri                                | 17 |
| 1.1.2.1 Forward İşlemleri                                    | 17 |
| 1.1.2.2. Futures İşlemleri                                   | 18 |
| 1.1.3. Opsiyon İşlemleri                                     | 22 |

|                                                                    |    |
|--------------------------------------------------------------------|----|
| 1.1.4. Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Karşılaştırılması              | 25 |
| 1.1.5. Swap İşlemleri                                              | 26 |
| 1.2. Vadeli İşlemlerin Yararları                                   | 29 |
| 1.3. Vadeli İşlemler Piyasasındaki Aktörler                        | 30 |
| 1.4. Vadeli İşlem Piyasasındaki İşleyiş                            | 32 |
| <br>                                                               |    |
| 2. ENDEKS KAVRAMI VE ENDEKS ÇEŞİTLERİ                              | 33 |
| 2.1. Endeks Kavramı                                                | 33 |
| 2.1.1. Endeksin Anlamı                                             | 33 |
| 2.1.2. Endeks Hesaplama Yöntemleri                                 | 37 |
| 2.2. Endeks Çeşitleri                                              | 39 |
| 2.2.1. Hisse Senedi Endeksleri                                     | 40 |
| 2.2.1.1. Dünyada Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri                | 41 |
| 2.2.1.1.1. Amerika’da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri           | 42 |
| 2.2.1.1.2. Avrupa’da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri:           | 43 |
| 2.2.1.1.3 Asya ve Avustralya’da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri | 45 |
| 2.2.1.2. Türkiye’de Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri             | 46 |
| 2.2.1.3. IMKB – 100                                                | 47 |
| 2.2.1.4. IMKB – 30                                                 | 51 |
| 2.2.2. Sabit Getirili Menkul Kıymetlere Dayalı Endeksler           | 52 |

|        |                                                                        |    |
|--------|------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.   | Endeks ve Risk                                                         | 55 |
| 3.     | VADELİ İŞLEM SÖZLEŞMELERİNİN                                           |    |
|        | FİYATLANDIRILMASI                                                      | 58 |
| 3.1.   | Belirsizlik Olmayan Ortamlarda Vadeli İşlem Sözleşmeleri               |    |
|        | Fiyatlaması                                                            | 61 |
| 3.2.   | Belirsizlik Olması Hâlinde Vadeli İşlem Sözleşmeleri                   |    |
|        | Fiyatlaması                                                            | 62 |
| 3.3.   | Türev Araçlarının Fiyatlandırılmasında Stokastik                       |    |
|        | Yöntem                                                                 | 63 |
| 3.4.   | Hisse Senetleri Endeksine Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmeleri Fiyatlaması | 64 |
| 3.5.   | Hisse Senedine Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması   | 65 |
| 3.6.   | Faiz Oranına Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması     | 65 |
| 3.6.1. | Hazine Bonosuna Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması  | 66 |
| 3.6.2. | Orta ve Uzun Dönem Borçlanma Senetlerine Dayalı Vadeli                 |    |
|        | İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması                                | 67 |
| 3.6.3. | EuroDollar Vadeli Mevduata Dayalı Vadeli İşlem                         |    |
|        | Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması                                      | 67 |

|        |                                                        |    |
|--------|--------------------------------------------------------|----|
| 3.7.   | Opsiyon Fiyatlaması                                    | 68 |
| 3.7.1. | Opsiyon İşlemlerinin Fiyatlandırılmasında Kullanılan   |    |
|        | Temel Modeller                                         | 69 |
| 3.7.2. | Hisse Senedi Üzerine Opsiyon Fiyatlandırılması         | 69 |
| 3.7.3. | Hisse Senedi Endeksi Üzerine Opsiyon Fiyatlandırılması | 70 |
| 3.7.4. | Sabit Getirili Kıymetlere Dayalı Opsiyonlarda          |    |
|        | Fiyatlandırma                                          | 71 |
| 3.7.5. | Vadeli İşlemler Üzerine Opsiyonların Fiyatlandırılması | 72 |
| 3.8.   | Genelleştirilmiş Koşullu Heteroskedastisite (GARCH)    |    |
|        | Modelinin Volatilite Endeksi Olarak Kullanılması       | 73 |
| 3.8.1. | ARCH Modeli                                            | 74 |
| 3.8.2. | GARCH Modeli                                           | 74 |
| 4.     | ARAŞTIRMANIN METODOLOJİSİ                              | 78 |
| 4.1.   | Veri ve Bilgi Toplama Yöntem ve Araçları               | 79 |
| 4.2.   | Araştırmanın Hedefleri                                 | 79 |
| 4.3.   | Araştırmanın Değişkenleri                              | 80 |
| 4.4.   | Araştırmanın Modeli                                    | 80 |
| 4.5.   | Araştırmanın Hipotezi                                  | 81 |
| 4.6.   | Örnekleme Süreci                                       | 82 |

|        |                                      |     |
|--------|--------------------------------------|-----|
| 5.     | VERİLERİN ANALİZİ                    | 83  |
| 5.1.   | 2001-2007 DÖNEMİ                     | 83  |
| 5.1.1. | Grafik analizi                       | 83  |
| 5.1.2. | Durağanlık Analizi                   | 84  |
| 5.2.   | 2001-2005 DÖNEMİ(VOB öncesi dönem)   | 98  |
| 5.2.1. | Grafik analizi                       | 98  |
| 5.2.2. | Durağanlık Analizi                   | 98  |
| 5.3.   | 2005-2007 DÖNEMİ (VOB sonrası dönem) | 114 |
| 5.3.1. | Grafik analizi                       | 114 |
| 5.3.2. | Durağanlık Analizi                   | 115 |
| 5.4.   | VOLATİLİTE MODELLEMESİ               | 130 |
| 5.4.1. | 2001-2007 Dönemi                     | 130 |
| 5.4.2. | 2001-2005 Dönemi                     | 181 |
| 5.4.3. | 2005-2007 Dönemi                     | 228 |
|        | SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME            | 246 |
|        | Kaynakça                             | 248 |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| • Tablo 1: Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Karşılaştırılması                                                        | 26 |
| • Tablo 2: IMKB Ulusal – 100 Endeksine Kayıtlı Hisse Senetleri                                                   | 49 |
| • Tablo 3: IMKB Ulusal – 30 Endeksine Kayıtlı Hisse Senetleri                                                    | 51 |
| • Tablo 4: Diğer değişkenleri sabit olmak üzere bir değişkeni artırmanın hisse senedi opsiyonu üzerindeki etkisi | 70 |
| • Tablo 5: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                                         | 84 |
| • Tablo 6: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                                | 85 |
| • Tablo 7:LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                                           | 87 |
| • Tablo 8: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                               | 88 |
| • Tablo 9: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                                   | 89 |
| • Tablo 10: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                         | 90 |
| • Tablo 11: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                                        | 91 |
| • Tablo 12: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                               | 92 |
| • Tablo 13: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                                       | 93 |
| • Tablo 14: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                              | 94 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 15: RVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu      | 95  |
| • Tablo 16: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 96  |
| • Tablo 17: 2001-2007 Dönemi Tanımsal İstatistikler                             | 97  |
| • Tablo 18: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu       | 99  |
| • Tablo 19: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları              | 100 |
| • Tablo 20: LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu        | 102 |
| • Tablo 21: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 103 |
| • Tablo 22: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu | 104 |
| • Tablo 23: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları        | 105 |
| • Tablo 24: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu       | 106 |
| • Tablo 25: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları              | 107 |
| • Tablo 26: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu      | 108 |
| • Tablo 27: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 109 |

|                                                                                 |     |
|---------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 28: RVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu      | 111 |
| • Tablo 29: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 112 |
| • Tablo 30: 2001-2005 Dönemi Tanımsal İstatistikler                             | 113 |
| • Tablo 31: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu       | 115 |
| • Tablo 32: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları              | 116 |
| • Tablo 33: LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu        | 118 |
| • Tablo 34: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 119 |
| • Tablo 35: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu | 120 |
| • Tablo 36: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları        | 121 |
| • Tablo 37: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu       | 122 |
| • Tablo 38: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları              | 123 |
| • Tablo 39: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu      | 124 |
| • Tablo 40: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları             | 125 |

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 41: RVOLUME Serisi Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                             | 126 |
| • Tablo 42: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları                                 | 127 |
| • Tablo 43: 2005-2007 Dönemi Tanımsal İstatistikler                                                 | 128 |
| • Tablo 44: (1) nolu ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları                                   | 131 |
| • Tablo 45: (1) nolu Model Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu                | 132 |
| • Tablo 46: (1) nolu Model Artıkları İçin LM Testi Sonuçları                                        | 133 |
| • Tablo 47: (1) nolu Model Artıklarının Karelerinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 134 |
| • Tablo 48: (1) nolu Model için ARCH-LM Testi Sonuçları                                             | 135 |
| • Tablo 49: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Tahmin Sonuçları (Normal)                                      | 136 |
| • Tablo 50: Standardize Edilmiş Artıkların Korelogramı                                              | 138 |
| • Tablo 51: Standardize Edilmiş Artıkların Karelerinin Korelogramı                                  | 139 |
| • Tablo 52: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli ARCH-LM Testi                                                  | 140 |
| • Tablo 53: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Standardize Artıkların Korelogramı                             | 144 |
| • Tablo 54: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı                    | 145 |
| • Tablo 55: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli: ARCH-LM Testi Sonucu                                          | 146 |

|                                                                                     |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 56: (3) nolu ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modelinin Tahmin Sonuçları                | 148 |
| • Tablo 57: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı           | 149 |
| • Tablo 58: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı | 150 |
| • Tablo59: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli: ARCH-LM Testi Sonucu                        | 151 |
| • Tablo 60:..ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)               | 153 |
| • Tablo 61: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı           | 154 |
| • Tablo 62: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı | 154 |
| • Tablo 63: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                | 157 |
| • Tablo 64: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıklarının Korelogramı        | 158 |
| • Tablo 65: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı | 159 |
| • Tablo 66: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                               | 160 |
| • Tablo 67: 4 Nolu - ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları                   | 162 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 68: (4) Nolu Denklem Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları        | 163 |
| • Tablo 69: (4) Nolu Denklem Artıkları için LM Testi Sonuçları                                   | 164 |
| • Tablo 70: (4) Nolu Denklem Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 165 |
| • Tablo 71: ( 4) Nolu Denklem ARCH Testi Sonuçları                                               | 166 |
| • Tablo 72: (6)Nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                    | 167 |
| • Tablo 73: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                        | 168 |
| • Tablo 74: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı              | 169 |
| • Tablo 75: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                                     | 170 |
| • Tablo 76: (7)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                     | 172 |
| • Tablo 77: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                        | 173 |
| • Tablo 78: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı              | 174 |
| • Tablo 79: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                                            | 175 |
| • Tablo 80: (8)nolu -ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                    | 177 |

|                                                                                                  |     |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 81: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                        | 178 |
| • Tablo 82: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı              | 179 |
| • Tablo 83: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                                            | 179 |
| • Tablo 84: (1) nolu- ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları                               | 181 |
| • Tablo 85: ARMA(6,6) Modeli Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları        | 182 |
| • Tablo 86: ARMA(6,6) Modeli Artıkları LM Testi                                                  | 183 |
| • Tablo 87: ARMA(6,6) Modeli Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 184 |
| • Tablo 88: ARMA(6,6) Modeli ARCH Tesi                                                           | 185 |
| • Tablo 89: (2)nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları (Normal)                          | 186 |
| • Tablo 90: ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların Korelogramı                          | 187 |
| • Tablo 91 ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı                  | 188 |
| • Tablo 92: ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                                        | 189 |
| • Tablo 93: (3)nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                    | 191 |
| • Tablo 94: (4) nolu- ARMA(1,1) Ortalama Modeli Tahmin Sonuçları                                 | 192 |

|                                                                                                 |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 95: ARMA(1,1) Modeli Artıkları Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları          | 193 |
| • Tablo 96: ARMA(1,1) Modeli LM-Testi Sonucu                                                    | 193 |
| • Tablo 97: ARMA(1,1) Modeli Artıkları Kareleri Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 194 |
| • Tablo 98: ARMA(1,1) Modeli ARCH Testi Sonucu                                                  | 195 |
| • Tablo 99: ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                               | 196 |
| • Tablo 100: (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(2) Model Standardize Artıkları Korelogramı                | 197 |
| • Tablo 101: (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli Standardize Artık Kareleri Korelogramı          | 198 |
| • Tablo 102: ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                                      | 199 |
| • Tablo 103: (6) nolu- ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları                             | 201 |
| • Tablo 104: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                      | 202 |
| • Tablo 105: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı            | 203 |
| • Tablo 106: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli : ARCH-LM Testi Sonucu                                 | 204 |
| • Tablo 107: (7) nolu- ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonucu                                | 206 |

|                                                                                                   |     |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 108: (7) nolu Denklem Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları        | 207 |
| • Tablo 109: (7) Nolu Denklem Artıkları için LM Testi Sonuçları                                   | 208 |
| • Tablo 110: (7) Nolu Denklem Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 208 |
| • Tablo 111: ( 7) Nolu Denklem ARCH Testi Sonuçları                                               | 210 |
| • Tablo 112: (8) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                      | 211 |
| • Tablo 113: (9)Nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                    | 213 |
| • Tablo 114: (9)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                | 214 |
| • Tablo 115: (9)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı      | 215 |
| • Tablo 116: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                                     | 216 |
| • Tablo 117: (10) nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları                              | 218 |
| • Tablo 118: (10)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı               | 219 |
| • Tablo 119: (10)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı     | 220 |
| • Tablo 120: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                                            | 221 |

|                                                                                                             |     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 121: (11)nolu -ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)                             | 222 |
| • Tablo 122: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                                  | 223 |
| • Tablo 123: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı                        | 224 |
| • Tablo 124: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                                                      | 225 |
| • Tablo 125: (2) nolu- ARMA(0,0) Ortalama Modeli Tahmin Sonuçları                                           | 228 |
| • Tablo 126:(2) nolu-ARMA(0,0) Ortalama Modeli Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları | 229 |
| • Tablo 127: ARMA(0,0) Ortalama Modeli LM Testi Sonucu                                                      | 229 |
| • Tablo 128: (2)nolu- ARMA(0,0) Modeli Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları  | 230 |
| • Tablo 129: (2) nolu-ARMA(0,0) Modeli ARCH Tesi                                                            | 231 |
| • Tablo 130: (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları                                             | 233 |
| • Tablo 131: (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların Korelogramı                           | 234 |
| • Tablo 132: (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların Kareleri Korelogramı                  | 234 |
| • Tablo 133: (3)nolu-ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                                          | 235 |

|                                                                                          |     |
|------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Tablo 134: (4)nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları                       | 237 |
| • Tablo 135:ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı                | 238 |
| • Tablo 136: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karelerinin Korelogramı   | 239 |
| • Tablo 137: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu                            | 240 |
| • Tablo 138: (5) nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları                      | 242 |
| • Tablo 139: (5)nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı       | 243 |
| • Tablo 140:(5)nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesi Korelogramı | 244 |
| • Tablo 141: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi                                   | 245 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1. Opsiyonun Fiyat / Kar Analizi 25
- Şekil 2. IMKB-100 Endeksinin son 10 yıllık gelişimi (işlem hacmi x 100) 51
- Şekil 3. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri) 83
- Şekil 4. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri) 83
- Şekil 5. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark) 83
- Şekil 6. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri) 98
- Şekil 7. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri) 98
- Şekil 8. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark) 98
- Şekil 9. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri) 114
- Şekil 10. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri) 114
- Şekil 11. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark) 114
- Şekil 12. Model Artıklarının Grafiği 137
- Şekil 13. Modelin Standardize Edilmiş Artıklarının Grafiği 137
- Şekil 14. Modelin Koşullu Standart Sapması 141

|                                                                                                     |     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| • Şekil 15. ARMA(6,6)-ARCH(3) için Yapılan Öngörü Grafikleri ve Öngörü Başarı Kriterleri            | 142 |
| • Şekil 16. Modelin Koşullu Standart Sapması                                                        | 146 |
| • Şekil 17. ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli (student-t) için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri            | 147 |
| • Şekil 18. Modelin Koşullu Standart Sapması                                                        | 151 |
| • Şekil 19. ARMA(6,6)-GARCH(1,1) (Normal) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri            | 152 |
| • Şekil 20. ARMA(6,6)-GARCH(1,1) (student-t) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri         | 156 |
| • Şekil 21. ARMA(1,1)-GARCH(1,1) (student-t) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri         | 161 |
| • Şekil 22. (6)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli (student-t) için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri | 171 |
| • Şekil 23. (7) Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri            | 176 |
| • Şekil 24. (8)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri             | 180 |
| • Şekil 25: (2) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) için Yapılan Öngörü Grafikleri ve Öngörü Başarı Kriterleri  | 190 |
| • Şekil 26: (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri              | 200 |
| • Şekil 27: (6) nolu- ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri           | 205 |

- Şekil 28: (8) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 212
- Şekil 29: (9)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 217
- Şekil 30: (10)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 222
- Şekil 31: (11)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 226
- Şekil 32: (3) nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 236
- Şekil 33: (4) nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 241
- Şekil 34: (5)Nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri 246

## KISALTMALAR LİSTESİ

- ABD: Amerika Birleşik Devletleri
- a.g.e.: Adı geçen eser.
- CAC: Fransa Borsa Endeksi (Compagnie des Agents de Change)
- CBOT: Chicago Ticaret Kurulu (Chicago Board of Trade)
- CME: Chicago Ticaret Borsası (Chicago Market Exchange)
- DAX: Alman Borsa Endeksi (Deutscher Aktienindex Index)
- değ.: Değer
- DJIA: Dow Jones sınai endeksi (Dow Jones Industrial Average)
- DİBS: Devlet İç Borçlanma Senedi.
- ECU: Avrupa para birimi (European Currency Unit)
- EUR: Avro (Euro)
- FT30: Financial Times 30 Endeksi
- FTA: Financial Times Aktüerya Endeksi (Financial Times Actuaries All Shares Index)
- FTSE: Financial Times Borsası (Financial Times Stock Exchange)
- GYO: Gayrimenkul Yatırım Ortaklığı
- H. B.: Hisse başına
- IBEX 35: İspanya'daki dört borsa kote olan 35 seçkin hisseden oluşturulan endeks.

- İMKB: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası
- KYD: Kurumsal YatırımcılarDerneği
- LIFFE: Londra Uluslararası Vadeli İşlemler Borsası (London International Financial Futures Exchange)
- MMI: Amex Temel Borsa Endeksi (Amex Major market index)
- nom: Nominal
- NYSE: New York Borsası (New York Stock Exchange)
- O / N: Gecelik (Overnight)
- OTC: Tezgah üstü piyasalar (over the Counter markets)
- RM: Fransa'daki aylık vadeli muamele piyasası (Reglement Mensuel)
- S & P: Standard and Poor's
- SPK: Sermaye Piyasası Kurulu
- TÜİK: Türkiye İstatistik Kurumu
- USD: ABD Doları (US Dollar)
- YTL: Yeni Türk Lirası

## GİRİŞ

Küreselleşme ve mesafelerin kısalması ile dünya bir bütün haline gelmektedir. Bu bütün içerisinde kurumlar ve bireyler çok çeşitli risk kavramları ile karşı karşıya kalmaktadırlar. Ayrıca gün geçtikçe riskin de kapsamı genişlemekte ve küresel bütünleşmenin getirdiği birçok öngörülemez gelişme de kurumlar ile bireylerin yatırım ve tasarruf politikalarını değiştirmektedir.

İster yatırım ister tasarruf yapmak istesinler, kurumlar ve bireyler gelecekte bugünden öngörülemeyen gelişmelere karşı risk altındadırlar. Bunun üstesinden gelmek için finansal sigorta bağlamında olan vadeli işlem piyasalarına yönelmektedirler. Aslında asırlar önce kullanılmaya başlanan bu işlemler, ancak son yarım asırdır gerçek anlamda bir gelişme göstermektedir. Bu sebeple gelişimleri çok hızlı olmuş ve halen de büyük değişimler geçirmektedirler.

Vadeli işlemlere Türkiye çerçevesinde bakıldığında da 1980 öncesinde bu tür işlemlere hiç rastlanmadığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bunun sebebi 24 Ocak kararlarından önce serbest ekonominin geçerli olmaması olarak gösterilebilmektedir. Fakat bu kararlardan sonra da vadeli işlemler konusunda yeterli düzenleme yapılmamış ve ancak 1989'da alınan Türk Parasının Kıymetini Koruma hakkındaki 32 sayılı karar ile bazı önemli düzenlemelere gidilmiştir.

Her ne karda bu düzenlemelere gidilmiş olsa da bu yeterli etkiyi yaratmamış ve bu piyasaların işlerliğe kavuşması ancak 2000li yılların başında gerçekleşmiştir. Özellikle 1994 ve 2001 yıllarında yaşanan gelişmeler sadece bir tesadüf değildir. Çünkü Türkiye ekonomisinin yaşadığı iki önemli döviz krizi ile beraber yatırımcıların ne ölçüde korunmasız oldukları gündeme oturmuş ve kurumlar ile bireyler kendilerini koruma yönünde arayışlara girmişlerdir. Bu arayışların sonucunda da oluşan talep vadeli işlem borsaların kurulmasını hızlandırmıştır.

Temelde bu kapsamda değerlendirmelerin bulunduğu bu çalışmada birinci bölümde vadeli işlem piyasaları hakkında yararlı bilgilerden ve bu piyasaların hangi finansal araçlarla nasıl işlediğinden bahsedilmektedir. Ayrıca bu bölümde ilgili piyasaların nasıl geliştiğinin tarihsel bir süreç olarak anlatılmaktadır. Daha sonra

endeks kavramından ve çeşitlerinden bahsedilmektedir. Bu konuda özellikle hisse senedi ve sabit getirili menkul kıymetler ile ilgili endeksler hakkında bilgi verilmektedir.

Aynı bölümün devamında bu çalışmanın asıl konusu olan hisse senedi endeksleri hakkında daha kapsamlı değerlendirmeler yapılmakta ve temelde bu piyasalardaki işleyişin ne şekilde olduğundan bahsedilmektedir. Söz konusu irdeleme, Türkiye’de kullanılmakta olan endeks değinileri de içermektedir. Bu bölümde ayrıca vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlandırılması çeşitli boyutları ile irdelenmektedir.

Çalışmanın ikinci bölümünde ise İMKB-100 endekslerinde hisse senedi fiyatları ile işlem hacimleri incelenerek vadeli işlemler borsasından önce ve sonrasında spot piyasasına etkisi üzerine bir uygulamaya yer verilmektedir. Uygulama için sınanan hipotezler, vadeli işlemler borsasının spot piyasalarında daha fazla volatiliteye yol açmadığını göstermiştir.

# VADELİ İŞLEM PİYASALARI,

## ENDEKS KAVRAMI VE FİYATLANDIRMA

### 1. VADELİ İŞLEM PİYASALARI

Birinci bölümde vadeli işlemlerin gerçekleştiği piyasaların tarihçesinden, bu piyasalarda işlem gören menkul kıymetlerin türlerinden, bunların birbirleri ile olan ilişkilerinden, bu finansal araçlara yapılan yatırımlar karşılığında elde edilmesi beklenen menfaatlerden ve ilgili piyasaların işleyişlerinden bahsedilmeye çalışılacaktır.

#### 1.1. Vadeli İşlem Piyasaları ve İşlem Gören Sözleşme Türleri

Piyasaları gerçekleştirilen alım-satım işlemi sonucunda el değiştiren kıymetlerin vadesine bağlı olarak spot ve vadeli piyasalar olmak üzere ikiye ayırmak gerekmektedir. Buna göre, spot piyasalar, belli miktarda bir mal veya kıymetin ve bunların karşılığı olan paranın işlemin ardından takas günü el değiştirdiği piyasalardır. Hisse Senetleri Piyasası ve Tahvil ve Bono Piyasası buna örnek olarak verilebilir.<sup>1</sup>

Yukarıdaki ayrımın yanında işlemlerin gerçekleştiği yer açısından da temelde iki ayrı piyasada işlem yapılabilmektedir:<sup>2</sup>

- **Organize piyasalar:** Düzenli piyasalar olarak bilinen organize piyasalar, alıcı ile satıcıyı belli bir fiziksel alanda buluşturan ve işlemlerini gerçekleştirmesi için belli kural ve düzenlemeler içeren piyasalardır. TCMB bünyesindeki bankalararası para piyasası organize bir borsaya örnek olarak gösterilebilir.

- **Organize olmayan piyasalar (Tezgah üstü piyasalar):** Düzenli bir borsa dışında yapılan işlemleri kapsayan gevşek ve gayri resmi nitelikteki borsa dışı

<sup>1</sup> Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları, İstanbul, TSPAKB, 2006, s. 46.

<sup>2</sup> Ulusal ve Uluslararası Piyasalar, İstanbul, TSPAKB, 2006, s. 144.

piyasalardır. Bu piyasalara OTC (Over the Counter) de denmektedir. Bu piyasalara örnek olarak da bankaların TCMB bünyesindeki para piyasasından farklı olarak kendi aralarında, birbirlerine tahsis ettikleri kredi limitleri çerçevesinde işlemleri gerçekleştirdikleri para piyasası verilebilecektir.

Sermaye Piyasası Kurulu'nun yaptığı tanımlamaya göre Vadeli İşlem Sözleşmeleri, “belirli bir vadede, önceden belirlenen fiyat, miktar ve nitelikteki malı, kıymetli madeni, finansal göstereyi, sermaye piyasası aracını ya da döviz alma ya da satma yükümlülüğü veren sözleşmelerdir.”<sup>3</sup> Bu tanımlamadan da anlaşıldığı gibi vadeli işlem sözleşmeleri, işlem gören sözleşmelerin standartlaştırılmış özelliklerini belirleyen organize borsalarda işlem görmektedirler.<sup>4</sup> Bu borsalar işlemlerin gerçekleşmesine yönelik fiziksel bir ortam sağlamakla birlikte, işlem gören sözleşmelerin özelliklerini belirlemekte ve işlem uygulamalarını düzenlemektedirler.<sup>5</sup> Fakat bu sözleşmelerin yanında organize piyasalarda işlem görmeyen ve tamamıyla karşılıklı pazarlık esası ile işleyen vadeli piyasalar da bulunmaktadır.

İster organize piyasada isterse de OTC’de işlem görsün, vadeli işlem yapan taraflardan vadeli satış yapanlar fiyatın düşeceğini bekleyenlerdir. Sahibi olmadıkları malı bugünden satıp ileride ucuza tedarik etmeyi hesaplamaktadırlar. Bir de bu işlemlerin tersi olan vadeli alım yapanlar ise fiyatın yükseleceğini tahmin edenlerdir. Bunların çoğu vadesi gelmeden yahut geldiğinde aldıklarından daha pahalıya devredebileceklerini ummaktadırlar.<sup>6</sup>

### 1.1.1. Vadeli İşlemlerin Tarihi

Vadeli işlem piyasalarının gelişimini dünyadaki ve Türkiye’deki gelişim şeklinde ikiye ayırmak, ilgili gelişimin daha net olarak görülebilmesi açısından faydalı olacaktır. Önce dünyadaki vadeli işlem sözleşmelerinin doğuşundan bahsedilecek sonra da Türkiye’deki yansımaları anlatılmaya çalışılacaktır.

<sup>3</sup> SPK, “Vadeli İşlem”, (Çevrimiçi) <http://www.spk.gov.tr/pgdd/vadeliislem.htm>, 04 Eylül 2006.

<sup>4</sup> Anatoli Kupriyanov, **Para Piyasası Enstrümanları**, İstanbul, İstanbul Altın Borsası, 2002, s. 255.

<sup>5</sup> A.e., s. 256.

<sup>6</sup> Akın İlkin, “Bankacılık”, **Ekonomi Ansiklopedisi**, C.III, İstanbul, Paymaş, 1984, s. 1355.

### 1.1.1.1. Vadeli İşlemlerin Dünyadaki Gelişimi

Borsaların başlangıcı çok eski devirlerde kurulan pazar ve panayırlardır. Bu pazar ve panayırlarda her türlü ticari mal ve yanında değerli madenler ve ticari senetler de alınıp satılmaya başlamıştır. Zamanla bu pazarlar devamlılık kazanmış, pazar ve panayırın kurulmasına bağlı olmaktan çıkmış, sonra belli kapalı mahallerde yerleşmiş ve nihayet ticaretin gelişmesiyle ihtisaslaşma kazanmıştır<sup>7</sup>. Emtia borsaları yanında para, altın ve ticari evrak borsaları kurulmuştur. Şüphesiz ticari evrak borsalarının kurulması bu gelişmenin en sonunda yer alır ve geniş çapta hukuk alanındaki gelişmelerden, özellikle, Roma hukukunda bulunmayan sınırlı sorumluluk (anonim şirketler) ilkesiyle kıymetli evrak (tahvil ve hisse senedi) müessesesinin hukuk sistemlerine yerleşmesinden kaynaklanır<sup>8</sup>.

Vadeli işlemlerin tarihi oldukça eskilere dayanmaktadır. Milattan önce Çin’de bu sözleşmelerin yapıldığı bilinmektedir.<sup>9</sup> Milattan sonra Kuzey İtalya panayırlarında da bu tür sözleşmelerin ilk modern örneklerine rastlanmıştır.<sup>10</sup> Fakat her ne kadar bireysel amaçları karşılar şekilde hareket etse de yasal bir zemine oturtulamadığından gelişimleri yavaş seyretmiştir. Bu dönemden sonra ihtiyaçların artması sebebiyle ilk vadeli işlemler organize şekilde Japonya ve Hollanda’da gerçekleştirilmeye başlanmıştır.<sup>11</sup> Pusulanın icadı, denizciliğin ve dünya ticaretinin gelişmesi; İngiltere, İtalya, Belçika, Hollanda gibi denizci ülkelerde büyük ticari merkezlerin kurulmasına yol açmış, bu ticari merkezlerdeki faaliyetler aracılarının rolünü artırmış, ticari senetlerle kredi belgelerinin doğmasına ve 15. yüzyılda ilk poliçelerin kullanılmaya başlamasına olanak sağlamıştır. 15. yy.dan itibaren yaygınlaşan ticari senetlerin kullanılmasına ve el değiştirmesine ilişkin bazı kurallar ortaya çıkmıştır. O zamanki Hollanda’nın bugünkü Belçika’nın Brugge şehrinde bazı Yahudi aileler para ticaretini meslek haline getirmişlerdir.

<sup>7</sup> Muharrem Karslı, **Sermaye Piyasası Borsa Menkul Kıymetler**, İstanbul: Alfa Yayınları, 2003, s.220

<sup>8</sup> Karslı, **a.g.e.**, s.220

<sup>9</sup> Ferdağ Maden, “Vadeli İşlemler: Türkiye Vadeli İşlemler Piyasası Uygulaması”, İstanbul, 2003, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 4.

<sup>10</sup> Cengiz Gürbüz, “Hisse Senedi Endeksine Dayalı Futures İşlemleri”, İstanbul, 1998, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 3.

<sup>11</sup> VOB, “Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri”, (Çevrimiçi)

<http://www.baskent.edu.tr/~gurayk/intfinvob1.doc>, 04 Eylül 2006.

Özellikle Japonya'daki 1730 yılında Dojima Pirinç Piyasası<sup>12</sup> adı altında oluşan borsada, Japon feodal sisteminde toprak sahipleri, pirinç üretimlerini teminat göstererek, ekonomide para gibi kabul gören alındı sertifikaları (certificates of receipt) çıkarmışlardır. Pirinç fiyatlarındaki oynamalara göre sertifikaların değerlerinin değiştiği gözlenince, spekülörler ile birlikte ilk vadeli işlem piyasası meydana gelmiştir.<sup>13</sup> Fakat daha sonra özellikle fiyatlardaki dalgalanmaların etkisi ve ürünün fiyatı ile vadeli fiyatı arasındaki ilişkinin oldukça zayıflaması sebebiyle bu tarz işlemler yasaklanmıştır.

Avrupa'da ilk borsa 1487 tarihinde Anvers'te kurulmuş, 16. yüzyılda altın çağını yaşayan Hollanda'nın Amsterdam borsası bunun yerini almıştır. Aynı yüzyılın sonlarında ve müteakip yüzyıllarda Avrupa'nın diğer ülkelerinde de borsalar ortaya çıkmış ve bugünün büyük borsaları meydana gelmiştir. 16. Yüzyıl içinde Paris ve Londra; 17. Yüzyılda Berlin, Basel; 18. Yüzyılda Viyana, New York; 19. Yüzyılda Brüksel, Roma, Milano, Madrid, İstanbul, Tokyo borsaları kurulmuştur.

Söz konusu devirlere gelinceye kadar ellerindeki menkul kıymetlerin değiştirilmesi isteğinde bulunan kimselerin belli bir buluşma yeri bulunmamaktaydı. İşlemler çoğunlukla sokak ortasında yapılıyordu. Daha sonraları işlemlerin hacmi daha da genişleyince, bazı kahveler ve lokantalar, birkaç kişinin komisyon karşılığı olarak işlem yapmak amacı ile hazır bulunduğu yerler olmuştur. Böylece borsa işleri, zamanlar resmi bir nitelik almış ve işlerin yönetimi düzene sokulmak için bir takım kurallar ortaya konmuştur. New York'ta ilk alım satımların bir ağacın altında yapıldığı, daha sonra kapalı bir yere taşındığı söylenir.

Daha sonraları yine alıcı ve satıcının kendilerini koruması prensibi ile Amerika'da canlanan söz konusu işlemlerde bu sefer de alıcı veya satıcının fiyat değişimleri aleyhine olan tarafın yükümlülüğünü yerine getirmemesi durumu ile karşılaşılmaya başlanmıştır. Bunun üzerine 82 tüccar bir araya gelerek 1848 yılında tarımsal ürünlerin alıcı ve satıcılarının merkezi bir yerde işlem yapmaları ve aynı

---

<sup>12</sup> Mahmut Kayacık, "Opsiyon Piyasaları ve Opsiyonların Hedging Amaçlı Kullanımı", İstanbul, 2002, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 7.

<sup>13</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 177.

zamanda şehirde ticaretin gelişmesi amacıyla Chicago Ticaret Kurulu'nu (Chicago Board of Trade - CBOT) kurmuşlardır.<sup>14</sup>

Menkul kıymet borsaları asıl karakterlerini 19. Yüzyılda yatırım alanı arayan kapitalin çoğalması, anonim şirketlerin büyümesi, denizaşırı yatırımların ve deniz ticaretinin gelişmesi sonucunda kazanmışlardır. İşlerin genişlemesiyle borsada işlem yapanlar arasında ihtisaslaşma ve meslek dayanışması artmış, birlikler kurulmuş, hile ve dolandırıcılığa çok açık olan borsa işlemlerinin disiplin ve yatırımların güvence altına alınması gereği devlet müdahalesini, yasal düzenleme ve teşkilatlanmayı gerektirmiştir. İhtisaslaşma sonucunda da menkul kıymet borsaları ortaya çıkmıştır.”

15

Borsadaki kâğıtlarla yapılan ticaret bağışlanan kredinin bir elden ötekine aktarılması anlamına gelir. Dolaşan paranın hem ülke içinde hem de ülke dışındaki ödemelerde kullanılmasında ötürü borsa hem iç parasal hem de dış parasal kredileri ve metal parayı sağlayacak durumda olmalıdır. Dolayısı ile parasal kredi trafiğini bütünlüklü olarak tamamlama<sup>16</sup> açısından borsa ticaretin merkezi hâline gelir<sup>17</sup>. Her ân kullanıma hazır parasal sermaye, yatırım aramak ve bu yatırımı kredi kâğıtlarında kullanmak üzere borsayı kullanır. Bu bakımdan borsa, bir diğer temel kredi kurumu olan bankalarla rekabet hâlinindedir.

Bankaların gelişmesi borsaların elindeki tahvil portföyünün bir bölümünü çekip almıştır. Bankalardaki gelişme borsa trafiğini sınırlandırmada iki yönden etkili olmuştur: İlki bankalar giderek ellerindeki çoğalmakta olan parayı borsaların aracılığına bırakmadan bonolara daha büyük boyutlarla yatırabilmekte, ikinci olarak da bono ya da senet kredisi yerine kısmen başka kredi biçimleri uygulanmaktadır<sup>18</sup>.

<sup>14</sup> **Türev Araçlar Lisanslama Rehberi**, İzmir, VOB, 2006, s. 14.

<sup>15</sup> Karşlı, a.g.e., ss.221-223.

<sup>16</sup> Hem kredi hem de nakit biçiminde aktarılan yerli ve yabancı paralar anlamında

<sup>17</sup> Hilferding, Rudolf, **Finans Kapital – Birinci Kitap** (çev. Yılmaz Öner), Belge Yayınları, İstanbul, 2000., s. 211.

<sup>18</sup> Hilferding, a.g.e., s. 213.

Diğer yandan borsa büyük bankaların ve diğer büyük sermaye çevrelerinin aralarındaki para trafiği için de piyasa oluşturmaktan geri kalmaz<sup>19</sup>.

Borsaların gelişme tarz ve derecesini ülkelerin ekonomik ortam ve şartları belirler. Bu sebeple, borsaların gelişme dereceleri ve modelleri farklıdır. Fakat borsalar bazı ana tip ve modeller içinde sınıflandırılabilir.

Taşınır değerler borsası da iki ana kümeye ayrılır<sup>20</sup>:

- Borç senetleri (üzerinde yazılı para miktarının ödenmesini emreden kredi kağıtları)

Parasal bir tutarı değil, bir tutarın getirisini temsil eden kağıtlardır ki bunlar da ikiye ayrılır:

- sabit-faizli kağıtlar (örn. Devlet borç senetleri ve tahviller)
- temettü senetleri ve hisse senetleri.

Ticaret ve emtia borsaları her tür ticari emtia üzerinde işlemler yapılan borsalardır. Ticaret borsalarında işlem gören maddeler; şeker, pamuk, yün, vb. gibi toprak ve hayvan ürünleridir. Ayrıca yalnız bir maddede uzmanlaşmış borsalar da vardır. Örneğin Liverpool ve New York pamuk borsaları; Bremen, Londra ve New York'taki petrol borsaları gibi... Ticaret borsalarında işlem gören maddeler, numunelerle, tiplerle tespit ve standardize edilmiş maddelerdir. Dünyanın en önemli ticaret borsaları, New York, Chicago, Londra, Liverpool, Paris, Viyana, Amsterdam ve Rotterdam borsalarıdır.<sup>21</sup>

CBOT'ta ilk olarak spot ve vadeli işlemler yapılmaya başlanmıştır. Bu vadeli işlemler forward (ilerleyen bölümlerde açıklanacaktır) şeklinde oluşmuş, fakat belli bir vade sonunda teslimi kararlaştırılan mal tesliminin gecikmesi, ürün kalitelerinin standart olmaması, belirlenen vadede alıcı ve satıcının bir araya gelmemesi gibi

---

<sup>19</sup> Hilferding, a.g.e., s. 212.

<sup>20</sup> Hilferding, a.g.e., s. 209.

<sup>21</sup> Yetkin Sabri ve Serçe Erkan, **Kuruluştan Günümüze İzmir Ticaret Borsası Tarihi**, İTB Yayını, İzmir, 1998, s.9

birçok sorun yaşanmıştır. Bu sebeple 1860 yılında forward işlemleri futures işlemlerine dönüştürülmüştür.<sup>22</sup>

İlk futures işlemlerine karşı bazı ülkelerde hükümetler tarafından tepki de gösterilmiştir. Örneğin, Almanya’da çıkarılan bir yasa ile tahıl üzerine düzenlenen bütün futures sözleşmeler, 1896 ve 1900 yılları arasında yasaklanmıştır. Aynı şekilde ABD’de de bazı eyaletlerde futures işlemlerine karşı çıkmıştır. Illinois Meclisi 1867’de çıkardığı bir yasa ile futures işlemleri kumar olarak nitelenmiş ve futures işlemlere taraf olanları para ve hapis cezası ile cezalandırma kararı almıştır.<sup>23</sup>

1970’li yıllara kadar Amerika’da sadece tarımsal ürünler üzerine vadeli işlem sözleşmeleri işlem görmüştür. Altın dolar paritesi baz alınarak sabit tutulan kur sistemini getiren Bretton Woods sisteminin 1972 yılında terk edilmesi ile birlikte<sup>24</sup> döviz kurları ve faiz oranlarındaki değişim piyasa katılımcıları açısından risk oluşturmaya başlamıştır. Bu gelişme üzerine yıllardır tarımsal ürünlerde uygulanan vadeli işlem sözleşmeleri finansal araçlara da uygulanmaya başlanmıştır.<sup>25</sup> Bu gelişmeyi takiben mali kesimde giderek artan ihtiyaçları karşılamak üzere Chicago Ticaret Kurulu (CBOT), faiz oranlarına dayalı vadeli işlem sözleşmeleri hazırlamıştır.<sup>26</sup>

Bu gelişmelerin yanında 1970’li yıllara kadar istikrarlı seyreden tahvil faizleri yukarıda anlatılan nedenden ve yüksek enflasyondan dolayı önemli oranlarda değişiklik göstermeye başlamıştı. Bu sebeple faiz oranlarına dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin hazırlanması gereği duyulmuş olup ilk sözleşme CBOT’ta 1975 tarihinde Ginnie Mae sertifikaları üzerine yapılmıştır.<sup>27</sup> Bu zaman diliminde ayrıca hisse senedi opsiyonlarının işlem göreceği Chicago Opsiyon Borsası Kurulu kurulmuştur. 1973 yılındaki bu gelişme ile birlikte alım opsiyonları ile işlemler başlamıştır. Aynı sene hükümet tarafından vadeli işlemlere konu malların ticaretini

---

<sup>22</sup> Sadi Uzunoğlu, **Yeni Finansman Teknikleri**, İstanbul, Strata, 1998, s. 59.

<sup>23</sup> “Vadeli İşlem Piyasaları”, (Çevrimiçi)

<http://www.baskent.edu.tr/~gurayk/finpazcuma13.doc>, 09 Eylül 2006.

<sup>24</sup> **Türev Ürünler**, İstanbul, Garanti Bankası, s. 10.

<sup>25</sup> **Türev Araçlar Lisanslama Rehberi**, s. 15.

<sup>26</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 178.

<sup>27</sup> **Türev Ürünler**, s. 10.

düzenleyen komisyon da faaliyete geçirilmiştir.<sup>28</sup> 1977 yılında da satım opsiyonları işleme sokulmuştur.<sup>29</sup>

Bu zamandan sonra kaydedilen önemli gelişmeler aşağıda gösterilmiştir:<sup>30</sup>

- ABD’de 1976 yılında hükümet tahvilleri ve 1977 yılında uzun vadeli hazine bonoları üzerine vadeli işlem sözleşmeleri yapılmaya başlanmıştır.
- 1981 yılında Eurodollar sözleşmeleri Chicago Ticaret Borsası’nda (CME) işlem görmeye başlamıştır. Bu sözleşmelerde ilk defa fiziki teslimata dayalı uzlaşma şekli yerine parasal uzlaşma şekli kullanılmıştır.<sup>31</sup>
- Kansas’ta 1982 yılında hisse senedine bağlı ilk işlem gerçekleştirilmiştir. Aynı yıl S&P 500 endeksi üzerine yazılı vadeli işlem sözleşmeleri de işlem görmeye başlamıştır. Aynı yıl New York Borsası Endeksi de işlem görmeye başlamıştır.<sup>32</sup>
- 1982 yılında dövizde dayalı opsiyonlar, 1983 yılında da endekse dayalı opsiyonlar alınıp satılmaya başlanmıştır.
- 1984 yılında Amerika dışında ilk defa İngiltere’de FT-SE 100 Endeksi üzerine yazılı vadeli işlem sözleşmeleri LIFFE (London International Financial Futures Exchange) de işlem görmeye başlamıştır.<sup>33</sup>
- Dow Jones Sanayi Endeksi de 1996 yılında vadeli işlem piyasasında işlem görmeye başlamıştır.

Görüldüğü gibi günden güne büyük gelişmeler gösteren vadeli işlemler günümüzde oldukça önemli hacimlere ulaşmış durumdadır. 2004 yılı verilerine göre dünya borsalarında işlem gören vadeli sözleşmeler 1,14 Trilyon ABD dolarına

<sup>28</sup> CBOT, “Our History”, (Çevrimiçi) <http://www.cbot.com/cbot/pub/page/0,3181,942,00.html>, 04 Eylül 2006.

<sup>29</sup> Mağden, **a.g.e.**, s. 7.

<sup>30</sup> **Türev Ürünler**, s. 10-11.

<sup>31</sup> Tufan Özer, “Endekse Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmeleri ve Türkiye’de Uygulanabilirliği”, İstanbul, 2002, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 7.

<sup>32</sup> A.e.

<sup>33</sup> A.e.

ulaşmış durumdadır.<sup>34</sup> Bunun çok üzerinde de OTC’de işlem göre vadeli işlemler mevcuttur.

Ayrıca bu piyasalardaki çeşitlilik de zamanla artmış ve günümüzde aşağıdaki kapsamda vadeli işlemler gerçekleştirilebilmektedir:<sup>35</sup>

- Finansal araçlara dayalı işlemler
- Tarımsal ürünlere dayalı işlemler
- Metallere dayalı işlemler
- Enerjiye dayalı işlemler
- Yeni trendlere dayalı işlemler (terör, hava durumu, kağıt hamuru...)

Bundan sonraki bölümde Türkiye’deki gelişimden bahsedilmeye çalışılacaktır.

#### **1.1.1.2. Vadeli İşlemlerin Türkiye’deki Gelişimi**

İspanyadan göç eden Museviler, Osmanlı topraklarına gelerek, esnaf locaları şeklinde örgütlenmiş ve ilk borsayı oluşturmuşlardır. 16. ve 17. yüzyıllarda, Osmanlı Devleti tüm ihtiyaçlarını kendi kaynaklarından karşılayabilir durumda olduğundan, içerde birçok esnaf ve sanatkar yetişmiş, bunlar lonca adı altında esnaf dernekleri kurmuşlardır. Kendi aralarında meydana gelebilecek sorunların çözülmesi yollarını araştırmışlardır. Yazılı hiçbir tüzük ve yönetmelikleri olmadığından, loncalarda sözlü güvencenin yeterliliğine inanılmış ve verdiği sözü yerine getirmeyen esnafın, aralarında gelenek haline getirilmiş cezalara çarptırıldıkları, o dönemlerden kalma belge ve mektuplardan anlaşılmaktadır.<sup>36</sup>

1848 yılından ilk dış borcun alındığı 1854 yılına kadar Osmanlı Devletinin dış ticareti, tarihinin en krizli günlerini yaşayarak ve geri kalan tüm altın ve gümüş stoku

<sup>34</sup> Hamdi Bağcı seminer notları, “Vadeli İşlem Piyasalarının İşleyişi ve VOB”, Türkiye İhracatçılar Meclisi, 19 Ağustos 2005, s. 9.

<sup>35</sup> İhsan Ersan seminer notları, “Vadeli İşlemler ve Türev Ürünler”, 23 Mart 2006, s. 10.

<sup>36</sup> Ziya Kazım, “Borsa Rehberi 1928”, IMKB Yayınları; Borsa Tarihi Araştırmaları; İstanbul 1990, M.Ü Matbaa Birimi, s. 2

elden çıkarılarak ancak sürdürülebilmiştir<sup>37</sup>. 1854 yılında Kırım Savaşını finanse edebilmek için çıkarılan tahviller, ilk kez birinci elden yurt dışına da satılmış, daha sonra Devletin çeşitli amaçlarla çıkardığı tahviller ve Ülkelerde faaliyet gösteren yabancı şirketlerin, özellikle şimendifer, elektrik, gaz ve tramvay şirketlerinin tahvil ve hisse senetleri, piyasada alınıp satılmıştır.

Hisse senedi işlemleri birçok kayıtlara ve yükümlülüklerle bağlı olduğundan ve bu nedenle dolaşımda kolaylık sağlamadığından, 1864 yılında devletin iç borçlarının esas ve biçimi değiştirilmiş, özel durumlarda yapılan iç borçlanma karşılığında çıkarılmış bulunan hazine bonoları ve tahvillerin derecesine uyan karşılıklarla değiştirilmesi, nama yazılı senet ve tahvilleri, yavaş yavaş ortadan kaldırmış ve onların yerine hamiline yazılı hisse senetleri getirilerek, bunlara sahip olmada ve devir işlemlerinde istenen kolaylık sağlanmıştır.

1874 yılında, “İstanbul Esham Borsası Talimatı” adı altında, resmi tüzük yayınlanarak, borsa işlemlerinin denetim ve gözetim görevi, yeni oluşturulan ve Maliye Bakanlığına bağlı olarak görev yapacak olan Borsa Komiserliğine verildi. Osmanlı Borsası bu suretle, “Dersaadet Tahvilat Borsası” adı ile resmîlik kazanarak, işlemler bu Tüzüğe göre yürütüldü. Bu yıllarda menkul kıymetler üzerine yapılan işlemler, o yönde oluşmuş bir örgüte gerek duyulacak şekilde önemli olmadığından, borsa işlemleri beklenen sonuca ulaşamamıştır<sup>38</sup>.

1886 yılında “Borsa Talimatnamesi” adı ile yeni bir Tüzük yayınlanmış ve ticaret borsaları hakkında da bazı hükümler getirilmiştir. 1906 yılında Tüzüğün değiştirilmesi gerekli görülerek, “Esham ve Tahvilat Borsası Nizamnamesi” yürürlüğe kondu. Tüzüğe birçok yenilikler konularak, yabancıların Borsaya üye olmaları önendi, komiserin yetkileri genişletildi ve o döneme kadar Hükümetle ilgileri bulunmayan Borsa memurları Devlet Kadrosuna alındı<sup>39</sup>.

<sup>37</sup> Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Kurumu Raporu; Döviz kazandırıcı Faaliyetlerin Teşviki Politikaları; Ankara 1990 s.2

<sup>38</sup> Çapanoğlu Mustafa Birol, "Sermaye Piyasası Özelleştirme Uygulamaları ve Menkul Kıymet Borsaları", Beta Basım Yayım Dağıtım, İstanbul 1993, a.g.e s.136

<sup>39</sup> Çapanoğlu, a.g.e s.138

Birinci Dünya savaşının çıkması ile birlikte, başlangıçta cephelerden iyi haberler geliyordu. Bu nedenle, hisse senedi ve tahvillerin piyasa fiyatları sürekli artıyordu. Fakat borsa üyelerinin de zorunlu askere alınmaları ve durumun yenilgiye dönüşmesi nedeni ile mubayaacılar, sonuçta büyük zararlara uğramıştır. Balkan ve Birinci Dünya Savaşları nedeni ile İmparatorluğun parçalanması, azınlıkların değişime tabi tutulması ve Levantenlerin göçü nedeni ile Ülkemizdeki bu ilk sermaye piyasası sönümlenmiştir.

Cumhuriyetin ilanından sonra, 1923 yılında Ulusal Hükümet tarafından düzenlenerek yayınlanan ek Tüzük, mubayaacıların sayısını altmış olarak sınırlamış ve borsa üyelerini asıl ve fahri üye olarak ikiye ayırmıştı. Acente, simsar ve coberlerden oluşan asıl üyelerin, Türk uyruklu olmaları esas koşul olarak kabul edilmişti.

Türkiye Cumhuriyeti sınırları içinde kurulan ilk borsada, borsa işlemleri, kambiyo-hisse senedi ve tahvil işlemleri olarak iki bölüme ayrılmış ve bu bölümler, birer başkatibin yönetimine verilmiştir<sup>40</sup>. 1936 yılında “Türk Piyasasının Kıymetini Koruma Kanunu”nun çıkması ile getirilen sıkı kambiyo kontrolünün, genellikle yabancı şirketleri menkul kıymetleri üzerine ve Avrupa borsalarına bağlı olarak alışan İstanbul Borsasını, iş yapamaz duruma getirdiğı de söylenmektedir<sup>41</sup>.

Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı’nda, gayrimenkul yatırımlarına yönelik fonların ve küçük tasarrufların, sanayi kesimine kaynak teşkil etmesini sağlamak için ve sonuç olarak, sermaye piyasasının kurulmasına yardımcı olacağı belirtilmiştir<sup>42</sup>.

1967 yılında “Sermaye Piyasasının Tanzim ve Teşviki hakkında Kanun Tasarısı” hazırlanarak, Başkanlık tarafından TBMM’ye gönderilmiş, kurulan geçici komisyon, 1969 yılında bir rapor hazırlayarak TBMM’ne göndermiş, fakat yasama dönemi sona erdiğinden, yine görüşülememiştir.<sup>43</sup>

---

<sup>40</sup> Çapanoğlu, a.g.e s.140

<sup>41</sup> Karşı,a.g.e s.221

<sup>42</sup> Devlet Planlama Teşkilatı, “Birinci Beş Yıllık Kalkınma Planı”, s.121

<sup>43</sup> Çapanoğlu,a.g.e. s.141

1980 yılında alınan 24 Ocak kararlarından sonra finansal liberalizasyon sürecine giren Türkiye’de söz konusu tarihe değin vadeli işlemler ile ilgili herhangi bir gelişme olmadığını söylemek yanlış olmayacaktır. Bunun sebebi temelde fiyat değişikliklerine dayalı olan vadeli piyasalar için gerekli şartlar oluşturulmamış olmasıdır.<sup>44</sup> Örneğin, faizler sabit, döviz dolaşımı yasak, hisse senetleri borsası henüz kurulmamış ve emtia fiyatları devlet tarafından açıklanıyordu. Fakat tarihi 24 Ocak kararlarından sonra belirtilen bu finansal araçlarda serbestiye gidilmiş ve 1986 yılında da IMKB’da ilk hisse senedi işlemleri yapılmaya başlanmıştır.<sup>45</sup>

28.7.1981 tarihinde, Sermaye Piyasası Kanunu kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Kanunun yürürlüğe girmesi ile tahvil ihracında Merkez Bankasından izin alınmasına gerek olmayacağı, tahvillerin, faiz, miktar ve satış şartlarını saptamaya, Sermaye piyasası kurulunun yetkili olduğu belirtilmekle beraber, Sermaye Piyasası Kurulunun, Merkez Bankasının alacağı kararlara uyması ilkesi getirildiğinden, Merkez Bankasının, sermaye piyasası ile ilgili tüm görevleri sona erdirilmemiş oldu.<sup>46</sup>

Menkul Kıymet Borsalarının kuruluş ve çalışmalarına ilişkin temel hükümler, 6.10.1983 tarih ve 18313 sayılı resmi gazetede yayınlanan 91 sayılı Kanun Hükmünde Kararname ile düzenlenmiştir. Bu kanun hükmünde kararnamenin amacı, menkul kıymetlerin güven ve istikrar içerisinde işlem görmesini sağlamak, kuruluş, yönetim ve çalışma esaslarını saptamak, denetlenmesini düzenlemek ve sermaye piyasasının ekonomik gelişmede etkin bir rol oynamasını sağlamaktır.<sup>47</sup>

Menkul Kıymetler borsalarının yönetimi, bir yönetim kurulu ile birlikte, tayin edilen bir borsa başkanı marifeti ile yürütülür. Borsada işlem yapmaya yetkili kişiler, Sermaye Piyasası Kanunu ile işlem yapmalarına izin verilen gerçek ve tüzel kişiler olup Borsa, Sermaye Piyasası Kurulunun gözetim ve denetimi altındadır. Borsa

---

<sup>44</sup> Mağden, a.g.e., s. 58.

<sup>45</sup> IMKB, “İMKB’nin Kuruluşundan İtibaren Önemli Gelişmeler” (Çevrimiçi) <http://www.imkb.gov.tr/genel/gelismeler.htm>, 05 Eylül 2006.

<sup>46</sup> Mecit Eş, “Kuruluş Döenminde Türkiye Sermaye Piyasası (Gelişmeler-Sorunlar)”, Kütahya 1989, s.28

<sup>47</sup> Çapanoğlu,a.g.e s.181

üyeleri, yönetmeliğe göre, yatırım ve kalkınma bankaları, diğer bankalar, aracı kurumlar ve borsa komisyoncusu gerçek kişiler olarak dörde ayrılmıştır.<sup>48</sup>

Borsa üyesi olabilmek için, yatırım ve kalkınma bankalarının ve bankalar kanununa göre, Türkiye’de faaliyette bulunan bankaların borsada işlem yapmak üzere Sermaye Piyasası Kurulu’ndan izin almaları gerekmektedir. Aracı kurumlarında, SPK’dan “Borsa Bankerliği Belgesi” almış olmaları, gerekli niteliklere sahip ve SPK tarafından öngörülen miktarda sermayeye haiz olmaları gerekmektedir. Gerçek kişilerin borsa üyesi olabilmesi de, Borsa Yönetim Kurulunun teklifi ve SPK’nin onayı ile borsa bankerliği belgesi almış olmalarına bağlıdır.

Türkiye’deki borsa üyeleri arasında, dış ülkelerde olduğu gibi, fonksiyonel bir farklılaşmaya gidilmemiştir. Diğer ülkelerdeki uygulamaların aksine olarak, aracılık fonksiyonu ile menkul kıymetler için Pazar oluşturma fonksiyonları birleştirilmiştir. Bankalara ağırlık verilmek sureti ile kurumsallaşma sağlanmak istenmiştir. Ayrıca aracı kurum ve borsa komisyoncularının faaliyetleri düzenlenmiş ve sermaye sınırları getirilmiş olmasına rağmen, bankaların, menkul kıymetler birimlerine, herhangi bir sermaye koşulu getirilmemiştir.<sup>49</sup>

Finansal araçların işlem hacmini artmaya başlaması ve döviz ile faizlerde yaşanan dalgalanmalar ile beraber yatırımcılar ve ticaret ile uğraşanların kendilerini ilerleyen zamanlardaki risklere karşı korumaları amacıyla bazı düzenlemelere gerek duyulmuştur.

Öncelikle 1989 tarihinde alınan 32 sayılı kararda belirtilen “Bankalar döviz ve kıymetli madenlere dayalı vadeli işlem ve opsiyon sözleşmesi yapabilirler. Döviz ve kıymetli madene dayalı vadeli işlem ve opsiyon sözleşmeleri dâhil sermaye piyasası mevzuatına göre düzenlenmiş her türlü türev araçlarının alım satımı Sermaye Piyasası Kurulu tarafından yetkilendirilmiş aracı kuruluşlarca Sermaye Piyasası mevzuatı çerçevesinde teşkilatlanmış borsalarda gerçekleştirilir.”<sup>50</sup> hükmü

---

<sup>48</sup> Çapanoğlu, a.g.e s.182

<sup>49</sup> Ünal Bozkurt, “Menkul Kıymet Yatırımlarının Yönetimi; Yön Ajans, İstanbul 1988 s.31

<sup>50</sup> 1989 tarihli **TPKK Hakkında 32 Sayılı Karar**, m.6

ile bu işlemlere bir çerçeve oluşturulmuş ve devamında geçen “vadeli döviz alım satımına ilişkin düzenlemeleri yapmaya Merkez Bankası yetkilidir”<sup>51</sup> hükmü ile de bu yetki TCMB’ye verilmiştir.

1990 yılından itibaren forward işlemlerden peşin tahsil edilmeye başlanan stopaj ve %0,1 kambiyo vergileri nedeniyle tamamen durma noktasına gelmiştir.<sup>52</sup> 1994 yılında, İMKB bünyesinde vadeli işlemler piyasası müdürlüğü oluşturulmuştur.<sup>53</sup> Türkiye’de ilk organize vadeli işlem piyasası “vadeli işlem ve opsiyon borsalarının kuruluş ve çalışma esasları hakkında yönetmelik” ile birlikte 1997 yılında Altın Borsası bünyesinde açılmıştır.<sup>54</sup> Döviz üzerine futures sözleşmelerine ise 2001 yılında İstanbul Menkul Kıymetler Borsası bünyesinde başlanmıştır.<sup>55</sup> Yapılan çalışmalar sonucunda 15 Ağustos 2001 tarihinde döviz (Amerikan Doları) üzerine vadeli işlem sözleşmeleri işlem görmeye başlamış<sup>56</sup> olup daha sonra Türkiye’nin ilk vadeli işlemler borsası da İzmir’de 19 Ekim 2001 tarihli Bakanlar Kurulu kararı ile kurulmuş<sup>57</sup> ve 04 Şubat 2005 tarihinde de faaliyete başlamıştır. Bu borsada ilk aşamada aşağıda belirtilen ürün sözleşmeleri işleme açılmıştır:<sup>58</sup>

- Pamuk , Buğday ve Altın
- Döviz (YTL / USD, YTL / EURO)
- Faiz (91 ve 365 gün vadeli Hazine Bonosu faiz oranı ve G-DİBS)
- İMKB 30 Endeksi
- İMKB 100 Endeksi (Kasım 2005’ten itibaren)

---

<sup>51</sup> 1989 tarihli **TPKK Hakkında 32 Sayılı Karar**, m.6

<sup>52</sup> **Türev Ürünler**, s. 11.

<sup>53</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 179.

<sup>54</sup> İstanbul Altın Borsası, “İAB Kronolojisi” (Çevrimiçi)  
<http://www.iab.gov.tr/turkish/krono.php>, 05 Eylül 2006.

<sup>55</sup> **Türev Ürünler**, s. 11

<sup>56</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 179.

<sup>57</sup> VOB, “Giriş”, (Çevrimiçi)

<http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/DesktopDefault.aspx?tabid=100>, 05 Eylül 2006.

<sup>58</sup> Ersan, **a.g.e.**, s. 14.

Yukarıda açıklanan vadeli işlem sözleşmelerinin yanında ülkemizde organize piyasalarda işlem görmeyen ve bankalar tarafından müşterilerine pazarlanan birçok vadeli işlem mevcuttur. Örneğin ithalatçılara ilerleyen dönemlerde yapacakları döviz ödemeleri ile ilgili kurları sabitlemek yolunda kayda değer hacimlerde işlemler yapılmaktadır.

### **1.1.2. Vadeli İşlem Çeşitleri**

Türkiye’de ve dünyada vadeli işlemler temelde aşağıdaki araçlar ile yapılabilmektedir:

- Forward işlemleri
- Futures işlemleri
- Opsiyon İşlemleri
- Swap İşlemleri

Bu bölümde söz konusu araçlar hakkında bilgi verilmeye çalışılacaktır.

#### **1.1.2.1. Forward İşlemleri**

Forward işlemler vadesi, miktarı ve fiyatı önceden belirlenmiş bir menkul kıymetin veya herhangi bir malın ileri bir tarihte teslimini öngören anlaşmalardır. Forward işlem ile belirli bir malı, menkul değeri veya dövizini belli bir tarihte, anlaşmanın yapıldığı tarihte belirlenen fiyattan alımı veya satımı öngörülmektedir.<sup>59</sup>

Forward anlaşmanın vadesi ve tutarı, alıcı ve satıcı arasında pazarlık yapılarak belirlenir. Bunların en önemli özelliği taraflar arasında karşılıklı görüşme sonucu ve ihtiyaca göre özel tasarlanan ürünler olmasıdır. Forward döviz kurları genellikle 30, 60, 90 gün vadeli veya 3, 6, 9, 12 aylık olarak yapılabilmektedir.<sup>60</sup>

Forward anlaşmaları yapılmasındaki amaç özellikle döviz kuru değişimlerine karşı korunmak veya spekülasyon yapmaktır. Forward olarak açıklanan kurlar spot

---

<sup>59</sup> Mağden, a.g.e., s. 14.

<sup>60</sup> Mehmet Takan, **Bankacılık Teori, Uygulama ve Yönetim**, İstanbul, Nobel, 2001, s. 696.

kurlardan oldukça farklı olarak belirlenmektedir. Buna göre spot kurlar serbest bir ekonomide tamamen piyasa dinamikleri, iç ve dış gelişmeler ile makro ve mikro değişimler sonucunda dalgalanabilmektedir. 2001 yılının Şubat ayından itibaren ülkemizdeki durum da böyledir. Fakat forward kurlar, tamamen faiz oranlarındaki farklılıklarla bakarak belirlenmektedir. Bu sebeple forward kur denilince bir paranın yabancı paralar karşısındaki gelecekteki değeri anlamına gelmektedir.<sup>61</sup>

### 1.1.2.2. Futures İşlemleri

Futures anlaşmalar yukarıda anlatılan forward işlemlerden farklı olarak belli bir standarttaki belli bir ürünün, ileri tarihte sözleşmenin yapıldığı anda sabitlenen bir fiyat üzerinden teslim edilmesi veya teslim alınması taahhüdünü içeren bir sözleşmedir.<sup>62</sup> Birbirlerine mantık olarak oldukça fazla benzeseler de futures işlemler organize borsalarda işlem görürken, forward işlemler OTC’de alınıp satılmaktadırlar.<sup>63</sup>

Bu tür işlemlerde bahsedilen standartlardan aşağıda söz edilmektedir:<sup>64</sup>

- **Sözleşmeye Konu Ürün/Menkul Kıymet/Finansal Gösterge:** Vadeli işlem sözleşmesinin üzerine düzenlendiği pamuk/hisse senedi/endeks gibi ürünler.
- **Sözleşmenin Vadesi:** Sözleşmeye konu ürünün nakit uzlaşmasının veya fiziki takasının yapılacağı zamandır. Genellikle standart vadeler; Ocak, şubat ve Mart döngüleri olarak belirlenmekle birlikte, bu konuda farklı ülkelerde farklı uygulamalar olabilmektedir.
- **Sözleşme Büyüklüğü:** Sözleşmeye konu ürünün standartlaştırılmış minimum işlem miktarıdır.
- **Teslim şekli:** Vade sonunda teslimatın fiziki teslim veya nakit uzlaşma yöntemlerinden hangisi yoluyla yapılacağını ifade eder.

<sup>61</sup> Uzunoğlu, a.g.e., s. 52-53.

<sup>62</sup> Mağden, a.g.e., s. 15.

<sup>63</sup> Takan, a.g.e., s. 702.

<sup>64</sup> Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları, s. 48.

- **Uzlaşma Fiyatı:** Sözleşme türü bazında belirlenen ve hesap bazında günlük kar/zarar ve teminat yükümlülüklerinin hesaplanmasında kullanılan fiyattır.
- **Son işlem Günü:** Vadeli işlem sözleşmesinin vade bitiminden önce işlem yapılabilen son işgünüdür.
- **Teminat Oranları:** Vadeli işlem sözleşmesinde pozisyon alanların, işlemin başlangıcında ve pozisyon tutulurken hesaplarında bulundurmaları gereken başlangıç ve sürdürme teminat oranlarıdır.
- **Fiyat Adımları:** Vadeli işlem sözleşmesinde, sözleşme fiyatında gerçekleşebilecek en küçük fiyat hareketidir.
- **Günlük Fiyat Hareket Limitleri:** Vadeli işlem sözleşme fiyatının bir gün içinde aşağı veya yukarı doğru hareket edeceği fiyat bandıdır.
- **Pozisyon Limitleri:** Vadeli işlem sözleşmesinde bir firmanın veya hesabın sahip olacağı maksimum pozisyon sayısıdır.

Futures sözleşmeleri kendi içerisinde dört farklı şekilde işlem görebilmektedir. Bunlardan aşağıda bahsedilmektedir:<sup>65</sup>

- **Döviz Futures Sözleşmeleri:** Hak sahibine gelecekte belirli bir tarihte önceden belirlenmiş bir kur üzerinden belirli bir tutarda döviz alım ve satım yükümlülüğü getiren standart bir sözleşmedir.
- **Faiz Futures Sözleşmeleri:** Hak sahibine faiz sağlayan veya taşıyan belli tutardaki varlığı önceden tespit edilmiş fiyat üzerinden gelecekte belirli bir tarihte alma veya satma taahhüdü getiren standart bir sözleşmedir.
- **Endeks Futures Sözleşmeleri:** Hak sahibine belli bir borsa endeksi ile değeri belirlenen portföyün ileri tarihte fiyatı bugünden belirlenmek şartıyla alım ve satım yükümlülüğü getiren standart bir sözleşmedir.

---

<sup>65</sup> Takan, **a.g.e.**, s. 704-707.

- Emtia Futures Sözleşmeleri: Hak sahibine belli emtianın ileri tarihte fiyatı bugünden belirlenmek şartıyla alım ve satım yükümlülüğü getiren standart bir sözleşmedir.

Vadeli İşlem sözleşmelerinin teorik fiyatlamasının yapılması da aşağıdaki formüller ile gerçekleştirilmektedir.<sup>66</sup>

### **Vadeli Döviz İşlemleri**

Aşağıdaki formül göstermektedir ki, döviz vadeli işlem sözleşmesinin teorik fiyatı, sözleşmeye konu ürünün spot piyasa fiyatı ve yerel paranın faiz oranı arttıkça yükselirken, yabancı ülke parasının faiz oranı arttıkça düşmektedir.

$$V = S \times [(1+r_{YTL})/(1+r_{USD})]$$

Bu formülde geçen;

**S:** Spot döviz fiyatını,

**r<sub>YTL</sub>:** YTL faiz oranını,

**r<sub>USD</sub>:** USD faiz oranını göstermektedir.

Yukarıdaki formülde geçen ülke faizleri arasındaki ilişki döviz vadeli işlem sözleşmelerinde taşıma maliyeti olarak söylenebilmektedir.<sup>67</sup>

---

<sup>66</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 186-187.

<sup>67</sup> Ersan, **a.g.e.**, s. 17.

## **Vadeli Faiz İşlemleri**

Aşağıdaki formülde varlığın finansman maliyetinden, vadeye kadar elde edilecek faiz getirisinin çıkarılması suretiyle elde edilebilecek fiyat gösterilmektedir.

$$V = (S-I) \times e^{rt}$$

Bu formülde geçen;

**S:** Spot faiz oranını,

**I:** Vadeli sözleşme boyunca ödenen kuponların bugünkü değeri.

**t:** Vadeli sözleşme vadesi dolana kadar geçen zaman

**r:** Birim zaman aralığına uygulanacak risksiz faiz oranıdır.

## **Vadeli Endeks İşlemleri:**

Aşağıdaki formülden de anlaşılabileceği gibi endeks vadeli işlem sözleşmesinin teorik fiyatı, sözleşmeye konu ürünün spot piyasa fiyatı ve faiz oranı arttıkça yükselirken, temettü miktarı arttıkça düşer.

$$V = S \times (1 + r \times (T-t)/365) - D$$

**S:** Spot piyasa değeri

**T:** Sözleşmenin vade sonu tarihi

**r:** Risksiz faiz oranı

**D:** Gelecekte elde edilecek temettülerin şimdiki değeri

**T-t:** Vadeye kalan gün sayısı

### **Vadeli Emtia İşlemleri:**

Aşağıda belirtilen formülden de anlaşıldığı gibi faiz oranı arttıkça ve vadeye ne kadar uzak olunursa fiyat o nispette artmaktadır.

$$V = ( S \times ( 1 + ( r \times (T-t) / 365 ) ) )$$

**S:** Spot piyasa değeri

**r:** Faiz oranı

**T-t:** Vadeye kalan gün sayısı

### **1.1.3. Opsiyon İşlemleri**

Opsiyonlar, alan tarafa üzerinde opsiyon yazılan mal veya kıymeti gelecekte belirli bir tarihte veya tarihe kadar, belirli bir fiyattan, belirlenen miktarda alma veya satma hakkı sağlayan sözleşmelerdir.<sup>68</sup> Genel olarak satın alma (call option) ve satma opsiyonları (put option) şeklinde ikiye ayrılan opsiyonlar hamiline yazılı birer hak olarak bilinmektedir.<sup>69</sup> Bu opsiyonların nasıl işlediği aşağıda açıklanmıştır:<sup>70</sup>

- Call opsiyonu satın almak: Borsada bir prim ödemek suretiyle belirli bir kullanım fiyatından belirli bir miktarda bir kıymeti belirli bir vadede veya öncesinde satın alma hakkı sahibi olmak.
- Call opsiyonu satmak: Borsada anlaştığı primi tahsil etmek suretiyle belirli bir kullanım fiyatından belirli bir miktarda bir kıymeti belirli bir vadede veya öncesinde satma yükümlülüğü bulunmak.
- Put opsiyonu satın almak: borsada anlaştığı primi ödemek etmek suretiyle belirli bir kullanım fiyatından belirli bir miktarda bir kıymeti belirli bir vadede veya öncesinde satma hakkına sahip bulunmak.

---

<sup>68</sup> Mağden, a.g.e., s. 24.

<sup>69</sup> Uzunoğlu, a.g.e., s. 52-53.

<sup>70</sup> Türev Ürünler, s. 82.

- Put opsiyonu satmak: Borsada anlaştığı primi tahsil etmek suretiyle belirli bir kullanım fiyatından belirli bir miktarda bir kıymeti belirli bir vadede veya öncesinde alma yükümlülüğü bulunmak.

Opsiyonları bir başka şekilde de kendi arasında ikiye ayırabiliriz:<sup>71</sup>

- **Avrupa Tipi Opsiyonlar:** Opsiyonu alan tarafın, sözleşmeye konu mal veya kıymeti satın alma veya satma hakkını sadece vade sonunda kullanmasını sağlayan opsiyonlardır.

- **Amerikan Tipi Opsiyonlar:** Vade sonu da dâhil olmak üzere opsiyon alıcısına istediği zaman hakkını kullanma imkanını sağlayan opsiyonlardır.

Opsiyonların tanımından ve türlerinden de anlaşılabileceği gibi bu sözleşmelerin beş temel özelliği bulunmaktadır:<sup>72</sup>

- Opsiyon türünün belirlenmesi (alım - satım)
- Teslim edilecek malın belirlenmesi
- Malın fiyatının belirlenmesi
- Malın miktarının belirlenmesi
- Opsiyon sahibinin bu hakkını kullanacağı zaman aralığının belirlenmesi

Opsiyonların yatırımcılara maliyeti bunlar için ödenen primlerdir. Bu primler, satıcının kontratı düzenlemekle opsiyon dönemi boyunca karşılaştacağı riske karşın talep ettiği bedellerdir. Prim, kontrattaki döviz tutarının veya uygulama fiyatının belli bir yüzdesi olarak belirtildiği gibi, bir birim döviz cinsi (yabancı para) karşılığı ödenmesi gereken Amerikan Doları olarak da ifade edilmektedir. Opsiyon primi,

---

<sup>71</sup> **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları**, s. 49.

<sup>72</sup> Burçin Bölükbaş, “Opsiyon Sözleşmeleri Fiyatlandırma Modelleri”, İstanbul, 2003, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 4.

alıcı tarafından kontrat satın alındığında peşin ödenir.<sup>73</sup> Bu prim temel olarak aşağıdaki unsurlardan etkilenmektedir.<sup>74</sup>

- Sözleşmeye konu olan kıymetin spot piyasa fiyatı
- Kullanım fiyatı
- Opsiyonu işleme koymanın son gününün tarihi
- Sözleşmeye konu kıymetin fiyat değişkenliği
- Risksiz faiz oranı

Konunun daha iyi anlaşılması açısından aşağıdaki örneğe göz atmakta fayda bulunmaktadır.

#### **Örnek-1:**

ABC kurumu IMKB 30 endeksinde işlem gören SAHOL hisse senedine yatırım yapmak istemektedir. Fakat ileride oluşabilecek olan olumsuzluklara karşı bugünden makul ölçüde korunma ihtiyacı içindedir. O sebeple 1.000 lot SAHOL hissesini tanesini 6,1 YTL'den almadan bu işlemin %2'si olan opsiyon primini ( $6,1 \times 1.000 \times 0,2 = 122$  YTL) ödeyerek 2 ay sonra aynı fiyattan satın alma hakkı (call option) almıştır. Bu durumda;

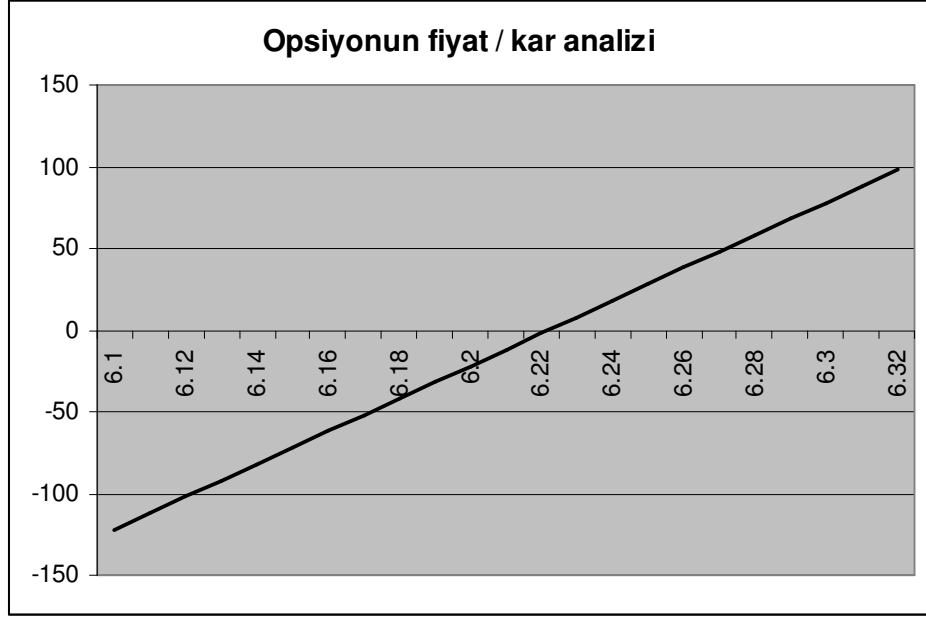
- Eğer SAHOL hissesinin fiyatı 7,0 YTL olursa,  $(7,0 - 6,1) \times 1.000 = 900$  YTL hisse değer artış kazancı elde edilecek ve opsiyon primi düşüldüğünde  $900 - 122 = 778$  YTL kar elde edildiği için bu opsiyon kullanılacaktır.
- Fakat ilgili hissenin fiyatı 6,1 YTL'nin altına inerse opsiyon kullanılmayacak ve zarar opsiyon primi ile sınırlı kalacaktır.

<sup>73</sup> Tülin Akkum, "Döviz Opsiyonları ve Opsiyon Fiyatlama Modelleri", **İ.Ü. İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt:XXIX, Sayı: 1, Nisan 2000, s. 47.

<sup>74</sup> Meda Çiğdem Ural, "Futures ve Opsiyon Piyasaları ve Türkiye'ye Uygulanabilirliği", Ankara, 1998, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 90.

- Son olarak hissenin fiyatı 6,22 YTL olması durumunda (fiyat adımları ihmal edilmiştir) başa baş noktası yakalanmış olacak ve opsiyonun kullanılıp kullanılmaması tamamen yatırımcının kararına kalacaktır.

Yukarıdaki bulgular aşağıdaki grafikte daha da net olarak görülebilecektir.



**Şekil 1.** Opsiyonun Fiyat / Kar Analizi

Görüldüğü gibi opsiyonlar bir çeşit zarar sigortası gibi çalışmaktadırlar. Bu aşamadan sonra vadeli işlem sözleşmelerinin karşılaştırılmasına değinilecektir.

#### **1.1.4. Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Karşılaştırılması**

Buraya kadar temel vadeli işlem sözleşmelerinden bahsedilmeye çalışılmıştır. Fakat bunların aralarında bazı temel farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar aşağıdaki tabloda gösterilmiştir.

**Tablo 1: Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Karşılaştırılması**

| <b>Temel Özellikler</b>           | <b>Forward</b> | <b>Futures</b> | <b>Opsiyon</b>       |
|-----------------------------------|----------------|----------------|----------------------|
| Riskten Korunma Aracı             | Evet           | Evet           | Evet                 |
| Standardizasyon                   | Hayır          | Evet           | Evet                 |
| İşlem Görme yeri                  | OTC            | Borsa          | OTC ve Borsa         |
| Fiziki Teslimat                   | Evet           | Genelde hayır  | Hak kullanılırsa var |
| Teminat Zorunluluğu               | Yok            | Var            | Satıcı için var      |
| Vadeye Kadar nakit akışı          | Yok            | Var            | Satıcı için var      |
| Kredi riski                       | Var            | Yok            | Yok                  |
| Kaldıraç etkisi                   | Önemi yok      | Var            | Var                  |
| <b>Hak ve yükümlülük ilişkisi</b> | Var            | Var            | Yok                  |

(Kaynak: **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları**, s. 47.)

Yukarıdaki tablodan da anlaşılabileceği gibi temelde birer korunma aracı olan vadeli işlem sözleşmelerinin organize borsalarda işlem görebilmesi için standardize edilmiş olmaları bir şarttır. Fakat bu şart forward işlemleri gibi OTC de işlem gören menkul kıymetler için geçerli değildir. Çünkü bölümün en başında yapılan piyasa ayırımında da bahsedildiği gibi OTC’de işlem gören menkul kıymetler organize olmayan bir piyasada standartları olmayan sözleşmelerin satın alınması ile ilgilidir. Buna örnek olarak bir bankanın müşterisine aktifindeki hazine bonosunu satarken karşılıklı pazarlık yapması gösterilebilir.

Diğer önemli ayrım da fiziki teslimattır. Organize olmayan borsalarda yapılan forward işlemlerinde teslimat genellikle fiziksel olarak yapılırken futures işlemlerinde genellikle nakit uzlaşma şeklinde yapılmaktadır.

### **1.1.5. Swap İşlemleri**

Swap işlemi denildiğinde; belirli bir miktar ve nitelikteki para, döviz, altın, mali araç, alacak, mal gibi varlıklarla; yükümlülüklerin, önceden belirlenen fiyat ve koşullara göre, gelecekteki bir tarihte ve banka şeklinde organize olan bir piyasada değiş-tokuşunu kapsamına alan vadeli bir işlem akla gelmelidir.<sup>75</sup>

<sup>75</sup> E.Savaş Başçı, “Vadeli İşlem Piyasası Aracı Olarak Swap’ın İşleyişi Ve Finansal Piyasalardaki Kullanımları”, **2003 Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi**, C.XI, No:12, s. 19.

Görüldüğü gibi bir swap işleminde temelde değiş tokuş yatmaktadır. Bu sebeple yukarıda anlatılan finansal araçlardan daha farklı bir statüsü bulunan ve ilerleyen bölümlerde vadeli işlem sözleşmelerinin içinde değerlendirilmeyecek olan Swap işlemleri temelde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilir:

- Döviz swapı: Bir gerçek veya tüzel kişinin ilerleyen dönemlerde döviz fiyatları hakkındaki değerlendirmeleri sonucu evvelce sahip olduğu belirli bir döviz cinsinden ödemeli bir yükümlülüğünü diğer bir gerçek veya tüzel kişinin elindeki başka bir döviz cinsinden ödemeli bir yükümlülük ile değiştirmek istemesidir. Bunun tersi de mümkündür.<sup>76</sup>

- Faiz oranı swapı : Bir gerçek veya tüzel kişinin ilerleyen dönemlerde faiz oranları hakkındaki değerlendirmeleri sonucu evvelce sahip olduğu sabit faiz ödemeli bir yükümlülüğü diğer bir gerçek veya tüzel kişinin elindeki değişken oranlı yükümlülük ile değiştirmek istemesidir. Bunun tersi de mümkündür.<sup>77</sup>

Bu işlemlerden döviz swapı 1960'lı yıllarda İngiltere'de uygulanmaya başlanmıştır. Faiz oranı swapı ise 1981'den itibaren uygulanmaya başlanmış ve oldukça geniş bir uygulama alanı bulmuştur.<sup>78</sup> Çünkü bir çok firmanın yanı sıra, Dünya Bankası, Avrupa Yatırım Bankası, çokuluslu şirketler ve bankalar bu işlemleri yapmaktadırlar.<sup>79</sup> Bu gelişimdeki önemli sebepler aşağıda belirtilmiştir:<sup>80</sup>

- Sabit faizle borçlanma imkanı sınırlı olan gelişmekte olan ülkelerin gelişmiş piyasalardan sabit faizli kredilerle swap yapabiliyor olmaları,
- Bazı para birimlerine fon sağlama imkanına karşılık diğer para birimleri ile ilgili ihtiyaçların karşılanamaması sonucu oluşan gereksinim,
- Ulusal piyasaların yatırım olanaklarına sahip olunmak istenmesi,

---

<sup>76</sup> John C. Hull, **Options, Futures and Other Derivatives**, USA, Prentice Hall, 2003, s. 40.

<sup>77</sup> **A.e.**, s. 25.

<sup>78</sup> Mağden, a.g.e., s. 27.

<sup>79</sup> Uzunoglu, **a.g.e.**, s. 81.

<sup>80</sup> Fadıl Uluişik, "Kur Riskinin Yönetimi ve Türk Bankacılık Sistemine Uygulanması", İstanbul, 1998, yayınlanmamış yüksek lisans tezi, s. 106.

- Bazı finansal piyasalarda kredi vadelerinin kısalığı sebebiyle, uzun vadede borçlanma imkanının aranması.

Yukarıda da bahsedildiği gibi swap işlemleri diğer vadeli araçlardan bir çok yönden farklıdır. Bu farklılıklar aşağıda belirtilmiştir.<sup>81</sup>

- Futures ve Forward’ da riske karşı korunmanın yanında, spekülasyon amaç ön plana çıkarken, swaplarda riske karşı korunma daha önemli görülmektedir.
- Swap işlemleri genellikle orta vadeli iken, Futures ve Forward’da vadeler genelde kısadır.
- Swap işlemlerinde taraflardan her biri, aynı oranda olmasa bile, fayda sağlayabilmektedirler. Ancak Futures ve Forward’da taraflardan birisi fayda sağlarken diğeri zarara uğrayabilmektedir.
- Futures ve Forward işlemleri çoğunlukla kontratlar halinde düzenlenmektedir. Hatta Futures işlemleri için özel borsalara ihtiyaç duyulmaktadır. Swap işlemlerinde ise çoğunlukla bir banka aracılık ederek tüm işlemleri yürütmektedir
- Özellikle faiz swaplarında sonsuz sayıda swap işlem yapma imkanı vardır.
- Futures ve Forward bir alıcı ve bir satıcı arasında yapılabilmektedir. Swap işlemleri ise, çoğunlukla bir banka aracılığıyla üçüncü bir tarafla yapılmaktadır.

Swap mekanizmasını daha iyi anlamak adına aşağıdaki örnek yararlı olacaktır.

### **Örnek-2:**

ABC şirketi 1 yıl kadar önce 10 yıl vadeli 6 ayda bir %5 faiz ödemeli 100.000 USD değerinde tahvil ihraç etmiştir. Piyasada beklentiler faiz oranlarının düşeceği

---

<sup>81</sup> Başçı, a.g.e., s. 20.

yönündedir. ABC şirketi bu sebeple değişken oranlı faize geçmek istemektedir. ABC şirketi bankasına gider ve danışmanı faiz swapı yapmasını önerir. Borç koşullarına uygun bir faiz swapı satar ise faiz riskinin değişken faize dönüşebileceğini söyler. A şirketi geri kalan 9 yıl için 100.000 USD değerinde faiz swap kotasyonu ister. Banka 3.70-80 kotasyon verir. ABC şirketi 3.70 den faiz swapı satar karşılığında 100.000 USD değerinde değişken faizle borçlanma olanağına kavuşur.

Bu aşamadan sonra da vadeli işlemlerin yararlarından bahsedilecektir.

## **1.2. Vadeli İşlemlerin Yararları**

Vadeli işlemlere yatırım yapan gerçek veya tüzel kişiler özellikle kendilerini gelecekteki belirsizliklere karşı korumak isterler. Fakat bunun yanında vadeli işlemlerin diğer bazı yararları daha bulunmaktadır. Bunlara aşağıda değinilmiştir:<sup>82</sup>

- Vadeli işlem sözleşmesine konu olan ürünün gelecekteki fiyat dalgalanmalarından olumsuz etkilenecek kimi gruplar, sağlıklı bir risk yönetimi olanağına kavuşur.
- Fiyatların genel eğilimi ve söz konusu ürüne ait gelecekteki fiyat oluşumları hakkında güvenilir veriler sağlar
- Gerçekçi fiyat oluşumu sağlanır. Yani fiyatların oluşumunda geniş bir katılım olduğundan, herhangi bir grup, tüccar ya da spekülâtörün fiyatları manipüle etmesinin (yönlendirmesinin) önüne geçilir.
- Yatırımcı ya da katılımcılar işlemlerini borsa takas merkezi garantisi ile güven içinde gerçekleştirirler.
- Maliye yönetiminin yani devletin, bir çok üründe uyguladığı tavan ve taban fiyatı ile piyasaya müdahale etme gereği ortadan kalkar, üreticiler ürünlerini dünya fiyatlarından alım-satımını yapabilme olanağına kavuşur.

---

<sup>82</sup> Kobitek, “Vadeli İşlemler Piyasası”, (Çevrimiçi)  
<http://www.kobitek.com/makale.php?id=64>, 07 Eylül 2006.

- Günümüz ticari yaşamında mutlaka uygulanması gereken stok yönetim politikalarının üretici, ihracatçı, ithalatçı, sanayici tüm kesimler tarafından oluşturulması ve geliştirilmesine yardımcı olur.
- Vadeli işlemler tarım piyasalarını da ilgilendirmektedir. Bu nedenle, oluşan fiyatlara göre ekim yapmayı düşünen üreticilerin üretim hareketleri ile etkin bir tarımsal planlama yapma olanağı doğar.
- Piyasaya katılımın geniş tabanlı olması ile, ürünün alım satımında mevcut pazarlarda (spot piyasalarda dahil olmak üzere) sağlıklı bir nakit akışı (likidite) sağlanmış olur.

Bu imkanlardan faydalanmak isteyen aktörlere aşağıda değinilmiştir.

### 1.3. Vadeli İşlemler Piyasasındaki Aktörler

Vadeli piyasalarda işlem yapan yatırımcılar üç ana grup altında toplanabilir. Bunlar aşağıda detayları ile belirtilmişlerdir:<sup>83</sup>

- **Riskten korunmak isteyenler:** Riskten korunmak isteyen yatırımcılar, bir sermaye piyasası aracı, döviz, kıymetli maden veya malı kullanan, bunlarda pozisyon tutan veya gelecekte teslimatını bekleyen, ancak ilgili ürünün fiyatında gelecekte meydana gelebilecek olumsuz değişimlerden korunmak isteyen kişi veya kurumlardır. Bu yatırımcılar, spot piyasalarda fiyatların yükselmesinden korunmak için vadeli işlem sözleşmesine alıcı (uzun taraf), düşmesinden korunmak için de vadeli işlem sözleşmesine satıcı (kısa taraf) olarak girerler.
- **Spekülatörler:** Bu kişilerin alım-satım işleminde bulunmaları zaman zaman ani fiyat hareketlerine sebep olmakla birlikte, piyasanın likiditesini ve işlem hacmini arttırdığı bilinmektedir. Spek lat rlerin risk alma konusundaki isteklilikleri diğer piyasa katılımcılarının taşıdıkları riski spek lat rlere devretme suretiyle bu aktörlere riskten korunma imkanı sağlar.

---

<sup>83</sup> Ulusal ve Uluslararası Piyasalar, s. 188.

- **Arbitrajcılar:** Bu grup ise piyasalar arasındaki fiyat dengesizliklerinden yararlanarak risksiz kar elde etmeyi hedefleyen yatırımcılardır. Eğer spot piyasalar ile vadeli piyasalar arasındaki taşıma maliyeti ilişkisi sonucu oluşması gereken fiyattan farklı seviyelerde fiyat oluşması durumunda, arbitrajcılar devreye girerek ucuz olan piyasada alış, pahalı olan piyasada satış yaparak piyasaları dengelerler. Bu faaliyetler piyasaların birbirleriyle uyumlu ve dengeli hareket etmesini ve gerçekçi fiyat oluşumunu sağlar. Etkin piyasalarda arbitraj işlemleri ile risksiz kar elde etme imkanı genel olarak mümkün değildir

Fakat her ne kadar üç önemli gruba yönelik bir piyasa oluştuğu ifade edilse de temel ihtiyaç noktası korunma üzerinedir. Bu sebeple kurumlar veya bireyler kendilerini olumsuz fiyat hareketlerine karşı vadeli piyasalarda işlem yaparak korumaya çalışırlar. Bunu aşağıdaki örnek ile açıklamaya çalışalım.

### **Örnek-3:**

XYZ firması ihracatçı bir firmadır. 20 Ekim 2005 tarihinde 1.000.000 EURO'luk tekstil ürününü Almanya'ya ihraç etmiştir. Fakat alacağını 21 Kasım 2005 tarihinde tahsil edecektir. Ayrıca firmanın önde gelenleri kurlarda gerileme yaşanacağını düşünmekte ve bunun da firmanın 1 ay sonraki tahsilatında kendini zarar olarak gösterebileceğinden korkmaktaydılar. Bu sebeple İzmir'deki Vadeli İşlemler Borsası'nda sözleşme büyüklüğü 1.000 EURO olan vadeli EURO sözleşmesi üzerine işlem yapmak istemişlerdir. Bu durumda firmanın kar zarar analizi aşağıda verilmiştir.

Firma 20 Ekim 2005 tarihinde işlem yaparken spot kur 1,6573 YTL/EUR olup sözleşme fiyatı 1,6610 YTL/EUR'dur. Bu tarih itibari ile ilgili sözleşme satılmış olup, 21 Kasım 2005 tarihine gelindiğinde ise spot kur tahminlerdeki gibi azalarak 1,6215 YTL/EUR'a gerilemiş, sözleşme fiyatı da 1,6360'a düşmüştür. Bu durumda:

- Spot piyasada  $(1,6215 - 1,6573) \times 1.000.000 = -35.800$
- Vadeli piyasada  $(1,6610 - 1,6360) \times 1.000.000 = 25.000$

$$-35.800 + 25.000 = -10.800$$

Görüldüğü gibi muhtemel 35.000 YTL'lik zarar 10.800'e indirilmiştir.

#### 1.4. Vadeli İşlem Piyasasındaki İşleyiş

Bu bölümde vadeli işlem sözleşmelerinin nasıl işlediğini göstermek açısından Türkiye'de bu işlemlerin gerçekleştirildiği Vadeli İşlemler ve Opsiyon Borsası işlem kurallarından bahsetmek gerekmektedir. Buna göre her vadeli işlem sözleşmesinin standart bir çerçevesi olduğundan hareketle tüm işlem gören sözleşmelerin standartlarına aşağıdaki kısımlarda değinilecektir. Fakat bunların detayına girmeden önce bu piyasalarda işlem yapmak için gerekli bazı kavramların açıklamasına ihtiyaç bulunmaktadır. Bu kavramlar ve açıklamalarına aşağıda değinilmiştir:<sup>84</sup>

**Teminat:** Vadeli işlem sözleşmesinde uzun veya kısa pozisyon almak isteyen bir yatırımcının, öncelikle bu işlemin karşılığında belli bir tutarda teminat yatırması gerekir. Bu teminat, pozisyon açılırken yatırıldığı için, “başlangıç teminatı” olarak isimlendirilir. Bunun yanında sözleşme vadesine kadar altına düşülmemesi gereken sürdürme teminatı da vardır.

**Uzun ve Kısa Pozisyon:** Vadeli işlem sözleşmesini alan yatırımcı “uzun pozisyon” almış olmaktadır. Vadeli işlem sözleşmesini satan yatırımcı ise “kısa pozisyon” almış olur.

**Açık Pozisyon:** Vadeli işlem sözleşmesinde uzun veya kısa pozisyon tutan yatırımcı, açık pozisyonudur. Uzun pozisyonu olan yatırımcı kredili alış işlemi, kısa pozisyonu olan yatırımcı ise açışa satış işlemi yapmış gibidir. Piyasanın açık pozisyon durumu, seans içi pozisyon kapatma ve yeni pozisyon alma işlemleri netleştirildikten sonra, vadeli işlem sözleşme yükümlülükleri hala devam eden katılımcıların tuttukları açık pozisyon sayısını gösterir. Açık pozisyon sayısı, piyasadaki toplam uzun veya toplam kısa pozisyon sayısına eşittir.

---

<sup>84</sup> Ulusal ve Uluslararası Piyasalar, s. 183.

## 2. ENDEKS KAVRAMI VE ENDEKS ÇEŞİTLERİ

Birinci bölümde vadeli işlemler hakkında detaylı bilgi verilmesi amaçlanmıştır. Bu bölümde de vadeli işlem sözleşmelerinin bir kısmının konu ettiği endeks çeşitlerine değinilecektir. Fakat bunların anlatımına geçmeden önce endeks kavramını açıklanmasına ihtiyaç bulunmaktadır.

### 2.1. Endeks Kavramı

Bu bölümde endeks ile ilgili açıklamalara yer verilecek olup daha sonra da hesaplanma yöntemi ile ilgili bilgi verilmeye çalışılacaktır.

#### 2.1.1. Endeksin Anlamı

Endeks bir oran türüdür. Endeksler zaman serilerine özgüdür ve finansal değerlerdeki zamansal değişimleri açık olarak göstermekte kullanılırlar<sup>85</sup>. Benzer bir başka tanıma göre endeks “bir yada birden fazla değişkenin hareketlerinden ibaret olan oransal değişimi ölçmeye yarayan bir gösterge”dir<sup>86</sup>. Bir başka tanıma göre “belli bir olaya ilişkin istatistiksel verilerin ve değerlerin gösterdiği oransal değişimler”<sup>87</sup> olarak gösterilen endeksle ilgili temel unsurlar aşağıdaki temel özelliklere sahiptir:

- Oran değişimlerini göstermeye yararlar,
- İstatistiksel bilgilerin değişimini gösterirler,
- Genellikle bir değer baz alınır (bu 100 olabilir) şeklindedir.

Endekste biri kıyaslanan diğeri temel olmak üzere iki değer vardır. Kıyaslanan değer paya, temel değer paydaya yazılır. Oransal kıyaslamayı kolaylaştırmak için bölme işleminin sonucu 100 ile çarpılır. Böylece temel değer 100 kabul edilerek

---

<sup>85</sup> Genel Ekonomi Ansiklopedisi, İstanbul, Milliyet Yayınları, 1988. s. 426.

<sup>86</sup> Özer, a.g.e., s. 9.

<sup>87</sup> Ekonomist, “Endeks”, (Çevrimiçi)

<http://www.ekonomist.com.tr/apps/dictionary.app/dictionary.php?searchstring=E&dict=es.dict>, 08 Eylül 2006.

diğerlerinin buna göre kaç olacağı tespit edilmiş olur<sup>88</sup>. Endeks belirli bir olaya ait sayısal verilerde zaman veya mekan boyutunda meydana gelen oransal değişimin göstergesi olarak da tanımlanabilir<sup>89</sup>.

Endeks hesabında, endeksin cinsine ve kapsamına uygun çeşitli yöntemler kullanılır. yer endeksi denir. Endeksler aşağıdaki şekilde sınıflandırılabilir<sup>90</sup>:

1. Yer ve zaman endeksleri
2. Sabit ve değişken esaslı endeksler
3. Basit ve bileşik endeksler

Yer ve zaman endeksleri nüfus, üretim ve fiyat gibi herhangi bir istatistiksel olaya ait değerlerin mekan içinde (bölgeler, iller itibarıyla) gösterdiği oransal değişimlerin ölçüsünü ifade etmekte kullanılır. Nüfus, üretim ve fiyat gibi istatistiki olaylara ait değerlerin zaman itibarıyla gösterdiği oransal değişimlerin ölçüsüne “zaman endeksi” denir. Bu endeksler bir zaman serisine dayanırlar ve uygulamada yaygın olarak kullanılırlar<sup>91</sup>. Endekslerin söz konusu şekilde ayrımı daha çok zaman serileri için söz konusudur. Belirli bir dönemi veya belirli bazı dönemlerin ortalamasını esas kabul edip, serinin bütün değerlerini bunun yüzdesi olarak gösterere elde edilen endekse “sabit esaslı endeks” adı verilir<sup>92</sup>. Muhtelif devrelere ait verilerin karşılaştırıldığı sabit dönem değişmez. Diğer yandan esas alınan dönem değişken olduğunda diğer bir ifade ile her değer bir önceki dönemin değeri ile karşılaştırıldığında buna “değişken esaslı endeks”<sup>93</sup> denir.

Yukarıda ifade edilen tanımlamalardan ve unsurlardan anlaşıldığı gibi gösterge niteliğinde kullanılan endeksler aynı yada farklı zaman dilimi içindeki iki yada daha fazla değişkeni karşılaştırabilme olanağı tanırken, olasılıklara ilişkin tahmin aracı

---

<sup>88</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, Ankara, T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü, 2005, s. 14.

<sup>89</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, s. 14.

<sup>90</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, s. 14.

<sup>91</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, ss. 14 - 15.

<sup>92</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, s. 15.

<sup>93</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, s. 15.

olarak da kullanılmaktadır<sup>94</sup>. Endeksler matematiksel olarak basit ve bileşik olmak üzere ikiye ayrılır<sup>95</sup>.

Basit endeksler tek bir zamansal seriye aitken, bileşik endeksler iki ya da daha fazla sayıda seriyi kapsar ve hepsinin hareketlerini özetlemeyi amaçlar<sup>96</sup>.

Basit endeks formülü aşağıdaki gibi özetlenebilir:

$$\dot{I} = ( p_i / p_0 ) \times 100$$

$\dot{I}$  : Cari yılın indeksi.

$p_i$  : Cari yıldaki fiyat.

$p_0$  : Temel yıldaki fiyat.

Zincirleme endekste her seri teriminin bir evvelki terime olan oranı temel alınır. Sabit temelli endeks ise belirli bir terimi temel (gösterge) kabul edip diğer değerleri gösterge değerin cinsinden ifade etmekte kullanılır<sup>97</sup>. Basit endekslerde ele alınan temel yıl yok sayıldığında, basit endeks bir önceki yıla ait olarak hesaplanabilir; bu durumda ortaya çıkan endekse “zincirleme endeks” adı verilir ve söz konusu endeks aşağıdaki gibi hesaplanır<sup>98</sup>:

$$\dot{I} = ( p_i / p_{i-1} ) \times 10.$$

$\dot{I}$  : Cari yılın indeksi.

$p_i$  : Cari yıldaki fiyat.

$p_{i-1}$  : Cari yıldan bir önceki yıla ait fiyat.

Basit endeksler tek maddeyi kapsayan endekslerdir. Buna karşılık bileşik endeksler iki veya daha çok maddeyi kapsar<sup>99</sup>. Bileşik endeks hesabında kullanılan yöntemler şu şekilde sıralanabilir:

<sup>94</sup> Özer, **a.g.e.**, s. 9.

<sup>95</sup> Bileşik endeksler ‘sentetik endeksler’ olarak da adlandırılabilirler.

<sup>96</sup> **Genel Ekonomi Ansiklopedisi**, s. 426

<sup>97</sup> **Genel Ekonomi Ansiklopedisi**, s. 426.

<sup>98</sup> **Genel Ekonomi Ansiklopedisi**, s. 426.

<sup>99</sup> **Sorularla İstatistikler Dizisi**, s. 15.

i) Basit toplam endeks: Endeksin kapsadığı maddelerin cari dönemdeki değerlerinin toplamı, temel dönemdeki değerlerin toplamına bölünür ve sonuç 100 ile çarpılır.

ii) Basit endekslerin ağırlıksız aritmetik ortalaması: Temel döneme göre her madde için hesaplanan basit endekslerin aritmetik ortalamasının 100 ile çarpımıdır.

iii) Basit endekslerin ağırlıklı aritmetik ortalaması veya ağırlıklı toplam endeks: Endeksin kapsadığı maddelerin endeksin konusuna göre tüketim, üretim, ithalat, ihracat vb. değerlerinin toplam değere oranlanarak ağırlıklandırılması ile hesaplanan endekslerdir.

Bu yöntemde kullanılan temel endeksler ise aşağıda belirtilmiştir<sup>100</sup>:

- Sabit ağırlıklı toplam endeks (Laspeyres Endeksi): Ağırlıkların referans alındığı dönem endeksin başlangıç dönemi veya karşılaştırılan dönemlerden önceki dönemdir. Bu endeksin avantajı yalnızca bir kere miktar sayımı yapılması ve böylece her sene miktar sayımı yapılmasına gerek kalmamasıdır. Laspeyres endeksi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$I_L = (\sum p_i \cdot q_0 / \sum p_0 \cdot q_0) \times 100$$

$p_i$  : Cari yıldaki fiyat.

$q_0$  : Temel yıldaki miktar.

$p_0$  : Temel yıldaki fiyat.

---

<sup>100</sup> Sorularla İstatistikler Dizisi, ss. 15 - 16.

Değişken ağırlıklı toplam endeks (Paasche Endeksi): Ağırlıkların referans alındığı dönem karşılaştırılan dönemlerden son dönemdir. Paasche endeksi aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\dot{I}_P = (\sum p_i \cdot q_i / \sum p_0 \cdot q_i) \times 100$$

$p_i$  : Cari yıldaki fiyat.

$q_i$  : Cari yıldaki miktar.

$p_0$  : Temel yıldaki fiyat.

- İdeal endeks (Fisher Endeksi): Laspeyres ve Paasche Endekslerinin geometrik ortalaması alınarak hesaplanmaktadır. Böylece ağırlıklar, karşılaştırılan dönemlerin her ikisine de ait olmaktadır; bu endeksin formülü aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$\dot{I}_F = \sqrt{\dot{I}_L \times \dot{I}_P}$$

### 2.1.2. Endeks Hesaplama Yöntemleri

Finansal piyasalarla ilintili işlemlerde endeksler temelde aşağıda verilen yöntemler ile hesaplanabilmektedirler. Bu hesaplamalar endeksin niteliğine ve içerdiği işlemlere göre farklılık gösterebilmektedir.<sup>101</sup>

- **Aritmetik ortalama:** Aritmetik ortalama formülü ile hesaplanan endekslerde, hisse senedi fiyatlarının ya da her biri için hesaplanan basit endekslerin aritmetik ortalaması alınır. Bu tür endekslerde eğer hisse senedi fiyatlarının ortalaması alınıyorsa, endekste hisse senetlerine fiyatları oranında ağırlık verilmiş olur.

**Formül:**  $\sum P_i / N$

---

<sup>101</sup> **Temel Finans Matematiği, Değerleme Yöntemleri, Muhasebe ve Mali Analiz**, İstanbul, TSPAKB, 2002, s. 10-11

$P_i$  = Tüm Değerler

$N$  = Değerlerin kaç tane olduğu

- **Geometrik ortalama:** Bu yöntemde endekse dahil her bir hisse senedinin fiyatı bir önceki günkü fiyatına bölünür, bulunan rakamlar birbiriyle çarpıldıktan sonra hisse senedi sayısı kadar kökü alınır ve bir gün önceki endeks değeriyle çarpılır. Örnek olarak Value Line Composite Index verilebilir.

**Formül:** 
$$\sqrt[N]{\prod P_i}$$

- **Şirketlerin piyasa değerlerinin kullanılması:** Bu tür endekslerde, piyasayı temsil etmesi için oluşturulan endeks portföyünün değerindeki artış veya azalışlar endekste ki artış veya azalışları verir. Endeks, toplam piyasa değeri, piyasa değerinin bir kısmı (halka açık kısım, takas hesaplarında alım satıma konu olabilecek kısım, endeksin hesaplandığı borsa kotunda bulunan kısım vb...) veya eşit ağırlıklı olarak hesaplanabilmektedir.

Bu genel açıklamalardan sonra ilerleyen bölümlerde değinilecek olan Hisse senetleri endeksinin nasıl hesaplandığını da aşağıda göstermek olanaklıdır. Temelde aritmetik ortalama şeklinde işleyen bu formül, işlem adetleri ile ağırlıklandırılan işlem fiyatlarının ortalamasını göstermektedir.

İMKB Endekslerinin hesaplanmasında en son tescil edilmiş fiyatlar kullanılır. Özel emir işlemleri ve küsurat işlemleri tescil edilmez. Şirketin piyasa değeri, eski ve yeni hisse senetlerinin fiyatları ayrı ayrı dikkate alınarak hesaplanır.

İMKB endeksleri, endeks kapsamında bulunan şirketlerin Takasbank saklamasında bulunan hisse senetlerinin toplam piyasa değeri ile ağırlıklı olarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.<sup>102</sup>

---

<sup>102</sup> IBS Yazılım, “Endeksler”, (Çevrimiçi) , <http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/endeksler.html>, 08 Eylül 2006.

$$E_t = \frac{\sum_{i=1}^n F_{it} \times N_{it} \times H_{it}}{B_t}$$

$E_t$ : Endeksin t zamandaki değeri

$n$ : Endekse dahil olan hisse sayısı

$F_{it}$ : inci hisse senedinin t zamandaki fiyatı

$N_{it}$ : inci hisse senedinin t zamandaki toplam sayısı, yani  
nmiş veya Çıkarılmış sermaye/1000)

$H_{it}$ : inci hisse senedinin t zamandaki Takasbank  
masında bulunan miktarının sermayeye oranı

$B_t$ : Bölenin (düzeltilmiş baz piyasa değeri) t zamandaki değeridir.

## 2.2. Finansal Piyasalarda Endeks Çeşitleri

Endekslerin hesaplanıp hayata geçirilmesiyle birlikte endeksleme kavramı gelişmiş ve finans dünyasında yerini almıştır. 1700'lü yıllarda temelleri atılan endeksleme, zaman içerisinde sayısız alanda uygulanmaya başlamış ve bunun sonucunda çeşitli endeksler geliştirilmiştir. Bu endeksler temelde aşağıdaki gibi sınıflandırılabilmektedir:<sup>103</sup>

- Hisse senedi endeksleri
- Yerli
- Uluslararası
- Şirket

<sup>103</sup> Bülent Özütürk, **Yatırım Fonu Performanslarının Yatırım Fonu Endekslerinin Oluşturulması Yoluyla Ölçülmesi**, Ankara, SPK, 1999, s. 3.

- Yatırım fonları
- Sabit getirili menkul kıymetlere dayalı endeksler
- Kısa vadeli
- Uzun vadeli
- Uluslararası
- Sabit oranlı getirili
- Hazır değerlere dayalı endeksler
- Mala dayalı
- Para birimine dayalı

Bir sonraki bölümde hisse senedi endeksleri ile bilgi verilmeye çalışılacaktır.

### 2.2.1. Hisse Senedi Endeksleri

Hisse senetleri; esham, aksiyon veya pay senedi olarak da adlandırılmakla birlikte, anonim ortaklıkların ihraç ettikleri, anonim ortaklık sermaye payını temsil eden kıymetli evrak niteliğine sahip senetlere verilen isimdir.<sup>104</sup> Üçüncü bölümde geniş olarak bahsedilecek olan hisse senedi endekslerinin tanımından önce gelişiminden bahsetmek gerekirse ilk hisse senedi endekslerinin, piyasalarda oluşan kısa vadeli hareketlenmeleri belirleyebilmek için tasarlandığı belirtilebilir. Hisse senedi endeksi “borsada işlem gören hisse senetlerinin ortalama performansını veren, hisse senetleri piyasası için genel bir gösterge niteliğinde bulunan ve endeks kapsamındaki senetlerin fiyatları baz alınarak hesaplanan bir göstergedir.”<sup>105</sup>

Hisse senetlerinde endeksleme ilk olarak 1807’de ekonomist John Wheatley tarafından önerilmiş, 1886’da ise ekonomist Alfred Marshall tarafından daha detaylı

<sup>104</sup> Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları, s. 8.

<sup>105</sup> Kazım Kılınç, 200 Soruda A’dan Z’ye Borsa, İstanbul, Alfa, 1995, s. 236.

olarak incelenmiş ve gerekliliği savunulmuştur<sup>106</sup>. 1800'lü yılların sonu ile 1900'lü yılların başlarında, hesaplamalar elle yapıldığından oluşturulan hisse senedi endekslerinde yer alan hisse senedi sayısı çok sınırlı olmuş, bu sınırlama da endekslerin piyasadaki en büyük şirketlerin hisse senetlerinden oluşmasına neden olmuştur. 1960'lı yıllarda, bilgisayar teknolojisinin de gelişmesiyle birlikte endeksler, bir yandan daha kapsamlı ve geniş tabanlı olurken, diğer yandan da yatırımcıların talep ve ihtiyaçlarına cevap verebilmek için mali endeks, sanayi endeksi ve sektör endeksleri gibi çeşitlilik göstermeye başlamıştır<sup>107</sup>.

1970 ve 1980'li yıllarda, küçük ölçekli şirketlerin diğer şirketlere göre belirgin derecede farklı bir performans sergilediklerinin anlaşılması sonucunda, küçük şirketler endeksleri oluşturulmuştur. Ayrıca, 1970 yılında birden fazla ülkeyi kapsayan uluslararası endeksler ortaya konulmuştur. 1980'li yıllar aynı zamanda hisse senedi endekslerine dayalı vadeli işlemlerin uygulanmaya başladığı yıllar olurken, 1997 yılında uluslararası hisse senedi endekslerinin sayısının artmaya başladığı gözlenmiştir<sup>108</sup>.

Hisse senedi fiyat endeksleri üç grupta sınıflandırılabilir:<sup>109</sup>

- Borsada işlem gören tüm hisse senetlerinin dahil edildiği.
- Bağımsız örgütlerin dahil edilecek senetleri belirlediği ve
- Dahil edilecek hisse senetlerinin piyasa değeri gibi tarafsız yöntemlerle seçilmesinden oluşan endeksler.

### **2.2.1.1. Dünyada Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri**

Dünyada çeşitli endeksler kullanılmaktadır. Bu bölümde söz konusu endekslerden başlıcaları Amerika, Avrupa ve Asya-Avustralya ekseninde ele alınmaktadır.

---

<sup>106</sup> Özütlürk, **a.g.e.**, ss. 4-5.

<sup>107</sup> Özütlürk, **a.g.e.**, s. 5

<sup>108</sup> Özütlürk, **a.g.e.**, s. 5.

<sup>109</sup> Gürbüz, **a.g.e.**, s. 31.

### 2.2.1.1.1 Amerika’da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri:

Dow Jones Industrial Average (DJIA), en eski ve en sık kullanılan hisse senedi endeksidir. Wall Street Journal'ın kurucusu ve ilk editörü olan Charles H. Dow, DJIA'yı ilk kez 1884 yılında yayınlamıştır. Kurulduğunda, dokuz demiryolu şirketi hisse senedi ve iki endüstri şirketinin ortalama kapatma fiyatına dayanıyordu. 1920'lerde, endekste ki hisse senedi sayısı 11'den 30'a çıkmıştır.<sup>110</sup>

DJIA, ABD ekonomisinin endüstri sektörünün temelini temsil eden büyük sermayeli 30 adet iyi satan (blue chip) 30 New York Borsası (NYSE, New York Stock Exchange) hisse senedinin ortalama fiyatını takip etmektedir. Yalnızca bu 30 hisse senedinin toplam değeri 2 trilyon ABD Dolar'ının üzerinde olup, tüm ABD hisse senetlerinin piyasa değerinin yaklaşık beşte birini temsil etmektedir.<sup>111</sup> Endekste ki tüm hisse senetlerinin fiyatlarının toplanması ve bir bölene (divisor) bölünmesi ile hesaplanan DJIA, mükemmel bir fiyat ağırlıklı endeks örneğidir. Bu bölünme, hisse senedi ortalamaları, ihtilaflı ücretsiz hisse senetleri, hisse bölünmesi, birleşme devralmaları ve iflaslarla süreklilik sağlar. Bu nedenle zamanla değişir.<sup>112</sup>

Dow, sık sık hisse senetlerinin eşit ağırlıklı olmaması nedeniyle eleştirilebilmektedir; bunun sonucunda, belirli bir günde bir veya iki yüksek fiyatlı hisse senedinin değerinde gerçekleşen bir dalgalanma ortalamayı bozabilmektedir. Dow mevcut fiyat veya piyasa sermayesinden bağımsız olarak mutlak fiyat hareketlerine yol açabilmektedir, özellikle piyasanın uzun vadeli yönelimini takip etmek için yararlı ancak günlük veya hatta haftalık çıkarımlarda daha az güvenilir bir endekstir.<sup>113</sup>

DJIA'nın tersine Standard & Poor's 500 (S&P 500) endeksi sermaye ağırlıklı bir endekstir. İlk 1946 yılında Standard and Poor's Corporation tarafından kurulmuştur. S&P 500 endeksi, ekonominin tüm büyük sektörleri arasından 500 farklı hisse senedinden oluşmuştur. Endekste 400 endüstri, 40 finans kurumu, 40

---

<sup>110</sup> Nancy Dunnan, *Guide to Your Investments 1998*, Harper Perennial, New York, 1998, ss. 402-403.

<sup>111</sup> *Board of Trade of City of Chicago, a.g.e., s. 1.*

<sup>112</sup> *Powers & Castelino, a.g.e., s.193.*

<sup>113</sup> *Dunnan, a.g.e., s.403.*

kamu ve 20 taşıma şirketleri topluluğu bulunur.<sup>114</sup> S&P 500 endeksi, NYSE'nin tüm sermayesinin yaklaşık %80'ini temsil etmekte.<sup>115</sup> Her hisse senedi, hisse senedi fiyatlarındaki değişiklikler endeksi, hisse senedinin temsili piyasa değeriyle orantılı olarak etkileyecek şekilde ağırlık alır. Bu, diğerlerine göre daha önemli olan hisse senetlerinin endeks üzerinde daha fazla etkiye sahip olmasını sağlar.

New York Borsası Birleşik Endeks, sermaye ağırlıklı bir endekstir. NYSE'deki yaklaşık 1500 New York Borsası hisse senedinin ortalama fiyatlarına dayanır. Taban değer, 31 Aralık 1965 taban tarihinde 50 olarak belirlenmişti. S&P 500 endeksi veya DJIA ile karşılaştırıldığında daha doğru bir birleşik hisse senedi piyasası performansdır.<sup>116</sup>

AMEX Major Market Index (MMI), 17 tanesi DJIA'da da bulunan 20 adet iyi satan (blue chip) 20 endüstrinin ortalamasına dayanır. MMI, fiyat ağırlıklı bir endekstir. Yüksek fiyatlı hisse senetlerinin etkisi düşük fiyatlılardan daha fazladır.

DJIA için bir ayna görevi görmek ve bu yüksek fiyatlı hisse senetlerinin görünen performansını ölçmek için kurulmuştu. Aynı zamanda NYSE'de listelenen hisse senetlerini de içerir.<sup>117</sup>

Value Line Composite Index (VLCI), eşit ağırlıklı endekse iyi bir örnektir. VLCI, 1700'den fazla NYSE, AMEX ve OTC hisse senedi içerir ve tüm ABD tahvillerinin yaklaşık %96'sını temsil eder. Eşit ağırlık, büyük sermayeli hisse senetlerinin hisse senedi piyasası performans ölçümünde uygun olmayan bir etkiye sahip olmasını önler. VLCI, geometrik ortalama olarak hesaplanır. Endeksin tabanı 30 Haziran 1961 tarihinde 100 olarak belirlenmiştir.<sup>118</sup>

### **2.2.1.1.2 Avrupa'da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri:**

---

<sup>114</sup> John Millers, Stock Index Options and Futures, Mc.Graw Hill, London, 1992, ss.14-15.

<sup>115</sup> Powers & Castelino, a.g.e., s.194.

<sup>116</sup> *Ibid.*

<sup>117</sup> İhsan Ersan, *Finansal Türevler, Literatur, İstanbul, 1997, s.66.*

<sup>118</sup> Millers, a.g.e., ss. 17-18.

Financial Times Ordinary Share Index (veya Financial Times 30 Share Index, FT 30), Britanya endüstri ve ticaretinin gambitini temsil eden, Londra Borsası'ndaki tüm hisse senetlerinin piyasa değerinin %30'unu oluşturan 30 adet çok etkin, sermayesi yüksek, iyi satan (blue chip) hisse senedinden oluşur. Piyasa açık iken gerçek zamanlı olarak hesaplanır.<sup>119</sup> Eşit ağırlıklı, geometrik ortalamaya dayanan bir endekstir. Hesaplamaları 1 Temmuz 1935 tarihinde başlamıştır.<sup>120</sup>

Financial Times Actuaries All Shares Index (FTA), 10 Nisan 1962 tarihinden beri hesaplanmaktadır. Piyasanın neredeyse %98'ini temsil eden 920 hisse senedine dayanan, sermaye ağırlıklı aritmetik ortalamaya dayanan bir endekstir. Bu endeks günde yalnızca bir kez, kapanış fiyatları kullanılarak hesaplanır.<sup>121</sup>

Financial Times Stock Exchange 100 Share Index (FT-SE 100 veya Footsie), piyasa sermayesi açısından ilk 100 Britanya şirketine dayanan, sermaye ağırlıklı, aritmetik ortalamayı esas alan bir endekstir. Bu endeks, FTA All Shares Index'in yaklaşık %65'ini kapsamaktadır.<sup>122</sup>

Financial Times Stock Exchange Mid 250 Index (FT-SE 250), aritmetik sermayeli ve ağırlıklı birer endekstir. Piyasa sermayesine göre FT-SE 100'deki ilk 100'ün hemen altındaki 250 şirketi kapsar. Gerçek zamanlı olarak hesaplanır ve geçmiş 31 Aralık 1985 tarihine kadar gitse de 12 Ekim 1992 tarihinden beri hesaplanmaktadır.<sup>123</sup>

CAC (Compagnie des Agents de Change) 40 Stock Index, 15 Haziran 1988 tarihinde Paris Bourse tarafından kurulmuştur; Fransa Piyasasının tüm önemli ekonomik kesimlerini temsil eden 40 hisse senedine dayanır. Bu endeks sermaye ağırlıklı, aritmetik ortalamalı bir endekstir. 31 Aralık 1987 tarihinde 100 taban değeriyle kurulmuştur. 1987 yılında, bu endekste 40 hisse senedinin piyasa

---

<sup>119</sup> Francesca Taylor, *Mastering Derivatives Markets*, FT Pitman Publishing, London, 1996, ss. 175-177.

<sup>120</sup> Sutcliffe, a.g.e., s. 21.

<sup>121</sup> *Ibid.*, s. 22.

<sup>122</sup> Taylor, a.g.e., s. 22.

<sup>123</sup> Sutcliffe, a.g.e., s. 22.

sermayesi, Aylık Vadeli Muamele Piyasasının (Monthly Settlement Market) (Reglement Mensuel-RM) %63'ünü oluşturmaktadır.<sup>124</sup>

DAX (Deutscher Aktienindex) Index, Almanya piyasasının tüm sermayesinin yaklaşık %60'ını temsil eden ilk 30 iyi satan Alman şirketinden oluşur. Aritmetik sermayeli, ağırlıklı bir endekstir. Bu endeks, bir performans endeksi olarak hesaplanır ve tüm ücretsiz hisse senedi ve bedelsiz hisse senetlerinin yeniden yatırıldığı (reinvested) kabul edilir.<sup>125</sup>

IBEX 35 endeksi, dört İspanyol Borsa'sını içeren sürekli piyasada en çok alım satım oranına sahip 35 İspanyol hisse senedini içerir. Bu, dört borsanın toplam sermayesinin %74'ünü temsil eden aritmetik sermayeli, ağırlıklı bir endekstir.<sup>126</sup>

Eurotop 100 Index, dokuz Avrupa ülkesinin öncü hisse senetlerine dayanır. 1991 yılında, ülke ağırlıkları şu şekildeydi: Britanya %26,70, Almanya %13,37, Fransa %13,24, İsviçre %10,35, İspanya %9,39, İsveç %8,09, Hollanda %7,65, İtalya %7,49 ve Belçika %3,72. Bu ağırlıklar, toplam sermaye (%90) ve Gayrisafî Milli Hâsıla (%10) temel alınarak hesaplanmıştır. 1991 yılında, üç adımlı olarak hesaplanan endekste 109 şirket vardı. Önce, her ülke için en son gerçekleştirilen işlem fiyatlarının aritmetik ağırlıklı ortalamasıdır. İkinci olarak, bu ülke rakamları, ilgili para birimindeki en son istenen fiyat kullanılarak ECU'lara (Avrupa Para Birimi) dönüştürülür. Aritmetik ağırlıklı piyasa ortalaması bu esasa göre hesaplanır.<sup>127</sup>

### **2.2.1.1.3 Asya ve Avustralya'da Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri**

Japonya'nın TOPIX endeksi, First Section of the Tokyo Stock Index'te teklif edilen tüm hisse senetlerinin sermaye ağırlıklı aritmetik ortalamasına dayanarak her

---

<sup>124</sup> *Millers, a.g.e., s. 25.*

<sup>125</sup> *Ibid., s. 31.*

<sup>126</sup> *Sutcliffe, a.g.e., s.22.*

<sup>127</sup> *Ibid., s.25.*

dakika hesaplanır. Toplam hisse senedi sayısı yaklaşık 1200'dür. Bu endeks, 1 Temmuz 1969 tarihinden beri gerçekleşen işlem fiyatlarına dayanarak hesaplanır.<sup>128</sup>

Nikkei Stock Average (Nikkei 225) endeksi, First Section of the Tokyo Stock Exchange'te listelenen 225 iyi satan Japon şirketinin fiyat ağırlıklı, aritmetik olarak hesaplanmış endeksidir. 16 Mayıs 1949 tarihinden beri günlük olarak hesaplanmaktadır. Bu endeks, Japonya'nın en yaygın şekilde takip edilen ve en sık teklif edilen hisse senedi endeksidir.<sup>129</sup>

Hang Sang Index, Hong Kong Stock Exchange'deki 33 hisse senedinin hisselerin piyasa sermayeleştirmesi ile fiyat ağırlıklı olarak hesaplanan bir endekstir. 1991 yılında, bu hisse senetleri borsanın iş hacminin %75'ini oluşturuyordu. Aritmetik ortalamaya göre hesaplanır.<sup>130</sup>

Australian Stock Exchange All Ordinaries Stock Price Index, Avustralya Borsası'nın yaklaşık 300 hisse senedini kapsayan piyasa sermayesi ağırlıklı, aritmetik ortalamalı bir endekstir. Bu borsadaki hisse senetlerinin piyasa sermayesinin yaklaşık %90'ını temsil eder.<sup>131</sup>

### 2.2.1.2. Türkiye’de Kullanılan Hisse Senedi Endeksleri

Türkiye’de halen hesaplanmakta olan hisse senedi endeksleri aşağıda gösterilmiştir:<sup>132</sup>

- **İMKB Ulusal-100 Endeksi:** 1986 yılında 40 şirketin hisse senedi ile başlayarak zamanla sayısı 100 şirketin hisse senedi ile sınırlanan Bileşik Endeks’in devamı niteliğindedir. Ulusal Pazar’da işlem gören menkul kıymet yatırım ortaklıkları hariç hisse senetlerinden oluşmakta olup, İMKB Ulusal-30 ve İMKB Ulusal-50 hisse senetlerini otomatik olarak kapsamaktadır.

---

<sup>128</sup> Millers, a.g.e., s.34.

<sup>129</sup> Sutcliffe, a.g.e., s. 20.

<sup>130</sup> Satish Swamy, “Stock Index Futures, Options, and Trading Strategies” in: Atsuo Konishi & Ravi E. Dattatreya (ed.s) The Handbook of Derivative Instruments, Irwin, Chicago, 1996, ss. 305-306.

<sup>131</sup> Ümit Erol, *Vadeli İşlem Piyasaları Teori ve Pratik*, ISE, İstanbul, 1999, s. 190.

<sup>132</sup> **Sermaye Piyasası ve Borsa Temel Bilgiler Kılavuzu**, İstanbul, İMKB, s. 369.

- **İMKB Ulusal-50 Endeksi:** Menkul kıymet yatırım ortaklıkları hariç Ulusal Pazar’da işlem gören şirketlerden seçilen 50 hisse senedinden oluşmakta olup, İMKB Ulusal-30 hisse senetlerini otomatik olarak kapsamaktadır.
- **İMKB Ulusal-30 Endeksi:** Vadeli İşlemler Piyasası’nda kullanılmak üzere, menkul kıymet yatırım ortaklıkları hariç Ulusal Pazar’da işlem gören şirketlerden seçilen 30 hisse senedinden oluşmaktadır.
- **İMKB Ulusal - Tüm Endeksi:** Menkul kıymet yatırım ortaklıkları hariç Ulusal Pazar’da işlem gören hisse senetlerinden oluşmaktadır.
- **Sektör Endeksleri ve Alt Sektör Endeksleri:** Menkul kıymet yatırım ortaklıkları hariç Ulusal Pazar’da işlem gören hisse senetlerinden oluşmaktadır.
- **İMKB İkinci Ulusal Pazar Endeksi:** İkinci Ulusal Pazar’da işlem gören hisse senetlerinden oluşmaktadır. 03.03.2003 tarihinden itibaren geçerli olan yeni pazar yapılanmasına bağlı olarak İMKB Bölgesel, YŞP Endeksi’nin adı İMKB İkinci Ulusal Pazar Endeksi olarak değiştirilmiştir.
- **İMKB Yeni Ekonomi Pazarı Endeksi:** Yeni Ekonomi Pazarı’nda işlem gören hisse senetlerinden oluşmaktadır.
- **İMKB Menkul Kıymet Yatırım Ortaklıkları Endeksi:** Ulusal Pazar’da işlem gören menkul kıymet yatırım ortaklıklarının hisse senetlerinden oluşmaktadır.

Aşağıda Türkiye’de vadeli işlemlerde kullanılan İMKB – 100 ve İMKB – 30 endeksleri açıklanacaktır.

### 2.2.1.3.İMKB – 100

Yukarıda açıklanmaya çalışıldığı gibi Ulusal Pazar’da yer alan tüm şirketler İMKB tarafından önceden belirlenmiş kotasyon şartlarını tümüyle karşılayan şirketlerdir. 2007 yılı itibarı ile, Ulusal Pazar’dan seçilmiş 100 şirkete ait hisse

senetleri İMKB Ulusal-100 Endeksini oluşturmaktadır.<sup>133</sup> Fakat bilindiği gibi bu endeks dışında İMKB-50 ve İMKB-30 hisse senedi endeksleri de bulunmaktadır. Bu durumda hisse senetlerinin bu endekslere dahil olmalarını sağlayacak prensipler aşağıda belirtilmiştir:<sup>134</sup>

- Bu hisse senetlerinin değerlendirme dönemleri (Kasım, Şubat, Mayıs ve Ağustos) sonu itibarıyla Borsa'da en az 60 gün süreyle işlem görmesi şarttır.
- İMKB Ulusal-30, İMKB Ulusal-50 ve İMKB Ulusal-100 endeksine, birden fazla grup (örneğin A,B,C) hisse senedi bulunan şirketin, sadece bir grup hisse senedi dahil edilebilmektedir.
- İMKB Ulusal-30, İMKB Ulusal-50 ve İMKB Ulusal-100 endeksine dahil olacak şirketlerin büyüklük, likidite vb. bakımlardan mevzuattaki şartları sağlaması gerekmektedir.

İMKB Ulusal-30, İMKB Ulusal-50 ve İMKB Ulusal-100 endekslerinde yer alacak hisse senetlerinin seçimi aşağıda gösterildiği şekilde yapılır:<sup>135</sup>

- Aynen saklamada bulunanlar hariç, Takasbank saklamasında bulunan hisse senetleri, değerlendirme dönemi sonu itibarıyla piyasa değerine (hisse sayısı \* kapanış fiyatı) göre büyükten küçüğe doğru sıralanır.
- Büyüklük, likidite vb. bakımlardan mevzuattaki şartları sağlayan hisse senetlerinden aynen saklamada bulunanlar hariç Takasbank saklamasında bulunan hisse senetlerinden piyasa değeri ve işlem hacmi en büyük olandan başlayarak sıralama yapılır.

Hisse senetleri yukarıdaki iki şıkka göre iki ayrı liste halinde sıralandıktan sonra her iki listede; birinci sırada yer alan hisse varsa, nihai listede ilk sıraya konur. Her iki listede; birinci sırada yer alan hisse yoksa, ilk iki sıra içinde yer alan hisse

<sup>133</sup> İMKB, "İMKB Hisse Senetleri Piyasası", (Çevrimiçi)  
<http://www.imkb.gov.tr/piyasalar/hisse.htm#National>, 09 Eylül 2006.

<sup>134</sup> Sorularla Borsa ve Sermaye Piyasası, İstanbul, İMKB, 2002, s. 48.

<sup>135</sup> A.e., s. 49.

olup olmadığına bakılır. Nihai listede ilk sırada yer alacak hisse senedi belirleninceye kadar bu işlemler tekrarlanır. Nihai listede ilk sıraya konulacak hisse senedinin belirlenmesinden sonra yukarıdaki işlem takip eden sıralar için tekrar edilir. Her iki listede ilk n sıra içinde olma şartını sağlayan iki hisse senedinin bulunması halinde piyasa değeri büyük olan nihai listede daha üst sıraya konur.<sup>136</sup>

Değerleme dönemi sonu itibarıyla, hisse senetlerinin seçim kriterlerine göre yapılan nihai sıralamada, İMKB Ulusal-30 endeksi için, 25. sıraya veya daha yukarıya çıkan ve İMKB Ulusal-30 Endeksi'nde olmayan hisse senetleri, İMKB Ulusal-50 endeksi için, 45. sıraya veya daha yukarıya çıkan ve İMKB Ulusal-50 Endeksi'nde olmayan hisse senetleri, İMKB Ulusal-100 endeksi için ise 90. sıraya veya daha yukarıya çıkan ve İMKB Ulusal-100 Endeksi'nde olmayan hisse senetleri endeks kapsamına alınır.<sup>137</sup>

Bu şekilde oluşturulan ve halen İMKB – 100 endeksinde işlem gören hisse senetleri aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. İMKB – 100 ‘ün tanımından da anlaşılabilirdiği gibi bu endekse dahil olan hisse senetleri piyasada söz sahibi, prestijli ve çoğunlukla saygın bir grup mensubu olan şirketleri temsil etmektedirler.

**Tablo 2: İMKB Ulusal – 100 Endeksine Kayıtlı Hisse Senetleri**

|                 |                     |                          |
|-----------------|---------------------|--------------------------|
| Adana Çimento C | Doğan Holding       | Mardin Çimento           |
| Anadolu Efes    | Döktaş              | Netaş Telekom            |
| Atakule GYO     | Doğan Yayın Holding | Net Holding              |
| Akbank          | Dyo Boya            | Net Turizm               |
| Akçansa         | Eczacıbaşı İlaç     | Otokar                   |
| Ak Enerji       | Eczacıbaşı Yapı     | Petkim                   |
| Aksigorta       | Eczacıbaşı Yatırım  | Pınar Süt                |
| Aksa            | Efes Holding        | Park Elektrik Madencilik |
| Alarko Holding  | Enka İnşaat         | Petrol Ofisi             |
| Alcatel Teletaş | Ereğli Demir Çelik  | Sabancı Holding          |
| Alarko GYO      | Fenerbahçe          | Advansa Sasa             |
| Anadolu Hayat   | Finansbank          | Şişecam                  |
| Anadolu Sigorta | Fortis bank         | Şekerbank                |

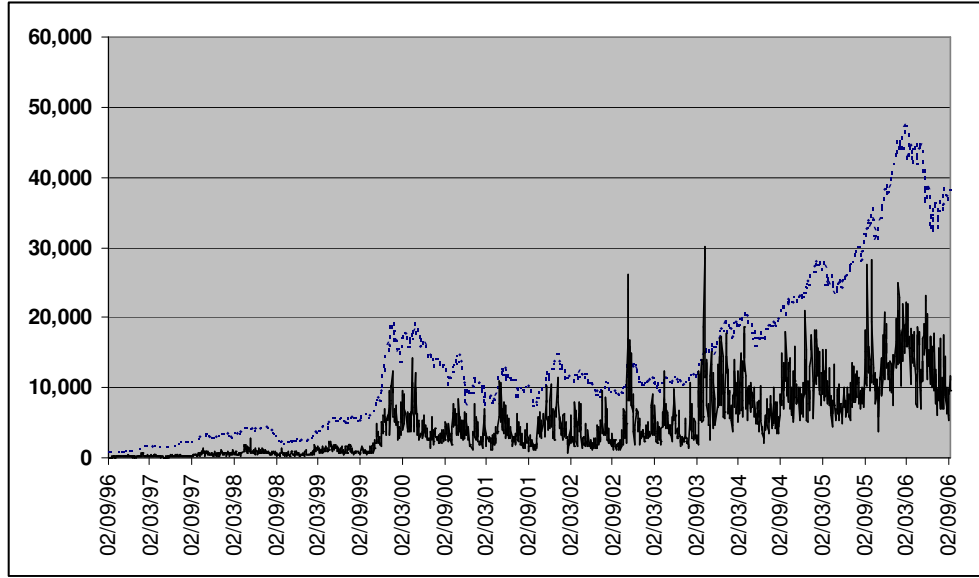
<sup>136</sup> Ataonline, “Hisse Senetlerinin Seçim Kriterleri”, (Çevrimiçi)  
[http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci\\_okulu/default.asp?level=402](http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci_okulu/default.asp?level=402), 08 Eylül 2006.

<sup>137</sup> Ataonline, “Hisse Senetlerinin Seçim Kriterleri”, (Çevrimiçi)  
[http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci\\_okulu/default.asp?level=402](http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci_okulu/default.asp?level=402), 08 Eylül 2006.

|                          |                        |                          |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| Arçelik                  | Ford Otosan            | Tat Konserve             |
| Aselsan                  | Garanti Bankası        | Turkcell                 |
| Anadolu Isuzu            | Global Yatırım Holding | Türk Ekonomi Bankası     |
| Ayen Enerji              | Goldaş Kuyumculuk      | Tekstilbank              |
| Aygaz                    | Göлтаş Çimento         | Türk Hava Yolları        |
| Bağfas                   | Garanti GYO            | Tofaş Otomobil Fabrikası |
| Banvit                   | GSD Holding            | Turcas Petrol            |
| Beko Elektronik          | Hürriyet Gazetecilik   | Trakya Cam               |
| Bosch Fren Sistemleri    | İhlas Holding          | T.Sınai Kalkınma Bankası |
| Bolu Çimento             | İş Bankası C           | Türk Traktör             |
| Boyner Büyük Mağazacılık | İş Finansal Kiralama   | Tüpraş                   |
| Brisa                    | İş GYO                 | Usaş                     |
| Borusan Yatırım          | İzmir Demir Çelik      | Ülker Gıda               |
| Çimsa                    | Karsan                 | Uzel Makina              |
| Çelebi                   | Kartonsan              | Vakıflar Bankası         |
| Ceytaş Madencilik        | Koç Holding            | Vestel                   |
| Denizbank                | Koza Davetiyeleri      | Yazıcılar Holding        |
| Deva Holding             | Kardemir D             | Yapı Kredi Bankası       |
| Doğan Gazetecilik        | Migros                 | Zorlu Enerji             |
| Doğuş Otomotiv Servis    | Marmaris Martı         |                          |

(Kaynak: ParaTR, “İMKB-100 Hisse Senetleri” (Çevrimiçi)  
<http://www.paratr.com/c/imkbhisse.asp?sn=2>, 08 Eylül 2006.)

Yukarıda hisse senetlerinden bahsedilen söz konusu endeksin yıllar itibari ile yaşadığı gelişime aşağıdaki şekilde bakıldığında son yıllarda artan işlem hacmi (düz çizgi) ile birlikte yatırımcıların daha fazla ilgisini çektiği ve trendin özellikle yaşanan mali krizlerden sonra hep yukarı doğru olduğu görülmektedir.



**Şekil 2.** IMKB-100 Endeksinin son 10 yıllık gelişimi (işlem hacmi x 100)

(Kaynak: TCMB, “IMKB Endeksi ve Günlük İşlem Hacmi”, (Çevrimiçi)  
<http://tcmbf40.tcmb.gov.tr/cbt.html>, 08 Eylül 2006)

#### 2.2.1.4. IMKB – 30

IMKB – 30 Endeksi Türkiye ulusal pazarının içinde yer alan ve seçilmiş 30 hisse senediyle hesaplanmaya başlanan bir göstergedir. Bu endekse seçimin nasıl yapılacağı yukarıda açıklanmıştı. Belirtilen endekste işlem gören hisse senetleri aşağıda gösterilmiştir.

**Tablo 3: IMKB Ulusal – 30 Endeksine Kayıtlı Hisse Senetleri**

|                       |                      |                          |
|-----------------------|----------------------|--------------------------|
| Akbank                | Hürriyet Gazetecilik | Turkcell                 |
| Arçelik               | İş Bankası C         | Türk Hava Yolları        |
| Denizbank             | İş GYO               | Tofaş Otomobil Fabrikası |
| Doğuş Otomotiv Servis | Koç Holding          | T.Sinai Kalkınma Bankası |
| Doğan Holding         | Migros               | Tüpraş                   |
| Doğan Yayın Holding   | Petkim               | Ülker Gıda               |

|                    |                 |                    |
|--------------------|-----------------|--------------------|
| Ereğli Demir Çelik | Petrol Ofisi    | Vakıflar Bankası   |
| Finansbank         | Sabancı Holding | Vestel             |
| Fortis bank        | Şişecam         | Yapı Kredi Bankası |
| Garanti Bankası    | Şekerbank       |                    |

(Kaynak: ParaTR, “İMKB-30 Hisse Senetleri” (Çevrimiçi)

<http://www.paratr.com/c/imkbhisse.asp?sn=1> , 08 Eylül 2006.)

Görüldüğü gibi bunlar hem İMKB ye kote şekilde en yüksek rakamlar ile işlem gören hem de piyasada itibarları bulunan halka açık anonim şirketlerdir.

### 2.2.2. Sabit Getirili Menkul Kıymetlere Dayalı Endeksler

Sabit getirili menkul kıymet denildiğinde akla devlet iç borçlanma senetleri, Eurobondlar, Repo ve sabit getirili Yatırım Fonları gelmektedir. Bu bölümde bu menkul kıymetleri baz alarak oluşturulan endekslerden bahsedilecektir.

Anonim şirketlerin ödünç para bulmak için itibari kıymetleri eşit ve ibareleri aynı olmak üzere çıkardıkları borç senetlerine tahvil denmektedir.<sup>138</sup> Bu tür borçlanma senetleri yatırımcıya alacaklık hakkı sağlarken piyasa koşullarının sonucu olarak genellikle devlet tarafından ihraç edilmektedir. Bunların tamamına Devlet İç Borçlanma Senetleri dendiği gibi temelde iki ayrı şekilde izlenmektedir:<sup>139</sup>

- **Devlet Tahvili:** Vadesi 1 yıldan fazla olan devlet iç borçlanma senetleridir.
- **Hazine Bonosu:** Vadesi 1 yıldan az olan devlet iç borçlanma senetleridir.

Devlet İç Borçlanma senetleri bilindiği gibi faiz oranları artarken fiyatı azalan, tersi durumda da fiyatı artan iç borçlanma araçlarıdır. Bu sebeple işlem fiyatları günden güne değişmektedir. DİBS'lere yatırım yapan kişisel ve kurumsal yatırımcıların yatırım yaptıkları kıymetlerin fiyat ve getirilerindeki gelişmeleri basit

<sup>138</sup> Türk Ticaret Kanunu, m.420.

<sup>139</sup> Sabit Getirili Menkul Kıymetler, İstanbul, İMKB, 2001, s. 3.

ve anlaşılabilir göstergeler yardımı ile izleyebilmelerini sağlamak amacıyla DİBS endeksi oluşturulmuştur.

Gelişmiş ülkelerde değişik yatırımcı kitlelerine yönelik bir çok hazine bonosu endeksi hesaplanmaktadır. (A.B.D.’de; Broad Investment-Grade Bond Index, Large Pension Fund Baseline Bond Index, gibi).<sup>140</sup>

Türkiye’de de söz konusu endekslere paralel olarak İMKB Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) endeksleri 1996 yılının ilk işlem günü olan 2 Ocak 1996 tarihinden itibaren yayınlanmaya başlanmıştır. Başlangıçta piyasada yapılan işlemlerin tamamına yakın kısmının iskontolu olarak işlem gören ve vadesi bir yıldan az olan DİBS’ler üzerinde gerçekleştirilmiş olması nedeniyle endeksler 30, 91 ve 182 günlük karakteristik vadelerde hesaplanıp yayınlanmışlardır. Daha sonra 2 Ocak 2001 tarihinden itibaren DİBS endeksleri, 6 (182 gün), 9 (273 gün), 12 (365 gün) ve 15 (456 gün) aylık yeni vadelerde 2 Ocak 2001 Salı günü baz tarihi alınarak yeni bir seri olarak hesaplanıp yayınlanmaya başlanmıştır.<sup>141</sup>

Devlet iç borçlanma senetlerinin yanında bir diğer önemli yatırım enstrümanı Eurobond’lardır. Eurobond, uluslararası bir konsorsiyum ile birden fazla ülkede eşanlı olarak banka ve/veya yatırım bankaları tarafından gerçekleştirilen bir tahvil ihracıdır. İhraca konu tahvil her zaman “hamiline” yazılı olduğu için nihai yatırımcının tespiti mümkün olamamaktadır. Bu araçlar stopaj vergisinden muaftırlar.<sup>142</sup>

Eurobond’lar ile ilgili oluşturulan endekslerde ise aşağıdaki yöntem izlenmektedir:

Veri sağlayıcılardan eurobond clean price’ları alınır. Kuponların birikmiş gün sayısı hesaplanır. Her bononun birikmiş faizi hesaplanır. Birikmiş faizler temiz fiyatlara eklenerek kirli fiyatlar bulunur. Kirli fiyatlar bonoların nominalleri ile

<sup>140</sup> İMKB, “İMKB Tahvil ve Bono Piyasası Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) Endeksleri” (Çevrimiçi), <http://www.imkb.gov.tr/endeksler/dibsendeks.zip>, 08 Eylül 2006.

<sup>141</sup> İMKB, “İMKB Tahvil ve Bono Piyasası Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) Endeksleri” (Çevrimiçi), <http://www.imkb.gov.tr/endeksler/tahvilx.htm>, 08 Eylül 2006.

<sup>142</sup> **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, s. 168.

çarpılarak piyasa değerleri bulunur. Aynı gruptaki (euro veya dolar) tüm bonoların piyasa değerlerine göre bonoların endeks içindeki ağırlıkları tespit edilir. Günlük kirli fiyat değişimlerine göre günlük getiri bulunur.<sup>143</sup>

Bunun dışında yatırım fonlarına dayalı endeksler de bulunmaktadır. Öncelikle yatırım fonlarının tanımını vermek istersek, “Kanun hükümleri uyarınca halktan katılma belgeleri karşılığında toplanan paralarla, belge sahipleri hesabına, riskin dağıtılması ilkesi ve inançlı mülkiyet esaslarına göre, kurulan mal varlığıdır”<sup>144</sup> denebilir. Bu fonlar temelde ikiye ayrılmaktadır:<sup>145</sup>

- **A tipi fonlar:** Portföylerinde %25’ten fazla hisse senedi bulunduran fonlara A tipi fon denilmektedir.
- **B tipi fonlar:** Yukarıdaki kapsamda olmayan fonlara denilmektedir.

Bu endekslerde A tipi ve B tipi yatırım fonlarının ortalamaları alınmaktadır. Örneğin Kurumsal Yatırımcılar Derneği tarafından aşağıdaki yatırım fonları endeksleri oluşturulmuştur:<sup>146</sup>

- **KYD A Tipi Fon Endeksi :** Piyasa değeri ve katılımcı sayısı en yüksek kriterleriyle seçilen 50 A tipi fondan piyasa değeri ağırlıklı yöntem kullanarak oluşturulmuştur.
- **KYD B Tipi Fon Endeksi:** Piyasa değeri ve katılımcı sayısı en yüksek kriterleriyle seçilen 50 B tipi fondan piyasa değeri ağırlıklı yöntem kullanarak oluşturulmuştur.

Son olarak repo endekslerinden bahsetmek gerekmektedir. Repo bilindiği gibi “geri alım vaadiyle satış” olarak adlandırılmaktadır. Bu; bankalar, aracı kurumlar,

---

<sup>143</sup> Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği, “KYD FX DİBS Endekslerinin Açıklaması” (Çevrimiçi) [http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#4](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#4), 09 Eylül 2006.

<sup>144</sup> **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları**, s. 27.

<sup>145</sup> Kılınç, **a.g.e.**, s. 60.

<sup>146</sup> Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği, “KYD FON Endeksleri” (Çevrimiçi) [http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#2](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#2), 09 Eylül 2006.

TCMB veya gerçek kişiler arasında genellikle bir borçlanma senedinin teminata verilmesi suretiyle yapılan kredi anlaşmasına benzemektedir.<sup>147</sup>

Repoya dayalı endekslere geçildiğindeyse örnek olarak yine Kurumsal Yatırımcılar Derneği (KYD) tarafından oluşturulan endekse bakabiliriz. KYD O/N Repo Endeksleri, İMKB Repo-Ters Repo pazarında gerçekleşen işlemlerde oluşan gecelik repo oranının getirisini takip edebilmek ve yatırımlarını kısa vadeli yatırım araçlarında değerlendiren yatırımcılara performanslarını karşılaştırabilecekleri bir kıstas sunmak amacı ile oluşturulmuştur. Gecelik repo oranı olarak İMKB Repo-Ters Repo piyasasında geçen gecelik işlemlerin hacimlerine göre ağırlıklandırılan ortalama faiz oranı alınır. Stopajlı olan bu oran, reponun vadesi olan gün sayısı ile çarpılır ve 365'e bölünerek Brüt O/N repo endeksinin dönem getirisi bulunur. Aynı formülasyon stopajsız repo faiz oranı kullanılarak yapıldığında Net O/N repo endeksinin getirisi oluşur.<sup>148</sup>

Bu aşamaya kadar vadeli işlemlerin ne anlama geldiğinden ve endekslerin tanımlamalarından bahsedilmeye çalışılmıştır. Üçüncü aşamada da bu bölümlerden yararlanarak hisse senetlerine dayalı endeksleri konu eden vadeli işlem sözleşmelerinin türlerinden söz edilmeye çalışılacaktır.

### 2.3. Endeks ve Risk

Mâlî sektörde işlem yaparken içsel ve dışsal risklerle karşılaşılabilir. Sektörün kendi yapısından kaynaklanan risklere “içsel riskler”, sektörün dışındaki olaylardan kaynaklanan risklere ise “dışsal riskler” denir<sup>149</sup>. Sektörde karşılaşılan risk grupları içerisinde en önemlisi “mâlî riskler” denen, bankaların ve sektörün kendi yapı ve operasyonlarından kaynaklanan risk grubudur<sup>150</sup>. Bu riskler faiz riski, kur riski, kredi

<sup>147</sup> Stephen A. Lumpkin, “Repo ve Ters Repo Sözleşmeleri”, **Para Piyasası Enstrümanları**, İstanbul, İstanbul Altın Borsası, 2002, s. 91.

<sup>148</sup> Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği, “KYD O/N Repo Endekslerinin Açıklaması” (Çevrimiçi) [http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#2](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#2), 09 Eylül 2006.

<sup>149</sup> Oğuz Yıldırım, “Türk Bankacılık Sektörünün Temel Sorunları ve Sektörde Yaşanan Mali Riskler”, Dış Ticaret Müsteşarlığı Raporu, 2004, <http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/DTDERGI/ocak%202004/turk.htm>

<sup>150</sup> Yıldırım, a.g.y.

riski, piyasa riski, sermaye yetersizliği riski ve likidite riski olmak üzere altı başlık altında incelenebilir<sup>151</sup>.

Faiz riski nominal ve reel faiz oranlarındaki hareketlenmelerden kaynaklanır. Faiz riski, aktif kalemleriyle pasif kalemleri arasında vade ya da faiz bazında bir uyumsuzluk olması veya değişken faizli mali yükümlülüklerin gelecekteki nakit akımları, gelir–gider üzerinde belirsizliğe yol açması halinde ortaya çıkar<sup>152</sup>.

Kur riski kurlardaki değişimlerden kaynaklanan kazanç ve kayıplarla ilgili risk çeşididir. Bu riskte söz konusu yabancı paraya dayalı işlemlerde, yabancı paraların yerli paraya ya da birbirlerine karşı değerlerinin değişmesi halinde ortaya çıkar<sup>153</sup>, sonuçta bu da kar veya zarara yol açar<sup>154</sup>.

Kredi riski ise potansiyel kayıplar açısından önemlidir, borçlu kişilerin aldıkları kredilerde geri ödeme sıkıntısına düşmelerinden kaynaklanır. Yani kullandırılan kredinin geri dönmeme halini ifade eder. Kredinin geri dönmemesi, borcun tamamen veya kısmen kaybına neden olur<sup>155</sup>.

Likidite riski ise finansal kurumların taahhütlerini zamanında yerine getirecek araçlara sahip değilse, ortaya çıkar. Bu risk, kısa vadeli varlıklarının yine kısa vadeli taahhütlerini karşılayamama durumunda belirir<sup>156</sup>. Piyasa riski kavramı ise sahip olunan ticari varlığın işleme tabi tutulabileceği süre dahilinde, piyasada meydana gelen beklenmedik olumsuz dalgalanmaların neden olduğu kayıp veya beklenenden düşük seviyedeki kâr durumunu belirtir<sup>157</sup>. Piyasa riskini en aza indirmek, piyasa disiplininin sağlanmasıyla olanaklıdır.

Endeks riski ise herhangi bir endeks işlemine dair gerçekleşmeme riski ya da (genellikle ani) değer yitimi riski söz konusu olduğunda ortaya çıkar. Faiz riskinin artması ile dalgalanacak ya da hızla yükselecek (ya da hızla düşecek) faizler,

<sup>151</sup> Faik Çelik, “ Türk Bankacılığında Risk Yönetimi Yönetmeliği Dönemi ve Piyasa Riski Ölçüm Metodları”, İktisat Dergisi, Eylül sayısı, 2001, s. 61.

<sup>152</sup> Çelik, a.g.y., s. 62.

<sup>153</sup> Yıldırım, a.g.y.

<sup>154</sup> Türkiye’de kur riskine bağlı açık pozisyon izleme uygulaması 1985 yılında başlamıştır.

<sup>155</sup> Bu, özellikle bankacılık sektörünü tehdit eden ciddi bir risk türüdür.

<sup>156</sup> Çelik, a.g.y., s. 62.

<sup>157</sup> Çelik, a.g.y., s. 62.

devalüasyon ya da revalüasyon sonucunda belirli bir para biriminin aşırı değerlenmesi ya da değer yitirmesi durumunda gerçekleşecek kur riskleri, ödeme sorunlarının ortaya çıkması sonucu – özellikle de borsada kote kurumlarca ilintili durumlarda - gerçekleşecek kredi riskleri ile herhangi bir endekste ya da borsada işlem gören bir işletmenin likidite riski ya da piyasa riskine maruz kalıp olumsuz etkilenmesi doğrudan endeks riskini artırıcı etkide bulunur.

### 3. VADELİ İŞLEM SÖZLEŞMELERİNİN FİYATLANDIRILMASI

Vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlandırılması Taşıma Maliyeti (Cost-of-Carry) Modeli'ne dayanmaktadır. Bu model finansal olmayan ürünler üzerine düzenlenerek, vadeli işlem sözleşmelerinin değerinin belirlenmesinde kullanılmaktadır. Aynı yöntem finansal araçlara dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin değer tespitinde de kullanılır<sup>158</sup>.

Model, ürünün veya mâlî varlığın nakit fiyatı ile vadeli fiyatı arasındaki ilişkinin düzeyini ölçer. Modele göre vadeli fiyat, teslimat tarihinden önceki herhangi bir dönemde nakit fiyatın üzerinde olmak durumundadır, çünkü sözleşmenin içerdiği fiziki miktar, sözleşme alınıp tarihinde satın alınması ve sözleşme bitiş tarihine kadar taşıma maliyetinin nakit fiyata eklenmektedir<sup>159</sup>.

Taşıma maliyetinin bileşenleri aşağıdaki gibi özetlenebilir<sup>160</sup>:

- Satın alma için kullanılan finansman maliyeti (faiz maliyeti)
- Saklama maliyeti
- Sigorta maliyeti
- Navlun ücreti
- Saklama dönemi içerisinde meydana gelebilecek diğer maliyetler

Bu durumda vâdeli işlem sözleşmelerinin fiyatlandırılması aşağıdaki biçimde formüle edilmektedir<sup>161</sup>:

---

<sup>158</sup> TSPAKB, “Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitim Notları”, İstanbul, 2004, s. 46

<sup>159</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 47.

<sup>160</sup> Kayacan, Murat; Bolat Murat; Yılmaz Mustafa K.; Başaran, M. Yaman; Ustaoglu Z. Metin, “Sermaye Piyasası Araçlarına Dayalı “Futures” ve “Option” Sözleşmelerinin Fiyatlaması”, İstanbul: İMKB Yayınları, 1999, s. 3.

<sup>161</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 47.

Vadeli Fiyat = Nakit Fiyat + Birim Finansman Maliyeti + Birim Saklama Maliyeti

Yukarıdaki eşitlik aşağıdaki biçimde de ifade edilebilir<sup>162</sup>:

$$F_{ct} = S_t + \frac{S_t \times R_{t,T} \times (T - t)}{365} + G_{t,T}$$

F<sub>ct</sub> : T tarihinde teslimatı yapılmak üzere t tarihindeki sözleşmenin vadeli fiyatı

S<sub>t</sub> : t tarihinde nakit fiyatı

R<sub>t,T</sub> : T - t dönemi için t tarihinde borçlanılabilen risksiz faiz oranı

G<sub>t,T</sub> : T - t döneminde saklaması yapılacak ürünün saklama maliyeti

Belirtmek gerekir ki, yukarıdaki modelde bazı varsayımlar söz konusudur<sup>163</sup>:

- Vadeli sözleşmenin veya ürünün fiziksel miktarının alınıp satılmasını etkileyecek bilgi veya işlem maliyetinin olmaması,
- Borç alınan veya verilen tutar üzerinde herhangi bir kısıtlama olmaması,
- Borç alma veya verme oranının aynı risksiz faiz oranı üzerinden yapılması,
- Teminat riskinin olmaması,
- Ürünlerin özelliklerinde sonuna kadar saklanması sırasında değişiklik olmaması,
- Vergi alınmaması.

---

<sup>162</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 47.

<sup>163</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 48.

Yukarıda ifade edilen varsayımların sağlanması durumunda vadeli fiyatın nakit fiyat ile taşıma maliyetinin toplamına eşit olması gerekmektedir. Bu eşitliği bozabilecek herhangi bir değişiklik (yani söz konusu varsayımlarından en az birinin bozulması) arbitraj olanağı doğuracak ve arbitraj yatırımcılarını nakit ya da vadeli piyasalarda ters pozisyon almasını sağlayacak işlemlere yönlendirerek fiyat farkının ortadan kaldırılması sağlanacaktır.

Vadeli işlemlerde söz konusu olan kimi kavramlara kısaca aşağıda değinilmiştir<sup>164</sup>:

- **Baz Risk:** Baz risk, baz değerle ilgili bir kavramdır. Vadeli piyasa fiyatıyla nakit piyasa fiyatı arasındaki farkı ifade eder. Baz değer piyasanın etkin olması durumunda sabit bir değer olup taşıma maliyetine eşittir. Baz risk değerinde meydana gelecek değişme de, nakit fiyattaki değişimin vadeli fiyata tam aynısımaması sonucu nakit ve vadeli fiyat arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır.

- **Aralık (Spread) İşlemleri:** Vadeli piyasalarda kısa uzun pozisyon alınarak yapılan işlemlerle birlikte yatırımcılar aralık olarak tanımlanan pozisyonlar üzerinden de işlem yapmaktadır. Aralık pozisyonu, aynı ürünün farklı vadelerine ait fiyat farkı ya da aynı vadeye ait fakat birbirleri ile bağlantılı ürünlerin vadeli işlem fiyatları arasındaki fark olarak tanımlanmaktadır<sup>165</sup>. Aralık işlemleri üçe ayrılır. ‘Zaman aralığı’ (time spread) aynı ürünün farklı vadelerine ait vadeli sözleşmelerin aynı anda birinden alım ve diğerinden satımı yapılarak oluşturulan pozisyonudur. Borsadaki fiyatı iki farklı vadeye ilişkin fiyatlar arasındaki farkın kotasyonudur<sup>166</sup>. Birbirleri ile bağlantılı ürünlerin aynı vadeye ilişkin vadeli sözleşmelerinden birinden alımı diğerinden satımı biçiminde oluşturulan pozisyon ise ürünlerarası aralık (intercommodity spread) pozisyonudur<sup>167</sup>. Bir diğer aralık çeşidi ise ürünlerarası aralık pozisyonunun türevi olarak kabul edilebilecek piyasalararası aralıktır (inter-market spread). Aralık fiyatları vadeli fiyatlar arasındaki fark olarak belirlenir ve ilan edilir. Vadeli fiyat ise nakit fiyata taşıma maliyetinin eklenmesi

---

<sup>164</sup> Edwards, F. R., “Futures and Options” Singapore: McGraw Hill, 1992, ss. 86 – 100.

<sup>165</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 21.

<sup>166</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 21.

<sup>167</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 21.

yoluyla bulunduğundan aralık fiyatı iki farklı taşıma maliyetinin tutarları arasındaki farktan meydana gelir. Finansal araçlara dayalı vadeli sözleşmelerin fiyatının belirlenmesinde taşıma maliyetleri yalnız faiz oranlarından meydana geldiğinden aralık değeri faiz oranları arasındaki farktan ibarettir<sup>168</sup>.

### 3.1. Belirsizlik Olmayan Ortamlarda Vadeli İşlem Sözleşmeleri Fiyatlaması

Belirsizliğin bulunmadığı durumlarda finansal vadeli işlem sözleşmesinin teorik fiyatı<sup>169</sup> yukarıda sözü edilen taşıma maliyeti modeli yardımıyla hesaplanabilir<sup>170</sup>. Taşıma maliyeti modeli arbitraj aralığı mantığına dayanır. Nakit al – Vadeli sat<sup>171</sup>, Nakit sat-Vadeli al<sup>172</sup> stratejilerini kullanan yatırımcılar, vadeli işlem sözleşme fiyatını belirli bir aralığın içinde tutarlar. Fiyat aralığının dışındaki fiyatlar, risksiz kâr edinme olanağı sağlar.

Arbitraj işlemlerinde nakit ve vadeli piyasaların aynı anda kullanılmasıyla yapılan iki çeşit yatırım seçeneği vardır<sup>173</sup>:

- 1) Borç alınarak nakit piyasadan varlık satın alınır. Dönem sonuna değin varlık elde tutulur ve dönem sonunda nakit piyasada satılır. Bu işlemde elde edilen gelirle alınan borçla faiz geri ödenir.
- 2) Cari vadeli işlem fiyatından T dönemli vadeli işlem sözleşmesi satılır. T dönem sonra nakit piyasadan alınan varlık ile vadeli işlem sözleşmesi teslimat yükümlülüğü yerine getirilir.

Her iki seçeneğin dönem sonu getirisi aynıdır. Yatırımcının refahında herhangi bir değişiklik meydana gelmemekte ve risk bulunmamaktadır.

---

<sup>168</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 22.

<sup>169</sup> İng. *fair value*.

<sup>170</sup> Blake, David. “Financial Market Analysis”, London: McGraw Hill, s. 175.

<sup>171</sup> İng. *cash-and-carry*.

<sup>172</sup> İng. *reverse cash-and-carr*.

<sup>173</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 6.

### 3.2. Belirsizlik Olması Hâlinde Vadeli İşlem Sözleşmeleri Fiyatlaması

Gelecekte nakit piyasa fiyatının ne olacağının tam olarak bilinmediği belirsizlik ortamlarında Cari vadeli işlem sözleşme fiyatı ile sözleşmenin vade sonunda gerçekleşecek nakit piyasa fiyatı birbirinden farklı olabilir. Söz konusu fark tahmin edilebildiği zaman, cari vadeli işlem sözleşme fiyatının ne olması gerektiği ölçümlenebilir<sup>174</sup>.

Beklentiler hipotezi uyarınca, yatırımcı riske karşı duyarsızdır; cari vadeli işlem sözleşme fiyatı ise sözleşmenin vade sonundaki beklenen nakit piyasa fiyatını göstermektedir. Diğer yandan, beklentiler hipotezinde riske açık pozisyon tutan spekülâtörlerin de riske karşı duyarsız olmaları durumunda ortalama olarak yalnızca risksiz getiri oranından kazanç sağlamayı umdukları varsayılır. Ne var ki, riske karşı korunma sağlamak için vadeli işlemler piyasasına girenlerin taleplerini karşılamak amacıyla risksiz getirinin üzerinde bir miktar risk primi isteyen spekülâtörlerin varlığı dikkate alındığında, söz konusu hipotez yetersiz kalmaktadır<sup>175</sup>.

Taşıma maliyeti modelinin yukarıda sözü edilen iki yatırım stratejisinin arbitraj yatırımcılarınca kullanılmasıyla meydana gelen arbitraj aralığı içinde beklentiler çarpışır ve vadeli işlem fiyatlarının belirlenmesinde spekülâtif stratejiler rol oynar. Cari vadeli işlem fiyatıyla aynı işleme konu olan ürünün vade sonundaki beklenen nakit piyasa fiyatı arasında risksiz getiri oranı temelinde sağlanan denklik, işlem maliyetleri ve vadeli işlemler piyasasında işlem yapanların riskten kaçınmaları durumunda sağlanamamaktadır. Spekülâtörlerin risksiz getirinin üzerinde risk primi istemeleri, cari vadeli işlem fiyatı ile vade sonundaki beklenen nakit piyasa fiyatı arasında fark oluşmasına yol açmaktadır.

---

<sup>174</sup> Blake, a.g.e., s. 176.

<sup>175</sup> Kayacan vd., a.g.e, s. 9.

Beklenen nakit piyasa fiyatlarıyla cari vadeli işlem fiyatları arasındaki ilişkiyi riskten kaçınma (risk aversion) varsayımı ile açıklamayı amaçlayan iki kuram vardır<sup>176</sup>:

1) **Normal Ters Piyasa Kuramı**<sup>177</sup>: Vadeli işlem sözleşme fiyatları, sözleşmenin vade sonuna yaklaşıldıkça artmalıdır. Çünkü sahip olunan varlıkların değerindeki olası değişimlere karşı korunmak isteyenler<sup>178</sup>, uygun vadeli işlem sözleşmelerinde satıcı taraf olacak ve alıcı taraf olmaları için riskten kaçınan spekülörlere risksiz getiri oranının üzerinde risk primi ödeyeceklerdir. Böylelikle, cari vadeli işlem fiyatı, beklenen nakit piyasa fiyatının altında gerçekleşerek olası sözleşmenin vade sonunda nakit piyasa ile vadeli işlem piyasası fiyatlarının eşitlenebilmesi için, teslimat tarihine yaklaşıldıkça artacaktır<sup>179</sup>.

2) **Normal Düz Piyasa Kuramı**<sup>180</sup>: Vadeli işlem sözleşmesi alarak riskten korunmaya çalışanlar, riskten kaçınan spekülörlerin satıcı taraf olmasını sağlamak amacıyla satıcıya risksiz getiri oranının üzerinde bir getiri sağlarlar. Böylelikle vadeli işlem fiyatı, beklenen nakit piyasa fiyatından daha yüksek belirlenerek teslimat tarihi yaklaştıkça (zaman içinde) azalır.

### 3.3. Türev Araçlarının Fiyatlandırılmasında Stokastik Yöntem

Değeri zamanla belirsiz bir biçimde değişen herhangi bir değişkenin “stokastik süreç” izlediği varsayılır<sup>181</sup>. Stokastik süreçler ayrı zamanlı (discrete time) veya sürekli zamanlı (continuous time) süreçler olarak ikiye ayrılır. Zaman içerisinde yalnız belirli noktalarda değişebilen değişken değerleri ayrı zamanlı stokastik süreçleri takip ederken, sürekli zamanlı stokastik süreç izleyen değişkenlerin değer değişiklikleri herhangi bir zaman noktasında yer alabilir.

---

<sup>176</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 10.

<sup>177</sup> İng. *Backwardation Theory*.

<sup>178</sup> Hedge Fon yatırımcıları.

<sup>179</sup> Bu kurama ilişkin daha ayrıntılı bilgi için bkz.: Chong, James ve Joëlle Miffre, “Conditional Means, Volatilities, and Correlations in Commodity Futures Markets”, 2004 <http://www.essex.ac.uk/AFM/financecentre/Joelle%20Miffre%202.pdf> , 14 Ekim 2006.

<sup>180</sup> İng. *Contango Market Theory*.

<sup>181</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 11.

Bir türev aracının fiyatının, söz konusu aracın temel aldığı varlığın gelecekte beklenen değerine bağlı olarak hesaplanacağı ve temel alınan varlığın nakit piyasasının zayıf normda etkin olduğu, böylelikle sifıra yaklaşan iki zaman birimi arasındaki nakit piyasa fiyat değişiminin normal dağılım gösterdiği varsayılabilir. Buradan, türev sözleşmenin vade sonunda gerçekleşecek olup şimdiki zamanda belirsiz bulunan, sözleşmenin temel aldığı varlığın fiyatı tahmin edilmelidir. Böylelikle birçok amaç için sürekli-değişken ve sürekli-zaman stokastik yöntemine sık sık başvurulmaktadır<sup>182</sup>.

### **3.4. Hisse Senetleri Endeksine Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmeleri Fiyatlaması**

Endekse dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin değerinin tespitinde iki farklı portföy yatırımının eşdeğer olma özelliğinden yararlanılır. Söz konusu portföylerden ilki endeksi oluşturan varlıkların alımı ile, ikinci portföy ise endekse dayalı vadeli işlem sözleşmesi satın alımı ve endeks başlangıç değeri tutarında Hazine bonosunu teminat olarak depo ederek oluşturulur<sup>183</sup>.

Birinci portföyün vade sonundaki değeri, söz konusu endeksin vade sonundaki değeri ile endeks içindeki varlıklara ödenen temettü gelirlerinin toplamından meydana gelir. İkinci portföyün vade sonundaki değeri ise, endeksin vade sonundaki değeri ile sözleşme fiyatı arasındaki fark ve Hazine bonosunun vade sonu değeri toplamlarından meydana gelir. İkinci portföyde belirtilen Hazine bonosunun tutarı sözleşme satın alındığı andaki endeks değeri kadardır. Dolayısı ile Hazine bonosunun vade sonu değeri endeks cinsinden tanımlanabilir<sup>184</sup>. Yani, Hazine bonosunun vade sonu değeri endeks başlangıç değerinin Hazine bonosuna ödenen faiz oranı ile çarpımı kadar gerçekleşir.

Hisse senetleri endeksi benzeri endekslere dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlarını aşağıdaki etmenler etkiler<sup>185</sup>:

---

<sup>182</sup> Hull, 1997, a.g.e., ss. 191 – 370.

<sup>183</sup> TSPAKB, a.g.y., ss. 47 – 48.

<sup>184</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 48.

<sup>185</sup> Kayacan vd., a.g.e., ss. 24 – 26.

- sözleşmeye konu olan endeksin carî değeri
- vadeye kalan gün sayısı
- risksiz faiz oranı
- temettü verimi
- talep-teklif fiyat farkı
- işlem komisyonları
- temettülerden vergi alınması durumunda oluşacak vergi maliyeti

### **3.5. Hisse Senedine Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması**

Hisse senedine dayalı vadeli işlem sözleşmeleri dünyada ilk kez 1994'te Sidney Vadeli İşlemler Borsası'nda seçilmiş üç hisse senedi üzerinden yapılmaya başlamıştır<sup>186</sup>. Borsa yeterli likiditenin sağlanması için hem vadeli sözleşme hem de söz konusu sözleşmeye konu olan hisse senetleri için piyasa yapıcılığı sistemini getirmiş, böylelikle arz ya da talebin yetersiz kalması durumunda piyasa yapıcılarının arz ya da talep meydana getirerek fiyat oluşumunu sağlamak hedeflenmiştir<sup>187</sup>. Hisse senetlerine dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin fiyatlarının belirlenmesi taşıma maliyeti modeline dayanır<sup>188</sup>:

$$\text{Vadeli fiyat} = \text{Hisse senedi nakit fiyatı} \times (1 + (\text{faiz oranı} - \text{temettü verimi})) \times \text{vade} / 365$$

### **3.6. Faiz Oranına Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması**

Faiz oranına dayalı vadeli işlem sözleşmeleri ikiye ayrılabilir<sup>189</sup>. İlk kısımda yer alan sözleşmeler faiz oranına doğrudan dayalı bir biçimde meydana getirilmiştir.

<sup>186</sup> Sydney Futures Exchange Limited, Pricing Individual Share Futures, [www.sfe.com.au/content/aboutsfe/sfe\\_rules/sfe\\_operatingrules\\_406\\_update.pdf](http://www.sfe.com.au/content/aboutsfe/sfe_rules/sfe_operatingrules_406_update.pdf)

<sup>187</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 26.

<sup>188</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 26.

<sup>189</sup> Hull, a.g.e., ss. 370 – 409.

Eurocurrency mevduatlar üzerinden yazılan vadeli işlem sözleşmeleri bu kısma örnek olarak gösterilebilir<sup>190</sup>. İkinci grup sözleşmeler ise faiz oranına dolaylı olarak bağlanmıştır. Sabit getirili borçlanma senetleri üzerine yazılı vadeli işlem sözleşmeleri bu gruba girmektedir.

Faiz oranına dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin fiyat analizinde daha önce değinilen taşıma maliyeti yöntemi kullanılabilir<sup>191</sup>. Taşıma maliyeti kavramında belirsizlik bulunmamaktadır. Ne var ki, beklentiler alınıp satılmaya başlandığında taşıma maliyeti kavramına ekler yapmak gerekmektedir.

### 3.6.1. Hazine Bonosuna Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması

Hazine bonosuna dayalı vadeli işlem sözleşmesinin vade sonunda teslim edilecek ürün, vadesine  $T^*$  zaman kalmış Hazine bonosudur. Vadesine  $T$  zaman kalmış ve bu zaman dilimi için uygulanan risksiz faiz oranı  $r$  olan vadeli işlem sözleşmesinin denge fiyatı aşağıdaki biçimde hesaplanır<sup>192</sup>:

- Teslim edilecek bononun değeri<sup>193</sup>:

$$V^* = 100e^{-r^* T^*}; r^*: T^*$$

- Vadeli işlem sözleşme fiyatı<sup>194</sup>:

$$F = V^* e^{r T} = 100e^{-r^* T^*} e^{r T} = 100e^{r T - r^* T^*} = 100e^{-\eta (T - T^*)}$$

Yukarıdaki taşıma maliyeti eşitliği, yatırımcıların riske karşı kayıtsız kaldıkları bir ortamda devam ettiği sürece etkin piyasa koşulları hakimdir ve arbitraj olanağı yoktur. Eşitlik bozulursa arbitraj olanağı doğacaktır.

<sup>190</sup> Çünkü Eurocurrency mevduatlar için ikincil piyasalar yoktur ve bu mevduatlar faiz oranlarının kendisini ifade eder.

<sup>191</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 30.

<sup>192</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 30.

<sup>193</sup>  $r^* T^*$  dönemi için risksiz faizdir.

<sup>194</sup>  $\eta T$  ve  $T^*$  arasındaki zaman dönemi için carî faiz oranıdır.

### 3.6.2. Orta ve Uzun Dönem Borçlanma Senetlerine Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması

Uzun dönemli devlet tahvillerine dayalı vadeli işlem sözleşmelerinin kesin bir teorik fiyatını hesaplamak karmaşık bir süreçtir. Çünkü sözleşme satıcısına teslimat ayı içinde herhangi bir gün teslimat yapıp teslimat için en ucuz tahvili bulup teslim etmek benzeri haklar tanınabilmektedir<sup>195</sup>. Satıcı için en ucuz tahvilin hangisi olduğunu ve teslim tarihi bilindiği varsılırsa yatırımcıların riske karşı kayıtsız oldukları noktada, en uzun dönemli devlet tahvili için teorik işlem fiyatı aşağıdaki eşitlik uyarınca gerçekleşir:

$$F = (S - I) e^{r(T-t)}$$

Yukarıdaki eşitlikte  $I$  vadeli işlem sözleşmesinin sonuna değinki kupon ödemelerinin bugünkü değeridir;  $r$ , risksiz faiz oranıdır.

### 3.6.3. EuroDollar Vadeli Mevduata Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Fiyatlandırılması

$T^*$  günlük Eurodolar mevduatı temel alınarak hazırlanan ve nakit uzlaşma ilkesini uygulayan vadeli işlem sözleşmelerinde doğrudan doğruya gelecekteki faiz oranları alınıp satılmaktadır. Hazine bonosunu temel alan vadeli işlem sözleşmeleriyle Eurodolar mevduatların vadeli işlem sözleşmeleri yapısal olarak aynıdır. Bununla birlikte Eurodolar vadeli işlemlerinde fiziksel teslimat yoktur; son işlem günü belirlenen Eurodolar mevduatı uzlaşma faiz oranı üzerinden son olarak güncelleştirme (piyasa ayarlama<sup>196</sup>) yapılarak nakit uzlaşma gerçekleştirilmektedir.

Faiz oranına dayalı vadeli işlem sözleşmeleri, beklentilerin işlem gördüğü ortamlarda, faiz oranları ve getiri eğrilerini tahmin etmeye yarayan çeşitli modellerle değerlendirilir. Fiyatlamada aşağıda belirtilen üç model kullanılmaktadır:

- Black-Scholes eşitliğinin genişletilmiş modelleri

---

<sup>195</sup> Kayacan vd., a.g.e., s. 31.

<sup>196</sup> marking to market

- Araştırmacılar tarafından kullanılan geleneksel vade yapısı denge modelleri

- Arbitrajsız ortam modelleri

### 3.7. Opsiyon Fiyatlaması

Opsiyon sözleşmesi, sözleşmeyi alan tarafa, üzerine opsiyon yazılan mal veya kıymeti gelecekte belirli bir tarihte veya tarihe kadar, belli bir fiyattan, belirlenen miktarda alma veya satma hakkını sağlar<sup>197</sup>. Opsiyon sözleşmesi, alıcı taraf açısından bir hak sağlamakta, buna karşılık satıcı tarafı bu hakkı satan taraf olarak yükümlülük altına sokmaktadır. Alıcı taraf, opsiyon sözleşmesiyle tanınan hakkı satın alırken bunun için bir para öder, bu ödemeye “opsiyon primi” denir. Bu primi alan taraf ise satıcı taraftır. Opsiyon sözleşmesi satın alan portföy yöneticisinin yaptığı işlem de finans literatüründe “portföy sigortalanması” (Portfolio Insurance) olarak adlandırılmaktadır<sup>198</sup>.

Bir opsiyon sözleşmesi aşağıdaki bilgileri içerir:

- Opsiyonun tipi: Avrupa veya Amerikan tipi opsiyon
- Sözleşme tipi: Call (Alım) opsiyonu veya Put (Satım) opsiyonu
- Opsiyona konu mal veya kıymet: Hisse senedi, tahvil vb.
- Kullanım fiyatı: Opsiyonun sağladığı hakkın kullanılacağı fiyat
- Vade sonu: (Örnek: Mart ayının 3. cuması, Haziran ayının ilk iş günü)
- Prim: Opsiyonun fiyatı

---

<sup>197</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 49.

<sup>198</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 49.

### **3.7.1. Opsiyon İşlemlerinin Fiyatlandırılmasında Kullanılan Temel Modeller**

Opsiyon fiyatlama yöntemleri matematiksel ve karmaşıktır. Opsiyon fiyatlarının belirlenmesinde temel olarak Black & Scholes ve Cox, Ross & Rubinstein modelleri olmak üzere iki temel hesaplama yöntemi kullanılmaktadır<sup>199</sup>. Genel olarak Avrupa tipi opsiyonların fiyatlamasında Black & Scholes formülü, Amerikan tipi opsiyonların fiyatlamasında ise Cox, Ross & Rubinstein formülü kullanılmaktadır. Her iki formülde de dikkate alınan ve opsiyon fiyatının hesaplanmasında kullanılan kriterler aşağıda belirtilmiştir<sup>200</sup>:

- Opsiyon sözleşmesine konu mal veya kıymetin spot fiyatı
- Kullanım fiyatı
- Vade sonuna kadar kalan zaman
- Risksiz faiz oranı
- Yıllık standart sapma (Volatilite)

Opsiyon fiyatlama yöntemleri değerlendirilirken dikkat edilmesi gereken en önemli nokta, yukarıdaki ölçütler kullanılarak elde edilen opsiyon fiyatlarının teorik fiyatlar olduğu gerçeğidir. Bu durum, opsiyon fiyatlarında da kendini göstermekte ve opsiyon piyasasında gerçekleşen fiyatlar teorik fiyatlardan sapmalar gösterebilmektedir.

### **3.7.2. Hisse Senedi Üzerine Opsiyon Fiyatlandırılması**

Bir hisse senedinin fiyatını etkileyen altı temel öge vardır<sup>201</sup>:

1. Hisse senedinin carî piyasa fiyatı

---

<sup>199</sup> Konuyla ilgili ayrıntılı hesaplamalar için bkz. Hull, a.g.e. ss. 294 – 325.

<sup>200</sup> TSPAKB, a.g.y., s. 107.

<sup>201</sup> Hull, a.g.e., ss. 151 - 153.

2. Kullanım fiyatı
3. Vadeye kalan gün sayısı
4. Hisse senedi fiyatının değişkenliği
5. Risksiz faiz oranı
6. Opsiyon süresince beklenen temettü tutarı

Söz konusu etmenlerden biri değiştiğinde eve diğer değişkenler sabit kaldığında opsiyon fiyatlarının nasıl değişeceği aşağıdaki tabloda gösterilmiştir:

**Tablo 4: Diğer değişkenleri sabit olmak üzere bir değişkeni artırmanın hisse senedi opsiyonu üzerindeki etkisi**

| Değişken          | Avrupa Satım Alım Hakkı | Avrupa Satım Hakkı | Amerikan Satım Alım Hakkı | Amerikan Satım Hakkı |
|-------------------|-------------------------|--------------------|---------------------------|----------------------|
| Hisse fiyatı      | +                       | -                  | +                         | -                    |
| Mutabakat fiyatı- | -                       | +                  | -                         | +                    |
| Vadeye kalan gün  | +                       | +                  | +                         | +                    |

### 3.7.3. Hisse Senedi Endeksi Üzerine Opsiyon Fiyatlandırılması

Endeks üzerine opsiyonlar, portföy yöneticileri tarafından karşılaşılan riskleri sınırlamak için kullanılır<sup>202</sup>. Hisse senedi endeksleri üzerine opsiyonlar değerlendirirken genellikle “geometric Brownian motion” yaklaşımı kullanılır. Buna göre:

$$c = S e^{-q(T-t)} N(d_1) - X e^{-r(T-t)} N(d_2)$$

$$p = X e^{-r(T-t)} N(-d_2) - S e^{-q(T-t)} N(d_1)$$

Burada S endeks değeri,  $\sigma$  endeksin varyansı,  $q$  ise endeks üzerinden sağlanan temettü geliridir. Söz konusu iki denklemde de temettülerin sürekli ödendiği ve ödeme oranının sabit olduğu varsayılmıştır.

<sup>202</sup> Hull, a.g.e., s. 251.

## Döviz Opsiyonlarının Fiyatlandırılması

Kur riskinden korunmak isteyen kurumsal yatırımcılar için döviz üzerinden yapılan opsiyonlar forward sözleşmelere alternatif teşkil ederler<sup>203</sup>. İleride belli bir tarihte Avro satın alacak olan bir firma riskini söz konusu tarihte sona erecek olan Avro üzerine bir satım opsiyonu olarak korumak isteyebilir. Böylesi bir konuma bir taraftan Avro'nun değerinin mutabakat fiyatından düşük olmayacağı garanti altına alınırken, diğer yandan firmanın lehte gerçekleşecek döviz kuru değişikliklerinden fayda sağlamasına izin verilir. Bir forward sözleşme ileri tairhteki bir işlem için belirli bir döviz kuruna kendisini bloke ederken, bir opsiyon işlemi bir çeşit sigorta sağlamaktadır.

### 3.7.4. Sabit Getirili Kıymetlere Dayalı Opsiyonlarda Fiyatlandırma

Faiz opsiyonları, fiyatları faiz oranlarındaki değişikliklere bağlı olarak değişen türev sözleşmelerin bir türüdür. Faiz oranları yükseldiğinde tahvik fiyatları düşer, faiz oranları düştüğünde ise tahvil fiyatları yükselir. Kısa vadeli faiz oranlarının yükseleceğini düşünen bir yatırımcı Eurodolar vadeli işlem sözleşmesi (Eurodollar futures) üzerine satım opsiyonu satın alarak spekülasyon yapabilirken, söz konusu faiz oranlarının düşeceğini düşünen bir yatırımcı Eurodolar vadeli işlem sözleşmesi üzerine satın alma opsiyonu satın alarak spekülasyon yapabilir<sup>204</sup>.

Uzun vadeli faiz oranlarının yükseleceğini düşünen bir yatırımcı Hazine bonusu ya da tahvil üzerine satım opsiyonları satın alarak spekülasyon yapabilirken, söz konusu faiz oranlarının düşeceğini düşünen bir yatırımcı bu tahvil ve bonolar üzerine satın alma opsiyonu satın almak suretiyle spekülasyon yapabilir.

---

<sup>203</sup> Kayacan vd. a.g.e. s. 67.

<sup>204</sup> Hull, a.g.e., s. 378 – 383.

### 3.7.5. Vadeli İşlemler Üzerine Opsiyonların Fiyatlandırılması

Fischer Black ve Myron Scholes tarafından, Block-Scholes adı ile 1973'te geliştirilen opsiyon fiyatlama modeli 1976'da vadeli işlemler üzerine opsiyon fiyatlaması yapılabilmesi amaçlı geliştirilmiştir<sup>205</sup>. Söz konusu model opsiyon kullanımına değin geçen sürenin faiz oranları nedeniyle değişmeyeceği ve sözleşmenin bir gelir sağlamayacağı, ayrıca yatırıma gereksinim duyulmadığı varsayımı ile elde edilmiştir:

$$\begin{aligned} C_t &= e^{-rt} \{FN(d_1) - KN(d_2)\} \\ d_1 &= \ln(F/K) / v_{ft}^{1/2} + 0.5v_{ft}^{1/2} \\ d_2 &= d_1 - v_{ft}^{1/2} \end{aligned}$$

Burada F carî vadeli işlem fiyatı, Ct carî satınalma opsiyon fiyatı, Vf ise vadeli işlem fiyatının volatilitesidir. Yukarıdaki modelde satım ve satın alım opsiyon fiyatları arasındaki ilişki, yukarıda belirtilen varsayımlar korunarak, aşağıdaki gibidir:

$$P_t = C_t + K - F$$

---

<sup>205</sup> Black, Fischer "The pricing of commodity contracts", Journal of Financial Economics, Jan-March 1976, ss. 167 – 179.

### 3.8. GENELLEŞTİRİLMİŞ OTOREGRESİF KOŞULLU HETEROSKEDASTİSİTE (GARCH) MODELİNİN VOLATİLİTE ENDEKSİ OLARAK KULLANILMASI

Klasik ekonometrik yöntemlerin en çok kullanılanı olan en düşük kareler metodu tüm hata terimlerinin beklenen değerlerinin birbirine eşit olduğunu varsayar. Hata terimlerinin farklı olduğu verilerde ise değişen varyans problemi vardır ve küçük kareler metodu uygulanamaz. Değişen varyans durumunda her ne kadar parameter katsayıları hala daha yansız (unbiased) olsa da standard sapma ve güvenilirlik aralığı (confidence interval) olması gerektiğinden daha düşük çıkar. Bu durumda parametrelerimizin gerçekte olduğundan daha kesin açıklayıcılar olduğu yanlılığına düşebiliriz.

Değişen varyans sorunu zamana dayalı seriler için genellikle gözardı edilmiştir. Bunun sebepleri zamana bağlı serilerde varyansın homojen olmasının beklenmesi, “kuvvetli standard hata” (robust standard errors) hesaplamalarının değişen varyans olması durumunda dahi güvenilir standard hata tahminleri yapabilmesi ve katsayıların etkilenmiyor olmasıdır.

Fakat özellikle finans alanında olduğu gibi sorun bazen standard hataların varyansındadır. Hemen hemen tüm finansal veriler bazı dönemlerin diğerlerinden daha riskli yada daha fazla getiriye sahip olduğunu göstermektedir. Bu yüzden finansal verilerde değişen varyans sorunu ile karşılaşmak çok olasıdır. Ayrıca risk yada daha yüksek getiri dönemleri rastgele dağılmamıştır ve riskli yada kazançlı olma verilerinde otokorelasyon sorunu mevcuttur. ARCH ve GARCH modelleri bu tip verilerle yapılacak analizlerde yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır<sup>206</sup>.

---

<sup>206</sup> İlk olarak Engle tarafından enflayonda gözlemlenen zamana dayalı varyans sorunu için incelenmiştir. Engle, R. (1982). Autoregressive conditional heteroscedasticity with estimates of the variance of United Kingdom inflation. *Econometrica*, 987–1007.

### 3.8.1. ARCH Modeli

Açılımı “otoregresif koşullu değişen varyans”a denk gelen bu modelde varyansın homojen olmadığı ve önceki dönemlerin hata terimlerinin varyansı ile ilişkili olduğu vurgulanır. Başka bir deyişle, otoregresif koşullu değişen varyans modeli, cari dönemdeki hata teriminin varyansının önceki dönemdeki hata terimlerinin varyansının bir fonksiyonu olduğunu varsayar.

$$\epsilon_t = \sigma_t z_t, z_t \sim iid N(0, 1)$$

olduğunu varsayarsak ve

$$\alpha_i \geq 0, i > 0$$

koşulları altında  $\sigma_t^2$  şu şekilde modellenir:

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \epsilon_{t-p}^2$$

### 3.8.2. GARCH Modeli

GARCH modelleri Engel tarafından geliştirilen ARCH modellerinin bir uzantısıdır. Eğer hata teriminin ayrıca otoregresif hareketli ortalama yapısı sergilediği öne sürülüyorsa o zaman genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modeli (GARCH) kullanılır. Bu yöntem, koşullu varyansın hata teriminin gecikmeli değerinin yanı sıra kendi gecikmeli değerine de bağlı olduğu bir yöntemdir.

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \dots + \alpha_p \epsilon_{t-p}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \dots + \beta_q \sigma_{t-q}^2$$

Bu modellerin amacı standard sapma gibi bir volatilité hesaplaması yaparak finansal verilerle oluşturulacak analizlerde kullanmaktır.

En yaygın kullanılan GARCH (1, 1) modeli ilk olarak Bollerslev (1986) tarafından ortaya atılmıştır<sup>207</sup>. Parantez içerisindeki (1,1) notasyonunda ilk rakam kaç tane otoregresif gecikme terimi kullanıldığını, ikinci rakam ise değişkenlerin

---

<sup>207</sup> Bkz. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. Journal of Econometrics, 307–327.

hareketli ortalamalarında kaç tane gecikme terimi kullanıldığını belirtir. Varyans için hesaplanan GARCH (1,1)<sup>208</sup> modeli aşağıdaki gibidir:

$$h_t = \omega + \alpha h_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

Bu model finansal getirilerin t zamanındaki varyansını bir sabit terimin ağırlıklı ortalaması, bir önceki dönemin tahmini ve bir önceki dönemin standard hatasının karesine bakarak hesaplar. ARCH/GARCH modelinin en önemli katkısı volatilitenin tarihsel verilerle hesaplanabileceğini göstermesidir.

Finansal varlıkların getirilerinin volatilité hesapları birçok finansal ürünün risk düzeyini anlamakta kullanılmaktadır. Bu yüzden volatilitenin doğru ölçülmesi ve güvenilir tahminler finansal portföy kararları verilirken çok önemlidir. GARCH yöntemi giderek daha fazla bir şekilde volatilité ölçümü için kullanılmaktadır.

Finansal volatilité verileri zamana bağlı haberler ve olaylardan etkilendikleri için volatilité de geçici gruplaşmalar görülebilir. GARCH modelleri bu tür zaman serilerini parametrikleştirmede faydalıdır. Örneklem içerisinde oldukça iyi parametre hesaplamaları ve örneklem dışında da güvenilir volatilité tahminleri bu yöntemle bulunabilir<sup>209</sup>.

Yukarıdaki GARCH modelleri parametre vektörü  $\theta$  tarafından tanımlanmıştır:

$$\theta, \text{ where } \theta = (b_0, b^T, \omega^T), \omega^T = (\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_p, \beta_1, \beta_2, \dots, \beta_q, \gamma)$$

ve

$$b^T = (b_1, \dots, b_k).$$

<sup>208</sup> GARCH yönteminde en genel notasyon GARCH (p, q)'dur.

<sup>209</sup> Glosten L, Jagannathan R, and Runkle D, Relationship between the Expected Value and the Volatility of the Nominal Excess Return on Stocks, Journal of Finance, 48, 1779-1801, 1993.

GARCH parametrelerini hesaplamının bir yöntemi koşullu log-likelihood fonksiyonunu maksimize eden değeri bulmaktır:

$$lf = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^T \left( \log(b_i) + \frac{\varepsilon_i^2}{b_i} \right)$$

Bu  $\theta$  değeri için yaklaşık bir hesaplama ile başlayıp kabul edilir bir cevaba ulaşıncaya kadar sayısal optimizasyon yapmakla sağlanabilir. Parametre hesaplamalarının standard hataları daha sonra maksimum yaklaşım yönteminden elde edilen sonuçlardan çıkarılabilir.  $\Theta$  asimtotik olarak normal dağılmış, mean'i  $\theta$ 'ya eşit ve covaryans matrisi de  $\mathfrak{S}^{-1}$  dir.

$$\mathfrak{S} = \mathbf{E} \left[ \sum_{i=1}^T \frac{\partial^2 lf}{\partial \theta \partial \theta^T} \right]$$

GARCH sıralamasının modellenmesinin zorlukları hem p hem q hem de süreçte ne kadar volatilité hafızası olduğuna bağlıdır. Parametrelerin yüksek değeri daha uzun volatilité hafızasına yol açmaktadır. Dolayısıyla modellemeyi güçleştirir. Parametre sayısını arttırmak da optimizasyonu zorlaştıracığı için GARCH modellemesini güçleştirir.

GARCH modeli zaman içinde değişen volatilitéyi modellemede kullanılmıştır. GARCH'ın, günlük volatilité tahminlerinde başarılı sonuçlar vermesi bu modelleme yönteminin finansal zaman serisi analizlerinde yaygın olarak kullanılması sonucunu doğurmuştur.

GARCH yöntemiyle volatilité hesabı aşağıdaki formüle göre bulunabilir. Burada GARCH modelinden elde edilen günlük varyans değeri kullanılır.

$$h_{m_t^2} = \sum_{i=1}^{N_t} h_{it}^2$$

## **VADELİ İŞLEMLER BORSASI'NIN AÇILMASININ SPOT PİYASINDAKİ VOLALİTE ETKİSİNİN ZAMAN SERİSİ ANALİZİ**

Bu bölümde Vadeli işlemler Borsası'nın (VOB) açılmasının spot piyasasındaki volalite etkisi incelenecektir. Bu amaçla iki serinin zaman serisi analizi yapılacaktır. Analizde kullanılacak seriler: İMKB hisse senedi kaanış fiyatları(PXLAST serisi) ve İMKB'de işlem gören hisse senedi işlem hacmi (VOLUME)'dir.

PXLAST ve VOLUME serilerinin zaman serileri analizi yapılarak VOB'un spot piyasasına olan volalite etkisi ortaya konmaya çalışılmıştır. Birinci bölümde iki seri 2001-2007, 2001-2005 ve 2005-2007 dönemlerine ayrılarak analiz edilmiştir. Aylık olarak alınan verilerin üç dönemde analiz edilmesindeki amaç VOB'un açıldığı 2005 yılına göre değişimigörebilmektedir. 2005-2007 yılları arasındaki analiz, VOB'un açıkolduğu dönemleri kapsamaktadır. 2001-2005 ise VOB'un açık olmadığı dönemleri, 2001-2007 ise her iki dönemi de kapsamaktadır.

İkinci bölümde ise 2005-2007 yılları arasındaki aylık verilerin ortalama ve varyans deklemleri elde edilmiştir. Bu kısımda serilerin geçikmeli değerlerden etkilenip etkilenmediğine bakılarak, uygun ARCH ve GARCH modelleri tahmin edilmiştir.

### **4. Araştırmanın Metodolojisi**

Kullanılan PXLAST ve VOLUME serileri İMKB'de işlem gören hisse senetlerine aittir. Serilerin seyrine bakılarak Vadeli İşlemler Borsası öncesi sonrası volalite etkisi ortaya konmaya çalışılacaktır.

Bu amaçla PXLAST ve VOLUME serileri 3 döneme ayrılarak durağanlık analizleri yapılacak ve serileri etkileyen trendler ortaya konmaya çalışılacaktır.

Bu amaçla 2005-2007 ve 2001-2007 dönemlerine ait verilerin varyans ve ortalama denklemleri elde edilecektir. Volatilite etkilerine bakmak için spot piyasalarının hareketliliği GARCH yöntemiyle<sup>210</sup> hesaplanacaktır.

#### 4.1. Veri ve Bilgi Toplama Yöntem ve Araçları

Türkiye'nin ilk vadeli işlemler borsası da İzmir'de 19 Ekim 2001 tarihli Bakanlar Kurulu kararı ile kurulmuş<sup>211</sup> ve 04 Şubat 2005 tarihinde de faaliyete başlamıştır. VOB-İMKB 100 verilerine İMKB ve VOB sayfalarından ulaşmak mümkündür. Vadeli işlem ve opsiyon borsası Türkiye'de 2005 yılı Şubat ayından itibaren faaliyete geçtiği için yalnızca bu dönemden sonraya bakılabilecektir. Vadeli işlem borsası fiyatlarına geçmeden önce sözleşme şartlarına göz atılmaktadır.

Tüm endeks değerleri 2005 ve 2006 yılları için toplanacaktır. Her ne kadar Amerika için daha uzun dönemli verilere ulaşılabilse de VOB Türkiye'de ancak 2005 Şubat ayından itibaren aktif hale gelmiştir ve anlamlı bir karşılaştırma için bu periyot göz önüne alınacaktır.

GARCH hesaplamaları için Türkiye'de 2005 yılı sonrası verilere bakılacaktır. 2007 Şubat sonuna kadar volatilite hesaplamalarını yapmak mümkündür. Ancak volalite etkisini görebilmek için 2001 yıllarından başlayarak İMKB hisse senedi kapanış fiyatları ve işlem hacmi verileri aylık olarak analize dahil edilecektir.

#### 4.2. Araştırmanın Hedefleri

Bu araştırmada vadeli işlemler borsasının açılmasından önce ve sonra spot piyasalardaki volaliteye etkisi ortaya konmaya çalışılacaktır. 2005 yılında Türkiye Vadeli İşlemler Borsası faaliyet göstermeye başlamıştır. Bu etkiyi görebilmek için İMKB hisse senetlerinin zaman serisi seyirlerinin ortaya konması faydalı bulunmuştur. VOB'un faaliyete başlamasıyla en çok etkilenecek piyasa İMKB piyasası olacaktır.

---

<sup>210</sup> Bkz. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 307–327.

<sup>211</sup> VOB, “Giriş”, (Çevrimiçi)

<http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/DesktopDefault.aspx?tabid=100>, 05 Eylül 2006.

Ayrıca türev piyasalarının önemi hergün giderek artmaktadır. Ve türev piyasalarındaki işlem hacmi diğer piyasaların hacimlerinden oldukça fazladır. Bu yüzden türev piyasalarının bir kolu olan vadeli işlem piyasalarını incelemek günümüz finans dünyasını anlamak açısından önemlidir.. Türkiye için böyle bir çalışma akademik tartışmalara ışık tutmayı amaçlamaktadır.

Türkiye’de daha önce böyle bir çalışma yapılmadığı için Türk finans piyasaları ve özellikle vadeli işlem piyasalarının spot piyasalara etkileri konusunda referans olmayı amaçlamaktadır.

#### **4.3. Araştırmanın Değişkenleri**

Vadeli işlemler borsasının spot piyasalardaki volaliteye etkisi için aşağıdaki değişkenlere bakılacaktır.

**PXLAST:** İMKB 100 Hisse senetleri günlük kapanış fiyatları

**VOLUME:** İMKB 100 Hisse senetleri günlük işlem hacmi

Değişkenlere ait veriler 2001-2007 yılları arası aylık olarak analize alınmıştır ve İMKB’nin resmi sitesinden elde edilmiştir.

#### **4.4. Araştırmanın Modeli**

Araştırmada model olarak tanımlayıcı istatistiklere başvurulmuştur. Daha sonrasında PXLAST ve VOLUME değişkenlerinin durağanlık analizleri için artık terimlerinin grafiğine bakılmıştır.

Grafik analizlerinde durağan olmadığı görülen seriler için durağanlık testi yapılmıştır. Bunun için DF(1979) testi kullanılmıştır. Testin bulguları serilerin durağan olmadığı bilgisini doğrulamıştır. Borsa serilerinde durağan olmama durumu beklenen bir sonuçtur. Serilerin durağan olmaması serilerin bu haliyle analiz edilemeyeceğini, seride trend etkisi olduğunu göstermektedir. Trend tipini belirlemek için yine grafik yardımı alınmıştır. Seride stokastik yani varyansta durağan olmama durumu olduğu anlaşılmıştır.

Serilerin durağan hale getirilmesi için Genelleştirilmiş Fark Denklemi yöntemi kullanılmıştır.

GARCH modelleri Engel tarafından geliştirilen ARCH modellerinin bir uzantısıdır. Eğer hata teriminin ayrıca otoregresif hareketli ortalama yapısı sergilediği öne sürülüyorsa o zaman genelleştirilmiş otoregresif koşullu değişen varyans modeli (GARCH) kullanılır. Bu yöntem, koşullu varyansın hata teriminin gecikmeli değerinin yanısıra kendi gecikmeli değerine de bağlı olduğu bir yöntemdir.

En yaygın kullanılan GARCH (1, 1) modeli ilk olarak Bollerslev (1986) tarafından ortaya atılmıştır<sup>212</sup>. Parantez içerisindeki (1,1) notasyonunda ilk rakam kaç tane otoregresif gecikme terimi kullanıldığını, ikinci rakam ise değişkenlerin hareketli ortalamalarında kaç tane gecikme terimi kullanıldığını belirtir. Varyans için hesaplanan GARCH (1,1)<sup>213</sup> modeli aşağıdaki gibidir:

$$h_t = \omega + \alpha h_{t-1} \varepsilon_{t-1}^2 + \beta h_{t-1}$$

Bu model finansal getirilerin t zamanındaki varyansını bir sabit terimin ağırlıklı ortalaması, bir önceki dönemin tahmini ve bir önceki dönemin standard hatasının karesine bakarak hesaplar. ARCH/GARCH modelinin en önemli katkısı volatilitenin tarihsel verilerle hesaplanabileceğini göstermesidir.

#### 4.5. Araştırmanın Hipotezi

Araştırmanın hipotezi vadeli işlemler borsasının öncesi ve sonrasındaki spot piyasalardaki volalite etkisiyle ilgilidir. Buna göre;

H<sub>1a</sub>: Spot piyasa volatilitesi vadeli işlemler piyasanın açılmasından etkilenmiştir.

---

<sup>212</sup> Bkz. Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *Journal of Econometrics*, 307–327.

<sup>213</sup> GARCH yönetminde en genel notasyon GARCH (p, q)'dur.

$H_{1b}$ : Spot piyasa volatilitesi vadeli işlemler piyasasının açılmasından etkilenmemiştir.

Hipotez ilerleyen bölümlerde test edilecek, tanımlayıcı istatistikler yardımıyla hipotezin doğruluğu sınanacaktır. Verilerin detaylarına geçmeden önce örneklem sürecinden kısaca bahsedilecektir.

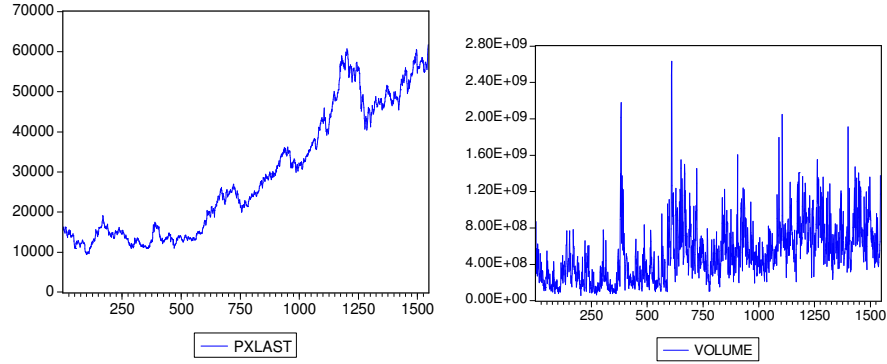
#### **4.6. Örneklem Süreci**

Örneklem süreci için 2001 ile 2007 yılları arası aylık veriler alınmıştır. 3 dönem kıyaslaması yapılarak veriler 2001-2007, 2001-2005 ve 2005-2007 dönemlerine ayrılmıştır. Şubat 2005'den Ocak 2007'ye kadar olan dönemi kapsamaktadır. Tüm analiz dönemi: 4.5.2001-4.7.2007 dir. Ayrıca vadeli işlemler borsasının açılmasının volatilité üzerindeki etkisinin farklılaşıp farklılaşmadığını ortaya çıkarmak amacı ile dönemler VOB'un öncesini kapsayan 4.5.2001-3.2.2005 ve sonrasını kapsayan 7.2.2005-4.7.2007 dönemi olmak üzere iki alt döneme ayrılarak modelleme yapılmıştır.

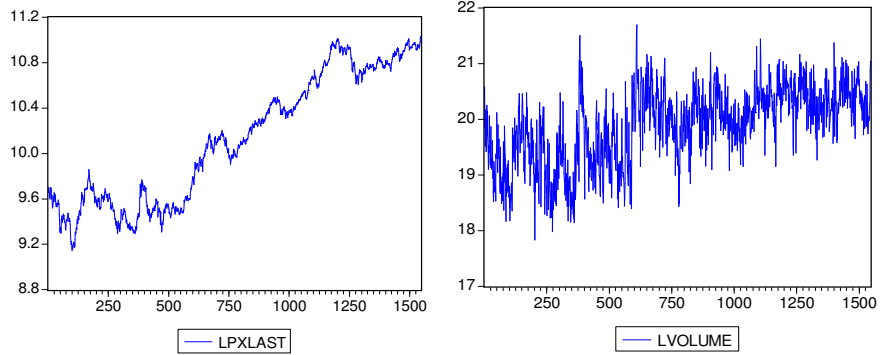
## 5. VERİLERİN ANALİZİ

### 5.1. 2001-2007 DÖNEMİ

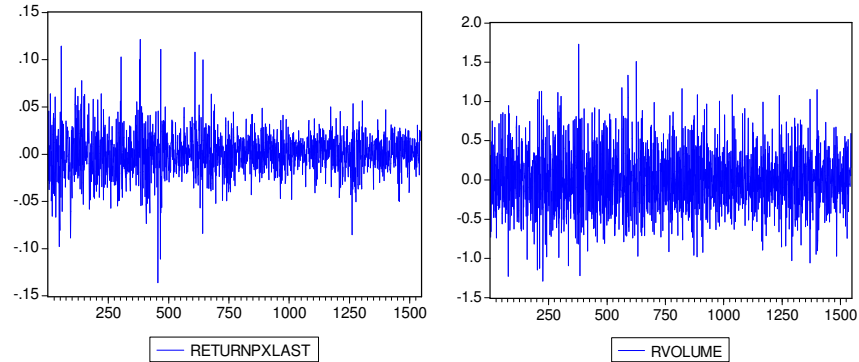
#### 5.1.1. Grafik analizi



Şekil 3. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri)



Şekil 4. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri)



Şekil 5. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark)

### 5.1.2. Durağanlık Analizi

Grafik analizlerinin ardından ilk olarak PXLAST, ikinci olarak VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır. Bu basamakta ilk olarak serilerin OKF/KOKF çizilmiş, ardından Dickey-Fuller(1979) testi yapılmış ve serilerin durağanlık durumları ile ilgili sonuçlara yer verilmiştir.

**Tablo 5: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

|                             |                     |    |       |        |        |       |
|-----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Date: 08/25/07 Time: 13:28  |                     |    |       |        |        |       |
| Sample: 1 1545              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 1545 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| *****                       | *****               | 1  | 0.995 | 0.995  | 1532.3 | 0.000 |
| *****                       |                     | 2  | 0.990 | 0.038  | 3051.4 | 0.000 |
| *****                       |                     | 3  | 0.986 | 0.049  | 4558.7 | 0.000 |
| *****                       |                     | 4  | 0.982 | 0.007  | 6054.4 | 0.000 |
| *****                       |                     | 5  | 0.978 | 0.006  | 7538.9 | 0.000 |
| *****                       |                     | 6  | 0.974 | 0.004  | 9012.1 | 0.000 |
| *****                       |                     | 7  | 0.970 | -0.001 | 10474. | 0.000 |
| *****                       |                     | 8  | 0.966 | 0.034  | 11926. | 0.000 |
| *****                       |                     | 9  | 0.963 | 0.006  | 13369. | 0.000 |
| *****                       |                     | 10 | 0.959 | -0.001 | 14801. | 0.000 |
| *****                       |                     | 11 | 0.955 | -0.038 | 16223. | 0.000 |
| *****                       |                     | 12 | 0.951 | -0.009 | 17633. | 0.000 |
| *****                       |                     | 13 | 0.947 | -0.013 | 19032. | 0.000 |
| *****                       |                     | 14 | 0.943 | -0.010 | 20419. | 0.000 |
| *****                       |                     | 15 | 0.939 | 0.017  | 21796. | 0.000 |
| *****                       |                     | 16 | 0.935 | -0.009 | 23162. | 0.000 |
| *****                       |                     | 17 | 0.931 | -0.004 | 24517. | 0.000 |
| *****                       |                     | 18 | 0.927 | -0.005 | 25861. | 0.000 |
| *****                       |                     | 19 | 0.923 | 0.022  | 27194. | 0.000 |
| *****                       |                     | 20 | 0.919 | 0.000  | 28518. | 0.000 |
| *****                       |                     | 21 | 0.915 | -0.002 | 29831. | 0.000 |
| *****                       |                     | 22 | 0.911 | 0.002  | 31134. | 0.000 |
| *****                       |                     | 23 | 0.907 | -0.002 | 32428. | 0.000 |
| *****                       |                     | 24 | 0.904 | -0.005 | 33711. | 0.000 |

PXLAST serisinin OKFnuda yer alan otokorelasyon katsayılarının, 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin durağan olmadığını göstermektedir.

Aşağıda ise PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979):DF(1979) testi sonuçları verilmiştir.

Serinin grafiğinde (Şekil 3) sabit terim ve trend gözlendiği için, DF(1979) test denklemi

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden Y, PXLAST serisini; T, trend değişkenini göstermektedir.  $\rho$ , otoregresif parametredir. Tahmin sonucu elde edilen değerler, aşağıda tabloda verilmiştir.

**Tablo 6: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: PXLAST has a unit root           |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -2.608187   | 0.2767   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.963998   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.412723   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.128335   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(PXLAST)                     |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:29                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 2 1545                         |             |                       |             |          |
| Included observations: 1544 after adjustments     |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| PXLAST(-1)                                        | -0.007465   | 0.002862              | -2.608187   | 0.0092   |
| C                                                 | 17.46726    | 33.24261              | 0.525448    | 0.5993   |
| @TREND(1)                                         | 0.296857    | 0.101323              | 2.929812    | 0.0034   |
| R-squared                                         | 0.005635    | Mean dependent var    |             | 29.65748 |
| Adjusted R-squared                                | 0.004344    | S.D. dependent var    |             | 624.1800 |
| S.E. of regression                                | 622.8228    | Akaike info criterion |             | 15.70834 |
| Sum squared resid                                 | 5.98E+08    | Schwarz criterion     |             | 15.71872 |
| Log likelihood                                    | -12123.84   | F-statistic           |             | 4.366142 |
| Durbin-Watson stat                                | 1.916851    | Prob(F-statistic)     |             | 0.012858 |

Denklemin artıklarında otokorelasyonun olmaması, testin geçerliliği için gereklidir. DF(1979) test denklemi artıklarında otokorelasyon gözlenmemiştir. Bu nedenle yukarıda elde edilen değerler ile test yapılmıştır.

Test hipotezleri

Ho:  $\rho=0$

Ha:  $\rho<0$

şeklindedir. Ho hipotezi, serinin birim kökü olduğunu; Ha hipotezi serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. Test istatistiği ise  $\tau = \frac{\hat{\rho}}{Sh(\hat{\rho})}$  olarak hesaplanmaktadır. Tabloda  $\tau$ -test istatistiğinin değerinin -2.60 olduğu; MacKinnon tablo kritik değerinin ise -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değer, tablo kritik değerinden daha negatif olmadığı için Ho hipotezi red edilmemiş ve serinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Birim kök testi sonucu ile OKF nun analizi sonucu elde edilen bilgiler tutarlıdır. Her ikisinde de durağan olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Şekil 4’de logaritmik dönüştürülmüş PXLAST serisinin (LPXLAST) grafiği görülmektedir. Şekil 1’de PXLAST serisinin dönemler arasındaki dalgalanmalarının farklı olduğu görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin varyansının eşit olmadığını ortaya koymaktadır. Varyansda eşit olmamayı ortadan kaldırmak veya azaltma amacı ile logaritmik dönüşüm önerilmektedir. Bu nedenle PXLAST serisinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve yeni serinin grafiği Şekil 4’de verilmiştir.

LPXLAST serinin OKF/KOKF ve Q-istatistiği değerleri, Tablo 7’de verilmiştir.

**Tablo 7:LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:30  |                     |    |       |        |        |       |
|-----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 1545              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 1545 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| *****                       | *****               | 1  | 0.996 | 0.996  | 1537.0 | 0.000 |
| *****                       |                     | 2  | 0.993 | 0.018  | 3064.5 | 0.000 |
| *****                       |                     | 3  | 0.990 | 0.031  | 4583.1 | 0.000 |
| *****                       |                     | 4  | 0.987 | 0.001  | 6093.0 | 0.000 |
| *****                       |                     | 5  | 0.984 | 0.006  | 7594.2 | 0.000 |
| *****                       |                     | 6  | 0.980 | -0.011 | 9086.7 | 0.000 |
| *****                       |                     | 7  | 0.977 | 0.010  | 10571. | 0.000 |
| *****                       |                     | 8  | 0.974 | 0.020  | 12047. | 0.000 |
| *****                       |                     | 9  | 0.971 | 0.007  | 13515. | 0.000 |
| *****                       |                     | 10 | 0.968 | -0.010 | 14975. | 0.000 |
| *****                       |                     | 11 | 0.965 | -0.027 | 16426. | 0.000 |
| *****                       |                     | 12 | 0.962 | 0.004  | 17869. | 0.000 |
| *****                       |                     | 13 | 0.959 | -0.009 | 19303. | 0.000 |
| *****                       |                     | 14 | 0.956 | -0.020 | 20729. | 0.000 |
| *****                       |                     | 15 | 0.952 | -0.002 | 22145. | 0.000 |
| *****                       |                     | 16 | 0.949 | -0.003 | 23553. | 0.000 |
| *****                       |                     | 17 | 0.946 | -0.016 | 24952. | 0.000 |
| *****                       |                     | 18 | 0.942 | -0.007 | 26341. | 0.000 |
| *****                       |                     | 19 | 0.939 | 0.014  | 27722. | 0.000 |
| *****                       |                     | 20 | 0.936 | -0.004 | 29094. | 0.000 |
| *****                       |                     | 21 | 0.932 | -0.004 | 30457. | 0.000 |
| *****                       |                     | 22 | 0.929 | 0.004  | 31811. | 0.000 |
| *****                       |                     | 23 | 0.926 | 0.003  | 33157. | 0.000 |
| *****                       |                     | 24 | 0.922 | 0.007  | 34494. | 0.000 |

Otokorelasyon katsayılarının 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da LPXLAST serinin durağan olmadığını göstermektedir.

LPXLAST serisi için oluşturulan DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden  $Y_t$ , LPXLAST serisini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: LPXLAST has a unit root          |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -3.300917   | 0.0664    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.963998   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.412723   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.128335   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(LPXLAST)                    |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:31                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 2 1545                         |             |                       |             |           |
| Included observations: 1544 after adjustments     |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| LPXLAST(-1)                                       | -0.011034   | 0.003343              | -3.300917   | 0.0010    |
| C                                                 | 0.101471    | 0.030772              | 3.297454    | 0.0010    |
| @TREND(1)                                         | 1.44E-05    | 4.22E-06              | 3.407908    | 0.0007    |
| R-squared                                         | 0.007510    | Mean dependent var    |             | 0.000874  |
| Adjusted R-squared                                | 0.006222    | S.D. dependent var    |             | 0.023520  |
| S.E. of regression                                | 0.023447    | Akaike info criterion |             | -4.666229 |
| Sum squared resid                                 | 0.847165    | Schwarz criterion     |             | -4.655849 |
| Log likelihood                                    | 3605.329    | F-statistic           |             | 5.830536  |
| Durbin-Watson stat                                | 1.976011    | Prob(F-statistic)     |             | 0.003002  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -3.30, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Test sonucu, LPXLAST serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Bunun üzerine serinin ilk farkı alınmıştır. Şekil 5’de ReturnPXLAST =LPXLAST(t)-LPXLAST(t-1)] olacak şekilde elde edilen yeni serinin grafiği görülmektedir. Ayrıca yeni seri, seri, finansal seri olduğu için getiri serisi olarak adlandırılmaktadır.

Aşağıda ReturnPXLAST olarak adlandırılan yeni serinin OKF/KOKF ve birim kök testi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 9: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:31  |                     |    |        |        |        |       |  |
|-----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|--|
| Sample: 1 1545              |                     |    |        |        |        |       |  |
| Included observations: 1544 |                     |    |        |        |        |       |  |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |  |
|                             |                     | 1  | 0.007  | 0.007  | 0.0847 | 0.771 |  |
|                             |                     | 2  | 0.003  | 0.003  | 0.0975 | 0.952 |  |
|                             |                     | 3  | -0.017 | -0.017 | 0.5422 | 0.910 |  |
|                             |                     | 4  | -0.021 | -0.021 | 1.2286 | 0.873 |  |
|                             |                     | 5  | 0.029  | 0.030  | 2.5725 | 0.766 |  |
| *                           | *                   | 6  | -0.059 | -0.060 | 8.0337 | 0.236 |  |
|                             |                     | 7  | -0.026 | -0.026 | 9.1155 | 0.244 |  |
|                             |                     | 8  | -0.010 | -0.009 | 9.2715 | 0.320 |  |
|                             |                     | 9  | 0.038  | 0.038  | 11.496 | 0.243 |  |
|                             |                     | 10 | 0.044  | 0.039  | 14.463 | 0.153 |  |
|                             |                     | 11 | -0.043 | -0.042 | 17.339 | 0.098 |  |
|                             |                     | 12 | 0.005  | 0.004  | 17.379 | 0.136 |  |
|                             |                     | 13 | 0.043  | 0.044  | 20.221 | 0.090 |  |
|                             |                     | 14 | 0.035  | 0.031  | 22.131 | 0.076 |  |
|                             |                     | 15 | 0.012  | 0.011  | 22.353 | 0.099 |  |
|                             |                     | 16 | 0.029  | 0.040  | 23.670 | 0.097 |  |
|                             |                     | 17 | 0.008  | 0.009  | 23.778 | 0.126 |  |
|                             |                     | 18 | -0.041 | -0.045 | 26.356 | 0.092 |  |
|                             |                     | 19 | 0.011  | 0.013  | 26.555 | 0.115 |  |
|                             |                     | 20 | 0.002  | 0.011  | 26.560 | 0.148 |  |
|                             |                     | 21 | -0.010 | -0.006 | 26.709 | 0.181 |  |
|                             |                     | 22 | -0.030 | -0.033 | 28.144 | 0.171 |  |
|                             |                     | 23 | -0.018 | -0.018 | 28.661 | 0.192 |  |
|                             |                     | 24 | 0.004  | 0.001  | 28.691 | 0.232 |  |

Yukarıda, OKF ve KOKF larında sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli OK ve KOK katsayısının varlığı görülmektedir. Diğer gecikmelerde istatistiksel önemli katsayılara rastlanmamıştır. Bu da PXLAST getiri serisinin durağan olduğunu göstermektedir.

Y=ReturnPXLAST serisini gösterdiğinde DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Şekil 5’de görülen seride, sabit terim ve trend değişkeni gözlenmediği için, test denkleminde sabit terim ve trend değişkenine yer verilmemiştir.

Y= LPXLAST serisini gösterdiğinde ise DF(1979) test denkleminin gösterimi

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Şeklinde olacaktır.

Tablo 10’de test denkleminin tahmin sonuçları verilmiştir.

**Tablo 10: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: RETURNPXLAST has a unit root     |             |                       |             |           |
| Exogenous: None                                   |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -38.91680   | 0.0000    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -2.566462   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -1.941029   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -1.616561   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(RETURNPXLAST)               |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:32                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 3 1545                         |             |                       |             |           |
| Included observations: 1543 after adjustments     |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| RETURNPXLAST(-1)                                  | -0.990750   | 0.025458              | -38.91680   | 0.0000    |
| R-squared                                         | 0.495504    | Mean dependent var    |             | 3.00E-05  |
| Adjusted R-squared                                | 0.495504    | S.D. dependent var    |             | 0.033131  |
| S.E. of regression                                | 0.023532    | Akaike info criterion |             | -4.660249 |
| Sum squared resid                                 | 0.853902    | Schwarz criterion     |             | -4.656788 |
| Log likelihood                                    | 3596.382    | Durbin-Watson stat    |             | 1.994255  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -38.91, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, tablo kritik değerinden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Sonuç: OKF/KOKF ve DF(1979) testi sonuçları, ReturnPXLAST serisinin durağan olduğunu ortaya koymuştur. İkinci olarak işlem hacmini gösteren VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır.

**Tablo 11: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:32  |                     |    |       |        |        |       |
|-----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 1545              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 1545 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| *****                       | *****               | 1  | 0.751 | 0.751  | 873.40 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 2  | 0.613 | 0.111  | 1454.7 | 0.000 |
| ****                        | *                   | 3  | 0.568 | 0.175  | 1954.3 | 0.000 |
| ****                        | *                   | 4  | 0.541 | 0.109  | 2409.0 | 0.000 |
| ****                        | *                   | 5  | 0.531 | 0.115  | 2846.7 | 0.000 |
| ****                        |                     | 6  | 0.499 | 0.031  | 3234.1 | 0.000 |
| ***                         |                     | 7  | 0.458 | 0.008  | 3560.3 | 0.000 |
| ***                         | *                   | 8  | 0.449 | 0.069  | 3874.3 | 0.000 |
| ***                         | *                   | 9  | 0.458 | 0.081  | 4200.9 | 0.000 |
| ****                        |                     | 10 | 0.461 | 0.062  | 4531.9 | 0.000 |
| ***                         |                     | 11 | 0.441 | 0.010  | 4834.5 | 0.000 |
| ***                         |                     | 12 | 0.433 | 0.050  | 5126.7 | 0.000 |
| ***                         |                     | 13 | 0.432 | 0.042  | 5418.3 | 0.000 |
| ***                         |                     | 14 | 0.438 | 0.052  | 5718.0 | 0.000 |
| ***                         | *                   | 15 | 0.452 | 0.070  | 6037.0 | 0.000 |
| ***                         |                     | 16 | 0.435 | -0.002 | 6332.3 | 0.000 |
| ***                         |                     | 17 | 0.411 | -0.003 | 6595.9 | 0.000 |
| ***                         |                     | 18 | 0.402 | 0.013  | 6848.4 | 0.000 |
| ***                         |                     | 19 | 0.416 | 0.062  | 7120.0 | 0.000 |
| ***                         |                     | 20 | 0.420 | 0.024  | 7396.0 | 0.000 |
| ***                         |                     | 21 | 0.390 | -0.036 | 7634.2 | 0.000 |
| ***                         |                     | 22 | 0.375 | 0.014  | 7854.8 | 0.000 |
| ***                         |                     | 23 | 0.358 | -0.022 | 8056.3 | 0.000 |
| ***                         |                     | 24 | 0.362 | 0.028  | 8262.8 | 0.000 |

Tabloda 24. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da Volume serisinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 12 'de ise VOLUME serisi için yapılan DF(1979) testi sonuçları verilmiştir. Test denklemi, Şekil 3'de görülen seri özelliklerinden yararlanarak

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olacak şekilde oluşturulmuştur. Ancak denklem artıklarında otokorelasyonun ortaya çıkması nedeni ile test denklemi, ADF tipi olacak şekilde

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

oluşturulmuştur. Test hipotezleri ve test istatistiği, DF testinde olduğu gibidir. Test sonuçları Tablo 12’de verilmiştir.

**Tablo 12: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: VOLUME has a unit root           |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -9.768699   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.964014   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.412730   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.128340   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(VOLUME)                     |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:32                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 6 1545                         |             |                       |             |          |
| Included observations: 1540 after adjustments     |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| VOLUME(-1)                                        | -0.237113   | 0.024273              | -9.768699   | 0.0000   |
| D(VOLUME(-1))                                     | -0.157034   | 0.030035              | -5.228428   | 0.0000   |
| D(VOLUME(-2))                                     | -0.200085   | 0.029034              | -6.891421   | 0.0000   |
| D(VOLUME(-3))                                     | -0.105543   | 0.027309              | -3.864741   | 0.0001   |
| D(VOLUME(-4))                                     | -0.087719   | 0.025447              | -3.447115   | 0.0006   |
| C                                                 | 52453125    | 11686274              | 4.488439    | 0.0000   |
| @TREND(1)                                         | 94146.60    | 14864.51              | 6.333652    | 0.0000   |
| R-squared                                         | 0.196795    | Mean dependent var    |             | 579682.6 |
| Adjusted R-squared                                | 0.193651    | S.D. dependent var    |             | 2.24E+08 |
| S.E. of regression                                | 2.01E+08    | Akaike info criterion |             | 41.08409 |
| Sum squared resid                                 | 6.22E+19    | Schwarz criterion     |             | 41.10836 |
| Log likelihood                                    | -31627.75   | F-statistic           |             | 62.60061 |
| Durbin-Watson stat                                | 1.997467    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -9.76, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, kritik değerlerden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak Tablo 12’de verilen OKF sonuçları, serinin durağan olmadığını göstermektedir. Bu nedenle VOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilir.

Şekil 3’de VOLUME serisinin dalgalanmasının her zaman aynı olmadığı görülmektedir. Bu da serinin varyansda durağan olmadığını göstermektedir. Bunun üzerine serinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve LVOLUME serisi elde edilmiştir. (Şekil 4)

LVOLUME serisinin durağanlık analizine OKF/KOKF ile başlanmış ve sonuçlar Tablo13’de verilmiştir.

**Tablo 13: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:33  |                     |    |       |        |        |       |
|-----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 1545              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 1545 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| *****                       | *****               | 1  | 0.818 | 0.818  | 1036.1 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 2  | 0.729 | 0.179  | 1858.2 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 3  | 0.686 | 0.158  | 2588.6 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 4  | 0.659 | 0.113  | 3263.0 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 5  | 0.648 | 0.118  | 3914.5 | 0.000 |
| *****                       |                     | 6  | 0.629 | 0.060  | 4529.7 | 0.000 |
| *****                       |                     | 7  | 0.599 | 0.010  | 5087.0 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 8  | 0.596 | 0.093  | 5638.8 | 0.000 |
| *****                       |                     | 9  | 0.590 | 0.052  | 6179.9 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 10 | 0.589 | 0.068  | 6719.7 | 0.000 |
| *****                       |                     | 11 | 0.570 | -0.003 | 7226.2 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 12 | 0.570 | 0.074  | 7733.4 | 0.000 |
| *****                       |                     | 13 | 0.569 | 0.042  | 8237.8 | 0.000 |
| *****                       | *                   | 14 | 0.575 | 0.069  | 8754.7 | 0.000 |
| *****                       |                     | 15 | 0.572 | 0.028  | 9265.5 | 0.000 |
| *****                       |                     | 16 | 0.546 | -0.038 | 9731.8 | 0.000 |
| *****                       |                     | 17 | 0.535 | 0.020  | 10179. | 0.000 |
| *****                       |                     | 18 | 0.513 | -0.044 | 10590. | 0.000 |
| *****                       | *                   | 19 | 0.519 | 0.067  | 11012. | 0.000 |
| *****                       |                     | 20 | 0.525 | 0.037  | 11443. | 0.000 |
| *****                       |                     | 21 | 0.501 | -0.043 | 11837. | 0.000 |
| *****                       |                     | 22 | 0.488 | -0.000 | 12210. | 0.000 |
| *****                       |                     | 23 | 0.472 | -0.024 | 12560. | 0.000 |
| *****                       |                     | 24 | 0.479 | 0.054  | 12920. | 0.000 |

Tabloda 24. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. LVOLUME serisi için birim kök testine,  $Y=L$ volume serisini gösterdiğinde,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

şeklindeki DF(1979) test denklemi ile başlanmış, ancak artıklarda otokorelasyon görüldüğü için

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

şeklindeki ADF denklemi ile devam edilmiştir. Denklemden sabit terim ve trend değişkeni eklenmesinin nedeni, Şekil 4’de görülen seride sabit terim ve trend değişkeninin gözlenmesidir.

Test sonucu Tablo 14’de verilmiştir.

**Tablo 14: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: LVOLUME has a unit root          |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -8.829780   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.964014   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.412730   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.128340   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(LVOLUME)                    |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:33                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 6 1545                         |             |                       |             |          |
| Included observations: 1540 after adjustments     |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| LVOLUME(-1)                                       | -0.189515   | 0.021463              | -8.829780   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-1))                                    | -0.216620   | 0.028984              | -7.473717   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-2))                                    | -0.181996   | 0.028472              | -6.392072   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-3))                                    | -0.113943   | 0.027291              | -4.175169   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-4))                                    | -0.091212   | 0.025365              | -3.595930   | 0.0003   |
| C                                                 | 3.629439    | 0.411766              | 8.814320    | 0.0000   |
| @TREND(1)                                         | 0.000180    | 2.86E-05              | 6.283225    | 0.0000   |
| R-squared                                         | 0.181535    | Mean dependent var    |             | 0.000678 |
| Adjusted R-squared                                | 0.178332    | S.D. dependent var    |             | 0.397540 |
| S.E. of regression                                | 0.360354    | Akaike info criterion |             | 0.801077 |
| Sum squared resid                                 | 199.0680    | Schwarz criterion     |             | 0.825347 |
| Log likelihood                                    | -609.8292   | F-statistic           |             | 56.66971 |
| Durbin-Watson stat                                | 2.005007    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -8.43, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Buna dayanarak serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak VOLUME serisinde olduğu gibi, LVOLUME serisinin OKF, istatistiksel otokorelasyon katsayıları nedeni ile serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. Buna dayanarak LVOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Bunun üzerine LVOLUME serisinin RVOLUME= LVOLUME(t)-LVOLUME(t-1) olacak şekilde ilk farkı alınmış ve yeni serinin grafiği Şekil 5’de verilmiştir.

**Tablo 15: RVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:33  |                     |    |        |        |        |       |
|-----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 1545              |                     |    |        |        |        |       |
| Included observations: 1544 |                     |    |        |        |        |       |
| Autocorrelation             | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| **                          | **                  | 1  | -0.249 | -0.249 | 96.293 | 0.000 |
| *                           | **                  | 2  | -0.132 | -0.207 | 123.26 | 0.000 |
|                             | *                   | 3  | -0.040 | -0.147 | 125.76 | 0.000 |
|                             | *                   | 4  | -0.044 | -0.145 | 128.76 | 0.000 |
|                             | *                   | 5  | 0.020  | -0.080 | 129.38 | 0.000 |
|                             |                     | 6  | 0.034  | -0.028 | 131.15 | 0.000 |
| *                           | *                   | 7  | -0.077 | -0.110 | 140.27 | 0.000 |
|                             | *                   | 8  | 0.006  | -0.068 | 140.32 | 0.000 |
|                             | *                   | 9  | -0.013 | -0.080 | 140.58 | 0.000 |
|                             |                     | 10 | 0.050  | -0.007 | 144.45 | 0.000 |
|                             | *                   | 11 | -0.053 | -0.085 | 148.79 | 0.000 |
|                             |                     | 12 | 0.003  | -0.052 | 148.81 | 0.000 |
|                             | *                   | 13 | -0.022 | -0.076 | 149.57 | 0.000 |
|                             |                     | 14 | 0.030  | -0.033 | 150.96 | 0.000 |
|                             |                     | 15 | 0.062  | 0.033  | 156.97 | 0.000 |
|                             |                     | 16 | -0.039 | -0.025 | 159.33 | 0.000 |
|                             |                     | 17 | 0.028  | 0.038  | 160.56 | 0.000 |
| *                           | *                   | 18 | -0.079 | -0.076 | 170.36 | 0.000 |
|                             |                     | 19 | -0.003 | -0.046 | 170.38 | 0.000 |
| *                           |                     | 20 | 0.086  | 0.037  | 182.02 | 0.000 |
|                             |                     | 21 | -0.030 | -0.008 | 183.45 | 0.000 |
|                             |                     | 22 | 0.008  | 0.019  | 183.55 | 0.000 |
| *                           | *                   | 23 | -0.061 | -0.062 | 189.34 | 0.000 |
|                             |                     | 24 | -0.012 | -0.045 | 189.56 | 0.000 |

Yeni serinin OKFnunda 1,2,7 ve daha uzun gecikmelerde bazı istatistiksel önemli katsayıların olduğu görülmektedir. Ancak bunların sayısının az olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Durağanlık durumunu ortaya çıkarmak amacı ile kullanılacak olan DF(1979) test denklemi,  $Y = Rvolume$ 'ı gösterdiğinde

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$Y = Lvolume$  u gösterdiğinde ise

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta^2 Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

olacak şekilde tanımlanır. Test sonuçları Tablo 16'da verilmiştir.

**Tablo 16: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                    |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|--------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: RVOLUME has a unit root          |             |                    |             |          |
| Exogenous: None                                   |             |                    |             |          |
| Lag Length: 8 (Automatic based on SIC, MAXLAG=23) |             |                    |             |          |
|                                                   |             |                    | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                    | -19.18500   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                    | -2.566469   |          |
|                                                   | 5% level    |                    | -1.941030   |          |
|                                                   | 10% level   |                    | -1.616561   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                    |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                    |             |          |
| Dependent Variable: D(RVOLUME)                    |             |                    |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                    |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:33                        |             |                    |             |          |
| Sample (adjusted): 11 1545                        |             |                    |             |          |
| Included observations: 1535 after adjustments     |             |                    |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error         | t-Statistic | Prob.    |
| RVOLUME(-1)                                       | -2.828180   | 0.147416           | -19.18500   | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-1))                                    | 1.446710    | 0.137722           | 10.50458    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-2))                                    | 1.110048    | 0.125347           | 8.855763    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-3))                                    | 0.849367    | 0.111523           | 7.616095    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-4))                                    | 0.613977    | 0.095850           | 6.405639    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-5))                                    | 0.454062    | 0.078745           | 5.766235    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-6))                                    | 0.341457    | 0.061228           | 5.576830    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-7))                                    | 0.180813    | 0.043398           | 4.166404    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-8))                                    | 0.081249    | 0.025466           | 3.190435    | 0.0014   |
| R-squared                                         | 0.665657    | Mean dependent var |             | 0.000298 |
| Adjusted R-squared                                | 0.663904    | S.D. dependent var |             | 0.627852 |

|                    |           |                       |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| S.E. of regression | 0.363989  | Akaike info criterion | 0.822462 |
| Sum squared resid  | 202.1771  | Schwarz criterion     | 0.853750 |
| Log likelihood     | -622.2395 | Durbin-Watson stat    | 2.000517 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerin -19.18, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 17 ve Tablo 18’da verilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, RVOLUME serisinin durağan olduğuna karar verilir.

Yukarıdaki bulgular bir arada değerlendirildiğinde, 2001-2007 dönemi için yapılacak volatilité analizlerinde modellerde yer verilecek değişkenlerin, modellerin durağan seriler için geçerli olması nedeni ile ReturnPXLAST ve RVOLUME serileri olduğu ortaya çıkmaktadır.

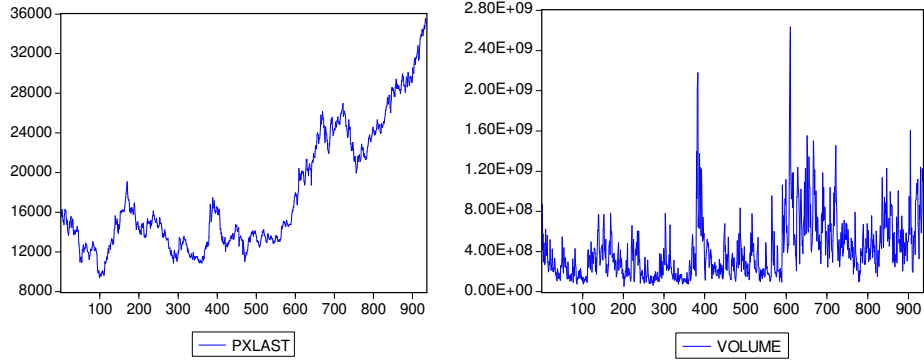
c) Aşağıdaki tabloda getiri serisi, getiri serisinin karesi ve getiri serisinin mutlak değeri alınarak elde edilen tanımsal istatistikler verilmiştir.

**Tablo 17: 2001-2007 Dönemi Tanımsal İstatistikler**

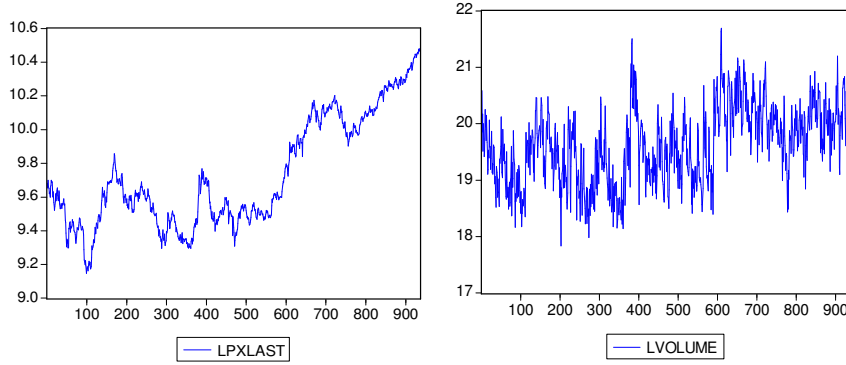
|              | RETURNPXLAST | (RETURNPXLAST) <sup>2</sup> | ABS(RETURNPXLAST) |
|--------------|--------------|-----------------------------|-------------------|
| Mean         | 0.000874     | 0.000554                    | 0.017429          |
| Median       | 0.001291     | 0.000189                    | 0.013759          |
| Maximum      | 0.121478     | 0.018467                    | 0.135893          |
| Minimum      | -0.135893    | 0.000000                    | 0.000000          |
| Std. Dev.    | 0.023520     | 0.001252                    | 0.015811          |
| Skewness     | 0.027190     | 7.012984                    | 2.216288          |
| Kurtosis     | 6.119062     | 70.44970                    | 11.47396          |
| Jarque-Bera  | 626.0602     | 305338.2                    | 5883.656          |
| Probability  | 0.000000     | 0.000000                    | 0.000000          |
| Sum          | 1.350196     | 0.854756                    | 26.91023          |
| Sum Sq. Dev. | 0.853575     | 0.002420                    | 0.385740          |
| Observations | 1544         | 1544                        | 1544              |

## 5.2. 2001-2005 DÖNEMİ(VOB öncesi dönem)

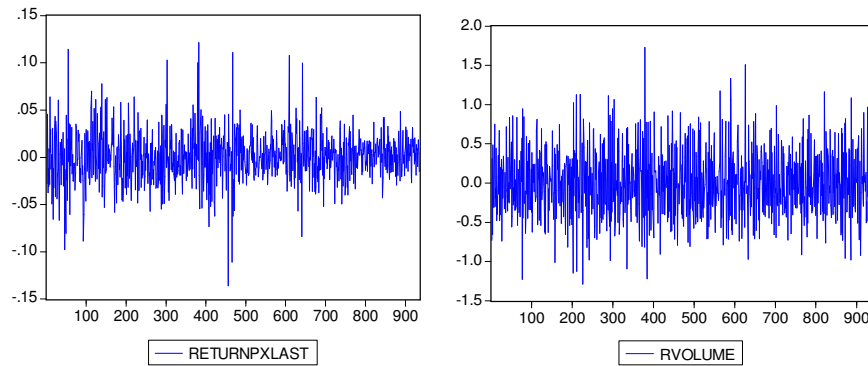
### 5.2.1. Grafik analizi



Şekil 6. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri)



Şekil 7. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri)



Şekil 8. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark)

### 5.2.2. Durağanlık Analizi

Grafik analizlerinin ardından ilk olarak PXLAST, ikinci olarak VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır. Bu basamakta ilk olarak serilerin

OKF/KOKF çizilmiş, ardından Dickey-Fuller(1979) testi yapılmış ve serilerin durağanlık durumları ile ilgili sonuçlara yer verilmiştir.

**Tablo 18: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

Date: 08/25/07 Time: 13:37

Sample: 1 935

Included observations: 935

| Autocorrelation | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| . *****         | . *****             | 1  | 0.984 | 0.984  | 909.10 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 2  | 0.969 | -0.009 | 1790.6 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 3  | 0.954 | 0.010  | 2645.9 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 4  | 0.940 | 0.017  | 3476.8 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 5  | 0.926 | 0.009  | 4284.3 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 6  | 0.912 | -0.024 | 5068.0 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 7  | 0.898 | 0.027  | 5829.9 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 8  | 0.885 | 0.004  | 6570.7 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 9  | 0.874 | 0.035  | 7293.0 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 10 | 0.863 | 0.014  | 7997.8 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 11 | 0.850 | -0.042 | 8683.5 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 12 | 0.838 | 0.008  | 9350.8 | 0.000 |
| . *****         | .                   | 13 | 0.827 | 0.014  | 10001. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 14 | 0.816 | -0.014 | 10634. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 15 | 0.804 | 0.004  | 11250. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 16 | 0.793 | 0.002  | 11850. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 17 | 0.783 | 0.024  | 12435. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 18 | 0.773 | -0.006 | 13005. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 19 | 0.764 | 0.036  | 13563. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 20 | 0.754 | -0.020 | 14108. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 21 | 0.745 | -0.007 | 14639. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 22 | 0.735 | 0.008  | 15158. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 23 | 0.726 | -0.012 | 15664. | 0.000 |
| . *****         | .                   | 24 | 0.716 | -0.013 | 16156. | 0.000 |

PXLAST serisinin OKFnuda yer alan otokorelasyon katsayılarının, 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin durağan olmadığını göstermektedir.

Aşağıda ise PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979):DF(1979) testi sonuçları verilmiştir. Serinin grafiğinde (Şekil 6) sabit terim ve trend gözlemlendiği için, DF(1979) test denklemi

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden Y, PXLAST serisini; T, trend değişkenini göstermektedir.  $\rho$ , otoregresif parametredir. Tahmin sonucu elde edilen değerler, aşağıda tabloda verilmiştir.

**Tablo 19: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

Null Hypothesis: PXLAST has a unit root

Exogenous: Constant, Linear Trend

Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20)

|                                        | t-Statistic | Prob.* |
|----------------------------------------|-------------|--------|
| Augmented Dickey-Fuller test statistic | -1.656328   | 0.7697 |
| Test critical values:                  |             |        |
| 1% level                               | -3.967905   |        |
| 5% level                               | -3.414633   |        |
| 10% level                              | -3.129467   |        |

\*MacKinnon (1996) one-sided p-values.

Augmented Dickey-Fuller Test Equation

Dependent Variable: D(PXLAST)

Method: Least Squares

Date: 08/25/07 Time: 13:37

Sample (adjusted): 2 935

Included observations: 934 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| PXLAST(-1)         | -0.006788   | 0.004098              | -1.656328   | 0.0980   |
| C                  | 31.50448    | 46.98043              | 0.670587    | 0.5026   |
| @TREND(1)          | 0.233512    | 0.093282              | 2.503294    | 0.0125   |
| R-squared          | 0.007174    | Mean dependent var    |             | 20.35385 |
| Adjusted R-squared | 0.005041    | S.D. dependent var    |             | 443.5439 |
| S.E. of regression | 442.4245    | Akaike info criterion |             | 15.02562 |
| Sum squared resid  | 1.82E+08    | Schwarz criterion     |             | 15.04117 |
| Log likelihood     | -7013.966   | F-statistic           |             | 3.363633 |
| Durbin-Watson stat | 2.014538    | Prob(F-statistic)     |             | 0.035030 |

Denklemin artıklarında otokorelasyonun olmaması, testin geçerliliği için gereklidir. DF(1979) test denklemi artıklarında otokorelasyon gözlenmemiştir. Bu nedenle yukarıda elde edilen değerler ile test yapılmıştır.

Test hipotezleri

Ho:  $p=0$

Ha:  $p<0$

şeklindedir. Ho hipotezi, serinin birim kökü olduğunu; Ha hipotezi serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. Test istatistiği ise  $\tau = \frac{\hat{\rho}}{Sh(\hat{\rho})}$  olarak

hesaplanmaktadır. Tabloda  $\tau$ -test istatistiğinin değerinin -1.65 olduğu; MacKinnon tablo kritik değerinin ise -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değer, tablo kritik değerinden daha negatif olmadığı için Ho hipotezi red edilmemiş ve serinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Birim kök testi sonucu ile OKF nun analizi sonucu elde edilen bilgiler tutarlıdır. Her ikisinde de durağan olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Şekil 7’de logaritmik dönüştürülmüş PXLAST serisinin (LPXLAST) grafiği görülmektedir.

Şekil 6’de PXLAST serisinin dönemler arasındaki dalgalanmalarının farklı olduğu görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin varyansının eşit olmadığını ortaya koymaktadır. Varyansda eşit olmamayı ortadan kaldırmak veya azaltma amacı ile logaritmik dönüşüm önerilmektedir. Bu nedenle PXLAST serisinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve yeni serinin grafiği Şekil 8’de verilmiştir.

LPXLAST serinin OKF/KOKF ve Q-istatistiği değerleri, Tablo 20’de verilmiştir.

**Tablo 20: LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:37 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 935              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 935 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . *****                    | . *****             | 1  | 0.988 | 0.988  | 915.91 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 2  | 0.976 | -0.006 | 1811.0 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 3  | 0.965 | 0.004  | 2685.8 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 4  | 0.953 | 0.009  | 3541.2 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 5  | 0.943 | 0.009  | 4378.0 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 6  | 0.931 | -0.028 | 5195.6 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 7  | 0.920 | 0.026  | 5995.2 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 8  | 0.910 | 0.006  | 6777.7 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 9  | 0.900 | 0.018  | 7544.1 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 10 | 0.890 | 0.001  | 8294.8 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 11 | 0.880 | -0.035 | 9028.7 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 12 | 0.870 | 0.015  | 9746.7 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 13 | 0.860 | 0.005  | 10449. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 14 | 0.850 | -0.023 | 11136. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 15 | 0.840 | -0.008 | 11808. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 16 | 0.829 | -0.001 | 12463. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 17 | 0.819 | 0.008  | 13104. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 18 | 0.810 | -0.007 | 13730. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 19 | 0.801 | 0.031  | 14343. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 20 | 0.791 | -0.020 | 14942. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 21 | 0.781 | -0.013 | 15528. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 22 | 0.772 | 0.005  | 16100. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 23 | 0.763 | 0.001  | 16659. | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 24 | 0.754 | -0.006 | 17205. | 0.000 |

Otokorelasyon katsayılarının 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da LPXLAST serinin durağan olmadığını göstermektedir.

LPXLAST serisi için oluşturulan DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden  $Y_t$ , LPXLAST serisini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 21’de verilmiştir.

**Tablo 21: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: LPXLAST has a unit root          |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -2.454032   | 0.3512    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.967905   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.414633   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.129467   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(LPXLAST)                    |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:38                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 2 935                          |             |                       |             |           |
| Included observations: 934 after adjustments      |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| LPXLAST(-1)                                       | -0.011366   | 0.004631              | -2.454032   | 0.0143    |
| C                                                 | 0.104038    | 0.042990              | 2.420045    | 0.0157    |
| @TREND(1)                                         | 1.58E-05    | 5.53E-06              | 2.847967    | 0.0045    |
| R-squared                                         | 0.008699    | Mean dependent var    |             | 0.000838  |
| Adjusted R-squared                                | 0.006569    | S.D. dependent var    |             | 0.026696  |
| S.E. of regression                                | 0.026608    | Akaike info criterion |             | -4.412003 |
| Sum squared resid                                 | 0.659134    | Schwarz criterion     |             | -4.396459 |
| Log likelihood                                    | 2063.406    | F-statistic           |             | 4.084695  |
| Durbin-Watson stat                                | 2.006078    | Prob(F-statistic)     |             | 0.017131  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -2.45, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Test sonucu, LPXLAST serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Bunun üzerine serinin ilk farkı alınmıştır. Şekil 8’de  $\text{ReturnPXLAST} = \text{LPXLAST}(t) - \text{LPXLAST}(t-1)$  olacak şekilde elde edilen yeni serinin grafiği görülmektedir. Ayrıca yeni seri, seri, finansal seri olduğu için getiri serisi olarak adlandırılmaktadır.

Aşağıda ReturnPXLAST olarak adlandırılan yeni serinin OKF/KOKF ve birim kök testi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 22: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:38 |                     |    |        |        |        |       |  |
|----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|--|
| Sample: 1 935              |                     |    |        |        |        |       |  |
| Included observations: 934 |                     |    |        |        |        |       |  |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |  |
| .1                         | .1                  | 1  | -0.006 | -0.006 | 0.0386 | 0.844 |  |
| .1                         | .1                  | 2  | -0.000 | -0.000 | 0.0388 | 0.981 |  |
| .1                         | .1                  | 3  | -0.017 | -0.017 | 0.3082 | 0.958 |  |
| .1                         | .1                  | 4  | -0.028 | -0.028 | 1.0558 | 0.901 |  |
| .1                         | .1                  | 5  | 0.049  | 0.049  | 3.3589 | 0.645 |  |
| *                          | *                   | 6  | -0.066 | -0.065 | 7.4030 | 0.285 |  |
| .1                         | .1                  | 7  | -0.022 | -0.024 | 7.8794 | 0.343 |  |
| .1                         | .1                  | 8  | -0.004 | -0.003 | 7.8946 | 0.444 |  |
| .1                         | .1                  | 9  | 0.048  | 0.049  | 10.097 | 0.343 |  |
| .1                         | .1                  | 10 | 0.045  | 0.038  | 11.977 | 0.287 |  |
| .1                         | .1                  | 11 | -0.055 | -0.050 | 14.812 | 0.191 |  |
| .1                         | .1                  | 12 | 0.017  | 0.016  | 15.088 | 0.237 |  |
| .1                         | .1                  | 13 | 0.055  | 0.058  | 17.998 | 0.158 |  |
| .1                         | .1                  | 14 | 0.041  | 0.037  | 19.560 | 0.145 |  |
| .1                         | .1                  | 15 | -0.002 | -0.002 | 19.563 | 0.189 |  |
| .1                         | .1                  | 16 | 0.029  | 0.045  | 20.385 | 0.203 |  |
| .1                         | .1                  | 17 | 0.017  | 0.017  | 20.663 | 0.242 |  |
| .1                         | .1                  | 18 | -0.039 | -0.045 | 22.096 | 0.228 |  |
| .1                         | .1                  | 19 | 0.029  | 0.030  | 22.899 | 0.242 |  |
| .1                         | .1                  | 20 | 0.011  | 0.027  | 23.023 | 0.288 |  |
| .1                         | .1                  | 21 | -0.001 | -0.001 | 23.025 | 0.343 |  |
| .1                         | *                   | 22 | -0.049 | -0.059 | 25.327 | 0.282 |  |
| .1                         | .1                  | 23 | -0.033 | -0.031 | 26.360 | 0.284 |  |
| .1                         | .1                  | 24 | -0.007 | -0.010 | 26.410 | 0.333 |  |

Yukarıda, OKF ve KOKF larında sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli OK ve KOK katsayısının varlığı görülmektedir. Diğer gecikmelerde istatistiksel önemli katsayılara rastlanmamıştır. Bu da PXLAST getiri serisinin durağan olduğunu göstermektedir.

Y=ReturnPXLAST serisini gösterdiğinde DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Şekil 8’de görülen seride, sabit terim ve trend değişkeni gözlenmediği için, test denkleminde sabit terim ve trend değişkenine yer verilmemiştir.

Y= LPXLAST serisini gösterdiğinde ise DF(1979) test denkleminin gösterimi

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Şeklinde olacaktır.

Tablo 23’de test denkleminin tahmin sonuçları verilmiştir.

**Tablo 23: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: RETURNPXLAST has a unit root     |             |                       |             |           |
| Exogenous: None                                   |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -30.70841   | 0.0000    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -2.567443   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -1.941163   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -1.616471   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(RETURNPXLAST)               |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:38                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 3 935                          |             |                       |             |           |
| Included observations: 933 after adjustments      |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| RETURNPXLAST(-1)                                  | -1.005453   | 0.032742              | -30.70841   | 0.0000    |
| R-squared                                         | 0.502935    | Mean dependent var    |             | 1.38E-05  |
| Adjusted R-squared                                | 0.502935    | S.D. dependent var    |             | 0.037881  |
| S.E. of regression                                | 0.026707    | Akaike info criterion |             | -4.406694 |
| Sum squared resid                                 | 0.664773    | Schwarz criterion     |             | -4.401508 |
| Log likelihood                                    | 2056.723    | Durbin-Watson stat    |             | 1.992750  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -30.70, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, tablo kritik değerinden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Sonuç:

OKF/KOKF ve DF(1979) testi sonuçları, ReturnPXLAST serisinin durağan olduğunu ortaya koymuştur.

İkinci olarak işlem hacmini gösteren VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır.

**Tablo 24: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:39 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 935              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 935 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . *****                    | . *****             | 1  | 0.763 | 0.763  | 546.69 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 2  | 0.619 | 0.086  | 906.23 | 0.000 |
| . ****                     | . *                 | 3  | 0.542 | 0.108  | 1182.5 | 0.000 |
| . ****                     | . *                 | 4  | 0.492 | 0.073  | 1410.4 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 5  | 0.446 | 0.036  | 1598.1 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 6  | 0.419 | 0.059  | 1763.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 7  | 0.396 | 0.038  | 1911.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 8  | 0.374 | 0.030  | 2044.0 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 9  | 0.374 | 0.074  | 2176.5 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 10 | 0.373 | 0.045  | 2307.9 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 11 | 0.370 | 0.044  | 2437.6 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 12 | 0.360 | 0.024  | 2560.9 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 13 | 0.373 | 0.078  | 2692.8 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 14 | 0.355 | -0.017 | 2812.5 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 15 | 0.339 | 0.016  | 2921.9 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 16 | 0.334 | 0.031  | 3028.2 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 17 | 0.342 | 0.053  | 3139.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 18 | 0.336 | 0.011  | 3247.5 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 19 | 0.339 | 0.042  | 3357.2 | 0.000 |
| . **                       | .                   | 20 | 0.324 | -0.016 | 3457.5 | 0.000 |
| . **                       | .                   | 21 | 0.306 | -0.001 | 3547.4 | 0.000 |
| . **                       | .                   | 22 | 0.279 | -0.036 | 3622.1 | 0.000 |
| . **                       | .                   | 23 | 0.244 | -0.050 | 3679.1 | 0.000 |

|  |    |  |  |    |       |       |        |       |  |
|--|----|--|--|----|-------|-------|--------|-------|--|
|  | ** |  |  | 24 | 0.232 | 0.015 | 3731.1 | 0.000 |  |
|--|----|--|--|----|-------|-------|--------|-------|--|

Tabloda 23. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da Volume serisinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır.

Tablo 25’de ise VOLUME serisi için yapılan DF(1979) testi sonuçları verilmiştir. Test denklemi, Şekil 6’da görülen seri özelliklerinden yararlanarak

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Olacak şekilde oluşturulmuştur.

Test sonuçları Tablo 25’de verilmiştir.

**Tablo 25: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: VOLUME has a unit root           |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -12.26504   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.967905   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.414633   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.129467   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(VOLUME)                     |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:39                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 2 935                          |             |                       |             |          |
| Included observations: 934 after adjustments      |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| VOLUME(-1)                                        | -0.276534   | 0.022547              | -12.26504   | 0.0000   |
| C                                                 | 50910861    | 13269001              | 3.836827    | 0.0001   |
| @TREND(1)                                         | 137489.7    | 25472.94              | 5.397482    | 0.0000   |
| R-squared                                         | 0.139195    | Mean dependent var    |             | 248733.8 |
| Adjusted R-squared                                | 0.137346    | S.D. dependent var    |             | 2.06E+08 |
| S.E. of regression                                | 1.91E+08    | Akaike info criterion |             | 40.97638 |
| Sum squared resid                                 | 3.40E+19    | Schwarz criterion     |             | 40.99192 |

|                    |           |                   |          |
|--------------------|-----------|-------------------|----------|
| Log likelihood     | -19132.97 | F-statistic       | 75.27290 |
| Durbin-Watson stat | 2.069924  | Prob(F-statistic) | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -12.26, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, kritik değerden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak Tablo 26'da verilen OKF sonuçları, serinin durağan olmadığını göstermektedir. Bu nedenle VOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilir.

Şekil 6'da VOLUME serisinin dalgalanmasının her zaman aynı olmadığı görülmektedir. Bu da serinin varyansda durağan olmadığını göstermektedir. Bunun üzerine serinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve LVOLUME serisi elde edilmiştir. (Şekil 7)

LVOLUME serisinin durağanlık analizine OKF/KOKF ile başlanmış ve sonuçlar Tablo 26'da verilmiştir.

**Tablo 26: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:39 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 935              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 935 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . *****                    | . *****             | 1  | 0.793 | 0.793  | 589.37 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 2  | 0.692 | 0.172  | 1039.6 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 3  | 0.627 | 0.099  | 1408.5 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 4  | 0.581 | 0.077  | 1725.7 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 5  | 0.550 | 0.072  | 2010.2 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 6  | 0.534 | 0.082  | 2279.0 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 7  | 0.507 | 0.022  | 2521.3 | 0.000 |
| . *****                    | . *                 | 8  | 0.497 | 0.067  | 2754.6 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 9  | 0.476 | 0.017  | 2969.3 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 10 | 0.466 | 0.043  | 3174.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 11 | 0.450 | 0.018  | 3366.8 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 12 | 0.455 | 0.073  | 3563.1 | 0.000 |
| . *****                    | .                   | 13 | 0.461 | 0.063  | 3765.3 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 14 | 0.458 | 0.026  | 3964.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 15 | 0.436 | -0.020 | 4145.7 | 0.000 |
| . ***                      | .                   | 16 | 0.409 | -0.027 | 4305.5 | 0.000 |

|       |   |    |       |        |        |       |
|-------|---|----|-------|--------|--------|-------|
| . *** | . | 17 | 0.411 | 0.061  | 4466.3 | 0.000 |
| . *** | * | 18 | 0.378 | -0.064 | 4602.9 | 0.000 |
| . *** | . | 19 | 0.375 | 0.041  | 4737.4 | 0.000 |
| . *** | . | 20 | 0.375 | 0.029  | 4872.2 | 0.000 |
| . *** | . | 21 | 0.351 | -0.044 | 4990.2 | 0.000 |
| . *** | . | 22 | 0.334 | -0.008 | 5097.5 | 0.000 |
| . **  | . | 23 | 0.312 | -0.032 | 5191.3 | 0.000 |
| . **  | . | 24 | 0.315 | 0.055  | 5286.5 | 0.000 |

Tabloda 24. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır.

LVOLUME serisi için birim kök testine,  $Y=Lvolume$  serisini gösterdiğinde,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

şeklindeki DF(1979) test denklemi ile başlanmış, ancak artıklarda otokorelasyon görüldüğü için

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

şeklindeki ADF denklemi ile devam edilmiştir. Denklemden sabit terim ve trend değişkeni eklenmesinin nedeni, Şekil 7’de görülen seride sabit terim ve trend değişkeninin gözlenmesidir.

Test sonucu Tablo 27’de verilmiştir.

**Tablo 27: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: LVOLUME has a unit root          |             |           |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |           |
| Lag Length: 2 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20) |             |           |
|                                                   | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            | -8.438788   | 0.0000    |
| Test critical values:                             | 1% level    | -3.967926 |
|                                                   | 5% level    | -3.414643 |
|                                                   | 10% level   | -3.129473 |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |           |

| Augmented Dickey-Fuller Test Equation        |             |                       |             |          |
|----------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Dependent Variable: D(LVOLUME)               |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                        |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:40                   |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 4 935                     |             |                       |             |          |
| Included observations: 932 after adjustments |             |                       |             |          |
| Variable                                     | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| LVOLUME(-1)                                  | -0.206416   | 0.024460              | -8.438788   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-1))                               | -0.173489   | 0.034491              | -5.029959   | 0.0000   |
| D(LVOLUME(-2))                               | -0.084550   | 0.032617              | -2.592206   | 0.0097   |
| C                                            | 3.926696    | 0.466887              | 8.410369    | 0.0000   |
| @TREND(1)                                    | 0.000263    | 5.63E-05              | 4.677471    | 0.0000   |
| R-squared                                    | 0.155597    | Mean dependent var    |             | 0.000699 |
| Adjusted R-squared                           | 0.151953    | S.D. dependent var    |             | 0.429432 |
| S.E. of regression                           | 0.395462    | Akaike info criterion |             | 0.987824 |
| Sum squared resid                            | 144.9734    | Schwarz criterion     |             | 1.013776 |
| Log likelihood                               | -455.3261   | F-statistic           |             | 42.70423 |
| Durbin-Watson stat                           | 2.006527    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -8.43, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Buna dayanarak serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak VOLUME serisinde olduğu gibi, LVOLUME serisinin OKF, istatistiksel otokorelasyon katsayıları nedeni ile serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. Buna dayanarak LVOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Bunun üzerine LVOLUME serisinin  $RVOLUME = LVOLUME(t) - LVOLUME(t-1)$  olacak şekilde ilk farkı alınmış ve yeni serinin grafiği Şekil 8’de verilmiştir.

**Tablo 28: RVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:41 |                     |    |        |        |        |       |  |
|----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|--|
| Sample: 1 935              |                     |    |        |        |        |       |  |
| Included observations: 934 |                     |    |        |        |        |       |  |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |  |
| **                         | **                  | 1  | -0.255 | -0.255 | 61.030 | 0.000 |  |
| *                          | *                   | 2  | -0.089 | -0.164 | 68.377 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 3  | -0.043 | -0.122 | 70.107 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 4  | -0.038 | -0.112 | 71.449 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 5  | -0.041 | -0.120 | 73.067 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 6  | 0.026  | -0.056 | 73.718 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 7  | -0.043 | -0.099 | 75.495 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 8  | 0.023  | -0.049 | 75.977 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 9  | -0.017 | -0.066 | 76.246 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 10 | 0.010  | -0.041 | 76.348 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 11 | -0.048 | -0.093 | 78.555 | 0.000 |  |
| .                          | *                   | 12 | 0.003  | -0.073 | 78.563 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 13 | 0.014  | -0.049 | 78.743 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 14 | 0.045  | 0.000  | 80.635 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 15 | 0.007  | 0.002  | 80.684 | 0.000 |  |
| *                          | *                   | 16 | -0.063 | -0.078 | 84.485 | 0.000 |  |
| . *                        | .                   | 17 | 0.085  | 0.049  | 91.373 | 0.000 |  |
| *                          | .                   | 18 | -0.069 | -0.056 | 95.887 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 19 | -0.011 | -0.044 | 96.009 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 20 | 0.060  | 0.029  | 99.506 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 21 | -0.017 | -0.003 | 99.774 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 22 | 0.016  | 0.024  | 100.02 | 0.000 |  |
| *                          | *                   | 23 | -0.061 | -0.066 | 103.57 | 0.000 |  |
| .                          | .                   | 24 | -0.014 | -0.045 | 103.77 | 0.000 |  |

Yeni serinin OKFnunda 1,2 ve daha uzun gecikmelerde bazı istatistiksel önemli katsayıların olduğu görülmektedir. Ancak bunların sayısının az olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Durağanlık durumunu ortaya çıkarmak amacı ile kullanılacak olan DF(1979) test denklemi,  $Y = Rvolume$ 'ı gösterdiğinde

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$Y = Lvolume$  u gösterdiğinde ise

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta^2 Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

olacak şekilde tanımlanır. Test sonuçları Tablo 29'da verilmiştir.

**Tablo 29: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: RVOLUME has a unit root          |             |                       |             |          |
| Exogenous: None                                   |             |                       |             |          |
| Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=20) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -19.40244   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -2.567454   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -1.941164   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -1.616470   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(RVOLUME)                    |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:42                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 7 935                          |             |                       |             |          |
| Included observations: 929 after adjustments      |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| RVOLUME(-1)                                       | -2.049136   | 0.105612              | -19.40244   | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-1))                                    | 0.706207    | 0.091238              | 7.740313    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-2))                                    | 0.458487    | 0.073794              | 6.213075    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-3))                                    | 0.272927    | 0.054246              | 5.031254    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-4))                                    | 0.120233    | 0.032601              | 3.687973    | 0.0002   |
| R-squared                                         | 0.652036    | Mean dependent var    |             | 0.000182 |
| Adjusted R-squared                                | 0.650530    | S.D. dependent var    |             | 0.679304 |
| S.E. of regression                                | 0.401577    | Akaike info criterion |             | 1.018535 |
| Sum squared resid                                 | 149.0083    | Schwarz criterion     |             | 1.044553 |
| Log likelihood                                    | -468.1094   | Durbin-Watson stat    |             | 2.013836 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -19.40, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 30 ve Tablo 31’de verilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, RVOLUME serisinin durağan olduğuna karar verilir.

Yukarıdaki bulgular bir arada değerlendirildiğinde, VOB öncesi dönemi gösteren 2001-2005 dönemi için yapılacak volatilité analizlerinde modellerde yer verilecek değişkenlerin, modellerin durağan seriler için geçerli olması nedeni ile ReturnPXLAST ve RVOLUME serileri olduğu ortaya çıkmaktadır.

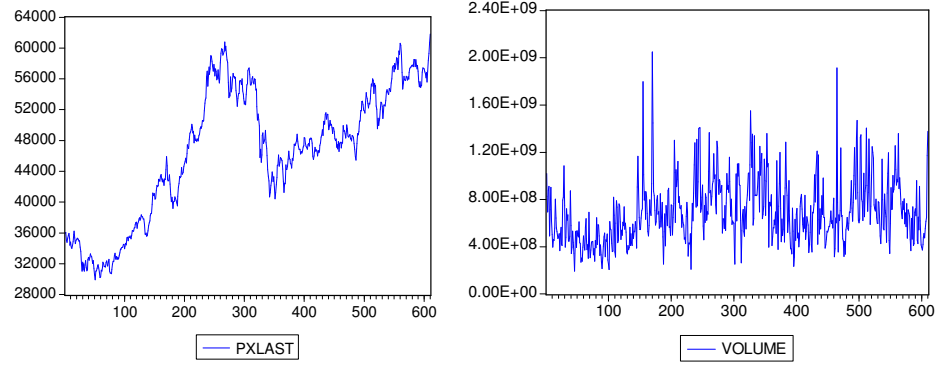
c) Aşağıdaki tabloda getiri serisi, getiri serisinin karesi ve getiri serisinin mutlak değeri alınarak elde edilen tanımsal istatistikler verilmiştir.

**Tablo 30: 2001-2005 Dönemi Tanımsal İstatistikler**

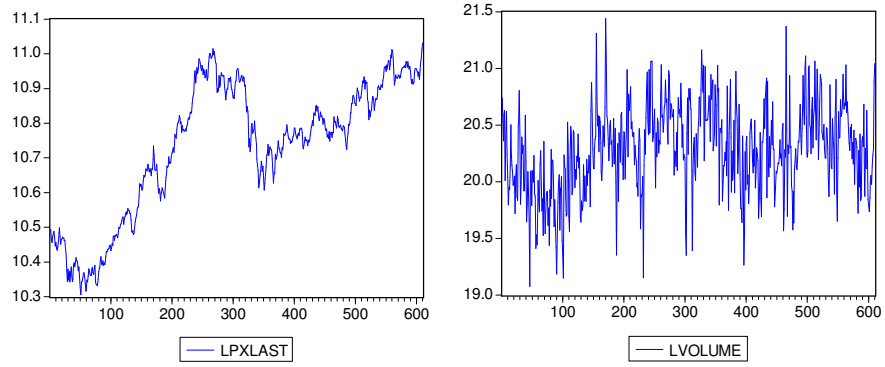
|              | RETURNPXLAST | RETURNPXLAST2 | ABSRETURNPXLAST |
|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| Mean         | 0.000838     | 0.000713      | 0.019875        |
| Median       | 0.001393     | 0.000236      | 0.015376        |
| Maximum      | 0.121478     | 0.018467      | 0.135893        |
| Minimum      | -0.135893    | 0.000000      | 0.000000        |
| Std. Dev.    | 0.026696     | 0.001533      | 0.017830        |
| Skewness     | 0.100660     | 5.910822      | 2.089834        |
| Kurtosis     | 5.614002     | 48.99862      | 9.970510        |
| Jarque-Bera  | 267.4952     | 87781.39      | 2570.743        |
| Probability  | 0.000000     | 0.000000      | 0.000000        |
| Sum          | 0.782345     | 0.665574      | 18.56356        |
| Sum Sq. Dev. | 0.664918     | 0.002192      | 0.296617        |
| Observations | 934          | 934           | 934             |

### 5.3. 2005-2007 DÖNEMİ(VOB sonrası dönem)

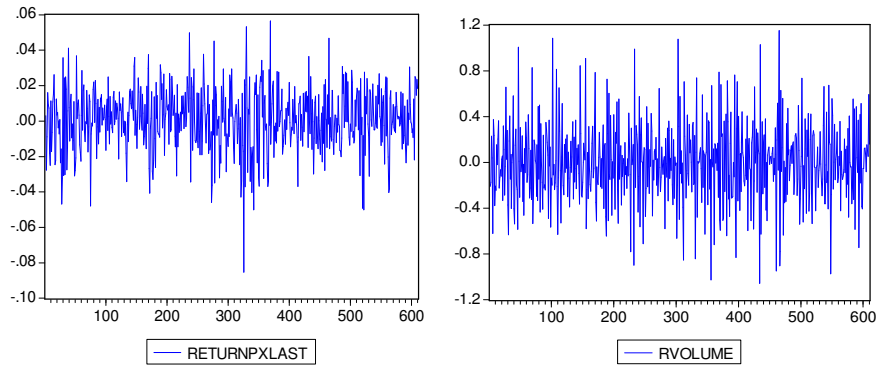
#### 5.3.1. Grafik analizi



Şekil 9. PXLAST ve VOLUME Serilerinin Grafikleri (düzey veri)



Şekil 10. LPXLAST ve LVOLUME Serilerinin Grafikleri (logaritmik düzey veri)



Şekil 11. ReturnPXLAST ve Rvolume Serilerinin Grafikleri (logaritmik ilk fark)

### 5.3.2. Durağanlık Analizi

Grafik analizlerinin ardından ilk olarak PXLAST, ikinci olarak VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır. Bu basamakta ilk olarak serilerin OKF/KOKF çizilmiş, ardından Dickey-Fuller(1979) testi yapılmış ve serilerin durağanlık durumları ile ilgili sonuçlara yer verilmiştir.

**Tablo 31: PXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

|                            |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Date: 08/25/07 Time: 13:43 |                     |    |       |        |        |       |
| Sample: 1 610              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 610 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . *****                    | . *****             | 1  | 0.986 | 0.986  | 596.51 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 2  | 0.974 | 0.045  | 1179.4 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 3  | 0.964 | 0.047  | 1750.4 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 4  | 0.953 | 0.006  | 2309.8 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 5  | 0.943 | 0.008  | 2858.0 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 6  | 0.933 | 0.020  | 3395.8 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 7  | 0.923 | 0.002  | 3923.3 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 8  | 0.915 | 0.041  | 4442.1 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 9  | 0.906 | 0.003  | 4952.1 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 10 | 0.898 | 0.011  | 5453.7 | 0.000 |
| . *****                    | * .                 | 11 | 0.888 | -0.060 | 5945.3 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 12 | 0.878 | -0.020 | 6426.5 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 13 | 0.868 | -0.008 | 6897.6 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 14 | 0.858 | -0.003 | 7358.7 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 15 | 0.849 | 0.029  | 7810.9 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 16 | 0.839 | -0.026 | 8253.6 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 17 | 0.829 | -0.014 | 8686.6 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 18 | 0.819 | -0.013 | 9110.1 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 19 | 0.811 | 0.040  | 9525.4 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 20 | 0.803 | 0.013  | 9933.0 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 21 | 0.794 | 0.011  | 10333. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 22 | 0.787 | 0.010  | 10726. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 23 | 0.779 | -0.010 | 11111. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 24 | 0.770 | -0.026 | 11489. | 0.000 |

PXLAST serisinin OKFnuda yer alan otokorelasyon katsayılarının, 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin durağan olmadığını göstermektedir.

Aşağıda ise PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979):DF(1979) testi sonuçları verilmiştir.

Serinin grafiğinde (Şekil 9) sabit terim ve trend gözlendiği için, DF(1979) test denklemi

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden Y, PXLAST serisini; T, trend değişkenini göstermektedir.  $\rho$ , otoregresif parametredir. Tahmin sonucu elde edilen değerler, aşağıda tabloda verilmiştir.

**Tablo 32: PXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: PXLAST has a unit root           |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -1.853376   | 0.6773   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.973195   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.417215   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.130996   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(PXLAST)                     |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:43                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 2 610                          |             |                       |             |          |
| Included observations: 609 after adjustments      |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| PXLAST(-1)                                        | -0.011658   | 0.006290              | -1.853376   | 0.0643   |
| C                                                 | 427.5923    | 230.3365              | 1.856381    | 0.0639   |
| @TREND(1)                                         | 0.514888    | 0.303839              | 1.694608    | 0.0907   |
| R-squared                                         | 0.005898    | Mean dependent var    |             | 42.46026 |
| Adjusted R-squared                                | 0.002617    | S.D. dependent var    |             | 827.7924 |
| S.E. of regression                                | 826.7086    | Akaike info criterion |             | 16.27770 |
| Sum squared resid                                 | 4.14E+08    | Schwarz criterion     |             | 16.29943 |
| Log likelihood                                    | -4953.558   | F-statistic           |             | 1.797603 |
| Durbin-Watson stat                                | 1.866323    | Prob(F-statistic)     |             | 0.166578 |

Denklemin artıklarında otokorelasyonun olmaması, testin geçerliliği için gereklidir. DF(1979) test denklemi artıklarında otokorelasyon gözlenmemiştir. Bu nedenle yukarıda elde edilen değerler ile test yapılmıştır.

Test hipotezleri

Ho:  $\rho=0$

Ha:  $\rho<0$

şeklindedir. Ho hipotezi, serinin birim kökü olduğunu; Ha hipotezi serinin durağan olduğunu ifade etmektedir. Test istatistiği ise  $\tau = \frac{\hat{\rho}}{Sh(\hat{\rho})}$  olarak hesaplanmaktadır. Tabloda  $\tau$ -test istatistiğinin değerinin -1.85 olduğu; MacKinnon tablo kritik değerinin ise -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değer, tablo kritik değerinden daha negatif olmadığı için Ho hipotezi red edilmemiş ve serinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Birim kök testi sonucu ile OKF nun analizi sonucu elde edilen bilgiler tutarlıdır. Her ikisinde de durağan olmadıkları ortaya çıkmıştır.

Şekil 10'da logaritmik dönüştürülmüş PXLAST serisinin (LPXLAST) grafiği görülmektedir.

Şekil 10'da PXLAST serisinin dönemler arasındaki dalgalanmalarının farklı olduğu görülmektedir. Bu da PXLAST serisinin varyansının eşit olmadığını ortaya koymaktadır. Varyansda eşit olmamayı ortadan kaldırmak veya azaltma amacı ile logaritmik dönüşüm önerilmektedir. Bu nedenle PXLAST serisinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve yeni serinin grafiği Şekil 11'de verilmiştir.

LPXLAST serinin OKF/KOKF ve Q-istatistiği değerleri, Tablo 33'de verilmiştir.

**Tablo 33: LPXLAST Serinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:43 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 610              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 610 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . *****                    | . *****             | 1  | 0.989 | 0.989  | 599.46 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 2  | 0.979 | 0.029  | 1187.4 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 3  | 0.969 | 0.032  | 1764.9 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 4  | 0.960 | 0.004  | 2332.2 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 5  | 0.950 | 0.010  | 2889.6 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 6  | 0.942 | 0.017  | 3437.9 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 7  | 0.933 | 0.007  | 3977.2 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 8  | 0.926 | 0.038  | 4508.7 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 9  | 0.918 | -0.004 | 5032.3 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 10 | 0.910 | 0.001  | 5548.1 | 0.000 |
| . *****                    | * .                 | 11 | 0.901 | -0.064 | 6054.6 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 12 | 0.892 | -0.013 | 6551.8 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 13 | 0.884 | 0.006  | 7040.0 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 14 | 0.875 | -0.001 | 7519.4 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 15 | 0.867 | 0.029  | 7990.8 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 16 | 0.858 | -0.024 | 8453.9 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 17 | 0.850 | -0.019 | 8908.3 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 18 | 0.841 | -0.016 | 9354.0 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 19 | 0.833 | 0.038  | 9792.1 | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 20 | 0.825 | 0.017  | 10223. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 21 | 0.818 | 0.005  | 10647. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 22 | 0.810 | 0.010  | 11064. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 23 | 0.803 | -0.017 | 11474. | 0.000 |
| . *****                    | . .                 | 24 | 0.795 | -0.023 | 11876. | 0.000 |

Otokorelasyon katsayılarının 24. gecikmeye kadar istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da LPXLAST serinin durağan olmadığını göstermektedir.

LPXLAST serisi için oluşturulan DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Denklemden Y, LPXLAST serisini göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Tablo 34’te verilmiştir.

**Tablo 34: LPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: LPXLAST has a unit root          |             |                       |             |           |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -1.824851   | 0.6916    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.973195   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.417215   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.130996   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(LPXLAST)                    |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:44                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 2 610                          |             |                       |             |           |
| Included observations: 609 after adjustments      |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| LPXLAST(-1)                                       | -0.010972   | 0.006013              | -1.824851   | 0.0685    |
| C                                                 | 0.115396    | 0.062933              | 1.833636    | 0.0672    |
| @TREND(1)                                         | 1.06E-05    | 6.62E-06              | 1.595602    | 0.1111    |
| R-squared                                         | 0.005566    | Mean dependent var    |             | 0.000890  |
| Adjusted R-squared                                | 0.002284    | S.D. dependent var    |             | 0.017586  |
| S.E. of regression                                | 0.017565    | Akaike info criterion |             | -5.240851 |
| Sum squared resid                                 | 0.186978    | Schwarz criterion     |             | -5.219118 |
| Log likelihood                                    | 1598.839    | F-statistic           |             | 1.696025  |
| Durbin-Watson stat                                | 1.867243    | Prob(F-statistic)     |             | 0.184281  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -1.82, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Test sonucu, LPXLAST serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir. Bunun üzerine serinin ilk farkı alınmıştır.

Şekil 11’de  $\text{ReturnPXLAST} = [\text{LPXLAST}(t) - \text{LPXLAST}(t-1)]$  olacak şekilde elde edilen yeni serinin grafiği görülmektedir. Ayrıca yeni seri, seri, finansal seri olduğu için getiri serisi olarak adlandırılmaktadır.

Aşağıda ReturnPXLAST olarak adlandırılan yeni serinin OKF/KOKF ve birim kök testi sonuçları verilmiştir.

**Tablo 35: ReturnPXLAST Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:44 |                     |    |        |        |        |       |  |
|----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|--|
| Sample: 1 610              |                     |    |        |        |        |       |  |
| Included observations: 609 |                     |    |        |        |        |       |  |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |  |
| .1.                        | .1.                 | 1  | 0.058  | 0.058  | 2.0881 | 0.148 |  |
| .1.                        | .1.                 | 2  | 0.019  | 0.016  | 2.3179 | 0.314 |  |
| .1.                        | .1.                 | 3  | -0.021 | -0.023 | 2.5772 | 0.461 |  |
| .1.                        | .1.                 | 4  | -0.001 | 0.001  | 2.5783 | 0.631 |  |
| .1.                        | .1.                 | 5  | -0.037 | -0.036 | 3.4045 | 0.638 |  |
| .1.                        | .1.                 | 6  | -0.036 | -0.033 | 4.2123 | 0.648 |  |
| .1.                        | .1.                 | 7  | -0.039 | -0.033 | 5.1302 | 0.644 |  |
| .1.                        | .1.                 | 8  | -0.036 | -0.033 | 5.9321 | 0.655 |  |
| .1.                        | .1.                 | 9  | 0.002  | 0.006  | 5.9357 | 0.746 |  |
| .1.                        | .1.                 | 10 | 0.045  | 0.044  | 7.2182 | 0.705 |  |
| .1.                        | .1.                 | 11 | -0.003 | -0.012 | 7.2256 | 0.781 |  |
| .1.                        | .1.                 | 12 | -0.050 | -0.054 | 8.7534 | 0.724 |  |
| .1.                        | .1.                 | 13 | 0.003  | 0.007  | 8.7604 | 0.791 |  |
| .1.                        | .1.                 | 14 | 0.016  | 0.014  | 8.9302 | 0.835 |  |
| .1.                        | .1.                 | 15 | 0.061  | 0.059  | 11.287 | 0.732 |  |
| .1.                        | .1.                 | 16 | 0.019  | 0.014  | 11.508 | 0.777 |  |
| .1.                        | .1.                 | 17 | -0.018 | -0.023 | 11.720 | 0.817 |  |
| .1.                        | .1.                 | 18 | -0.053 | -0.051 | 13.515 | 0.760 |  |
| .1.                        | .1.                 | 19 | -0.052 | -0.049 | 15.202 | 0.710 |  |
| .1.                        | .1.                 | 20 | -0.029 | -0.023 | 15.729 | 0.733 |  |
| .1.                        | .1.                 | 21 | -0.038 | -0.028 | 16.654 | 0.732 |  |
| .1.                        | .1.                 | 22 | 0.038  | 0.052  | 17.576 | 0.731 |  |
| .1.                        | .1.                 | 23 | 0.037  | 0.033  | 18.459 | 0.732 |  |
| .1.                        | .1.                 | 24 | 0.037  | 0.020  | 19.350 | 0.733 |  |

Yukarıda, OKF ve KOKFlarında hiçbir gecikmede istatistiksel önemli OK ve KOK katsayısının varlığı görülmemektedir. Bu da PXLAST getiri serisinin durağan olduğunu göstermektedir.

Y=ReturnPXLAST serisini gösterdiğinde DF(1979) test denklemi,

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

olarak oluşturulmuştur. Şekil 11’de görülen seride, sabit terim ve trend değişkeni gözlenmediği için, test denkleminde sabit terim ve trend değişkenine yer verilmemiştir.

Y= LPXLAST serisini gösterdiğinde ise DF(1979) test denkleminin gösterimi

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

Şeklinde olacaktır.

Tablo 36’da test denkleminin tahmin sonuçları verilmiştir.

**Tablo 36: ReturnPXLAST serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |           |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Null Hypothesis: RETURNPXLAST has a unit root     |             |                       |             |           |
| Exogenous: None                                   |             |                       |             |           |
| Lag Length: 0 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |                       |             |           |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*    |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -23.11239   | 0.0000    |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -2.568771   |           |
|                                                   | 5% level    |                       | -1.941345   |           |
|                                                   | 10% level   |                       | -1.616349   |           |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |           |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |           |
| Dependent Variable: D(RETURNPXLAST)               |             |                       |             |           |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |           |
| Date: 08/25/07 Time: 13:44                        |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 3 610                          |             |                       |             |           |
| Included observations: 608 after adjustments      |             |                       |             |           |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
| RETURNPXLAST(-1)                                  | -0.937067   | 0.040544              | -23.11239   | 0.0000    |
| R-squared                                         | 0.468095    | Mean dependent var    |             | 2.52E-05  |
| Adjusted R-squared                                | 0.468095    | S.D. dependent var    |             | 0.024115  |
| S.E. of regression                                | 0.017587    | Akaike info criterion |             | -5.241640 |
| Sum squared resid                                 | 0.187752    | Schwarz criterion     |             | -5.234387 |
| Log likelihood                                    | 1594.459    | Durbin-Watson stat    |             | 1.996221  |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -23.11, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, tablo kritik değerinden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Sonuç:

OKF/KOKF ve DF(1979) testi sonuçları, ReturnPXLAST serisinin durağan olduğunu ortaya koymuştur.

İkinci olarak işlem hacmini gösteren VOLUME değişkeni için durağanlık analizleri yapılmaktadır.

**Tablo 37: VOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:45 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 610              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 610 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . ****                     | . ****              | 1  | 0.554 | 0.554  | 187.92 | 0.000 |
| . ***                      | . .                 | 2  | 0.337 | 0.043  | 257.52 | 0.000 |
| . **                       | . *                 | 3  | 0.319 | 0.169  | 320.21 | 0.000 |
| . **                       | . *                 | 4  | 0.314 | 0.104  | 381.11 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 5  | 0.362 | 0.181  | 461.98 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 6  | 0.297 | -0.004 | 516.50 | 0.000 |
| . *                        | * .                 | 7  | 0.186 | -0.058 | 538.03 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 8  | 0.195 | 0.055  | 561.49 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 9  | 0.215 | 0.038  | 590.11 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 10 | 0.236 | 0.063  | 624.64 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 11 | 0.171 | -0.053 | 642.95 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 12 | 0.153 | 0.050  | 657.61 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 13 | 0.133 | -0.027 | 668.66 | 0.000 |
| . *                        | . *                 | 14 | 0.185 | 0.092  | 690.01 | 0.000 |
| . **                       | . *                 | 15 | 0.249 | 0.100  | 729.05 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 16 | 0.182 | -0.035 | 749.93 | 0.000 |
| . *                        | * .                 | 17 | 0.087 | -0.079 | 754.70 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 18 | 0.074 | -0.025 | 758.15 | 0.000 |
| . *                        | . *                 | 19 | 0.135 | 0.067  | 769.60 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 20 | 0.182 | 0.036  | 790.63 | 0.000 |
| . *                        | * .                 | 21 | 0.109 | -0.058 | 798.18 | 0.000 |
| . *                        | . *                 | 22 | 0.113 | 0.085  | 806.35 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 23 | 0.139 | 0.047  | 818.65 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 24 | 0.179 | 0.050  | 838.96 | 0.000 |

Tabloda 24. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da Volume serisinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. VOLUME serisi için  $\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$  şeklinde oluşturulan DF(1979) test denklemi artıklarında otokorelasyonun varlığı nedeni ile test denklemi,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

Şeklinde oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 'da verilmiştir. Denklemden sabit terim ve trend değişkenine yer verilme nedeni, Şekil 9'da görülen serinin bu özellikleri sergilemesidir.

**Tablo 38: VOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                       |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: VOLUME has a unit root           |             |                       |             |          |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |                       |             |          |
| Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |                       |             |          |
|                                                   |             |                       | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                       | -6.195634   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                       | -3.973296   |          |
|                                                   | 5% level    |                       | -3.417264   |          |
|                                                   | 10% level   |                       | -3.131025   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                       |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                       |             |          |
| Dependent Variable: D(VOLUME)                     |             |                       |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                       |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:45                        |             |                       |             |          |
| Sample (adjusted): 6 610                          |             |                       |             |          |
| Included observations: 605 after adjustments      |             |                       |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
| VOLUME(-1)                                        | -0.291379   | 0.047030              | -6.195634   | 0.0000   |
| D(VOLUME(-1))                                     | -0.209756   | 0.051999              | -4.033839   | 0.0001   |
| D(VOLUME(-2))                                     | -0.291661   | 0.049433              | -5.900182   | 0.0000   |
| D(VOLUME(-3))                                     | -0.172205   | 0.044906              | -3.834748   | 0.0001   |
| D(VOLUME(-4))                                     | -0.174767   | 0.040461              | -4.319391   | 0.0000   |
| C                                                 | 1.65E+08    | 32678688              | 5.040248    | 0.0000   |
| @TREND(1)                                         | 123428.8    | 52784.41              | 2.338357    | 0.0197   |
| R-squared                                         | 0.275868    | Mean dependent var    |             | 769509.0 |
| Adjusted R-squared                                | 0.268602    | S.D. dependent var    |             | 2.52E+08 |
| S.E. of regression                                | 2.15E+08    | Akaike info criterion |             | 41.22289 |
| Sum squared resid                                 | 2.77E+19    | Schwarz criterion     |             | 41.27386 |
| Log likelihood                                    | -12462.93   | F-statistic           |             | 37.96934 |
| Durbin-Watson stat                                | 1.979109    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -6.19, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Hesaplanan değerin, kritik değerden daha negatif olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak Tablo 39'da verilen OKF sonuçları, serinin durağan olmadığını göstermektedir. Bu nedenle VOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilir.

Şekil 9'da VOLUME serisinin dalgalanmasının her zaman aynı olmadığı görülmektedir. Bu da serinin varyansda durağan olmadığını göstermektedir. Bunun üzerine serinin logaritmik dönüşümü yapılmış ve LVOLUME serisi elde edilmiştir. (Şekil 10)

LVOLUME serisinin durağanlık analizine OKF/KOKF ile başlanmış ve sonuçlar Tablo 39'da verilmiştir.

**Tablo 39: LVOLUME Serisinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:46 |                     |    |       |        |        |       |
|----------------------------|---------------------|----|-------|--------|--------|-------|
| Sample: 1 610              |                     |    |       |        |        |       |
| Included observations: 610 |                     |    |       |        |        |       |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC    | PAC    | Q-Stat | Prob  |
| . ****                     | . ****              | 1  | 0.588 | 0.588  | 211.96 | 0.000 |
| . ***                      | . .                 | 2  | 0.377 | 0.048  | 299.45 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 3  | 0.356 | 0.179  | 377.56 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 4  | 0.359 | 0.122  | 457.09 | 0.000 |
| . ***                      | . *                 | 5  | 0.410 | 0.196  | 560.82 | 0.000 |
| . ***                      | . .                 | 6  | 0.330 | -0.030 | 628.33 | 0.000 |
| . **                       | * .                 | 7  | 0.216 | -0.063 | 657.31 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 8  | 0.228 | 0.064  | 689.56 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 9  | 0.258 | 0.053  | 730.96 | 0.000 |
| . **                       | . *                 | 10 | 0.312 | 0.119  | 791.47 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 11 | 0.245 | -0.051 | 828.99 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 12 | 0.214 | 0.062  | 857.52 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 13 | 0.184 | -0.045 | 878.76 | 0.000 |
| . **                       | . *                 | 14 | 0.236 | 0.099  | 913.67 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 15 | 0.287 | 0.063  | 965.43 | 0.000 |
| . **                       | * .                 | 16 | 0.208 | -0.061 | 992.52 | 0.000 |
| . *                        | * .                 | 17 | 0.120 | -0.067 | 1001.6 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 18 | 0.110 | -0.019 | 1009.2 | 0.000 |
| . *                        | . *                 | 19 | 0.181 | 0.094  | 1030.0 | 0.000 |
| . **                       | . .                 | 20 | 0.235 | 0.040  | 1064.8 | 0.000 |
| . *                        | . .                 | 21 | 0.167 | -0.027 | 1082.4 | 0.000 |
| . *                        | . *                 | 22 | 0.155 | 0.068  | 1097.7 | 0.000 |

|      |     |    |       |       |        |       |
|------|-----|----|-------|-------|--------|-------|
| .l*  | .l. | 23 | 0.165 | 0.029 | 1115.1 | 0.000 |
| .l** | .l. | 24 | 0.210 | 0.042 | 1143.1 | 0.000 |

Tabloda 24. gecikmeye kadar olan tüm OK katsayılarının istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. LVOLUME serisi için birim kök testine,  $Y=LVOLUME$  serisini gösterdiğinde,

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \varepsilon_t$$

şeklindeki DF(1979) test denklemi ile başlanmış, ancak artıklarda otokorelasyon görüldüğü için

$$\Delta Y_t = \alpha + \beta T + \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

şeklindeki ADF denklemi ile devam edilmiştir. Denklemden sabit terim ve trend değişkeni eklenmesinin nedeni, Şekil 10’da görülen seride sabit terim ve trend değişkeninin gözlenmesidir.

Test sonucu Tablo 40’de verilmiştir.

**Tablo 40: LVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |            |             |        |
|---------------------------------------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| Null Hypothesis: LVOLUME has a unit root          |             |            |             |        |
| Exogenous: Constant, Linear Trend                 |             |            |             |        |
| Lag Length: 4 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |            |             |        |
|                                                   |             |            | t-Statistic | Prob.* |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |            | -5.894976   | 0.0000 |
| Test critical values:                             | 1% level    |            | -3.973296   |        |
|                                                   | 5% level    |            | -3.417264   |        |
|                                                   | 10% level   |            | -3.131025   |        |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |            |             |        |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |            |             |        |
| Dependent Variable: D(LVOLUME)                    |             |            |             |        |
| Method: Least Squares                             |             |            |             |        |
| Date: 08/25/07 Time: 13:46                        |             |            |             |        |
| Sample (adjusted): 6 610                          |             |            |             |        |
| Included observations: 605 after adjustments      |             |            |             |        |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
| LVOLUME(-1)                                       | -0.263605   | 0.044717   | -5.894976   | 0.0000 |
| D(LVOLUME(-1))                                    | -0.227310   | 0.050800   | -4.474586   | 0.0000 |
| D(LVOLUME(-2))                                    | -0.309266   | 0.048381   | -6.392255   | 0.0000 |
| D(LVOLUME(-3))                                    | -0.194520   | 0.044246   | -4.396351   | 0.0000 |
| D(LVOLUME(-4))                                    | -0.188634   | 0.040224   | -4.689560   | 0.0000 |
| C                                                 | 5.292513    | 0.899477   | 5.883991    | 0.0000 |
| @TREND(1)                                         | 0.000179    | 7.35E-05   | 2.439260    | 0.0150 |

|                    |           |                       |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| R-squared          | 0.274521  | Mean dependent var    | 0.000682 |
| Adjusted R-squared | 0.267242  | S.D. dependent var    | 0.345417 |
| S.E. of regression | 0.295681  | Akaike info criterion | 0.412435 |
| Sum squared resid  | 52.28166  | Schwarz criterion     | 0.463404 |
| Log likelihood     | -117.7615 | F-statistic           | 37.71381 |
| Durbin-Watson stat | 1.971738  | Prob(F-statistic)     | 0.000000 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -5.89, kritik değerin -3.41 olduğu görülmektedir. Buna dayanarak serinin durağan olduğuna karar verilir. Ancak VOLUME serisinde olduğu gibi, LVOLUME serisinin OKF, istatistiksel otokorelasyon katsayıları nedeni ile serinin durağan olmadığını ortaya koymaktadır. Buna dayanarak LVOLUME serisinin durağan olmadığına karar verilmiştir.

Bunun üzerine LVOLUME serisinin RVOLUME= LVOLUME(t)-LVOLUME(t-1) olacak şekilde ilk farkı alınmış ve yeni serinin grafiği Şekil 11’de verilmiştir.

**Tablo 41: RVOLUME Serisi Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

| Date: 08/25/07 Time: 13:46 |                     |    |        |        |        |       |  |
|----------------------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|--|
| Sample: 1 610              |                     |    |        |        |        |       |  |
| Included observations: 609 |                     |    |        |        |        |       |  |
| Autocorrelation            | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |  |
| ** .                       | ** .                | 1  | -0.236 | -0.236 | 33.969 | 0.000 |  |
| ** .                       | ** .                | 2  | -0.234 | -0.307 | 67.579 | 0.000 |  |
| . .                        | ** .                | 3  | -0.031 | -0.205 | 68.185 | 0.000 |  |
| * .                        | ** .                | 4  | -0.061 | -0.253 | 70.465 | 0.000 |  |
| . *                        | . .                 | 5  | 0.165  | -0.007 | 87.210 | 0.000 |  |
| . .                        | . .                 | 6  | 0.045  | 0.021  | 88.469 | 0.000 |  |
| * .                        | * .                 | 7  | -0.160 | -0.111 | 104.24 | 0.000 |  |
| . .                        | * .                 | 8  | -0.024 | -0.091 | 104.61 | 0.000 |  |
| . .                        | * .                 | 9  | -0.020 | -0.136 | 104.84 | 0.000 |  |
| . *                        | . .                 | 10 | 0.149  | 0.038  | 118.60 | 0.000 |  |
| . .                        | * .                 | 11 | -0.051 | -0.090 | 120.21 | 0.000 |  |
| . .                        | . .                 | 12 | 0.000  | 0.030  | 120.21 | 0.000 |  |
| * .                        | * .                 | 13 | -0.101 | -0.119 | 126.60 | 0.000 |  |
| . .                        | * .                 | 14 | -0.001 | -0.075 | 126.60 | 0.000 |  |
| . *                        | . .                 | 15 | 0.165  | 0.048  | 143.58 | 0.000 |  |
| . .                        | . .                 | 16 | 0.009  | 0.051  | 143.63 | 0.000 |  |
| * .                        | . .                 | 17 | -0.095 | 0.002  | 149.30 | 0.000 |  |
| * .                        | * .                 | 18 | -0.101 | -0.113 | 155.75 | 0.000 |  |
| . .                        | . .                 | 19 | 0.022  | -0.046 | 156.06 | 0.000 |  |
| . *                        | . .                 | 20 | 0.150  | 0.016  | 170.33 | 0.000 |  |

|     |     |    |        |        |        |       |
|-----|-----|----|--------|--------|--------|-------|
| * . | * . | 21 | -0.068 | -0.077 | 173.27 | 0.000 |
| . . | . . | 22 | -0.025 | -0.032 | 173.67 | 0.000 |
| . . | . . | 23 | -0.041 | -0.037 | 174.76 | 0.000 |
| . . | . . | 24 | 0.010  | -0.029 | 174.82 | 0.000 |

Yeni serinin OKFnunda 1,2,3,4 ve daha uzun gecikmelerde bazı istatistiksel önemli katsayıların olduğu görülmektedir. Ancak bunların sayısının az olması nedeni ile serinin durağan olduğuna karar verilir.

Durağanlık durumunu ortaya çıkarmak amacı ile kullanılacak olan DF(1979) test denklemi,  $Y = Rvolume$ 'ı gösterdiğinde

$$\Delta Y_t = \rho Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

$Y = Lvolume$  u gösterdiğinde ise

$$\Delta^2 Y_t = \rho \Delta Y_{t-1} + \sum \phi_i \Delta^2 Y_{t-i} + \varepsilon_t$$

olacak şekilde tanımlanır. Test sonuçları Tablo 42 'de verilmiştir.

**Tablo 42: RVOLUME Serisi için Dickey-Fuller(1979) Testi Sonuçları**

|                                                   |             |                    |             |          |
|---------------------------------------------------|-------------|--------------------|-------------|----------|
| Null Hypothesis: RVOLUME has a unit root          |             |                    |             |          |
| Exogenous: None                                   |             |                    |             |          |
| Lag Length: 3 (Automatic based on SIC, MAXLAG=18) |             |                    |             |          |
|                                                   |             |                    | t-Statistic | Prob.*   |
| Augmented Dickey-Fuller test statistic            |             |                    | -21.20800   | 0.0000   |
| Test critical values:                             | 1% level    |                    | -2.568790   |          |
|                                                   | 5% level    |                    | -1.941347   |          |
|                                                   | 10% level   |                    | -1.616347   |          |
| *MacKinnon (1996) one-sided p-values.             |             |                    |             |          |
| Augmented Dickey-Fuller Test Equation             |             |                    |             |          |
| Dependent Variable: D(RVOLUME)                    |             |                    |             |          |
| Method: Least Squares                             |             |                    |             |          |
| Date: 08/25/07 Time: 13:47                        |             |                    |             |          |
| Sample (adjusted): 6 610                          |             |                    |             |          |
| Included observations: 605 after adjustments      |             |                    |             |          |
| Variable                                          | Coefficient | Std. Error         | t-Statistic | Prob.    |
| RVOLUME(-1)                                       | -2.443491   | 0.115216           | -21.20800   | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-1))                                    | 1.020998    | 0.093466           | 10.92378    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-2))                                    | 0.555385    | 0.066839           | 8.309313    | 0.0000   |
| D(RVOLUME(-3))                                    | 0.255072    | 0.039620           | 6.437962    | 0.0000   |
| R-squared                                         | 0.689037    | Mean dependent var |             | 0.000201 |
| Adjusted R-squared                                | 0.687485    | S.D. dependent var |             | 0.542777 |

|                    |           |                       |          |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|
| S.E. of regression | 0.303429  | Akaike info criterion | 0.459253 |
| Sum squared resid  | 55.33365  | Schwarz criterion     | 0.488378 |
| Log likelihood     | -134.9240 | Durbin-Watson stat    | 1.992838 |

Tabloda hesaplanan  $\tau$  değerinin -21.20, kritik değerin -1.94 olduğu görülmektedir. Bu da serinin durağan olduğunu ortaya koymaktadır.

Tablo 43 ve Tablo 44’de verilen sonuçlar bir arada değerlendirildiğinde, RVOLUME serisinin durağan olduğuna karar verilir.

Yukarıdaki bulgular bir arada değerlendirildiğinde, VOB sonrası dönemi gösteren 2005-2007 dönemi için yapılacak volatilité analizlerinde modellerde yer verilecek değişkenlerin, modellerin durağan seriler için geçerli olması nedeni ile ReturnPXLAST ve RVOLUME serileri olduğu ortaya çıkmaktadır.

c) Aşağıdaki tabloda getiri serisi, getiri serisinin karesi ve getiri serisinin mutlak değeri alınarak elde edilen tanımsal istatistikler verilmiştir.

**Tablo 43: 2005-2007 Dönemi Tanımsal İstatistikler**

|              | RETURNPXLAST | RETURNPXLAST2 | ABSRETURNPXLAST |
|--------------|--------------|---------------|-----------------|
| Mean         | 0.000890     | 0.000310      | 0.013663        |
| Median       | 0.001070     | 0.000140      | 0.011819        |
| Maximum      | 0.056519     | 0.007268      | 0.085255        |
| Minimum      | -0.085255    | 1.55E-09      | 3.94E-05        |
| Std. Dev.    | 0.017586     | 0.000526      | 0.011093        |
| Skewness     | -0.360517    | 5.468880      | 1.389914        |
| Kurtosis     | 3.961924     | 56.91692      | 6.377245        |
| Jarque-Bera  | 36.67162     | 76801.73      | 485.5057        |
| Probability  | 0.000000     | 0.000000      | 0.000000        |
| Sum          | 0.541863     | 0.188507      | 8.320686        |
| Sum Sq. Dev. | 0.188025     | 0.000168      | 0.074823        |
| Observations | 609          | 609           | 609             |

### SONUÇ:

Her üç dönemin Tablo 41, Tablo 42 ve Tablo 43’de verilen tanımsal istatistikleri incelendiğinde, getiri serisinin

2001-2007 döneminde sağa asimetric ve basık olduğu, normal dağılmadığı

2001-2005 döneminde sağa asimetric ve basık olduğu, normal dağılmadığı

2005-2007 döneminde sola asimetric ve basık olduğu, normal dağılmadığı

görülmüştür

Bu durumda tahmin yöntemi olarak normal dağılım varsayımına dayanan ML yönteminin yerine student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi seçilecektir.

Dönemlerin standart sapmalarına bakıldığında,

2001-2007 döneminde 0.023

2001-2005 döneminde 0.026

2005-2007 döneminde 0.017

oldukları görülmektedir. Bu da VOB sonrası dönemde dalgalanmaların azaldığı şeklinde yorumlanabilir.

## 5.4. VOLATİLİTE MODELLEMESİ

Volatilite modellemesinde ilk olarak finansal seri getirisindeki bağımlılığı ortaya çıkarmak amacı ile *Ortalama Denklemi*, ardından *Koşullu Varyans Denklemi* oluşturulmaktadır. Bu bağlamda aşağıda 2001-2007 dönemi ile 2001-2005 (VOB öncesi) ve 2005-2007 (VOB sonrası) dönemleri için çeşitli volatilite modelleri oluşturulmuş ve tahmin sonuçları verilmiştir. Bu modeller yardımı ile her üç dönem için geçerli olan modellerin saptanmış ve dönemler arasında volatilitede gözlenen değişimler ortaya konmuştur. Son olarak da uygun modeller ile volatilitenin gelecekteki seyrini ortaya çıkarmak amacı ile öngörüler yapılmıştır.

### 5.4.1. 2001-2007 Dönemi

PXLAST getiri serisinin (RETURNPXLAST) Tablo 43'de verilen otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi korelasyon fonksiyonunda sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli katsayıların gözlenmiş olması nedeni ile ortalama denklemi için uygun modelin ARMA(6,6) olduğuna karar verilmiştir.

$$\text{RETURNPXLAST}_t = \rho \text{ AR}(6) + \theta \text{ MA}(6) + \varepsilon_t$$

(1)

şeklinde oluşturulan denklem, EKK yöntemi ile tahmin edilmiş ve sonuçları Tablo 44'de verilmiştir.

**Tablo 44: (1) nolu ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: Least Squares  
Date: 09/03/07 Time: 01:53  
Sample (adjusted): 8 1545  
Included observations: 1538 after adjustments  
Convergence achieved after 17 iterations  
Backcast: 2 7

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.830677    | 0.064548              | 12.86918    | 0.0000    |
| MA(6)              | -0.862679   | 0.058172              | -14.82973   | 0.0000    |
| R-squared          | 0.006078    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared | 0.005431    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression | 0.023426    | Akaike info criterion |             | -4.668640 |
| Sum squared resid  | 0.842923    | Schwarz criterion     |             | -4.661699 |
| Log likelihood     | 3592.184    | Durbin-Watson stat    |             | 1.969935  |

Modelin AR ve MA parametrelerinin mutlak değeri içinde birden küçük (sırası ile  $|0.83| < 1$ ;  $|0.86| < 1$ ) ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da modelin parametre kısıtları açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu elde edilen artıklarının otokorelasyonsuz olması, modelin geçerliliği için temel varsayımlardan biridir. Bu nedenle model artıklarının otokorelasyonlu olup olmadığı, OKF ve LM testi yardımı ile ortaya konacaktır.

Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKF'ni çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 45'de hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 45'de verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 45: (1) nolu Model Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonu**

Date: 09/03/07 Time: 01:53  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538

Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.011   | 0.011  | 0.2005 |       |
|                 |                     | 2 0.001   | 0.000  | 0.2011 |       |
|                 |                     | 3 -0.020  | -0.020 | 0.8104 | 0.368 |
|                 |                     | 4 -0.023  | -0.023 | 1.6275 | 0.443 |
|                 |                     | 5 0.035   | 0.036  | 3.5222 | 0.318 |
|                 |                     | 6 -0.039  | -0.041 | 5.9192 | 0.205 |
|                 |                     | 7 -0.021  | -0.021 | 6.6238 | 0.250 |
|                 |                     | 8 -0.011  | -0.009 | 6.7969 | 0.340 |
|                 |                     | 9 0.029   | 0.030  | 8.1292 | 0.321 |
|                 |                     | 10 0.043  | 0.038  | 10.960 | 0.204 |
|                 |                     | 11 -0.045 | -0.045 | 14.137 | 0.118 |
|                 |                     | 12 0.026  | 0.028  | 15.192 | 0.125 |
|                 |                     | 13 0.038  | 0.039  | 17.388 | 0.097 |
|                 |                     | 14 0.040  | 0.036  | 19.859 | 0.070 |
|                 |                     | 15 0.002  | -0.001 | 19.867 | 0.099 |
|                 |                     | 16 0.034  | 0.044  | 21.617 | 0.087 |
|                 |                     | 17 0.003  | 0.003  | 21.630 | 0.118 |
|                 |                     | 18 -0.021 | -0.022 | 22.304 | 0.134 |
|                 |                     | 19 0.012  | 0.012  | 22.518 | 0.166 |
|                 |                     | 20 0.008  | 0.016  | 22.619 | 0.206 |
|                 |                     | 21 -0.020 | -0.020 | 23.255 | 0.226 |
|                 |                     | 22 -0.030 | -0.034 | 24.621 | 0.216 |
|                 |                     | 23 -0.025 | -0.023 | 25.627 | 0.221 |
|                 |                     | 24 0.022  | 0.021  | 26.382 | 0.236 |

**Tablo 46: (1) nolu Model Artıkları İçin LM Testi Sonuçları**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.180840 | Probability | 0.834587 |
| Obs*R-squared | 0.000000 | Probability | 1.000000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 01:55

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | -0.000323   | 0.064634              | -0.005004   | 0.9960    |
| MA(6)              | 0.000401    | 0.058250              | 0.006891    | 0.9945    |
| RESID(-1)          | 0.014725    | 0.025540              | 0.576527    | 0.5643    |
| RESID(-2)          | 0.004163    | 0.025561              | 0.162875    | 0.8706    |
| R-squared          | -0.002738   | Mean dependent var    |             | 0.001275  |
| Adjusted R-squared | -0.004699   | S.D. dependent var    |             | 0.023384  |
| S.E. of regression | 0.023439    | Akaike info criterion |             | -4.666275 |
| Sum squared resid  | 0.842724    | Schwarz criterion     |             | -4.652392 |
| Log likelihood     | 3592.366    | Durbin-Watson stat    |             | 1.999391  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandıktan sonra, artıkların karesinde otokorelasyon olup olmadığını görmek amacı ile (artıkların karelerinin) korelogramı çizilmiştir. Tablo 47’de birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Bu da aralarında bağımlılığın olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo47: (1) nolu Model Artıklarının Karelerinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 01:54  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC       | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----------|--------|--------|-------|
| *               | *                   | 1 0.159  | 0.159  | 38.786 |       |
| *               | *                   | 2 0.135  | 0.112  | 66.710 |       |
| *               |                     | 3 0.091  | 0.056  | 79.482 | 0.000 |
| *               |                     | 4 0.076  | 0.043  | 88.479 | 0.000 |
| *               |                     | 5 0.084  | 0.054  | 99.429 | 0.000 |
| *               |                     | 6 0.073  | 0.039  | 107.64 | 0.000 |
|                 |                     | 7 0.060  | 0.025  | 113.17 | 0.000 |
|                 |                     | 8 0.022  | -0.012 | 113.94 | 0.000 |
| *               |                     | 9 0.080  | 0.060  | 123.87 | 0.000 |
| *               | *                   | 10 0.136 | 0.110  | 152.57 | 0.000 |
| *               | *                   | 11 0.128 | 0.079  | 178.10 | 0.000 |
| *               |                     | 12 0.068 | 0.005  | 185.28 | 0.000 |
|                 |                     | 13 0.061 | 0.011  | 191.04 | 0.000 |
| *               |                     | 14 0.079 | 0.038  | 200.65 | 0.000 |
|                 |                     | 15 0.058 | 0.011  | 205.93 | 0.000 |
|                 |                     | 16 0.055 | 0.007  | 210.72 | 0.000 |
|                 |                     | 17 0.025 | -0.015 | 211.70 | 0.000 |
|                 |                     | 18 0.027 | 0.001  | 212.83 | 0.000 |
|                 |                     | 19 0.065 | 0.040  | 219.34 | 0.000 |
| *               |                     | 20 0.066 | 0.022  | 226.18 | 0.000 |
|                 |                     | 21 0.007 | -0.048 | 226.26 | 0.000 |
|                 |                     | 22 0.027 | -0.003 | 227.43 | 0.000 |
|                 |                     | 23 0.032 | 0.010  | 229.08 | 0.000 |
|                 |                     | 24 0.023 | -0.008 | 229.88 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığının göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (1) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 3 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde

edilmiş ve 3. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 48’de verilmiştir.

**Tablo 48: (1) nolu Model için ARCH-LM Testi Sonuçları**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 21.71267 | Probability | 0.000000 |
| Obs*R-squared | 62.64297 | Probability | 0.000000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 01:56

Sample (adjusted): 11 1545

Included observations: 1535 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.000385    | 3.75E-05              | 10.27070    | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.135607    | 0.025514              | 5.315089    | 0.0000    |
| RESID^2(-2)        | 0.104018    | 0.025584              | 4.065771    | 0.0001    |
| RESID^2(-3)        | 0.056239    | 0.025489              | 2.206381    | 0.0275    |
| R-squared          | 0.040810    | Mean dependent var    |             | 0.000547  |
| Adjusted R-squared | 0.038930    | S.D. dependent var    |             | 0.001247  |
| S.E. of regression | 0.001223    | Akaike info criterion |             | -10.57270 |
| Sum squared resid  | 0.002289    | Schwarz criterion     |             | -10.55880 |
| Log likelihood     | 8118.549    | F-statistic           |             | 21.71267  |
| Durbin-Watson stat | 2.001490    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000  |

Tablo 48’de elde edilen ARCH test istatistiği değeri (62.64),  $\chi^2_3=7.81$  değerinden büyük olduğu için artıklarda ARCH(3) etkisinin varlığı kabul edilir.

Bu durumda ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi ARCH(3) olan model  $\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2$$

(2)

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 49’da verilmiştir.

(2) nolu denklem, ilk olarak artıkların normal dağıldığı varsayımı ile Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 49: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Tahmin Sonuçları (Normal)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution  
Date: 09/03/07 Time: 02:19  
Sample (adjusted): 8 1545  
Included observations: 1538 after adjustments  
Convergence achieved after 13 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*RESID(-2)^2 + C(6)\*RESID(-3)^2

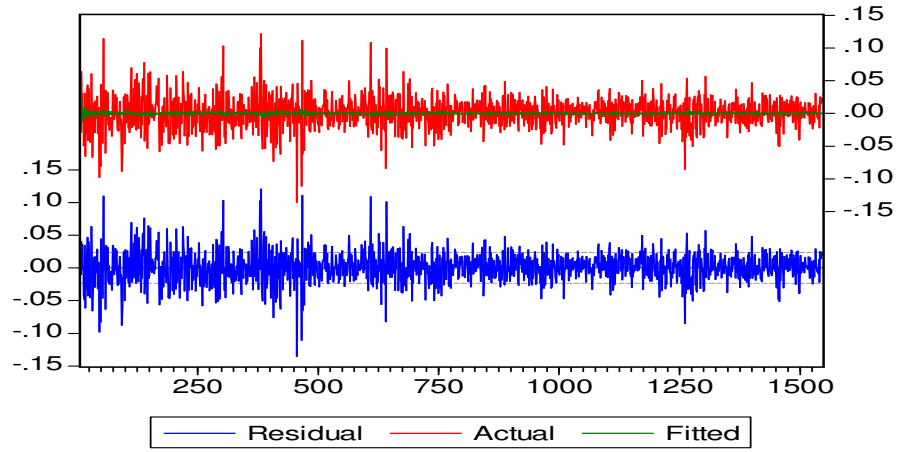
|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.437827    | 0.125127              | 3.499071    | 0.0005    |
| MA(6)              | -0.485033   | 0.122953              | -3.944876   | 0.0001    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 0.000322    | 1.23E-05              | 26.11499    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.136634    | 0.023195              | 5.890716    | 0.0000    |
| RESID(-2)^2        | 0.152245    | 0.027201              | 5.596980    | 0.0000    |
| RESID(-3)^2        | 0.144354    | 0.025052              | 5.762188    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.005041    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared | 0.001793    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression | 0.023469    | Akaike info criterion |             | -4.743200 |
| Sum squared resid  | 0.843803    | Schwarz criterion     |             | -4.722374 |
| Log likelihood     | 3653.521    | Durbin-Watson stat    |             | 1.970839  |

Tabloda (üst blokta) ortalama denklemi parametrelerinin mutlak değeri içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Yine aynı tabloda (alt blokta) koşullu varyans modeli parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu ve ARCH parametreleri olan  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  nin tek tek sıfırdan büyük ve toplamalarının da 1 den küçük ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 < 1$ ) olduğu görülmektedir. Bu özellikler bir arada modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

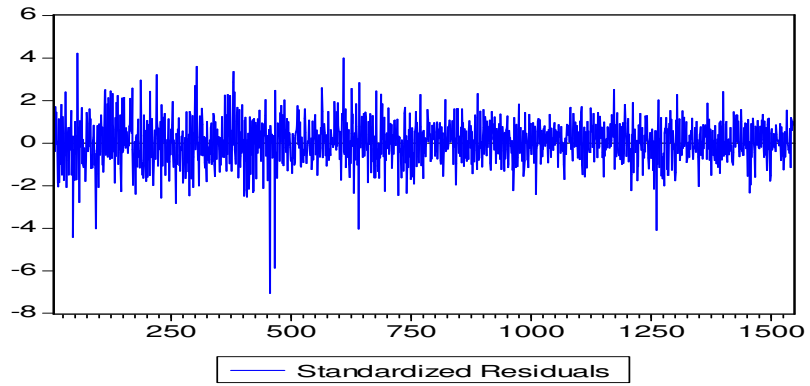
Bunun üzerine modelin testler bağlamında geçerli olduğunun ortaya konulması için standardize edilmiş artıkların ( $z_t = \frac{\varepsilon_t}{\sigma_t}$ ) ve karelerinin korelogramlarının incelenmesi gerekmektedir. (Burada model artıklarının değil, standardize edilmiş

artıklarla ilgilenildiğine dikkat edilmelidir.) Her iki durum için korelogramlar Tablo 50 ve Tablo 51’de verilmiştir.

Şekil 12 ve Şekil 13’de ise sırası ile model artıklarının ve standardize edilmiş artıkların grafikleri görülmektedir.



Şekil 12. Model Artıklarının Grafiği



Şekil 13. Modelin Standardize Edilmiş Artıklarının Grafiği

**Tablo 50: Standardize Edilmiş Artıkların Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 02:20

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities adjusted

RMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.033   | 0.033  | 1.7111 |       |
|                 |                     | 2 -0.005  | -0.006 | 1.7553 |       |
|                 |                     | 3 -0.004  | -0.004 | 1.7837 | 0.182 |
|                 |                     | 4 -0.014  | -0.014 | 2.0796 | 0.354 |
|                 |                     | 5 0.025   | 0.026  | 3.0578 | 0.383 |
|                 |                     | 6 -0.011  | -0.013 | 3.2472 | 0.517 |
|                 |                     | 7 -0.018  | -0.017 | 3.7718 | 0.583 |
|                 |                     | 8 -0.007  | -0.006 | 3.8573 | 0.696 |
|                 |                     | 9 0.025   | 0.026  | 4.8170 | 0.682 |
|                 |                     | 10 0.047  | 0.045  | 8.3034 | 0.404 |
|                 |                     | 11 -0.023 | -0.026 | 9.1499 | 0.424 |
|                 |                     | 12 0.014  | 0.017  | 9.4362 | 0.491 |
|                 |                     | 13 0.028  | 0.027  | 10.613 | 0.476 |
|                 |                     | 14 0.026  | 0.024  | 11.660 | 0.473 |
|                 |                     | 15 0.011  | 0.007  | 11.843 | 0.541 |
|                 |                     | 16 0.033  | 0.036  | 13.498 | 0.488 |
|                 |                     | 17 0.004  | 0.003  | 13.520 | 0.562 |
|                 |                     | 18 -0.036 | -0.038 | 15.576 | 0.483 |
|                 |                     | 19 0.009  | 0.010  | 15.711 | 0.544 |
|                 |                     | 20 -0.000 | 0.000  | 15.711 | 0.613 |
|                 |                     | 21 -0.018 | -0.017 | 16.218 | 0.643 |
|                 |                     | 22 -0.027 | -0.030 | 17.392 | 0.627 |
|                 |                     | 23 -0.030 | -0.028 | 18.833 | 0.596 |
|                 |                     | 24 0.011  | 0.010  | 19.014 | 0.644 |

**Tablo 51: Standardize Edilmiş Artıkların Karelerinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 02:21

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities adjusted for  
1A term(s)

| Autocorrelation | Partial<br>ation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                  | 1 0.019   | 0.019  | 0.5451 |       |
|                 |                  | 2 -0.021  | -0.022 | 1.2490 |       |
|                 |                  | 3 -0.018  | -0.017 | 1.7469 | 0.186 |
|                 |                  | 4 0.028   | 0.028  | 2.9322 | 0.231 |
|                 |                  | 5 0.041   | 0.039  | 5.4702 | 0.140 |
|                 |                  | 6 0.013   | 0.012  | 5.7170 | 0.221 |
|                 |                  | 7 0.021   | 0.024  | 6.4283 | 0.267 |
|                 |                  | 8 -0.014  | -0.014 | 6.7223 | 0.347 |
|                 |                  | 9 0.062   | 0.062  | 12.655 | 0.081 |
| ***             | ***              | 10 0.216  | 0.214  | 85.124 | 0.000 |
|                 |                  | 11 0.040  | 0.037  | 87.659 | 0.000 |
|                 |                  | 12 0.004  | 0.014  | 87.678 | 0.000 |
|                 |                  | 13 0.043  | 0.054  | 90.538 | 0.000 |
|                 |                  | 14 0.047  | 0.037  | 94.030 | 0.000 |
|                 |                  | 15 0.037  | 0.024  | 96.138 | 0.000 |
|                 |                  | 16 0.018  | 0.014  | 96.646 | 0.000 |
|                 |                  | 17 0.006  | -0.002 | 96.707 | 0.000 |
|                 |                  | 18 0.008  | 0.007  | 96.815 | 0.000 |
|                 |                  | 19 0.042  | 0.015  | 99.598 | 0.000 |
|                 |                  | 20 0.041  | -0.015 | 102.21 | 0.000 |
|                 |                  | 21 -0.013 | -0.033 | 102.48 | 0.000 |
|                 |                  | 22 0.019  | 0.009  | 103.02 | 0.000 |
|                 |                  | 23 0.012  | -0.017 | 103.25 | 0.000 |
|                 |                  | 24 0.014  | -0.014 | 103.57 | 0.000 |

Tablo 52 ve Tablo 53’de istatistiksel önemli katsayıların olmadığı görülmektedir. Bu da modelin artıklarında ve karelerinde bağımlılığın olmadığını ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu ARCH etkisinin ortadan kalkması beklenmektedir. Bu amaçla ARCH-LM testi yapılmıştır. 1. dereceden ARCH testi sonuçları Tablo 52’de verilmiştir.

**Tablo 52: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.543143 | Probability | 0.461246 |
| Obs*R-squared | 0.543658 | Probability | 0.460921 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 02:22

Sample (adjusted): 9 1545

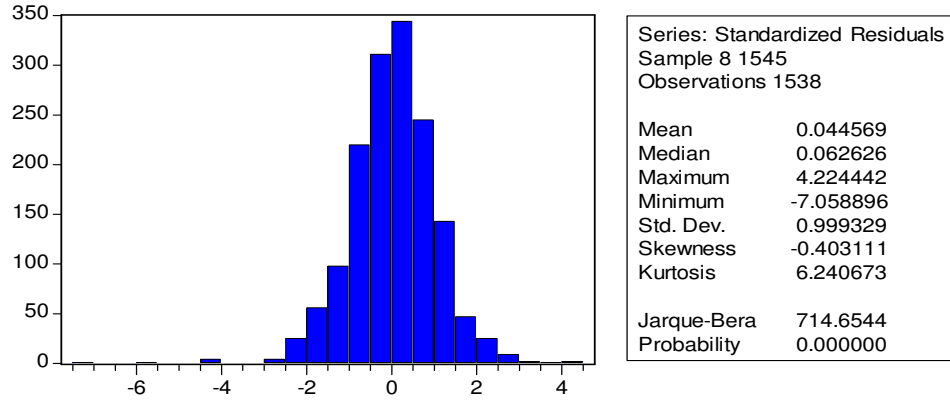
Included observations: 1537 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.981732    | 0.063334              | 15.50097    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.018807    | 0.025518              | 0.736982    | 0.4612   |
| R-squared          | 0.000354    | Mean dependent var    |             | 1.000542 |
| Adjusted R-squared | -0.000298   | S.D. dependent var    |             | 2.272083 |
| S.E. of regression | 2.272421    | Akaike info criterion |             | 4.480869 |
| Sum squared resid  | 7926.582    | Schwarz criterion     |             | 4.487814 |
| Log likelihood     | -3441.548   | F-statistic           |             | 0.543143 |
| Durbin-Watson stat | 1.998305    | Prob(F-statistic)     |             | 0.461246 |

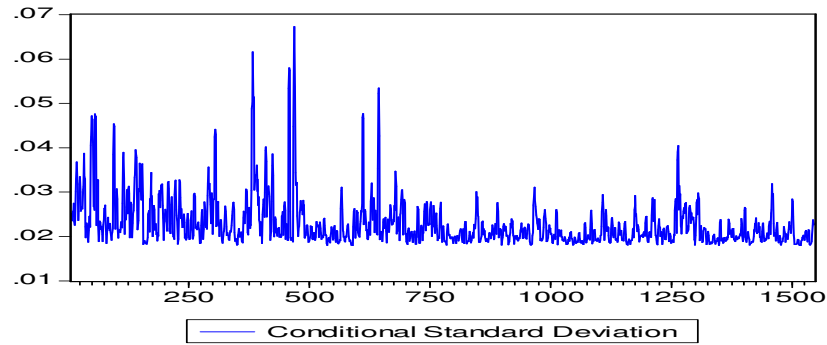
Sonuçta test istatistiği değeri 0.54'nin,  $\chi^2_1 = 3.84$  den küçük olması nedeni ile model de ARCH etkisinin kalmadığına karar verilir.

Modelin standardize artıklarının dağılımını görmek amacı ile çarpıklık (skewness) ve basıklık (kurtosis) ölçütleri ve Jarque-Bera test istatistiği değerleri bir arada Tablo 55'de verilmiştir. Değerler, dağılımın basık ve normal dağılmadığını ortaya koymaktadır.

**Tablo 55: Modelin Standardize Artıklarının Dağılımı ile İlgili Bilgiler**

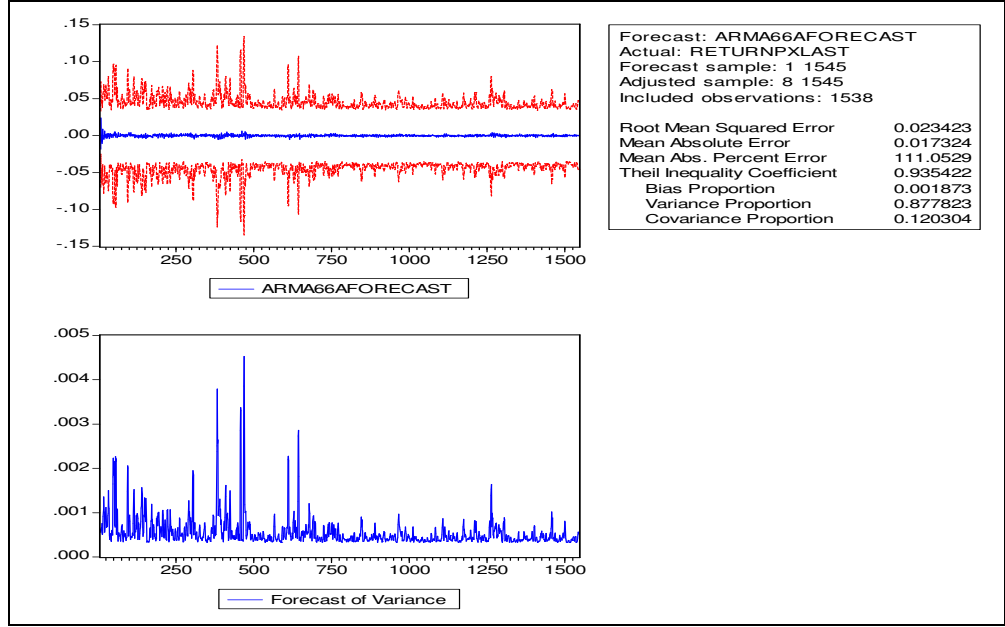


Şekil 12’de ise modelin koşullu standart sapmasının seyri görülmektedir. Şekilde, volatilitenin giderek azaldığı görülmektedir. Bu da PXLAST getirisinin volatiletisinin, (özellikle VOB sonrası dönemde) azaldığı ve azalarak devam edeceği şeklinde yorumlanabilir.



**Şekil 14. Modelin Koşullu Standart Sapması**

(2) nolu ARMA(6,6)-ARCH(3) Modelinin geçerliliği saptandıktan sonra öngörü amaçlı kullanılması uygundur. 2001-2007 dönemi için oluşturulan volatilitenin modelinin öngörü grafiği ve öngörü başarı kriterleri Şekil 15’ de verilmiştir.



**Şekil 15.** ARMA(6,6)-ARCH(3) için Yapılan Öngörü Grafikleri ve Öngörü Başarı Kriterleri

Öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda volatilitenin son dönemlerde azalmasının (özellikle VOB sonrası dönemde) devam edeceği söylenebilir.

(2) nolu modelin, getiri serisinin ve model artıklarının basık olması sonucu normal dağılmadığı saptandığından ikinci olarak (2) nolu model, student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 5611'da verilmiştir.

**Tablo 56: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 19:24  
Sample (adjusted): 8 1545  
Included observations: 1538 after adjustments  
Convergence achieved after 13 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*RESID(-2)^2 + C(6)\*RESID(-3)^2

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.476659    | 0.121170              | 3.933808    | 0.0001    |
| MA(6)              | -0.525415   | 0.117910              | -4.456061   | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 0.000304    | 2.69E-05              | 11.28138    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.159329    | 0.040405              | 3.943306    | 0.0001    |
| RESID(-2)^2        | 0.169714    | 0.045417              | 3.736781    | 0.0002    |
| RESID(-3)^2        | 0.134635    | 0.041320              | 3.258339    | 0.0011    |
| T-DIST. DOF        | 6.807610    | 0.936484              | 7.269329    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.005139    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared | 0.001240    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression | 0.023475    | Akaike info criterion |             | -4.801555 |
| Sum squared resid  | 0.843719    | Schwarz criterion     |             | -4.777258 |
| Log likelihood     | 3699.396    | Durbin-Watson stat    |             | 1.971113  |

Tabloda (üst blokta) ortalama denklemi parametrelerinin mutlak değeri içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Yine aynı tabloda (alt blokta) koşullu varyans modeli parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu ve ARCH parametreleri olan  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$  nin tek tek sıfırdan büyük ve toplamalarının da 1 den küçük ( $\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 < 1$ ) olduğu görülmektedir. Bu özellikler bir arada modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bunun üzerine modelin testler bağlamında geçerli olduğunun ortaya konulması için standardize edilmiş artıkların ve karelerinin korelogramlarının incelenmesi gerekmektedir. Her iki durum için korelogramlar Tablo 53 ve Tablo 54’de verilmiştir.

**Tablo 53: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Standardize Artıkların  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 19:32

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities

adjusted for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.034   | 0.034  | 1.7615 |       |
|                 |                     | 2 -0.005  | -0.006 | 1.7938 |       |
|                 |                     | 3 -0.005  | -0.004 | 1.8298 | 0.176 |
|                 |                     | 4 -0.014  | -0.013 | 2.1203 | 0.346 |
|                 |                     | 5 0.024   | 0.025  | 3.0380 | 0.386 |
|                 |                     | 6 -0.010  | -0.012 | 3.1819 | 0.528 |
|                 |                     | 7 -0.018  | -0.017 | 3.6839 | 0.596 |
|                 |                     | 8 -0.007  | -0.006 | 3.7709 | 0.708 |
|                 |                     | 9 0.023   | 0.024  | 4.6258 | 0.706 |
|                 |                     | 10 0.048  | 0.045  | 8.1863 | 0.415 |
|                 |                     | 11 -0.023 | -0.026 | 8.9852 | 0.439 |
|                 |                     | 12 0.016  | 0.018  | 9.3625 | 0.498 |
|                 |                     | 13 0.027  | 0.027  | 10.480 | 0.488 |
|                 |                     | 14 0.025  | 0.023  | 11.451 | 0.491 |
|                 |                     | 15 0.010  | 0.006  | 11.613 | 0.560 |
|                 |                     | 16 0.032  | 0.035  | 13.182 | 0.512 |
|                 |                     | 17 0.004  | 0.003  | 13.203 | 0.587 |
|                 |                     | 18 -0.035 | -0.036 | 15.060 | 0.520 |
|                 |                     | 19 0.010  | 0.011  | 15.225 | 0.579 |
|                 |                     | 20 -0.001 | -0.001 | 15.227 | 0.646 |
|                 |                     | 21 -0.019 | -0.018 | 15.793 | 0.671 |
|                 |                     | 22 -0.026 | -0.029 | 16.884 | 0.661 |
|                 |                     | 23 -0.031 | -0.029 | 18.378 | 0.625 |
|                 |                     | 24 0.012  | 0.011  | 18.587 | 0.671 |

**Tablo 54: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 19:32

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities

for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  |  | Partial Correlation |  |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|--|---------------------|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |  |  |                     |  |  | 1  | 0.009  | 0.009  | 0.1135 |       |
|                 |  |  |                     |  |  | 2  | -0.027 | -0.027 | 1.2595 |       |
|                 |  |  |                     |  |  | 3  | -0.016 | -0.016 | 1.6742 | 0.196 |
|                 |  |  |                     |  |  | 4  | 0.024  | 0.024  | 2.5858 | 0.274 |
|                 |  |  |                     |  |  | 5  | 0.039  | 0.038  | 4.9825 | 0.173 |
|                 |  |  |                     |  |  | 6  | 0.010  | 0.011  | 5.1462 | 0.273 |
|                 |  |  |                     |  |  | 7  | 0.018  | 0.021  | 5.6555 | 0.341 |
|                 |  |  |                     |  |  | 8  | -0.015 | -0.014 | 5.9999 | 0.423 |
|                 |  |  |                     |  |  | 9  | 0.059  | 0.059  | 11.432 | 0.121 |
| **              |  |  | **                  |  |  | 10 | 0.222  | 0.221  | 87.924 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 11 | 0.035  | 0.037  | 89.824 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 12 | 0.000  | 0.014  | 89.824 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 13 | 0.042  | 0.053  | 92.505 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 14 | 0.044  | 0.036  | 95.571 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 15 | 0.036  | 0.025  | 97.605 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 16 | 0.016  | 0.014  | 98.015 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 17 | 0.005  | -0.001 | 98.054 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 18 | 0.005  | 0.005  | 98.097 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 19 | 0.042  | 0.015  | 100.82 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 20 | 0.038  | -0.019 | 103.12 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 21 | -0.014 | -0.032 | 103.41 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 22 | 0.018  | 0.010  | 103.94 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 23 | 0.011  | -0.018 | 104.11 | 0.000 |
|                 |  |  |                     |  |  | 24 | 0.013  | -0.014 | 104.40 | 0.000 |

Tablo 55 ve Tablo 56'da istatistiksel önemli katsayıların olmadığı görülmektedir. Bu da modelin artıklarında ve karelerinde bağımlılığın olmadığını ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu ARCH etkisinin ortadan kalkması beklenmektedir. Bu amaçla ARCH-LM testi yapılmıştır. 1. dereceden ARCH testi sonuçları Tablo 55'de verilmiştir.

**Tablo 55: ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli: ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.113027 | Probability | 0.736770 |
| Obs*R-squared | 0.113166 | Probability | 0.736568 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

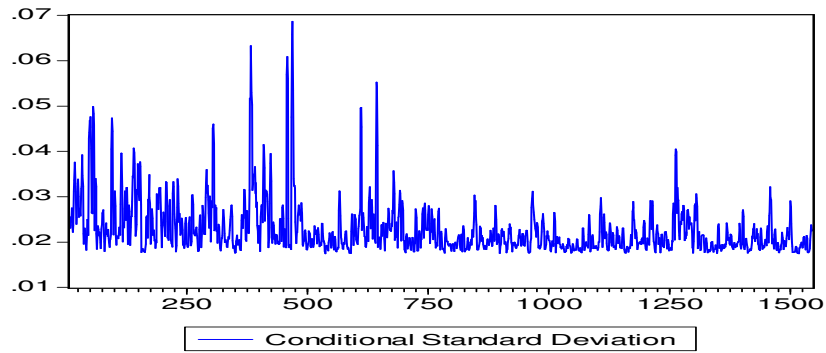
Date: 09/03/07 Time: 19:32

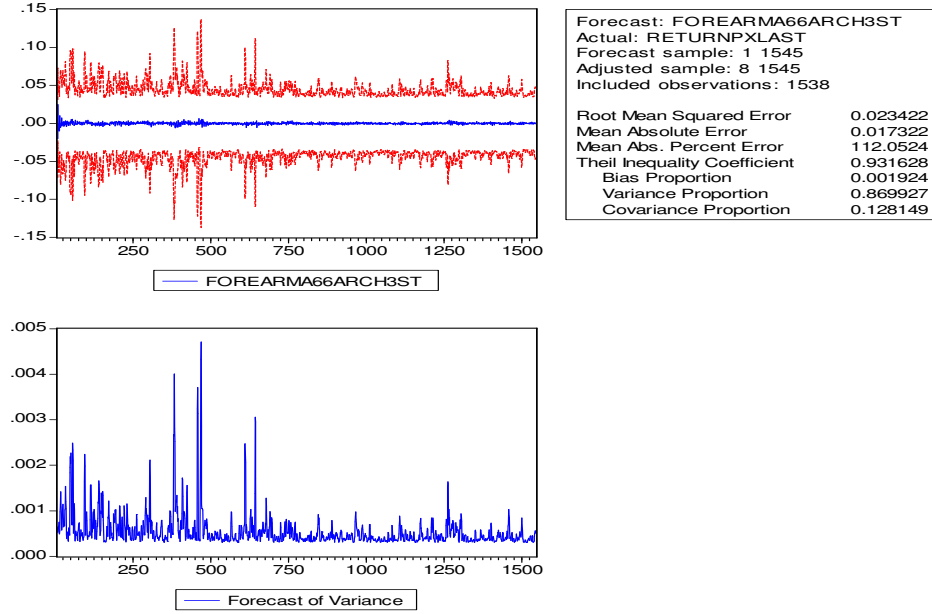
Sample (adjusted): 9 1545

Included observations: 1537 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.008011    | 0.064965              | 15.51627    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.008580    | 0.025522              | 0.336195    | 0.7368   |
| R-squared          | 0.000074    | Mean dependent var    |             | 1.016731 |
| Adjusted R-squared | -0.000578   | S.D. dependent var    |             | 2.334422 |
| S.E. of regression | 2.335097    | Akaike info criterion |             | 4.535284 |
| Sum squared resid  | 8369.858    | Schwarz criterion     |             | 4.542229 |
| Log likelihood     | -3483.366   | F-statistic           |             | 0.113027 |
| Durbin-Watson stat | 1.998713    | Prob(F-statistic)     |             | 0.736770 |

Sonuçta hesaplanan test istatistiği değeri 0.11'in,  $\chi^2_1=3.84$  'den küçük olduğu için ARCH etkisinin kalmadığı, modelin ARCH etkisini kapsadığına karar verilir. Şekil 16'de ise koşullu standart sapmanı grafiği görülmektedir. Şekil 11'e benzer olan grafikte, volatilitenin azalarak devam edeceği görülmektedir.

**Şekil 16. Modelin Koşullu Standart Sapması**



**Şekil 17.** ARMA(6,6)-ARCH(3) Modeli (student-t) için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

(2) nolu modelin normal veya student-t dağılımı varsayımı altında tahmin edilmesi sonucu elde edilen öngörüler ve öngörü başarı kriterlerinin birbirine çok benzer olduğu görülmüştür. Bu durumda dağılım özelliği dikkate alınarak yapılan student-t dağılımı varsayımı altında elde edilen model ve buna dayalı öngörülerin dikkate alınması daha uygun olacaktır.

ARCH modelinin uzun gecikmeler içermesi nedeni eleştirilmesi, ayrıca GARCH tipi modellerin volatilité modellemesinde daha başarılı sonuçlarının olduğunun vurgulanması nedeni ile çalışmaya GARCH modellerinin tahmini ile devam edilmiştir.

Bu durumda, ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi GARCH(1,1) olan model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$$

$$h_t = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 h_{t-1} \quad (3)$$

veya

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3')$$

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 56'da verilmiştir.

(3) nolu denklem, ilk olarak artıkların normal dağıldığı varsayımı ile Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi ve Marquardt algoritması yardımı ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 56: (3) nolu ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modelinin Tahmin Sonuçları**

| Dependent Variable: RETURNPXLAST                    |             |                       |             |           |
|-----------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ML – ARCH (Marquardt) – Normal distribution |             |                       |             |           |
| Date: 09/03/07 Time: 02:43                          |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 8 1545                           |             |                       |             |           |
| Included observations: 1538 after adjustments       |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 42 iterations            |             |                       |             |           |
| MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON             |             |                       |             |           |
| GARCH = C(3) + C(4)*RESID(-1)^2 + C(5)*GARCH(-1)    |             |                       |             |           |
|                                                     | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
| AR(6)                                               | 0.385574    | 0.178751              | 2.157045    | 0.0310    |
| MA(6)                                               | -0.438982   | 0.174560              | -2.514791   | 0.0119    |
| Variance Equation                                   |             |                       |             |           |
| C                                                   | 8.86E-06    | 2.40E-06              | 3.687051    | 0.0002    |
| RESID(-1)^2                                         | 0.073760    | 0.008613              | 8.563749    | 0.0000    |
| GARCH(-1)                                           | 0.911292    | 0.008956              | 101.7497    | 0.0000    |
| R-squared                                           | 0.005053    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared                                  | 0.002456    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression                                  | 0.023461    | Akaike info criterion |             | -4.805992 |
| Sum squared resid                                   | 0.843793    | Schwarz criterion     |             | -4.788638 |
| Log likelihood                                      | 3700.808    | Durbin-Watson stat    |             | 1.970246  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamlarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 57 ve Tablo 58’de istatistiksel

önemli katsayıların olmaması, otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 57: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları**  
**Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 02:44

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities

Adjusted for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.048   | 0.048  | 3.5246 |       |
|                 |                     | 2 -0.001  | -0.003 | 3.5255 |       |
|                 |                     | 3 -0.002  | -0.002 | 3.5341 | 0.060 |
|                 |                     | 4 -0.010  | -0.010 | 3.6935 | 0.158 |
|                 |                     | 5 0.015   | 0.016  | 4.0289 | 0.258 |
|                 |                     | 6 0.006   | 0.004  | 4.0770 | 0.396 |
|                 |                     | 7 -0.014  | -0.015 | 4.3937 | 0.494 |
|                 |                     | 8 -0.017  | -0.016 | 4.8345 | 0.565 |
|                 |                     | 9 0.030   | 0.032  | 6.2395 | 0.512 |
|                 |                     | 10 0.032  | 0.029  | 7.7911 | 0.454 |
|                 |                     | 11 -0.010 | -0.013 | 7.9418 | 0.540 |
|                 |                     | 12 0.019  | 0.020  | 8.5044 | 0.580 |
|                 |                     | 13 0.012  | 0.012  | 8.7425 | 0.646 |
|                 |                     | 14 0.020  | 0.019  | 9.3860 | 0.670 |
|                 |                     | 15 0.012  | 0.008  | 9.6153 | 0.725 |
|                 |                     | 16 0.035  | 0.036  | 11.557 | 0.642 |
|                 |                     | 17 0.011  | 0.010  | 11.748 | 0.698 |
|                 |                     | 18 -0.023 | -0.024 | 12.569 | 0.704 |
|                 |                     | 19 -0.005 | -0.004 | 12.603 | 0.762 |
|                 |                     | 20 0.006  | 0.007  | 12.654 | 0.812 |
|                 |                     | 21 -0.003 | -0.004 | 12.667 | 0.855 |
|                 |                     | 22 -0.020 | -0.022 | 13.303 | 0.864 |
|                 |                     | 23 -0.007 | -0.004 | 13.375 | 0.895 |
|                 |                     | 24 0.010  | 0.011  | 13.532 | 0.917 |

**Tablo 58: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 02:44

Sample: 8 1545

Included observations: 1538

Q-statistic probabilities

and for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.029   | 0.029  | 1.3112 |       |
|                 |                     | 2 0.007   | 0.006  | 1.3914 |       |
|                 |                     | 3 0.002   | 0.002  | 1.3970 | 0.237 |
|                 |                     | 4 -0.007  | -0.007 | 1.4695 | 0.480 |
|                 |                     | 5 0.004   | 0.005  | 1.5007 | 0.682 |
|                 |                     | 6 -0.019  | -0.019 | 2.0361 | 0.729 |
|                 |                     | 7 -0.003  | -0.002 | 2.0467 | 0.843 |
|                 |                     | 8 -0.051  | -0.051 | 6.1438 | 0.407 |
|                 |                     | 9 0.002   | 0.005  | 6.1509 | 0.522 |
|                 |                     | 10 0.040  | 0.040  | 8.6276 | 0.375 |
|                 |                     | 11 0.022  | 0.020  | 9.3777 | 0.403 |
|                 |                     | 12 -0.006 | -0.009 | 9.4295 | 0.492 |
|                 |                     | 13 -0.002 | -0.002 | 9.4358 | 0.582 |
|                 |                     | 14 0.036  | 0.035  | 11.447 | 0.491 |
|                 |                     | 15 -0.014 | -0.016 | 11.761 | 0.547 |
|                 |                     | 16 -0.016 | -0.018 | 12.181 | 0.592 |
|                 |                     | 17 -0.017 | -0.015 | 12.618 | 0.632 |
|                 |                     | 18 -0.010 | -0.004 | 12.776 | 0.689 |
|                 |                     | 19 0.013  | 0.015  | 13.039 | 0.734 |
|                 |                     | 20 0.004  | 0.003  | 13.069 | 0.787 |
|                 |                     | 21 -0.045 | -0.048 | 16.253 | 0.640 |
|                 |                     | 22 -0.016 | -0.010 | 16.646 | 0.676 |
|                 |                     | 23 -0.017 | -0.017 | 17.100 | 0.705 |
|                 |                     | 24 -0.023 | -0.027 | 17.963 | 0.708 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 59) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo59: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli: ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.309284 | Probability | 0.252703 |
| Obs*R-squared | 1.309873 | Probability | 0.252418 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

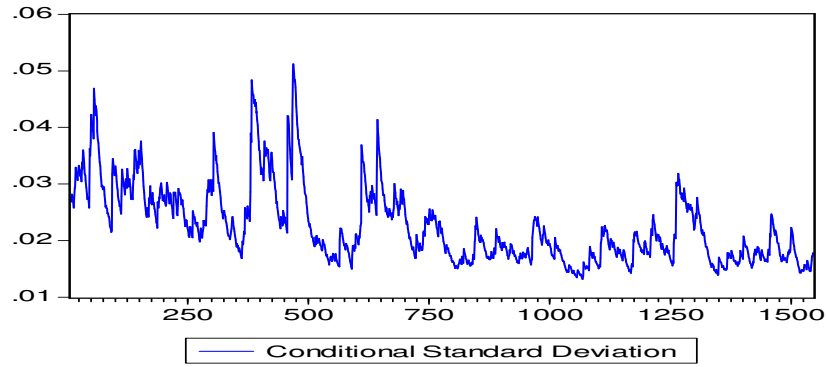
Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 02:45

Sample (adjusted): 9 1545

Included observations: 1537 after adjustments

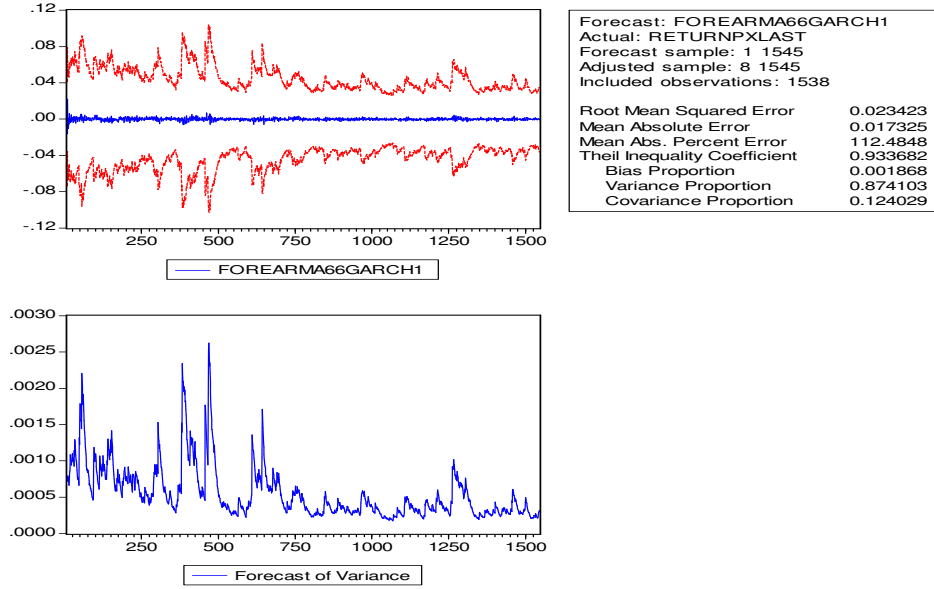
| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | 0.973249    | 0.056569              | 17.20456    | 0.0000 |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.029191    | 0.025512              | 1.144240    | 0.2527 |
| R-squared          | 0.000852    | Mean dependent var    | 1.002495    |        |
| Adjusted R-squared | 0.000201    | S.D. dependent var    | 1.978692    |        |
| S.E. of regression | 1.978493    | Akaike info criterion | 4.203848    |        |
| Sum squared resid  | 6008.654    | Schwarz criterion     | 4.210793    |        |
| Log likelihood     | -3228.657   | F-statistic           | 1.309284    |        |
| Durbin-Watson stat | 1.999631    | Prob(F-statistic)     | 0.252703    |        |



**Şekil 18. Modelin Koşullu Standart Sapması**

Şekil 18’de modelin koşullu standart sapmasının seyri, volatilitenin azalarak devam edeceğini göstermektedir. Ancak volatilitenin dalgalanmasının daha sık ve kısa sürelerde olduğu görülen Şekil 13 ile karşılaştırıldığında, volatilitenin arttığı

dönemde daha uzun süre yüksek kalacağı, düştüğü dönemde daha uzun süre düşük kalacağı görülmektedir.



**Şekil 19.** ARMA(6,6)-GARCH(1,1) (Normal) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda volatilitenin son dönemlerde azalmasının (özellikle VOB sonrası dönemde) devam edeceği söylenebilir.

Yukarıda normal dağılım varsayımı ile tahmin edilen model, aşağıda student-t dağılımı varsayımı ile tahmin edilmiştir. Ancak Tablo 60'da ortalama denklemi  $\rho$  parametresinin %5 seviyesinde istatistiksel önemsiz olduğu görülmüştür. Bazı çalışmalarda ARMA tipi modellerin parametrelerinin %10 seviyesinde önemli olmasının yeterli olduğu ifade edildiği için, bu modelle analize devam edilmiştir.

**Tablo 60: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 02:50  
Sample (adjusted): 8 1545  
Included observations: 1538 after adjustments  
Convergence achieved after 19 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1)

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.311578    | 0.189898              | 1.640769    | 0.1008    |
| MA(6)              | -0.361922   | 0.187292              | -1.932399   | 0.0533    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 1.21E-05    | 4.47E-06              | 2.705442    | 0.0068    |
| RESID(-1)^2        | 0.076011    | 0.015550              | 4.888344    | 0.0000    |
| GARCH(-1)          | 0.901092    | 0.019271              | 46.75877    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 8.324150    | 1.392617              | 5.977344    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.004737    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared | 0.001489    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression | 0.023472    | Akaike info criterion |             | -4.840914 |
| Sum squared resid  | 0.844060    | Schwarz criterion     |             | -4.820089 |
| Log likelihood     | 3728.663    | Durbin-Watson stat    |             | 1.969879  |

Tabloda, GARCH(1,1) modeli parametrelerinin sıfırdan büyük ve toplamalarının birden küçük olduğu, bunun yanı sıra parametrelerin istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu durumda modelin kısıtlar açısından geçerli olduğu söylenebilir.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 61 ve Tablo 62’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 61: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 21:45  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.048   | 0.048  | 3.4796 |       |
|                 |                     | 2 -0.001  | -0.004 | 3.4820 |       |
|                 |                     | 3 -0.002  | -0.002 | 3.4883 | 0.062 |
|                 |                     | 4 -0.011  | -0.011 | 3.6833 | 0.159 |
|                 |                     | 5 0.015   | 0.016  | 4.0319 | 0.258 |
|                 |                     | 6 0.002   | 0.001  | 4.0396 | 0.401 |
|                 |                     | 7 -0.015  | -0.015 | 4.3689 | 0.498 |
|                 |                     | 8 -0.016  | -0.015 | 4.7899 | 0.571 |
|                 |                     | 9 0.031   | 0.033  | 6.2518 | 0.511 |
|                 |                     | 10 0.032  | 0.028  | 7.7982 | 0.453 |
|                 |                     | 11 -0.012 | -0.015 | 8.0253 | 0.532 |
|                 |                     | 12 0.014  | 0.015  | 8.3234 | 0.597 |
|                 |                     | 13 0.014  | 0.014  | 8.6203 | 0.657 |
|                 |                     | 14 0.021  | 0.019  | 9.3094 | 0.676 |
|                 |                     | 15 0.012  | 0.009  | 9.5456 | 0.731 |
|                 |                     | 16 0.035  | 0.036  | 11.470 | 0.649 |
|                 |                     | 17 0.011  | 0.009  | 11.651 | 0.705 |
|                 |                     | 18 -0.027 | -0.028 | 12.761 | 0.690 |
|                 |                     | 19 -0.004 | -0.004 | 12.785 | 0.750 |
|                 |                     | 20 0.005  | 0.007  | 12.825 | 0.802 |
|                 |                     | 21 -0.003 | -0.004 | 12.842 | 0.847 |
|                 |                     | 22 -0.021 | -0.023 | 13.543 | 0.853 |
|                 |                     | 23 -0.008 | -0.005 | 13.638 | 0.885 |
|                 |                     | 24 0.009  | 0.010  | 13.758 | 0.910 |

**Tablo 62: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 21:45  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC | Q-Stat | Prob |
|-----------------|---------------------|----|-----|--------|------|
|-----------------|---------------------|----|-----|--------|------|

|  |  |  |  |    |        |        |        |       |
|--|--|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|  |  |  |  | 1  | 0.028  | 0.028  | 1.1852 |       |
|  |  |  |  | 2  | 0.004  | 0.004  | 1.2161 |       |
|  |  |  |  | 3  | 0.002  | 0.001  | 1.2203 | 0.269 |
|  |  |  |  | 4  | -0.009 | -0.009 | 1.3344 | 0.513 |
|  |  |  |  | 5  | 0.004  | 0.004  | 1.3586 | 0.715 |
|  |  |  |  | 6  | -0.019 | -0.019 | 1.9078 | 0.753 |
|  |  |  |  | 7  | -0.003 | -0.002 | 1.9199 | 0.860 |
|  |  |  |  | 8  | -0.050 | -0.050 | 5.8104 | 0.445 |
|  |  |  |  | 9  | 0.006  | 0.009  | 5.8653 | 0.556 |
|  |  |  |  | 10 | 0.047  | 0.047  | 9.3420 | 0.314 |
|  |  |  |  | 11 | 0.024  | 0.022  | 10.257 | 0.330 |
|  |  |  |  | 12 | -0.007 | -0.010 | 10.325 | 0.412 |
|  |  |  |  | 13 | -0.001 | -0.000 | 10.326 | 0.501 |
|  |  |  |  | 14 | 0.039  | 0.038  | 12.727 | 0.389 |
|  |  |  |  | 15 | -0.012 | -0.014 | 12.934 | 0.453 |
|  |  |  |  | 16 | -0.013 | -0.014 | 13.212 | 0.510 |
|  |  |  |  | 17 | -0.015 | -0.013 | 13.574 | 0.558 |
|  |  |  |  | 18 | -0.010 | -0.003 | 13.716 | 0.620 |
|  |  |  |  | 19 | 0.016  | 0.017  | 14.101 | 0.660 |
|  |  |  |  | 20 | 0.008  | 0.005  | 14.199 | 0.716 |
|  |  |  |  | 21 | -0.043 | -0.046 | 17.058 | 0.586 |
|  |  |  |  | 22 | -0.013 | -0.008 | 17.338 | 0.631 |
|  |  |  |  | 23 | -0.016 | -0.016 | 17.718 | 0.667 |
|  |  |  |  | 24 | -0.021 | -0.025 | 18.405 | 0.682 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 67) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 67: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.182554 | Probability | 0.277007 |
| Obs*R-squared | 1.183183 | Probability | 0.276709 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

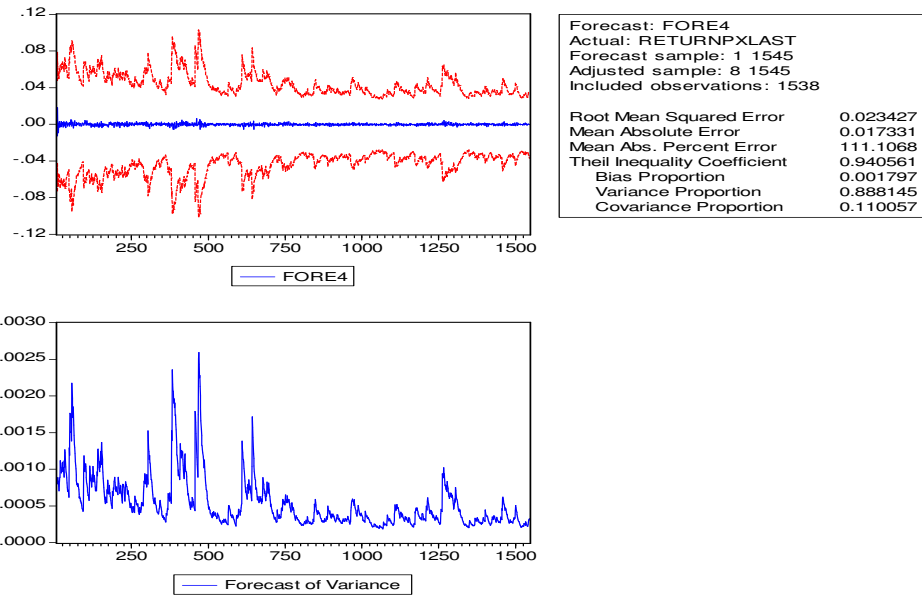
Date: 09/03/07 Time: 21:46

Sample (adjusted): 9 1545

Included observations: 1537 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|-------|
|----------|-------------|------------|-------------|-------|

|                    |           |                       |          |        |
|--------------------|-----------|-----------------------|----------|--------|
| C                  | 0.984469  | 0.057650              | 17.07669 | 0.0000 |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.027744  | 0.025513              | 1.087453 | 0.2770 |
| R-squared          | 0.000770  | Mean dependent var    | 1.012547 |        |
| Adjusted R-squared | 0.000119  | S.D. dependent var    | 2.020908 |        |
| S.E. of regression | 2.020788  | Akaike info criterion | 4.246152 |        |
| Sum squared resid  | 6268.301  | Schwarz criterion     | 4.253098 |        |
| Log likelihood     | -3261.168 | F-statistic           | 1.182554 |        |
| Durbin-Watson stat | 1.999435  | Prob(F-statistic)     | 0.277007 |        |



**Şekil 20.** ARMA(6,6)-GARCH(1,1) (student-t) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda volatilitenin son dönemlerde azalmasının (özellikle VOB sonrası dönemde) devam edeceği söylenebilir.

ARCH ve GARCH modellerine, öngörü başarıları açısından bakıldığında arasında önemli bir farkın olmadığı görülmektedir. Bu nedenle teoriye uygunluk sağlamak açısından GARCH(1,1) modelinin PXLAST serisi getirisini daha iyi modellediği söylenebilir.

Ortalama denkleminin ARMA(6,6) alınması yerine, gözlem kazancı sağlaması açısından ARMA(1,1) alınıp, bunun volatilitiyi etkileyip etkilemediğini görmek amacı ile

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(1) + \theta \text{MA}(1) + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

Modeli oluşturulmuştur. Model, normal dağılımın geçerli olmaması nedeni ile student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 63'te verilmiştir.

**Tablo 63: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 02:51  
Sample (adjusted): 3 1545  
Included observations: 1543 after adjustments  
Convergence achieved after 20 iterations  
MA backcast: 2, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1)

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(1)              | -0.803998   | 0.089796              | -8.953617   | 0.0000    |
| MA(1)              | 0.829318    | 0.085826              | 9.662821    | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 1.34E-05    | 4.90E-06              | 2.730383    | 0.0063    |
| RESID(-1)^2        | 0.084668    | 0.016929              | 5.001510    | 0.0000    |
| GARCH(-1)          | 0.891376    | 0.020837              | 42.77895    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 8.263818    | 1.366234              | 6.048611    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.004487    | Mean dependent var    |             | 0.000893  |
| Adjusted R-squared | 0.001248    | S.D. dependent var    |             | 0.023516  |
| S.E. of regression | 0.023502    | Akaike info criterion |             | -4.838256 |
| Sum squared resid  | 0.848918    | Schwarz criterion     |             | -4.817486 |
| Log likelihood     | 3738.715    | Durbin-Watson stat    |             | 2.019300  |

Tabloda ARMA(1,1) modeli ve GARCH(1,1) modeli parametrelerinin model kısıtlarını sağladığı görülmektedir. Bunun üzerine bağımlılığın kalkıp kalkmadığını ve modelin ARCH etkisini kapsamada başarılı olup olmadığını görmek amacı ile

standardize edilmiş artıkların ve karesinin korelogramı çizilmiş ve ARCH-LM testi yapılmıştır. Sonuçlar sırası ile Tablo 64, Tablo 65 ve Tablo 66’da verilmiştir.

Tablo 64 ve Tablo 65’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir. Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 66) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 64: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıklarının Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 21:54  
Sample: 3 1545  
Included observations: 1543  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.028   | 0.028  | 1.1868 |       |
|                 |                     | 2 0.017   | 0.016  | 1.6240 |       |
|                 |                     | 3 -0.017  | -0.018 | 2.0549 | 0.152 |
|                 |                     | 4 -0.005  | -0.004 | 2.0892 | 0.352 |
|                 |                     | 5 0.001   | 0.002  | 2.0920 | 0.554 |
|                 |                     | 6 -0.035  | -0.035 | 3.9724 | 0.410 |
|                 |                     | 7 -0.020  | -0.019 | 4.6204 | 0.464 |
|                 |                     | 8 -0.013  | -0.011 | 4.9025 | 0.556 |
|                 |                     | 9 0.028   | 0.028  | 6.1318 | 0.524 |
|                 |                     | 10 0.035  | 0.033  | 8.0173 | 0.432 |
|                 |                     | 11 -0.016 | -0.019 | 8.4134 | 0.493 |
|                 |                     | 12 0.005  | 0.004  | 8.4474 | 0.585 |
|                 |                     | 13 0.013  | 0.014  | 8.7265 | 0.647 |
|                 |                     | 14 0.021  | 0.019  | 9.4164 | 0.667 |
|                 |                     | 15 0.011  | 0.011  | 9.6042 | 0.726 |
|                 |                     | 16 0.033  | 0.036  | 11.315 | 0.661 |
|                 |                     | 17 0.009  | 0.008  | 11.431 | 0.722 |
|                 |                     | 18 -0.030 | -0.032 | 12.856 | 0.683 |
|                 |                     | 19 -0.007 | -0.006 | 12.930 | 0.741 |
|                 |                     | 20 0.002  | 0.006  | 12.936 | 0.795 |
|                 |                     | 21 -0.000 | 0.001  | 12.936 | 0.842 |
|                 |                     | 22 -0.020 | -0.019 | 13.566 | 0.852 |
|                 |                     | 23 -0.008 | -0.007 | 13.676 | 0.883 |
|                 |                     | 24 0.008  | 0.007  | 13.786 | 0.909 |

**Tablo 65: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları****Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 21:55

Sample: 3 1545

Included observations: 1543

Q-statistic probabilities

d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.021   | 0.021  | 0.6669 |       |
|                 |                     | 2 -0.001  | -0.001 | 0.6675 |       |
|                 |                     | 3 0.000   | 0.000  | 0.6675 | 0.414 |
|                 |                     | 4 -0.010  | -0.010 | 0.8228 | 0.663 |
|                 |                     | 5 0.006   | 0.007  | 0.8831 | 0.830 |
|                 |                     | 6 -0.020  | -0.020 | 1.5056 | 0.826 |
|                 |                     | 7 -0.003  | -0.003 | 1.5232 | 0.910 |
|                 |                     | 8 -0.045  | -0.045 | 4.6457 | 0.590 |
|                 |                     | 9 0.007   | 0.009  | 4.7205 | 0.694 |
|                 |                     | 10 0.052  | 0.051  | 8.9463 | 0.347 |
|                 |                     | 11 0.021  | 0.020  | 9.6516 | 0.379 |
|                 |                     | 12 -0.008 | -0.010 | 9.7417 | 0.463 |
|                 |                     | 13 -0.001 | -0.000 | 9.7440 | 0.554 |
|                 |                     | 14 0.041  | 0.040  | 12.351 | 0.418 |
|                 |                     | 15 -0.011 | -0.013 | 12.551 | 0.483 |
|                 |                     | 16 -0.012 | -0.012 | 12.760 | 0.545 |
|                 |                     | 17 -0.017 | -0.015 | 13.207 | 0.586 |
|                 |                     | 18 -0.010 | -0.004 | 13.350 | 0.647 |
|                 |                     | 19 0.016  | 0.017  | 13.751 | 0.685 |
|                 |                     | 20 0.006  | 0.004  | 13.816 | 0.741 |
|                 |                     | 21 -0.038 | -0.041 | 16.038 | 0.655 |
|                 |                     | 22 -0.013 | -0.008 | 16.308 | 0.697 |
|                 |                     | 23 -0.012 | -0.013 | 16.537 | 0.739 |
|                 |                     | 24 -0.018 | -0.023 | 17.057 | 0.760 |

**Tablo 66: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.664463 | Probability | 0.415115 |
| Obs*R-squared | 0.665039 | Probability | 0.414787 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

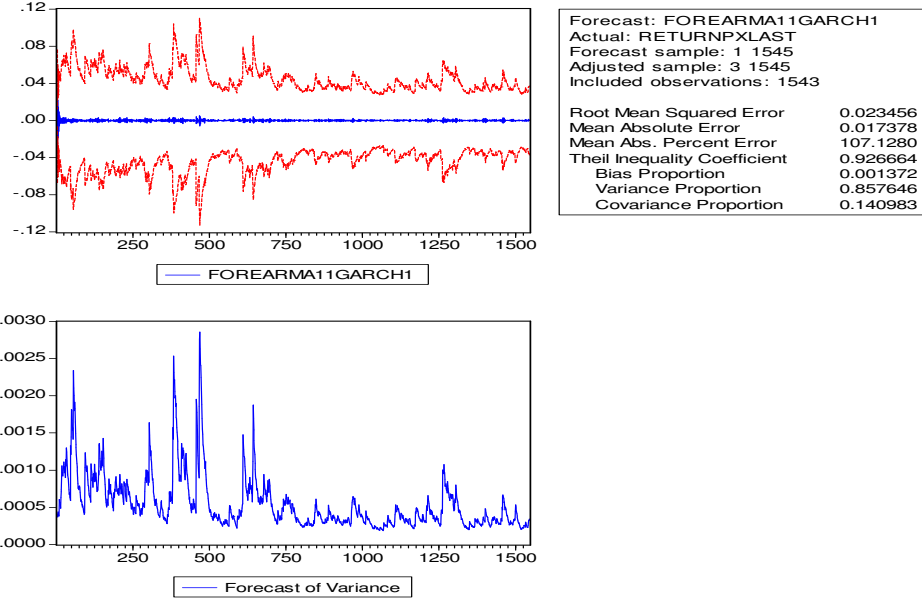
Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 21:55

Sample (adjusted): 4 1545

Included observations: 1542 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.991501    | 0.058031              | 17.08569    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.020767    | 0.025476              | 0.815146    | 0.4151   |
| R-squared          | 0.000431    | Mean dependent var    |             | 1.012518 |
| Adjusted R-squared | -0.000218   | S.D. dependent var    |             | 2.041288 |
| S.E. of regression | 2.041511    | Akaike info criterion |             | 4.266553 |
| Sum squared resid  | 6418.360    | Schwarz criterion     |             | 4.273481 |
| Log likelihood     | -3287.513   | F-statistic           |             | 0.664463 |
| Durbin-Watson stat | 2.000040    | Prob(F-statistic)     |             | 0.415115 |



**Şekil 21.** ARMA(1,1)-GARCH(1,1) (student-t) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durumda volatilitenin son dönemlerde azalmasının (özellikle VOB sonrası dönemde) devam edeceği söylenebilir.

Yukarıda oluşturulan ortalama ve varyans denklemlerinde, modellere başka bir değişken eklenmemiştir. Aşağıda ise işlem hacmi, fiyat serilerine veya daha doğru ifade ile getiri serilerine etkisinin olup olmadığını, varsa bu etkinin yönü hakkında bilgi sağlamak amacı ile ortalama denklemine ve varyans denklemine, ayrı ayrı ve bir arada olacak şekilde, çeşitli gecikmelerde eklenmiştir. AR ve MA dereceleri, RETURNPXLAST için Tablo 67 'de verilen otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi korelasyon fonksiyonunda sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli katsayıların gözlenmiş olması nedeni ile 6 olarak alınmıştır.

Bu durumda geçerli olan ortalama denklemi

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVolume}_t + \phi_2 \text{RVolume}_{t-1} + \phi_3 \text{RVolume}_{t-2} + \varepsilon_t \quad (4)$$

olarak oluşturulmuş ve EKK yöntemi ile tahmin edilmiştir. RVOLUME, işlem hacminin durağan halini göstermekte ve  $RVOLUME = LVOLUME(t) - LVOLUME(t-1)$  şeklinde hesaplanmaktadır.

Tablo 67’de tahmin sonuçları verilen model parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu; AR ve MA parametrelerinin mutlak değer olarak birden küçük oldukları görülmektedir.

Ayrıca tabloda, işlem hacminin durağan halini gösteren RVOLUME değişkeninin getiriye, hem cari dönemde etkilediği hem de iki gün gecikmeli olarak etkilediği görülmektedir.

**Tablo 67: 4 Nolu - ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 02:57

Sample (adjusted): 10 1545

Included observations: 1536 after adjustments

Convergence achieved after 19 iterations

Backcast: 4 9

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.018375    | 0.001509              | 12.17314    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.010294    | 0.001542              | 6.677399    | 0.0000    |
| RVOLUME(-2)        | 0.004514    | 0.001507              | 2.994556    | 0.0028    |
| AR(6)              | -0.681969   | 0.134752              | -5.060898   | 0.0000    |
| MA(6)              | 0.641479    | 0.142140              | 4.513018    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.100370    | Mean dependent var    |             | 0.000891  |
| Adjusted R-squared | 0.098019    | S.D. dependent var    |             | 0.023438  |
| S.E. of regression | 0.022260    | Akaike info criterion |             | -4.768812 |
| Sum squared resid  | 0.758613    | Schwarz criterion     |             | -4.751440 |
| Log likelihood     | 3667.448    | Durbin-Watson stat    |             | 2.094693  |

Modelin AR ve MA parametrelerinin mutlak değer içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da modelin parametre kısıtları açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu elde edilen artıklarının otokorelasyonsuz olması, modelin geçerliliği için temel varsayımlardan biridir. Bu nedenle model artıklarının otokorelasyonlu olup olmadığı, OKF ve LM testi yardımı ile ortaya konacaktır.

Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKFnu çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 68’de hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 68’de verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 68: (4) Nolu Denklemin Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:10  
Sample: 10 1545  
Included observations: 1536  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 -0.049  | -0.049 | 3.7222 |       |
|                 |                     | 2 0.009   | 0.006  | 3.8436 |       |
|                 |                     | 3 -0.002  | -0.001 | 3.8470 | 0.050 |
|                 |                     | 4 -0.018  | -0.018 | 4.3335 | 0.115 |
|                 |                     | 5 0.041   | 0.039  | 6.9136 | 0.075 |
|                 |                     | 6 -0.007  | -0.002 | 6.9813 | 0.137 |
|                 |                     | 7 -0.017  | -0.018 | 7.4178 | 0.191 |
|                 |                     | 8 -0.007  | -0.009 | 7.4914 | 0.278 |
|                 |                     | 9 0.029   | 0.030  | 8.7817 | 0.269 |
|                 |                     | 10 0.026  | 0.027  | 9.8066 | 0.279 |
|                 |                     | 11 -0.040 | -0.038 | 12.263 | 0.199 |
|                 |                     | 12 -0.026 | -0.029 | 13.297 | 0.208 |
|                 |                     | 13 0.029  | 0.029  | 14.606 | 0.201 |
|                 |                     | 14 0.036  | 0.037  | 16.563 | 0.167 |
|                 |                     | 15 0.029  | 0.028  | 17.854 | 0.163 |
|                 |                     | 16 0.027  | 0.032  | 18.955 | 0.167 |
|                 |                     | 17 0.008  | 0.015  | 19.064 | 0.211 |
|                 |                     | 18 -0.030 | -0.033 | 20.486 | 0.199 |
|                 |                     | 19 0.008  | -0.000 | 20.583 | 0.245 |
|                 |                     | 20 0.013  | 0.016  | 20.842 | 0.287 |
|                 |                     | 21 -0.020 | -0.015 | 21.452 | 0.312 |

|  |  |  |  |    |        |        |        |       |
|--|--|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|  |  |  |  | 22 | -0.003 | -0.007 | 21.462 | 0.370 |
|  |  |  |  | 23 | -0.009 | -0.011 | 21.581 | 0.424 |
|  |  |  |  | 24 | -0.016 | -0.019 | 21.996 | 0.460 |

**Tablo 69: (4) Nolu Denklem Artıkları için LM Testi Sonuçları**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.819366 | Probability | 0.162479 |
| Obs*R-squared | 1.205385 | Probability | 0.547336 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:11

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.000388    | 0.001523              | 0.254569    | 0.7991    |
| RVOLUME(-1)        | 4.82E-05    | 0.001550              | 0.031078    | 0.9752    |
| RVOLUME(-2)        | 6.15E-05    | 0.001507              | 0.040813    | 0.9675    |
| AR(6)              | 0.007936    | 0.134786              | 0.058877    | 0.9531    |
| MA(6)              | -0.006003   | 0.142144              | -0.042233   | 0.9663    |
| RESID(-1)          | -0.048022   | 0.025827              | -1.859364   | 0.0632    |
| RESID(-2)          | 0.009009    | 0.025804              | 0.349113    | 0.7271    |
| R-squared          | 0.000785    | Mean dependent var    |             | 0.000886  |
| Adjusted R-squared | -0.003136   | S.D. dependent var    |             | 0.022213  |
| S.E. of regression | 0.022248    | Akaike info criterion |             | -4.768585 |
| Sum squared resid  | 0.756812    | Schwarz criterion     |             | -4.744263 |
| Log likelihood     | 3669.273    | Durbin-Watson stat    |             | 1.999896  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandıktan sonra, artıkların karesinde otokorelasyon olup olmadığını görmek amacı ile (artıkların karelerinin) korelogramı çizilmiştir. Tablo 70'de birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Bu da aralarında bağımlılığın olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo 70: (4) Nolu Denklem Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:10  
Sample: 10 1545  
Included observations: 1536  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC       | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----------|--------|--------|-------|
| *               | *                   | 1 0.166  | 0.166  | 42.247 |       |
| *               | *                   | 2 0.120  | 0.095  | 64.283 |       |
| *               |                     | 3 0.089  | 0.057  | 76.492 | 0.000 |
| *               |                     | 4 0.072  | 0.041  | 84.455 | 0.000 |
|                 |                     | 5 0.057  | 0.028  | 89.517 | 0.000 |
| *               | *                   | 6 0.092  | 0.068  | 102.72 | 0.000 |
| *               |                     | 7 0.067  | 0.031  | 109.60 | 0.000 |
|                 |                     | 8 0.019  | -0.017 | 110.17 | 0.000 |
| *               | *                   | 9 0.088  | 0.069  | 122.17 | 0.000 |
| *               | *                   | 10 0.168 | 0.140  | 165.78 | 0.000 |
| *               |                     | 11 0.109 | 0.049  | 184.04 | 0.000 |
|                 |                     | 12 0.050 | -0.013 | 187.99 | 0.000 |
|                 |                     | 13 0.050 | 0.004  | 191.90 | 0.000 |
| *               |                     | 14 0.079 | 0.050  | 201.64 | 0.000 |
|                 |                     | 15 0.037 | -0.006 | 203.76 | 0.000 |
| *               |                     | 16 0.069 | 0.024  | 211.22 | 0.000 |
|                 |                     | 17 0.017 | -0.026 | 211.66 | 0.000 |
|                 |                     | 18 0.031 | 0.013  | 213.15 | 0.000 |
|                 |                     | 19 0.037 | 0.007  | 215.27 | 0.000 |
|                 |                     | 20 0.044 | -0.006 | 218.29 | 0.000 |
|                 |                     | 21 0.005 | -0.037 | 218.32 | 0.000 |
|                 |                     | 22 0.031 | 0.016  | 219.83 | 0.000 |
|                 |                     | 23 0.028 | 0.008  | 221.04 | 0.000 |
|                 |                     | 24 0.014 | -0.014 | 221.37 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığının göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (4) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 3 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde

edilmiş ve 3. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 71’de verilmiştir.

**Tablo 71: ( 4) Nolu Denklem ARCH Testi Sonuçları**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 20.89501 | Probability | 0.000000 |
| Obs*R-squared | 60.37386 | Probability | 0.000000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:12

Sample (adjusted): 13 1545

Included observations: 1533 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.000352    | 3.52E-05              | 10.00004    | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.144531    | 0.025532              | 5.660725    | 0.0000    |
| RESID^2(-2)        | 0.086237    | 0.025704              | 3.355013    | 0.0008    |
| RESID^2(-3)        | 0.057457    | 0.025532              | 2.250389    | 0.0246    |
| R-squared          | 0.039383    | Mean dependent var    |             | 0.000495  |
| Adjusted R-squared | 0.037498    | S.D. dependent var    |             | 0.001187  |
| S.E. of regression | 0.001164    | Akaike info criterion |             | -10.67119 |
| Sum squared resid  | 0.002072    | Schwarz criterion     |             | -10.65727 |
| Log likelihood     | 8183.470    | F-statistic           |             | 20.89501  |
| Durbin-Watson stat | 2.004587    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000000  |

Hesaplanan ARCH test istatistiği değeri 60.37’nin,  $\chi^2_3=7.81$  değerinden büyük olduğu için artıklarda ARCH(3) etkisinin varlığı kabul edilir.

Bu durumda ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi ARCH(3) olan model  $\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVolume}_t + \phi_2 \text{RVolume}_{t-1} + \phi_3 \text{RVolume}_{t-2} + \varepsilon_t$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 + \alpha_3 \varepsilon_{t-3}^2$$

(5)

olarak oluşturulan modelin tahmin sonuçlarına, GARCH modellerinin finansal veriler için daha uygun sonuçlar verdiği yaklaşımına ve yukarıdaki bulgular nedeni ile burada yer verilmemiştir.

Aşağıda

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVol}_{t-1} + \phi_2 \text{RVol}_{t-2} + \epsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

(6)

olarak oluşturulan ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modelinin tahmin sonuçları verilmiştir. Dağılımın normal olmaması nedeni ile tahminler student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 72’de verilmiştir.

**Tablo 72: (6)Nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 02:59  
Sample (adjusted): 10 1545  
Included observations: 1536 after adjustments  
Convergence not achieved after 500 iterations  
MA backcast: 4 9, Variance backcast: ON  
GARCH = C(6) + C(7)\*RESID(-1)^2 + C(8)\*GARCH(-1)

|                   | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|-------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| RVOLUME           | 0.017715    | 0.001171   | 15.12217    | 0.0000 |
| RVOLUME(-1)       | 0.008250    | 0.001246   | 6.621378    | 0.0000 |
| RVOLUME(-2)       | 0.004135    | 0.001249   | 3.311531    | 0.0009 |
| AR(6)             | -0.678602   | 0.148445   | -4.571413   | 0.0000 |
| MA(6)             | 0.649230    | 0.154864   | 4.192260    | 0.0000 |
| Variance Equation |             |            |             |        |
| C                 | 1.65E-05    | 5.39E-06   | 3.057188    | 0.0022 |
| RESID(-1)^2       | 0.103539    | 0.020631   | 5.018472    | 0.0000 |

|                    |          |                       |           |        |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|--------|
| GARCH(-1)          | 0.863964 | 0.024829              | 34.79698  | 0.0000 |
| T-DIST. DOF        | 7.381298 | 1.058948              | 6.970410  | 0.0000 |
| R-squared          | 0.099143 | Mean dependent var    | 0.000891  |        |
| Adjusted R-squared | 0.094423 | S.D. dependent var    | 0.023438  |        |
| S.E. of regression | 0.022304 | Akaike info criterion | -4.961932 |        |
| Sum squared resid  | 0.759648 | Schwarz criterion     | -4.930661 |        |
| Log likelihood     | 3819.764 | Durbin-Watson stat    | 2.091743  |        |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamalarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 73 ve Tablo 74’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 75’de 10. gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 73: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:18

Sample: 10 1545

Included observations: 1536

Q-statistic probabilities

and for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|--------|--------|--------|-------|
| 1               | 1                   | -0.017 | -0.017 | 0.4303 |       |
| 2               | 2                   | 0.000  | 0.000  | 0.4306 |       |
| 3               | 3                   | 0.007  | 0.007  | 0.4960 | 0.481 |
| 4               | 4                   | -0.002 | -0.002 | 0.5027 | 0.778 |
| 5               | 5                   | 0.021  | 0.021  | 1.2076 | 0.751 |

|  |  |  |  |    |        |        |        |       |
|--|--|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|  |  |  |  | 6  | 0.005  | 0.005  | 1.2431 | 0.871 |
|  |  |  |  | 7  | -0.007 | -0.007 | 1.3185 | 0.933 |
|  |  |  |  | 8  | -0.014 | -0.015 | 1.6338 | 0.950 |
|  |  |  |  | 9  | 0.039  | 0.038  | 3.9769 | 0.782 |
|  |  |  |  | 10 | 0.016  | 0.017  | 4.3696 | 0.822 |
|  |  |  |  | 11 | -0.003 | -0.002 | 4.3825 | 0.884 |
|  |  |  |  | 12 | -0.023 | -0.024 | 5.2249 | 0.876 |
|  |  |  |  | 13 | 0.008  | 0.008  | 5.3318 | 0.914 |
|  |  |  |  | 14 | 0.016  | 0.015  | 5.7333 | 0.929 |
|  |  |  |  | 15 | 0.029  | 0.028  | 6.9950 | 0.902 |
|  |  |  |  | 16 | 0.019  | 0.020  | 7.5711 | 0.910 |
|  |  |  |  | 17 | 0.018  | 0.021  | 8.0892 | 0.920 |
|  |  |  |  | 18 | -0.023 | -0.024 | 8.8881 | 0.918 |
|  |  |  |  | 19 | 0.004  | 0.000  | 8.9077 | 0.943 |
|  |  |  |  | 20 | 0.004  | 0.002  | 8.9375 | 0.961 |
|  |  |  |  | 21 | -0.014 | -0.012 | 9.2367 | 0.969 |
|  |  |  |  | 22 | -0.004 | -0.005 | 9.2612 | 0.980 |
|  |  |  |  | 23 | -0.003 | -0.002 | 9.2712 | 0.987 |
|  |  |  |  | 24 | -0.010 | -0.013 | 9.4408 | 0.991 |

**Tablo 74: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:18

Sample: 10 1545

Included observations: 1536

Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |  |                     |  | 1  | 0.007  | 0.007  | 0.0728 |       |
|                 |  |                     |  | 2  | 0.007  | 0.007  | 0.1415 |       |
|                 |  |                     |  | 3  | -0.002 | -0.002 | 0.1452 | 0.703 |
|                 |  |                     |  | 4  | -0.015 | -0.015 | 0.4962 | 0.780 |
|                 |  |                     |  | 5  | 0.004  | 0.004  | 0.5231 | 0.914 |
|                 |  |                     |  | 6  | -0.014 | -0.014 | 0.8334 | 0.934 |
|                 |  |                     |  | 7  | -0.010 | -0.010 | 0.9843 | 0.964 |
|                 |  |                     |  | 8  | -0.042 | -0.042 | 3.7394 | 0.712 |
|                 |  |                     |  | 9  | 0.007  | 0.008  | 3.8223 | 0.800 |
| *               |  | *                   |  | 10 | 0.082  | 0.082  | 14.234 | 0.076 |
|                 |  |                     |  | 11 | 0.004  | 0.002  | 14.256 | 0.114 |
|                 |  |                     |  | 12 | -0.022 | -0.025 | 14.999 | 0.132 |
|                 |  |                     |  | 13 | -0.007 | -0.006 | 15.065 | 0.180 |
|                 |  |                     |  | 14 | 0.053  | 0.056  | 19.464 | 0.078 |

|  |  |  |  |    |        |        |        |       |
|--|--|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|  |  |  |  | 15 | -0.019 | -0.021 | 20.002 | 0.095 |
|  |  |  |  | 16 | 0.016  | 0.015  | 20.380 | 0.119 |
|  |  |  |  | 17 | -0.036 | -0.034 | 22.412 | 0.097 |
|  |  |  |  | 18 | -0.016 | -0.007 | 22.797 | 0.119 |
|  |  |  |  | 19 | -0.007 | -0.009 | 22.875 | 0.153 |
|  |  |  |  | 20 | 0.003  | -0.003 | 22.890 | 0.195 |
|  |  |  |  | 21 | -0.022 | -0.024 | 23.649 | 0.210 |
|  |  |  |  | 22 | -0.003 | 0.006  | 23.661 | 0.258 |
|  |  |  |  | 23 | -0.022 | -0.024 | 24.398 | 0.274 |
|  |  |  |  | 24 | -0.015 | -0.024 | 24.771 | 0.308 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 75) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 75: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.073630 | Probability | 0.786160 |
| Obs*R-squared | 0.073722 | Probability | 0.785992 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

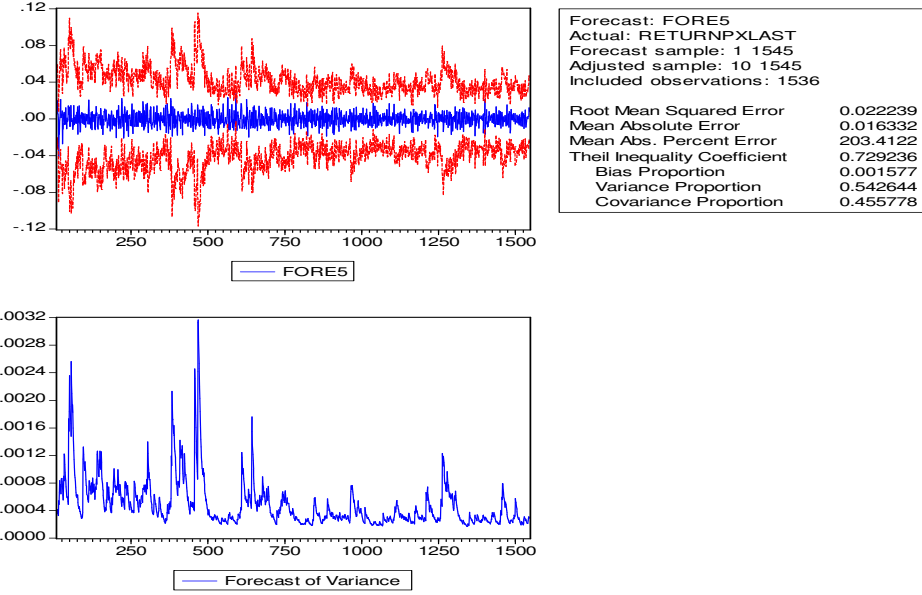
Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:19

Sample (adjusted): 11 1545

Included observations: 1535 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.  |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|--------|
| C                  | 1.012494    | 0.063270              | 16.00266    | 0.0000 |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.006930    | 0.025539              | 0.271348    | 0.7862 |
| R-squared          | 0.000048    | Mean dependent var    | 1.019558    |        |
| Adjusted R-squared | -0.000604   | S.D. dependent var    | 2.258635    |        |
| S.E. of regression | 2.259317    | Akaike info criterion | 4.469304    |        |
| Sum squared resid  | 7825.219    | Schwarz criterion     | 4.476257    |        |
| Log likelihood     | -3428.191   | F-statistic           | 0.073630    |        |
| Durbin-Watson stat | 2.000154    | Prob(F-statistic)     | 0.786160    |        |



**Şekil 22.** (6)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli (student-t) için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Şekil 22’de yan panoda (6) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinin, diğer modellerden az da olsa, daha küçük olduğu; ayrıca Theil katsayısının diğer modellere göre oldukça düştüğü görülmektedir.

Sonuç olarak işlem hacminin ortalama denklemine ilave edilmesi, ortalama denkleminin öngörü başarısını yükselttiği, bunun yanı sıra volatilité öngörüsünde de bir kısım iyileşmeye yol açtığı söylenebilir.

İşlem hacminin ortalama denkleminde iyileşme sağlaması nedeni ile ortalama denklemindeki işlem hacmi değişkeni bırakılmış ve koşullu varyans denklemine de işlem hacmi değişkeni çeşitli gecikmelerde eklenmiş, sadece cari değer için istatistiksel önemli katsayı sağladığı görülmüştür. Koşullu varyans denklemine işlem hacminin katılması, ortalama denkleminde yer verilen RVOLUME(t-2) değişkeninin istatistiksel önemsiz olmasına neden olmuştur. Bunun üzerine ortalama denkleminde yer verilen RVOLUME(t-2) değişkeni model dışı bırakımlı ve:

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVOLUME}_t + \phi_2 \text{RVOLUME}_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \phi RVOLUME_t$$

(7)

şeklindeki ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modeli oluşturulmuştur. Dağılımın normal olmaması nedeni ile tahminler student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 76'da verilmiştir.

**Tablo 76: (7)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST

Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution

Date: 09/03/07 Time: 22:33

Sample (adjusted): 9 1545

Included observations: 1537 after adjustments

Convergence achieved after 33 iterations

MA backcast: 3 8, Variance backcast: ON

GARCH = C(5) + C(6)\*RESID(-1)^2 + C(7)\*GARCH(-1) + C(8)  
\*RVOLUME

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.012105    | 0.001167              | 10.37056    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.005177    | 0.001243              | 4.164349    | 0.0000    |
| AR(6)              | 0.895132    | 0.051312              | 17.44499    | 0.0000    |
| MA(6)              | -0.906438   | 0.047702              | -19.00209   | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 1.71E-05    | 4.67E-06              | 3.654206    | 0.0003    |
| RESID(-1)^2        | 0.067860    | 0.015534              | 4.368568    | 0.0000    |
| GARCH(-1)          | 0.888032    | 0.021886              | 40.57544    | 0.0000    |
| RVOLUME            | 0.000220    | 2.10E-05              | 10.46563    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 10.11395    | 1.669722              | 6.057263    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.084635    | Mean dependent var    |             | 0.000932  |
| Adjusted R-squared | 0.079843    | S.D. dependent var    |             | 0.023485  |
| S.E. of regression | 0.022528    | Akaike info criterion |             | -5.000480 |
| Sum squared resid  | 0.775504    | Schwarz criterion     |             | -4.969226 |
| Log likelihood     | 3851.869    | Durbin-Watson stat    |             | 2.044398  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamalarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 77 ve Tablo 78'de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 79'de 10. gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 77: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:34  
Sample: 9 1545  
Included observations: 1537  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 -0.008  | -0.008 | 0.1074 |       |
|                 |                     | 2 0.006   | 0.006  | 0.1661 |       |
|                 |                     | 3 0.004   | 0.004  | 0.1884 | 0.664 |
|                 |                     | 4 -0.012  | -0.012 | 0.4016 | 0.818 |
|                 |                     | 5 0.026   | 0.026  | 1.4280 | 0.699 |
|                 |                     | 6 -0.030  | -0.030 | 2.8581 | 0.582 |
|                 |                     | 7 -0.016  | -0.017 | 3.2721 | 0.658 |
|                 |                     | 8 -0.013  | -0.013 | 3.5239 | 0.741 |
|                 |                     | 9 0.033   | 0.034  | 5.1994 | 0.636 |
|                 |                     | 10 0.024  | 0.023  | 6.0691 | 0.639 |
|                 |                     | 11 -0.010 | -0.009 | 6.2244 | 0.717 |
|                 |                     | 12 0.004  | 0.003  | 6.2449 | 0.794 |
|                 |                     | 13 0.012  | 0.012  | 6.4681 | 0.840 |
|                 |                     | 14 0.013  | 0.011  | 6.7310 | 0.875 |
|                 |                     | 15 0.019  | 0.019  | 7.2907 | 0.887 |
|                 |                     | 16 0.025  | 0.028  | 8.2666 | 0.875 |
|                 |                     | 17 0.015  | 0.017  | 8.6312 | 0.896 |
|                 |                     | 18 -0.035 | -0.036 | 10.531 | 0.837 |
|                 |                     | 19 0.000  | -0.002 | 10.532 | 0.880 |

|  |  |  |  |    |        |        |        |       |
|--|--|--|--|----|--------|--------|--------|-------|
|  |  |  |  | 20 | -0.000 | 0.001  | 10.532 | 0.913 |
|  |  |  |  | 21 | -0.013 | -0.012 | 10.796 | 0.931 |
|  |  |  |  | 22 | -0.000 | -0.001 | 10.796 | 0.951 |
|  |  |  |  | 23 | -0.007 | -0.004 | 10.868 | 0.965 |
|  |  |  |  | 24 | 0.004  | 0.002  | 10.895 | 0.976 |

**Tablo 78: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:34  
Sample: 9 1545  
Included observations: 1537  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
|                 |  |                     |  | 1  | 0.028  | 0.028  | 1.2401 |       |
|                 |  |                     |  | 2  | -0.001 | -0.001 | 1.2407 |       |
|                 |  |                     |  | 3  | -0.004 | -0.004 | 1.2672 | 0.260 |
|                 |  |                     |  | 4  | -0.008 | -0.008 | 1.3704 | 0.504 |
|                 |  |                     |  | 5  | 0.014  | 0.015  | 1.6833 | 0.641 |
|                 |  |                     |  | 6  | -0.005 | -0.006 | 1.7252 | 0.786 |
|                 |  |                     |  | 7  | -0.005 | -0.005 | 1.7684 | 0.880 |
|                 |  |                     |  | 8  | -0.042 | -0.042 | 4.4738 | 0.613 |
|                 |  |                     |  | 9  | 0.015  | 0.017  | 4.8124 | 0.683 |
| *               |  | *                   |  | 10 | 0.096  | 0.095  | 19.075 | 0.014 |
|                 |  |                     |  | 11 | 0.020  | 0.015  | 19.713 | 0.020 |
|                 |  |                     |  | 12 | -0.019 | -0.020 | 20.249 | 0.027 |
|                 |  |                     |  | 13 | -0.002 | 0.001  | 20.255 | 0.042 |
|                 |  |                     |  | 14 | 0.054  | 0.056  | 24.815 | 0.016 |
|                 |  |                     |  | 15 | -0.007 | -0.012 | 24.886 | 0.024 |
|                 |  |                     |  | 16 | 0.010  | 0.009  | 25.051 | 0.034 |
|                 |  |                     |  | 17 | -0.035 | -0.033 | 26.931 | 0.029 |
|                 |  |                     |  | 18 | -0.023 | -0.013 | 27.760 | 0.034 |
|                 |  |                     |  | 19 | 0.022  | 0.020  | 28.501 | 0.039 |
|                 |  |                     |  | 20 | 0.026  | 0.015  | 29.547 | 0.042 |
|                 |  |                     |  | 21 | -0.028 | -0.033 | 30.735 | 0.043 |
|                 |  |                     |  | 22 | -0.006 | 0.004  | 30.790 | 0.058 |
|                 |  |                     |  | 23 | -0.026 | -0.027 | 31.874 | 0.060 |
|                 |  |                     |  | 24 | -0.018 | -0.027 | 32.397 | 0.071 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 79) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 79: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.240490 | Probability | 0.265551 |
| Obs*R-squared | 1.241104 | Probability | 0.265258 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

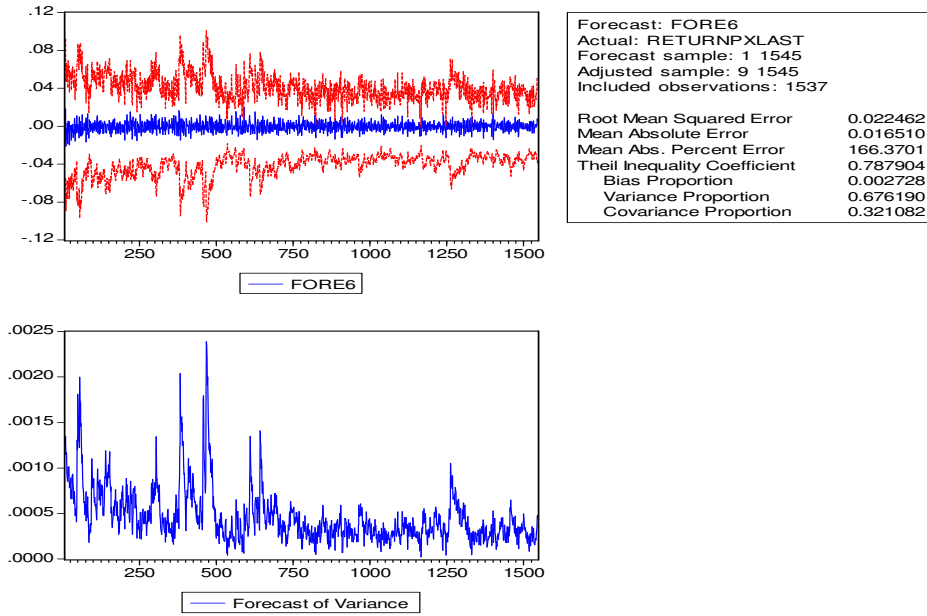
Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:34

Sample (adjusted): 10 1545

Included observations: 1536 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.987744    | 0.059087              | 16.71687    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.028426    | 0.025522              | 1.113773    | 0.2656   |
| R-squared          | 0.000808    | Mean dependent var    |             | 1.016665 |
| Adjusted R-squared | 0.000157    | S.D. dependent var    |             | 2.080273 |
| S.E. of regression | 2.080110    | Akaike info criterion |             | 4.304020 |
| Sum squared resid  | 6637.397    | Schwarz criterion     |             | 4.310969 |
| Log likelihood     | -3303.487   | F-statistic           |             | 1.240490 |
| Durbin-Watson stat | 1.999542    | Prob(F-statistic)     |             | 0.265551 |



**Şekil 23.** (7) Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Şekil 23’de yan panoda (7) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE kriterlerinin, (6)nolu model için elde edilen kriterlere çok yakın olduğu, ancak Theil kriteri değerinin biraz büyüdüğü görülmektedir. Koşullu varyans denkleminde işlem hacmi değişkeninin katılması, ortalama denkleminde (t-2) gecikmeli değişkenin çıkarılması sonucunda varyansın öngörü başarısının daha arttığı, ortalama öngörü başarısının az da olsa azaldığı görülmektedir. Bu durumda volatilitenin öngörü başarısının arttığı (7) nolu modelin, (6) nolu modele tercih edilebileceği söylenebilir.

Son olarak da işlem hacminin sadece koşullu varyans denkleminde yer alması durumunda oluşturulan

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \phi \text{RVOLUME}_t$$

(8)

ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modeli, student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 80’de

verilmiştir. Koşullu varyans denkleminde RVOLUME değişkeni çeşitli gecikmelerde katılmış, sadece cari dönemde istatistiksel önemli olduğu görülmüş, bu nedenle de (8) nolu denklemde sadece RVOLUME(t) ye yer verilmiştir.

**Tablo 80: (8)nolu -ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 22:37  
Sample (adjusted): 8 1545  
Included observations: 1538 after adjustments  
Convergence achieved after 22 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1) + C(6)  
\*RVOLUME

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.412722    | 0.142648              | 2.893297    | 0.0038    |
| MA(6)              | -0.458211   | 0.140755              | -3.255369   | 0.0011    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 3.50E-05    | 8.03E-06              | 4.355627    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.091967    | 0.020240              | 4.543951    | 0.0000    |
| GARCH(-1)          | 0.825054    | 0.031921              | 25.84674    | 0.0000    |
| RVOLUME            | 0.000282    | 2.06E-05              | 13.67796    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 19.56960    | 4.144647              | 4.721657    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.004938    | Mean dependent var    |             | 0.000912  |
| Adjusted R-squared | 0.001038    | S.D. dependent var    |             | 0.023490  |
| S.E. of regression | 0.023478    | Akaike info criterion |             | -4.929834 |
| Sum squared resid  | 0.843890    | Schwarz criterion     |             | -4.905537 |
| Log likelihood     | 3798.042    | Durbin-Watson stat    |             | 1.970677  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamlarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 81 ve Tablo 82’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 83’da 10. gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 81: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:37  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.020   | 0.020  | 0.6348 |       |
|                 |                     | 2 -0.002  | -0.002 | 0.6404 |       |
|                 |                     | 3 -0.010  | -0.010 | 0.7880 | 0.375 |
|                 |                     | 4 -0.015  | -0.015 | 1.1583 | 0.560 |
|                 |                     | 5 0.018   | 0.018  | 1.6348 | 0.652 |
|                 |                     | 6 -0.008  | -0.009 | 1.7444 | 0.783 |
|                 |                     | 7 -0.016  | -0.015 | 2.1203 | 0.832 |
|                 |                     | 8 -0.010  | -0.009 | 2.2644 | 0.894 |
|                 |                     | 9 0.034   | 0.035  | 4.0647 | 0.772 |
|                 |                     | 10 0.030  | 0.028  | 5.4410 | 0.710 |
|                 |                     | 11 -0.028 | -0.029 | 6.6227 | 0.676 |
|                 |                     | 12 0.012  | 0.014  | 6.8356 | 0.741 |
|                 |                     | 13 0.023  | 0.024  | 7.6699 | 0.743 |
|                 |                     | 14 0.019  | 0.017  | 8.2091 | 0.769 |
|                 |                     | 15 0.010  | 0.008  | 8.3714 | 0.819 |
|                 |                     | 16 0.028  | 0.031  | 9.5644 | 0.793 |
|                 |                     | 17 0.009  | 0.009  | 9.6819 | 0.839 |
|                 |                     | 18 -0.032 | -0.034 | 11.274 | 0.792 |
|                 |                     | 19 0.004  | 0.004  | 11.299 | 0.841 |
|                 |                     | 20 -0.000 | 0.003  | 11.299 | 0.881 |
|                 |                     | 21 -0.009 | -0.008 | 11.420 | 0.909 |
|                 |                     | 22 -0.019 | -0.022 | 11.964 | 0.917 |
|                 |                     | 23 -0.012 | -0.010 | 12.178 | 0.935 |
|                 |                     | 24 0.006  | 0.006  | 12.237 | 0.952 |

**Tablo 82: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:37  
Sample: 8 1545  
Included observations: 1538  
Q-statistic probabilities  
d for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
|                 |                     | 1 0.026   | 0.026  | 1.0788 |       |
|                 |                     | 2 -0.003  | -0.004 | 1.0962 |       |
|                 |                     | 3 -0.001  | -0.001 | 1.0995 | 0.294 |
|                 |                     | 4 -0.004  | -0.004 | 1.1291 | 0.569 |
|                 |                     | 5 0.010   | 0.010  | 1.2686 | 0.737 |
|                 |                     | 6 -0.005  | -0.005 | 1.3033 | 0.861 |
|                 |                     | 7 0.008   | 0.009  | 1.4111 | 0.923 |
|                 |                     | 8 -0.032  | -0.032 | 2.9805 | 0.811 |
|                 |                     | 9 0.017   | 0.019  | 3.4401 | 0.842 |
| *               | *                   | 10 0.106  | 0.105  | 20.864 | 0.008 |
|                 |                     | 11 0.029  | 0.024  | 22.176 | 0.008 |
|                 |                     | 12 -0.003 | -0.004 | 22.190 | 0.014 |
|                 |                     | 13 0.022  | 0.024  | 22.933 | 0.018 |
|                 |                     | 14 0.056  | 0.056  | 27.821 | 0.006 |
|                 |                     | 15 0.018  | 0.015  | 28.318 | 0.008 |
|                 |                     | 16 0.009  | 0.007  | 28.432 | 0.012 |
|                 |                     | 17 -0.012 | -0.012 | 28.654 | 0.018 |
|                 |                     | 18 -0.006 | 0.001  | 28.704 | 0.026 |
|                 |                     | 19 0.038  | 0.037  | 30.961 | 0.020 |
|                 |                     | 20 0.030  | 0.016  | 32.357 | 0.020 |
|                 |                     | 21 -0.026 | -0.033 | 33.429 | 0.021 |
|                 |                     | 22 0.007  | 0.012  | 33.505 | 0.030 |
|                 |                     | 23 -0.006 | -0.011 | 33.567 | 0.040 |
|                 |                     | 24 -0.007 | -0.020 | 33.650 | 0.053 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 83) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

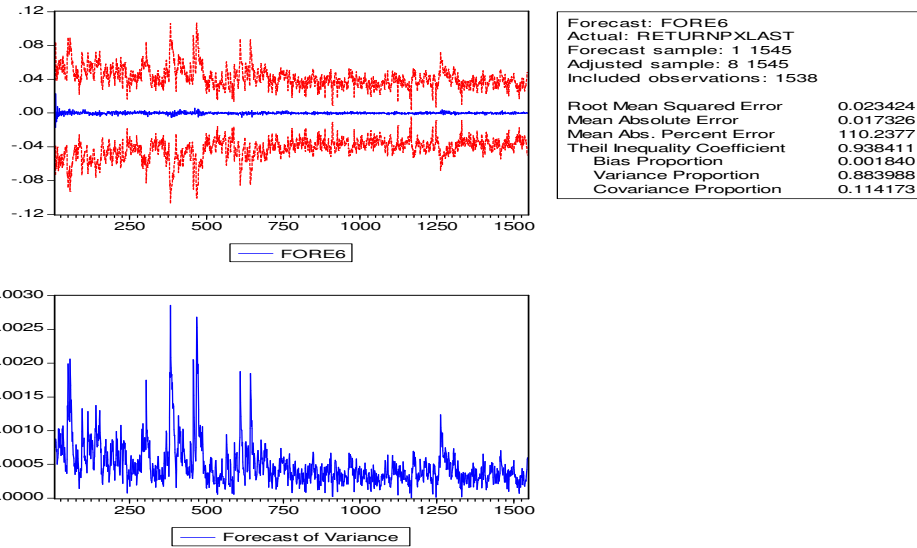
**Tablo 83: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.075900 | Probability | 0.299780 |
| Obs*R-squared | 1.076547 | Probability | 0.299471 |

Test Equation:  
 Dependent Variable: STD\_RESID^2  
 Method: Least Squares  
 Date: 09/03/07 Time: 22:38  
 Sample (adjusted): 9 1545  
 Included observations: 1537 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.995517    | 0.056213              | 17.70975    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.026464    | 0.025514              | 1.037256    | 0.2998   |
| R-squared          | 0.000700    | Mean dependent var    |             | 1.022572 |
| Adjusted R-squared | 0.000049    | S.D. dependent var    |             | 1.952266 |
| S.E. of regression | 1.952218    | Akaike info criterion |             | 4.177110 |
| Sum squared resid  | 5850.124    | Schwarz criterion     |             | 4.184055 |
| Log likelihood     | -3208.109   | F-statistic           |             | 1.075900 |
| Durbin-Watson stat | 1.999350    | Prob(F-statistic)     |             | 0.299780 |



**Şekil 24. (8)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Şekil 24'de yan panoda (8) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE kriterlerinin, biraz artmasının yanı sıra, (6) ve (7) nolu model için elde edilen kriterlere çok yakın olduğu, ancak Theil kriteri değerinin biraz büyüdüğü görülmektedir. Koşullu

varyans denklemine işlem hacmi değişkeninin katılması, ortalama denkleminde işlem hacmi değişkeninin çıkarılması sonucunda varyansın öngörü başarısının daha arttığı, ortalama öngörü başarısının azaldığı görülmektedir.

Sonuç olarak 2001-2007 dönemi PXLAST getirisi için oluşturulan ortalama ve koşullu varyans modeli öngörüsü bir arada değerlendirildiğinde (7) nolu modelin, sadece volatilité öngörüsü dikkate alındığında (8) nolu modelin uygun olduğu söylenebilir. Ayrıca öngörü başarısının, işlem hacmi değişkeninin denklemlere katılması sonucu artması da üzerinde durulması gereken önemli bir noktadır.

#### 5.4.2. 2001-2005 Dönemi

PXLAST getiri serisinin (ReturnPXLAST) Tablo 84’de verilmiş olan otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi korelasyon fonksiyonunda sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli katsayıların gözlenmiş olması nedeni ile ortalama denklemi için uygun modelin ARMA(6,6) olduğuna karar verilmiştir.

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{ AR}(6) + \theta \text{ MA}(6) + \varepsilon_t \quad (1)$$

şeklinde oluşturulan denklem, EKK yöntemi ile tahmin edilmiş ve sonuçları Tablo 84’de verilmiştir.

**Tablo 84: (1) nolu- ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: Least Squares  
Date: 09/03/07 Time: 22:47  
Sample (adjusted): 8 935  
Included observations: 928 after adjustments  
Convergence achieved after 12 iterations  
Backcast: 2 7

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.438222    | 0.213945              | 2.048292    | 0.0408    |
| MA(6)              | -0.496554   | 0.207243              | -2.396005   | 0.0168    |
| R-squared          | 0.006502    | Mean dependent var    |             | 0.000900  |
| Adjusted R-squared | 0.005429    | S.D. dependent var    |             | 0.026671  |
| S.E. of regression | 0.026599    | Akaike info criterion |             | -4.413757 |
| Sum squared resid  | 0.655136    | Schwarz criterion     |             | -4.403341 |
| Log likelihood     | 2049.983    | Durbin-Watson stat    |             | 1.994995  |

Modelin AR ve MA parametrelerinin mutlak değeri içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da modelin parametre kısıtları açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu elde edilen artıkların otokorelasyonsuz olması, modelin geçerliliği için temel varsayımlardan biridir. Bu nedenle model artıklarının otokorelasyonlu olup olmadığı, OKF ve LM testi yardımı ile ortaya konacaktır.

Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKF'ni çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 85'de hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 85'de verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını desteklemiştir.

**Tablo 85: ARMA(6,6) Modeli Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:48  
Sample: 8 935  
Included observations: 928  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC |        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1              |  | .1                  |  | 1  | 0.001  | 0.001  | 0.0006 |       |
| .1              |  | .1                  |  | 2  | -0.003 | -0.003 | 0.0088 |       |
| .1              |  | .1                  |  | 3  | -0.012 | -0.012 | 0.1493 | 0.699 |
| .1              |  | .1                  |  | 4  | -0.028 | -0.028 | 0.8718 | 0.647 |
| .1              |  | .1                  |  | 5  | 0.054  | 0.054  | 3.6097 | 0.307 |
| .1              |  | .1                  |  | 6  | -0.014 | -0.015 | 3.7985 | 0.434 |
| .1              |  | .1                  |  | 7  | -0.018 | -0.018 | 4.0863 | 0.537 |
| .1              |  | .1                  |  | 8  | -0.000 | 0.000  | 4.0864 | 0.665 |
| .1              |  | .1                  |  | 9  | 0.043  | 0.045  | 5.7988 | 0.563 |
| .1              |  | .1                  |  | 10 | 0.044  | 0.040  | 7.6175 | 0.472 |
| .1              |  | .1                  |  | 11 | -0.056 | -0.056 | 10.614 | 0.303 |
| .1              |  | .1                  |  | 12 | 0.041  | 0.045  | 12.214 | 0.271 |
| .1              |  | .1                  |  | 13 | 0.047  | 0.050  | 14.277 | 0.218 |
| .1              |  | .1                  |  | 14 | 0.051  | 0.048  | 16.746 | 0.159 |
| .1              |  | .1                  |  | 15 | -0.009 | -0.015 | 16.820 | 0.208 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 16 | 0.034  | 0.047  | 17.896 | 0.212 |
| .l. |  | .l. |  | 17 | 0.009  | 0.010  | 17.980 | 0.264 |
| .l. |  | .l. |  | 18 | -0.023 | -0.028 | 18.464 | 0.297 |
| .l. |  | .l. |  | 19 | 0.029  | 0.023  | 19.237 | 0.315 |
| .l. |  | .l. |  | 20 | 0.023  | 0.034  | 19.750 | 0.347 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.012 | -0.014 | 19.891 | 0.401 |
| .l. |  | *l. |  | 22 | -0.049 | -0.063 | 22.164 | 0.332 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | -0.039 | -0.036 | 23.644 | 0.311 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | 0.001  | 0.001  | 23.645 | 0.366 |

**Tablo 86: ARMA(6,6) Modeli Artıkları LM Testi**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.003919 | Probability | 0.996089 |
| Obs*R-squared | 0.000000 | Probability | 1.000000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:49

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | -0.000964   | 0.214455              | -0.004493   | 0.9964    |
| MA(6)              | 0.000879    | 0.207711              | 0.004233    | 0.9966    |
| RESID(-1)          | 0.002277    | 0.032929              | 0.069135    | 0.9449    |
| RESID(-2)          | -0.001829   | 0.032927              | -0.055556   | 0.9557    |
| R-squared          | -0.001518   | Mean dependent var    |             | 0.001037  |
| Adjusted R-squared | -0.004770   | S.D. dependent var    |             | 0.026564  |
| S.E. of regression | 0.026627    | Akaike info criterion |             | -4.409455 |
| Sum squared resid  | 0.655130    | Schwarz criterion     |             | -4.388623 |
| Log likelihood     | 2049.987    | Durbin-Watson stat    |             | 1.999561  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandı. Ancak artıkların karesinde otokorelasyonun olup olmadığının gözlenmesi amacı ile artıkların karelerinin korelogramı çizilmiştir. Tablo 87’de birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu da artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 87: ARMA(6,6) Modeli Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:48  
Sample: 8 935  
Included observations: 928  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|-------|
| .1*             | .1*                 | 1  | 0.147  | 0.147  | 20.087 |       |
| .1*             | .1*                 | 2  | 0.115  | 0.095  | 32.389 |       |
| .1*             | .1.                 | 3  | 0.069  | 0.041  | 36.853 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 4  | 0.045  | 0.020  | 38.739 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 5  | 0.053  | 0.035  | 41.367 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 6  | 0.053  | 0.035  | 44.037 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 7  | 0.040  | 0.019  | 45.554 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 8  | 0.002  | -0.019 | 45.556 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 9  | 0.054  | 0.046  | 48.248 | 0.000 |
| .1*             | .1*                 | 10 | 0.124  | 0.111  | 62.695 | 0.000 |
| .1*             | .1*                 | 11 | 0.109  | 0.072  | 73.976 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 12 | 0.047  | -0.004 | 76.029 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 13 | 0.038  | 0.003  | 77.400 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 14 | 0.059  | 0.037  | 80.651 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 15 | 0.041  | 0.013  | 82.269 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 16 | 0.026  | -0.007 | 82.931 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 17 | 0.004  | -0.020 | 82.947 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 18 | 0.002  | -0.005 | 82.951 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 19 | 0.040  | 0.034  | 84.466 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 20 | 0.039  | 0.009  | 85.882 | 0.000 |
| .1.             | *.1.                | 21 | -0.026 | -0.065 | 86.520 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 22 | 0.003  | -0.006 | 86.527 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 23 | 0.012  | 0.012  | 86.654 | 0.000 |
| .1.             | .1.                 | 24 | -0.009 | -0.023 | 86.730 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığının göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (1) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 2 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde

edilmiş ve 2. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 88’de verilmiştir.

**Tablo 88: ARMA(6,6) Modeli ARCH Tesi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 14.59978 | Probability | 0.000001 |
| Obs*R-squared | 28.39615 | Probability | 0.000001 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:50

Sample (adjusted): 10 935

Included observations: 926 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.000544    | 5.78E-05              | 9.399888    | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.133289    | 0.032758              | 4.068896    | 0.0001    |
| RESID^2(-2)        | 0.095634    | 0.032759              | 2.919346    | 0.0036    |
| R-squared          | 0.030665    | Mean dependent var    |             | 0.000706  |
| Adjusted R-squared | 0.028565    | S.D. dependent var    |             | 0.001522  |
| S.E. of regression | 0.001500    | Akaike info criterion |             | -10.16308 |
| Sum squared resid  | 0.002078    | Schwarz criterion     |             | -10.14743 |
| Log likelihood     | 4708.506    | F-statistic           |             | 14.59978  |
| Durbin-Watson stat | 2.007137    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000001  |

Tablo 89’da verilen değerler, artıklarda ARCH etkisinin varlığını ortaya koymuştur.

Bu durumda ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi ARCH(2) olan model  $\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 \quad (2)$$

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 89’da verilmiştir. (2) nolu denklem, ilk olarak artıkların normal dağıldığı varsayımı ile Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 89: (2)nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Normal)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Normal distribution  
Date: 09/03/07 Time: 22:51  
Sample (adjusted): 8 935  
Included observations: 928 after adjustments  
Convergence achieved after 11 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*RESID(-2)^2

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.426576    | 0.156422              | 2.727092    | 0.0064    |
| MA(6)              | -0.476910   | 0.153882              | -3.099188   | 0.0019    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 0.000526    | 2.17E-05              | 24.17285    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.131983    | 0.030152              | 4.377266    | 0.0000    |
| RESID(-2)^2        | 0.124385    | 0.030935              | 4.020872    | 0.0001    |
| R-squared          | 0.006408    | Mean dependent var    |             | 0.000900  |
| Adjusted R-squared | 0.002102    | S.D. dependent var    |             | 0.026671  |
| S.E. of regression | 0.026643    | Akaike info criterion |             | -4.454422 |
| Sum squared resid  | 0.655198    | Schwarz criterion     |             | -4.428382 |
| Log likelihood     | 2071.852    | Durbin-Watson stat    |             | 1.995480  |

Tabloda (üst blokta) ortalama denklemi AR ve MA parametrelerinin mutlak değer olarak birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Alt blokta ise ARCH(2) modeli parametrelerinin sıfırdan büyük ve toplamalarının birden küçük, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu durumda modelin kısıtlar bağlamında geçerli olduğu söylenebilir.

Ancak modelin geçerliliği için modelin ARCH etkisini kapsamayı; artıklarında ve artık karelerinde otokorelasyonun gözlenmemesi, yani bağımlılığın ortadan kalkmış olması gerekmektedir. Bu amaçla ilk olarak modelin standardize edilmiş artıklarının (Tablo 90), ardından da karelerinin korelogramı (Tablo 91) çizilmiştir.

**Tablo 90: ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:51

Sample: 8 935

Included observations: 928

Q-statistic probabilities

tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
| .1.             | .1.                 | 1 0.014   | 0.014  | 0.1813 |       |
| .1.             | .1.                 | 2 -0.009  | -0.009 | 0.2520 |       |
| .1.             | .1.                 | 3 -0.016  | -0.016 | 0.5043 | 0.478 |
| .1.             | .1.                 | 4 -0.018  | -0.018 | 0.8239 | 0.662 |
| .1.             | .1.                 | 5 0.047   | 0.047  | 2.8581 | 0.414 |
| .1.             | .1.                 | 6 -0.021  | -0.023 | 3.2770 | 0.513 |
| .1.             | .1.                 | 7 -0.018  | -0.017 | 3.5810 | 0.611 |
| .1.             | .1.                 | 8 0.005   | 0.007  | 3.6079 | 0.730 |
| .1.             | .1.                 | 9 0.042   | 0.043  | 5.2759 | 0.626 |
| .1.             | .1.                 | 10 0.045  | 0.040  | 7.1509 | 0.520 |
| .1.             | .1.                 | 11 -0.042 | -0.041 | 8.8095 | 0.455 |
| .1.             | .1.                 | 12 0.032  | 0.036  | 9.7488 | 0.463 |
| .1.             | .1.                 | 13 0.041  | 0.042  | 11.342 | 0.415 |
| .1.             | .1.                 | 14 0.041  | 0.037  | 12.966 | 0.371 |
| .1.             | .1.                 | 15 -0.008 | -0.011 | 13.024 | 0.446 |
| .1.             | .1.                 | 16 0.026  | 0.037  | 13.652 | 0.476 |
| .1.             | .1.                 | 17 0.012  | 0.010  | 13.778 | 0.542 |
| .1.             | .1.                 | 18 -0.028 | -0.033 | 14.537 | 0.559 |
| .1.             | .1.                 | 19 0.034  | 0.032  | 15.603 | 0.552 |
| .1.             | .1.                 | 20 0.019  | 0.025  | 15.932 | 0.597 |
| .1.             | .1.                 | 21 -0.017 | -0.019 | 16.204 | 0.644 |
| .1.             | .1.                 | 22 -0.047 | -0.056 | 18.310 | 0.567 |
| .1.             | .1.                 | 23 -0.046 | -0.043 | 20.359 | 0.499 |
| .1.             | .1.                 | 24 -0.007 | -0.010 | 20.400 | 0.558 |

**Tablo 91****ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:51

Sample: 8 935

Included observations: 928

Q-statistic probabilities

tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob         |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------------|
| .1              | .1                  | 1  | 0.017  | 0.017  | 0.2751       |
| .1              | .1                  | 2  | -0.015 | -0.016 | 0.4943       |
| .1              | .1                  | 3  | 0.047  | 0.048  | 2.5741 0.109 |
| .1              | .1                  | 4  | 0.013  | 0.011  | 2.7299 0.255 |
| .1              | .1                  | 5  | 0.044  | 0.045  | 4.5636 0.207 |
| .1              | .1                  | 6  | 0.021  | 0.017  | 4.9627 0.291 |
| .1              | .1                  | 7  | 0.027  | 0.027  | 5.6473 0.342 |
| .1              | .1                  | 8  | -0.015 | -0.019 | 5.8497 0.440 |
| .1              | .1                  | 9  | 0.055  | 0.055  | 8.7362 0.272 |
| .1*             | .1*                 | 10 | 0.168  | 0.162  | 35.170 0.000 |
| .1              | .1                  | 11 | 0.041  | 0.040  | 36.748 0.000 |
| .1              | .1                  | 12 | 0.004  | 0.002  | 36.763 0.000 |
| .1              | .1                  | 13 | 0.037  | 0.024  | 38.049 0.000 |
| .1              | .1                  | 14 | 0.047  | 0.037  | 40.092 0.000 |
| .1              | .1                  | 15 | 0.051  | 0.038  | 42.538 0.000 |
| .1              | .1                  | 16 | 0.012  | -0.000 | 42.676 0.000 |
| .1              | .1                  | 17 | 0.001  | -0.008 | 42.678 0.000 |
| .1              | .1                  | 18 | -0.007 | -0.012 | 42.721 0.000 |
| .1              | .1                  | 19 | 0.045  | 0.025  | 44.606 0.000 |
| .1              | .1                  | 20 | 0.029  | -0.008 | 45.381 0.000 |
| .1              | .1                  | 21 | -0.026 | -0.041 | 46.021 0.000 |
| .1              | .1                  | 22 | 0.012  | 0.004  | 46.157 0.001 |
| .1              | .1                  | 23 | 0.004  | -0.010 | 46.176 0.001 |
| .1              | .1                  | 24 | -0.005 | -0.025 | 46.198 0.002 |

Tablo 92 ve Tablo 93’de istatistiksel önemli katsayıların olmadığı görülmektedir. Bu da modelin artıklarında ve karelerinde bağımlılığın olmadığını ortaya koymaktadır.

Modelin tahmin sonucu ARCH etkisinin ortadan kalkması beklenmektedir. Bu amaçla ARCH-LM testi yapılmıştır. 1. dereceden ARCH testi sonuçları Tablo 92’de verilmiştir.

**Tablo 92: ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.277960 | Probability | 0.598168 |
| Obs*R-squared | 0.278477 | Probability | 0.597701 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:52

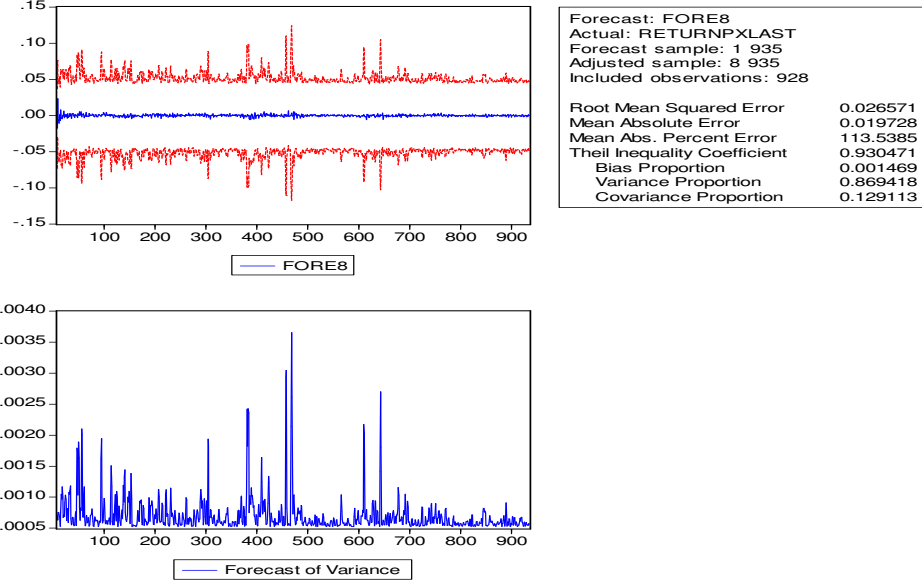
Sample (adjusted): 9 935

Included observations: 927 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.983569    | 0.077767              | 12.64766    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.017332    | 0.032874              | 0.527219    | 0.5982   |
| R-squared          | 0.000300    | Mean dependent var    |             | 1.000912 |
| Adjusted R-squared | -0.000780   | S.D. dependent var    |             | 2.144645 |
| S.E. of regression | 2.145481    | Akaike info criterion |             | 4.366760 |
| Sum squared resid  | 4257.858    | Schwarz criterion     |             | 4.377185 |
| Log likelihood     | -2021.993   | F-statistic           |             | 0.277960 |
| Durbin-Watson stat | 1.998151    | Prob(F-statistic)     |             | 0.598168 |

Sonuçta hesaplanan test istatistiği değeri 0.27'nin  $\chi^2_1 = 3.84$  den küçük olması sonucunda ARCH etkisinin kalmadığına karar verilir.

(2) nolu ARMA(6,6)-ARCH(2) modelinin geçerliliği saptandıktan sonra öngörü amaçlı kullanılması uygundur. 2001-2005 dönemi için oluşturulan volatilité modelinin öngörü grafiği ve öngörü başarı kriterleri Şekil 25' de verilmiştir.



**Şekil 25:** (2) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) için Yapılan Öngörü Grafikleri ve Öngörü Başarı Kriterleri

Öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans öngörü grafiğinde, volatilitenin son dönemlerde azalmaya başladığı görülmektedir.

ARCH modelinin uzun gecikmeler içermesi nedeni eleştirilmesi, ayrıca GARCH tipi modellerin volatilité modellemesinde daha başarılı sonuçlarının olduğunun vurgulanması nedeni ile çalışmaya GARCH modellerinin tahmini ile devam edilmiştir.

Bu durumda, ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi GARCH(1,1) olan model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (3)$$

olarak oluşturulmuştur. (3) nolu denklem, dağılımın normal olmaması nedeni ile student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması yardımı ile tahmin edilmiş ve sonuçları Tablo 93'de verilmiştir.

**Tablo 93: (3)nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 22:56  
Sample (adjusted): 8 935  
Included observations: 928 after adjustments  
Convergence achieved after 15 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1)

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(6)              | 0.227403    | 0.223985              | 1.015261    | 0.3100    |
| MA(6)              | -0.285102   | 0.222005              | -1.284215   | 0.1991    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 1.74E-05    | 9.07E-06              | 1.917198    | 0.0552    |
| RESID(-1)^2        | 0.070757    | 0.019417              | 3.644097    | 0.0003    |
| GARCH(-1)          | 0.904047    | 0.026039              | 34.71956    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 6.918283    | 1.323174              | 5.228552    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.005819    | Mean dependent var    |             | 0.000900  |
| Adjusted R-squared | 0.000428    | S.D. dependent var    |             | 0.026671  |
| S.E. of regression | 0.026665    | Akaike info criterion |             | -4.550251 |
| Sum squared resid  | 0.655586    | Schwarz criterion     |             | -4.519003 |
| Log likelihood     | 2117.316    | Durbin-Watson stat    |             | 1.993695  |

Ancak tabloda (üst blokta) ARMA modeli parametrelerinin istatistiksel önemsiz olduğu görülmüş ve bu model analiz dışı bırakılmıştır.

Bunun üzerine ortalama denklemi, ARMA(1,1) olacak şekilde

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{ AR}(1) + \theta \text{ MA}(1) + \varepsilon_t \quad (4)$$

yeniden oluşturulmuş ve EKK yöntemi ile tahmin sonuçları Tablo 94’de verilmiştir.

**Tablo 94: (4) nolu- ARMA(1,1) Ortalama Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: Least Squares  
Date: 09/03/07 Time: 22:58  
Sample (adjusted): 3 935  
Included observations: 933 after adjustments  
Convergence achieved after 13 iterations  
Backcast: 2

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(1)              | -0.799839   | 0.134210              | -5.959629   | 0.0000    |
| MA(1)              | 0.819589    | 0.129514              | 6.328175    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.006852    | Mean dependent var    |             | 0.000868  |
| Adjusted R-squared | 0.005785    | S.D. dependent var    |             | 0.026693  |
| S.E. of regression | 0.026616    | Akaike info criterion |             | -4.412456 |
| Sum squared resid  | 0.659539    | Schwarz criterion     |             | -4.402084 |
| Log likelihood     | 2060.411    | Durbin-Watson stat    |             | 2.033115  |

Tabloda ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu da modelin parametre kısıtları açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu elde edilen artıklarının otokorelasyonsuz olması, modelin geçerliliği için temel varsayımlardan biridir. Bu nedenle model artıklarının otokorelasyonlu olup olmadığı, OKF ve LM testi yardımı ile ortaya konacaktır. Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKFnu çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 95’de hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 96’da verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 95: ARMA(1,1) Modeli Artıkları Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:59

Sample: 3 935

Included observations: 933

Q-statistic probabilities

tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob         |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------------|
| .1              | .1                  | 1  | -0.018 | -0.018 | 0.2950       |
| .1              | .1                  | 2  | 0.009  | 0.009  | 0.3698       |
| .1              | .1                  | 3  | -0.023 | -0.023 | 0.8869 0.346 |
| .1              | .1                  | 4  | -0.025 | -0.026 | 1.4651 0.481 |
| .1              | .1                  | 5  | 0.047  | 0.047  | 3.5748 0.311 |
| *.1             | *.1                 | 6  | -0.065 | -0.063 | 7.5077 0.111 |
| .1              | .1                  | 7  | -0.023 | -0.028 | 8.0202 0.155 |
| .1              | .1                  | 8  | -0.001 | 0.001  | 8.0208 0.237 |
| .1              | .1                  | 9  | 0.044  | 0.044  | 9.8824 0.195 |
| .1              | .1                  | 10 | 0.049  | 0.044  | 12.170 0.144 |
| *.1             | .1                  | 11 | -0.060 | -0.056 | 15.611 0.075 |
| .1              | .1                  | 12 | 0.025  | 0.023  | 16.187 0.094 |
| .1              | .1                  | 13 | 0.044  | 0.048  | 18.043 0.081 |
| .1              | .1                  | 14 | 0.049  | 0.046  | 20.355 0.061 |
| .1              | .1                  | 15 | -0.010 | -0.010 | 20.442 0.085 |
| .1              | .1                  | 16 | 0.034  | 0.050  | 21.574 0.088 |
| .1              | .1                  | 17 | 0.011  | 0.011  | 21.688 0.116 |
| .1              | .1                  | 18 | -0.034 | -0.039 | 22.775 0.120 |
| .1              | .1                  | 19 | 0.024  | 0.023  | 23.308 0.139 |
| .1              | .1                  | 20 | 0.018  | 0.036  | 23.627 0.168 |
| .1              | .1                  | 21 | -0.007 | -0.007 | 23.670 0.209 |
| .1              | .1                  | 22 | -0.045 | -0.054 | 25.587 0.180 |
| .1              | .1                  | 23 | -0.036 | -0.035 | 26.800 0.178 |
| .1              | .1                  | 24 | -0.002 | -0.005 | 26.805 0.219 |

**Tablo 96: ARMA(1,1) Modeli LM-Testi Sonucu**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.409560 | Probability | 0.664062 |
| Obs*R-squared | 0.000000 | Probability | 1.000000 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares  
Date: 09/03/07 Time: 23:00  
Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(1)              | 0.037716    | 0.140636              | 0.268181    | 0.7886    |
| MA(1)              | -0.016533   | 0.130995              | -0.126213   | 0.8996    |
| RESID(-1)          | -0.037609   | 0.044702              | -0.841340   | 0.4004    |
| RESID(-2)          | 0.025957    | 0.040785              | 0.636431    | 0.5247    |
| R-squared          | -0.000113   | Mean dependent var    |             | 0.000838  |
| Adjusted R-squared | -0.003343   | S.D. dependent var    |             | 0.026589  |
| S.E. of regression | 0.026633    | Akaike info criterion |             | -4.409050 |
| Sum squared resid  | 0.658957    | Schwarz criterion     |             | -4.388306 |
| Log likelihood     | 2060.822    | Durbin-Watson stat    |             | 1.997645  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandıktan sonra, artıkların karesinde otokorelasyon olup olmadığını görmek amacı ile (artıkların karelerinin) korelogramı çizilmiştir. Tablo 97’de birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Bu da aralarında bağımlılığın olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo 97: ARMA(1,1) Modeli Artıkları Kareleri Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 22:59  
Sample: 3 935  
Included observations: 933  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob         |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------------|
| .1*             | .1*                 | 1  | 0.152  | 0.152  | 21.547       |
| .1*             | .1*                 | 2  | 0.108  | 0.087  | 32.465       |
| .1*             | .1                  | 3  | 0.074  | 0.047  | 37.543 0.000 |
| .1              | .1                  | 4  | 0.040  | 0.015  | 39.074 0.000 |
| .1              | .1                  | 5  | 0.056  | 0.039  | 42.059 0.000 |
| .1              | .1                  | 6  | 0.047  | 0.028  | 44.165 0.000 |
| .1              | .1                  | 7  | 0.044  | 0.024  | 45.969 0.000 |
| .1              | .1                  | 8  | -0.001 | -0.022 | 45.969 0.000 |
| .1              | .1                  | 9  | 0.058  | 0.051  | 49.156 0.000 |

|     |     |    |        |        |        |       |
|-----|-----|----|--------|--------|--------|-------|
| . * | . * | 10 | 0.120  | 0.105  | 62.679 | 0.000 |
| . * | . * | 11 | 0.116  | 0.079  | 75.401 | 0.000 |
| .   | .   | 12 | 0.046  | -0.006 | 77.367 | 0.000 |
| .   | .   | 13 | 0.031  | -0.004 | 78.261 | 0.000 |
| .   | .   | 14 | 0.062  | 0.041  | 81.912 | 0.000 |
| .   | .   | 15 | 0.038  | 0.009  | 83.251 | 0.000 |
| .   | .   | 16 | 0.025  | -0.007 | 83.864 | 0.000 |
| .   | .   | 17 | -0.001 | -0.024 | 83.865 | 0.000 |
| .   | .   | 18 | 0.002  | -0.004 | 83.868 | 0.000 |
| .   | .   | 19 | 0.035  | 0.029  | 85.021 | 0.000 |
| .   | .   | 20 | 0.035  | 0.007  | 86.178 | 0.000 |
| .   | *   | 21 | -0.023 | -0.060 | 86.669 | 0.000 |
| .   | .   | 22 | -0.001 | -0.008 | 86.670 | 0.000 |
| .   | .   | 23 | 0.011  | 0.012  | 86.786 | 0.000 |
| .   | .   | 24 | -0.009 | -0.021 | 86.867 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığına göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (4) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 2 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde edilmiş ve 2. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 98’de verilmiştir.

**Tablo 98: ARMA(1,1) Modeli ARCH Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 14.57949 | Probability | 0.000001 |
| Obs*R-squared | 28.36206 | Probability | 0.000001 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:00

Sample (adjusted): 5 935

Included observations: 931 after adjustments

| Variable | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob. |
|----------|-------------|------------|-------------|-------|
|----------|-------------|------------|-------------|-------|

|                    |          |                       |          |           |
|--------------------|----------|-----------------------|----------|-----------|
| C                  | 0.000548 | 5.79E-05              | 9.476215 | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.138505 | 0.032700              | 4.235585 | 0.0000    |
| RESID^2(-2)        | 0.087241 | 0.032701              | 2.667821 | 0.0078    |
| R-squared          | 0.030464 | Mean dependent var    |          | 0.000708  |
| Adjusted R-squared | 0.028375 | S.D. dependent var    |          | 0.001529  |
| S.E. of regression | 0.001507 | Akaike info criterion |          | -10.15438 |
| Sum squared resid  | 0.002107 | Schwarz criterion     |          | -10.13879 |
| Log likelihood     | 4729.863 | F-statistic           |          | 14.57949  |
| Durbin-Watson stat | 2.007774 | Prob(F-statistic)     |          | 0.000001  |

Tablo 98’de elde edilen ARCH test istatistiği değeri (28.36),  $\chi^2_2=5.99$  değerinden büyük olduğu için artıklarda ARCH(2) etkisinin varlığı kabul edilir.

Bu durumda ortalama denklemi ARMA(1,1), koşullu varyans denklemi ARCH(2) olan model  $\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(1) + \theta \text{MA}(1) + \varepsilon_t$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 \quad (5)$$

olarak oluşturulmuş; student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiştir. Tahmin sonuçları Tablo 99’da verilmiştir.

**Tablo 99: ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 23:01  
Sample (adjusted): 3 935  
Included observations: 933 after adjustments  
Convergence achieved after 18 iterations  
MA backcast: 2, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*RESID(-2)^2

|                   | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|-------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| AR(1)             | -0.820750   | 0.120880   | -6.789809   | 0.0000 |
| MA(1)             | 0.830919    | 0.118309   | 7.023274    | 0.0000 |
| Variance Equation |             |            |             |        |
| C                 | 0.000499    | 4.62E-05   | 10.80611    | 0.0000 |
| RESID(-1)^2       | 0.156291    | 0.052023   | 3.004266    | 0.0027 |
| RESID(-2)^2       | 0.146207    | 0.054005   | 2.707312    | 0.0068 |

|                    |          |                       |          |           |
|--------------------|----------|-----------------------|----------|-----------|
| T-DIST. DOF        | 6.177577 | 1.104014              | 5.595560 | 0.0000    |
| R-squared          | 0.006544 | Mean dependent var    |          | 0.000868  |
| Adjusted R-squared | 0.001186 | S.D. dependent var    |          | 0.026693  |
| S.E. of regression | 0.026678 | Akaike info criterion |          | -4.514097 |
| Sum squared resid  | 0.659743 | Schwarz criterion     |          | -4.482982 |
| Log likelihood     | 2111.826 | Durbin-Watson stat    |          | 2.014794  |

Tabloda (üst blokta) ortalama denklemi parametrelerinin mutlak değeri içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Yine aynı tabloda (alt blokta) koşullu varyans modeli parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu ve ARCH parametreleri olan  $\alpha_1, \alpha_2$  'nin tek tek sıfırdan büyük ve toplamalarının da 1 den küçük ( $\alpha_1 + \alpha_2 < 1$ ) olduğu görülmektedir. Bu özellikler bir arada modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Bunun üzerine modelin testler bağlamında geçerli olduğunun ortaya konulması için standardize edilmiş artıkların ve karelerinin korelogramlarının incelenmesi gerekmektedir. Her iki durum için korelogramlar Tablo 100 ve Tablo 101'de verilmiştir.

**Tablo 100: (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(2) Model Standardize Artıkları Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:01

Sample: 3 935

Included observations: 933

Q-statistic probabilities

tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob         |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------------|
| .1              | .1                  | 1  | 0.006  | 0.006  | 0.0372       |
| .1              | .1                  | 2  | -0.004 | -0.005 | 0.0560       |
| .1              | .1                  | 3  | -0.021 | -0.021 | 0.4760 0.490 |
| .1              | .1                  | 4  | -0.019 | -0.019 | 0.8112 0.667 |
| .1              | .1                  | 5  | 0.039  | 0.039  | 2.2164 0.529 |
| *.1             | *.1                 | 6  | -0.064 | -0.065 | 6.0234 0.197 |
| .1              | .1                  | 7  | -0.021 | -0.021 | 6.4494 0.265 |
| .1              | .1                  | 8  | 0.004  | 0.005  | 6.4648 0.373 |
| .1              | .1                  | 9  | 0.045  | 0.044  | 8.3985 0.299 |
| .1              | .1                  | 10 | 0.050  | 0.045  | 10.760 0.216 |
| .1              | .1                  | 11 | -0.044 | -0.040 | 12.582 0.182 |

|   |  |   |  |    |        |        |        |       |
|---|--|---|--|----|--------|--------|--------|-------|
| . |  | . |  | 12 | 0.017  | 0.017  | 12.846 | 0.232 |
| . |  | . |  | 13 | 0.038  | 0.039  | 14.246 | 0.220 |
| . |  | . |  | 14 | 0.037  | 0.034  | 15.566 | 0.212 |
| . |  | . |  | 15 | -0.008 | -0.007 | 15.626 | 0.270 |
| . |  | . |  | 16 | 0.025  | 0.039  | 16.208 | 0.301 |
| . |  | . |  | 17 | 0.013  | 0.011  | 16.371 | 0.358 |
| . |  | . |  | 18 | -0.038 | -0.042 | 17.744 | 0.339 |
| . |  | . |  | 19 | 0.029  | 0.030  | 18.570 | 0.354 |
| . |  | . |  | 20 | 0.015  | 0.024  | 18.783 | 0.405 |
| . |  | . |  | 21 | -0.012 | -0.013 | 18.924 | 0.462 |
| . |  | . |  | 22 | -0.044 | -0.050 | 20.753 | 0.412 |
| . |  | . |  | 23 | -0.043 | -0.041 | 22.518 | 0.370 |
| . |  | . |  | 24 | -0.011 | -0.017 | 22.632 | 0.423 |

**Tablo 101: (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli Standardize Artık  
Kareleri Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:01

Sample: 3 935

Included observations: 933

Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC |        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .               |  | .                   |  | 1  | 0.006  | 0.006  | 0.0320 |       |
| .               |  | .                   |  | 2  | -0.024 | -0.024 | 0.5826 |       |
| .               |  | .                   |  | 3  | 0.045  | 0.045  | 2.4528 | 0.117 |
| .               |  | .                   |  | 4  | 0.006  | 0.005  | 2.4901 | 0.288 |
| .               |  | .                   |  | 5  | 0.044  | 0.047  | 4.3492 | 0.226 |
| .               |  | .                   |  | 6  | 0.015  | 0.013  | 4.5555 | 0.336 |
| .               |  | .                   |  | 7  | 0.023  | 0.025  | 5.0706 | 0.407 |
| .               |  | .                   |  | 8  | -0.013 | -0.017 | 5.2373 | 0.514 |
| .               |  | .                   |  | 9  | 0.059  | 0.059  | 8.5110 | 0.290 |
| . *             |  | . *                 |  | 10 | 0.173  | 0.168  | 36.721 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 11 | 0.035  | 0.039  | 37.891 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 12 | 0.000  | 0.003  | 37.892 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 13 | 0.029  | 0.017  | 38.674 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 14 | 0.048  | 0.041  | 40.852 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 15 | 0.047  | 0.035  | 42.943 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 16 | 0.009  | 0.001  | 43.017 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 17 | -0.001 | -0.009 | 43.019 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 18 | -0.006 | -0.011 | 43.048 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 19 | 0.039  | 0.017  | 44.510 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 20 | 0.025  | -0.013 | 45.110 | 0.000 |
| .               |  | .                   |  | 21 | -0.020 | -0.034 | 45.482 | 0.001 |
| .               |  | .                   |  | 22 | 0.010  | 0.003  | 45.571 | 0.001 |

|    |  |    |  |    |        |        |        |       |
|----|--|----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1 |  | .1 |  | 23 | -0.001 | -0.015 | 45.572 | 0.001 |
| .1 |  | .1 |  | 24 | -0.004 | -0.026 | 45.589 | 0.002 |

Tablo 100 ve Tablo 101’de istatistiksel önemli katsayıların olmadığı (Tablo 100’de 6. gecikme, Tablo 101’de 10. gecikme hariç) görülmektedir. Bu da modelin artıklarında ve karelerinde bağımlılığın olmadığını ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu ARCH etkisinin ortadan kalkması beklenmektedir. Bu amaçla ARCH-LM testi yapılmıştır. 1. dereceden ARCH testi sonuçları Tablo 102’da verilmiştir.

**Tablo 102: ARMA(1,1)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.033183 | Probability | 0.855494 |
| Obs*R-squared | 0.033254 | Probability | 0.855303 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

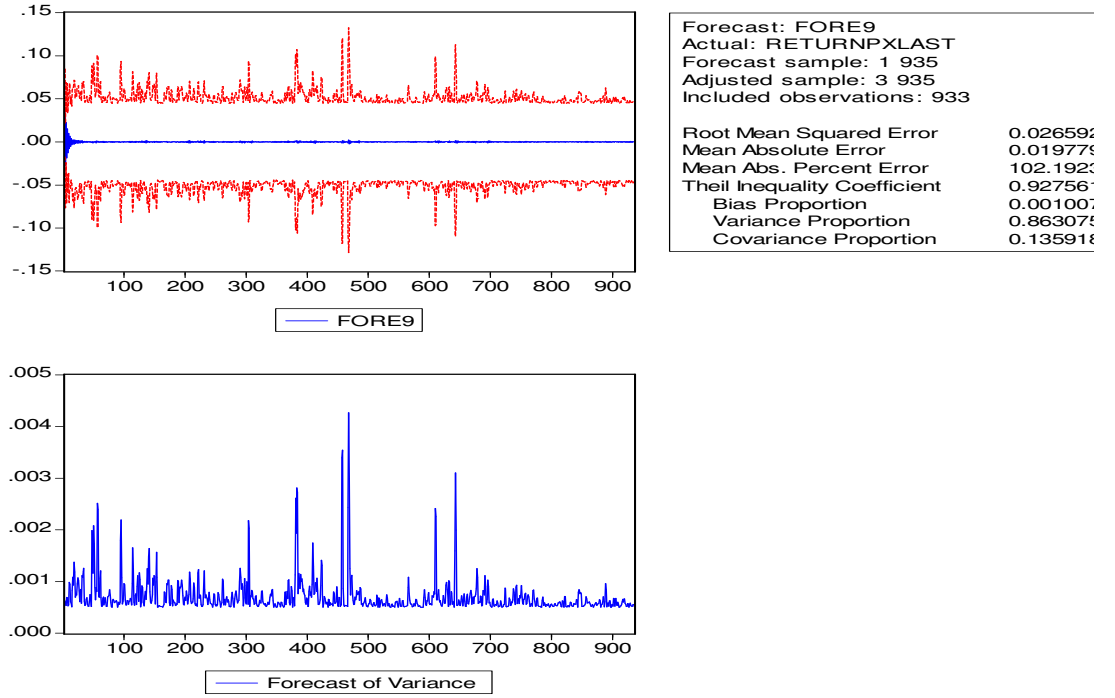
Date: 09/03/07 Time: 23:02

Sample (adjusted): 4 935

Included observations: 932 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.002790    | 0.078898              | 12.71003    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.005973    | 0.032790              | 0.182163    | 0.8555   |
| R-squared          | 0.000036    | Mean dependent var    |             | 1.008815 |
| Adjusted R-squared | -0.001040   | S.D. dependent var    |             | 2.185680 |
| S.E. of regression | 2.186816    | Akaike info criterion |             | 4.404914 |
| Sum squared resid  | 4447.411    | Schwarz criterion     |             | 4.415294 |
| Log likelihood     | -2050.690   | F-statistic           |             | 0.033183 |
| Durbin-Watson stat | 1.999774    | Prob(F-statistic)     |             | 0.855494 |

Sonuçta hesaplanan test istatistiği değeri 0.03’in,  $\chi^2_1=3.84$  ‘den küçük olduğu için ARCH etkisinin kalmadığı, modelin ARCH etkisini kapsadığına karar verilir.



**Şekil 26:** (5) nolu- ARMA(1,1)-ARCH(1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Sonuçta öngörü başarı kriterleri açısından (2) nolu ARMA(6,6)-ARCH(2) ile (5) nolu ARMA(1,1)-ARCH(2) modellerinin birbirine çok benzer olduğu görülmektedir. Varyans öngörüsüne bakıldığında ise volatilitenin analiz dönemi sonuna doğru azaldığı görülmektedir.

GARCH tipi modellerin volatilité modellemesinde daha başarılı sonuçlarının olduğunun vurgulanması nedeni ile çalışmaya GARCH modellerinin tahmini ile devam edilmiştir.

Bu durumda, ortalama denklemi ARMA(1,1), koşullu varyans denklemi GARCH(1,1) olan model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{ AR}(1) + \theta \text{ MA}(1) + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 \quad (6)$$

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 103'de verilmiştir. (6) nolu denklem, student-t dağılımı varsayımı ile Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi ve Marquardt algoritması yardımı ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 103: (6) nolu- ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 22:57  
Sample (adjusted): 3 935  
Included observations: 933 after adjustments  
Convergence not achieved after 500 iterations  
MA backcast: 2, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1)

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| AR(1)              | -0.806751   | 0.097573              | -8.268187   | 0.0000    |
| MA(1)              | 0.829919    | 0.094416              | 8.790022    | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 2.21E-05    | 1.10E-05              | 2.001787    | 0.0453    |
| RESID(-1)^2        | 0.084367    | 0.022446              | 3.758741    | 0.0002    |
| GARCH(-1)          | 0.885854    | 0.030388              | 29.15104    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 6.963473    | 1.328793              | 5.240452    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.006792    | Mean dependent var    |             | 0.000868  |
| Adjusted R-squared | 0.001435    | S.D. dependent var    |             | 0.026693  |
| S.E. of regression | 0.026674    | Akaike info criterion |             | -4.547622 |
| Sum squared resid  | 0.659578    | Schwarz criterion     |             | -4.516507 |
| Log likelihood     | 2127.466    | Durbin-Watson stat    |             | 2.039888  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamlarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 104 ve Tablo 105’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması (Tablo 103’de 10. gecikme hariç), otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 104: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:57

Sample: 3 935

Included observations: 933

Q-statistic probabilities

Tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob         |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------------|
| .1              |  | .1                  |  | 1  | 0.015  | 0.015  | 0.2085       |
| .1              |  | .1                  |  | 2  | 0.011  | 0.011  | 0.3184       |
| .1              |  | .1                  |  | 3  | -0.022 | -0.022 | 0.7704 0.380 |
| .1              |  | .1                  |  | 4  | -0.020 | -0.019 | 1.1281 0.569 |
| .1              |  | .1                  |  | 5  | 0.026  | 0.027  | 1.7617 0.623 |
| .1              |  | .1                  |  | 6  | -0.048 | -0.049 | 3.9510 0.413 |
| .1              |  | .1                  |  | 7  | -0.021 | -0.021 | 4.3574 0.499 |
| .1              |  | .1                  |  | 8  | -0.004 | -0.001 | 4.3709 0.627 |
| .1              |  | .1                  |  | 9  | 0.043  | 0.043  | 6.1215 0.526 |
| .1              |  | .1                  |  | 10 | 0.035  | 0.031  | 7.2957 0.505 |
| .1              |  | .1                  |  | 11 | -0.030 | -0.031 | 8.1549 0.519 |
| .1              |  | .1                  |  | 12 | 0.025  | 0.026  | 8.7407 0.557 |
| .1              |  | .1                  |  | 13 | 0.033  | 0.035  | 9.7952 0.549 |
| .1              |  | .1                  |  | 14 | 0.039  | 0.035  | 11.245 0.508 |
| .1              |  | .1                  |  | 15 | -0.013 | -0.013 | 11.399 0.577 |
| .1              |  | .1                  |  | 16 | 0.040  | 0.049  | 12.934 0.532 |
| .1              |  | .1                  |  | 17 | 0.024  | 0.024  | 13.500 0.564 |
| .1              |  | .1                  |  | 18 | -0.029 | -0.032 | 14.281 0.578 |
| .1              |  | .1                  |  | 19 | 0.019  | 0.020  | 14.626 0.622 |
| .1              |  | .1                  |  | 20 | 0.017  | 0.028  | 14.912 0.668 |
| .1              |  | .1                  |  | 21 | 0.009  | 0.006  | 14.988 0.723 |
| .1              |  | .1                  |  | 22 | -0.050 | -0.056 | 17.402 0.627 |
| .1              |  | .1                  |  | 23 | -0.035 | -0.031 | 18.586 0.612 |
| .1              |  | .1                  |  | 24 | -0.003 | -0.001 | 18.593 0.670 |

**Tablo 105: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 22:58

Sample: 3 935

Included observations: 933

Q-statistic probabilities

Tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
| .1              | .1                  | 1 0.027   | 0.027  | 0.6597 |       |
| .1              | .1                  | 2 -0.008  | -0.009 | 0.7264 |       |
| .1              | .1                  | 3 0.000   | 0.001  | 0.7265 | 0.394 |
| .1              | .1                  | 4 -0.031  | -0.031 | 1.6307 | 0.442 |
| .1              | .1                  | 5 -0.005  | -0.004 | 1.6572 | 0.646 |
| .1              | .1                  | 6 -0.024  | -0.024 | 2.1994 | 0.699 |
| .1              | .1                  | 7 -0.005  | -0.004 | 2.2254 | 0.817 |
| .1              | .1                  | 8 -0.044  | -0.046 | 4.0898 | 0.665 |
| .1              | .1                  | 9 0.014   | 0.016  | 4.2737 | 0.748 |
| .1*             | .1*                 | 10 0.085  | 0.082  | 11.057 | 0.198 |
| .1              | .1                  | 11 0.032  | 0.028  | 12.020 | 0.212 |
| .1              | .1                  | 12 -0.003 | -0.006 | 12.027 | 0.283 |
| .1              | .1                  | 13 -0.006 | -0.005 | 12.058 | 0.359 |
| .1              | .1                  | 14 0.052  | 0.056  | 14.640 | 0.262 |
| .1              | .1                  | 15 0.000  | 0.000  | 14.640 | 0.330 |
| .1              | .1                  | 16 -0.014 | -0.011 | 14.819 | 0.391 |
| .1              | .1                  | 17 -0.018 | -0.015 | 15.129 | 0.442 |
| .1              | .1                  | 18 -0.016 | -0.004 | 15.366 | 0.498 |
| .1              | .1                  | 19 0.024  | 0.025  | 15.908 | 0.530 |
| .1              | .1                  | 20 0.003  | -0.005 | 15.917 | 0.598 |
| .1              | .1                  | 21 -0.041 | -0.047 | 17.493 | 0.556 |
| .1              | .1                  | 22 -0.013 | -0.008 | 17.654 | 0.610 |
| .1              | .1                  | 23 -0.029 | -0.029 | 18.469 | 0.619 |
| .1              | .1                  | 24 -0.025 | -0.035 | 19.092 | 0.640 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 106) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 106: ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli : ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.658900 | Probability | 0.417156 |
| Obs*R-squared | 0.659849 | Probability | 0.416613 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

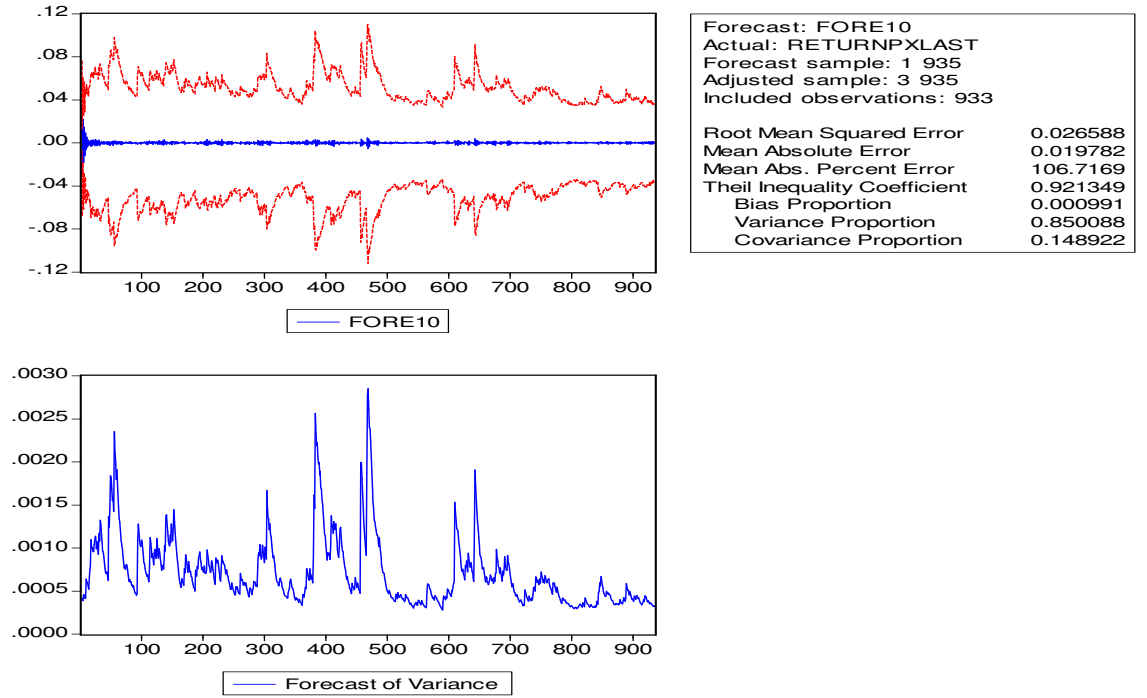
Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 22:58

Sample (adjusted): 4 935

Included observations: 932 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.987388    | 0.077841              | 12.68471    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.026607    | 0.032778              | 0.811726    | 0.4172   |
| R-squared          | 0.000708    | Mean dependent var    |             | 1.014364 |
| Adjusted R-squared | -0.000367   | S.D. dependent var    |             | 2.148531 |
| S.E. of regression | 2.148924    | Akaike info criterion |             | 4.369955 |
| Sum squared resid  | 4294.624    | Schwarz criterion     |             | 4.380336 |
| Log likelihood     | -2034.399   | F-statistic           |             | 0.658900 |
| Durbin-Watson stat | 1.999631    | Prob(F-statistic)     |             | 0.417156 |



**Şekil 27:** (6) nolu- ARMA(1,1)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Öngörü başarı kriterlerinin ARCH modelinde elde edilen değerlere yakın olduğu görülmektedir. Ancak (6) nolu modelin varyans öngörü grafiği, (5) nolu modelden oldukça farklıdır. Burada da volatilitenin son dönemlerde azalmasının söz konusudur ancak volatilitenin dönüşüm hızında bir azalma söz konusudur. (5) nolu modelin volatilitesinde sık iniş çıkış gözlenirken (6) nolu model volatilitenin daha yavaş değiştiği görülmektedir.

Yukarıda oluşturulan ortalama ve varyans denklemlerinde, modellere başka bir değişken eklenmemiştir. Aşağıda ise işlem hacmi, fiyat serilerine veya daha doğru ifade ile getiri serilerine etkisinin olup olmadığını, varsa bu etkinin yönü hakkında bilgi sağlamak amacı ile ortalama denklemine ve varyans denklemine, ayrı ayrı ve bir arada olacak şekilde, çeşitli gecikmelerde eklenmiştir. AR ve MA dereceleri, RETURNPXLAST için Tablo 107'de verilen otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi korelasyon fonksiyonunda sadece 6. gecikmede istatistiksel önemli katsayıların gözlenmiş olması nedeni ile 6 olarak alınmıştır.

Bu durumda geçerli olan ortalama denklemi

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVol}_{t-1} + \phi_2 \text{RVol}_{t-2} + \varepsilon_t \quad (7)$$

olarak oluşturulmuş ve EKK yöntemi ile tahmin edilmiştir. RVol, işlem hacminin durağan halini göstermekte ve  $\text{RVol} = \text{LVOLUME}(t) - \text{LVOLUME}(t-1)$  şeklinde hesaplanmaktadır.

Tablo 107’de tahmin sonuçları verilen model parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu; AR ve MA parametrelerinin mutlak değer olarak birden küçük oldukları görülmektedir. Ayrıca tabloda, işlem hacminin durağan halini gösteren RVOLUME değişkeninin getiriye en çok cari dönemde etkelediği, (t-1) ve (t-2) dönemlerinde ise etkinin giderek azaldığı görülmektedir.

**Tablo 107: (7) nolu- ARMA(6,6) Ortalama Denklemi Tahmin Sonucu**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: Least Squares  
Date: 09/03/07 Time: 23:06  
Sample (adjusted): 10 935  
Included observations: 926 after adjustments  
Convergence achieved after 19 iterations  
Backcast: 4 9

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.020329    | 0.002017              | 10.07996    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.012136    | 0.002071              | 5.858474    | 0.0000    |
| RVOLUME(-2)        | 0.004689    | 0.002012              | 2.331085    | 0.0200    |
| AR(6)              | -0.692282   | 0.152030              | -4.553578   | 0.0000    |
| MA(6)              | 0.648058    | 0.161573              | 4.010920    | 0.0001    |
| R-squared          | 0.116338    | Mean dependent var    |             | 0.000864  |
| Adjusted R-squared | 0.112500    | S.D. dependent var    |             | 0.026602  |
| S.E. of regression | 0.025061    | Akaike info criterion |             | -4.529618 |
| Sum squared resid  | 0.578440    | Schwarz criterion     |             | -4.503533 |
| Log likelihood     | 2102.213    | Durbin-Watson stat    |             | 2.166542  |

Modelin AR ve MA parametrelerinin mutlak değer içinde birden küçük ve istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Bu da modelin parametre kısıtları açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin tahmini sonucu elde edilen artıklarının otokorelasyonsuz olması, modelin geçerliliği için temel varsayımlardan biridir. Bu nedenle model artıklarının otokorelasyonlu olup olmadığı, OKF ve LM testi yardımı ile ortaya konacaktır. Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKFnu çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 107’de 1. gecikme dışında hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 108’de verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 108: (7) nolu Denklem Artıklarının Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 23:07  
Sample: 10 935  
Included observations: 926  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
| * .             | * .                 | 1 -0.085  | -0.085 | 6.7387 |       |
| . .             | . .                 | 2 -0.001  | -0.009 | 6.7404 |       |
| . .             | . .                 | 3 0.014   | 0.014  | 6.9340 | 0.008 |
| . .             | . .                 | 4 -0.028  | -0.026 | 7.6750 | 0.022 |
| . .             | . .                 | 5 0.065   | 0.061  | 11.634 | 0.009 |
| . .             | . .                 | 6 -0.002  | 0.008  | 11.637 | 0.020 |
| . .             | . .                 | 7 -0.010  | -0.008 | 11.726 | 0.039 |
| . .             | . .                 | 8 0.002   | -0.002 | 11.731 | 0.068 |
| . .             | . .                 | 9 0.041   | 0.045  | 13.334 | 0.064 |
| . .             | . .                 | 10 0.022  | 0.026  | 13.807 | 0.087 |
| . .             | . .                 | 11 -0.054 | -0.051 | 16.568 | 0.056 |
| . .             | . .                 | 12 -0.021 | -0.030 | 16.988 | 0.075 |
| . .             | . .                 | 13 0.038  | 0.035  | 18.321 | 0.074 |
| . .             | . .                 | 14 0.052  | 0.056  | 20.880 | 0.052 |
| . .             | . .                 | 15 0.020  | 0.025  | 21.262 | 0.068 |
| . .             | . .                 | 16 0.024  | 0.033  | 21.788 | 0.083 |
| . .             | . .                 | 17 0.009  | 0.018  | 21.858 | 0.112 |
| . .             | . .                 | 18 -0.040 | -0.044 | 23.374 | 0.104 |
| . .             | . .                 | 19 0.022  | 0.006  | 23.838 | 0.124 |
| . .             | . .                 | 20 0.033  | 0.039  | 24.855 | 0.129 |
| . .             | . .                 | 21 -0.018 | -0.008 | 25.167 | 0.155 |
| . .             | . .                 | 22 -0.011 | -0.023 | 25.280 | 0.191 |
| . .             | . .                 | 23 -0.024 | -0.031 | 25.813 | 0.214 |
| . .             | . .                 | 24 -0.034 | -0.040 | 26.913 | 0.215 |

**Tablo 109: (7) Nolu Denklem Artıkları için LM Testi Sonuçları**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 3.380609 | Probability | 0.034450 |
| Obs*R-squared | 5.712293 | Probability | 0.057490 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:08

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.000871    | 0.002042              | 0.426610    | 0.6698    |
| RVOLUME(-1)        | 0.000318    | 0.002090              | 0.152158    | 0.8791    |
| RVOLUME(-2)        | 0.000154    | 0.002008              | 0.076617    | 0.9389    |
| AR(6)              | 0.013106    | 0.151718              | 0.086386    | 0.9312    |
| MA(6)              | -0.008173   | 0.161192              | -0.050704   | 0.9596    |
| RESID(-1)          | -0.087279   | 0.033568              | -2.600101   | 0.0095    |
| RESID(-2)          | -0.007468   | 0.033474              | -0.223111   | 0.8235    |
| R-squared          | 0.006169    | Mean dependent var    |             | 0.000844  |
| Adjusted R-squared | -0.000320   | S.D. dependent var    |             | 0.024993  |
| S.E. of regression | 0.024997    | Akaike info criterion |             | -4.532628 |
| Sum squared resid  | 0.574216    | Schwarz criterion     |             | -4.496110 |
| Log likelihood     | 2105.607    | Durbin-Watson stat    |             | 1.999312  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandıktan sonra, artıkların karesinde otokorelasyon olup olmadığını görmek amacı ile (artıkların karelerinin) korelogramı çizilmiştir. Tablo 110'da birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymuştur. Bu da aralarında bağımlılığın olduğunu ifade etmektedir.

**Tablo 110: (7) Nolu Denklem Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 23:08

Sample: 10 935

Included observations: 926

Q-statistic probabilities

ated for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| . *             |  | . *                 |  | 1  | 0.152  | 0.152  | 21.358 |       |
| . *             |  | . *                 |  | 2  | 0.094  | 0.072  | 29.528 |       |
| . *             |  | . .                 |  | 3  | 0.070  | 0.047  | 34.055 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 4  | 0.036  | 0.013  | 35.258 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 5  | 0.028  | 0.013  | 36.010 | 0.000 |
| . *             |  | . *                 |  | 6  | 0.078  | 0.068  | 41.695 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 7  | 0.049  | 0.025  | 43.944 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 8  | 0.002  | -0.021 | 43.950 | 0.000 |
| . *             |  | . .                 |  | 9  | 0.067  | 0.058  | 48.121 | 0.000 |
| . *             |  | . *                 |  | 10 | 0.169  | 0.154  | 74.988 | 0.000 |
| . *             |  | . .                 |  | 11 | 0.090  | 0.040  | 82.656 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 12 | 0.031  | -0.021 | 83.551 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 13 | 0.027  | -0.005 | 84.228 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 14 | 0.062  | 0.053  | 87.868 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 15 | 0.021  | -0.004 | 88.288 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 16 | 0.044  | 0.008  | 90.136 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 17 | 0.002  | -0.029 | 90.138 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 18 | 0.014  | 0.014  | 90.322 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 19 | 0.020  | 0.003  | 90.685 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 20 | 0.016  | -0.027 | 90.923 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 21 | -0.014 | -0.042 | 91.102 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 22 | 0.015  | 0.018  | 91.320 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 23 | 0.007  | 0.003  | 91.361 | 0.000 |
| . .             |  | . .                 |  | 24 | -0.007 | -0.026 | 91.402 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığına göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (7) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 2 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde edilmiş ve 2. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 111’de verilmiştir.

**Tablo 111: ( 7) Nolu Denklem ARCH Testi Sonuçları**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 13.32773 | Probability | 0.000002 |
| Obs*R-squared | 25.99008 | Probability | 0.000002 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:07

Sample (adjusted): 12 935

Included observations: 924 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| C                  | 0.000492    | 5.40E-05              | 9.118750    | 0.0000    |
| RESID^2(-1)        | 0.140573    | 0.032863              | 4.277545    | 0.0000    |
| RESID^2(-2)        | 0.072590    | 0.032863              | 2.208876    | 0.0274    |
| R-squared          | 0.028128    | Mean dependent var    |             | 0.000626  |
| Adjusted R-squared | 0.026017    | S.D. dependent var    |             | 0.001445  |
| S.E. of regression | 0.001426    | Akaike info criterion |             | -10.26503 |
| Sum squared resid  | 0.001872    | Schwarz criterion     |             | -10.24935 |
| Log likelihood     | 4745.442    | F-statistic           |             | 13.32773  |
| Durbin-Watson stat | 2.006908    | Prob(F-statistic)     |             | 0.000002  |

Hesaplanan ARCH test istatistiği değeri 25.99'ın  $\chi^2_2=5.99$  değerinden büyük olması nednei ile artıklarda ARCH(2) etkisinin varlığı kabul edilir.

Bu durumda ortalama denklemi ARMA(6,6), koşullu varyans denklemi ARCH(2) olan model  $ReturnPXLAST_t = \rho AR(6) + \theta MA(6) + \phi_1 RVol_{t-1} + \phi_2 RVol_{t-1} + \phi_3 RVol_{t-2} + \epsilon_t$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \epsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \epsilon_{t-2}^2 \quad (8)$$

olarak oluşturulan modelin tahmin sonuçları Tablo 112'de verilmiştir.

**Tablo 112: (8) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST

Method: ML – ARCH (Marquardt) - Student's t distribution

Date: 09/03/07 Time: 23:09

Sample (adjusted): 10 935

Included observations: 926 after adjustments

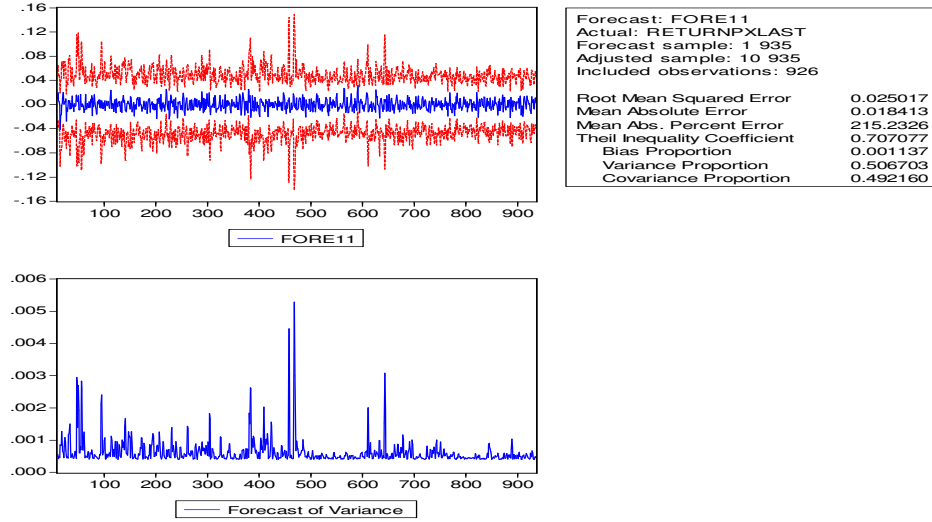
Convergence achieved after 22 iterations

MA backcast: 4 9, Variance backcast: ON

GARCH = C(6) + C(7)\*RESID(-1)^2 + C(8)\*RESID(-2)^2

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.020215    | 0.001684              | 12.00328    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.009629    | 0.001695              | 5.680128    | 0.0000    |
| RVOLUME(-2)        | 0.004371    | 0.001731              | 2.525021    | 0.0116    |
| AR(6)              | -0.673354   | 0.141832              | -4.747539   | 0.0000    |
| MA(6)              | 0.639378    | 0.148661              | 4.300923    | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 0.000405    | 4.06E-05              | 9.972563    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.196110    | 0.065132              | 3.010948    | 0.0026    |
| RESID(-2)^2        | 0.181193    | 0.062170              | 2.914466    | 0.0036    |
| T-DIST. DOF        | 5.768102    | 0.892864              | 6.460226    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.114638    | Mean dependent var    |             | 0.000864  |
| Adjusted R-squared | 0.106914    | S.D. dependent var    |             | 0.026602  |
| S.E. of regression | 0.025140    | Akaike info criterion |             | -4.656704 |
| Sum squared resid  | 0.579553    | Schwarz criterion     |             | -4.609752 |
| Log likelihood     | 2165.054    | Durbin-Watson stat    |             | 2.168454  |

Tabloda model parametrelerinin, kısıtları sağladığı görülmektedir. Ayrıca yapılan ARCH testi, modelin ARCH etkisini kapsadığını; standardize artıklar ve artıkların karelerinin korelogramı da otokorelasyon ve bağımlılığını ortadan kaldırdığını ortaya koymuştur. Bu modelle ilgili olarak aşağıda, modeller arasında karşılaştırma yapmayı sağlamak amacı ile, sadece öngörü başarı kriterlerine yer verilmiştir.



**Şekil 28:** (8) nolu- ARMA(6,6)-ARCH(2) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Öngörü başarı kriterlerinin tüm modellerde birbirine yakın olduğu görülmektedir. (8) nolu ARCH modelinin varyans öngörü grafiği, (5) nolu ARCH modeli grafiğine benzemektedir. (6) nolu GARCH modeli varyans öngörü grafiğinden ise farklıdır. Burada da volatilitenin son dönemlerde azalmasının söz konusudur ancak (5) nolu modelde olduğu gibi, volatilitesinde sık iniş çıkış gözlenmektedir.

GARCH modellerinin finansal veriler için daha uygun sonuçlar verdiği yaklaşımına dayanarak, ortalama denkleminde işlem hacmine yer verecek şekilde

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \phi_1 \text{RVol}_{t-1} + \phi_2 \text{RVol}_{t-2} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

(9)

ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modeli oluşturulmuştur. Dağılımın normal olmaması nedeni ile tahminler student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 113'de verilmiştir.

**Tablo 113:** (9)Nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları (Student-t)

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 23:10  
Sample (adjusted): 10 935  
Included observations: 926 after adjustments  
Convergence achieved after 42 iterations  
MA backcast: 4 9, Variance backcast: ON  
GARCH = C(6) + C(7)\*RESID(-1)^2 + C(8)\*GARCH(-1)

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.019693    | 0.001587              | 12.40862    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.009145    | 0.001619              | 5.648484    | 0.0000    |
| RVOLUME(-2)        | 0.004325    | 0.001648              | 2.623773    | 0.0087    |
| AR(6)              | -0.700075   | 0.149355              | -4.687322   | 0.0000    |
| MA(6)              | 0.664272    | 0.157816              | 4.209146    | 0.0000    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 2.16E-05    | 9.93E-06              | 2.172538    | 0.0298    |
| RESID(-1)^2        | 0.101801    | 0.026992              | 3.771566    | 0.0002    |
| GARCH(-1)          | 0.866607    | 0.032896              | 26.34400    | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 6.475452    | 1.091906              | 5.930413    | 0.0000    |
| R-squared          | 0.114161    | Mean dependent var    |             | 0.000864  |
| Adjusted R-squared | 0.106433    | S.D. dependent var    |             | 0.026602  |
| S.E. of regression | 0.025147    | Akaike info criterion |             | -4.691662 |
| Sum squared resid  | 0.579865    | Schwarz criterion     |             | -4.644710 |
| Log likelihood     | 2181.239    | Durbin-Watson stat    |             | 2.163472  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamalarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 114 ve Tablo 115’de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 114’de 1. gecikme; Tablo 115’de 10 ve 14.

gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 114: (9)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:11

Sample: 10 935

Included observations: 926

Q-statistic probabilities

Tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
| * .             | * .                 | 1 -0.061  | -0.061 | 3.4276 |       |
| . .             | . .                 | 2 -0.011  | -0.015 | 3.5386 |       |
| . .             | . .                 | 3 0.014   | 0.012  | 3.7214 | 0.054 |
| . .             | . .                 | 4 -0.018  | -0.016 | 4.0081 | 0.135 |
| . .             | . .                 | 5 0.048   | 0.046  | 6.1495 | 0.105 |
| . .             | . .                 | 6 0.012   | 0.018  | 6.2950 | 0.178 |
| . .             | . .                 | 7 -0.003  | 0.001  | 6.3028 | 0.278 |
| . .             | . .                 | 8 0.002   | 0.001  | 6.3076 | 0.390 |
| . .             | . .                 | 9 0.063   | 0.065  | 10.019 | 0.187 |
| . .             | . .                 | 10 0.011  | 0.017  | 10.127 | 0.256 |
| . .             | . .                 | 11 -0.013 | -0.012 | 10.290 | 0.328 |
| . .             | . .                 | 12 -0.018 | -0.021 | 10.584 | 0.391 |
| . .             | . .                 | 13 0.018  | 0.017  | 10.878 | 0.454 |
| . .             | . .                 | 14 0.047  | 0.044  | 12.961 | 0.372 |
| . .             | . .                 | 15 0.016  | 0.019  | 13.194 | 0.433 |
| . .             | . .                 | 16 0.021  | 0.024  | 13.607 | 0.479 |
| . .             | . .                 | 17 0.027  | 0.032  | 14.300 | 0.503 |
| . .             | . .                 | 18 -0.036 | -0.036 | 15.497 | 0.489 |
| . .             | . .                 | 19 0.024  | 0.014  | 16.041 | 0.521 |
| . .             | . .                 | 20 0.032  | 0.033  | 17.028 | 0.521 |
| . .             | . .                 | 21 -0.018 | -0.011 | 17.326 | 0.568 |
| . .             | . .                 | 22 -0.015 | -0.024 | 17.547 | 0.617 |
| . .             | . .                 | 23 -0.032 | -0.040 | 18.507 | 0.617 |
| . .             | . .                 | 24 -0.023 | -0.032 | 19.027 | 0.644 |

**Tablo 115: (9)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:11

Sample: 10 935

Included observations: 926

Q-statistic probabilities

tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |
|-----------------|---------------------|----|--------|--------|--------|
| .1.             | .1.                 | 1  | 0.005  | 0.005  | 0.0278 |
| .1.             | .1.                 | 2  | 0.003  | 0.003  | 0.0353 |
| .1.             | .1.                 | 3  | 0.003  | 0.003  | 0.0427 |
| .1.             | .1.                 | 4  | -0.033 | -0.033 | 1.0383 |
| .1.             | .1.                 | 5  | -0.015 | -0.014 | 1.2371 |
| .1.             | .1.                 | 6  | -0.013 | -0.013 | 1.3985 |
| .1.             | .1.                 | 7  | -0.008 | -0.008 | 1.4618 |
| .1.             | .1.                 | 8  | -0.040 | -0.040 | 2.9243 |
| .1.             | .1.                 | 9  | 0.008  | 0.007  | 2.9776 |
| .1*             | .1*                 | 10 | 0.116  | 0.115  | 15.566 |
| .1.             | .1.                 | 11 | 0.003  | 0.001  | 15.576 |
| .1.             | .1.                 | 12 | -0.021 | -0.026 | 16.003 |
| .1.             | .1.                 | 13 | -0.014 | -0.016 | 16.191 |
| .1.             | .1*                 | 14 | 0.062  | 0.071  | 19.840 |
| .1.             | .1.                 | 15 | -0.014 | -0.011 | 20.014 |
| .1.             | .1.                 | 16 | 0.018  | 0.017  | 20.329 |
| .1.             | .1.                 | 17 | -0.036 | -0.036 | 21.540 |
| .1.             | .1.                 | 18 | -0.016 | -0.003 | 21.785 |
| .1.             | .1.                 | 19 | -0.007 | -0.008 | 21.832 |
| .1.             | .1.                 | 20 | -0.013 | -0.026 | 21.991 |
| .1.             | .1.                 | 21 | -0.023 | -0.026 | 22.505 |
| .1.             | .1.                 | 22 | 0.006  | 0.016  | 22.534 |
| .1.             | .1.                 | 23 | -0.030 | -0.030 | 23.413 |
| .1.             | .1.                 | 24 | -0.019 | -0.036 | 23.746 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 120) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 116: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.027591 | Probability | 0.868110 |
| Obs*R-squared | 0.027650 | Probability | 0.867934 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

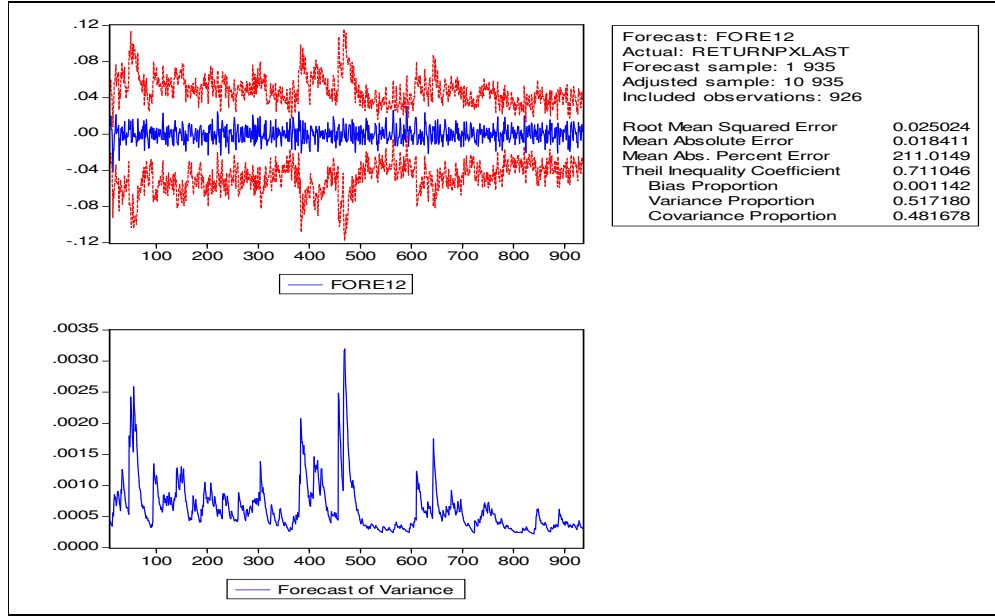
Date: 09/03/07 Time: 23:11

Sample (adjusted): 11 935

Included observations: 925 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.018988    | 0.085917              | 11.86011    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.005467    | 0.032912              | 0.166105    | 0.8681   |
| R-squared          | 0.000030    | Mean dependent var    |             | 1.024583 |
| Adjusted R-squared | -0.001053   | S.D. dependent var    |             | 2.402593 |
| S.E. of regression | 2.403858    | Akaike info criterion |             | 4.594187 |
| Sum squared resid  | 5333.586    | Schwarz criterion     |             | 4.604629 |
| Log likelihood     | -2122.811   | F-statistic           |             | 0.027591 |
| Durbin-Watson stat | 2.000208    | Prob(F-statistic)     |             | 0.868110 |

Modelin diğer modellerle karşılaştırılabilmesini sağlamak amacı ile öngörü yapılmış ve öngörü grafikleri ile öngörü aşırı kriterleri Şekil 6'da verilmiştir.



**Şekil 29:** (9)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü

#### Başarı Kriterleri

Şekil 27’de yan panoda (9) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinin, diğer modellerden daha küçük olduğu; ayrıca Theil katsayısının diğer modellere göre oldukça düştüğü görülmektedir. Sonuç olarak işlem hacminin ortalama denklemine ilave edilmesi, ortalama denkleminin öngörü başarısını yükselttiği, bunun yanı sıra volatilité öngörüsünde de bir kısım iyileşmeye yol açtığı söylenebilir.

İşlem hacminin ortalama denkleminde iyileşme sağlaması nedeni ile ortalama denklemindeki işlem hacmi değişkeni bırakılmış ve koşullu varyans denklemine de işlem hacmi değişkeni çeşitli gecikmelerde eklenmiş,  $RVOLUME(t)$  ve  $RVOLUME(t-1)$ ’nin istatistiksel önemli katsayı sağladığı görülmüştür. Koşullu varyans denklemine işlem hacminin katılması, ortalama denkleminde yer verilen  $RVOLUME(t-2)$  değişkeninin istatistiksel önemsiz olmasına neden olmuştur. Bunun üzerine ortalama denkleminde  $RVOLUME(t)$  ve  $RVOLUME(t-1)$  değişkenine yer verilmiştir. Bu durumda model:

$$ReturnPXLAST_t = \rho AR(6) + \theta MA(6) + \phi_1 RVOLUME_t + \phi_2 RVOLUME_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \phi_1 RVOLUME_t + \phi_2 RVOLUME_{t-1}$$

(10)

şeklindeki ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modeli oluşturulmuştur. Dağılımın normal olmaması nedeni ile tahminler student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 117'de verilmiştir.

**Tablo 117: (10) nolu- ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları**

| Dependent Variable: RETURNPXLAST                         |             |                       |             |           |
|----------------------------------------------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution |             |                       |             |           |
| Date: 09/05/07 Time: 03:12                               |             |                       |             |           |
| Sample (adjusted): 9 935                                 |             |                       |             |           |
| Included observations: 927 after adjustments             |             |                       |             |           |
| Convergence achieved after 33 iterations                 |             |                       |             |           |
| MA backcast: 3 8, Variance backcast: ON                  |             |                       |             |           |
| GARCH = C(5) + C(6)*RESID(-1)^2 + C(7)*GARCH(-1) + C(8)  |             |                       |             |           |
| *RVOLUME + C(9)*RVOLUME(-1)                              |             |                       |             |           |
|                                                          | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
| RVOLUME                                                  | 0.013566    | 0.001620              | 8.371999    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)                                              | 0.006618    | 0.001679              | 3.941670    | 0.0001    |
| AR(6)                                                    | 0.955175    | 0.022892              | 41.72473    | 0.0000    |
| MA(6)                                                    | -0.961365   | 0.020693              | -46.45794   | 0.0000    |
| Variance Equation                                        |             |                       |             |           |
| C                                                        | 2.70E-05    | 9.74E-06              | 2.770779    | 0.0056    |
| RESID(-1)^2                                              | 0.058574    | 0.018514              | 3.163832    | 0.0016    |
| GARCH(-1)                                                | 0.887465    | 0.030189              | 29.39682    | 0.0000    |
| RVOLUME                                                  | 0.000323    | 4.15E-05              | 7.783871    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)                                              | -0.000117   | 6.05E-05              | -1.927498   | 0.0539    |
| T-DIST. DOF                                              | 8.356146    | 1.655688              | 5.046933    | 0.0000    |
| R-squared                                                | 0.098771    | Mean dependent var    |             | 0.000932  |
| Adjusted R-squared                                       | 0.089926    | S.D. dependent var    |             | 0.026668  |
| S.E. of regression                                       | 0.025441    | Akaike info criterion |             | -4.732669 |
| Sum squared resid                                        | 0.593508    | Schwarz criterion     |             | -4.680544 |
| Log likelihood                                           | 2203.592    | Durbin-Watson stat    |             | 2.102551  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük (ancak bire yakın) ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamalarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 118 ve Tablo 119'da istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 118'de 10. gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 118: (10)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 03:13  
Sample: 9 935  
Included observations: 927  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC |        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1              |  | .1                  |  | 1  | -0.050 | -0.050 | 2.3443 |       |
| .1              |  | .1                  |  | 2  | -0.008 | -0.010 | 2.4016 |       |
| .1              |  | .1                  |  | 3  | 0.014  | 0.013  | 2.5782 | 0.108 |
| .1              |  | .1                  |  | 4  | -0.024 | -0.022 | 3.0938 | 0.213 |
| .1              |  | .1                  |  | 5  | 0.058  | 0.056  | 6.2563 | 0.100 |
| .1              |  | .1                  |  | 6  | -0.044 | -0.040 | 8.1032 | 0.088 |
| .1              |  | .1                  |  | 7  | -0.005 | -0.008 | 8.1303 | 0.149 |
| .1              |  | .1                  |  | 8  | -0.009 | -0.013 | 8.2088 | 0.223 |
| .1              |  | .1                  |  | 9  | 0.058  | 0.061  | 11.383 | 0.123 |
| .1              |  | .1                  |  | 10 | 0.018  | 0.019  | 11.687 | 0.166 |
| .1              |  | .1                  |  | 11 | -0.026 | -0.018 | 12.298 | 0.197 |
| .1              |  | .1                  |  | 12 | 0.010  | 0.005  | 12.389 | 0.260 |
| .1              |  | .1                  |  | 13 | 0.014  | 0.017  | 12.580 | 0.322 |
| .1              |  | .1                  |  | 14 | 0.041  | 0.037  | 14.154 | 0.291 |
| .1              |  | .1                  |  | 15 | 0.003  | 0.009  | 14.162 | 0.363 |
| .1              |  | .1                  |  | 16 | 0.035  | 0.042  | 15.333 | 0.356 |
| .1              |  | .1                  |  | 17 | 0.027  | 0.030  | 16.035 | 0.380 |
| .1              |  | .1                  |  | 18 | -0.060 | -0.061 | 19.479 | 0.245 |
| .1              |  | .1                  |  | 19 | 0.026  | 0.015  | 20.123 | 0.268 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 20 | 0.021  | 0.029  | 20.537 | 0.303 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.004 | -0.001 | 20.551 | 0.362 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.013 | -0.019 | 20.724 | 0.414 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | -0.033 | -0.030 | 21.773 | 0.413 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | -0.012 | -0.022 | 21.914 | 0.465 |

**Tablo 119: (10)nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Karesinin Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 03:13  
Sample: 9 935  
Included observations: 927  
Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l.             |  | .l.                 |  | 1  | 0.046  | 0.046  | 1.9382 |       |
| .l.             |  | .l.                 |  | 2  | -0.005 | -0.007 | 1.9585 |       |
| .l.             |  | .l.                 |  | 3  | -0.009 | -0.008 | 2.0312 | 0.154 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 4  | -0.023 | -0.023 | 2.5365 | 0.281 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 5  | -0.003 | -0.001 | 2.5426 | 0.468 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 6  | 0.002  | 0.002  | 2.5468 | 0.636 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 7  | -0.003 | -0.004 | 2.5557 | 0.768 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 8  | -0.043 | -0.043 | 4.2867 | 0.638 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 9  | 0.006  | 0.010  | 4.3244 | 0.742 |
| .l*             |  | .l*                 |  | 10 | 0.106  | 0.106  | 14.957 | 0.060 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 11 | 0.026  | 0.016  | 15.609 | 0.076 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 12 | -0.017 | -0.020 | 15.880 | 0.103 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 13 | -0.008 | -0.004 | 15.935 | 0.144 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 14 | 0.050  | 0.057  | 18.247 | 0.108 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 15 | -0.006 | -0.010 | 18.277 | 0.147 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 16 | 0.014  | 0.011  | 18.457 | 0.187 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 17 | -0.041 | -0.042 | 20.073 | 0.169 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 18 | -0.025 | -0.010 | 20.683 | 0.191 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 19 | 0.032  | 0.035  | 21.662 | 0.198 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 20 | 0.014  | -0.002 | 21.856 | 0.238 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 21 | -0.027 | -0.036 | 22.550 | 0.258 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 22 | 0.000  | 0.010  | 22.550 | 0.311 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 23 | -0.033 | -0.031 | 23.602 | 0.313 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 24 | -0.031 | -0.039 | 24.544 | 0.319 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 120) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 120: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.937310 | Probability | 0.164296 |
| Obs*R-squared | 1.937441 | Probability | 0.163947 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

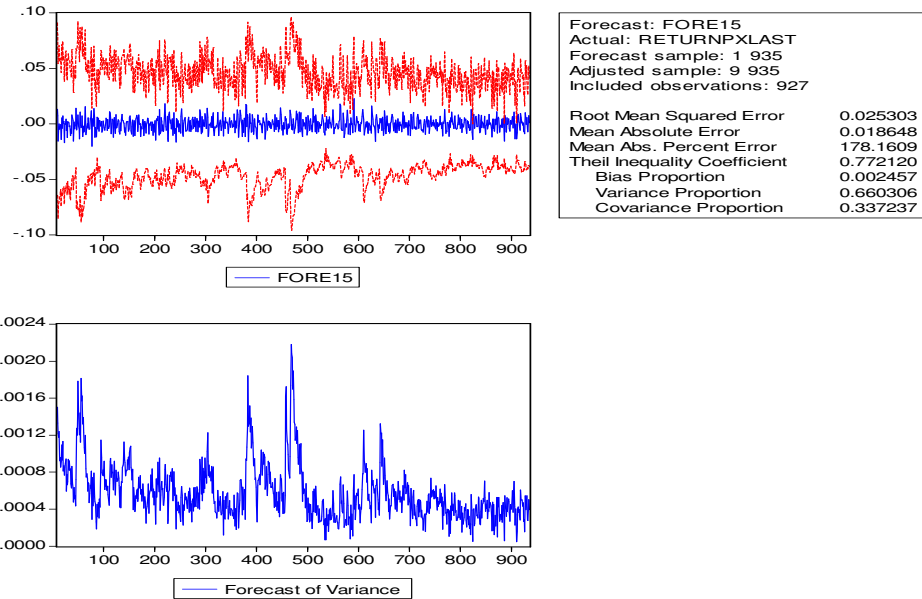
Method: Least Squares

Date: 09/05/07 Time: 03:14

Sample (adjusted): 10 935

Included observations: 926 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.974119    | 0.077785              | 12.52325    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.045740    | 0.032862              | 1.391873    | 0.1643   |
| R-squared          | 0.002092    | Mean dependent var    |             | 1.020864 |
| Adjusted R-squared | 0.001012    | S.D. dependent var    |             | 2.136101 |
| S.E. of regression | 2.135019    | Akaike info criterion |             | 4.356986 |
| Sum squared resid  | 4211.876    | Schwarz criterion     |             | 4.367420 |
| Log likelihood     | -2015.284   | F-statistic           |             | 1.937310 |
| Durbin-Watson stat | 1.998771    | Prob(F-statistic)     |             | 0.164296 |

**Şekil 30. (10)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Şekil 30'da yan panoda (10) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE kriterlerinin, (9)nolu model için elde edilen kriterlerle aynı olduğu, ancak Theil kriteri değerinin biraz büyüdüğü görülmektedir.(6) nolu modele göre ise kriterlerin değerlerinde azalma olduğu görülmektedir. Koşullu varyans denkleminde işlem hacmi değişkeninin katılması, ortalama denkleminde (t-2) gecikmeli değişkenin çıkarılması sonucunda varyansın öngörü başarısının daha arttığı, ortalama öngörü başarısının az da olsa azaldığı görülmektedir. Bu durumda volatilitenin öngörü başarısının arttığı (10) nolu modelin, (9) ve (6) nolu modellere tercih edilebileceği söylenebilir.

Son olarak da işlem hacminin sadece koşullu varyans denkleminde yer alması durumunda oluşturulan

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \rho \text{AR}(6) + \theta \text{MA}(6) + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \phi \text{RVOLUME}_t$$

(11)

ARMA(6,6)-GARCH(1,1) modeli, student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiş ve sonuçlar Tablo 121'de verilmiştir. Koşullu varyans denkleminde RVOLUME değişkeni çeşitli gecikmelerde katılmış, sadece cari dönemde istatistiksel önemli olduğu görülmüş, bu nedenle de (11) nolu denklemde sadece RVOLUME(t) ye yer verilmiştir.

**Tablo 121: (11)nolu -ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları  
(Student-t)**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/05/07 Time: 03:16  
Sample (adjusted): 8 935  
Included observations: 928 after adjustments  
Convergence achieved after 28 iterations  
MA backcast: 2 7, Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1) + C(6)  
\*RVOLUME

| Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob. |
|-------------|------------|-------------|-------|
|-------------|------------|-------------|-------|

|                    |           |                       |           |           |
|--------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|
| AR(6)              | 0.698740  | 0.107067              | 6.526216  | 0.0000    |
| MA(6)              | -0.737781 | 0.099827              | -7.390598 | 0.0000    |
| Variance Equation  |           |                       |           |           |
| C                  | 2.01E-05  | 8.31E-06              | 2.418798  | 0.0156    |
| RESID(-1)^2        | 0.058239  | 0.015766              | 3.693953  | 0.0002    |
| GARCH(-1)          | 0.905409  | 0.024396              | 37.11299  | 0.0000    |
| RVOLUME            | 0.000358  | 3.40E-05              | 10.54285  | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 9.458812  | 2.222113              | 4.256675  | 0.0000    |
| R-squared          | 0.006771  | Mean dependent var    |           | 0.000900  |
| Adjusted R-squared | 0.000300  | S.D. dependent var    |           | 0.026671  |
| S.E. of regression | 0.026667  | Akaike info criterion |           | -4.655888 |
| Sum squared resid  | 0.654959  | Schwarz criterion     |           | -4.619432 |
| Log likelihood     | 2167.332  | Durbin-Watson stat    |           | 1.997699  |

Tabloda (üst blokta) ARMA modelinin parametrelerinin mutlak değerlerinin 1 den küçük ve istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamlarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 122 ve Tablo 123'de istatistiksel önemli katsayıların olmaması, (Tablo 127'de 10. gecikme hariç) otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 122: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 03:16  
Sample: 8 935  
Included observations: 928  
Q-statistic probabilities  
ted for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC | PAC   | Q-Stat | Prob   |
|-----------------|---------------------|----|-------|--------|--------|
| .1              | .1                  | 1  | 0.007 | 0.007  | 0.0507 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 2  | -0.005 | -0.005 | 0.0721 |       |
| .l. |  | .l. |  | 3  | -0.021 | -0.021 | 0.4767 | 0.490 |
| .l. |  | .l. |  | 4  | -0.021 | -0.021 | 0.8902 | 0.641 |
| .l. |  | .l. |  | 5  | 0.045  | 0.045  | 2.7897 | 0.425 |
| .l. |  | .l. |  | 6  | -0.028 | -0.030 | 3.5438 | 0.471 |
| .l. |  | .l. |  | 7  | -0.011 | -0.011 | 3.6549 | 0.600 |
| .l. |  | .l. |  | 8  | -0.002 | -0.001 | 3.6586 | 0.723 |
| .l. |  | .l. |  | 9  | 0.040  | 0.041  | 5.1980 | 0.636 |
| .l. |  | .l. |  | 10 | 0.033  | 0.028  | 6.2089 | 0.624 |
| .l. |  | .l. |  | 11 | -0.044 | -0.042 | 8.0175 | 0.532 |
| .l. |  | .l. |  | 12 | 0.038  | 0.041  | 9.3790 | 0.497 |
| .l. |  | .l. |  | 13 | 0.039  | 0.041  | 10.846 | 0.456 |
| .l. |  | .l. |  | 14 | 0.036  | 0.031  | 12.040 | 0.442 |
| .l. |  | .l. |  | 15 | -0.021 | -0.023 | 12.469 | 0.490 |
| .l. |  | .l. |  | 16 | 0.042  | 0.053  | 14.166 | 0.437 |
| .l. |  | .l. |  | 17 | 0.022  | 0.020  | 14.630 | 0.478 |
| .l. |  | .l. |  | 18 | -0.035 | -0.039 | 15.809 | 0.466 |
| .l. |  | .l. |  | 19 | 0.018  | 0.017  | 16.109 | 0.516 |
| .l. |  | .l. |  | 20 | 0.018  | 0.029  | 16.410 | 0.564 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | 0.002  | -0.004 | 16.413 | 0.630 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.041 | -0.051 | 18.028 | 0.586 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | -0.037 | -0.031 | 19.300 | 0.566 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | 0.004  | 0.005  | 19.312 | 0.626 |

**Tablo 123: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesinin Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 03:16

Sample: 8 935

Included observations: 928

Q-statistic probabilities  
tested for 2 ARMA term(s)

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC |        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l.             |  | .l.                 |  | 1  | 0.053  | 0.053  | 2.6078 |       |
| .l.             |  | .l.                 |  | 2  | -0.008 | -0.011 | 2.6708 |       |
| .l.             |  | .l.                 |  | 3  | -0.010 | -0.009 | 2.7551 | 0.097 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 4  | -0.022 | -0.021 | 3.1914 | 0.203 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 5  | -0.003 | -0.001 | 3.2011 | 0.362 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 6  | -0.010 | -0.010 | 3.2879 | 0.511 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 7  | -0.000 | 0.000  | 3.2881 | 0.656 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 8  | -0.046 | -0.047 | 5.2650 | 0.510 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 9  | 0.000  | 0.005  | 5.2652 | 0.628 |
| .l*             |  | .l*                 |  | 10 | 0.103  | 0.102  | 15.240 | 0.055 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 11 | 0.037  | 0.026  | 16.520 | 0.057 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 12 | -0.008 | -0.012 | 16.585 | 0.084 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 13 | 0.006  | 0.009  | 16.619 | 0.120 |
| .l. |  | .l. |  | 14 | 0.038  | 0.042  | 18.011 | 0.115 |
| .l. |  | .l. |  | 15 | 0.015  | 0.013  | 18.227 | 0.149 |
| .l. |  | .l. |  | 16 | -0.006 | -0.008 | 18.265 | 0.195 |
| .l. |  | .l. |  | 17 | -0.032 | -0.030 | 19.207 | 0.205 |
| .l. |  | .l. |  | 18 | -0.029 | -0.015 | 19.984 | 0.221 |
| .l. |  | .l. |  | 19 | 0.031  | 0.038  | 20.920 | 0.230 |
| .l. |  | .l. |  | 20 | 0.007  | -0.008 | 20.967 | 0.281 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.043 | -0.052 | 22.765 | 0.248 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.007 | 0.002  | 22.809 | 0.298 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | -0.037 | -0.035 | 24.085 | 0.289 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | -0.027 | -0.034 | 24.783 | 0.308 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 124) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 124: ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 2.614766 | Probability | 0.106214 |
| Obs*R-squared | 2.613033 | Probability | 0.105989 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

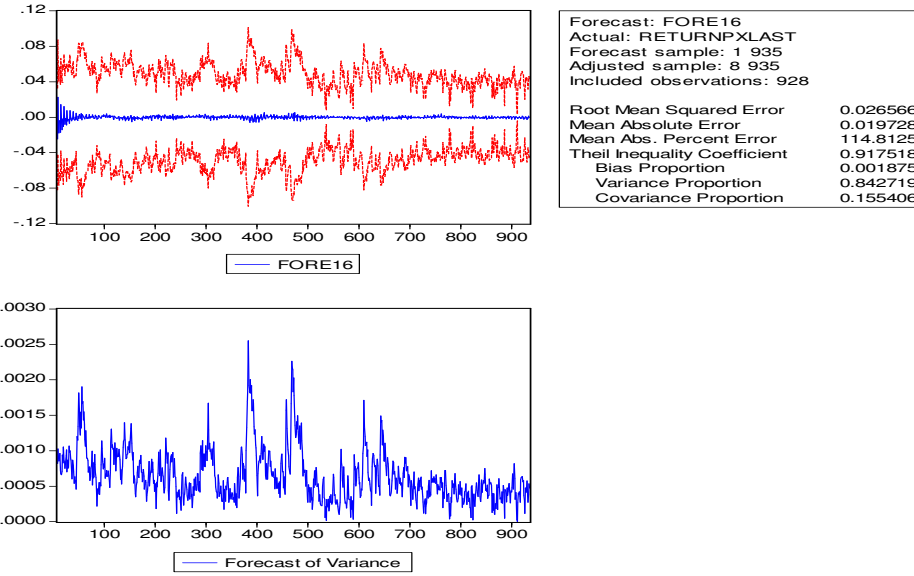
Method: Least Squares

Date: 09/05/07 Time: 03:17

Sample (adjusted): 9 935

Included observations: 927 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 0.949478    | 0.070289              | 13.50828    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | 0.053087    | 0.032830              | 1.617024    | 0.1062   |
| R-squared          | 0.002819    | Mean dependent var    |             | 1.002682 |
| Adjusted R-squared | 0.001741    | S.D. dependent var    |             | 1.892754 |
| S.E. of regression | 1.891106    | Akaike info criterion |             | 4.114356 |
| Sum squared resid  | 3308.060    | Schwarz criterion     |             | 4.124781 |
| Log likelihood     | -1905.004   | F-statistic           |             | 2.614766 |
| Durbin-Watson stat | 1.998213    | Prob(F-statistic)     |             | 0.106214 |



**Şekil 31: (11)Nolu-ARMA(6,6)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Şekil 31’de yan panoda (11) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE kriterlerinin, biraz artmasının yanı sıra, (2) ve (6) nolu modeller için elde edilen kriterlere çok yakın olduğu görülmektedir. Kriterler açısından bakıldığında (9) ve (10) nolu modellerin öngörü başarılarının daha yüksek olduğu söylenebilir. Sadece koşullu varyans denkleminde işlem hacmi değişkeninin katılması, ortalama denkleminde işlem hacmi değişkeninin çıkarılması sonucunda varyansın açıklanma oranı artmakta, ancak tüm modelin öngörü başarısı düşmektedir.

Sonuç olarak 2001-2005 dönemi PXLAST getirisi için oluşturulan ortalama ve koşullu varyans modeli öngörüsü bir arada değerlendirildiğinde (9) ve (10) nolu modellerin uygun olduğu söylenebilir. Analiz döneminde tüm modeller, volatilitenin dönem sonuna doğru azaldığını ve bunun da sürekli olacakmış gibi bir seyir izlediği görülmektedir. Bu noktada vadeli işlemler piyasasının açılacak olması duyumunun, iyi haber etkisi yaratıp volatilitiyi azalttığı düşünülebilir. Ayrıca öngörü başarısının, işlem hacmi değişkeninin denklemlere katılması sonucu artması da üzerinde durulması gereken önemli bir noktadır.

### 5.4.3. 2005-2007 Dönemi

PXLAST getiri serisinin (ReturnPXLAST) Tablo 125’de verilmiş olan otokorelasyon fonksiyonu ve kısmi korelasyon fonksiyonunda hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayının olmaması nedeni ile ortalama denklemi için uygun modelin ARMA(0,0) olduğuna karar verilmiştir. Bu durumda model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \varepsilon_t \quad (1)$$

şeklini almıştır. Bu nedenle modele işlem hacmi katılarak yeni ortalama modeli

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \theta_1 \text{RVOLUME}_t + \theta_2 \text{RVOLUME}_{t-1} + \varepsilon_t \quad (2)$$

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 125’de verilmiştir.

**Tablo 125: (2) nolu- ARMA(0,0) Ortalama Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:24

Sample (adjusted): 3 610

Included observations: 608 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.012730    | 0.002071              | 6.146101    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.004606    | 0.002071              | 2.223912    | 0.0265    |
| R-squared          | 0.057237    | Mean dependent var    |             | 0.000886  |
| Adjusted R-squared | 0.055682    | S.D. dependent var    |             | 0.017600  |
| S.E. of regression | 0.017103    | Akaike info criterion |             | -5.295866 |
| Sum squared resid  | 0.177258    | Schwarz criterion     |             | -5.281359 |
| Log likelihood     | 1611.943    | Durbin-Watson stat    |             | 1.870593  |

Tabloda işlem hacminin getiriye (t) ve (t-1) dönemlerinde pozitif yönde etkilendiği görülmektedir. Bu modelin geçerli olması için modelin tahmini sonucu elde edilen artıkların otokorelasyonsuz olması gereklidir. Bu nedenle ilk olarak artıklarda otokorelasyonun olup olmadığının ortaya çıkarılması amacı ile artıkların OKFnu çizilmiştir. Ardından LM testi yapılmıştır. Tablo 126’da hiçbir gecikmede istatistiksel önemli katsayı olmadığı için artıkların otokorelasyonsuz olduğu söylenebilir. Tablo 127’de verilen LM testi sonuçları da artıklarda otokorelasyon olmadığını desteklemiştir.

**Tablo 126:(2) nolu-ARMA(0,0) Ortalama Modeli Artıklarının  
Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 23:24

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1.             |  | .1.                 |  | 1  | 0.059  | 0.059  | 2.1198 | 0.145 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 2  | 0.050  | 0.047  | 3.6391 | 0.162 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 3  | -0.036 | -0.042 | 4.4320 | 0.218 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 4  | -0.002 | 0.000  | 4.4346 | 0.350 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 5  | -0.042 | -0.038 | 5.4940 | 0.359 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 6  | -0.038 | -0.035 | 6.3636 | 0.384 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 7  | -0.037 | -0.029 | 7.1989 | 0.408 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 8  | -0.044 | -0.041 | 8.4158 | 0.394 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 9  | -0.010 | -0.005 | 8.4737 | 0.487 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 10 | 0.041  | 0.043  | 9.5346 | 0.482 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 11 | 0.001  | -0.009 | 9.5356 | 0.573 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 12 | -0.045 | -0.054 | 10.815 | 0.545 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 13 | 0.011  | 0.015  | 10.894 | 0.620 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 14 | 0.001  | -0.001 | 10.895 | 0.694 |
| .1*             |  | .1.                 |  | 15 | 0.069  | 0.065  | 13.866 | 0.536 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 16 | 0.020  | 0.014  | 14.109 | 0.591 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 17 | -0.008 | -0.019 | 14.151 | 0.656 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 18 | -0.033 | -0.028 | 14.846 | 0.673 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 19 | -0.053 | -0.050 | 16.594 | 0.617 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 20 | -0.044 | -0.038 | 17.816 | 0.600 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 21 | -0.027 | -0.014 | 18.292 | 0.630 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 22 | 0.041  | 0.054  | 19.380 | 0.622 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 23 | 0.039  | 0.037  | 20.345 | 0.621 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 24 | 0.032  | 0.016  | 20.980 | 0.640 |

**Tablo 127: ARMA(0,0) Ortalama Modeli LM Testi Sonucu**

Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 1.997046 | Probability | 0.136631 |
| Obs*R-squared | 2.406092 | Probability | 0.300278 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:26

Presample missing value lagged residuals set to zero.

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.000235    | 0.002075              | 0.113350    | 0.9098    |
| RVOLUME(-1)        | 6.92E-05    | 0.002068              | 0.033468    | 0.9733    |
| RESID(-1)          | 0.059391    | 0.040654              | 1.460910    | 0.1446    |
| RESID(-2)          | 0.051919    | 0.040826              | 1.271724    | 0.2040    |
| R-squared          | 0.003957    | Mean dependent var    |             | 0.000874  |
| Adjusted R-squared | -0.000990   | S.D. dependent var    |             | 0.017066  |
| S.E. of regression | 0.017075    | Akaike info criterion |             | -5.295878 |
| Sum squared resid  | 0.176094    | Schwarz criterion     |             | -5.266864 |
| Log likelihood     | 1613.947    | Durbin-Watson stat    |             | 1.991979  |

LM testi yardımı ile de artıkların otokorelasyonsuz olduğu saptandı. Ancak artıkların karesinde otokorelasyonun olup olmadığının gözlenmesi amacı ile artıkların karelerinin korelogramı çizilmiştir. Tablo 128’de birçok gecikmede istatistiksel önemli katsayıların varlığı görülmektedir. Bu da artıkların karelerinde otokorelasyon olduğunu ortaya koymaktadır.

**Tablo 128: (2)nolu- ARMA(0,0) Modeli Artıkları Karesinin Otokorelasyon ve Kısmi Korelasyon Fonksiyonları**

Date: 09/03/07 Time: 23:24

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC   | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|-------|--------|--------|-------|
| .1*             |  | .1*                 |  | 1  | 0.097 | 0.097  | 5.7194 | 0.017 |
| .1*             |  | .1*                 |  | 2  | 0.145 | 0.137  | 18.675 | 0.000 |
| .1*             |  | .1.                 |  | 3  | 0.087 | 0.063  | 23.317 | 0.000 |
| .1**            |  | .1**                |  | 4  | 0.233 | 0.208  | 56.725 | 0.000 |
| .1*             |  | .1*                 |  | 5  | 0.116 | 0.070  | 64.960 | 0.000 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 6  | 0.062 | -0.008 | 67.324 | 0.000 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 7  | 0.032 | -0.022 | 67.945 | 0.000 |
| .1.             |  | *1.                 |  | 8  | 0.004 | -0.066 | 67.952 | 0.000 |
| .1*             |  | .1.                 |  | 9  | 0.084 | 0.047  | 72.282 | 0.000 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 10 | 0.021 | 0.002  | 72.550 | 0.000 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 11 | 0.048 | 0.034  | 73.956 | 0.000 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 12 | 0.028 | 0.033  | 74.460 | 0.000 |
| .1*             |  | .1.                 |  | 13 | 0.078 | 0.050  | 78.238 | 0.000 |

|      |  |      |  |    |        |        |        |       |
|------|--|------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l.  |  | .l.  |  | 14 | 0.044  | 0.019  | 79.446 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 15 | -0.011 | -0.055 | 79.528 | 0.000 |
| .l.* |  | .l.* |  | 16 | 0.133  | 0.115  | 90.650 | 0.000 |
| .l.  |  | *l.  |  | 17 | -0.028 | -0.073 | 91.159 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 18 | 0.018  | -0.027 | 91.354 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 19 | 0.001  | 0.010  | 91.355 | 0.000 |
| .l.* |  | .l.  |  | 20 | 0.084  | 0.046  | 95.847 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 21 | -0.008 | -0.008 | 95.883 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 22 | 0.001  | -0.013 | 95.884 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 23 | 0.025  | 0.024  | 96.287 | 0.000 |
| .l.  |  | .l.  |  | 24 | 0.039  | 0.022  | 97.251 | 0.000 |

Artıkların karelerinde otokorelasyon olması, model artıklarının ARCH etkisi taşıdığının göstergesi olarak alınabilir. Bu nedenle, model artıklarının ARCH etkisi taşıyıp taşımadığının belirlenmesi, getiri serisi volatilitésinin ARCH tipi modellerle tanımlanıp tanımlanmayacağını ortaya çıkarması ve ARCH etkisinin derecesini saptamak için gereklidir. Bu nedenle (1) nolu modelin artıklarına ARCH testi yapılmıştır. Günlük verilerle çalışıldığı için 5. derecede ARCH etkisinin sınanması amacı ile yapılan testin sonucunda ilk 2 derecede istatistiksel önemli katsayılar elde edilmiş ve 2. dereceden ARCH etkisinin test edilmesi amacı yapılan testin sonuçları Tablo 129'da verilmiştir.

**Tablo 129: (2) nolu-ARMA(0,0) Modeli ARCH Tesi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 8.733733 | Probability | 0.000182 |
| Obs*R-squared | 17.06018 | Probability | 0.000197 |

Test Equation:

Dependent Variable: RESID^2

Method: Least Squares

Date: 09/03/07 Time: 23:26

Sample (adjusted): 5 610

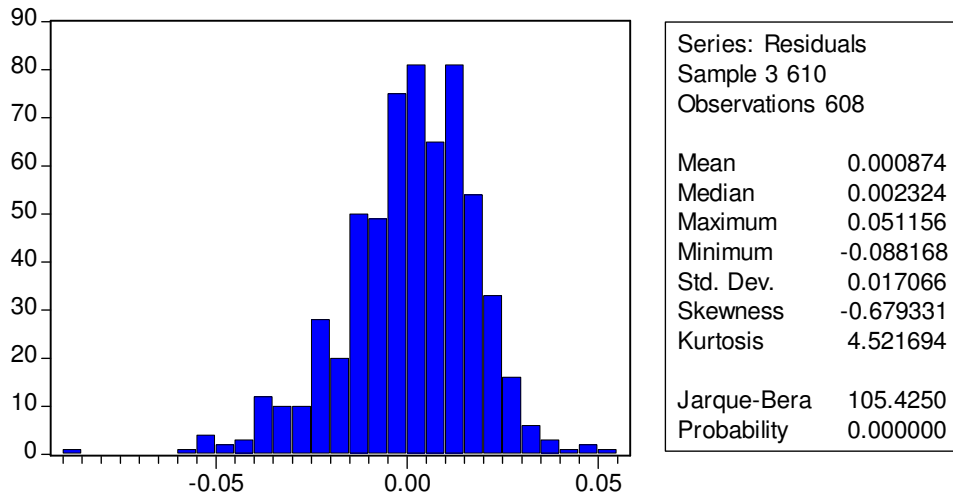
Included observations: 606 after adjustments

| Variable    | Coefficient | Std. Error | t-Statistic | Prob.  |
|-------------|-------------|------------|-------------|--------|
| C           | 0.000227    | 2.67E-05   | 8.492981    | 0.0000 |
| RESID^2(-1) | 0.083836    | 0.040333   | 2.078591    | 0.0381 |
| RESID^2(-2) | 0.137406    | 0.040322   | 3.407673    | 0.0007 |

|                    |          |                       |           |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.028152 | Mean dependent var    | 0.000291  |
| Adjusted R-squared | 0.024929 | S.D. dependent var    | 0.000537  |
| S.E. of regression | 0.000530 | Akaike info criterion | -12.24241 |
| Sum squared resid  | 0.000169 | Schwarz criterion     | -12.22059 |
| Log likelihood     | 3712.450 | F-statistic           | 8.733733  |
| Durbin-Watson stat | 2.017470 | Prob(F-statistic)     | 0.000182  |

Tablo 134’da ise model artıklarının dağılımı ile ilgili bilgi görülmektedir. 2005-2007 dönemi için oluşturulan (2) nolu model artıklarının sola asimetrik, basık olduğu ve normal dağılmadığı görülmektedir.

**Tablo 134:(2) nolu Modelin Artıklarının Dağılımı ile İlgili Bilgiler**



Tablo 134’de verilen değerler, artıklarda ARCH etkisinin varlığını ortaya koymuştur. Bu durumda ortalama denklemi ARMA(0,0), koşullu varyans denklemi ARCH(2) olan model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \theta_1 \text{RVOLUME}_t + \theta_2 \text{RVOLUME}_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$h_t = \sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \alpha_2 \varepsilon_{t-2}^2 \quad (3)$$

olarak oluşturulmuş ve tahmin sonuçları Tablo 130’da verilmiştir. (3) nolu denklem, artıkların normal dağılmadığı, student-t dağılımına uygun olduğu varsayımı ile Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemi ve Marquardt algoritması ile tahmin edilmiştir.

**Tablo 130: (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 23:27  
Sample (adjusted): 3 610  
Included observations: 608 after adjustments  
Convergence achieved after 12 iterations  
Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*RESID(-2)^2

|                    | Coefficient | Std. Error            | z-Statistic | Prob.     |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|-----------|
| RVOLUME            | 0.014560    | 0.001830              | 7.957670    | 0.0000    |
| RVOLUME(-1)        | 0.006721    | 0.002048              | 3.281337    | 0.0010    |
| Variance Equation  |             |                       |             |           |
| C                  | 0.000201    | 2.27E-05              | 8.850401    | 0.0000    |
| RESID(-1)^2        | 0.151219    | 0.074695              | 2.024484    | 0.0429    |
| RESID(-2)^2        | 0.171325    | 0.078188              | 2.191207    | 0.0284    |
| T-DIST. DOF        | 8.873687    | 2.498578              | 3.551495    | 0.0004    |
| R-squared          | 0.054930    | Mean dependent var    |             | 0.000886  |
| Adjusted R-squared | 0.047081    | S.D. dependent var    |             | 0.017600  |
| S.E. of regression | 0.017181    | Akaike info criterion |             | -5.351658 |
| Sum squared resid  | 0.177692    | Schwarz criterion     |             | -5.308136 |
| Log likelihood     | 1632.904    | Durbin-Watson stat    |             | 1.875018  |

Tabloda (üst blokta) işlem hacmi değişkenine ait parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu görülmektedir. Alt blokta ise ARCH(2) modeli parametrelerinin sıfırdan büyük ve toplamlarının birden küçük, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bu durumda modelin kısıtlar bağlamında geçerli olduğu söylenebilir.

Ancak modelin geçerliliği için modelin ARCH etkisini kapsaması; artıklarında ve artık karelerinde otokorelasyonun gözlenmemesi, yani bağımlılığın ortadan kalkmış olması gerekmektedir. Bu amaçla ilk olarak modelin standardize edilmiş artıklarının (Tablo 131), ardından da karelerinin korelogramı (Tablo 132) çizilmiştir.

**Tablo 131: (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:27

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC        | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|-----------|--------|--------|-------|
| . *             | . *                 | 1 0.072   | 0.072  | 3.1386 | 0.076 |
| . .             | . .                 | 2 0.039   | 0.034  | 4.0676 | 0.131 |
| . .             | . .                 | 3 -0.013  | -0.018 | 4.1703 | 0.244 |
| . .             | . .                 | 4 -0.016  | -0.015 | 4.3266 | 0.364 |
| . .             | . .                 | 5 -0.031  | -0.028 | 4.9292 | 0.425 |
| . .             | . .                 | 6 -0.041  | -0.037 | 5.9894 | 0.424 |
| . .             | . .                 | 7 -0.027  | -0.020 | 6.4484 | 0.488 |
| . .             | . .                 | 8 -0.052  | -0.048 | 8.1435 | 0.420 |
| . .             | . .                 | 9 -0.017  | -0.010 | 8.3176 | 0.502 |
| . .             | . .                 | 10 0.042  | 0.046  | 9.4302 | 0.492 |
| . .             | . .                 | 11 0.017  | 0.008  | 9.6072 | 0.566 |
| . .             | . .                 | 12 -0.045 | -0.055 | 10.866 | 0.540 |
| . .             | . .                 | 13 0.019  | 0.021  | 11.083 | 0.604 |
| . .             | . .                 | 14 -0.019 | -0.021 | 11.303 | 0.662 |
| . *             | . *                 | 15 0.073  | 0.073  | 14.619 | 0.479 |
| . .             | . .                 | 16 0.021  | 0.013  | 14.903 | 0.532 |
| . .             | . .                 | 17 -0.004 | -0.013 | 14.912 | 0.602 |
| . .             | . .                 | 18 -0.026 | -0.023 | 15.324 | 0.640 |
| . .             | . .                 | 19 -0.052 | -0.045 | 17.009 | 0.589 |
| . .             | . .                 | 20 -0.054 | -0.050 | 18.840 | 0.532 |
| . .             | . .                 | 21 -0.026 | -0.011 | 19.252 | 0.569 |
| . .             | . .                 | 22 0.044  | 0.057  | 20.494 | 0.552 |
| . .             | . .                 | 23 0.040  | 0.038  | 21.498 | 0.551 |
| . .             | . .                 | 24 0.031  | 0.019  | 22.093 | 0.574 |

**Tablo 132. (3)nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Standardize Artıkların Kareleri Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:27

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation | Partial Correlation | AC       | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|---------------------|----------|--------|--------|-------|
| . .             | . .                 | 1 -0.025 | -0.025 | 0.3863 | 0.534 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 2  | -0.025 | -0.026 | 0.7795 | 0.677 |
| .l. |  | .l. |  | 3  | 0.020  | 0.018  | 1.0167 | 0.797 |
| .l* |  | .l* |  | 4  | 0.143  | 0.143  | 13.558 | 0.009 |
| .l* |  | .l* |  | 5  | 0.066  | 0.077  | 16.277 | 0.006 |
| .l. |  | .l. |  | 6  | 0.010  | 0.022  | 16.338 | 0.012 |
| .l. |  | .l. |  | 7  | 0.011  | 0.009  | 16.406 | 0.022 |
| .l. |  | .l. |  | 8  | -0.026 | -0.050 | 16.828 | 0.032 |
| .l. |  | .l. |  | 9  | 0.057  | 0.034  | 18.867 | 0.026 |
| .l. |  | .l. |  | 10 | -0.008 | -0.017 | 18.905 | 0.041 |
| .l. |  | .l. |  | 11 | 0.035  | 0.035  | 19.680 | 0.050 |
| .l. |  | .l. |  | 12 | -0.016 | -0.007 | 19.847 | 0.070 |
| .l* |  | .l* |  | 13 | 0.090  | 0.086  | 24.895 | 0.024 |
| .l. |  | .l. |  | 14 | 0.009  | 0.011  | 24.942 | 0.035 |
| .l. |  | .l. |  | 15 | -0.022 | -0.026 | 25.251 | 0.047 |
| .l* |  | .l* |  | 16 | 0.130  | 0.126  | 35.804 | 0.003 |
| .l. |  | .l. |  | 17 | -0.031 | -0.047 | 36.393 | 0.004 |
| .l. |  | .l. |  | 18 | -0.019 | -0.032 | 36.611 | 0.006 |
| .l. |  | .l. |  | 19 | -0.002 | -0.004 | 36.612 | 0.009 |
| .l* |  | .l. |  | 20 | 0.079  | 0.042  | 40.531 | 0.004 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.025 | -0.018 | 40.911 | 0.006 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.028 | -0.026 | 41.396 | 0.007 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | 0.010  | 0.011  | 41.458 | 0.010 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | 0.022  | 0.012  | 41.773 | 0.014 |

Tablo 131 ve Tablo 132’de birden fazla istatistiksel önemli katsayının varlığı görülmektedir. Bu da modelin artıklarında ve karelerinde bağımlılığın tam olarak ortadan kalkmadığının göstergesi olarak alınabilir.

Modelin tahmin sonucu ARCH etkisinin ortadan kalkması beklenmektedir. Bu amaçla ARCH-LM testi yapılmıştır. 1. dereceden ARCH testi sonuçları Tablo 133’de verilmiştir.

**Tablo 133: (3)nolu-ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.380881 | Probability | 0.537364 |
| Obs*R-squared | 0.381899 | Probability | 0.536588 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

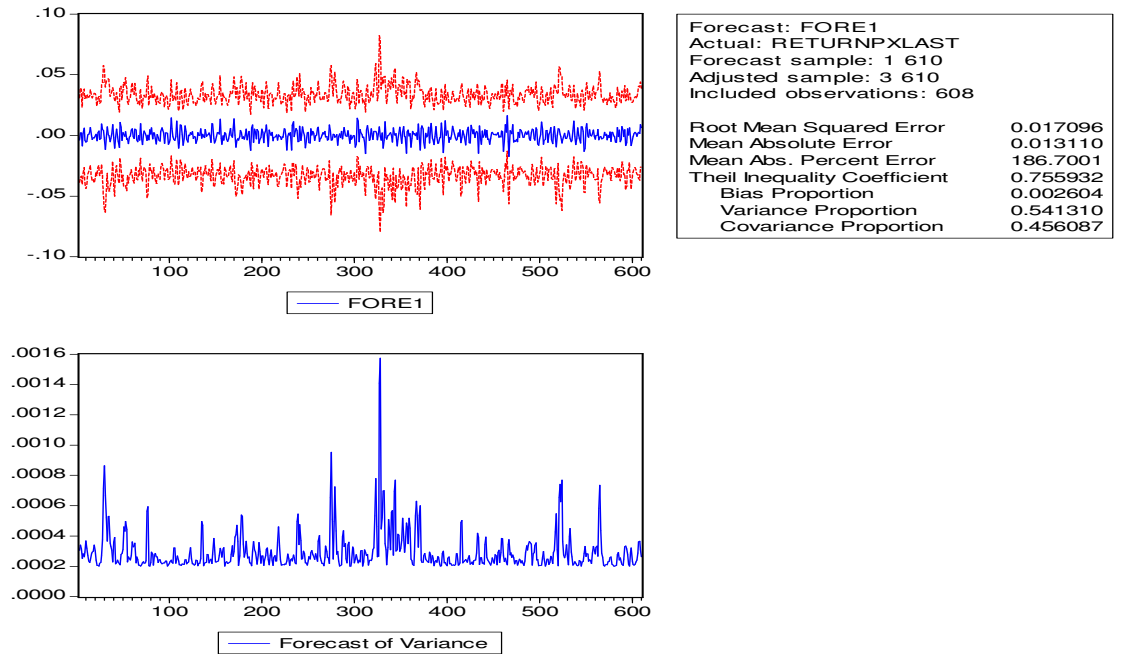
Date: 09/03/07 Time: 23:28

Sample (adjusted): 4 610

Included observations: 607 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.032686    | 0.089432              | 11.54723    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | -0.025080   | 0.040639              | -0.617155   | 0.5374   |
| R-squared          | 0.000629    | Mean dependent var    |             | 1.007368 |
| Adjusted R-squared | -0.001023   | S.D. dependent var    |             | 1.956855 |
| S.E. of regression | 1.957855    | Akaike info criterion |             | 4.184866 |
| Sum squared resid  | 2319.084    | Schwarz criterion     |             | 4.199391 |
| Log likelihood     | -1268.107   | F-statistic           |             | 0.380881 |
| Durbin-Watson stat | 2.000584    | Prob(F-statistic)     |             | 0.537364 |

(3) nolu modelin ARCH etkisini ortadan kaldırdığı görülmüş ve bu nedenle de 2005-2007 dönemi için oluşturulan modelin öngörü amaçlı kullanılabileceğine karar verilmiştir. Aşağıda modelin varyans öngörüsü ile ilgili grafik ve kriterlere yer verilmiştir.



**Şekil 32: (3) nolu- ARMA(0,0)-ARCH(2) Modeli Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans öngörü grafiği

incelendiğinde, volatilitenin dönem başında ve dönem sonunda düşük olduğu, bunun da devam edeceği söylenebilir.

ARCH modelinin ARCH etkisini kapsamasının yanı sıra bağımlılığı tam olarak ortadan kaldırmadığı görüldüğünden, ayrıca GARCH tipi modellerin volatilité modellemesinde daha başarılı sonuçlarının olduğunun vurgulanması nedeni ile çalışmaya GARCH modellerinin tahmini ile devam edilmiştir.

Bu durumda, ortalama denklemi ARMA(0,0), koşullu varyans denklemi GARCH(1,1) olan model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \theta_1 \text{RVOLUME}_t + \theta_2 \text{RVOLUME}_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2$$

( 4)

olarak oluşturulmuştur. (4) nolu denklem, dağılımın normal olmaması nedeni ile student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması yardımı ile tahmin edilmiş ve sonuçları Tablo 134’de verilmiştir.

**Tablo 134: (4)nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 23:29  
Sample (adjusted): 3 610  
Included observations: 608 after adjustments  
Convergence achieved after 20 iterations  
Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1)

|                   | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|-------------------|-------------|------------|-------------|--------|
| RVOLUME           | 0.013997    | 0.001787   | 7.831187    | 0.0000 |
| RVOLUME(-1)       | 0.006268    | 0.002010   | 3.118308    | 0.0018 |
| Variance Equation |             |            |             |        |
| C                 | 3.43E-05    | 1.57E-05   | 2.176431    | 0.0295 |
| RESID(-1)^2       | 0.129705    | 0.049179   | 2.637386    | 0.0084 |
| GARCH(-1)         | 0.752292    | 0.086102   | 8.737216    | 0.0000 |
| T-DIST. DOF       | 11.64386    | 4.386020   | 2.654766    | 0.0079 |

|                    |          |                       |           |
|--------------------|----------|-----------------------|-----------|
| R-squared          | 0.055939 | Mean dependent var    | 0.000886  |
| Adjusted R-squared | 0.048098 | S.D. dependent var    | 0.017600  |
| S.E. of regression | 0.017171 | Akaike info criterion | -5.371218 |
| Sum squared resid  | 0.177502 | Schwarz criterion     | -5.327696 |
| Log likelihood     | 1638.850 | Durbin-Watson stat    | 1.874276  |

Tabloda (üst blokta) işlem hacmi değişkeni parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamalarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 135 ve Tablo 136'da istatistiksel önemli katsayıların olmaması (Tablo 135'de 1. ve 13. gecikme hariç), otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 135:ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:32

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1.             |  | .1.                 |  | 1  | -0.020 | -0.020 | 0.2446 | 0.621 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 2  | 0.011  | 0.010  | 0.3143 | 0.855 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 3  | -0.034 | -0.033 | 1.0053 | 0.800 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 4  | 0.065  | 0.063  | 3.5817 | 0.466 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 5  | 0.059  | 0.062  | 5.7303 | 0.333 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 6  | -0.014 | -0.015 | 5.8583 | 0.439 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 7  | -0.023 | -0.021 | 6.1919 | 0.518 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 8  | -0.049 | -0.050 | 7.6889 | 0.464 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 9  | 0.003  | -0.007 | 7.6952 | 0.565 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 10 | -0.044 | -0.047 | 8.8924 | 0.542 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 11 | 0.005  | 0.005  | 8.9095 | 0.630 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 12 | -0.039 | -0.029 | 9.8404 | 0.630 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 13 | 0.058  | 0.060  | 11.942 | 0.532 |
| .1.             |  | .1.                 |  | 14 | 0.006  | 0.014  | 11.967 | 0.609 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 15 | -0.033 | -0.034 | 12.639 | 0.630 |
| .l. |  | .l. |  | 16 | 0.033  | 0.036  | 13.332 | 0.648 |
| .l. |  | .l. |  | 17 | -0.043 | -0.047 | 14.480 | 0.633 |
| .l. |  | .l. |  | 18 | -0.016 | -0.034 | 14.632 | 0.687 |
| .l. |  | .l. |  | 19 | -0.011 | -0.006 | 14.708 | 0.741 |
| .l. |  | .l. |  | 20 | 0.060  | 0.056  | 16.950 | 0.656 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.019 | -0.011 | 17.180 | 0.700 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.035 | -0.031 | 17.945 | 0.709 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | 0.018  | 0.029  | 18.156 | 0.749 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | 0.014  | 0.008  | 18.286 | 0.789 |

**Tablo 136: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Korelerinin Korelogramı**

Date: 09/03/07 Time: 23:30

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l*             |  | .l*                 |  | 1  | 0.071  | 0.071  | 3.0801 | 0.079 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 2  | 0.039  | 0.034  | 4.0251 | 0.134 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 3  | 0.002  | -0.003 | 4.0278 | 0.258 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 4  | -0.001 | -0.002 | 4.0281 | 0.402 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 5  | -0.030 | -0.030 | 4.5905 | 0.468 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 6  | -0.032 | -0.028 | 5.2073 | 0.518 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 7  | -0.014 | -0.008 | 5.3302 | 0.620 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 8  | -0.053 | -0.050 | 7.0666 | 0.529 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 9  | -0.002 | 0.006  | 7.0690 | 0.630 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 10 | 0.041  | 0.044  | 8.1329 | 0.616 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 11 | 0.013  | 0.006  | 8.2412 | 0.692 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 12 | -0.047 | -0.053 | 9.6065 | 0.650 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 13 | 0.010  | 0.013  | 9.6711 | 0.721 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 14 | -0.032 | -0.033 | 10.318 | 0.739 |
| .l*             |  | .l*                 |  | 15 | 0.068  | 0.074  | 13.205 | 0.586 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 16 | 0.003  | -0.003 | 13.213 | 0.657 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 17 | -0.014 | -0.021 | 13.331 | 0.714 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 18 | -0.025 | -0.021 | 13.722 | 0.747 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 19 | -0.051 | -0.048 | 15.339 | 0.701 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 20 | -0.044 | -0.041 | 16.560 | 0.681 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 21 | -0.018 | -0.005 | 16.765 | 0.725 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 22 | 0.041  | 0.048  | 17.829 | 0.716 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 23 | 0.049  | 0.051  | 19.324 | 0.682 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 24 | 0.017  | 0.003  | 19.505 | 0.725 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 137) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 137: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi Sonucu**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.240875 | Probability | 0.623753 |
| Obs*R-squared | 0.241575 | Probability | 0.623071 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

Method: Least Squares

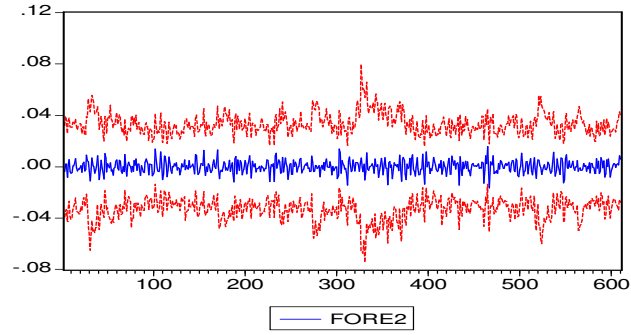
Date: 09/03/07 Time: 23:30

Sample (adjusted): 4 610

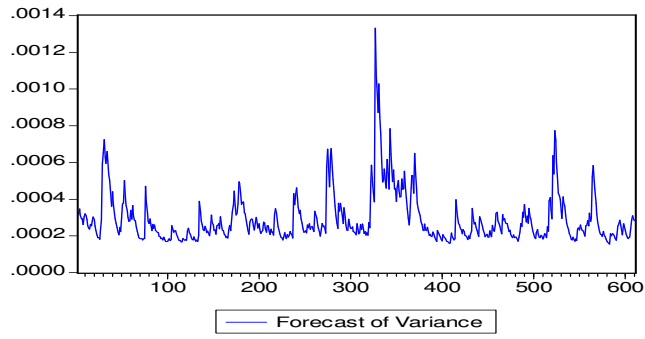
Included observations: 607 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.023116    | 0.081303              | 12.58399    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | -0.019947   | 0.040643              | -0.490790   | 0.6238   |
| R-squared          | 0.000398    | Mean dependent var    |             | 1.003066 |
| Adjusted R-squared | -0.001254   | S.D. dependent var    |             | 1.730790 |
| S.E. of regression | 1.731875    | Akaike info criterion |             | 3.939576 |
| Sum squared resid  | 1814.632    | Schwarz criterion     |             | 3.954102 |
| Log likelihood     | -1193.661   | F-statistic           |             | 0.240875 |
| Durbin-Watson stat | 1.998685    | Prob(F-statistic)     |             | 0.623753 |

ARCH etkisini kapsayan ve bağımlılık yapısını ortadan kaldıran (4) nolu modelin varyans öngörüsü grafiği ve öngörü başarı kriterleri aşağıda verilmiştir.



|                              |          |
|------------------------------|----------|
| Forecast: FORE2              |          |
| Actual: RETURNPXLAST         |          |
| Forecast sample: 1 610       |          |
| Adjusted sample: 3 610       |          |
| Included observations: 608   |          |
| Root Mean Squared Error      | 0.017086 |
| Mean Absolute Error          | 0.013111 |
| Mean Abs. Percent Error      | 182.0262 |
| Theil Inequality Coefficient | 0.762553 |
| Bias Proportion              | 0.002610 |
| Variance Proportion          | 0.559988 |
| Covariance Proportion        | 0.437402 |



**Şekil 33: (4) nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Modelin öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE değerlerinin sıfıra yakın olması, öngörünün başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Öngörü başarı kriterlerinin ARCH modelinde elde edilen değerlere yakın olduğu görülmektedir. Ancak (4) nolu modelin varyans öngörü grafiği ile (3) nolu modelin grafiklerinin oldukça farklı oldukları görülmektedir. Her iki grafikte de volatilitenin son dönemlerde azalmasının söz konusudur, ancak volatilitenin dönüşüm hızında bir farklılık söz konusudur. (3) nolu modelin volatilitesinde sık iniş çıkış gözlenirken (4) nolu model volatilitesinin daha yavaş değiştiği görülmektedir.

Yukarıda oluşturulan ortalama denkleminde işlem hacmi değişkenine yer verilmişti. Aşağıda ise işlem hacmi, fiyat serilerine veya daha doğru ifade ile getiri serilerine etkisinin olup olmadığını, varsa bu etkinin yönü hakkında bilgi sağlamak amacı ile varyans denkleminde de çeşitli gecikmelerde eklenmiştir. Ancak sadece (t) dönemi işlem hacminin volatilité üzerinde etkisi olduğu görülmüş ve model

$$\text{ReturnPXLAST}_t = \theta_1 \text{RVOLUME}_t + \theta_2 \text{RVOLUME}_{t-1} + \varepsilon_t$$

$$\sigma_t^2 = \alpha_0 + \alpha_1 \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_1 \sigma_{t-1}^2 + \phi \text{RVOLUME}_t \quad (5)$$

olarak oluşturulmuştur. (5) nolu denklem, dağılımın normal olmaması nedeni ile student-t dağılımı varsayımı altında ML yöntemi ve Marquardt algoritması yardımı ile tahmin edilmiş ve sonuçları Tablo 138’de verilmiştir.

**Tablo 138: (5) nolu- ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Tahmin Sonuçları**

Dependent Variable: RETURNPXLAST  
Method: ML - ARCH (Marquardt) - Student's t distribution  
Date: 09/03/07 Time: 23:34  
Sample (adjusted): 3 610  
Included observations: 608 after adjustments  
Convergence achieved after 29 iterations  
Variance backcast: ON  
GARCH = C(3) + C(4)\*RESID(-1)^2 + C(5)\*GARCH(-1) + C(6)  
\*RVOLUME

|             | Coefficient | Std. Error | z-Statistic | Prob.  |
|-------------|-------------|------------|-------------|--------|
| RVOLUME     | 0.008768    | 0.001847   | 4.748454    | 0.0000 |
| RVOLUME(-1) | 0.003940    | 0.002010   | 1.960659    | 0.0499 |

Variance Equation

Düzeltilme

|                    |          |                       |          |           |
|--------------------|----------|-----------------------|----------|-----------|
| C                  | 3.02E-05 | 1.52E-05              | 1.983721 | 0.0473    |
| RESID(-1)^2        | 0.093955 | 0.043007              | 2.184676 | 0.0289    |
| GARCH(-1)          | 0.790164 | 0.090551              | 8.726135 | 0.0000    |
| RVOLUME            | 0.000182 | 2.09E-05              | 8.707041 | 0.0000    |
| T-DIST. DOF        | 28.58520 | 21.95544              | 1.301964 | 0.1929    |
| R-squared          | 0.051520 | Mean dependent var    |          | 0.000886  |
| Adjusted R-squared | 0.042051 | S.D. dependent var    |          | 0.017600  |
| S.E. of regression | 0.017226 | Akaike info criterion |          | -5.423552 |
| Sum squared resid  | 0.178333 | Schwarz criterion     |          | -5.372777 |
| Log likelihood     | 1655.760 | Durbin-Watson stat    |          | 1.871720  |

Tabloda (üst blokta) ortalama modelinin parametrelerinin istatistiksel önemli olduğu, (alt blokta) GARCH modeli parametreleri  $\alpha_1$  ve  $\beta_1$  'in sıfırdan büyük, toplamlarının ise birden küçük ( $(\alpha_1 + \beta_1) < 1$ ) olduğu, aynı zamanda istatistiksel önemli oldukları görülmektedir. Bulgular, modelin kısıtlar açısından geçerli olduğunu ortaya koymaktadır.

Modelin geçerliliğinin sınanması için modelin standardize edilmiş artıkları ve artıkların karesinin korelogram analizlerinin yapılması, bağımlılığın ortadan kalkıp kalkmadığını görmek açısından önemlidir. Tablo 139 ve Tablo 140'da az sayıda istatistiksel önemli katsayıların olması, otokorelasyonun olmadığını ve bağımlılığın ortadan kalktığını göstermektedir.

**Tablo 139: (5)nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 17:17

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  | AC | PAC    | Q-Stat | Prob   |       |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .1              |  | .1                  |  | 1  | 0.058  | 0.058  | 2.0243 | 0.155 |
| .1              |  | .1                  |  | 2  | 0.032  | 0.029  | 2.6466 | 0.266 |
| .1              |  | .1                  |  | 3  | 0.001  | -0.002 | 2.6476 | 0.449 |
| .1              |  | .1                  |  | 4  | -0.004 | -0.005 | 2.6572 | 0.617 |
| .1              |  | .1                  |  | 5  | -0.037 | -0.036 | 3.4903 | 0.625 |
| .1              |  | .1                  |  | 6  | -0.032 | -0.028 | 4.1118 | 0.662 |

|      |  |      |  |    |        |        |        |       |
|------|--|------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l.  |  | .l.  |  | 7  | -0.027 | -0.022 | 4.5601 | 0.713 |
| .l.  |  | .l.  |  | 8  | -0.039 | -0.035 | 5.5122 | 0.702 |
| .l.  |  | .l.  |  | 9  | -0.003 | 0.002  | 5.5180 | 0.787 |
| .l.  |  | .l.  |  | 10 | 0.038  | 0.039  | 6.4018 | 0.780 |
| .l.  |  | .l.  |  | 11 | 0.016  | 0.010  | 6.5638 | 0.833 |
| .l.  |  | .l.  |  | 12 | -0.045 | -0.052 | 7.8480 | 0.797 |
| .l.  |  | .l.  |  | 13 | 0.016  | 0.017  | 8.0150 | 0.843 |
| .l.  |  | .l.  |  | 14 | -0.037 | -0.039 | 8.8829 | 0.838 |
| .l.* |  | .l.* |  | 15 | 0.070  | 0.075  | 11.927 | 0.685 |
| .l.  |  | .l.  |  | 16 | -0.005 | -0.009 | 11.941 | 0.748 |
| .l.  |  | .l.  |  | 17 | -0.008 | -0.012 | 11.977 | 0.802 |
| .l.  |  | .l.  |  | 18 | -0.020 | -0.017 | 12.227 | 0.835 |
| .l.  |  | .l.  |  | 19 | -0.056 | -0.057 | 14.209 | 0.771 |
| .l.  |  | .l.  |  | 20 | -0.046 | -0.041 | 15.557 | 0.744 |
| .l.  |  | .l.  |  | 21 | -0.025 | -0.015 | 15.957 | 0.772 |
| .l.  |  | .l.  |  | 22 | 0.046  | 0.056  | 17.300 | 0.747 |
| .l.  |  | .l.  |  | 23 | 0.050  | 0.050  | 18.882 | 0.708 |
| .l.  |  | .l.  |  | 24 | 0.014  | 0.000  | 19.000 | 0.752 |

**Tablo 140:(5)nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli Standardize Artıkları  
Karesi Korelogramı**

Date: 09/05/07 Time: 17:17

Sample: 3 610

Included observations: 608

| Autocorrelation |  | Partial Correlation |  |    | AC     | PAC    | Q-Stat | Prob  |
|-----------------|--|---------------------|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l.             |  | .l.                 |  | 1  | -0.023 | -0.023 | 0.3170 | 0.573 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 2  | 0.025  | 0.024  | 0.6981 | 0.705 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 3  | -0.015 | -0.014 | 0.8322 | 0.842 |
| .l*             |  | .l*                 |  | 4  | 0.077  | 0.076  | 4.4838 | 0.344 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 5  | 0.055  | 0.059  | 6.3285 | 0.276 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 6  | -0.013 | -0.014 | 6.4280 | 0.377 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 7  | -0.012 | -0.013 | 6.5178 | 0.481 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 8  | -0.043 | -0.047 | 7.6385 | 0.470 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 9  | 0.042  | 0.031  | 8.7079 | 0.465 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 10 | -0.020 | -0.018 | 8.9533 | 0.537 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 11 | 0.003  | 0.003  | 8.9607 | 0.626 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 12 | -0.031 | -0.021 | 9.5570 | 0.655 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 13 | 0.034  | 0.032  | 10.284 | 0.671 |
| .l*             |  | .l*                 |  | 14 | 0.066  | 0.067  | 12.971 | 0.529 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 15 | -0.018 | -0.016 | 13.174 | 0.589 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 16 | 0.034  | 0.033  | 13.886 | 0.607 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 17 | -0.037 | -0.034 | 14.749 | 0.614 |
| .l.             |  | .l.                 |  | 18 | 0.001  | -0.021 | 14.749 | 0.679 |

|     |  |     |  |    |        |        |        |       |
|-----|--|-----|--|----|--------|--------|--------|-------|
| .l. |  | .l. |  | 19 | -0.013 | -0.015 | 14.863 | 0.731 |
| .l* |  | .l* |  | 20 | 0.075  | 0.072  | 18.421 | 0.560 |
| .l. |  | .l. |  | 21 | -0.026 | -0.014 | 18.833 | 0.596 |
| .l. |  | .l. |  | 22 | -0.029 | -0.027 | 19.381 | 0.622 |
| .l. |  | .l. |  | 23 | 0.034  | 0.036  | 20.135 | 0.634 |
| .l. |  | .l. |  | 24 | 0.033  | 0.031  | 20.847 | 0.648 |

Yapılan ARCH-LM testi de (Tablo 141) modelin artıklarında ARCH etkisinin kalktığını, modelin ARCH etkisini kapsadığını ortaya koymuştur.

**Tablo 141: ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli ARCH-LM Testi**

ARCH Test:

|               |          |             |          |
|---------------|----------|-------------|----------|
| F-statistic   | 0.312379 | Probability | 0.576431 |
| Obs*R-squared | 0.313250 | Probability | 0.575692 |

Test Equation:

Dependent Variable: STD\_RESID^2

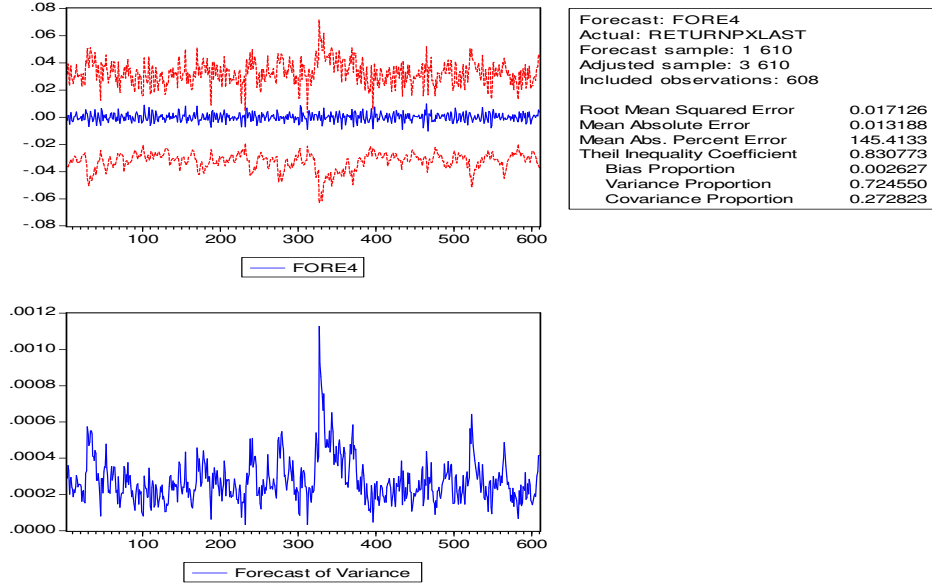
Method: Least Squares

Date: 09/05/07 Time: 17:17

Sample (adjusted): 4 610

Included observations: 607 after adjustments

| Variable           | Coefficient | Std. Error            | t-Statistic | Prob.    |
|--------------------|-------------|-----------------------|-------------|----------|
| C                  | 1.023068    | 0.074725              | 13.69110    | 0.0000   |
| STD_RESID^2(-1)    | -0.022707   | 0.040628              | -0.558909   | 0.5764   |
| R-squared          | 0.000516    | Mean dependent var    |             | 1.000291 |
| Adjusted R-squared | -0.001136   | S.D. dependent var    |             | 1.542256 |
| S.E. of regression | 1.543131    | Akaike info criterion |             | 3.708794 |
| Sum squared resid  | 1440.659    | Schwarz criterion     |             | 3.723320 |
| Log likelihood     | -1123.619   | F-statistic           |             | 0.312379 |
| Durbin-Watson stat | 1.997240    | Prob(F-statistic)     |             | 0.576431 |



**Şekil 34: (5)Nolu-ARMA(0,0)-GARCH(1,1) Modeli için Öngörü ve Öngörü Başarı Kriterleri**

Şekil 31’de yan panoda (5) nolu modele dayanarak yapılan öngörünün başarısını gösteren öngörü başarı kriterlerinden RMSE ve MAE kriterlerinin, (4)nolu model için elde edilen kriterlerle aynı olduğu, ancak Theil kriteri değerinin biraz büyüdüğü görülmektedir. Koşullu varyans denklemine işlem hacmi değişkeninin katılması, varyansın öngörü başarısının daha arttığı görülmektedir. Bu durumda volatilitenin öngörü başarısının arttığı (5) nolu modelin, diğer modellere tercih edilebileceği söylenebilir.

Sonuç olarak 2005-2007 VOB sonrası dönem için yapılan volatilité modellemesinde işlem hacminin koşullu varyans denklemine katılması, volatilité öngörü başarısını arttırmıştır. Bu dönemde volatilitédeki artışın sürekli olacağı da ifade edilebilir.

## SONUÇLAR VE DEĞERLENDİRME

Vadeli işlemler piyasaları, Türkiye'nin 2000li yıllarla birlikte tanıştığı bir olgudur. 24 Ocak 1980'de alınan piyasaları liberalleştirme kararının doğal ve gecikmeli de olsa bir uzantısı sayılabilecek vadeli işlemler piyasasının Türkiye'deki varlığı henüz ekonominin gidişatını doğrudan etkilemese de, bu potansiyeli haizdir. Bu çalışmada ilk olarak vadeli işlem piyasalarının tarihsel evrimi ve gerek küresel, gerek Türkiye özelindeki kapsamı ele alınmıştır. Her ne kadar vadeli işlemler borsası ve ilintili endekslerin sürdüğü bir piyasa olarak Türkiye piyasası oyuna gecikmeli olarak girmiş sayılsa da, borsa dinamikleri ve gelişim grafiği, mevcut ekonomik ve siyasi istikrarın sürmesi durumunda vadeli işlemler borsasının gelişmesinin ve ülkedeki henüz sığ durumda bulunan sermaye derinliğinin artmasına katkısının artarak sürmesinin olası olduğunu göstermektedir.

Uygulama bölümünde ise IMKB – 100 hisse senedi kapanış fiyatları ve işlem hacimleri alınarak vadeli işlemler borsasının öncesindeki ve sonrasındaki etki görülmeye çalışılmıştır. Uygulama sonucunda sınanan hipotezden ulaşılan sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

Uygulamada PXLAST ve VOLUME serileri vadeli işlemler borsasının etkisinin daha iyi anlaşılması için üç dönemde incelenmiştir. Buna göre 2001-2007 yılları arası hem vadeli işlemler öncesini hem de vadeli işlemler sonrasını kapsayan bir dönemdir. 2001-2005 dönemi ise vadeli işlemler öncesi dönem, 2005-2007 dönemi de vadeli işlemler sonrası dönem olarak alındı. Sonuçta 2001-2005 döneminin volatilitesinin, tüm dönem volatilitesi ile aynı özellikleri taşıdığı saptanmıştır.

2005-2007 dönemin volatilitésinin, tüm dönem ve ilk dönem volatilitésinden farklı özellikler taşıdığı saptanmıştır.

Volatilité ve türev piyasaları arasındaki ilişki birçok başka çalışmanın konusu olmuştur. Bu çalışmada elde edilen sonuçlara göre vadeli işlemler borsası spot piyasalarında daha fazla volatilitéye yol açmamaktadır. Yine de türev piyasalarının spekülâtif işlemleri arttırabileceği göz önünde bulundurularak gerekli yasal ve düzenleyici önlemler alınmalıdır. Bu çalışmadaki bulguların daha da geliştirilmesi ve bulguların tutarlılığının ne ölçüde geçerli olup olmadığı ileride aynı alanda daha kapsamlı verilerle yapılacak araştırmalarla ortaya konabilecektir. 1980 sonrası süreçte serbest piyasaya geçmiş bulunan Türkiye'nin 2001 sonrası dönemde yakaladığı ekonomik istikrarı sermaye derinliği sağlayarak sağlamlaştırma yönünde hisse senedine dayalı vadeli opsiyon işlemleri artarak katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKÇA

- Akkum, Tülin: “Döviz Opsiyonları ve Opsiyon Fiyatlama Modelleri”, **İ.. İşletme Fakültesi Dergisi**, Cilt:XXIX, Sayı: 1, Nisan 2000, s. 47-74.
- Ata Menkul Değerler Web Sitesi: “Hisse Senetlerinin Seçim Kriterleri”, (ęevrimięi) [http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci\\_okulu/default.asp?level=402](http://www.ataonline.com.tr/content/Yatirimci_okulu/default.asp?level=402), 08 Eylül 2006.
- Bağcı, Hamdi: Seminer notları. “Vadeli İşlem Piyasalarının İşleyişı ve VOB”, Türkiye İhracatęılar Meclisi, 19 Ağustos 2005.
- Başığı, E. Savaşı: “Vadeli İşlem Piyasası Aracı Olarak Swap’ın İşleyişı Ve Finansal Piyasalardaki Kullanımları”, **2003 Gazi Üniversitesi Endüstriyel Sanatlar Eğitim Fakültesi Dergisi**, C.XI, No:12, s. 18-33.
- Başıkent Üniversitesi Web Sitesi: “Vadeli İşlem Piyasaları”, (ęevrimięi) <http://www.baskent.edu.tr/~gurayk/finpazcuma13.doc>, 09 Eylül 2006.
- Başıkent Üniversitesi Web Sitesi: “Vadeli İşlem ve Opsiyon Sözleşmeleri”, (ęevrimięi) <http://www.baskent.edu.tr/~gurayk/intfinvob1.doc>, 04 Eylül 2006.
- Black, Fischer: “The pricing of commodity contracts”, **Journal of Financial Economics**, Jan-March 1976, 3, ss. 167 – 179.
- Blake, David: **Financial Market Analysis**, London: McGraw Hill, 1993.
- Bollerslev, Tim: “Generalized autoregressive conditional heteroscedasticity.” **Journal of Econometrics**, 31, 307–327.
- Bozkurt, nal: **Menkul Kıymet Yatırımlarının Yönetimi**; İstanbul: Yn Ajans, 1988.
- Blkbaşı, Buręin: “Opsiyon Sözleşmeleri Fiyatlandırma Modelleri”, İstanbul, 2003, yayınlanmamışı

yüksek lisans tezi.

Brazilian Mercantiles and Futures Exchange Web Sitesi: [http://www.bmf.com.br/portal/portal\\_english.asp](http://www.bmf.com.br/portal/portal_english.asp), (Çevrimiçi), 3 Kasım 2006.

CBOE Futures Exchange Web Sitesi: <http://cfe.cboe.com/default.aspx> , (Çevrimiçi), 7 Kasım 2006.

Chicago Board of Trade Web Sitesi: “Our History”, (Çevrimiçi) <http://www.cbot.com/cbot/pub/page/0,3181,942,00.html>, 04 Eylül 2006.

Chicago Mercantile Exchange Web Sitesi: <http://www.cme.com/> , (Çevrimiçi), 10 Ekim 2006.

Chong, James ve Joëlle Miffre: “Conditional Means, Volatilities, and Correlations in Commodity Futures Markets”, 2004, (Çevrimiçi), <http://www.essex.ac.uk/AFM/financecentre/Joelle%20Miffre%202.pdf> , 14 Ekim 2006.

Çapanoğlu, Mustafa Birol: **Sermaye Piyasası Özelleştirme Uygulamaları ve Menkul Kıymet Borsaları**, İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım, 1993.

Çelik, Faik: “Türk Bankacılığında Risk Yönetimi Yönetmeliği Dönemi ve Piyasa Riski Ölçüm Metodları”, **İktisat Dergisi**, Eylül sayısı, 2001, 417, ss. 60 – 65.

Çetin, A. Dönmez ve Yılmaz, Mustafa K.: “Türev Piyasalar Finans Sektöründeki Dengenin Korunması Açısından bir Tehdit Oluşturabilir mi?”, **İMKB Dergisi** (11), ss. 49 – 82.

- DPT: **Altıncı Beş Yıllık Kalkınma Planı, Özel İhtisas Kurumu Raporu; Döviz kazandırıcı Faaliyetlerin Teşviki Politikaları; Ankara, 1990.**
- Edwards, Franklin R.: **Futures and Options** Singapore: McGraw Hill, 1992.
- Ekonomist Dergisi Web Sitesi: “Endeks”, (Çevrimiçi) <http://www.ekonomist.com.tr/apps/dictionary.app/dictionary.php?searchstring=E&dict=es.dict>, 08 Eylül 2006.
- Erol, Ümit: **Vadeli İşlem Piyasaları Teori ve Pratik**, İstanbul: İMKB Yayınları, 1999.
- Ersan, İhsan: Seminer notları. “Vadeli İşlemler ve Türev Ürünler”, 23 Mart 2006.
- Ersan, İhsan: **Finansal Türevler**, İstanbul: Literatür, 1997.
- Eş, Mecit: **Kuruluş Döneminde Türkiye Sermaye Piyasası Gelişmeler-Sorunlar**, Kütahya 1989.
- Güner, Ercan: **Endekse Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmelerinin Portföy Yönetiminde Kullanımı ve İMKB Uygulaması**, İstanbul, 2002, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- Gürbüz, Cengiz: **Hisse Senedi Endeksine Dayalı Futures İşlemleri**, İstanbul, 1998, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- Hilferding, Rudolf: **Finans Kapital – Birinci Kitap** (çev. Yılmaz Öner), İstanbul: Belge Yayınları, 2000.
- Hull, John C. **Options, Futures and Other Derivatives**, USA, Prentice Hall, 2003.
- IBS Yazılım Web Sitesi: “Endeksler”, (Çevrimiçi) , <http://analiz.ibsyazilim.com/egitim/endeksler.html>, 08 Eylül 2006.
- İlkin, Akın: “Bankacılık”, **Ekonomi Ansiklopedisi**, C.III, İstanbul, Paymaş, 1984.

- İMKB: **Sabit Getirili Menkul Kıymetler**, İstanbul, İMKB, 2001.
- İMKB: **Sermaye Piyasası ve Borsa Temel Bilgiler Kılavuzu**, İstanbul, İMKB, 2001.
- İMKB: **İMKB, Sorularla Borsa ve Sermaye Piyasası**, İstanbul, İMKB, 2002.
- İstanbul Altın Borsası Web Sitesi: “İAB Kronolojisi” (Çevrimiçi) <http://www.iab.gov.tr/turkish/krono.php>, 05 Eylül 2006.
- İstanbul Altın Borsası Web Sitesi: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Web Sitesi “İMKB Hisse Senetleri Piyasası”, (Çevrimiçi) <http://www.imkb.gov.tr/piyasalar/hisse.htm#National>, 09 Eylül 2006.
- İstanbul Altın Borsası Web Sitesi: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Web Sitesi “İMKB’nin Kuruluşundan İtibaren Önemli Gelişmeler” (Çevrimiçi) <http://www.imkb.gov.tr/genel/gelismeler.htm>, 05 Eylül 2006.
- İstanbul Altın Borsası Web Sitesi: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Web Sitesi “İMKB Tahvil ve Bono Piyasası Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) Endeksleri” (Çevrimiçi), <http://www.imkb.gov.tr/endeksler/tahvilx.htm>, 08 Eylül 2006.
- İstanbul Altın Borsası Web Sitesi: İstanbul Menkul Kıymetler Borsası Web Sitesi “İMKB Tahvil ve Bono Piyasası Devlet İç Borçlanma Senetleri (DİBS) Endeksleri” (Çevrimiçi), <http://www.imkb.gov.tr/endeksler/dibsindex.zip>, 08 Eylül 2006.
- Karlı, Muharrem: **Sermaye Piyasası Borsa Menkul Kıymetler**, İstanbul: Alfa Yayınları, 2003.
- Kayacan, Murat; Bolat Murat; Yılmaz Mustafa K.; Başaran, M. Yaman; Ustaoglu Z. Metin: **Sermaye Piyasası Araçlarına Dayalı “Futures” ve “Option” Sözleşmelerinin Fiyatlaması**, İstanbul: İMKB Yayınları, 1999.
- Kayacık, Mahmut: **Opsiyon Piyasaları ve Opsiyonların Hedging Amaçlı Kullanımı**, İstanbul, 2002, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.

- Kazım, Ziya: **Borsa Rehberi 1928, Borsa Tarihi Araştırmaları**; İstanbul: IMKB Yayınları; 1990 .
- Kılınç, Kazım: **200 Soruda A'dan Z'ye Borsa**, İstanbul, Alfa, 1995.
- Kobi İş portalı Web Sitesi: “Vadeli İşlemler Piyasası”, (Çevrimiçi) <http://www.kobitek.com/makale.php?id=64>, 07 Eylül 2006.
- Kupriyanov, Anatoli: “Para Piyasası Vadeli İşlemleri”, **Para Piyasası Enstrümanları**, İstanbul, İstanbul Altın Borsası, 2002.
- Lumpkin, Stephen A: “Repo ve Ters Repo Sözleşmeleri”, **Para Piyasası Enstrümanları**, İstanbul, İstanbul Altın Borsası, 2002.
- Maden, Ferdağ: “Vadeli İşlemler: Türkiye Vadeli İşlemler Piyasası Uygulaması”, İstanbul, 2003, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- Millers, John: **Stock Index Options and Futures**, London: Mc.Graw Hill, 1992.
- Özer, Tufan: “Endekse Dayalı Vadeli İşlem Sözleşmeleri ve Türkiye’de Uygulanabilirliği”, İstanbul, 2002, yayınlanmamış yüksek lisans tezi.
- Özütürk, Bülent: **Yatırım Fonu Performanslarının Yatırım Fonu Endekslerinin Oluşturulması Yoluyla Ölçülmesi**, Ankara, SPK, 1999.
- Redhead, Keith: **Financial Derivatives: an introduction to futures, forwards, options, and swaps**, London, Prentice Hall, 1998.
- Salih, Aslıhan Altay ve Kurtaş, Volkan: “The Impact of Stock Index Futures Introduction on the Distributional Characteristics of the Underlying Index: An International Perspective” , **Proceedings of the Eleventh Annual European Futures Research Symposium**, 1998.
- Sayılğan, Güven: “Endeks Vadeli İşlem Sözleşmeleri ve İstanbul Menkul Kıymetler Borsası’nda Uygulanabilirliği”, Ankara Üniversitesi sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme Anabilim

- Dalı, Yayınlanmamış Doktora Tezi, 2003.
- Sermaye Piyasası Kurulu Web Sitesi: “Vadeli İşlem”, (Çevrimiçi) <http://www.spk.gov.tr/pgdd/vadeliislem.htm>, 04 Eylül 2006.
- Spyros I. Spyrou: “Index Futures Trading and Spot Price Volatility Evidence from an Emerging Market”, **Journal of Emerging Market Economies**, 4, ss. 151-167
- Stewart Mayhew, Huseyin Gulen: “Stock Index Futures Trading and Volatility in International Equity Markets” **Journal of Futures Markets** 2000, Volume 20, pp. 661-686.
- Swamy, Satish: “Stock Index Futures, Options, and Trading Strategies” in: Atsuo Konishi & Ravi E. Dattatreya (ed.s) **The Handbook of Derivative Instruments**, Chicago: Irwin, 1996
- Sydney Futures Exchange Limited Web Sitesi: Pricing Individual Share Futures, (Çevrimiçi) [www.sfe.com.au/content/aboutsfe/sfe\\_rules/sfe\\_operatingrules\\_406\\_update.pdf](http://www.sfe.com.au/content/aboutsfe/sfe_rules/sfe_operatingrules_406_update.pdf) , 14 Ekim 2006
- Takan, Mehmet: **Bankacılık Teori, Uygulama ve Yönetim**, İstanbul, Nobel, 2001.
- Tarı, Recep: **Ekonometri**, İstanbul: Alfa. 2002.
- Taylor, Francesca: **Mastering Derivatives Markets**, London: FT Pitman Publishing, 1996
- TSPAKB: **Temel Finans Matematiği, Değerleme Yöntemleri, Muhasebe ve Mali Analiz**, İstanbul: TSPAKB, 2002.
- TSPAKB: “Sermaye Piyasası Faaliyetleri İleri Düzey Lisansı Eğitim Notları”, İstanbul, 2004.
- TSPAKB: **Menkul Kıymetler ve Diğer Sermaye Piyasası Araçları**, İstanbul: TSPAKB, 2006.
- TSPAKB: **Temel Finans Matematiği, Değerleme Yöntemleri, Muhasebe ve Mali Analiz**,

İstanbul, TSPAKB, 2002.

TSPAKB: **Ulusal ve Uluslararası Piyasalar**, İstanbul, TSPAKB, 2006.

Adalet Bakanlığı Türk Ticaret Kanunu, (Çevrimiçi) [www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/997.html](http://www.mevzuat.adalet.gov.tr/html/997.html) . 20  
Web Sitesi: Mart 2007.

Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği Web Sitesi: “KYD FON Endeksleri” (Çevrimiçi)  
[http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#2](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#2), 09 Eylül 2006.

Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği Web Sitesi: “KYD FX DİBS Endekslerinin Açıklaması” (Çevrimiçi)  
[http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#4](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#4), 09 Eylül 2006.

Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği Web Sitesi: Türkiye Kurumsal Yatırımcı Yöneticileri Derneği “KYD O/N Repo Endekslerinin Açıklaması” (Çevrimiçi) [http://www.kyd.org.tr/T/endex\\_hesaplama\\_yont.aspx#2](http://www.kyd.org.tr/T/endex_hesaplama_yont.aspx#2), 09 Eylül 2006.

Vadeli İşlemler Borsası Web Sitesi: “Giriş”, (Çevrimiçi)  
<http://www.vob.org.tr/VOBPortalTur/DesktopDefault.aspx?tabid=100>, 05 Eylül 2006.

van Bergen, Jason: “Interpreting the Volume of Futures Markets”. (Çevrimiçi)

<http://www.investopedia.com/articles/trading/03/102203.asp> , 4 Kasım 2006.

Yıldırım, Oğuz: “Türk Bankacılık Sektörünün Temel Sorunları ve Sektörde Yaşanan Mali Riskler”,  
Dış Ticaret Müsteşarlığı Raporu, 2004, (Çevrimiçi)  
<http://www.foreigntrade.gov.tr/ead/DTDERGI/ocak%202004/turk.htm> , 30 Eylül  
2006