

# BİST-100 VE BİST SEKTÖR ENDEKSLERİ İLE VIX ENDEKSİ ARASINDAKİ İLİŞKİSİNİN ANALİZİ

## Analysis of Relationship Between BIST-100 and BIST Sector Indices with VIX Index

Gönderim Tarihi: 08.08.2018

Kabul Tarihi: 09.10.2018

Doi: 10.31795/baunsobed.492470

Şakir SAKARYA\*

Hilmi Tunahan AKKUŞ\*\*

**ÖZ:** VIX endeksi, tüm dünyada menkul kıymet piyasalarının gelecekteki beklenen hareketlerinin tahmini için gösterge olarak kullanılan önemli bir endekstir. Bu çalışmanın amacı, 05.01.2010-22.06.2018 tarihleri arasındaki dönem için VIX endeksi ile BİST Ulusal 100 endeksi ve BİST sektörel endeksler (Banka, Mali ve Teknoloji) arasındaki nedensellik ilişkisinin tespit edilmesidir. Analiz yöntemleri olarak ADF ve PP birim kök testleri, ARDL sınır testi ve Toda-Yamamoto nedensellik testi kullanılmıştır. Çalışmadan elde edilen eşbütünlük testi sonuçlarına göre, VIX endeksi ile BİST Ulusal 100 (XU100), BİST Banka (XBANK), BİST Mali (XUMAL) ve BİST Teknoloji (XUTEK) endeksleri arasında uzun dönemli istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmaktadır. Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre ise, VIX endeksinden XU100, XBANK, XUMAL ve XUTEK endekslerine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** VIX Endeksi, ARDL Sınır Testi, Toda-Yamamoto Nedensellik Testi.

**ABSTRACT:** The VIX index is an important index used as an indicator for estimating future expected movements of capital markets worldwide. The aim of this study is to determine the causality relation between the VIX index, the BIST National 100 index and the BIST sectoral indices (Bank, Financial and Technology) for the period between 05.01.2010-22.06.2018. ADF and PP unit root tests, ARDL boundary test and Toda-Yamamoto causality test were used for analysis. According to the cointegration test results, there is a long and statistically significant relationship between VIX index and BIST National 100 (XU100), BIST Bank (XBANK), BIST Financial (XUMAL) and BIST Technology (XUTEK) indices. According to Toda-Yamamoto causality test results, one-way causality relation was found from VIX index towards XU100, XBANK, XUMAL and XUTEK indices.

**Keywords:** VIX Index, ARDL Boundary Testing, Toda-Yamamoto Causality Test.

\* Prof. Dr., Balıkesir Üniversitesi/İİBF/İşletme Bölümü/Muhasebe Finansman Anabilim Dalı, sakarya@balikesir.edu.tr, ORCID ID: orcid.org/0000-0003-2510-7384.

\*\* Öğr. Gör. Dr., Balıkesir Üniversitesi/Savaştepe MYO/Yönetim ve Organizasyon Bölümü/İşletme Yönetimi Programı, tunaakkus@balikesir.edu.tr, ORCID ID: orcid.org/0000-0002-8407-1580.

## GİRİŞ

Artan teknolojik gelişmelerin beraberinde finansal serbestleşme, uluslararası sermaye akımlarının kolaylıkla gerçekleşmesine yol açmış, bilginin dolaşımını hızlandırmış ve böylelikle farklı ülkelerdeki finansal piyasaların birbirine entegrasyonunu sağlamıştır. Bu durum herhangi bir piyasada meydana gelen olumlu veya olumsuz gelişmelerden diğer piyasaların da etkilenmesine yol açmaktadır. Finansal serbestleşme yatırımcılar için yeni yatırım fırsatları sunabilmektedir. Bununla birlikte finansal piyasalarda meydana gelen bir kriz ya da fiyat dalgalanması, diğer piyasa veya ülkeleri de kısa sürede etkileyebilmektedir. Piyasalar arasındaki bağlantıların bu kadar yükselmesi, finansal uygulayıcıları ve karar mekanizmalarını, bu ilişkilerin araştırılması konusunda hem teşvik etmekte hem de zorunlu kılmaktadır.

Artan belirsizlik ortamında piyasa işlemcileri sermaye tahsisi, finansal korunma ve portföy çeşitlendirmesi gibi kararları etkileyen önemli bir bilgi kaynağı olarak varlık fiyat volatilitelerine büyük önem vermektedirler (Emna ve Myriam, 2017: 52). Diğer taraftan artan küreselleşme olgusuyla birlikte birbirine entegre olan finansal piyasaların birinde ortaya çıkan volatiliteler, eş zamanlı olarak diğer finansal piyasaları da etkilediği için yine bir çok yatırımcı tarafından takip edilmekte ve yatırım kararlarında belirleyici olabilmektedir (İskenderoğlu ve Akdağ, 2018: 490). Bu bağlamda VIX (Volatility Index) endeksi, piyasalar tarafından izlenen önemli volatilitelerden biri olarak kabul edilmektedir.

Şikago Opsiyon Borsası (Chicago Board of Option Exchange - CBOE) tarafından hesaplanan VIX endeksi, S&P 500 endeksini temel alan, 22 gün vadeli alım-satım opsiyonlarının oynaklıklarından meydana getirilen ve kısıtlayıcı opsiyon fiyatlandırma modeline atıfta bulunulmadan türetilmiş bir zımni volatiliteler endeksidir (Becker, Clements ve McClelland, 2009: 1034). 1993 yılından itibaren hesaplanmaya başlanan VIX endeksi, başlangıçta S&P 100 endeksi esas alınarak hesaplanmakta iken, Eylül 2003'ten itibaren S&P 500 endeksi esas alınarak hesaplanmaktadır (Korkmaz ve Çevik, 2009: 89; Fernandes, Medeiros ve Scharth, 2013: 2; Ozair, 2014: 83). Aslında CBOE tarafından beklenen volatilitenin ölçümüne yönelik altı farklı kategoride 28 adet endeks hesaplanmaktadır (CBOE, 2018). Ancak S&P 500 dikkate alınarak hesaplanan VIX endeksi, menkul kıymet piyasalarının gelecekteki beklenen hareketlerinin tahmini için gösterge olarak kullanılmaktadır (Kaya ve Çoşkun, 2015: 176). VIX endeksi, aynı zamanda zımni volatiliteler endeksi olarak da isimlendirilmektedir (Konstantinidi, Skiadopoulos ve Tzagkaraki, 2008; Korkmaz ve Çevik, 2009; Lee ve Ryu, 2013). VIX endeksi, en yaygın kullanılan modelsiz zımni volatiliteler (Model-Free Implied Volatility) göstergesidir (Lee ve Ryu, 2013: 3; Emna ve Myriam, 2017: 53). Söz konusu endeks, tahminlere dayalı olarak geçmişteki volatilitenin bir dereceye

kadar düzleştirilmesi şeklinde oluşturulan model bazlı tahminlerin aksine piyasada öngörülen bir tahmin olup, modele dayalı bir tahminin yapamayacağı bilgileri yansıtma potansiyeline sahiptir (Becker, Clements ve McClelland, 2009: 1033). Dolayısıyla VIX, ARCH/GARCH gibi modellerden elde edilen volatilité tahminleri yerine, doğrudan piyasadaki elde edilen bir volatilité endeksidir.

VIX endeksi, Black ve Scholes tarafından gerçekleştirilen 1973 yılındaki Nobel ödüllü çalışmalarında yer alan hesaplama tekniğinin geliştirilmiş versiyonu olmakla birlikte, daha sonra endekse ilişkin hesaplamalar Merton'un (1973) katkıları ile mevcut halini almıştır (Shaikh ve Padhi, 2014: 45; Kula ve Baykut, 2017: 28). Endeksin yükselmesi, piyasadaki volatilité beklentisinin de yükseleceğini, endeksin düşmesi piyasadaki volatilité beklentisinin de düşeceğini ifade etmektedir. VIX endeksi ile hisse senedi piyasa endeksi arasında negatif bir ilişkisi bulunmaktadır. Genel olarak VIX endeksinin %30'un üzerine çıkması, yatırımcıların risk algılarının arttığını ve gelecekteki beklentilerin kötüleştiğini gösterirken, endeksin %20'nin altında kalması yatırımcıların risk algısının azaldığını göstermektedir (Kaya, Güngör ve Özçomak, 2014: 2).

Yine VIX endeksi, yatırımcıların yatırım davranışlarına yön verebilmekte, yatırımcı davranışları da piyasaları şekillendirebilmektedir. Uluslararası yatırımların önemli büyüklüklere ulaşması nedeniyle de VIX endeksinin farklı ülkelerdeki piyasa getirilerinin değişmesine neden olabileceği düşünülebilir (İskenderoğlu ve Akdağ, 2018: 489). Söz konusu endeks, küresel boyutta hisse senedi getirileri üzerinde önemli bir gösterge olmakta ve hisse senedi piyasalarının geleceği hakkında yatırımcılara yol gösterici öneriler sunmaktadır (Erdoğan ve Baykut, 2016: 58). Nitekim TCMB gibi, çeşitli ülkelerin merkez bankaları tarafından politika oluşturmak amacıyla, VIX endeksi yakından takip edilmektedir (İskenderoğlu ve Akdağ, 2018: 490). VIX endeksi, piyasalardaki korkuyu yansıtmakta, finansal kırılganlık açısından önem taşımakta ve krizlerin öncüsü olarak görülmektedir (Kaya, 2015: 5). Aynı zamanda endeks, genellikle piyasa riskinin bir ölçüsü olarak kullanıldığı için birçok varlık fiyatlama modelinde de kullanılabilmektedir (Konstantinidi, Skiadopoulos ve Tzagkaraki, 2008: 2401).

Yukarıdaki açıklamalardan da anlaşılacağı üzere VIX endeksi, yatırımcı davranışlarına yön vererek hisse senedi piyasalarını etkileyebilmektedir. Bu çalışmada VIX endeksi ile BİST Ulusal 100 (XU100), BİST Banka (XBANK), BİST Mali (XUMAL) ve BİST Teknoloji (XUTEK) endeksleri arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkileri incelenmektedir. VIX endeksiyle yakından ilişkili olabileceği düşüncesi ile söz konusu borsa endeksleri çalışmaya dahil edilmiştir. Böylelikle VIX endeksi ile genel hisse senedi endeksleri arasındaki ilişkilerin incelendiği yaygın uygulamanın ötesinde, BİST'te yer alan alt sektörlerle ait hisse senedi endekslerinin VIX endeksi ile ilişkisi ayrı ayrı ortaya konulmuş

olacaktır. Çalışmada değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkilerinin ortaya çıkarılabilmesi için ARDL sınır testi ve nedensellik ilişkilerinin ortaya çıkarılabilmesi için Toda-Yamamoto nedensellik testi yöntemlerine yer verilmektedir.

Çalışmanın birinci bölümünü oluşturan giriş bölümünün açıklanmasının ardından ikinci bölümde literatür incelemesine yer verilmektedir. Takiben üçüncü bölümde çalışmada kullanılan test yöntemleri, dördüncü bölümde çalışmada kullanılan veriler ve bu verilere ait ön istatistikler açıklanmaktadır. Beşinci bölümde çalışmayla ilgili ampirik bulguların sunulmasından sonra altıncı ve son bölümde ise sonuçlar ile genel değerlendirmeye yer verilmektedir.

## LİTERATÜR İNCELEMESİ

Uluslararası piyasalarda volatilité göstergesi olarak kabul edilen VIX endeksi, bir çok çalışmada yer almıştır. Çeşitli çalışmalarda piyasaların gelecek volatiliteleri ile ilgili olarak endeksin tahmin gücü araştırılmış (Poon ve Granger, 2003; Corrado ve Miller, 2005; Banerjee and Kumar, 2011; Jung, 2016; Emna ve Myriam, 2017), diğer taraftan bazı çalışmalarda da VIX endeksinin hisse senedi getirileri ile ilişkileri incelenmiştir. Bu çalışmada VIX endeksi ile BİST Ulusal 100, BİST Banka, BİST Mali ve BİST Teknoloji endeksleri arasındaki ilişkiler araştırılacağı için, literatür incelemesinde de bu kapsamdaki ilişkiler açıklanmaktadır. Aşağıda bu konuda yapılmış çalışmalar özetlenmiştir.

Giot (2005), ABD’de yer alan hisse senedi endeksleri (S&P100 ve NASDAQ100 endeksleri) ile zımni volatilité endeksleri (VIX ve VXN endeksleri) arasındaki ilişkiyi ele aldığı çalışmasında, örneklem dönemini 1 Ağustos 1994 - 30 Mayıs 1997 (düşük volatilité, boğa piyasası), 2 Haziran 1997 - 31 Mart 2000 (yüksek volatilité, boğa piyasası) ve 3 Nisan 2000 - 31 Ocak 2003 (yüksek volatilité, ayı piyasası) olarak üç alt sınıfa ayırarak gerçekleştirmiştir. Regresyon yöntemi ile gerçekleştirdiği analiz sonucunda S&P 100 ve NASDAQ 100 endeksleri ile zımni volatilité (VIX ve VXN) endeksleri arasında negatif ve istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki olduğu bulgusuna ulaşmıştır.

Korkmaz ve Çevik (2009), VIX endeksinin gelişmekte olan 15 ülke (Arjantin, Meksika, Peru, Brezilya, Şili, Endonezya, Tayvan, G. Kore, Malezya, Tayland, Rusya, Çekya, Macaristan, Polonya ve Türkiye) hisse senedi piyasaları üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında; PP yapısal kırılmasız birim kök testinin yanında ayrıca Zivot-Andrews (1992) ve Lee-Strazicich (2004) yapısal kırılmaları dikkate alan birim kök testleri ile GJR-GARCH modelini kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, VIX endeksinin Arjantin, Meksika, Şili, Macaristan, Peru, Polonya, Endonezya Malezya, Tayland, Brezilya ve Türkiye hisse senedi piyasalarını etkilediği ve bu piyasaların volatilitésini artırdığı sonucuna ulaşılmıştır.

Kaya, Güngör ve Özçomak (2014), VIX endeksinin OECD ülkeleri üzerindeki etkisini araştırdıkları çalışmalarında; ADF birim kök testi, ARDL sınır testi ve hata düzeltme modeli kullanmışlardır. Çalışmanın bulgularına göre, VIX endeksi ve borsa endeksi arasında eşbütünleşme yani uzun dönemli ilişki olduğu, VIX endeksi ve borsa endeksleri ile oluşturulan uzun dönem ve hata düzeltme modelinin %1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Ozair (2014), zımni volatilitite (VIX) ve ona dayanak oluşturan S&P 500 arasındaki nedensellik ilişkisini incelediği çalışmasında; ADF birim kök testi, VAR yaklaşımı, etki-tepki fonksiyonu, varyans ayrıştırması ve Granger nedensellik testi kullanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, VIX ve S&P 500 endeksleri arasında iki yönlü bir ilişki olduğu ancak ampirik kanıtlar, VIX'in S&P 500 üzerindeki etkisinin önemsiz olduğu ve S&P 500'ün VIX endeksi üzerindeki etkisinin sadece önemli olmayıp aynı zamanda nispeten daha uzun bir süre boyunca devam ettiği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaya (2015), BIST 100 endeksi ile VIX endeksi arasındaki nedensellik ilişkisini incelediği çalışmasında; ADF ve PP birim kök testleri, Johansen-Juselius eşbütünleşme testi ve hata düzeltme modelini kullanmıştır. Elde edilen bulgulara göre, BIST 100 endeksi ile VIX endeksi arasında eşbütünleşme olduğu, ayrıca VIX endeksinin BIST 100 endeksini etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Kaya ve Çoşkun (2015), VIX endeksinin Borsa İstanbul üzerindeki etkisini araştırdığı çalışmalarında; ADF birim kök testi, Granger nedensellik testi ve regresyon analizi yöntemleri kullanmışlardır. Elde edilen bulgulara göre, VIX endeksinden BİST 100 endeksine %1 önemlilikte bir Granger nedensellik tespit edilmiştir. Ayrıca BİST endeksinin bağımlı ve VIX endeksinin de bağımsız değişken seçilerek gerçekleştirilen regresyon analizi sonucunda da VIX endeksine ilişkin katsayı -0.146 olarak tespit edilmiş, bu durum BİST 100 endeksi ve VIX arasındaki ilişkinin yönünün de negatif olduğunu göstermiştir.

Erdoğan ve Baykut (2016), hisse senedi fiyatlarının beklenen volatilitisini gösteren VIX ve tahvil fiyatlarının beklenen volatilitisini gösteren MOVE endeksleri ile BİST banka endeksi (XBANK) arasındaki ilişkiyi 10.12.1998-31.12.2015 dönemi için analiz ettikleri çalışmalarında; ADF ve PP birim kök testleri, ARDL sınır testi yaklaşımı ve Toda-Yamamoto nedensellik testini kullanmışlardır. Çalışmanın sonuçlarına göre, söz konusu üç endeks arasında uzun dönemli bir ilişki bulunamamıştır. Ayrıca Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre ise VIX endeksinden BİST banka endeksi yönünde bir nedenselliğe rastlanırken, MOVE endeksi ile BİST banka endeksi arasında bir nedensellik ilişkisi bulunamamıştır.

Emna ve Myriam (2017), çalışmalarında bir taraftan zımni volatilitite endeksleri ile dayanak hisse senetlerinin gelecekteki oynaklığı arasındaki ilişkiyi inceler-

ken, diğer taraftan zımni volatilité endeksleri ile dayanak hisse senedi getirileri arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Çalışmalarını Euro bölgesi, Fransa, Almanya, İsviçre ve İngiltere üzerine ve 01.01.2010-31.03.2015 dönemini kapsayan günlük verilerle gerçekleştirmişlerdir. Çalışma sonucunda elde edilen bulgular piyasadan piyasaya farklılık göstermektedir. Euro bölgesi ve Almanya için VIX endeksi dayanak hisse senedi getirilerinin Granger nedeni iken, Fransa için hisse senedi endeks değişimlerinin VIX endeksi üzerinde kaldıraç etkisinin varlığına ilişkin kanıtlar bulunmuştur. İsviçre için VIX endeksi ile dayanak hisse senedi getirilerinden oluşan endeksler arasında iki yönlü ilişki bulgusuna ulaşılırken, İngiltere için herhangi bir ilişkiye ulaşılammış ve bu durumun davranışsal faktörlerle ilişkili olabileceği belirtilmiştir.

Sarwan ve Khan (2017), ABD borsasındaki belirsizliğin (VIX) 5 Latin Amerika ülkesi (Brezilya, Meksika, Şili, Kolombiya ve Peru) hisse senedi getirileri ve MSCI gelişen piyasalar endeksi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; PP birim kök testi, Granger nedensellik testi ve GARCH yöntemi kullanmışlardır. Çalışma, finansal kriz öncesi dönem, finansal kriz dönemi ve finansal kriz sonrası dönem olarak üç döneme ayrılmıştır. Elde edilen bulgulara göre; sadece finansal kriz sonrası dönem için VIX'ten Latin Amerika ülkelerine nedensellik olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

İskenderoğlu ve Akdağ (2018), VIX endeksi ile seçilmiş 11 ülke (Türkiye, Brezilya, Hindistan, Almanya, İngiltere, Endonezya, Rusya, ABD, Japonya, Avustralya ve Çin) borsa endekslerinin getirileri arasındaki ilişkiyi araştırdıkları çalışmalarında; Granger nedensellik testi ile Breitung ve Candelon frekans nedensellik analizleri uygulamışlardır. Çalışmada zaman serilerine ilişkin durağanlık sınamaları, ADF ve PP birim kök testleri ile gerçekleştirilmiştir. Elde edilen bulgulara göre, VIX endeksi ile NASDAQ 100 (ABD) ve DAX (Almanya) hisse senedi endekslerinin getirileri arasında bir nedensellik ilişkisinin olmadığı, ayrıca VIX endeksinin çalışmaya dahil edilen Türkiye dışındaki diğer tüm ülke borsalarının gösterge endeks getirileri üzerinde kısa, orta ve uzun dönemde nedensel etkiye sahip olduğu, son olarak da VIX endeksinin BİST 100 endeks getirisi üzerinde sadece kısa ve orta dönemde nedensel etkiye sahip olduğu, uzun dönemde nedensel etkinin olmadığı sonucuna ulaşılmıştır.

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde çalışmaların neredeyse tamamında genel hisse senedi endeksleri kapsama alınmış, diğer sektörel endekslerle ilişkin detaylı çalışma yapılmamıştır. Sektörel anlamda sadece Erdoğan ve Baykut (2016) çalışmasında BİST banka endeksi (XBANK) ile VIX endeksi arasındaki ilişki incelenmiştir. Bunun dışında elde edilen sonuçlara göre çalışmaların neredeyse tamamında VIX endeksinden hisse senedi endekslerine doğru bir nedenselliğin olduğu görülmektedir. Literatür özeti aşağıdaki Tablo 1'de ayrıntılı olarak özetlenmiştir.

**Tablo 1: Literatür Özeti**

Kaynak	Örneklem (Ülkeler)	Veri (Sıklık)	Ekonometrik Yöntem	Eşbittinleşme	Bulgular	Nedensellik
Giot (2005)	ABD	01.08.1994-31.01.2003 (Günlük)	1. Regresyon analizi	-	Negatif ve istatistiksel olarak anlamlı ilişki var	
Korkmaz ve Çevik (2009)	Gelişmekte olan 15 ülke (Arjantin, Meksika, Peru, Brezilya, Şili, Endonezya, Tayvan, G. Kore, Malezya, Tayland, Rusya, Çekya, Macaristan, Polonya ve Türkiye)	02.01.2004-17.03.2009 (Günlük)	1. PP birim kök testi 2. Zivot-Andrews (1992) ve Lee-Strazicich (2004) yapısal kırılmalı birim kök testleri 3. GJR-GARCH model	-		VIX→HSE (11 ülke için)
Kaya, Güngör ve Özçomak (2014)	OECD ülkeleri (34 ülke)	03.01.1995-30.04.2014 (Günlük)	1. ADF birim kök testi 2. ARDL sınır testi yaklaşımı 3. Hata düzeltme modeli	Var		-
Ozair (2014)	ABD	09.08.2012-03.10.2013 (Günlük)	1. ADF birim kök testi 2. VAR yaklaşımı 3. Etki-tepki fonksiyonu 4. Varyans ayırması 5. Granger nedensellik testi	-		VIX→HSE
Kaya (2015)	Türkiye	02.01.2009-11.01.2013 (Günlük)	1. ADF ve PP birim kök testleri 2. Johansen-Juselius eşbittinleşme testi 3. Hata düzeltme modeli	Var		VIX→HSE
Kaya ve Coşkun (2015)	Türkiye	03.01.1995-30.04.2014 (Günlük)	1. ADF birim kök testi 2. Granger nedensellik testi 3. Regresyon analizi	-		VIX→HSE
Erdođtu ve Baykut (2016)	Türkiye	10.12.1998-31.12.2015 (Günlük)	1. ADF ve PP birim kök testleri 2. ARDL Sınır testi yaklaşımı 3. Toda-Yamamoto nedensellik testi	Yok		VIX→HSE
Emna ve Myriam (2017)	Euro bölgesi, Fransa, Almanya, İsviçre ve İngiltere	01.01.2010-31.03.2015 (Günlük)	1. GJR-GARCH model 2. Granger nedensellik testi	-		VIX→HSE (Euro bölgesi ve Almanya) HSE → VIX (Fransa) VIX→HSE (İsviçre) VIX↔HSE (İngiltere)
Sarwan ve Khan (2017)	MSCI gelişen piyasalar endeksi, 5 Latin Amerika ülkesi (Brezilya, Meksika, Şili, Kolombiya ve Peru) borsası endeksi	01.06.2003-30.09.2014 (Günlük)	1. PP birim kök testi 2. Granger nedensellik testi 3. GARCH model	-		VIX→HSE (Sadece kriz sonrası dönemde)
İskenderoğlu ve Akdağ (2018)	Türkiye, Brezilya, Hindistan, Almanya, İngiltere, Endonezya, Rusya, ABD, Japonya, Avustralya ve Çin	01.2015-12.2017 (Günlük)	1. ADF ve PP birim kök testleri 2. Granger nedensellik testi 3. Breitung ve Candelon frekans nedensellik testi	-		VIX→HSE (9 ülke için)

**Not:** VIX, volatilité endeksinin; HSE ise hisse senedi endeksinin temsil etmektedir. Ayrıca “→” işareti tek yönlü nedensellik ilişkisini, “↔” işareti iki yönlü nedensellik ilişkisini, “-” işareti nedensellik ilişkisinin bulunmadığını ve “-” işareti ise konuyla ilgili herhangi bir bilginin bulunmadığını ifade etmektedir.

## YÖNTEM

Bu çalışmada, VIX endeksi ile BİST-100, BİST banka, BİST mali, BİST teknoloji endeksleri arasındaki ilişki inceleneceğinden, bu bölümde söz konusu amaca ulaşabilmek için gerçekleştirilmesi gereken birim kök, eşbütünleşme ve nedensellik testleri açıklanmaktadır.

### ADF ve PP Birim Kök Testleri

Zaman serisi verileri ile gerçekleştirilen regresyon analizleri için önemli varsayımlardan biri de, zaman serisinin durağan olmasıdır. Durağan olmayan zaman serileri ile gerçekleştirilen regresyon analizlerinde elde edilen sonuçlarda sahte ilişki yani sahte regresyon ortaya çıkmaktadır (Dikmen, 2012: 303; Tarı, 2014: 374; Gujarati, 2015: 320). Zaman serilerinde durağanlığı incelemenin i) grafik analizi, ii) korelogram analizi, iii) birim kök analizi olmak üzere üç temel yolu bulunmaktadır (Gujarati, 2015: 321). Bu analizlerden ilk ikisi görsel analizdir. Bu yüzden durağanlık sınamalarında karar alıcılara sayısal olarak daha net sonuçlar verebilen birim kök analizi daha çok tercih edilmektedir.

Literatürde en çok kullanılan birim kök testleri ADF ve PP'dir. ADF (1981) birim kök testi üç model üzerinden gerçekleştirilmektedir. Bu modellerden birincisi sabit terimsiz ve trendsiz model, ikincisi sabit terimli model, üçüncüsü de sabit terimli ve trendli modeldir. Bu modeller aşağıda sırasıyla denklem şeklinde gösterilmektedir.

$$\Delta Y_t = \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (1)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (2)$$

$$\Delta Y_t = \mu + \beta t + \delta Y_{t-1} + \sum_{i=1}^m \delta_i \Delta Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (3)$$

Burada  $\Delta Y_t$ ;  $Y_t - Y_{t-1}$ 'yi yani birinci farkı ifade etmektedir.  $Y_t$ ; bağımlı değişken,  $\mu$ ; sabit terim,  $\varepsilon_t$ ; hata terimi, m ise optimum gecikme uzunluğu olup bilgi kriterlerine göre belirlenmektedir. ADF testi sonucunda elde edilen test istatistiği, MacKinnon (1996) değerleriyle karşılaştırılarak birim kökün varlığı araştırılmaktadır. Bu modeller için birim kökün varlığına ilişkin hipotezler aşağıdaki gibidir:

$H_0: \delta = 0$  (Seri durağan değildir.)

$H_1: \delta < 0$  ( $\phi_1 < 1$ ) (Seri durağandır.)



PP (1988) testi ise serilerin durağanlığının analizinde, hata teriminin zayıf bağımlılığına ve heterojenliğine izin veren bir birim kök testidir. Bu test, parametrik olmayan bir süreç içermekte olup; testte hareketli ortalama süreci söz konusudur. Ayrıca PP testi, ADF testinden farklı olarak otokorelasyon ve değişen varyansa duyarlı uzun dönem varyans tahmincilerini kullanmaktadır. PP testinin denklemi ise şu şekildedir:

$$Y_t = \mu + \beta \left( t - \frac{1}{2} T \right) + \alpha Y_{t-1} + u_t \quad (4)$$

Denklemden yer alan  $Y_t$ ; bağımlı değişkeni,  $\mu$ ; sabit terimi,  $T$ ; gözlem sayısını,  $u_t$ ; hata terimini ifade etmektedir. ADF testinde olduğu gibi PP testinde de elde edilen test istatistiği, MacKinnon (1996) değerleriyle karşılaştırılır. PP testi hipotezleri aşağıdaki gibidir:

$H_0: \delta = 0$  ise birim kök vardır.

$H_1: \delta < 0$  ise birim kök yoktur.

### Eşbütünleşme ve ARDL Sınır Testi

Eşbütünleşme; birden çok durağan olmayan zaman serilerinin doğrusal kombinasyonlarının durağan olması ve bu serilerin uzun dönemde bir denge değerine sahip olması anlamına gelmektedir (Tarı, 2014: 415). Engle ve Granger (1987) tarafından literatüre kazandırılan bu kavram, finansal açıdan portföy çeşitlendirmesi konusunda önemlilik arz etmektedir. Literatürde geliştirilen Engle-Granger (1987), Johansen (1988) ve Phillips-Ouliaris (1990) gibi farklı eşbütünleşme testleri bulunmasına rağmen, bu eşbütünleşme testlerinin uygulanabilmesi için bütün değişkenlere ait serilerin birinci farklarında durağan olmaları yani  $I(1)$  olmaları gerekmektedir. Ancak ARDL sınır testi yaklaşımı, bu kısıtı ortadan kaldırarak değişkenlerin  $I(0)$  ve  $I(1)$  olduğu tüm kombinasyonlarda eşbütünleşme analizlerinin yapılmasına imkan tanımaktadır (Pesaran, Shin ve Smith, 2001: 289-290). Yani durağanlık seviyeleri farklı olan zaman serileri arasındaki eşbütünleşme ilişkileri ARDL sınır testi yaklaşımı ile gerçekleştirilebilmektedir. Ayrıca ARDL sınır testi yaklaşımına ilişkin önemli bir kısıt da bağımlı değişkenin  $I(1)$  olmak zorunda olmasıdır.

Öncelikle kısıtlanmamış hata düzeltme modelinin (unrestricted error correction model) tahminine dayanan sınır testi, iki aşamada uygulanmakta olup bunlardan birincisi değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin kurulması, ikincisi ise değişkenler arasındaki eşbütünleşme ilişkisinin belirlenmesidir (Çil Yavuz, 2015: 417). Eşbütünleşme ilişkisinin ortaya çıkarılabilmesi için gerçekleştirilecek iki değişkenin yer aldığı ARDL Sınır Testi denklemi şöyledir:

$$\Delta Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^m \beta_{2i} X_{t-i} + \beta_3 Y_{t-1} + \beta_4 X_{t-1} + \varepsilon_t \quad (5)$$

Denklemdaki  $\Delta Y_t$ ; bağımlı değişkeni,  $X_t$ ; bağımsız değişkeni,  $\varepsilon_t$ ; hata terimini,  $m$  ise optimum gecikme uzunluğunu ifade etmekte olup bilgi kriterlerinin en küçük olduğu değerdir. ARDL sınır testi modelinde eşbütünleşmenin varlığına ilişkin hipotezler şöyledir:

$H_0: \beta_3 = \beta_4 = 0$  (Eşbütünleşme yoktur.)

$H_1: \exists \delta_i < 0, i = 3, 4$  (Eşbütünleşme vardır.)

ARDL sınır testi yaklaşımında değişkenler için eşbütünleşme ilişkisinin ortaya çıkarılmasının ardından değişkenlere ait uzun dönem ilişki katsayıları incelenmektedir. Ayrıca uzun dönemli ilişkiden kısa dönemli sapmaların varlığı da hata düzeltme modeli yardımıyla incelenebilmektedir. Ancak çalışmada uzun dönemli ilişkilerin ortaya çıkarılması amaçlandığı için hata düzeltme modeli, çalışmanın kapsamına dahil edilmemiştir. Uzun dönem ilişkisi için oluşturulan denklem şu şekildedir:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^m \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=0}^n \beta_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (6)$$

Denklemdaki  $Y_t$ ; bağımlı değişkeni,  $X_t$ ; bağımsız değişkeni,  $\beta_0$ ; sabit terim,  $\varepsilon_t$ ; hata terimini,  $m$  ve  $n$  ise optimum gecikme uzunluğunu ifade etmekte olup bilgi kriterlerinin en küçük olduğu değerdir.

### Toda-Yamamoto Nedensellik Testi

Regresyon analizlerinde bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkisi ortaya konulmaktadır. Ancak değişkenler arasındaki bağımlılık ilişkisi ile değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi aynı şeyler değildir. Bağımlılık ilişkisi, bağımsız değişken  $X$ 'in sebep ve bağımlı değişken  $Y$ 'nin sonuç olduğu şeklinde kesin bir ilişkinin ifadesi değil, istatistiksel olarak iki değişken arasındaki birlikteliğin bir ifadesidir (Tarı, 2014: 436). Granger (1969), değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi üzerine odaklandığı çalışmasında nedensellik ilişkisini;  $Y$ 'nin cari değerinin  $Y$ 'nin gecikmeli yani geçmiş değerleriyle açıklanması ve  $X$ 'in gecikmeli yani geçmiş değerlerinin kullanılmasının  $Y$ 'nin öngörüsünü artırması şeklinde açıklamıştır.

Granger nedensellik testinin en önemli kısıtlarından biri, serilerin aynı seviyede durağan olmak durumunda olmalarıdır. Ancak bu durum her zaman mümkün olmamakta ve söz konusu kısıt, nedensellik sınamalarını zorlaştırır-

maktadır. Toda ve Yamamoto (1995), Granger (1969) tarafından bulunan nedensellik testini geliştirerek bu soruna bir çözüm bulmuşlar ve durağanlık seviyeleri farklı olan değişkenler arasında da nedensellik ilişkisinin sınanmasına imkan tanımışlardır. Toda ve Yamamoto nedensellik testi, gecikmesi artırılmış VAR ( $p+d_{max}$ ) yöntemine dayanmaktadır. Bu test, serilerin ikinci farklarında durağanlıklarına yani  $I(2)$  olmalarına izin vermesine rağmen, söz konusu teste bütünleşme derecesi ( $d_{max}$ ) gecikme uzunluğundan daha uzun olamamaktadır (Toda ve Yamamoto, 1995: 225). Toda ve Yamamoto nedensellik testinde iki değişken için denklem aşağıdaki gibidir:

$$Y_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{1i} Y_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{2i} X_{t-i} + \varepsilon_t \quad (7)$$

$$X_t = \beta_0 + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{1i} X_{t-i} + \sum_{i=1}^{p+d_{max}} \beta_{2i} Y_{t-i} + \varepsilon_t \quad (8)$$

Denklemden yer alan ( $p$ ), VAR modeli kullanılarak elde edilen uygun gecikme uzunluğunu ifade ederken, ( $d_{max}$ ) maksimum bütünleşme derecesini göstermektedir. Toda ve Yamamoto nedensellik testinin hipotezleri aşağıdaki gibidir.

$H_0: \beta_{2i} = 0, i = 1, 2, \dots, p$  ( $X$ 'ten  $Y$ 'ye nedensellik yoktur.)

$H_1: \exists \beta_{2i} \neq 0, i = 1, 2, \dots, p$  ( $X$ 'ten  $Y$ 'ye nedensellik vardır.)

## VERİ VE ÖN İSTATİSTİKLER

Çalışmada dünya piyasalarına ilişkin gelecekteki risk beklentisini yansıtan VIX endeksi ile hem BİST Ulusal 100 endeksi (XU100) hem de BİST'deki farklı sektörel endeksler arasındaki ilişkiler analiz edilecektir. Söz konusu sektörel endeksler; BİST Banka (XBANK), BİST Mali (XUMAL) ve BİST Teknoloji (XUTEK)'dir. Çalışma, 05.01.2010-22.06.2018 dönemini kapsamakta olup, çalışmada literatüre uyularak günlük veriler kullanılmıştır. VIX'in günlük kapanış değerleri CBOE'ya ait yasal internet adresinden, Türkiye borsasına ilişkin veriler ise Bloomberg veri terminalinden elde edilmiştir. Ayrıca söz konusu veriler doğal logaritmaları alınarak çalışmaya dahil edilmiştir. Ampirik bulgular EViews 9 ekonometri paket programı yardımıyla elde edilmiştir. Aşağıdaki Tablo 2'de çalışmada kullanılan verilere ilişkin tanımlayıcı istatistikler yer almaktadır.

**Tablo 2:** VIX Endeksi ve BİST Sektörel Endekslere Ait Tanımlayıcı İstatistikler

	LnVIX	LnXU100	LnXBANK	LnXUMAL	LnXUTEK
<b>Ortalama</b>	2.785497	11.22214	11.84217	11.53758	10.50294
<b>Medyan</b>	2.745988	11.23517	11.83134	11.53841	10.31243
<b>Maksimum</b>	3.871201	11.70227	12.20233	11.89750	12.02768
<b>Minimum</b>	2.212660	10.79424	11.44276	11.12691	9.534125
<b>Std. Sapma</b>	0.302594	0.200739	0.141607	0.152625	0.621656
<b>Çarpıklık</b>	0.746245	0.265321	0.050145	0.008471	0.605041
<b>Basıklık</b>	3.429369	2.611168	2.547963	2.620473	2.378743
<b>Jarque-Bera</b>	214.3560	38.46259	19.05436	12.82716	164.4416
<b>Olasılık</b>	0.000000	0.000000	0.000073	0.001639	0.000000
<b>Gözlem Sayısı</b>	2133	2133	2133	2133	2133

Yukarıdaki Tablo 2'ye göre BİST Ulusal 100 ve çalışmada kullanılan diğer BİST sektörel endekler, standart sapma yani risklilik açısından en yüksekte en düşüğe doğru sıralandığında, birinci BİST Teknoloji, ikinci BİST-100, üçüncü BİST Mali, sonuncu ve en az oynaklığa sahip sektör olarak da BİST Banka gelmektedir. Ancak ortalama getiri açısından sektörel endeksler tekrar sıralandığında en yüksek ortalama getiri BİST Banka, ikinci BİST Mali, üçüncü BİST-100 ve dördüncü yani en düşük ortalama getiriye sahip sektör ise BİST teknoloji sektörüdür. Burada en dikkat çeken özellik ise BİST Bankacılık sektörünün çalışma kapsamındaki diğer sektörler içerisinde en az riskli ancak en yüksek ortalama getiriye sahip sektör olması, diğer taraftan ise BİST Teknoloji sektörünün en riskli ve en düşük ortalama getiriye sahip olan sektör olmasıdır. Bunların dışında tablodan çıkarılabilecek önemli sonuçlardan biri de, elde edilen Jarque-Bera test istatistiğine ait olasılık değerinin 0.05'ten küçük olması nedeniyle çalışma kapsamındaki tüm endeks verilerinin normal dağılıma sahip olmamasıdır.

## AMPİRİK BULGULAR

Veriler ve verilere ait ön istatistiki bilgiler açıklandıktan sonra yöntemler bölümünde de açıklandığı gibi öncelikle serilere ilişkin birim kök testleri gerçekleştirilecektir. Birim kök testleri sonucu serilerin durağanlık derecelerinin belirlenmesi, aynı zamanda uygulanacak diğer test yöntemleri için de belirleyici olmaktadır.

### ADF ve PP Testleri İle Birim Kök Analizi

Çalışmamızda literatürde en çok kullanılan Genişletilmiş (Augmented) Dickey-Fuller (ADF) ve Phillips-Perron (PP) birim kök test yöntemleri tercih edilmiştir. Aşağıda Tablo 3'te ADF ve PP birim kök test sonuçları yer almaktadır.

**Tablo 3: ADF ve PP Birim Kök Testi Sonuçları**

Değişkenler	ADF		PP	
	Sabitli	Sabitli ve Trendli	Sabitli	Sabitli ve Trendli
LnVIX	-4.28 [7]***	-5.40 [7]***	-5.27 [25]***	-6.72 [19]***
LnXU100	-1.76 [4]	-3.23 [3]	-1.79 [13]	-3.10 [11]
LnXBANK	-3.05 [1]	-3.16 [1]	-3.08 [15]	-3.20 [14]
LnXUMAL	-2.73 [3]	-3.40 [3]	-2.68 [14]	-3.29 [13]
LnXUTEK	-0.60 [2]	-1.89 [2]	-0.59 [2]	-2.00 [0]
$\Delta$ LnXU100	-22.96 [3]***	-22.95 [3]***	-47.33 [14]***	-47.32 [14]***
$\Delta$ LnXBANK	-48.34 [0]***	-48.34 [0]***	-48.49 [17]***	-48.48 [17]***
$\Delta$ LnXUMAL	-25.64 [2]***	-25.64 [2]***	-48.01 [16]***	-48.01 [16]***
$\Delta$ LnXUTEK	-34.54 [1]***	-34.53 [1]***	-45.19 [3]***	-45.18 [3]***

Not: \*\*\*, %1 anlamlılık düzeyini göstermektedir. Köşeli parantez içindeki değerler ADF testinde gecikme uzunluğunu, PP testinde de Newey-West ölçütü kullanılarak tespit edilmiş band genişliğini göstermektedir.

Bir zaman serisi modelinin kurulabilmesi için öncelikle serilerde durağanlığın sağlanması gerekmektedir. Bunu sağlamanın en temel yolu ise fark alma yöntemidir (Sevüktekin ve Çınar, 2014: 246). ADF ve PP birim kök testi sonuçları değerlendirildiğinde sadece VIX endeksi serisi %1 anlamlılıkta düzeyde durağan yani  $I(0)$ 'dır. Diğer BİST endeksleri ise %1 anlamlılıkta birinci farkları alındığında durağan yani  $I(1)$ 'dir.

### ARDL Sınır Testi Analizi

Değişkenlerle ilgili birim kök testleri gerçekleştirilip değişkenlerin durağanlık seviyeleri belirlendikten sonraki aşamada eşbütünleşme testi uygulanmaktadır. Seriler farklı düzeylerde durağan hale geldikleri için bu aşamada eşbütünleşme testlerinden ARDL sınır testi uygulanacaktır. Bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönemli ilişkinin belirlenmesi amacıyla kullanılacak olan sınır testi için oluşturulan kısıtsız hata düzeltme modeline ait sonuçlar aşağıda gösterilmektedir.

**Tablo 4: Her Bir Bağımlı Değişken İçin Ayrı Ayrı Oluşturulan ARDL Modellerine İlişkin Sonuçlar ve Bazı İstatistikler**

	Bağımlı Değişken			
	LnXU100 için ARDL(4,2)	LnXBANKA için ARDL(2,2)	LnXUMAL için ARDL(4,2)	LnXUTEK için ARDL(3,2)
R <sup>2</sup>	0.99	0.98	0.98	0.99
Düzeltilmiş R <sup>2</sup>	0.99	0.98	0.98	0.99
Model F İstatistiği	67965.33 [0.000000]	24717.97 [0.000000]	27895.40 [0.000000]	509460.7 [0.000000]
Otokorelasyon (LM)	0.745565 [0.4730]	0.433722 [0.6471]	0.634670 [0.5287]	0.867266 [0.4189]

Not: Parantez içindeki değerler her bir bağımlı değişken için oluşturulan uygun modeli, köşeli parantez içindeki değerler ise test istatistiklerine ilişkin olasılık (prob.) değerlerini göstermektedir.

Yukarıda Tablo 4’de en küçük AIC değerlerini veren modeller gösterilmiştir. Söz konusu modellere ait hata terimlerinin otokorelasyon sorununun olmaması gerekmektedir. Bu amaçla gerçekleştirilen Breusch-Godfrey Serial Correlation LM Test sonuçları da Tablo 4’de gösterilmiş ve modellere ait hata terimlerinin otokorelasyon sorununun olmadığı belirlenmiştir. Modellere ait hata terimlerinde otokorelasyon sorununun olmadığı belirlenmesinin ardından sınır testi uygulamasına geçilmektedir. Bu amaçla oluşturulan modellere ait hesaplanan F istatistik değerleri aşağıda Tablo 5’de her bir model için gösterilmektedir. Sınır testi sonucu elde edilen F istatistikleri, Pesaran vd. (2001) tarafından oluşturulan ve aşağıda Tablo 6’da gösterilen değerlerle karşılaştırılmaktadır.

**Tablo 5: Modeller İçin Hesaplanan F İstatistik Değerleri**

	LnXU100 için ARDL(4,2)	LnXBANKA için ARDL(2,2)	LnXUMAL için ARDL(4,2)	LnXUTEK için ARDL(3,2)
<b>F İstatistiği</b>	4.20	5.32	5.70	5.12
<b>k</b>	1	1	1	1

Not: k, her bir modeldeki bağımsız değişken sayısını göstermektedir.

**Tablo 6: Sınır Testi Alt ve Üst Kritik Değerleri**

%10		%5		%2,5		%1	
Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi	Anlamlılık Düzeyi
I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)	I(0)	I(1)
3.02	3.51	<b>3.62</b>	<b>4.16</b>	4.18	4.79	4.94	5.58

**Kaynak:** Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16(3), s. 300.

Bütün modeller için hesaplanan F istatistik değerleri %5 anlamlılık düzeyinde Tablo 6’da yer alan üst kritik değerlerden büyük olduğu için “eşbütünleşme yoktur” şeklindeki  $H_0$  hipotezi reddedilmekte, sonuç olarak VIX endeksinin, BİST Ulusal 100, BİST Banka, BİST Mali ve BİST Teknoloji endekslerinin her biriyle aralarında eşbütünleşme ilişkisinin bulunduğu sonucuna ulaşılmaktadır.

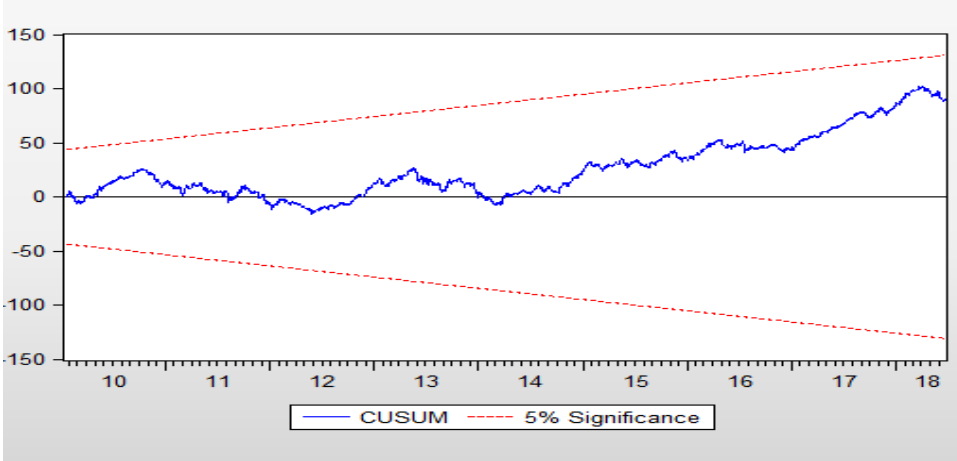
Değişkenler arasında eşbütünleşme ilişkisinin varlığının tespit edilmesinden sonraki aşamada bağımlı ve bağımsız değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkiler incelenmelidir. Çalışmada kullanılan değişkenlere ait uzun dönem ilişki katsayıları ve denklemi ile uzun dönem katsayılarının istikrarı için gerçekleştirilen CUSUM testlerine ilişkin sonuçlar da aşağıda gösterilmektedir. İlk önce LnXU100 ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki katsayıları ve denklemi aşağıda Tablo 7’de, elde edilen katsayıların istikrarlı olup olmadığı için gerçekleştirilen CUSUM testi sonuçları da Şekil 1’de gösterilmiştir.

**Tablo 7:** LnXU100 ve LnVIX Arasındaki Uzun Dönem İlişki Katsayıları ve Denklemi

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık
LnVIX	-0.647524	0.170391	-3.800217	0.0001
C	13.065532	0.481717	27.122862	0.0000

$$\text{LN XU100} = -0.6475 * \text{LN VIX} + 13.0655$$

**Şekil 1:** CUSUM Testi Sonuçları (LnXU100 ve LnVIX)



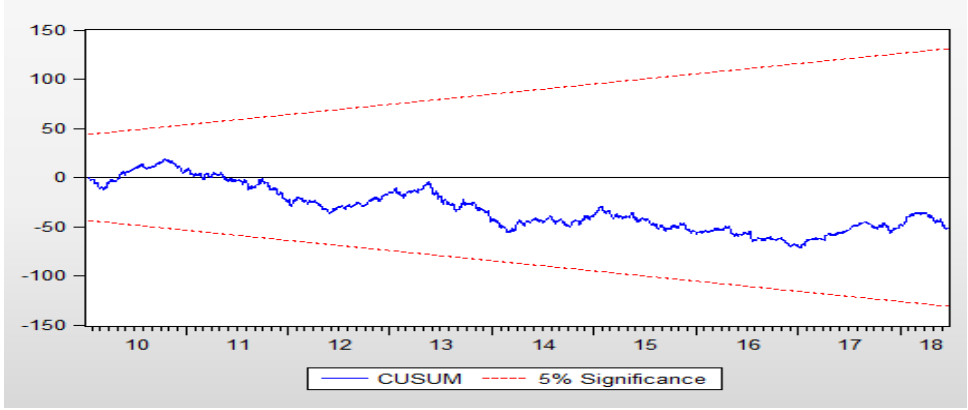
LnXU100 ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki modeli için elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı, katsayıların istikrarı için uygulanan CUSUM testi sonuçlarına göre de çizgiler %5 güven aralıkları içinde kaldığı için uzun dönem ilişki katsayıları istikrarlıdır. Elde edilen uzun dönem katsayılarına göre LnVIX'deki %1'lik artış LnXU100'ü yaklaşık %0,65 oranında azaltmaktadır.

LnXBANKA ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki katsayıları ve denklemi aşağıda Tablo 8'de, elde edilen katsayıların istikrarlı olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen CUSUM testi sonuçları Şekil 2'de gösterilmiştir.

**Tablo 8:** LnXBANK ve LnVIX Arasındaki Uzun Dönem İlişki Katsayıları ve Denklemi

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık
LnVIX	-0.359525	0.110287	-3.259917	0.0011
C	12.846168	0.308997	41.573780	0.0000

$$\text{LN XU100} = -0.3595 * \text{LN VIX} + 12.8462$$

**Şekil 2: CUSUM Testi Sonuçları (LnXBANK ve LnVIX)**

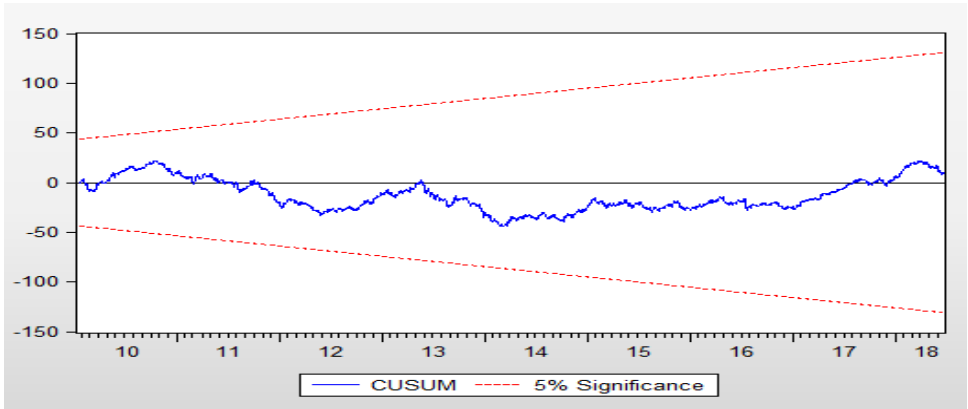
LnXBANK ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki modeli için elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı, katsayıların istikrarı için uygulanan CUSUM testi sonuçlarına göre de çizgiler %5 güven aralıkları içinde kaldığı için uzun dönem ilişki katsayıları istikrarlıdır. Elde edilen uzun dönem katsayılarına göre LnVIX'deki %1'lik artış LnXBANK'ı %0,36 oranında azaltmaktadır.

LnXUMAL ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki katsayıları ve denklemi aşağıda Tablo 9'da, elde edilen katsayıların istikrarlı olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen CUSUM testi sonuçları Şekil 3'de gösterilmiştir.

**Tablo 9: LnXUMAL ve LnVIX Arasındaki Uzun Dönem İlişki Katsayıları ve Denklemi**

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık
LnVIX	-0.421611	0.102151	-4.127352	0.0000
C	12.722311	0.286694	44.375893	0.0000

$LN XU100 = -0.4216 * LN VIX + 12.7223$

**Şekil 3: CUSUM Testi Sonuçları (LnXUMAL ve LnVIX)**



LnXUMAL ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki modeli için elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı, katsayıların istikrarı için uygulanan CUSUM testi sonuçlarına göre de çizgiler %5 güven aralıkları içinde kaldığı için uzun dönem ilişki katsayıları istikrarlıdır. Elde edilen uzun dönem katsayılarına göre LnVIX'deki %1'lik artış LnXUMAL'ı %0,42 oranında azaltmaktadır.

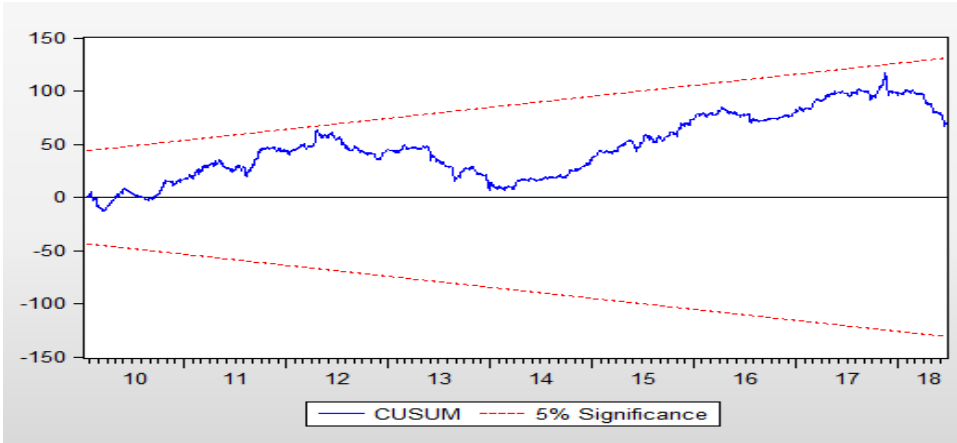
Son olarak LnXUTEK ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki katsayıları ve denklemini aşağıda Tablo 10'da, elde edilen katsayıların istikrarlı olup olmadığının tespiti için gerçekleştirilen CUSUM testi sonuçları Şekil 4'de gösterilmiştir.

**Tablo 10:** LnXUTEK ve LnVIX Arasındaki Uzun Dönem İlişki Katsayıları ve Denklemi

Değişken	Katsayı	Standart Hata	t-İstatistik	Olasılık
LnVIX	-3.016396	1.202623	-2.508181	0.0122
C	19.494749	3.566537	5.466016	0.0000

$$\text{LN XU100} = -3.0164 * \text{LN VIX} + 19.4947$$

**Şekil 4:** CUSUM Testi Sonuçları (LnXUTEK ve LnVIX)



LnXUTEK ve LnVIX arasındaki uzun dönem ilişki modeli için elde edilen katsayıların istatistiksel olarak anlamlı, katsayıların istikrarı için uygulanan CUSUM testi sonuçlarına göre de çizgiler %5 güven aralıkları içinde kaldığı için uzun dönem ilişki katsayıları istikrarlıdır. Elde edilen uzun dönem katsayılarına göre LnVIX'deki %1'lik artış LnXUTEK'i yaklaşık %302 oranında azaltmaktadır.

### Toda-Yamamoto Nedensellik Analizi

Daha önce yapılan birim kök testi sonuçlarına göre çalışmada kullanılan değişkenlerden LnVIX serisi düzeyde durağan iken, diğer değişkenlerin birinci farklarında durağan oldukları belirlenmiştir. Değişkenler aynı seviyede du-

rağın olmadıkları için değişkenler arasındaki nedensellik ilişkisi Toda-Yamamoto nedensellik testi ile incelenecektir. Yöntem kısmında da açıklandığı gibi bu test için öncelikle değişkenlerin uygun gecikme seviyesi (p) ve maksimum bütünleşme derecesi ( $d_{max}$ ) belirlenmelidir. Değişkenler için uygun gecikme seviyesi (p), AIC bilgi kriteri kullanılarak VAR yöntemi ile 12 olarak belirlenmiş, ayrıca bulunan gecikme uzunluğunda otokorelasyon sorununun olmadığı görülmüştür. Serilerin maksimum bütünleşme derecesi de birim kök test sonuçlarına göre ( $d_{max}$ ) 1 olarak belirlenmiştir. Daha sonra gerçekleştirilen Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre elde edilen bulgular aşağıda Tablo 11’de gösterilmektedir.

**Tablo 11:** Toda-Yamamoto Nedensellik Testi Sonuçları

Nedenselliğin Yönü	Olasılık Değeri	Sonuç
LnVIXàLnXU100	0.0006***	Granger nedensellik vardır
LnXU100àLnVIX	0.1072	Granger nedensellik yoktur
LnVIXàLnXBANKA	0.0894*	Granger nedensellik vardır
LnXBANKAàLnVIX	0.2759	Granger nedensellik yoktur
LnVIXàLnXUMAL	0.0197**	Granger nedensellik vardır
LnXUMALàLnVIX	0.7858	Granger nedensellik yoktur
LnVIXàLnXUTEK	0.0087***	Granger nedensellik vardır
LnXUTEKàLnVIX	0.5948	Granger nedensellik yoktur

**Not:** à işareti nedenselliğin yönünü göstermektedir. \*\*\*, \*\* ve \* sırasıyla %1, %5 ve %10 düzeyinde anlamlılığı göstermektedir.

Tablo 11’deki sonuçlara göre LnVIX endeksinden LnXU100, LnXBANKA, LnXUMAL ve LnXUTEK endekslerine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Daha önce açıklandığı gibi VIX endeksi, S&P 500 endeksi esas alınarak hesaplanmaktadır. S&P 500 endeksinden ise gelişen hisse senedi piyasalarına doğru nedenselliğin varlığına ilişkin bulgular, çeşitli çalışmalarda ortaya çıkarılmıştır (Ozdemir, Olgun ve Saraçoğlu, 2009; Lahrech ve Sylwester, 2011). Bu yüzden VIX endeksinden de Türkiye gibi gelişmekte olan piyasalara doğru nedensellik ilişkisinin olması, beklentilerle uyumlu bir durumdur.

## SONUÇLAR ve GENEL DEĞERLENDİRME

VIX endeksi, tüm dünyada menkul kıymet piyasalarının gelecekteki beklenen hareketlerinin tahmini için gösterge olarak kullanılan önemli bir endekstir. 1993 yılından itibaren hesaplanmaya başlanan VIX endeksi, Şikago Opsiyon Borsası tarafından hesaplanan, S&P 500 endeksini temel alan ve 22 gün vadeli alım-satım opsiyonlarının oynaklıklarından meydana getirilen modelsiz bir

endekstir. Endeksin modelsiz olması ile kastedilen; tahminlere dayalı olarak geçmişteki volatilitenin bir dereceye kadar düzleştirilmesi şeklinde oluşturulan model bazlı volatilitenin tahminlerinin aksine endeks, piyasada öngörülen bir volatilitenin tahmini olup, modele dayalı bir tahminin yapamayacağı bilgileri yansıtmaya potansiyeline sahiptir. Endeksin yükselmesi, piyasadaki volatilitenin beklentisinin de yükseleceğini, endeksin düşmesi piyasadaki volatilitenin beklentisinin de düşeceğini ifade etmektedir. VIX endeksi, yatırımcıların yatırım davranışlarına yön verebilmekte, yatırımcı davranışları da piyasaları şekillendirebilmektedir. Aynı zamanda endeks, genellikle piyasa riskinin bir ölçüsü olarak kullanıldığı için birçok varlık fiyatlandırma modelinde kullanılabilir.

Bu çalışmanın amacı, VIX endeksi ile BİST Ulusal 100 endeksi ve BİST sektörel endeksler (Banka, Mali ve Teknoloji) arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkilerinin araştırılmasıdır. Çalışmada 05.01.2010-22.06.2018 tarihleri arasındaki dönem için literatüre uyularak günlük veriler kullanılmıştır. Değişkenler arasındaki eşbütünlük ilişkilerinin analizinde, değişkenlerin farklı seviyelerde durağanlığa sahip olması nedeniyle ARDL sınır testi kullanılmıştır. Yine değişkenler arasındaki nedensellik ilişkilerinin analizinde de, farklı seviyelerde durağanlığa sahip olan serilerin analizine imkan sağlayan Toda-Yamamoto nedensellik testi uygulanmıştır.

Çalışmadan elde edilen eşbütünlük testi sonuçlarına göre, VIX endeksi ile BİST Ulusal 100 (XU100), BİST Banka (XBANK), BİST Mali (XUMAL) ve BİST Teknoloji (XUTEK) endeksleri arasında uzun dönemli istatistiksel olarak anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Elde edilen eşbütünlük bulguları literatürde yer alan Kaya, Güngör ve Özçomak (2014) ile Kaya (2015) çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Değişkenler arasındaki uzun dönem ilişkisine göre; VIX endeksindeki %1'lik bir artış, BİST Ulusal 100 endeksini yaklaşık %0.65, BİST Banka endeksini yaklaşık %0.36, BİST Mali endeksini yaklaşık %0.42 ve BİST Teknoloji endeksini yaklaşık %302 oranında düşürmektedir. Uzun dönem katsayılarından elde edilen bu sonuçlara göre VIX endeksinden çalışmaya dahil edilen sektörler arasında en çok etkilenen sektör BİST Teknoloji sektörüdür. Çalışmada son olarak gerçekleştirilen Toda-Yamamoto nedensellik testi sonuçlarına göre ise, VIX endeksinden XU100, XBANK, XUMAL ve XUTEK endekslerine doğru tek yönlü nedensellik ilişkisi bulunmuştur. Elde edilen bu sonuç hem teorik beklentilerle hem de literatürde yer alan tüm çalışma sonuçlarıyla örtüşmektedir. Çalışmanın sonuçları hem karar alıcılara hem de yatırımcılara yönelik önemli bilgiler sağlamaktadır.

Yapılacak gelecek çalışmalarda, çalışmaya dahil edilmeyen diğer BİST sektörleri de dahil edilerek, bu sektörlerle VIX endeksi arasındaki eşbütünlük ve nedensellik ilişkileri araştırılabilecektir. Ayrıca söz konusu sektörlerin VIX

endeksinden etkilenme düzeylerine ilişkin önemli bilgiler de elde edilebilecektir. Yine çalışmaya diğer gelişmekte olan ülke hisse senedi piyasaları da dahil edilerek, benzer özelliklere sahip ülkelerin VIX endeksinden etkilenme düzeyleri karşılaştırılabilecektir. Bunun yanında diğer test yöntemleri de uygulanabilecektir.

## KAYNAKÇA

- Banerjee, A. ve Kumar, R. (2011). Realized Volatility and India VIX. Working Paper, Indian Institute of Management Calcutta, No. 688.
- Becker, R., Clements, A. E. ve McClelland, A. (2009). The Jump Component of S&P 500 Volatility and the VIX Index. *Journal of Banking & Finance*, 33 (6) 1033-1038.
- CBOE (2018). Chicago Board of Exchange. 25.06.2018 tarihinde <http://www.cboe.com/products/vix-index-volatility/vix-options-and-futures/vix-index/vix-historical-data> adresinden erişildi.
- Corrado, C. J. ve Miller, J. T. W. (2005). The Forecast Quality of CBOE Implied Volatility Indexes. *Journal of Futures Markets*, 25 (4), 339-373.
- Çil Yavuz, N. (2015). *Finansal Ekonometri*. Der Yayınları, İstanbul.
- Dickey, D. A. ve Fuller, W. A. (1981). Likelihood Ratio Statistics for Autoregressive Time Series with A Unit Root. *Econometrica*, 49(4), 1057-1072).
- Dikmen, N. (2012). *Ekonometri: Temel Kavramlar ve Uygulamalar*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Emna, R. ve Myriam, C. (2017). Dynamics of the Relationship between Implied Volatility Indices and Stock Prices Indices: The Case of European Stock Markets. *Asian Economic and Financial Review*, 7 (1), 52-62.
- Engle, R. F. ve Granger, C. W. J. (1987). Co-integration and Error Correction: Representation, Estimation and Testing. *Econometrica*, 55 (2), 251-276.
- Erdoğan, H. ve Baykut, E. (2016). BIST Banka Endeksi'nin (XBANK) VIX ve MOVE Endeksleri ile İlişkinin Analizi. *Bankacılar Dergisi*, 98, 57-72.
- Fernandes, M., Medeiros, M. C. ve Scharth, M. (2013). Modeling and Predicting the CBOE Market Volatility Index. Sao Paulo Schools of Economics, Working Paper 342, Ceqef No: 10.
- Giot, P. (2005). On the Relationships between Implied Volatility Indices and Stock Index Returns. *The Journal of Portfolio Management*, 31(3), 92-100.
- Granger, C. W. J. (1969). Investigating Causal Relations by Econometric Models and Cross-Spectral Methods. *Econometrica*, 37 (3), 424-438.
- Gujarati, D. (2015). *Örneklerle Ekonometri (N. Bolatoğlu, Çev.)*. Ankara: BB101 Yayınları.
- İskenderoğlu, Ö. ve Akdağ, S. (2018). VIX Korku Endeksi ile Çeşitli Ülkelerin Hisse Senedi Endeks Getirileri Arasında Bir Nedensellik Analizi. 2. *International Economic Research and Financial Markets Congress: 12-13-14 Nisan 2018 – Cappadocia: Bildiriler (489-505)*.

- Johansen, S. (1988). Statistical Analysis of Cointegrating Vectors. *Journal of Economic Dynamics and Control*, 12 (2-3), 231-254.
- Jung, Y. (2016). Relative Performance of VIXC vs. GARCH in Predicting Realized Volatility Changes. *Investment Analyst Journal*, 45 (1), 1-16.
- Kaya, A. ve Çoşkun, A. (2015). VIX Endeksi Menkul Kıymet Piyasalarının Bir Nedeni Midir? Borsa İstanbul Örneği. *C.Ü. İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 16 ( 1), 175-186.
- Kaya, A., Güngör, B. ve Özçomak, M. S. (2014). Is VIX Indeks a Fear Indeks for Investors? OECD Countries Stock Exchange Example with ARDL Approach. *Proceedings of the First Middle East Conference on Global Business, Economics, Finance and Banking (ME14 DUBAI Conference) Dubai, 10-12 October 2014*.
- Kaya, E. (2015). Borsa İstanbul (BIST) 100 Endeksi ile Zimni Volatilite (VIX) Endeksi Arasındaki Eş-Bütünleşme ve Granger Nedensellik. *KMÜ Sosyal ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 17 (28), 1-6.
- Konstantinidi, E, Skiadopoulos, G ve Tzagkaraki, E. (2008). Can The Evolution of Implied Volatility Be Forecasted? Evidence from European and US Implied Volatility Indices. *Journal of Banking & Finance*, 32 (11), 2401-2411.
- Korkmaz, T. ve Çevik, E. İ. (2009). Zimni Volatilite Endeksinden Gelişmekte Olan Piyasalara Yönelik Volatilite Yayılma Etkisi. *BDDK Bankacılık ve Finansal Piyasalar Dergisi*, 3 (2), 87-105.
- Kula, V. ve Baykut, E. (2017). Borsa İstanbul Kurumsal Yönetim Endeksi (XKURY) İle Korku Endeksi (Chicago Board Options Exchange Volatility Index-VIX) Arasındaki İlişkinin Analizi. *AKÜ İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 19 (2), 27-37.
- Lahrech, A. ve Sylwester, K. (2011). U.S. and Latin American Stock Market Linkages. *Journal of International Money and Finance*, 30 (7), 1341-1357.
- Lee, B. S. ve Ryu, D. (2013). Stock Returns and Implied Volatility: A New VAR Approach. *Economics E-Journal*, 7 (3), 1-20.
- MacKinnon, J. G. (1996). Numerical Distribution Functions for Unit Root and Cointegration Tests. *Journal of Applied Econometrics*, 11 (6), 601-618.
- Ozair, M. (2014). What does the VIX Actually Measure: An Analysis of the Causation of SPX and VIX. *ACRN Journal of Finance and Risk Perspectives*, 3 (2), 83-132.

- Ozdemir, Z. A., Olgun, H. ve Saracoglu, B. (2009). Dynamic Linkages between The Center and Periphery in International Stock Markets. *Research in International Business and Finance*, 23 (1), 46-53.
- Pesaran, M. H., Shin, Y. ve Smith, R. J. (2001). Bounds Testing Approaches to the Analysis of Level Relationship. *Journal of Applied Econometrics*, 16 (3), 289-326.
- Phillips, P. C. B. ve Ouliaris, S. (1990). Asymptotic Properties of Residual Based Tests for Cointegration. *Econometrica*, 58 (1), 165-193.
- Phillips, P. C. B. ve Perron, P. (1988). Testing for a Unit Root in Time Series Regression. *Econometrica*, 75 (2), 335-346.
- Poon, S-H. ve Granger, C. W. J. (2003). Forecasting Volatility in Financial Markets: A Review. *Journal of Economic Literature*, 41 (2), 478-539.
- Sarwar, G. ve Khan, W. (2017). The Effect of US Stock Market Uncertainty on Emerging Market Returns. *Emerging Markets Finance and Trade*, 53 (8), 1796-1811.
- Sevüktekin, M. ve Çınar, M. (2014). *Ekonometrik Zaman Serileri Analizi: Eviews Uygulamalı*. Bursa: Dora Yayıncılık.
- Shaikh, I. ve Padhi, P. (2014). The Implied Volatility Index\_Is 'investor fear gauge' or 'forward-looking'?. *Borsa İstanbul Review*, 15 (1), 44-52.
- Tarı, R. (2014). *Ekonometri*. Kocaeli: Umuttepe Yayınları.
- Toda, H. Y. ve Yamamoto, T. (1995). Statistical Inference in Vector Autoregressions with Possibly Integrated Processes. *Journal of Econometrics*, 66 (1-2), 225-250.

