

BIST 100 VOLATİLİTE DİNAMİKLERİNDE YAPISAL KIRILMA: VOLATİLİTE BAZLI TEDBİR SİSTEMİ'NİN (VBTS) ETKİNLİĞİNİN MS-GARCH MODELLERİ İLE ANALİZİ*

Structural Breaks in BIST 100 Volatility Dynamics: An MS-GARCH Analysis of the Effectiveness of the Volatility Based Measures System (VBTS)

Semih YILDIRIM**^{ID} & Veli AKEL***^{ID}

Öz

Bu çalışmanın temel amacı, BIST 100 endeksinin volatilitenin dinamiklerinde Volatilitenin Bazlı Tedbir Sistemi (VBTS) uygulamasıyla meydana gelen yapısal değişimleri, 01.01.2010-30.06.2025 dönemindeki günlük getiri serisini kullanarak Markov Rejim Değişimli GARCH (MS-GARCH) modelleri aracılığıyla analiz etmektir. Yapılan analizlerde VBTS öncesi ve sonrası dönemlerin yanı sıra tedbir yoğunluğunun farklılaştığı 3 ve 5 tedbirli alt dönemler, Çarpık GED ve Çarpık Student-t gibi esnek dağılım varsayımları altında modellenmiş ve model başarısı geriye dönük testler (VaR) ile sınanmıştır. Elde edilen bulgular, VBTS uygulamasıyla birlikte piyasada belirgin bir yapısal kırılma yaşandığını, krizlerin yapışkan hale geldiğini ve volatilitenin şoklarının sönümlenme süresinin uzadığını göstermektedir. Çalışmanın dikkat çekici bulgusu ise tedbir yoğunluğunun piyasa üzerindeki etkisinin doğrusal olmamasıdır. Nitekim 3 tedbirli yapının piyasa istikrarını koruyan optimal bir denge sunduğu; buna karşın 5 tedbirli yapının rejim geçişlerini aşırı sıklaştırmak suretiyle piyasa kalitesini bozduğu ve belirsizliği artırdığı tespit edilmiştir. Özellikle 5 tedbirli dönemde asimetric etkinin anlamsızlaşması, piyasa müdahalelerinin yarattığı belirsizlik ortamında yatırımcı davranışlarının bozulduğunu ve volatilitenin kaotik bir yapıya büründüğünü göstermektedir.

Anahtar

Kelimeler:

VBTS,
MS-GARCH,
Yapısal Kırılma,
Volatilitenin.

JEL Kodları:

C22, C58,
G10, G14, G18.

Abstract

The primary objective of this study is to analyze the structural shifts in the volatility dynamics of the BIST 100 index associated with the implementation of the Volatility Based Measures System (VBTS), using daily return data from the period 01.01.2010–30.06.2025 through Markov-Switching GARCH (MS-GARCH) models. The analysis models not only the pre and post VBTS periods but also the 3- and 5-measure subperiods, in which intervention intensity differs, under flexible distributional assumptions such as the Skewed GED and Skewed Student-t. Model performance is evaluated through backtesting (VaR) procedures. The empirical findings reveal that the introduction of VBTS coincides with a pronounced structural break in market behavior, a greater persistence of crisis episodes, and a lengthening of volatility shock decay. A notable contribution of the study is the identification of the nonlinear impact of measure intensity on market dynamics. Specifically, while the 3-measure framework appears to offer an optimal balance that preserves market stability, the 5-measure structure is found to excessively accelerate regime switching, deteriorate market quality, and amplify uncertainty. The insignificance of the asymmetric effect during the 5-measure period indicates that, in the uncertainty created by market interventions, investor behavior was distorted and volatility assumed a chaotic structure.

Keywords:

BIST 100,
VBTS,
MS-GARCH,
Structural Break,
Volatility.

JEL Codes:

C22, C58,
G10, G14, G18.

* Erciyes Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsünde Prof. Dr. Veli Akel danışmanlığında Semih Yıldırım tarafından yazılan “Volatilitenin Bazlı Tedbir Sistemi (VBTS)’nin BIST Volatilitesi Üzerine Etkisi” başlıklı doktora tezinden üretilmiştir.

**Ar. Gör., Alanya Üniversitesi, İktisadi, İdari ve Sosyal Bilimler Fakültesi, Türkiye, semih.yildirim@alanyauniversity.edu.tr

***Prof. Dr., Erciyes Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Türkiye, veliakel@erciyes.edu.tr

Makale Geliş Tarihi (Received Date): 05.12.2025 Makale Kabul Tarihi (Accepted Date): 18.02.2026

Bu eser Creative Commons Atıf 4.0 Uluslararası Lisansı ile lisanslanmıştır.



1. Giriş

Finansal piyasaların etkin ve güvenli işleyişinin sağlanması, sermayenin tabana yayılarak halkın üretime ortak olması ve dolayısıyla sürdürülebilir ekonomik büyüme açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu bağlamda, şeffaf ve sürdürülebilir sermaye piyasalarının varlığının sağlanması adına piyasa oynaklığının dinamiklerini kavramak ve aşırı dalgalanmaları kontrol altına almak hem düzenleyici otoritelerin hem de piyasa katılımcıları açısından öncelikli gündem maddelerindedir. Özellikle gelişmekte olan piyasalarda, bilgi asimetrisinin yüksekliği, derinlik sorunu, fiyat hareketlerinin beklenen sınırların ötesine taşmasına neden olabilmektedir. Bu durum, piyasa istikrarını tehdit eden ve zor sağlanan yatırımcı güvenini sarsan spekülasyon ataklara da zemin hazırlamaktadır. Özellikle 10 Ekim 1987 tarihinde yaşanan ve modern finans dünyasının en büyük çöküşlerinden biri olan Kara Pazartesi'den sonra bu tehditlere karşı dünya borsalarında, düzenleyici ve denetleyici kurumlar tarafından devre kesiciler, fiyat limiti ve çeşitli işlem düzenleyici mekanizmalar geliştirilmiş ve uygulanmaya başlamıştır. Ülkemizde de devre kesici ve fiyat limiti gibi mekanizmaların yanı sıra Borsa İstanbul'da (BIST) uygulanan ve hisse senedi bazında kademeli tedbirler içeren Volatilite Bazlı Tedbir Sistemi (VBTS) aynı amaca hizmet etmekle beraber özgün yapısıyla dikkat çekmektedir.

Finansal piyasalarda düzenleyici otoritelerin uyguladığı kısıtlamaların etkinliği, literatürde henüz uzlaşma sağlanamamış bir tartışma konusudur. Bazı çalışmalar, bu tedbirlerin doğrudan veya dolaylı olarak volatilitiyi düşürerek piyasa istikrarını sağladığını savunurken, pek çok çalışma kısıtlamaların işlem hacmini daraltarak likiditeyi düşürdüğünü, bilgi akışını engelleyerek fiyat keşfi sürecini bozduğunu ve dolayısıyla piyasa etkinliğine zarar verdiğini öne sürmektedir. Mevcut literatür, genellikle devre kesiciler ve fiyat limitleri gibi tekil düzenlemelere odaklanırken, BIST pay piyasasında 2017 yılından itibaren uygulanmaya başlayan VBTS'nin bütüncül etkinliğinin ve piyasa kalitesi üzerine etkilerinin literatürde yeterince irdelenmediği görülmektedir. Ayrıca, Türkiye örneklemindeki çalışmalar çoğunlukla yapısal kırılmaları göz ardı eden tek rejimli modellerle sınırlı kalmaktadır. Dolayısıyla, VBTS'nin piyasa dinamikleri üzerindeki etkilerinin hem sistemin özgün yapısı hem de piyasanın değişen volatilité rejimleri dikkate alınarak ilk kez bu kapsamda incelenmesi, çalışmanın kapsam ve yöntem bakımından temel motivasyonunu oluşturmaktadır.

Bu motivasyon ışığında çalışmanın temel amacı, 01.01.2010-30.06.2025 yılları arasında BIST 100 endeksinin volatilité dinamiklerini hem VBTS uygulamasını (2017-2025), hem de VBTS'nin yapısal değişimi hesaba katarak, volatilité modellemesinde rejim değişimlerine imkân tanıyan iki rejimli Markov Rejim Değişimli GARCH (MS-GARCH) modelleri aracılığıyla analiz etmektir. Çalışma, literatürdeki mevcut boşluğu iki temel boyutta doldurarak özgün bir katkı sunmayı hedeflemektedir. Birincisi, VBTS dönemi homojen bir bütün olarak ele alınmamış ve tedbir sayısının ve yoğunluğunun farklılaştığı 3 tedbirli (29.09.2017-09.11.2021) ve 5 tedbirli (15.11.2021-30.06.2025) alt dönemlere ayrılmıştır. Bu dönemler, finansal getiri serilerinin doğasına daha uygun olan çarpık genelleştirilmiş hata dağılımı (sGED) ve çarpık Student-t (sSTD) gibi esnek dağılım varsayımları kullanılarak MS-GARCH modelleriyle ayrı ayrı incelenmiştir. İkincisi, tahmin edilen modellerin başarısı sadece Bayesyen bilgi kriteri (BIC) ve Akaike bilgi kriteri (AIC) gibi kriterlerle sınırlı tutulmamış, riske maruz değer (VaR) analizleri ile modellerin öngörü performansı değerlendirilmiştir. Ayrıca, bulguların güvenilirliği, tüm analizlerin çarpık Student-t dağılımlı E-GARCH modelleri ile tekrar tahmin edilmesi suretiyle gerçekleştirilen sağlamlık testleriyle teyit edilmiştir. Böylece MS-GARCH modellemesi

neticesinde VBTS'nin işlerliği ve piyasa istikrarı üzerine yapılan saptamaların ve yorumların da anlamlı bir zemine oturması sağlanmıştır.

2. Kara Pazartesi ve Volatilite Tedbir Sistemleri

Oynaklık veya diğer bir ifadeyle volatilite modern finansın temellerinin atıldığı ilk teorik çalışmalardan bu yana geliştirilen modellerde önemli bir parametre olarak yer almıştır. Öyle ki, Bachelier'in (1900) spekülasyon teorisinde, Markowitz'in (1952) modern portföy teorisinde, Mandelbrot'un (1963) finansal piyasa teorisinde, Sharpe'in (1964) sermaye varlıklarını fiyatlama modelinde, Fama'nın (1965) rassal yürüyüş hipotezinde ve Black ve Scholes'un (1973) opsiyon fiyatlama modelinde kendisine yer bulmaktadır. Söz konusu çalışmalarda volatilite, yalnızca bir risk göstergesi olarak değil, aynı zamanda varlık fiyatlamasında doğrudan getiri ile ilişkilendirilen bir parametredir.

Zaman içerisinde finansal serbestleşme ve teknolojik gelişmelerle birlikte sermaye piyasaları hem işlem hacmi hem de ürün çeşitliliği açısından büyük bir dönüşüm geçirmiştir. Bu dönüşümle birlikte yatırımcıların birikimlerini değerlendirebileceği ve dolayısıyla atıldığı birikimlerin dolaşıma kazandırabilecekleri birer platform haline gelen sermaye piyasaları ekonomik kalkınmanın finansmanında önemli bir rol üstlenmiştir (Levine, 1997). Ancak piyasaların derinleşmesi ve işlem hızının artmasıyla birlikte sermaye akışının kolaylaşması, fiyat mekanizmasının dışsal şoklara ve spekülatif ataklara karşı daha duyarlı hale gelmesine de zemin hazırlamıştır (Stiglitz, 2000).

Nitekim bu hassasiyetin en çarpıcı örneği, modern finans tarihinin en büyük borsa çöküşlerinden biri olan ve 'Kara Pazartesi' olarak adlandırılan 19 Ekim 1987 krizinde yaşanmıştır. Sadece 19 Ekim günü Dow Jones Sanayi Endeksi'nin 508 puan düşerek %22 değer kaybettiği bu süreçte, ABD borsalarındaki toplam kayıp 1 trilyon dolara ulaşmıştır. Fiyatların düşüş hızı ve benzeri görülmemiş yüksek işlem hacmi piyasa yapısında ciddi bozulmalara yol açarken (United States Department of the Treasury, 1988); kriz Tokyo, Londra ve Hong Kong gibi borsaları da eş zamanlı etkileyerek uluslararası bir boyut kazanmıştır (Malliaris ve Urrutia, 1992). Her ne kadar volatilite 1988 başlarında çöküş öncesi seviyelere dönmüş olsa da (Schwert, 1988), bu kriz piyasa mekanizmalarının kendi haline bırakıldığında ne denli kırılgan olabileceğini göstermiştir.

Yaşanan bu tarihsel tecrübe ve piyasaların günden güne dinamikleşen yapısı, piyasa istikrarının korunmasını ve volatilitenin makul sınırlarda kontrol altında tutulmasını, sadece yatırımcılar için değil aynı zamanda finansal sistemin genel sağlığı ve güvenilirliği açısından da yönetilmesi elzem bir süreç haline getirmiştir. Çöküşün ardından hazırlanan Brady Komisyonu Raporunda (United States Department of the Treasury, 1988), benzer krizlerin tekrar yaşanmaması ve piyasa yapısının güçlendirilerek sürekliliğinin sağlanması adına bir dizi önlem tavsiye edilmiştir. Raporda; düzenleyici kurumların tek elden koordinasyonu, entegre takas sistemlerinin kurulması ve teminatların tutarlı hale getirilmesi gibi yapısal reformların yanı sıra piyasa sisteminin korunması amacıyla fiyat limitleme ve koordinasyonlu işlem duraklatma gibi devre kesici mekanizmaların oluşturulmasının gerekli olduğu belirtilmiştir.

2.1. Dünyada Uygulanan Tedbir Sistemleri

1987'de yaşanan büyük piyasa çöküşünün ardından düzenleyici otoriteler, aşırı oynaklığı kontrol altına almak ve piyasa istikrarını güçlendirmek amacıyla, ülkelerin kendi piyasa mikro

yapılarıyla uyumlu biçimde farklılaşan bir dizi önleyici tedbir mekanizması geliştirmiştir. Günümüzde de uygulanmaya devam eden bu düzenleyici araçlar, piyasaların ihtiyaçlarına yanıt verebilmek için çeşitli mikro düzey farklılıklar içermekte olup kapsam ve işleyiş bakımından ülkeler arasında önemli ölçüde çeşitlilik göstermektedir. Örneğin, ABD piyasalarında, piyasa genelini kapsayan ve hisse bazlı çalışan ikili bir sistem benimsenmiştir. New York Borsası (NYSE) ve diğer Amerikan borsalarında, S&P 500 endeksindeki düşüşlere endeksli olarak farklı seviyelerde tetiklenen devre kesiciler ile seansın kademeli olarak durdurulması sağlanırken, hisse bazında alt ve üst limit (LULD) mekanizması ile fiyatların referans ortalamadan belirli bir yüzde sapması engellenmektedir (New York Stock Exchange, 2025). Asya piyasaları incelendiğinde ise, daha katı günlük fiyat limitleri ve hibrit devre kesici sistemlerinin ağırlıkta olduğu görülmektedir. Tokyo (TSE) ve Şangay (SSE) borsalarında hisse senedi fiyatlarına günlük %5 ila %30 arasında değişen sert fiyat marjları uygulanırken, Kore (KRX) ve Hindistan (NSE) borsalarında hem endeks bazlı devre kesicilerin hem de hisse bazlı fiyat marjlarının bir arada kullanıldığı çok katmanlı koruma kalkanları tercih edilmektedir (Tokyo Stock Exchange, 2025; Shanghai Stock Exchange, 2023; Korea Exchange, 2025; National Stock Exchange of India, 2025). Buna karşın Avrupa kanadında, seansın tamamen durdurulmasından ziyade piyasa sürekliliğini önceleyen daha dinamik mekanizmalar öne çıkmaktadır. Londra (LSE) ve Euronext gibi gelişmiş piyasalarda uygulanan sistemler, hisse senedi fiyatlarında statik veya dinamik limitlerin aşılması durumunda, ilgili payın işlemlerini geçici olarak durdurarak müzayede sürecini başlatmaktadır. Böylece sistem, panik anlarında fiyatın yeniden dengeye gelmesini sağlayan esnek bir tampon görevi görmektedir (London Stock Exchange, 2022; Euronext, 2025).

2.2. Borsa İstanbul'da Uygulanan Tedbir Sistemleri ve VBTS

Küresel piyasalardaki uygulamalara paralel olarak BIST bünyesinde de volatilitiyi kontrol altına almak ve piyasa istikrarını sağlamak amacıyla çok katmanlı bir önleyici sistem mimarisi oluşturulmuştur. Bu sistem, tavan ve taban fiyatların belirlendiği fiyat bantları, devre kesiciler ve maksimum emir sınırları gibi mekanizmalardan oluşmaktadır. BIST'in koruma kalkanının en önemli ayağını ise hisse senedi ve endeks bazlı çalışan devre kesici mekanizmaları oluşturmaktadır. Hisse bazlı sistemde, fiyatın referans değere göre pazar türüne bağlı olarak $\pm\%5$, $\pm\%7,5$ veya $\pm\%10$ oranlarında sapması durumunda işlemler 5 ila 15 dakika süreyle durdurularak tek fiyatla emir toplama aşamasına geçilmektedir. Piyasa genelini kapsayan endeks bazlı devre kesici ise, BIST 100 Endeksinin önceki kapanışa göre %5 veya %7 düşmesi halinde tetiklenmekte ve tüm piyasada işlemleri 20 ila 30 dakika süreyle durdurarak panik satışların önüne geçmeyi hedeflemektedir (Borsa İstanbul A.Ş., 2025).

Ancak, Borsa İstanbul bünyesinde uygulanan bu standart fiyat marjları ve devre kesici mekanizmaları, piyasa genelinde yaşanan anlık şoklarda belirli bir koruma sağlasa da hisse senedi özelinde gelişen aşırı oynaklık ve yapay fiyat oluşumlarına karşı daha spesifik bir müdahale aracına ihtiyaç duyulmuştur. Bu gereksinim doğrultusunda, Sermaye Piyasası Kurulu (SPK) ile koordineli olarak geliştirilen ve 25.09.2017¹ tarihinden itibaren uygulanmaya başlanan VBTS, mevcut koruma mekanizmalarını tamamlayıcı nitelikte, hisse bazında kademeli bir tedbir mimarisi olarak uygulanmaya başlamıştır. Sistem kapsamında uygulanan tedbirlerin ilk

¹ VBTS'nin resmi yürürlük tarihi 25.09.2017 olmakla birlikte (BIST Bülteni, 21.09.2017, No: 2017/2), analiz dönemi KAP verilerine göre ilk tedbirin fiilen uygulandığı 29.09.2017 tarihi esas alınarak başlatılmıştır.

aşamasında, gerekli koşulların oluşması halinde ilgili pay senedine 15 gün süreyle birinci seviye “Açığa Satış ve Kredili İşlem Yasağı”, koşullar devam ettiği takdirde ikinci seviye “Brüt Takas” tedbiri ve volatilitenin devam etmesi durumunda üçüncü seviye “Tek Fiyat Yöntemi ile İşlem Görme” tedbiri uygulanmaktaydı. Tek fiyat yöntemi ile işlem görme tedbirinin getirildiği durumlarda, birinci aşama ve ikinci aşama tedbirleri de bu süre zarfında geçerliliğini korumaktaydı (Borsa İstanbul A.Ş., 2017).

Fakat, piyasa koşullarındaki değişim ve pay fiyatlarında devam eden volatilité artışı sebebiyle VBTS yapısında düzenlemeye gidilmiş ve 15.11.2021 tarihinden itibaren uygulanmak üzere VBTS kapsamındaki tedbir sayısı üçten beşe çıkarılmış ve tedbir süreleri 15 günden 1 aya uzatılmıştır. Yeni yapıda sistemin güncel hiyerarşisi: birinci seviye “Açığa Satış ve Kredili İşlem Yasağı”, ikinci seviye “Brüt Takas”, üçüncü seviye “Emir Paketi” (Piyasa emri ve piyasadan limite emir girişinin kısıtlanması, emir iptalinin yasaklanması vb.), dördüncü seviye “Tek Fiyatla İşlem Görme” ve beşinci seviye “Emir İletim Kanallarının Kısıtlanması” şeklindedir (Borsa İstanbul A.Ş., 2021).

Diğer yandan, sistemin tetiklenme algoritmalarının ve eşik değerlerinin kamuoyu ile şeffaf olarak paylaşılmaması, piyasa aktörlerinin sistemi kendi çıkarları doğrultusunda manipüle etmesini engellemek ve bilgi asimetrisinin küçük yatırımcı aleyhine sonuçlar doğurmasının önüne geçmek adına benimsenen stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir. Nitekim Li vd. (2015), manipülatörlerin tedbir sistemlerinin kurallarını öğrenerek bunlardan kaçınabilen akıllı aktörler olduğunu belirtmiş ve gözetim sistemlerinin bu tür girişimlere karşı dirençli tasarlanması gerektiğini vurgulamıştır. Sonuç olarak VBTS; manipülasyonu önleme, fiyat istikrarını sağlama ve yatırımcıları aşırı oynaklığın yıkıcı etkilerinden koruma hedefleriyle kurgulanmış olsa da getirdiği kısıtlamalar nedeniyle işlem maliyetlerini artırma ve likiditeyi daraltma ve fiyat keşfi sürecini sekteye uğratma gibi potansiyel dezavantajları da bünyesinde barındırmaktadır. Bu çerçevede, teorik olarak piyasa güvenliğini önceleyen bu mekanizmanın, pratikte piyasa kalitesi ve volatilité dinamikleri üzerinde yarattığı net etkinin ampirik olarak test edilmesi, literatürdeki tartışmalara ışık tutması açısından büyük önem arz etmektedir.

2.3. Literatür Taraması

Çalışmanın literatür taraması bölümü iki temel kısımda ele alınmıştır. İlk kısımda, çeşitli borsaların endeks volatilitesinin modellenmesi ve rejim değişimlerinin tespiti üzerine odaklanan çalışmalar özetlenmiştir. İkinci kısımda ise yine çeşitli borsalarda uygulanan piyasa düzenlemelerinin, devre kesicilerin ve içerik olarak benzemese dahi aynı amaca hizmet eden VBTS benzeri tedbirlerin piyasa üzerindeki etkilerini inceleyen ampirik çalışmalar ele alınmıştır.

Uluslararası literatürde, finansal piyasaların volatilité dinamiklerini ve yapısal kırılmalarını modellemek amacıyla Markov Rejim Değişimli GARCH (MS-GARCH) modellerine sıklıkla başvurulmaktadır. İncelenen çalışmaların çoğunluğunda, MS-GARCH modellerinin özellikle yapısal değişimleri ve kriz dönemlerini yakalamada geleneksel tek rejimli GARCH modellerine göre üstün performans sergilediği belirtilmektedir. Naik ve Mohan (2021), Hindistan borsası üzerine yaptıkları çalışmada, Chocholata (2022) ise Macaristan, Çek Cumhuriyeti, Polonya borsaları özelinde, MS-GARCH modellerinin 2008 küresel finans krizi, 2011 Avrupa borç krizi ve COVID-19 gibi şokların yarattığı rejim değişimlerini yakalamada standart modellerden daha başarılı olduğunu ortaya koymuştur. Benzer şekilde Hoang ve Luu (2024) Vietnam borsasında,

Abounoori vd. (2016) ise Tahran borsasında yaptıkları analizlerde, özellikle kısa ve orta vadeli volatilité tahminlerinde MS-GARCH modellerinin öngörü gücünün daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir.

Uluslararası literatürdeki bir diğér önemli bulgu, finansal getiri serilerinin asimetrik yapısı ve dağılımların kalın kuyruk özellikleriyle ilgilidir. Alexander ve Lazar (2009), Avrupa borsaları üzerine yaptıkları çalışmada, tek rejimli modellerin kriz ve sükûnet dönemlerindeki farklılaşan volatilité davranışlarını açıklamakta yetersiz kaldığını, fakat çok rejimli asimetrik modellerin bu dinamikleri başarıyla modellediğini belirtmişlerdir. Benaïd vd. (2024), Umman borsası için kurdukları MS-GARCH modellerini çarpık dağılımlar altında karşılaştırmış ve çarpık GED dağılımının en iyi uyumu sağladığını tespit etmişlerdir. Pachiyappan vd. (2025) ise Hindistan borsasında normal, GED ve Student-t dağılımlarını kullandıkları analizde MS-GARCH modellerinin tek rejimli modellere kıyasla özellikle kısa vadeli volatilité tahminlerinde daha başarılı sonuçlar verdiğini ortaya koymuşlardır. Ayrıca Segnon vd. (2024) ve Wobo ve Dum (2022)'un sırasıyla ABD ve Nijerya piyasaları özelinde elde ettikleri bulgular, volatilité dinamiklerinin çok rejimli modeller aracılığıyla daha etkin bir şekilde analiz edilebileceği görüşünü desteklemektedir.

Türkiye örneklemini üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde, volatilité modellemesinde ağırlıklı olarak standart GARCH ailesi modellerinin kullanıldığı görülmektedir. Tuna ve İsaetli (2014) ile Bayçelesi ve Ertuğrul (2019) BIST 100 ve Banka endekslerinde GARCH (1,1) modelinin en iyi uyumu sağladığını ve şokların kalıcılığının yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Koy ve Ekim (2016) ile Seyhan (2023), BIST sektörel endeksleri üzerine yaptıkları analizlerde, bazı endekslerde E-GARCH gibi asimetrik bir modelin, bazılarında ise ARCH ve GARCH gibi simetrik modellerin volatilité yapısını açıklamada daha başarılı olduğunu vurgulamışlardır. Benzer şekilde Kula ve Baykut (2018), BIST şehir endeksleri üzerine yaptıkları çalışmada GARCH, E-GARCH ve PARCH modellerini karşılaştırmış ve genel olarak GARCH modelinin en uygun yapı olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca Taşpunar ve Çolak (2015) BIST 100, Topaloğlu (2020), BIST Sınai ve BIST Mali endeksi üzerine ARCH ve GARCH ailesi modellerle gerçekleştirdikleri çalışmalarında özellikle kriz dönemlerinde yatırımcıların olumsuz haberlere karşı aşırı duyarlılık gösterdiğini ve negatif şokların volatilitéyi pozitif şoklardan daha fazla artırdığını ortaya koymuşlardır. İncelenen diğér çalışmalarda, standart GARCH ailesi modellerinin yerine rejim değışimlerini yakalayabilen Markov Rejim Değışimli GARCH (MS-GARCH) modellerini kullanmışlardır. Kula ve Baykut (2017) BIST Banka endeksi, Kaya ve Yarbaşı (2021) ise BIST 100 endeksi üzerine yaptıkları çalışmalarda, piyasanın farklı volatilité rejimleri sergilediğini ve kriz anlarında volatilité parametrelerinin yapısal olarak değıştiğini kanıtlamışlardır. Benzer şekilde Demir (2016), BIST 100 endeksi özelinde yaptığı analizde, MS-GARCH modellerinin kriz dönemlerindeki volatilité kümelenmelerini yakalamada standart modellere göre daha üstün performans gösterdiği sonucuna varmıştır.

Piyasa kısıtlamaları ve işlem mekanizmalarının piyasa davranışları üzerindeki etkileri uluslararası literatürde geniş bir perspektifte ele alınmıştır. Kısıtlayıcı tedbirler kapsamında; farklı endeksler üzerinde gerçekleştirilen çalışmalarda Beber ve Pagano (2013) ile ABD borsalarında işlem gören hisse senetlerini inceleyen Lobanova vd. (2010), açığa satış yasaklarının piyasa likiditesini ve kalitesini bozduğunu, fiyat keşfini yavaşlattığını ve dolayısıyla piyasa kalitesinde bozulmaya yol açtığını ortaya koyarken, S&P 500 endeksini inceleyen Santoni ve Liu'da (1993) devre kesici mekanizmalarının volatilitéyi azaltmada yetersiz kaldığını ve günlük bazda hisse senedi getirilerinin volatilitésini azalttığına dair hiçbir kanıt bulunamadığını belirtmişlerdir. Sifat

ve Mohamad'in (2018) 30 yıllık teorik ve ampirik literatürü sentezleyerek yaptıkları çalışmada, literatürdeki görüşün devre kesici mekanizmaları fiyat keşfi sürecine bir engel olarak gördüğü belirtilmiştir.

Diğer yandan, Şangay borsasını konu alan Li vd. (2021), tek fiyat yönteminin piyasa yapısını anlık manipülasyonlara karşı daha dirençli hale getirdiğini savunurken, Tel Aviv borsasını konu alan Kalay vd. (2002) alternatif bir sürekli işlem platformu varken hisseleri tek fiyat yöntemine zorlamanın, küçük hisselerin likiditesine zarar verebileceğini belirtmiştir. Kuo ve Li (2011) ise Tayvan borsasını konu alan çalışmalarında tek fiyat yönteminin daha derin bir piyasa sunduğu, bilgi asimetrisi sorununu sürekli işlem piyasasına kıyasla daha etkin çözdüğünü belirtmişlerdir.

Yatırımcı davranışlarının finansal piyasaların istikrarı üzerine etkilerini inceleyen Baig vd. (2022), bireysel işlem şoklarının kriz anlarında volatiliteyi artırdığını yönünde kanıtlar bulurken, Kore borsasını inceleyen Chung vd. (2009) de artan gün içi işlem hacminin hisse senedi volatilitelerini anlamlı ve kalıcı bir şekilde artırdığını fakat piyasa likiditesini de iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Tayvan borsasını inceleyen Cheng vd. (2023) alım satım kısıtlamalarının gevşetilmesinin gevşemenin gün içi işlem hacmini önemli ölçüde artırdığı tespit etmişlerdir. Buna karşın, Çin borsasını inceleyen Chu vd. (2021) emir iptal faaliyetinin piyasa kalitesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı ve iyileştirici bir etkiye sahip olduğunu belirtirken, İsveç borsasını inceleyen Dahlström vd. (2018), emir iptallerinin rasyonel bir risk yönetimi aracı olduğunu ve piyasa kalitesini iyileştirdiğini ortaya koymuşlardır. Hvide vd. (2024) ise internet kullanımının spekülasyon veya piyasa bozucu yatırım faaliyetlerini arttırmasının aksine, bireysel yatırımcıların piyasaya katılımını anlamlı ölçüde artırdığı sonucuna ulaşmışlardır.

BIST özelinde gerçekleştirilen çalışmalar incelendiğinde, piyasa düzenlemelerinin etkinlikleri üzerine farklı sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Açığa satış düzenlemelerine odaklanan çalışmalarda Kesici (2011), kriz dönemlerinde uygulanan yasakların tezgahüstü piyasalardaki türev stratejiler nedeniyle manipülasyonla mücadelede sınırlı kaldığını belirtirken, Eken (2013) açığa satış teminat oranlarındaki artışın işlem hacmini düşürerek piyasa etkinliğini bozduğunu ve volatilite üzerinde anlamlı bir iyileşme sağlamadığını saptamıştır. Benzer şekilde AYTEKİN vd. (2021), COVID-19 dönemindeki açığa satış yasağının değer kaybını önleyemediğini, ancak eş zamanlı uygulanan volatilite tedbirlerinin panik satışlarını yavaşlatarak fiyat oluşumu etkinliği ve volatilitenin kontrolü açısından fayda sağladığını ortaya koymuştur. Piyasa işleyiş mekanizmalarına yönelik çalışmalarda ise KADIOĞLU vd. (2015) ile İNCİ ve ÖZENBAŞ (2017), kapanış seansında tek fiyat yöntemine geçilmesinin manipülasyonu ve kapanışa özgü volatiliteyi anlamlı düzeyde azalttığı yönünde sonuçlar elde edilmiştir. Ancak fiyat limitleri ve devre kesiciler konusunda AKTAS vd. (2022), 2008 krizi verileriyle yaptıkları analizde, limit devreye girdikten sonra bilgi asimetrisinin arttığı, piyasa kalitesinin düştüğü ve fiyat keşfinin geciktiğini tespit etmişlerdir.

Özetle, mevcut literatür BIST volatilite yapısının rejim bağımlı ve asimetric olduğunu ortaya koyarken, piyasa düzenleyici uygulamaları inceleyen çalışmaların büyük çoğunluğu devre kesiciler, fiyat limitleri ve açığa satış yasakları gibi tekil piyasa kısıtlarının etkilerini irdelemektedir. Özellikle yerli literatürde, 2017 yılında hayata geçirilen VBTS'nin bütüncül etkilerini, sistemin zamanla değişen tedbir yoğunluğunu da hesaba katarak ele alan kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamaktadır. Bu bağlamda çalışma, VBTS'nin piyasa dinamikleri üzerindeki rolünü farklı çarpık dağılım varsayımları altında tahmin edilen ve asimetric şokları

modelleyebilen çok rejimli volatilité modelleri perspektifinden irdeleyerek literatürdeki bu önemli boşluğu doldurmayı ve düzenleyici otoritelere ampirik bir perspektif sunmayı hedeflemektedir.

3. Veri ve Ekonometrik Yöntem

3.1. Veri Seti ve Modelleme Stratejisi

Bu çalışmada, VBTS'nin BIST'in volatilitesi üzerindeki etkilerini analiz etmek amacıyla, Türkiye sermaye piyasalarının temel göstergesi niteliğindeki BIST 100 endeksi örneklem olarak tercih edilmiştir. 1 Ocak 1986 tarihinde hesaplanmaya başlanan ve Borsa İstanbul'da işlem gören en yüksek işlem hacmine ve piyasa değerine sahip 100 paydan oluşan BIST 100 endeksi, barındırdığı likidite derinliği sayesinde piyasa dinamikleri ve yatırımcı davranışları açısından bir barometre işlevi görmektedir.

Piyasa değeri ağırlıklı bir yapıya sahip olan endeksin, 31 Mayıs 2025 tarihi itibarıyla ulaştığı 9,06 trilyon TL'lik toplam piyasa değeri ve 2,85 trilyon TL'lik fiili dolaşımdaki pay değeri, temsil ettiği ekonomik büyüklüğü ve çalışmanın kapsamını açıkça ortaya koymaktadır. Endeksin BIST volatilitésinin modellenmesi amacıyla seçilmesindeki bir diğer kritik faktör, VBTS uygulamalarının BIST 100 endeksi kapsamındaki paylar üzerindeki yansımalarıdır. KAP verilerine göre, sistemin devreye alındığı 29 Eylül 2017 tarihinden veri setimizin son tarihi olan 30 Haziran 2025'e kadar piyasa genelinde 530 farklı pay senedine toplam 3643 adet tedbir uygulanmıştır. Bu süreçte, veri setinin son tarihi (30.06.2025) itibarıyla BIST 100 endeksi kapsamında işlem gören 53 farklı pay senedi geçmişte en az bir kez tedbire konu olmuş ve bu şirketlere toplamda 220 defa tedbir uygulanmıştır.

İncelenen dönem boyunca, bileşenlerinin dönemsel olarak güncellenmesi sebebiyle endeks yapısında değişimler meydana gelmiş ve endekste yer alan toplam pay sayısı 100'ün üzerine çıkmış olsa da mevcut veriler VBTS uygulamalarının yalnızca spekülâtif ve düşük hacimli paylarla sınırlı kalmadığını göstermektedir. Aksine, piyasa değeri ve işlem hacmi bakımından Borsa İstanbul'un ana gövdesini oluşturan paylarda da VBTS'nin etkin bir risk yönetim aracı olarak uygulandığı görülmektedir. Dolayısıyla, endeks bileşenlerinin önemli bir bölümünün tedbire konu olması, BIST 100 endeksinin sadece piyasa yönünü tayin etmede değil, aynı zamanda volatilité tedbirlerinin yapısal etkilerini ölçmede de uygun bir veri seti olduğunu göstermektedir. Tablo 1'de tedbire konu olan BIST 100 payları ve her bir pay için uygulanan tedbir sayılarına yer verilmiştir.

Tablo 1. VBTS Tedbirlerine Konu BIST 100 Payları ve Tedbir Sayıları (29.09.2017 – 30.06.2025)

AGHOL	1	CANTE	9	GRTHO	3	KOZAL	1	REEDR	5
ALFAS	4	CLEBI	2	GSRAY	4	KTLEV	3	SASA	2
ALTNY	3	CWENE	1	GUBRF	4	KUYAS	11	SKBNK	3
ASELS	1	DOAS	3	HALKB	1	LMKDC	1	SMRTG	10
ASTOR	2	DSTKF	3	HEKTS	3	MAGEN	5	TSKB	5
BERA	7	EGEEN	3	IEYHO	11	MIATK	10	TUREX	7
BINHO	2	ENERY	1	IPEKE	1	OBAMS	1	VESTL	1
BRSAN	4	FENER	8	ISMEN	2	ODAS	9	YEOTK	9
BRYAT	11	GENIL	2	KCAER	1	PASEU	2	ZOREN	2
BSOKE	9	GESAN	5	KONTR	4	PGSUS	1	TOPLAM	220
BTCIM	3	GRSEL	5	KOZAA	1	RALYH	8		

Çalışmanın temelini, 01.01.2010 – 30.06.2025 tarihleri arasını kapsayan ve toplam 3.878 işlem gününden oluşan BIST 100 endeksi günlük kapanış getiri serisi oluşturmaktadır. Veri setinin başlangıç tarihinin 01.01.2010 olarak belirlenmesinde VBTS öncesi ve sonrası dönemlerin gözlem sayıları bakımından dengelenmesi ve böylece analiz sonuçlarının karşılaştırılabilirliğinin artırılması amaçlanmıştır. Bu sayede, modelleme sonuçları kıyaslanırken yapısal farklılıklar ve rejim değişimleri daha sağlıklı bir zeminde değerlendirilebilecektir.

Çalışmada kullanılan BIST 100 endeksine ait günlük kapanış verileri Yahoo Finance veri tabanından temin edilmiştir. Analize konu zaman serisi verilerinin tutarlılığını güvence altına almak ve getiri hesaplamalarında temettü ödemeleri ile sermaye artırımını gibi aksiyonların yaratabileceği sapmaları elimine etmek amacıyla düzeltilmiş kapanış fiyatları esas alınmıştır. Verilerin tanımlayıcı istatistikleri EViews (v10.0) ile hesaplanmış; MS-GARCH analizleri ise RStudio (v2024.12.1) ortamında R kullanılarak, Ardia vd. (2019) tarafından geliştirilen MSGARCH paketi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, elde edilen MS-GARCH modeli sonuçlarının daha tutarlı yorumlanabilmesini sağlamak amacıyla, logaritmik getiriler 100 ile çarpılarak yüzde formatına dönüştürülmüştür (Özer ve Yarbaşı, 2023):

$$r_t(\%) = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \times 100 \quad (1)$$

Bu tür doğrusal dönüşümler, verinin dağılım şekli, otokorelasyon yapısı, doğrusallığı, varyansın zaman içerisindeki yapısı ve dolayısıyla volatilité dinamikleri gibi temel istatistiksel özelliklerini değiştirmemektedir (Tukey, 1977; Hair vd., 2014, Hair vd., 2019). Ölçeklendirme işlemi ile yapılan bu değişim veri yapısını bozmamakla birlikte, koşullu varyans ve rejim geçişleri gibi hassas parametrelerin görünürliğini artırarak, model çıktılarının daha tutarlı ve etkin bir biçimde yorumlanmasına olanak tanımaktadır.

BIST 100 endeksinin volatilité modellemesi, dinamiklerin derinlemesine analiz edilebilmesi ve sonuçlar üzerinden dönemsel karşılaştırmaların yapılabilmesi amacıyla iki aşamada gerçekleştirilmiştir. Birinci aşamada tüm dönemi kapsayan 3.878 günlük veri seti kullanılarak VBTS'nin piyasa üzerindeki genel etkisi incelenmiştir. Bu amaçla, öncelikle sistemin uygulanmadığı 01.01.2010 – 29.09.2017 tarihleri arasındaki dönemin volatilité yapısı Maksimum Olabilirlik (ML) yöntemiyle modellenmiş, ardından VBTS'nin uygulandığı 29.09.2017 – 30.06.2025 tarihleri arasındaki dönem aynı yöntemle analiz edilmiştir. İkinci aşamada ise VBTS dönemi kendi içinde ayrıştırılarak, 29.09.2017 – 14.11.2021 tarihleri arasındaki 3 Tedbirli Dönem ve 15.11.2021 – 30.06.2025 tarihleri arasındaki 5 Tedbirli Dönem'in volatilité dinamikleri ayrı ayrı incelenmiştir. Bu aşamadaki temel amaç, tedbir yoğunluğu ve uygulanma süresindeki yapısal değişimin piyasa kalitesi ve istikrarı üzerindeki etkilerini tespit etmektir.

Belirlenen alt dönemlerin her biri için model spesifikasyonu oluşturulurken, rejim sayısı literatürdeki temel yaklaşımlar doğrultusunda saptanmıştır. Nitekim, ilgili literatürde yer alan çalışmalarda (Marcucci, 2005; Syllignakis ve Kouretas, 2011; Arellano ve Rodriguez, 2020) piyasa yapısının genellikle düşük ve yüksek volatilité olmak üzere iki rejim altında incelendiği görülmektedir. Çalışmamızda, üç rejimli modellemenin yorumlamayı zorlaştırması ve üçüncü rejime ait parametrelerin çoğunlukla istatistiksel olarak anlamsız bulunması nedeniyle, literatürdeki genel eğilimle uyumlu olarak iki rejimli model yapısı tercih edilmiştir.

3.2. Ekonometrik Yöntem: MS-GARCH ve Hentschel's GARCH

Günümüz finansal piyasaların doğası gereği, volatilité dinamikleri zaman içerisinde sabit kalmamakta ve farklılaşan yapısal özellikler sergilemektedir. Bu nedenle çalışmada BIST 100 endeksinin volatilité yapısı tek bir koşullu varyans süreciyle sınırlandırılmak yerine, piyasa dinamiklerine göre değişen ve gözlemlenemeyen bir Markov zinciri tarafından yönetilen farklı rejimlere bağlı olarak modellenmiştir. Bu amaçla çalışmada, her bir rejimin (k) kendi geçmiş varyans dinamiklerine göre ayrı ayrı evrildiği MS-GARCH modeli kullanılmıştır. Bu model çerçevesinde, $k = 1, \dots, K$ olmak üzere t zamanındaki koşullu varyans denklemi şu şekilde tanımlanmaktadır (Haas vd., 2004):

$$\sigma_{k,t}^2 = \omega_k + \alpha_k \varepsilon_{t-1}^2 + \beta_k \sigma_{k,t-1}^2 \quad (2)$$

Bu formülasyondaki temel ayrım, $\sigma_{k,t-1}^2$ teriminin, k rejiminin kendi $t - 1$ dönemdeki varyansını ifade etmesidir. Diğer bir ifadeyle, rejimler birbirine bağımlı olmadan kendi GARCH süreçlerini izlemekte ve literatürdeki yol bağımlılığı sorunu bu sayede aşmaktadır.

Modelin istatistiksel olarak geçerli olabilmesi ve her bir rejim için koşullu varyansın pozitif kalabilmesi adına; $\omega_k > 0$, $\alpha_k \geq 0$ ve $\beta_k \geq 0$ parametre kısıtları sağlanmalıdır.

Rejimler arası geçişler ise birinci dereceden bir Markov zinciri ile yönetilmekte ve P geçiş matrisi ile aşağıdaki gibi modellenmektedir:

$$p_{ij} = P(S_t = j | S_{t-1} = i) \quad (3)$$

Burada p_{ij} , piyasanın $t - 1$ zamanında i rejimindeyken, t zamanında j rejimine geçme olasılığını ifade etmektedir ($\sum_{j=1}^K p_{ij} = 1$).

Çalışmada, MS-GARCH çerçevesinde volatilité yapısını en iyi açıklayan modeli belirlemek amacıyla literatürde yaygın olarak kullanılan ve farklı asimetri özelliklerine sahip olan GARCH, E-GARCH, GJR-GARCH ve T-GARCH modelleri karşılaştırmalı olarak analiz edilmiştir. Bahsi geçen bu modellerin her birini ayrı ayrı tanımlamak yerine, Hentschel (1995) tarafından önerilen ve tüm bu modelleri parametrik kısıtlar altında kapsayan GARCH ailesi formülasyonu çerçevesinde ifade etmek, metodolojik bütünlük açısından daha uygun olacaktır. GARCH ailesi modellerini kapsayan Box-Cox dönüşümlü formül aşağıdaki gibi ifade edilmektedir (Hentschel, 1995: 77):

$$\frac{\sigma_t^\lambda - 1}{\lambda} = \omega + \alpha \sigma_{t-1}^\lambda f^\nu(\varepsilon_t) + \beta \frac{\sigma_{t-1}^\lambda - 1}{\lambda} \quad (4)$$

Modelde asimetrik tepki fonksiyonu ise şu şekilde tanımlanmaktadır:

$$f(\varepsilon_t) = |\varepsilon_t - b| - c(\varepsilon_t - b) \quad (5)$$

Modelin geçerli olabilmesi için koşullu varyansın pozitif ve serinin kovaryansının durağan olabilmesi için $\omega > 0$, $\alpha \geq 0$, $\beta \geq 0$, $|c| \leq 1$ kısıtları ile $E[(\alpha f^\nu(\varepsilon_t) + \beta)^{2/\lambda}] < 1$ koşulunun aynı anda sağlanması gerekmektedir (Hentschel, 1995: 98-99).

Hentschel'in GARCH denkleminde yer alan λ , ν , b ve c parametreleri aldıkları farklı değerlerle farklı modelleri temsil etmektedir. Bu parametrelere yapılan kısıtlamalar ve kısıtlamalara karşılık gelen modellerin bazıları aşağıdaki Tablo 2'de özetlenmiştir (Hentschel, 1995: 79):

Tablo 2. GARCH Ailesi Modellerinde Parametre Kısıtlamaları

λ	ν	b	c	Model
0	1	0	Serbest	E-GARCH
1	1	0	$ c \leq 1$	T-GARCH
2	2	0	0	GARCH
2	2	0	Serbest	GJR-GARCH

Bu formülasyonda b ve c parametreleri, asimetriyi (kaldıraç etkisini) ve şokun büyüklüğüne verilen tepkiyi kontrol etmektedir. Hentschel modelindeki λ , ν , b ve c parametrelerine getirilen kısıtlamalarla, çalışmada kullanılan alt modeller elde edilmektedir:

1. Standart GARCH (Bollerslev, 1986): $\lambda = 2, \nu = 2, b = 0, c = 0$ kısıtları altında elde edilmektedir. Modelde pozitif ve negatif şokların volatilité üzerindeki etkisinin simetrik olduğu varsayılmaktadır.
2. GJR-GARCH (Glosten vd., 1993): $\lambda = 2, \nu = 2, b = 0$ kısıtları altında elde edilmektedir. Modelde c parametresi serbest bırakılarak negatif şokların asimetrik etkisinin modellenmesi sağlanmaktadır.
3. E-GARCH (Nelson, 1991): $\lambda = 0, \nu = 1, b = 0$ kısıtları altında elde edilmektedir. Şokların büyüklük ve asimetri etkilerinin ayrı ayrı ölçüldüğü modelde, volatilitenin logaritması modellenmekte ve parametrelerin pozitif olma zorunluluğu ortadan kalkmaktadır.
4. T-GARCH (Zakoian, 1994): $\lambda = 1, \nu = 1, b = 0$ kısıtları altında elde edilmektedir. Varyans yerine doğrudan koşullu standart sapmanın modellendiği yapıda, volatilitenin şoklara verdiği tepki mutlak değer üzerinden asimetrik şekilde modellenmektedir.

Tablo 2’de özetlenen parametre kısıtlarından da anlaşılacağı üzere modeller farklı koşullu standart sapma kuvvetine, farklı asimetrik tepkilere ve farklı eğimlere sahiptir. Bu noktadan hareketle MS-GARCH modeli ile yapılacak analizde volatilité modellemesinde farklı derecelerden yaklaşan bu modellerin analize dahil edilmesi faydalı olacaktır.

4. Ampirik Bulgular

Modellemeye konu olan zaman serilerinin temel istatistiklerinin hesaplanmasının ardından normallik sınaması, birim kök sınaması, otokorelasyon sınaması ve ARCH-LM testleri uygulanacaktır. Ardından dönemlere göre MS-GARCH modelinin sonuçlarına yer verilecektir. Tablo 3’te analize konu tüm dönem verilerinin tanımlayıcı istatistikleri yer almaktadır:

Tablo 3. BIST 100 Endeksi Günlük Getiri Serisine Ait Tanımlayıcı İstatistikler (01.01.2010-30.06.2025)

	VBTS Öncesi	VBTS Sonrası	3 Tedbirli VBTS	5 Tedbirli VBTS
Gözlem	1947	1931	1025	960
Min.	-0.1107	-0.1030	-0.1030	-0.0912
Max.	0.0689	0.0942	0.0581	0.0942
Mean	0.0003	0.0012	0.0005	0.0019
Median	0.0009	0.0016	0.0013	0.0019
Std. Sap.	0.0143	0.0169	0.0142	0.0194
Basıklık	7.136	7.815	8.540	6.739
Çarpıklık	-0.549	-0.721	-1.041	-0.603

Tablo 3' te yer alan VBTS öncesi ve sonrası dönemlere ait tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, tedbir sisteminin uygulandığı dönemde ortalama getirilerle birlikte standart sapmanın da belirgin bir şekilde yükseldiği görülmektedir. Her iki dönemin dağılım özellikleri, yüksek basıklık ve negatif çarpıklık değerleriyle normal dağılımdan sapma göstermekle birlikte özellikle VBTS sonrası dönemde negatif çarpıklığın artması, bu süreçte göreceli olarak daha sert düşüşlerin yaşandığına işaret etmektedir.

VBTS sonrası dönemin alt kırılımları incelendiğinde, 5 kademeli tedbir sisteminin uygulandığı dönemde ortalama getiri ve standart sapma 3 kademeli döneme kıyasla yükselmiş olsa da basıklık ve negatif çarpıklık değerlerinin göreceli olarak azaldığı görülmektedir. Bu durum, 3 kademeli dönemde uç değerlerdeki bozulmanın daha belirgin olduğunu göstermektedir. Modellemeye konu olan tüm zaman serilerinde gözlemlenen bu sola çarpık ve kalın kuyruklu yapı, serilerin normal dağılım göstermediğini ortaya koymakta ve bu gözlem Tablo 4 Panel A'da yer alan Jarque-Bera (JB) (Jarque ve Bera, 1987) testi sonuçlarıyla da istatistiksel olarak doğrulanmaktadır:

Tablo 4. BIST 100 Endeksi Günlük Getiri Serisinin Tanımsal Test Sonuçları (01.01.2010-30.06.2025)

İstatistik	VBTS Öncesi	VBTS Sonrası	3 Tedbirli VBTS	5 Tedbirli VBTS
Panel A: Normallik ve Birim Kök Testleri				
JB	1485.574***	2032.828***	1495.786***	582.616***
ADF	-11.897***	-11.895***	-9.684***	-10.133***
PP	-45.088***	-43.153***	-31.531***	-29.688***
Panel B: Değişen Varyans Testi (ARCH-LM)				
LM(1)	28.965***	12.301***	0.634	6.350**
LM(5)	93.524***	163.738***	34.300***	94.594***
LM(10)	112.018***	168.969***	48.571***	97.912***
LM(15)	144.858***	173.701***	57.188***	99.212***
Panel C: Otokorelasyon Testi (Ljung-Box Q)				
Q(5)	6.089	7.399	9.247*	5.886
Q(10)	15.635	9.769	11.333	8.458
Q(15)	18.729	22.382*	16.757	20.324
Panel D: Kareli Otokorelasyon Testi (Ljung-Box Q²)				
Q ² (5)	130.559***	205.039***	39.540***	113.461***
Q ² (10)	177.431***	219.02***	64.849***	116.325***
Q ² (15)	228.124***	228.188***	77.602***	116.769***

Not: Tabloda yer alan JB, ADF ve PP kısaltmaları sırasıyla Jarque-Bera, Augmented Dickey-Fuller ve Phillips-Perron test istatistiklerini; LM(k), k. gecikmedeki ARCH-LM test istatistiğini; Q(k) ve Q²(k) ise sırasıyla k. gecikmedeki Ljung-Box ve kareli Ljung-Box test istatistiklerini ifade etmektedir. *, ** ve *** işaretleri; istatistiksel anlamlılığın sırasıyla %10, %5 ve %1 önem düzeyinde ($p < 0.10$, $p < 0.05$, $p < 0.01$) olduğunu göstermektedir.

Tablo 4 Panel A'da yer alan Jarque-Bera testi sonuçları incelendiğinde, tüm dönemler için hesaplanan test istatistiklerinin ve bunlara karşılık gelen p değerlerinin, %1 anlamlılık düzeyinde serinin normal dağılıma sahip olduğu yönündeki sıfır hipotezinin (H_0) güçlü bir şekilde reddedilmesini gerektirdiği görülmektedir. İstatistiksel olarak kanıtlanan bu normallikten sapma durumu, çalışmada volatilité modellemesi gerçekleştirilirken neden normal dağılım yerine çarpık GED ve çarpık Student-t gibi kalın kuyruklu ve asimetric dağılım varsayımlarının tercih edildiğinin de gerekçesini oluşturmaktadır.

Ekonometrik analizlerde durağan olmayan zaman serilerinin kullanılması, değişkenler arasında gerçekte var olmayan ilişkilerin istatistiksel olarak anlamlıymış gibi görünmesine yol açabilmektedir. Bu nedenle, serilerin durağanlık özelliklerinin sınanması ve birim kök içerip içermediklerinin tespit edilmesi önem arz etmektedir. Bu gereklilik doğrultusunda, literatürde yaygın kabul gören Augmented Dickey-Fuller (ADF) (Dickey ve Fuller, 1979) ve Phillips-Perron (PP) (Phillips ve Perron, 1988) birim kök testleri, çalışmaya konu olan tüm alt dönemler için ayrı ayrı uygulanmış ve elde edilen test sonuçlarına Tablo 4 Panel A’da yer verilmiştir.

Panel A’da özetlenen test sonuçları incelendiğinde, analize konu tüm dönemler için hesaplanan hem ADF hem de PP test istatistiklerinin, %1 anlamlılık düzeyinde kritik değerlerden daha küçük olduğu görülmektedir. Bu bulgular ışığında, serilerin birim kök içerdiği yönündeki sıfır hipotezi (H_0) tüm alt dönemler için reddedilmiştir. Sonuç olarak, analize konu olan BIST 100 getiri serileri birim kök içermemektedir ve dolayısıyla durağan bir yapıya sahiptir.

Finansal zaman serilerinde sıkça rastlanan değişen varyans olgusunu tespit etmek ve çalışmamıza konu zaman seri verisi verilerine GARCH modellerinin uygulanabilirliği için temel ön koşul olan ARCH etkisinin varlığını sınamak amacıyla ARCH-LM testi uygulanmıştır. Çalışmanın tüm alt dönemleri için 15. gecikmeye kadar gerçekleştirilen test sonuçlarına da Tablo 4 Panel B’de yer verilmiştir. Panel B’de sunulan ARCH-LM testi sonuçları değerlendirildiğinde VBTS öncesi ve VBTS sonrası dönemleri için hesaplanan test istatistiklerinin tüm gecikme uzunluklarında %1 anlamlılık düzeyinde olduğu görülmektedir. Bu bulgular ışığında, ilgili dönemler için seride ARCH etkisi yoktur şeklindeki sıfır hipotezi (H_0) reddedilmiştir. Alt dönemler incelendiğinde ise tek istisnai durum 3 Tedbirli VBTS dönemde ortaya çıkmıştır. Bu dönemde 1. gecikme için hesaplanan test istatistiği istatistiksel olarak anlamsız bulunsa da 5. gecikmeden itibaren test istatistiklerinin yükseldiği ve %1 düzeyinde anlamlı hale geldiği görülmektedir. Bu durum, gecikme süresi arttıkça ARCH etkisinin güçlü bir şekilde ortaya çıktığını göstermektedir. Sonuç olarak, incelenen tüm zaman aralıklarında değişen varyansın varlığı doğrulanmakta ve bu durum BIST 100’ün volatilité modellemesi için GARCH ailesi yöntemlerin kullanılmasının ekonometrik açıdan uygun ve gerekli olduğunu ortaya koymaktadır.

Sonuçlarına Tablo 4 Panel C ve D’de yer verilen ve serilerin otokorelasyon yapısını incelemek amacıyla uygulanan Ljung-Box (Ljung ve Box, 1978) testi ise ham getiri serilerinde istatistiksel olarak anlamlı bir otokorelasyon bulunmadığını göstermektedir. Ancak, fiyat hareketlerinin yönünü değil şiddetini yansıtan kareli getiri serileri ile yapılan testlerde, tüm dönemler için %1 düzeyinde güçlü bir otokorelasyon yapısı görülmektedir. Bu bulgular, getiri serilerinin ortalamada rassal bir seyir izlemesine rağmen, varyansın zamanla değişen ve kümelenen bir yapıya sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ljung-Box testi sonuçlarında elde edilen, varyansın zamanla değişen ve kümelenen bir yapıya sahip olduğu bulgusu, ARCH-LM testi bulgularını desteklemekte ve çalışmada GARCH tabanlı modellerin kullanılmasının ekonometrik bir zorunluluk olduğunu bir kez daha göstermektedir.

4.1. MS-GARCH Modelleme Sonuçları

Çalışmada VBTS Öncesi, VBTS Sonrası ve tedbir yoğunluğuna göre ayrıştırılan alt dönemleri kapsayan dört farklı zaman aralığı için BIST 100 endeksinin volatilité yapısı iki rejimli MS-GARCH çatısı altında modellenmiştir. Analizde, volatilitenin simetrik ve asimetrik dinamiklerini en doğru şekilde yansıtabilmek amacıyla standart GARCH modelinin yanı sıra E-

GARCH, T-GARCH ve GJR-GARCH spesifikasyonları da karşılaştırmalı olarak sınanmıştır. Ayrıca, serilerin tanımlayıcı istatistikleri ve Jarque-Bera testiyle teyit edilen, basıklık ve çarpıklık özellikleri dikkate alınarak, parametre tahminlerinde çarpık genelleştirilmiş hata (sGED) ve çarpık student-t (sSTD) dağılım varsayımları tercih edilmiştir.

Modelleme yapılırken her bir dönem için iki dağılım varsayımı altında toplamda 8 modelleme ve tüm dönemler için toplamda 32² modelleme gerçekleştirilmiştir. Modellerin tahminleme performansları değerlendirilirken Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) göz önüne alınmıştır. Ayrıca modellerin ürettiği parametrelerin anlamlılıkları da bir değerlendirme kriteri olmuştur. Bunun neticesinde Tablo 5'te yer alan modeller optimum tahminleme performansına sahip modeller olarak öne çıkmıştır.

Tablo 5. VBTS Alt Dönemleri İçin MS-GARCH Parametre Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025)

Dönemler	VBTS Öncesi	VBTS Sonrası	3 Tedbirli VBTS	5 Tedbirli VBTS
Model	E-GARCH (1,1)	E-GARCH (1,1)	GJR-GARCH (1,1)	E-GARCH (1,1)
Dağılım	sGED	sGED	sSTD	sSTD
α_{01}	0.0082*** (0.0000)	0.1021*** (0.0261)	0.2119*** (0.0703)	0.1712*** (0.0510)
α_{11}	0.0124*** (0.0000)	0.0707** (0.0446)	0.0001 (0.0009)	0.0936* (0.0603)
α_{21}	-0.0717*** (0.0000)	-0.2012*** (0.0337)	0.1682*** (0.0658)	-0.2420*** (0.0358)
β_1	0.9806*** (0.0000)	0.7928*** (0.0469)	0.7988*** (0.0389)	0.7309*** (0.0581)
ν_1	16.617*** (0.0000)	16.714*** (0.1102)	67.186*** (17.4160)	91.1962 (98.760)
ξ_1	0.893*** (0.0000)	0.9536*** (0.0413)	0.8657*** (0.0422)	10.049*** (0.0854)
α_{02}	11.131*** (0.0000)	0.4948*** (0.0637)	19.803*** (0.0300)	0.4660*** (0.0972)
α_{12}	-0.9402*** (0.0000)	0.1612** (0.0896)	0.0001*** (0.0000)	0.7541** (0.3646)
α_{22}	-0.9647*** (0.0000)	-0.2070** (0.0552)	11.987*** (0.0182)	-0.0965 (0.1995)
β_2	0.2676*** (0.0000)	0.7339*** (0.0354)	0.0396*** (0.0004)	0.9133*** (0.0251)
ν_2	20.141*** (0.0000)	11.124*** (0.1023)	38.448*** (0.0619)	22.688*** (0.3935)
ξ_2	0.7113*** (0.0000)	0.7605*** (0.0204)	0.0368* (0.0254)	0.5215*** (0.0455)
p_{11}	0.9866*** (0.0000)	0.9891*** (0.0122)	0.9924*** (0.0614)	0.8151*** (0.1407)
p_{21}	0.1813*** (0.0000)	0.0269*** (0.0049)	0.0748*** (0.0047)	0.5146*** (0.1007)

Not: Parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir. *, ** ve *** işaretleri; istatistiksel anlamlılığın sırasıyla %10, %5 ve %1 önem düzeyinde olduğunu göstermektedir. Bazı parametre tahminlerinde standart hataların 0 olarak görünmesi, ilgili parametrenin standart hatasının raporlanan ondalık hassasiyetinden çok daha küçük olduğunu veya parametrenin sınır değerinde tahmin edildiğini ifade etmektedir.

² Tahmin edilen tüm alternatif modellere ait bilgi kriterlerini (AIC ve BIC) içeren karşılaştırmalı sonuçlar, çalışmanın sonunda yer alan Ek Tablo 1'de sunulmuştur.

Tablo 5'te yer alan rejim spesifik parametrelerin ekonomik ve istatistiksel anlamları şu şekildedir: Her iki rejim ($i = 1, 2$) için; α_{0i} koşullu varyans denklemindeki volatilitenin zamandan ve geçmiş şoklardan bağımsız sabit bileşenini, α_{1i} (ARCH katsayısı) piyasa şoklarının volatilité üzerindeki kısa vadeli anlık etkisini; β_i (GARCH katsayısı) ise geçmiş şokların hafızasını ve volatilitenin uzun vadeli kalıcılığını temsil etmektedir. Modelin asimetrik yapısını ortaya koyan α_{2i} (Asimetri parametresi), negatif ve pozitif şokların volatilité üzerindeki etkilerinin farklılaşma derecesini göstermektedir. Dağılım parametrelerinden ξ_i (çarpıklık) getiri serisinin simetrisini, v_i (şekil parametresi) ise dağılımın kuyruk kalınlığını ve dolayısıyla uç değer risklerini ifade etmektedir. Son olarak p_{11} ve p_{21} , sırasıyla piyasanın mevcut rejimde kalma ve diğer rejime geçiş olasılıklarını yansıtmaktadır.

Tablo 6. VBTS Alt Dönemleri İçin MS-GARCH Olasılık Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025)

Olasılık Matrisi								
	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2
t k=1	0.9866	0.0134	0.9891	0.0109	0.9924	0.0076	0.8151	0.1849
t k=2	0.1813	0.8187	0.0269	0.9731	0.0748	0.9252	0.5146	0.4854
Durağan Olasılıklar								
	Rejim1	Rejim2	Rejim1	Rejim2	Rejim1	Rejim2	Rejim1	Rejim2
	0.9312	0.0688	0.7125	0.2875	0.908	0.092	0.7356	0.2644
Rejimlerin Beklenen Süresi (Gün): $1 / (1 - p_{ii})$ (Hamilton, 1989: 374)								
R1	74.63		91.74		131.58		5.41	
R2	5.52		37.17		13.37		1.94	

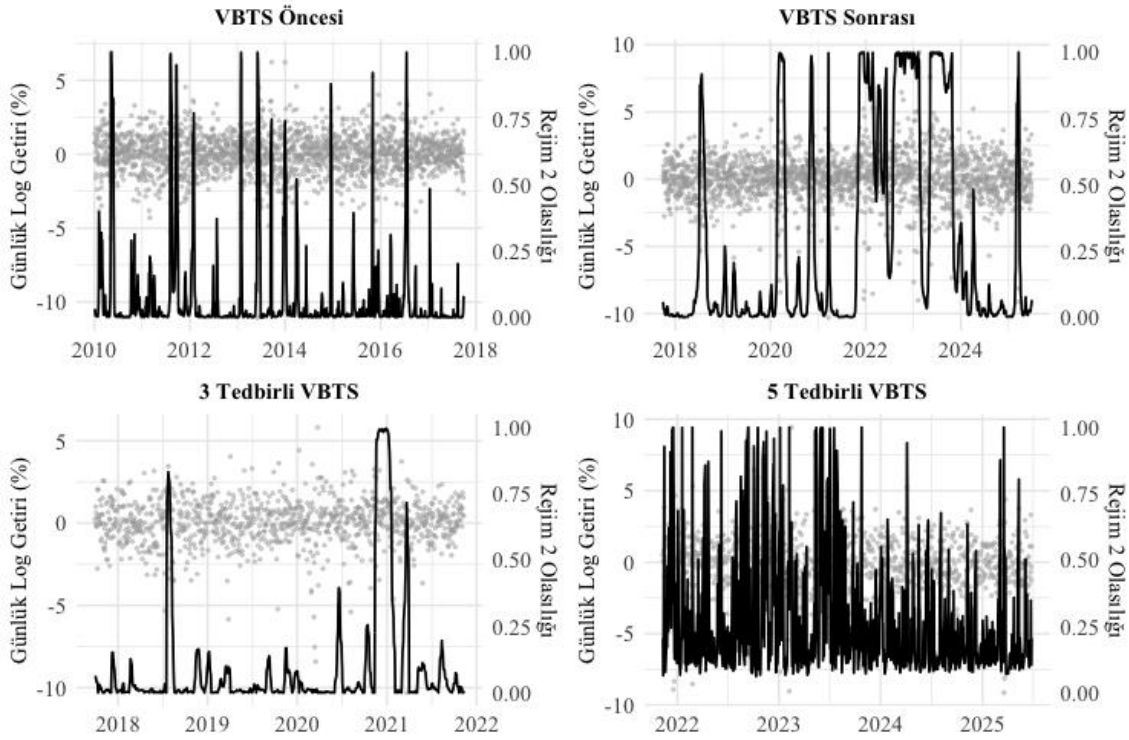
Not: Tabloda yer alan t değişkeni cari zamanı, k değişkeni ise aktif rejimi göstermektedir. Analiz kapsamında Rejim 1 sakin piyasa (düşük volatilité) koşullarını, Rejim 2 ise dalgalı piyasa (yüksek volatilité) koşullarını ifade etmektedir.

Tablo 5'te ve 6'da yer alan sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde, volatilitenin temel seviyesini gösteren α_{01} ve α_{02} parametreleri tüm dönemler için birinci rejimin düşük volatilité, ikinci rejimin ise yüksek volatilitéyi temsil ettiğini göstermektedir. Bulgular, VBTS Öncesi ve VBTS Sonrası dönemler arasında piyasa dinamiklerinde belirgin bir yapısal değişim yaşandığını ortaya koymaktadır. VBTS öncesi dönemde BIST 100 endeksi, düşük volatilité rejiminde yüksek kalıcılık sergilerken (p_{11}), yüksek volatilité rejiminde şokların etkisinin hızla sönümlendiği (β_2) ve yüksek volatilité süresinin ortalama 5,5 gün ile sınırlı kaldığı esnek bir yapı sergilemiştir. Buna karşın, VBTS sonrası dönemde yüksek volatilitenin yapışkan bir karaktere büründüğü ve yüksek volatilité rejiminde kalma olasılığının (p_{22}) 0.97 seviyesine yükselerek ortalama kriz süresinin 37 güne kadar çıktığı görülmektedir. Ayrıca, durağan olasılıklar incelendiğinde endeksin yüksek volatilité rejiminde geçirdiği süre VBTS öncesinde yaklaşık %7 iken, VBTS sonrasında %29 seviyesine yükselmesi, piyasanın yapısal olarak daha yüksek bir risk zeminine kaydığını göstermektedir.

VBTS uygulamasının yapısının değiştiği alt dönemler incelendiğinde ise, tedbir yoğunluğu ile piyasa istikrarı arasında doğrusal olmayan bir ilişki gözlemlenmiştir. 3 Tedbirli VBTS dönemi, düşük volatilité rejiminin ortalama süresinin 132 güne ulaşması ve yüksek volatilité rejimindeki şok hafızasının (β_2) oldukça düşük olması ile piyasa istikrarının en güçlü korunduğu optimal denge dönemi olarak öne çıkmaktadır. Buna tam zıt bir görünüm sergileyen 5 Tedbirli VBTS dönemi ise, sakin piyasa süresinin 5,4 güne kadar gerilediği, hem düşük (p_{11}) hem de yüksek (p_{22}) volatilité rejimlerinde kalıcılığın düştüğü ve rejim geçişlerinin aşırı sıklaştığı en kararsız yapı olarak ayrılmaktadır. Özellikle 5 tedbirli dönemde kriz rejimindeki asimetrik etkinin (α_{22})

istatistiksel anlamsızlığı, yoğun kısıtlamaların piyasa dinamiklerini teorik beklentilerden uzaklaştırarak volatilitiyi kaotik bir yapıya sürüklediğini göstermektedir.

Grafik 1’de BIST 100 endeksinin analiz edilen dört farklı dönemine ait rejim değişim olasılıklarına yer verilmiştir. Grafiklerdeki gri noktalar günlük logaritmik getirileri, siyah çizgiler ise piyasanın ilgili tarihte yüksek volatilitate rejiminde (Tablo 6’da rejim 2 olarak belirtilen süreç) olma ihtimalini göstermektedir. VBTS öncesi dönem incelendiğinde, piyasanın yüksek volatilitate rejimine sıkça giriş yaptığı ancak bu şokların kalıcılığının düşük olduğu ve piyasanın hızla normale döndüğü görülmektedir. Buna karşın VBTS sonrası dönemde, daha geniş bloklar halinde görülen yüksek volatilitate rejimlerinin yapışkan bir karakter kazandığı, özellikle 2020, 2022 ve 2023 yıllarında rejim olasılığının uzun süre yüksek kaldığı dikkat çekmektedir.

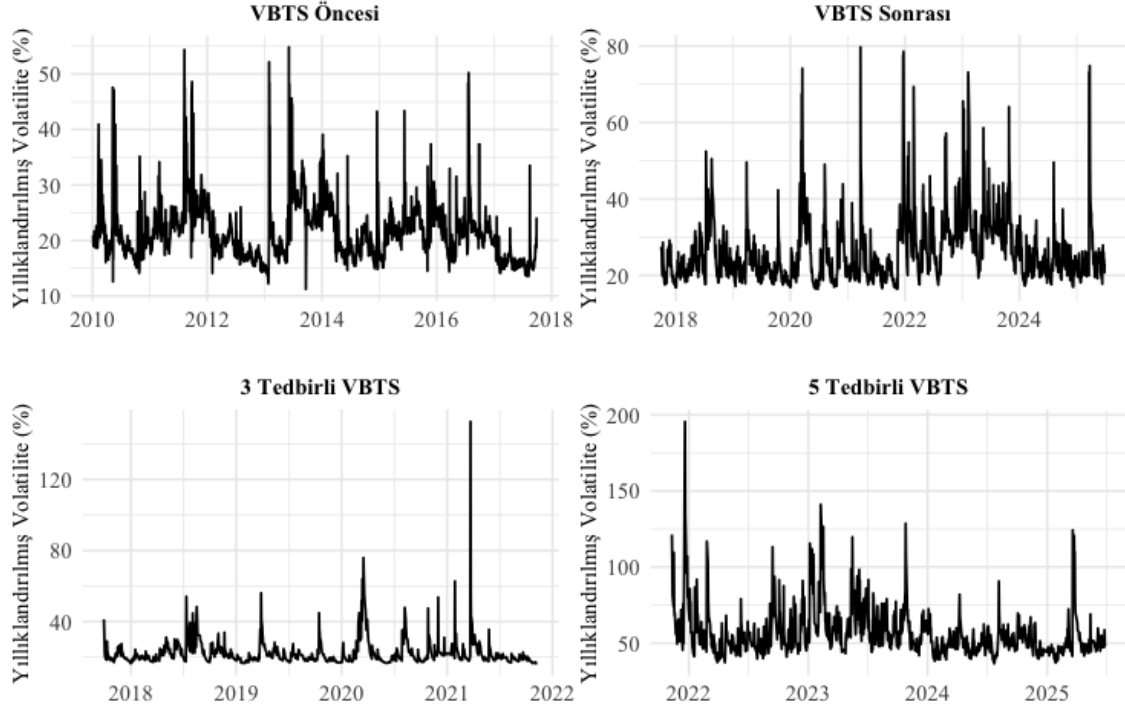


Grafik 1. VBTS Alt Dönemlerinde BIST 100 Endeksinin Tahmin Edilen Düzgünleştirilmiş Rejim Olasılıkları (01.01.2010-30.06.2025)

Alt dönemler incelendiğinde ise keskin bir ayrışma göze çarpmaktadır. 3 Aşamalı VBTS döneminde, piyasa genel olarak sakin bir seyir izlemiş ve sadece pandeminin başında (2020 Mart) belirgin bir şok yaşamış, ardından hızla dengeye kavuşmuştur. Ancak 5 Aşamalı VBTS döneminde, rejim olasılıklarının sürekli olarak 0 ile 1 arasında dalgalandığı, piyasanın tam anlamıyla istikrara kavuşamadığı ve rejim geçişlerinin aşırı sıklaştığı kaotik bir yapı ortaya çıkmıştır.

Grafik 2’de, MS-GARCH modelleri aracılığıyla filtrelenen yıllıklandırılmış koşullu volatilitate serileri yer almaktadır. Grafikler, dönemler itibarıyla piyasa risk algısındaki değişimleri net bir şekilde ortaya koymaktadır. VBTS öncesi dönemde volatilitate genellikle %20 bandında seyrederken, kriz dönemi olarak tanımlanabilecek periyotlarda maksimum %55 seviyesini test etmiştir. VBTS sonrası dönemde ise taban volatilitenin yükseldiği ve yaşanan şoklarda

volatilitenin %80'lere ulaştığı görülmektedir. Değişen tedbir yapısının koşullu volatilitenin üzerine etkisi incelendiğinde ise 3 aşamalı VBTS döneminde volatilitenin, 2020 Mart döneminde pandemi şoku sebebiyle %80 civarına ve 2021 Mart döneminde Merkez Bankası başkanı değişikliği sebebiyle %140 civarına anlık yükselmesinin haricinde, dönem genelinde oldukça düşük ve yatay bir seyir izlediği görülmektedir. Buna karşın 5 aşamalı VBTS döneminde, volatilitenin taban seviyesinin %50'ler civarına yerleştiği ve sürekli yüksek seyrettiği gözlenmektedir. Özellikle 5 aşamalı dönemde volatilitenin düşme eğilimi göstermemesi, piyasadaki belirsizliğin kalıcılıştığını göstermektedir.

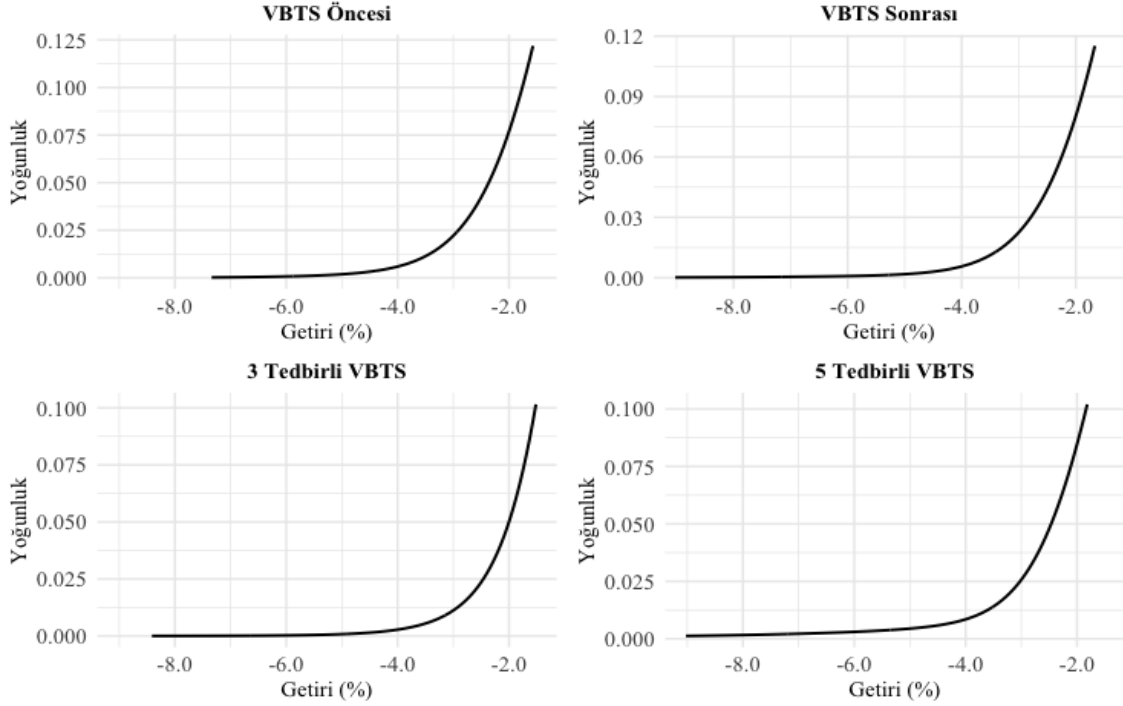


Grafik 2. VBTS Alt Dönemlerinde BIST 100 Endeksinin Koşullu Volatilité Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025)

Grafik 3 farklı dönemler için MS-GARCH modellerinden elde edilen tek adım ileri öngörücü yoğunluk fonksiyonlarının sol kuyruk yapısını göstermektedir. Grafik 3'de yer alan dağılımın sol bölgesi, yatırımcılar için en büyük tehdit olan ekstrem zarar olasılıklarını veya diğer bir ifadeyle kuyruk riskini temsil etmektedir. Grafikler karşılaştırmalı olarak değerlendirildiğinde, VBTS öncesi dönemde dağılım eğrisinin daha dik bir eğime sahip olduğu ve zarar olasılıklarının %6 seviyelerinden itibaren hızla sönümlenerek sıfıra yaklaştığı görülmektedir. Bu, ilgili dönemde ekstrem düşüş riskinin sınırlı olduğunu göstermektedir. Buna karşın VBTS sonrası dönemde eğrinin daha yataylaştığı ve sol kuyruğun kalınlaşarak %8 ve ötesine uzandığı dikkat çekmektedir.

Alt dönemler incelendiğinde, VBTS sonrası dönemin risk yapısındaki bozulmanın kaynağı daha net anlaşılmaktadır. 3 Aşamalı VBTS döneminde kuyruk yapısı nispeten kontrol altındayken, 5 aşamalı VBTS döneminde kuyruğun en kalın ve uzun formuna ulaştığı görülmektedir. 5 tedbirli dönemde, %8 ve üzeri kayıplara karşılık gelen olasılık yoğunluğunun

diğer dönemlere göre belirgin şekilde yüksek olması, piyasanın bu dönemde nadir ve yıkıcı düşüşleri fiyatlamaya eğiliminin arttığını göstermektedir.



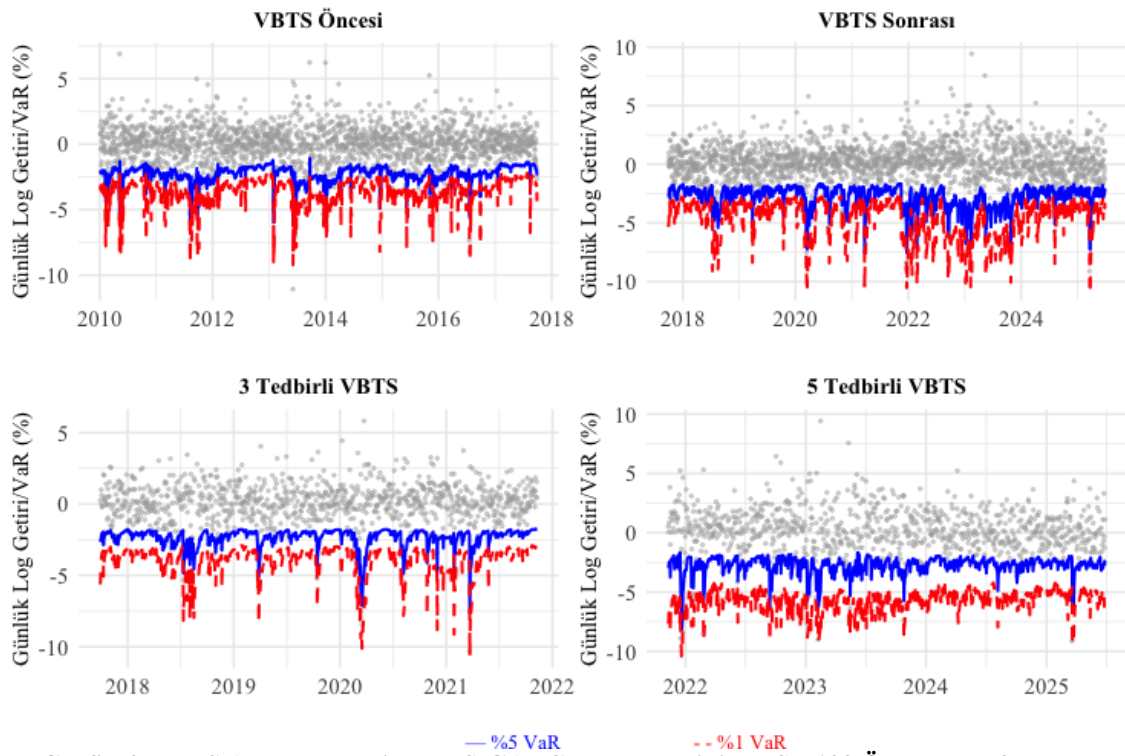
Grafik 3. VBTS Alt Dönemlerinde BIST 100 Endeksinin Sol Kuyruk Dağılım Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025)

4.2. Riske Maruz Değer Analizi ve Modellerin Öngörü Performansı

Volatilite modellerinin tahmin başarısı, literatürde genellikle AIC ve BIC gibi istatistiksel bilgi kriterlerine dayalı olarak değerlendirilmektedir. Ancak, bir modelin matematiksel olarak veriye en iyi uyumu sağlaması, finansal risk yönetiminde de en doğru öngörülerini üreteceği anlamına gelmemektedir. Çalışmamız kapsamındaki kritik sorulardan birisi, kurulan modellerin gerçek piyasa koşullarında ortaya çıkan ekstrem riskleri ve olası zararları ne kadar isabetli tahmin edebildiğidir. Bu nedenle çalışmada, seçilen MS-GARCH modellerinin performansı sadece istatistiksel göstergelerden elde edilen uyum kriterleriyle sınırlı tutulmamış, modellerin ürettiği riske maruz değer (VaR) tahminlerinin gerçekleşen getirileri ne ölçüde kapsadığı geriye dönük testlerle sınanmıştır (Christoffersen, 1998; McNeil vd., 2015: 352-354).

Söz konusu sınav sürecinde, her bir VBTS alt döneminin karakteristik risk yapısını ve volatilite dinamiklerini bütüncül biçimde yansıtabilme amacıyla statik ve örneklem içi tahmin yaklaşımı benimsenmiştir. Bu kapsamda, her bir alt dönem için ayrı ayrı tahmin edilen ve dönem boyunca sabit tutulan parametre setleri kullanılarak ilgili dönemin tamamı için risk sınırları türetilmiştir. Analiz, hem modellerin kriz anlarındaki öngörü gücünü doğrulamak hem de ilgili dönemlerde piyasa riskinin ne ölçüde yönetilebilir ve istikrarlı bir yapıda seyrettiğini tespit etmek amacıyla gerçekleştirilmektedir. Grafik 4'te her bir döneme ilişkin %1 (kırmızı ve kesikli çizgi) ve %5 (mavi çizgi) güven düzeyinde tahmin edilen VaR sınırları ve gerçekleşen günlük getiriler yer almaktadır. Grafikteki mavi çizginin altındaki noktalar, gerçekleşen zararın modelin öngörüsünü aştığı istisnai durumları temsil etmektedir.

Grafikler incelendiğinde, VBTS Öncesi dönemde modelin piyasa hareketlerine oldukça uyumlu olduğu, VaR sınırının şoklar karşısında hızla aşağı yönlü genişleyerek risk tamponu oluşturduğu ve istisnai durumların dönem geneline homojen yayıldığı görülmektedir. Buna karşın VBTS sonrası dönemde, volatilitenin de artmasıyla birlikte VaR sınırı daha aşağı seviyelere inmiş ve risk tahminlerindeki oynaklık belirgin şekilde artmıştır. Alt dönemler incelendiğinde, 3 aşamalı VBTS döneminde modelin pandemi gibi ekstrem olaylara anında tepki vererek risk sınırını genişlettiği görülmektedir. 5 aşamalı VBTS dönemine gelindiğinde ise piyasa yapısındaki kararsızlığın VaR tahminlerine de yansıdığı anlaşılmaktadır. Bu dönemde VaR çizgisinin sık ve sert dalgalandığı, modelin artan belirsizliği yönetmek için risk sınırlarını sürekli olarak genişletmek zorunda kaldığı gözlemlenmektedir. Bu durum, 5 tedbirli yapıda piyasa öngörülebilirliğinin azaldığını ve risk yönetiminin zorlaştığını göstermektedir.



Grafik 4. VBTS Alt Dönemlerinde MS-GARCH Modellerinin BIST 100 Öngörü Performansı (01.01.2010-30.06.2025)

Nihai olarak, modellerin bilgi kriterleri ve öngörü performansı bir arada değerlendirildiğinde, MS-GARCH modellerinin incelenen dönemlerdeki volatilité yapısını ve rejim değişimlerini açıklamada metodolojik açıdan güçlü ve güvenilir bir alternatif olduğu anlaşılmaktadır.

Grafik 4'te yer verilen modellerin ürettiği risk tahminlerinin, gerçekleşen piyasa kayıplarıyla ne derece örtüşüğünün de sınanması gerekmektedir. Bu bağlamda tahmin edilen spesifik modellerin piyasa riskini öngörmedeki başarısını ve güvenilirliğini sınamak amacıyla, Kupiec'in (1995) koşulsuz kapsama (LR_{uc}) ve Christoffersen'in (1998) koşullu kapsama (LR_{cc}) testleri uygulanmıştır. Sonuçlarına Tablo 7'de yer verilen ve %99 ile %95 güven düzeylerinde gerçekleştirilen bu analizlerde; modelin geçerli olduğunu savunan sıfır hipotezi (H_0) tahmin

edilen ihlal oranlarının teorik beklentiye eşit olduğu ve ihlallerin zaman içinde bağımsız dağıldığı varsayımına dayanmaktadır. Buna karşılık alternatif hipotez (H_1) ise, modelin risk tahminlerinin yetersiz kaldığını veya ihlaller arasında sistematik bir bağımlılık bulunduğunu ifade etmektedir.

Tablo 7. VBTS Alt Dönemlerinde VaR Modellerinin Koşullu ve Koşulsuz Kapsama Testi Sonuçları (01.01.2010-30.06.2025)

%5 VaR									
Dönem	T	x	\hat{p}	LR_{uc}	P_{uc}	LR_{ind}	P_{ind}	LR_{cc}	P_{cc}
VBTS Öncesi	1902	87	0.0457	0.7466	0.3875	20.898	0.1483	28.365	0.2421
VBTS Sonrası	1910	83	0.0435	17.985	0.1799	0.0449	0.8321	18.434	0.3978
3 Tedbirlil VBTS	1005	53	0.0527	0.1558	0.6931	0.2788	0.5975	0.4345	0.8047
5 Tedbirlil VBTS	905	43	0.0475	0.1197	0.7294	0.7138	0.3982	0.8335	0.6592
%1 VaR									
Dönem	T	x	\hat{p}	LR_{uc}	P_{uc}	LR_{ind}	P_{ind}	LR_{cc}	P_{cc}
VBTS Öncesi	1902	17	0.0089	0.2247	0.6355	21.587	0.1418	23.834	0.3037
VBTS Sonrası	1910	20	0.0105	0.0422	0.8373	0.4235	0.5152	0.4657	0.7923
3 Tedbirlil VBTS	1005	12	0.0119	0.3598	0.5486	0.2903	0.5900	0.6502	0.7225
5 Tedbirlil VBTS	905	6	0.0066	11.783	0.2777	0.0802	0.7771	12.585	0.5330

Tablo 7’de yer alan T ilgili dönemdeki toplam gözlem sayısını, x gerçekleşen getiri serisinin hesaplanan VaR sınırını aştığı ihlal sayısını ve \hat{p} ise bu ihlallerin toplam gözlem içindeki payını gösteren ihlal oranını (x/T) ifade etmektedir. Test istatistikleri açısından ise LR_{uc} koşulsuz kapsama, LR_{ind} bağımsızlık ve LR_{cc} her iki durumun birlikte değerlendirildiği koşullu kapsama test istatistiğini temsil etmektedir. İlgili istatistiklerin yanında yer alan P_{uc} , P_{ind} ve P_{cc} değerleri ise söz konusu testlere ait olasılık değerlerini göstermektedir.

Kapsama testi sonuçları ve Grafik 4’te yer verilen VaR ihlal grafikleri bir arada değerlendirildiğinde, modellemeye konu tüm alt dönemlerde hesaplanan test istatistiklerinin olasılık değerlerinin 0.05 anlamlılık düzeyinden büyük olduğu görülmektedir. Bu bulgu ışığında, tüm dönemler için sıfır hipotezi (H_0) reddedilememiştir. Dolayısıyla her dönem için özel olarak seçilen model spesifikasyonlarının piyasa riskini ölçmede istatistiksel olarak başarılı olduğunu söylemek mümkündür.

4.3. Sağlamlık Analizi

Finansal zaman serilerinin modellenmesinde, model spesifikasyonunun sonuçlar üzerinde belirleyici olup olmadığı literatürde sıklıkla tartışılan bir konudur (Hansen ve Lunde, 2005). Bu bağlamda, volatilité dinamiklerinin kullanılan model yapısına ve dağılım varsayımına duyarlılığı, elde edilen bulguların geçerliliği açısından kritik bir öneme sahiptir. Tablo 5’te yer verilen bulguların güvenilirliğini teyit etmek ve sonuçların model seçimi ile dağılım varsayımlarına karşı duyarlılığını sınamak amacıyla bir sağlamlık testi (robustness check) gerçekleştirilmiştir. Bu test kapsamında tüm alt dönemler E-GARCH (1,1) modeli ve Çarpık Student-t (sSTD) dağılımı altında yeniden modellenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 8’de sunulmuştur. MS-GARCH Olasılık Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025) Tablo 9’da sunulmuştur.

Tablo 8. Sağlamlık Testi Sonuçları (01.01.2010-30.06.2025)

Dönemler	VBTS Öncesi	VBTS Sonrası	3 Tedbirli VBTS	5 Tedbirli VBTS
Model	E-GARCH (1,1)	E-GARCH (1,1)	E-GARCH (1,1)	E-GARCH (1,1)
Dağılım	sSTD	sSTD	sSTD	sSTD
α_{01}	0.1021*** (0.0261)	0.1466*** (0.0383)	-0.1636*** (0.0000)	0.1712*** (0.0510)
α_{11}	0.0707*** (0.0446)	0.0877** (0.0493)	-0.1201*** (0.0000)	0.0936* (0.0603)
α_{21}	-0.2012*** (0.0337)	-0.2037*** (0.0386)	-0.4767*** (0.0000)	-0.2420*** (0.0358)
β_1	0.7928*** (0.0469)	0.7618*** (0.0573)	-0.0098*** (0.0000)	0.7309*** (0.0581)
ν_1	16.714*** (0.1102)	78.176*** (18.043)	79.968*** (0.0000)	91.1962 (98.760)
ξ_1	0.9536*** (0.0413)	0.8931*** (0.0366)	10.16*** (0.0000)	10.049*** (0.0854)
α_{02}	0.4948*** (0.0637)	0.5301*** (0.1624)	0.1025*** (0.0000)	0.4660*** (0.0972)
α_{12}	0.1612*** (0.0896)	0.0591 (0.1299)	0.0601*** (0.0000)	0.7541** (0.3646)
α_{22}	-0.207*** (0.0552)	-0.2814*** (0.0922)	-0.1534*** (0.0000)	-0.0965 (0.1995)
β_2	0.7339*** (0.0354)	0.7626*** (0.0686)	0.8792*** (0.0000)	0.9133*** (0.0251)
ν_2	11.124*** (0.1023)	35.568*** (0.9324)	59,61*** (0.0000)	22.688*** (0.3935)
ξ_2	0.7605*** (0.0204)	0.7337*** (0.0511)	0.7859*** (0.0000)	0.5215*** (0.0455)
p_{11}	0.9891*** (0.0122)	0.995*** (0.0100)	0.9641*** (0.0000)	0.8151*** (0.1407)
p_{21}	0.0269*** (0.0049)	0.0186*** (0.0024)	0.0141*** (0.0000)	0.5146*** (0.1007)

Not: Parantez içindeki değerler standart hataları göstermektedir. *, ** ve *** işaretleri; istatistiksel anlamlılığın sırasıyla %10, %5 ve %1 önem düzeyinde ($p < 0.10$, $p < 0.05$, $p < 0.01$) olduğunu göstermektedir. Bazı parametre tahminlerinde standart hataların 0 olarak görünmesi, ilgili parametrenin standart hatasının raporlanan ondalık hassasiyetinden çok daha küçük olduğunu veya parametrenin sınır değerde tahmin edildiğini ifade etmektedir.

Tablo 9. MS-GARCH Olasılık Tahminleri (01.01.2010-30.06.2025)

Olasılık Matrisi								
	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2	t+1 k=1	t+1 k=2
t k=1	0.9891	0.0109	0.995	0.005	0.9641	0.0359	0.8151	0.1849
t k=2	0.0269	0.9731	0.0186	0.9814	0.0141	0.9859	0.5146	0.4854
Durağan Olasılıklar								
	Rejim 1	Rejim 2	Rejim 1	Rejim 2	Rejim 1	Rejim 2	Rejim 1	Rejim 2
	0.7125	0.2875	0.7880	0.2120	0.2825	0.7175	0.7356	0.2644
Beklenen Süre (Gün): $1 / (1 - \rho_{ii})$ (Hamilton, 1989: 374)								
R1	91.74		200.00		27.86		5.41	
R2	1.03		1.02		1.01		2.06	

Not: Tabloda yer alan t değişkeni cari zamanı, k değişkeni ise aktif rejimi göstermektedir. Analiz kapsamında Rejim 1 sakin piyasa (düşük volatilité) koşullarını, Rejim 2 ise dalgalı piyasa (yüksek volatilité) koşullarını ifade etmektedir.

Tablo 8 ve 9'da yer alan sonuçlar incelendiğinde, model yapısı ve dağılım varsayımı değiştirilmesine rağmen Tablo 5'te yer verilen temel eğilimlerin korunduğu görülmektedir. Bu

bağlamda öne çıkan en belirgin ortak bulgu, tedbir yoğunluğunun artmasıyla birlikte piyasa istikrarının bozulmasıdır. Endeks, her iki modelleme yaklaşımında da 3 tedbirli dönemde düşük volatilité rejiminde görece daha uzun süre geçirenken, tedbirlerin sıkılaştırıldığı 5 tedbirli dönemde bu süre yaklaşık 5 güne kadar gerilemekte ve rejimler arası geçiş hızlanmaktadır. Dolayısıyla, 5 tedbirli dönemde gözlenen bu yapısal kırılmalık, model seçimi ve dağılım varsayımından bağımsızdır.

Volatilité dinamikleri ve parametre tutarlılığı açısından karşılaştırma yapıldığında, sağlamlık testi sonuçlarının büyük ölçüde temel bulgularla yön ve etki büyüklüğü açısından paralel olduğu görülmektedir. Buna göre, her iki analizde de şokların volatilité üzerindeki etkisini temsil eden ARCH parametresi (α_{11}) ile volatilitenin hafıza yapısını gösteren GARCH parametresi (β_1), benzer bir eğilim izlemiş ve istatistiksel anlamlılığını korumuştur. Benzer şekilde, piyasadaki kaldıraç etkisinin varlığını ölçen asimetri parametresi (α_{21}) de her iki modelde tutarlılığını sürdürmüştür. Sonuç olarak, parametre tahminlerinde gözlenen sayısal değer farklılıklarına rağmen, temel parametrik eğilimlerin ve anlamlılık düzeylerinin değişmemesi, ana modelde elde edilen piyasa davranışı ve rejim yapısına dair bulguların modele ve dağılım varsayımına duyarlı olmadığını göstermektedir.

5. Sonuç ve Değerlendirme

Bu çalışmada, BIST 100 endeksinin volatilité dinamikleri MS-GARCH modelleri kullanılarak analiz edilmiş ve VBTS'nin piyasa istikrarı üzerindeki yapısal etkileri incelenmiştir. Elde edilen ekonometrik bulgular, VBTS uygulamasının başlamasıyla birlikte piyasa dinamiklerinde belirgin bir yapısal kırılma yaşandığını ve yüksek volatilitenin yapışkan hale geldiğini, volatilité şoklarının sönümlenme süresinin uzadığını ve yatırımcıların maruz kaldığı kuyruk riskinin arttığını göstermektedir. Alt dönemleri kapsayan modellemelerin sonuçları ise 3 Tedbirli yapının piyasa istikrarı açısından optimal bir denge sunduğunu, buna karşın 5 Tedbirli yapının rejim geçişlerini sıklaştırarak piyasa kalitesinde bozulmaya ve belirsizliğe yol açtığını ortaya koymaktadır. Diğer ifadeyle, endeks düzeyindeki bulgular VBTS uygulamasının piyasa dinamikleri üzerindeki etkisinin tek boyutlu olmadığını ve sistemin etkinliğinin 3 ve 5 tedbirli yapılarda belirgin şekilde ayrıştığını göstermektedir.

Söz konusu ayrışmanın temelinde, 5 tedbirli yapıda devreye alınan katı işlem kısıtlarının, piyasa etkinliğini zayıflatarak volatilitenin bilgi akışıyla olan bağımlı koparması yatmaktadır. Bu durum, aşırı kısıtlamaların bilgi akışını bozarak belirsizliği artırdığına ve yatırımcıların rasyonel fiyatlama davranışından uzaklaşarak piyasayı daha kırılmalık bir yapıya sürüklediğine işaret etmektedir. Buna karşın 3 tedbirli yapının, piyasa dinamiklerine aşırı müdahale etmeyen daha esnek yapısı, bu dönemde piyasa istikrarının sağlanmasındaki kilit faktör olarak değerlendirilmektedir.

BIST 100 endeksinin volatilité yapısı VBTS uygulamaları penceresinden değerlendirildiğinde, uygulamanın değişen yapısının piyasa üzerinde beklenen yönde bir etki yaratmadığı ve belirsizliği artırdığı görülmektedir. Söz konusu bulgular, kısıtlayıcı piyasa tedbirlerinin volatilitéyi düşürmede yetersiz kaldığını ve piyasa kalitesini olumsuz etkilediğini ortaya koyan uluslararası literatür (Santoni ve Liu, 1993; Beber ve Pagano, 2013) ile örtüşmektedir. Aynı zamanda, düzenleyici uygulamaların volatilité üzerinde anlamlı bir iyileşme sağlamadığını, bilgi asimetrisini artırarak piyasa etkinliğine zarar verdiğini gösteren ulusal

çalışmalarla (Kesici, 2011; Eken, 2013; Aktas vd., 2022) da paralellik göstermektedir. Bununla birlikte, literatürde bazı düzenleyici uygulamaların piyasa kalitesi ve fiyat etkinliği üzerinde olumlu sonuçlar doğurabildiğine işaret eden çalışmalar da mevcuttur. Bu farklılaşmanın tedbirin türüne, piyasanın yapısına ve uygulama koşullarına bağlı olarak şekillenebileceği düşünülmektedir.

Bu çerçevede, 5 tedbirli dönemde elde edilen bulgular yoğun kısıtların piyasa kalitesini bozabileceği yönündeki literatürle tutarlı olmakla birlikte, bu mekanizmanın teyidi likidite odaklı ek analizleri gerektirmektedir. İlerleyen çalışmalarda, yüksek frekanslı veri ve emir defteri verilerinin temin edilmesi suretiyle VBTS ve benzeri spesifik tedbir mekanizmalarının gün içi işlem hacmi dinamikleri, alış-satış kotasyon aralığı ve pazar derinliği üzerindeki anlık etkilerinin analiz edilmesi önerilmektedir. Ayrıca, düzenleyici müdahalelerin etkisinin her sektörde homojen olmayabileceği dikkate alınarak, analizin sektörel bazda ayrıştırılması ve farklı sektörlerin tedbirlere karşı gösterdiği tepkilerin karşılaştırmalı olarak incelenmesinin hem akademik literatüre hem de düzenleyici otoritelerin tedbir tasarımlarına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Buna ek olarak, piyasa temsilcisi olarak BIST 100 endeksinin dışında BIST TÜM endeksinin temel alındığı veya pay bazında etkilerin incelendiği çalışmalar literatüre önemli katkılar sağlayacaktır. Özellikle, tedbirlerin piyasa genelindeki yoğunluğunu temsil eden dışsal değişkenlerin varyans denklemine dahil edildiği genişletilmiş modellemelerin, tedbirlerin volatilité üzerindeki etkisini ölçmede araştırmacılara yeni bir bakış açısı sunabileceği düşünülmektedir.

Son olarak, çalışmada tespit edilen yapısal kırılmaların ve volatilité değişimlerinin, düzenleyici tedbirlerden ziyade dönemsel konjonktürün yarattığı stres unsurlarıyla da etkileşim içinde olduğu göz ardı edilmemelidir. Elde edilen bulgular ışığında çalışmanın nihai çıkarımı; piyasa düzenlemelerinde baskılayıcı katı mekanizmalar yerine, etkin fiyat oluşumunu destekleyen ve piyasanın kendi iç dengesini bulmasına olanak tanıyan daha esnek ve sürdürülebilir yaklaşımların benimsenmesi gerekliliğidir.

Araştırma ve Yayın Etiği Beyanı

Etik kurul izni ve/veya yasal/özel izin alınmasına gerek olmayan bu çalışmada araştırma ve yayın etiğine uyulmuştur.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Araştırmacıların Çıkar Çatışması Beyanı

Bu çalışmada herhangi bir potansiyel çıkar çatışması bulunmamaktadır.

Yapay Zekâ Kullanım Beyanı

Bu makalenin hazırlanmasında, Gemini aracı, dil bilgisi ve yazım hatalarının düzeltilmesi amacıyla kullanılmıştır. Bu araç kullanıldıktan sonra içerik gerekli şekilde gözden geçirilmiş ve düzenlenmiş olup yayımlanan makalenin içeriğine ilişkin tüm sorumluluk yazarlara aittir.

Kaynakça

Abounoori, E., Elmi, Z. and Nademi, Y. (2016). Forecasting Tehran stock exchange volatility: Markov switching GARCH approach. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 445, 264–282. <https://doi.org/10.1016/j.physa.2015.10.024>

- Aktas, O.U., Kryzanowski, L. and Zhang, J. (2022). Price-limit effectiveness: Evidence from the Borsa İstanbul (BIST). *International Journal of Islamic and Middle Eastern Finance and Management*, 15(3), 527–568. <https://doi.org/10.1108/IMEFM-04-2020-0151>
- Alexander, C. and Lazar, E. (2009). Modelling regime-specific stock price volatility. *Oxford Bulletin of Economics and Statistics*, 71(6), 761–797. <https://doi.org/10.1111/j.1468-0084.2009.00563.x>
- Ardia, D., Bluteau, K., Boudt, K., Catania, L. and Trottier, D.A. (2019). Markov-switching GARCH models in R: The MSGARCH package. *Journal of Statistical Software*, 91(4), 1–38. <https://doi.org/10.18637/jss.v091.i04>
- Arellano, A.M. and Rodriguez, G. (2020). Empirical modeling of high-income and emerging stock and Forex market return volatility using Markov-switching GARCH models. *The North American Journal of Economics and Finance*, 52, 101163. <https://doi.org/10.1016/j.najef.2020.101163>
- Aytekin, S., Abdioğlu, N. ve Sezgin, A. (2021). BİST pay piyasasında açığa satış yasağı ve COVID-19 düzenlemelerinin piyasa etkinliği üzerindeki etkisi. *MANAS Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10(4), 2433–2448. <https://doi.org/10.33206/mjss.759448>
- Bachelier, L. (1900). Théorie de la spéculation. *Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure*, 3(17), 21–86. <https://doi.org/10.24033/asens.476>
- Baig, A.S., Blau, B.M., Butt, H.A. and Yasin, A. (2022). Do retail traders destabilize financial markets? An investigation surrounding the COVID-19 pandemic. *Journal of Banking and Finance*, 144, 106627. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.3782159>
- Bayçelebi, B.E. ve Ertuğrul, M. (2020). BIST Banka Endeksi volatilitésinin GARCH modelleri kullanılarak modellenmesi. *Anadolu Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 20(1), 233–244. <https://doi.org/10.18037/ausbd.700351>
- Beber, A. and Pagano, M. (2013). Short-selling bans around the world: Evidence from the 2007–09 crisis. *The Journal of Finance*, 68(1), 343–381. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2012.01802.x>
- Benaid, B., Al Hasani, I. and Eddahbi, M. (2024). Number of volatility regimes in the Muscat securities market index in Oman using Markov-switching GARCH models. *Symmetry*, 16(3), 569. <https://doi.org/10.3390/sym16050569>
- Black, F. and Scholes, M. (1973). The pricing of options and corporate liabilities. *Journal of Political Economy*, 81(3), 637–654. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/1831029>
- Bollerslev, T. (1986). Generalized autoregressive conditional heteroskedasticity. *Journal of Econometrics*, 31(3), 307–327. [https://doi.org/10.1016/0304-4076\(86\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-4076(86)90063-1)
- Borsa İstanbul A.Ş. (2017). *Volatilite Bazlı Tedbir Sistemi (VBTS)*. Erişim adresi: <https://www.borsaistanbul.com/tr/sayfa/334/volatilite-bazli-tedbir-sistemivbts>
- Borsa İstanbul A.Ş. (2021). *Volatilite Bazlı Tedbir Sistemi'ndeki yenilikler hakkında duyuru* (No: 2021/77). Erişim adresi: <https://www.borsaistanbul.com/files/volatilite-bazli-tedbir-sistemindeki-yenilikler-hk-2021-77.pdf>
- Borsa İstanbul A.Ş. (2025). *Pay piyasası piyasa işleyişi*. Erişim adresi: <https://www.borsaistanbul.com/piyasalar/pay-piyasasi/piyasa-isleyisi>
- Cheng, W.H., Chen, Y., Huang, P., Ni, Y. and Liang, M.C. (2023). The impact and profitability of day trading following the relaxation of day trading restrictions in Taiwan. *Heliyon*, 9, e14939. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e14939>
- Chocholata, M. (2022). Volatility regimes of selected Central European stock returns: A Markov switching GARCH approach. *Journal of Business Economics and Management*, 23(4), 876–894. <https://doi.org/10.3846/jbem.2022.16648>
- Christoffersen, P.F. (1998). Evaluating interval forecasts. *International Economic Review*, 39(4), 841–862. <https://doi.org/10.2307/2527341>
- Chu, G., Zhang, Y. and Zhang, X. (2021). An analysis of impact of cancellation activity on market quality: Evidence from China. *Economic Modelling*, 102, 105560. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2021.105560>

- Chung, J.M., Choe, H. and Kho, B.C. (2009). The impact of day-trading on volatility and liquidity. *Asia-Pacific Journal of Financial Studies*, 38(2), 237–275. <https://doi.org/10.1111/j.2041-6156.2009.tb00014.x>
- Dahlström, P., Hagströmer, B. and Nordén, L.L. (2018). The determinants of limit order cancellations. *The Financial Review* (Advance online publication) SSRN. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3012831>
- Demir, S. (2016). Modeling volatility in emerging markets: Comparison between symmetric GARCH model and MS-GARCH model. *Journal of Current Researches on Social Sciences*, 6(1), 203-210. <https://doi.org/10.26579/jocress-6.1.13>
- Dickey, D.A. and Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American Statistical Association*, 74(366), 427-431. <https://doi.org/10.2307/2286348>
- Eken, T. (2013). *Açığa satış kısıtlamaları ve piyasa etkinliği: Türkiye üzerine bir çalışma* (SSRN Paper No. 2361666). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2361666>
- Euronext. (2025). *Trading safeguards*. Retrieved from <https://www.euronext.com/en/for-investors/market-quality/trading-safeguards>
- Fama, E.F. (1965). The behavior of stock-market prices. *The Journal of Business*, 38(1), 34-105. <https://doi.org/10.1086/294743>
- Glosten, L.R., Jagannathan, R. and Runkle, D.E. (1993). On the relation between the expected value and the volatility of the nominal excess return on stocks. *The Journal of Finance*, 48(5), 1779–1801. <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.1993.tb05128.x>
- Haas, M., Mittnik, S. and Paolella, M.S. (2004). A new approach to Markov-switching GARCH models. *Journal of Financial Econometrics*, 2(4), 493–530. <https://doi.org/10.1093/jjfinec/nbh020>
- Hair, J.F., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2014). *Multivariate data analysis* (7. ed.). Harlow: Pearson.
- Hair, J.F., Jr., Black, W.C., Babin, B.J. and Anderson, R.E. (2019). *Multivariate data analysis* (8. ed.). Andover: Cengage Learning EMEA.
- Hamilton, J.D. (1989). A new approach to the economic analysis of nonstationary time series and the business cycle. *Econometrica*, 57(2), 357–384. <https://doi.org/10.2307/1912559>
- Hansen, P.R. and Lunde, A. (2005). A forecast comparison of volatility models: Does anything beat a GARCH (1,1)? *Journal of Applied Econometrics*, 20, 873–889. <https://doi.org/10.1002/jae.800>
- Hentschel, L. (1995). All in the family: Nesting symmetric and asymmetric GARCH models. *Journal of Financial Economics*, 39(1), 71–104. [https://doi.org/10.1016/0304-405X\(94\)00821-H](https://doi.org/10.1016/0304-405X(94)00821-H)
- Hoang, M. and Luu, D.T. (2024). *Modelling volatility dynamics and identifying regime switching in the stock market of Vietnam* (SSRN Paper No. 4867203). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4867203>
- Hvide, H.K., Meling, T.G., Mogstad, M. and Vestad, O.L. (2024). Broadband internet and the stock market investments of individual investors. *The Journal of Finance*, 79(3), 2163–2194. <https://doi.org/10.1111/jofi.13335>
- İnci, A.C. and Özenbas, D. (2017). Intraday volatility and the implementation of a closing call auction at Borsa Istanbul. *Emerging Markets Review*, 33, 79–89. <https://doi.org/10.1016/j.ememar.2017.09.002>
- Jarque, C.M. and Bera, A.K. (1987). A test for normality of observations and regression residuals. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, 55(2), 163–172. <https://doi.org/10.2307/1403192>
- Kadioğlu, E., Küçükkoçaoğlu, G. and Kılıç, S. (2015). Closing price manipulation in Borsa Istanbul and the impact of call auction sessions. *Borsa Istanbul Review*, 15(3), 213–221. <https://doi.org/10.1016/j.bir.2015.04.002>

- Kalay, A., Wei, L. and Wohl, A. (2002). Continuous trading or call auctions: Revealed preferences of investors at the Tel Aviv Stock Exchange. *The Journal of Finance*, 57(1), 523–542. <https://www.jstor.org/stable/2697849>
- Kaya, A. and Yarbaşı, İ.Y. (2021). Forecasting of volatility in stock exchange markets by MS-GARCH approach: An application of Borsa İstanbul. *Ekonomi Politika ve Finans Araştırmaları Dergisi*, 6(1), 16–35. <https://doi.org/10.30784/epfad.740815>
- Kesici, E. (2011). Açığa satış işlemleri ve 2008 finansal kriz sonrası SEC düzenlemeleri. *Sermaye Piyasaları Dergisi*, 7, 1–19. Erişim adresi: <https://ssrn.com/abstract=3140772>
- Korea Exchange. (2025). *Regulations*. Retrieved from <https://global.krx.co.kr/contents/GLB/06/0601/0601000000/GLB0601000000.jsp#>
- Koy, A. ve Ekim, S. (2016). Borsa İstanbul sektör endekslerinin volatilité modellemesi. *Trakya Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi E-Dergisi*, 5(2), 1–22. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/trakyaibf/>
- Kula, V. ve Baykut, E. (2017). BIST Banka Endeksi'nin (XBANK) volatilité yapısının Markov Rejim Değişimi GARCH modeli (MSGARCH) ile analizi. *Bankacılar Dergisi*, 102, 89–110. Erişim adresi: <https://www.tbb.org.tr/>
- Kula, V. ve Baykut, E. (2018). BİST şehir endekslerinin volatilité yapıları ve rejim değişimlerinin analizi. *Muhasebe ve Finans İncelemeleri Dergisi*, 1(1), 38–59. <https://doi.org/10.32951/mufider.382687>
- Kuo, W. and Li, Y.C. (2011). Trading mechanisms and market quality: Call markets versus continuous auction markets. *International Review of Finance*, 11(4), 417–444. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2443.2011.01138.x>
- Kupiec, P.H. (1995) Techniques for verifying the accuracy of risk measurement models. *The Journal of Derivatives*, 3, 73–84. <https://doi.org/10.3905/jod.1995.407942>
- Levine, R. (1997). Financial development and economic growth: Views and agenda. *Journal of Economic Literature*, 35(2), 688–726. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2729790>
- Li, J., Luo, S. and Zhou, G. (2021). Call auction, continuous trading and closing price formation. *Quantitative Finance*, 21(6), 1037–1065. <https://doi.org/10.1080/14697688.2020.1849782>
- Li, X., Sun, S.X., Chen, K., Fung, T. and Wang, H. (2015). Design theory for market surveillance systems. *Journal of Management Information Systems*, 32(2), 278–313. <https://doi.org/10.1080/07421222.2015.1063312>
- Ljung, G.M. and Box, G.E.P. (1978). On a measure of lack of fit in time series models. *Biometrika*, 65(2), 297–303. <https://doi.org/10.2307/2335207>
- Lobanova, O., Hamid, S.S. and Prakash, A.J. (2010). *The impact of short-sale restrictions on volatility, liquidity, and market efficiency: The evidence from the short-sale ban in the U.S.* (SSRN Paper No. 1571601). <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.1571601>
- London Stock Exchange. (2022). *LSE ETP price monitoring mechanisms: Factsheet*. Retrieved from https://docs.londonstockexchange.com/sites/default/files/documents/LSE_ETP_Price_Monitoring_Mechanisms_factsheet.pdf
- Malliaris, A.G. and Urrutia, J.L. (1992). The international crash of October 1987: Causality tests. *The Journal of Financial and Quantitative Analysis*, 27(3), 353–364. <https://doi.org/10.2307/2331324>
- Mandelbrot, B. (1963). The variation of certain speculative prices. *The Journal of Business*, 36(4), 394–419. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2350970>
- Marcucci, J. (2005). Forecasting stock market volatility with regime-switching GARCH models. *Studies in Nonlinear Dynamics & Econometrics*, 9(4), 1–52. <https://doi.org/10.2202/1558-3708.1145>
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection. *The Journal of Finance*, 7(1), 77–91. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2975974>
- McNeil, A.J., Frey, R. and Embrechts, P. (2015). *Quantitative risk management: Concepts, techniques and tools* (2. ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.

- Naik, N. and Mohan, B.R. (2021). Stock price volatility estimation using regime switching technique— Empirical study on the Indian stock market. *Mathematics*, 9(14), 1595. <https://doi.org/10.3390/math9141595>
- National Stock Exchange of India. (2025). *Equity market circuit breakers*. Retrieved from <https://www.nseindia.com/products-services/equity-market-circuit-breakers>
- Nelson, D.B. (1991). Conditional heteroskedasticity in asset returns: A new approach. *Econometrica*, 59(2), 347–370. <https://doi.org/10.2307/2938260>
- New York Stock Exchange. (2025). *Trading information*. Retrieved from <https://www.nyse.com/markets/nyse/trading-info#mwcb>
- Özer, H. ve Yarbaşı, İ.Y. (2023). *Markov değişim GARCH modelleri ile emtia fiyatlarındaki oynaklığın modellenmesi ve tahmini* (1. bs.). Ankara: Gazi Kitabevi.
- Pachiyappan, D., Jayabharathi, S., Geeyha Evanjalın, Y. and Kavitha, S. (2025). Forecasting volatility in Indian National Stock Exchange using a Markov switching GARCH model. *Reliability: Theory & Applications*, 20(2), 429-446. Retrieved from https://gnedenko.net/Journal/2025/022025/RTA_2_2025-39.pdf
- Phillips, P.C.B. and Perron, P. (1988). Testing for a unit root in time series regression. *Biometrika*, 75(2), 335-346. <https://doi.org/10.2307/2336182>
- Santoni, G.J. and Liu, T. (1993). Circuit breakers and stock market volatility. *The Journal of Futures Markets*, 13(3), 261–277. <https://doi.org/10.1002/fut.3990130304>
- Schwert, G.W. (1998). *Stock market volatility: Ten years after the crash* (NBER Working Paper No. 6381). Retrieved from <https://ssrn.com/abstract=226129>
- Segnon, M., Gupta, R. and Wilfling, B. (2024). Forecasting stock market volatility with regime-switching GARCH-MIDAS: The role of geopolitical risks. *International Journal of Forecasting*, 40, 29–43. <https://doi.org/10.1016/j.ijforecast.2022.11.007>
- Seyhan, M. (2023). Koşullu değişen varyans modelleri ile Katılım-50 endeksinde finansal volatilitenin tahminleyici model belirlenmesi. *Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 8(15), 94–114. <https://doi.org/10.54831/vanyyuiibfd.1296439>
- Shanghai Stock Exchange. (2023). *Stock trading rules*. Retrieved from <https://english.sse.com.cn/start/sserules/stocks/trading/c/10644064/files/7d100419dcca456b97caba f2dfd3b904.pdf>
- Sharpe, W.F. (1964). Capital asset prices: A theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, 19(3), 425–442. Retrieved from <https://www.jstor.org/stable/2977928>
- Sifat, I.M. and Mohamad, A. (2018). Circuit breakers as market stability levers: A survey of research, praxis, and challenges. *International Journal of Finance & Economics*, 23(1), 1–40. <https://doi.org/10.1002/ijfe.1709>
- Stiglitz, J.E. (2000). Capital market liberalization, economic growth, and instability. *World Development*, 28(6), 1075–1086. [https://doi.org/10.1016/S0305-750X\(00\)00006-1](https://doi.org/10.1016/S0305-750X(00)00006-1)
- Syllignakis, M.N. and Kouretas, G.P. (2011). Dynamic correlation analysis of financial contagion: Evidence from the Central and Eastern European markets. *International Review of Economics & Finance*, 20(4), 717–732. <https://doi.org/10.1016/j.iref.2011.01.006>
- Taşpunar Altuntaş, S. ve Çolak, F.D. (2015). BİST-100 endeksinde volatilitenin modellenmesi ve öngörülmesinde ARCH modelleri. *İstanbul Üniversitesi İşletme Fakültesi İşletme İktisadi Enstitüsü Yönetim Dergisi*, 26(79), 208–223. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/pub/iuiieyd/>
- Tokyo Stock Exchange. (2025). *Price limit and circuit breaker rules*. Retrieved from <https://www.jpx.co.jp/english/derivatives/rules/price-limit-cb/index.html>
- Topaloğlu, E.E. (2020). Borsa İstanbul pay endekslerinin volatilitenin yapısı ve volatilitenin yayılımı: GARCH ve MGARCH modelleri ile BIST sınai ve mali endeksleri örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 63, 17-38. Erişim adresi: <https://izlik.org/JA68NK96NX>

- Tukey, J.W. (1977). *Exploratory data analysis*. Reading, MA: Addison-Wesley.
- Tuna, K. ve İsaetli, İ. (2014). Finansal piyasalarda volatilité ve BIST-100 örneği. *Kocaeli Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 27, 21–31. Erişim adresi: <https://dergipark.org.tr/tr/pub/kosbed/>
- United States Department of the Treasury. (1988). *Report of the presidential task force on market mechanisms*. Retrieved from <https://elischolar.library.yale.edu/ypfs-documents/8188>
- Wobo, O.G. and Dum, D.Z. (2022). Detecting financial crisis in Nigerian capital markets using Markov switching generalized autoregressive conditional heteroscedasticity. *IIARD International Journal of Banking and Finance Research*, 8(2), 1-18. <https://doi.org/10.56201/ijssmr.v8.no1.2022.pg32.40>
- Zakoian, J.M. (1994). Threshold heteroskedastic models. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 18(5), 931–955. [https://doi.org/10.1016/0165-1889\(94\)90039-6](https://doi.org/10.1016/0165-1889(94)90039-6)

EKLER

Tablo A1. VBTS Alt Dönemlerinde Tahmin Edilen MS-GARCH Modellerinin AIC ve BIC Değerleri (01.01.2010-30.06.2025)

	VBTS Öncesi							
	sGED				sSTD			
	sGARCH H (1,1)	E- GARCH H (1,1)	T- GARCH H (1,1)	GJR- GARCH (1,1)	sGARCH H (1,1)	E- GARCH H (1,1)	T- GARCH H (1,1)	GJR- GARCH (1,1)
AIC	6401,02	6350,87	6357,70	6359,94	7020,85	6977,97	6978,81	7127,38
BIC	6467,62	6428,58	6435,41	6437,64	7087,51	7055,74	7056,58	7205,15
VBTS Sonrası								
AIC	7020,85	6967,97	6978,81	7127,38	7014,54	6970,76	6969,94	7001,74
BIC	7087,51	7045,74	7056,58	7205,15	7081,19	7048,53	7047,71	7079,50
3 Tedbirli VBTS								
AIC	3387,98	3359,99	3360,31	3357,65	3388,41	3358,26	3368,58	3349,73
BIC	3446,93	3428,76	3429,09	3426,42	3447,37	3427,04	3437,36	3418,51
5 Tedbirli VBTS								
AIC	3615,02	3596,60	3600,96	3608,06	3611,84	3593,22	3596,15	3608,48
BIC	3672,72	3663,91	3668,27	3675,37	3669,54	3660,53	3663,46	3675,79

Not: Tabloda sunulan değerler sırasıyla Akaike Bilgi Kriteri (AIC) ve Bayesyen Bilgi Kriteri (BIC) sonuçlarıdır. Dağılım kısaltmalarından sGED: Çarpık Genelleştirilmiş Hata Dağılımı (Skewed GED), sSTD ise Çarpık Student-t Dağılımı'nı ifade etmektedir. Koyu renk ile belirtilen değerler, ilgili dönem için en düşük bilgi kriteri değerine sahip olan ve analizde tercih edilen optimal modelleri göstermektedir.

STRUCTURAL BREAKS IN BIST 100 VOLATILITY DYNAMICS: AN MS-GARCH ANALYSIS OF THE EFFECTIVENESS OF THE VOLATILITY BASED MEASURES SYSTEM (VBTS)

EXTENDED SUMMARY

Purpose

Ensuring the efficient and secure functioning of financial markets is a prerequisite for sustainable economic growth. In this context, understanding volatility dynamics and controlling excessive fluctuations are primary objectives for regulatory authorities. Following the 1987 Black Monday crash, global markets adopted various mechanisms such as circuit breakers and price limits. In line with this trend, Borsa Istanbul (BIST) introduced the Volatility Based Measures System (VBTS) in 2017 to curb irrational price movements. However, the effectiveness of such regulatory restrictions remains a subject of intense debate. While the volatility dynamics of the BIST 100 index have been extensively modeled in the literature, the specific impact of the VBTS mechanism on market quality remains unexplored. The primary objective of this study is to examine the structural changes in volatility associated with the implementation of VBTS, with a particular focus on the nonlinear effects of regulatory intensity across the 3-Measure and 5-Measure phases.

Literature

The financial literature on market restrictions offers differing perspectives on their implications for market stability. While some studies view regulatory measures as mechanisms that help temper excessive volatility, others argue that stringent interventions may disrupt price discovery, reduce liquidity, and amplify volatility spillovers. For Borsa Istanbul, prior research consistently documents that volatility exhibits regime-dependent and asymmetric behavior; however, regulatory studies largely concentrate on the effects of individual tools such as circuit breakers, price limits, or short-selling bans. Although the Volatility-Based Trading System (VBTS) has been in place since 2017, its broader impact, particularly in the presence of time-varying regulatory intensity, remains largely unexplored. To address this shortcoming, the present study employs multi-regime volatility models that allow for asymmetric shocks and structural changes in market dynamics.

Methodology

This study employs daily closing prices of the BIST 100 index over the period from January 1, 2010, to June 30, 2025. To facilitate meaningful comparisons, the sample is divided into pre-VBTS and post-VBTS periods, as well as into subperiods that reflect different levels of regulatory intensity corresponding to the 3-Measure and 5-Measure phases. Volatility dynamics are modeled using Markov-Switching GARCH specifications that allow model parameters to vary across low and high volatility regimes. To capture key stylized facts of financial returns such as fat tails and asymmetry, the analysis incorporates flexible distributional assumptions, including the Skewed

Generalized Error Distribution and the Skewed Student-t distribution, within standard GARCH, EGARCH, TGARCH, and GJR-GARCH variance frameworks. Finally, the empirical relevance and predictive performance of the estimated models are evaluated using Value-at-Risk (VaR) backtesting procedures.

Findings

The empirical findings indicate that the implementation of VBTS is associated with a clear structural break in market behavior. In the pre-VBTS period, volatility dynamics were relatively resilient, as shocks in the crisis regime dissipated quickly, with a low persistence parameter ($\beta_2 \approx 0.26$) and high-volatility episodes lasting on average 5.5 days. By contrast, the post-VBTS period is characterized by highly persistent crisis regimes, with the probability of remaining in a high-volatility state (P_{22}) increasing to 0.97 and the expected duration of crisis episodes extending to nearly 37 days. More importantly, the results reveal a nonlinear relationship between regulatory intensity and market stability. The 3-Measure phase emerges as the most effective configuration, with the low-volatility regime persisting for approximately 132 days and volatility shocks being efficiently dampened ($\beta_2 \approx 0.04$) without impairing market functioning. In contrast, the 5-Measure phase is associated with structural deterioration, marked by a sharp decline in regime stability to around 5 days and frequent regime switching. A key result for this phase is the statistical insignificance of the asymmetric volatility coefficient (α_{22}) in the high-volatility regime, suggesting that stringent restrictions suppressed panic trading but weakened the information transmission mechanism. Value-at-Risk backtesting further indicates clustered violations during the 5-Measure phase, pointing to a loss in risk predictability, while robustness checks confirm that these findings remain qualitatively unchanged.

Conclusion

This study concludes that the impact of the Volatility-Based Trading System on market quality is non-uniform and highly sensitive to regulatory intensity. While the VBTS operated effectively under the moderate 3-Measure phase, the shift to a stricter 5-Measure regime created a trade-off between suppression and stability. Although the 5-Measure structure dampened asymmetric volatility, it failed to sustain stability and instead increased uncertainty through frequent regime switching and a weakened link between volatility and information flow. These findings indicate that excessive regulatory rigidity may undermine market efficiency rather than enhance stability. From a policy perspective, regulatory frameworks should avoid mechanical restrictions and instead adopt flexible and sustainable designs that support efficient price formation, preserve information transmission, and allow markets to reach their internal equilibrium, thereby promoting long-term financial stability.