



KRİPTOPARA GETİRİLERİNİN PİYASA RİSKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Comparison of the Market Risks of the Cryptocurrency Returns

Neslihan FİDAN KEÇECİ*

Öz

Finansal kurumların yatırım getirilerine ait piyasa riskini uluslararası platformda Riske Maruz Değer (VaR) ile raporlamaları beklenmektedir. VaR belirli bir güven düzeyinde bir getiri dağılımında kayıpları içeren kuyruğa kesme noktası olarak yaklaşırken, tutarlı bir risk ölçüsü olma özelliklerini sağlayan Koşullu VaR (CVaR) ortalama değer olarak, dağılımın kuyruğuna odaklanmaktadır. Bu çalışmada, beş farklı kriptoparaya ait getirilerin piyasa riskleri daha önceden çoğunlukla hisse senedi piyasasında başvurulduğu görülen VaR ve CVaR ölçülerinin parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlarıyla ölçülmeye çalışılmıştır. Analizden elde edilen sonuçlarda, kriptopara birimleri arasında genel olarak Ripple'in en yüksek piyasa riskine sahip olduğu, Bitcoin'in ise en az riskli kriptopara birimi olduğu görülmektedir. Geriye dönük testlerle sınanan sonuçlara göre, parametrik olmayan CVaR yaklaşımının VaR'a ve parametrik yaklaşıma göre öngörülebilir bir risk ölçümü sağlandığı görülmektedir. Farklı yatırım araçları kullanılarak oluşturulan minimum riskli portföylerde kriptoparaların portföy ağırlığı arttıkça portföy getirisinin de arttığı gözlenmektedir. Bu sonuç kriptoparaların portföy çeşitlendirmesinde kullanılabileceğini göstermektedir. Sonuçlarımız yatırımcılar ve araştırmacılara, bir

* Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Üniversitesi, İşletme Fakültesi, Sayısal Yöntemler Anabilim Dalı, neslihan@istanbul.edu.tr, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3007-9963>

yatırım aracı olarak kriptopara birimlerinin kayıplara karşı duyarlılık seviyelerine ilişkin nicel bilgi sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Sanal para, bitcoin, riske maruz değer, piyasa riski, tutarlı risk ölçüsü, VaR

JEL Kodları: E44; G11; G32

Abstract

Financial institutions are expected to express the market risk of their investment tools in the international reports via Value at Risk (VaR) measure. While VaR approaches to the left tail of a return distribution at a certain confidence level as a breakpoint, the Conditional VaR (CVaR), which provides the characteristics of being a consistent measure of risk, focuses on the left tail of the distribution by taking the mean value. In this study, VaR and CVaR of five different cryptocurrencies returns are calculated by parametric and nonparametric approaches. Regarding to VaR and CVaR calculations with both parametric and non-parametric approaches, the results indicate that Ripple generally has the highest market risk, and as a stable type Bitcoin is the least risky cryptocurrency. According to the results of backtesting, it is seen that the non-parametric CVaR approach provides a predictable risk measurement with the least number of exceedence, compared to other cryptocurrencies. Moreover, the portfolio weight of cryptocurrencies increases in portfolios with minimum risk using different instruments, the portfolio return also increases. This result shows that crypto coins can be used in portfolio diversification. Our results provide investors and researchers with quantitative information on the level of sensitivity of cryptocurrencies to losses as an investment tool.

Keywords: Cryptocurrency, bitcoin, value at risk, market risk, consistent risk measures, VaR

JEL Codes: E44; G11; G32

1. Giriş

Kriptopara gelişen teknoloji ile birlikte zaman kaybı, fiziki koşullara bağlılık gibi sorun olabilen unsurlarla başa çıkabilmek üzere ortaya çıkan bir ödeme aracıdır. Aracı bir kurumla sağlanan güven yerine sanal ortamda kriptografik kanıt dayalı olarak ödemeyi mümkün kılmaktadır (Atıcı, 2020). Bu ödeme biçiminde herhangi bir ulusal yasal para dolaşımı söz konusu değildir.

Piyasada var olan kriptopara sayısı kaynaklara göre farklılık gösterse de 2021 yılının Ocak ayı itibariyle en büyük kriptopara veri tabanı olan CoinMarketCap'ta 4000'in üzerinde kriptoparaya ilişkin fiyat listelenmektedir. Binlerce çeşit kriptopara birimi içerisinde kapitalizasyonunun büyüklüğü nedeniyle en fazla bilineni Bitcoin'dir. 2021 yılı itibariyle en yüksek piyasa değerine sahip Bitcoin'i sırasıyla Ether ve Tether takip etmektedir (CoinMarket, 2020). Oldukça büyüyen kriptopara piyasası küresel olarak finans ve devlet kurumları tarafından da sıklıkla ele alınmaktadır. Kriptopara birimleri 2008'den bu yana, avantaj ve dezavantajlarına rağmen sayı ve işlem sıklığı açısından önemli ölçüde büyüme göstermektedirler. Etkin olmayan finansal piyasalarda, yatırımcıların getiriler üzerine analiz ve tahminler yaparak pozisyon almaları mümkün olabilmektedir. Bu nedenlerle kriptopara birimlerinin fiyatlarındaki oynaklık borsada kullanıcıların ilgisinde olmaktadır. Finansal yatırımlarda ilgili tüm taraflar, kriptopara birimlerinin fiyat hareketlerindeki oynaklıktan kâr kaybına uğrayabilmektedirler (Likitracharoen vd., 2018). Dolayısıyla portföy risk yönetimi için kriptoparaların piyasadaki davranışlarının ortaya çıkarılması yatırımcılar için önem taşımaktadır. Uyar, Kelten ve Morali (2020) teknik analiz yöntemleri kullanılarak fiyatların önceden tahmin edilebileceğine değinmektedirler. Ancak kriptopara birimlerinin fiyat hareketliliklerindeki oynaklık nedeniyle geleneksel para birimlerine göre daha değişken ve dolayısıyla daha riskli oldukları bilinmektedir (Osterrieder ve Lorenz, 2017; Phillip, Chan ve Peiris, 2018; Gkillas ve Katsiampa, 2018). Normallik varsayımını ihlal eden kriptopara getirileri, yatırımcılar tarafından alternatif bir finansal varlık olarak görülmelerini sağlamıştır.

Yatırım araçlarının piyasa risklerinin ölçümünde genellikle R-kare, Sharpe oranı ve beta gibi risk ölçüleri kullanılmaktadır. Bir diğer risk ölçüsü ise temeli standart sapmaya dayanan ve 1994'te JP Morgan tarafından teknik dökümanlarla sunulmuş Riske Maruz Değer (VaR kısaltmasıyla Value at Risk)'dir (Likitracharoen vd., 2018). VaR, bir finansal varlığın belirli bir dönemde ve belirli bir olasılıkla parasal olarak en fazla ne kadar kayıp yaratacağına dair bir tahmin sağlamaktadır. Belirli bir güven düzeyinde bir getiri dağılımının kayıpları içeren kuyruğuna kesme noktası olarak yaklaşan ölçü VaR

olarak bilinmektedir. Getiri dağılımının kuyruğuna VaR'ın ötesinde kalan kayıpların ortalamasını alarak odaklanan Koşullu VaR (CVaR) ise tutarlı bir risk ölçüsü olarak ön plana çıkmaktadır.

Bu çalışma, birer yatırım aracı olarak değerlendirilmeleri durumunda kriptopara getirilerinde maruz kalınacak riskin ölçülmesine odaklanmaktadır. Daha önceden çoğunlukla hisse senedi piyasasında başvurulduğu görülen VaR ve CVaR'ın kriptoparaların fiyat değişimleriyle oluşan riskin ölçümü için kullanımı sunulmaktadır. Çalışmanın alt bölümlerinde sırasıyla, öncelikle kriptopara getirilerinin riskinin ölçümü ve analizi üzerine yapılmış çalışmaların incelenmesi sunulmaktadır. Daha sonra çalışmada kriptopara getirilerindeki riskin ölçümü için kullanılan parametrik ve parametrik olmayan VaR ve CVaR yaklaşımlarına değinilmektedir. Analiz bölümünde ise Ocak 2021 itibariyle en yüksek piyasa değerine sahip Cardano, Bitcoin, Ether, Litecoin ve Ripple kriptopara birimlerinin Türk Lirası (TL) bazında günlük değerleri dikkate alınarak VaR ve CVaR'lar hesaplanmıştır. Risk ölçümleri geriye dönük testler eklenerek VaR ve CVaR hesaplamalarının tutarlılığı tartışılmıştır. Elde edilen sonuçlar hem parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar açısından hem de kriptoparaların birbirlerine göre riskleri açısından söz konusu dönem için karşılaştırılmıştır.

2. Literatür

Kriptopara kurlarındaki dalgalanmalar, fiyat değişimlerden kazanç elde etmek amacıyla kriptopara satın alanları piyasa riskine maruz bırakmaktadır. Kriptopara üzerine yapılan analizler, piyasada ne tür bir role sahip olduklarının ortaya çıkarılması açısından oldukça önemlidir. Literatürdeki bir çok çalışmada da değinildiği gibi kriptopara fiyatlarındaki artan trend ve getirilerinde oluşan yüksek volatilité risk unsuru oluşturmaktadır (Stavroyiannis, 2018; Güleç, Çevik ve Bahadır, 2018; Şahin ve Özkan, 2018).

Dyhrberg (2016), ARCH modelleri ile analiz ettiği Bitcoin getirilerinin bir yatırım aracı olarak finansal piyasalar ve portföy yönetiminde altın ile dolar arasında sınıflandırılabileceğini belirtmektedir. Başta Bitcoin olmak üzere farklı kriptoparaların volatilitelerinin modellenmesine ilişkin anlamlı sonuçlar içeren pek

çok çalışma bulunmaktadır (Glaser vd., 2014; Dyhrberg, 2016; Katsiampa, 2017; Güleç ve Aktaş, 2019; Katsiampa, Corbet ve Lucey, 2018; Ertuğrul, 2019; Liu ve Serletis, 2019; Kayral, 2020). Asimetrik volatilité modellerini uyguladığı çalışmasında Akkuş ve Çelik (2020) Bitcoin getiri volatilitesinde uzun hafızanın varlığını tespit etmişler ve Bitcoin piyasasındaki pozitif haber şoklarının negatif haber şoklarına kıyasla volatilitéyi daha fazla arttırdığı sonucuna varmışlardır. Güleç ve Aktaş (2019) da, Bitcoin, Litecoin, Ethereum ve Ripple kriptopara birimleri getirilerinde uzun hafıza özelliğinin varlığına, yani piyasanın şu anki haliyle etkin olmadığına dair bulgular edinmişlerdir. Ripple hariç diğer kriptopara birimlerinde hacim arttıkça volatilitenin düştüğü sonucuna ulaşmışlar ve kriptopara birimlerinin zamanla daha da yüksek hacme ulaşacağı varsayımı altında bu durumu piyasaların uzun vadede etkinliğinin artacağına bir işaret olarak yorumlamışlardır. Trucíos (2019) yine Bitcoin riskinin tahmini için çeşitli volatilité modellerinden ve VaR'dan faydalanmıştır. Liu vd., (2020), farklı getiri dağılımları üzerinden hareketli ortalamalarla kriptopara riskinin VaR ile tahmin edilmesi üzerine çalışmışlardır. Bartos (2015)'e göre Bitcoin fiyatlarındaki oynaklık kamuya açıklanan bilgilerden de etkilenmektedir (Bartos, 2015). Yağmur ve Mangır (2020), yine Bitcoin fiyatlarındaki hareketlilik nedeniyle, parasal niteliğinden kısa vadeli spekülâtif bir finansal yatırım aracı olma özelliğine dikkati çekmişlerdir. Koutmos (2019), farklı bir yatırım aracı olarak ortaya çıkan Bitcoin'in, ekonomik değişkenlere göre görünüşte ilgi çekici bağımsız davranıştaki fiyatlarına rağmen, geleneksel finansal varlıklarıyla aynı tür piyasa risklerine maruz kalabileceği konusunda uyarmaktadır. Bunun yanında Kılıç ve Çütçü (2018) BIST-100 endeksi ile Bitcoin fiyatları arasında orta ve uzun vadede bir eşbütünlüşme etkisinin bulunmadığını tespit etmişlerdir. Azimov ve Alkan (2019) ise ekonometrik analizleri sonucunda, Çin ve Rusya'nın ulusal para birimlerin dolar karşısındaki kuru, bu ülkelerin ulusal rezervleri ve piyasa endeksleri ile Bitcoin'in dolar karşısındaki performansını araştırmış ve fiyat serilerinin uzun vadede eşbütünlüşik ilişkide oldukları sonucuna varmışlardır. Kuzu ve Çelik (2020) Bitcoin ile diğer geleneksel yatırım araçları arasında uzun vadede eş bütünlüşme ilişkisi görülmemesine ve mikro açıdan taşıdığı risklere rağmen Bitcoin'in portföy çeşitlendirme aracı olarak

düşünülebileceğine değinmektedirler. Kanat ve Öget (2018) analizleri sonucunda, İngiltere (FTSE), Amerika Birleşik Devletleri (S&P 500) ve Kanada (STX) Borsasının, Bitcoin fiyatının dalgalanması hakkında kısa vadede fikir verebileceği, dolayısıyla yatırımcıların Bitcoin'e yatırım yaparak portföy risklerinin çeşitlendirme yoluna giderek düşürülebileceği kanaatinde dirler. Gül (2020), çalışmasında kriptoparaların portföy çeşitlendirmesindeki performanslarını değerlendirmiştir. Hisse senetleri, emtialar, döviz kurları ve yatırım fonlarından meydana gelen portföylere ayrıca kriptoparaların eklenmesiyle, genel olarak daha yüksek getiri ve daha düşük risk seviyelerine ulaşıldığını görmüştür. Dolayısıyla, kriptoparaların portföy çeşitlendirmesinde kullanılabilmesi sonucuna varmıştır. Karaağaç ve Altınırnak (2018) en yüksek piyasa değerine ve bunun yanında yüksek işlem hacmine sahip 10 kriptopara biriminin, Konuşkan vd., (2019) ise Bitcoin ile Ether ve Ripple kriptopara birimlerinin fiyat hareketlerini nedensellik ilişkisiyle inceleyerek kısa dönemde etkileşim içinde olduklarını ortaya koymuşlardır. Buna göre yazarlar portföy riskini azaltmak için yatırımcılara fiyat hareketleri arasında nedensellik ilişkisi bulunmayan kriptoparaları aynı portföye dahil etmeyi önermektedirler.

Gkillas ve Katsiampa (2018), BitcoinCash, Bitcoin, Litecoin, Ripple ve Ether getirilerinin VaR sonuçlarını değerlendirmiş ve BitcoinCash'in en riskli, Bitcoin ve Litecoin'in ise en düşük riskli kriptopara birimi oldukları sonucuna varmışlardır. Silahli vd., (2019) Bitcoin'in de içinde bulunduğu 4 farklı kriptopara biriminden oluşan bir portföyün getirilerine ait riskin modellenmesi için Weibull dağılımından faydalanmışlardır. Önerdikleri modelle elde edilen portföy VaR sonuçlarının yaygın olarak kullanılan diğer modellerden daha iyi performans gösterdiğini ve yüksek volatiliteli kriptoparalardan oluşan portföy riskini tahmin etmede kullanılabilmesini belirtmişlerdir. Borri (2019), Bitcoin, Ether, Ripple ve Litecoin getirilerinin kuyruk riskinin tahmini için CoVaR'ı kullanmıştır. Kriptopara birimleri getirilerinin birbiriyle oldukça ilişkili olsa da, portföyleri oluşturulduğunda riskin önemli ölçüde azaltılabileceği ve böylece daha iyi risk ayarlı ve koşullu getiriler edinilebileceği sonucuna varmışlardır. Bu sonuçlarla, portföylerine

kriptopara dahil edildiğinde yatırımcılara cazip getiri ve riskten korunma özellikleri sunulabileceğini belirtmektedirler. Bouri, Lucey ve Roubaud (2020)'de Bitcoin gibi Ether ve LiteCoin'inin hisse senetleri içeren bir portföye eklenerek çeşitlendirme avantajlarından faydalanılabileceğini belirtmişlerdir. Zamana bağlı değişkenlikle Bitcoin'in çeşitlendirme yeteneklerindeki değişimi incelemek amacıyla kayan pencere analizini kullanarak, bir dönem ilerisi için riskten korunma oranları oluşturmaktadırlar. Platanakis ve Urquhart (2020), elde ettikleri portföy analizi sonuçlarına göre, önemli ölçüde daha yüksek risk ayarlı getiri sağladığından yatırımcıların portföyelerine Bitcoin dahil etmeleri gerektiğini vurgulamışlardır. Yazarlar risk ölçüm sonuçlarını kayan pencere yaklaşımı ile test ederek dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir. Jiménez, Mora-Valencia ve Perote (2020), Bitcoin getirilerinin riskini modellemek için diğer parametrik dağılımlara ve volatilité modellerine göre yarı-parametrik olmayan bir yaklaşım sunmaktadırlar. Sonuçlarında, Basel Bankacılık Denetleme Komitesi'nin de önerisine göre, yarı-parametrik olmayan modelin Bitcoin riskini ölçmek için iyi bir alternatif olduğunu ve sağlam bir risk ölçüsü olduğunu belirtmektedirler. Nekhili ve Sultan (2020) ise çalışmalarında kriptopara piyasası için doğrulanmış bir risk modeli tanımlamayı amaçlamaktadırlar. Kriptopara getirilerindeki sıçramaların ve oynaklığın rolünü vurgulayarak bir stokastik oynaklık modeli önermektedirler. Geriye dönük test sonuçlarına göre SVCJ modelinin, VaR ve ES tahminlerinin istatistiksel doğruluğu açısından alternatif modellere kıyasla üstün olduğunu göstermektedirler. Sonuçlarıyla, kriptopara birimi piyasası için en iyi performans gösteren modelin, hem getirilerdeki hem de oynaklıktaki sıçramaları da hesaba katan stokastik bir süreç olduğunu ileri sürmektedirler.

Çalışmaların çoğunluğu az sayıda kriptopara ile analizlerini yürütürken, Brauneis ve Mestel (2019) 500 kriptopara çeşidini dikkate alarak literatürdeki en geniş kapsamlı çalışmayı yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda Markowitz'in ortalama-varyans modeli temelinde farklı portföy oluşturma stratejileri ile, kriptopara içeren portföylerin düşük risk elde etmedeki performansını incelemişlerdir. Yukarıda özetlenen çalışmalar getirileri yüksek volatilitéye sahip kriptoparalar için riski ölçümünün önemini vurgulamaktadırlar. Tüm

bu çalışmaların sonuçları unutulmamalıdır ki kapsadığı dönemi bağlamaktadır. Bu çalışmada, en yüksek piyasa değerine sahip beş kriptoparanın TL fiyatları dikkate alınarak hesaplanan getirilerine ilişkin riskleri VaR ve CVaR kullanılarak hesaplanmıştır.

3. Metodoloji

3.1. Riske Maruz Değer (VaR)

VaR'ın genel tanımı, yatırımın potansiyel kaybının belli bir güven düzeyinde ve zaman diliminde, parasal değer olarak tahmin edilmesidir. VaR hesaplanmasında kullanılan zaman dilimi bir yatırımı elde bulundurma süresidir ve genel olarak bir gün alınmaktadır. Güven düzeyi ise karar vericiler tarafından seçilmektedir. %99 güven düzeyinde hesaplanan VaR, %95 güven düzeyine göre daha fazla olacaktır.

VaR, bir yatırımcının belirli bir zaman aralığında, belirli bir olasılıkla ne miktarda para kaybedebilir sorusuna yanıt vermektedir. Genellikle günlük olarak hesaplanan VaR için, soru şu şekilde sorulur: Yapılan bir yatırımın, %99 güven düzeyinde ve 1 gün içerisinde kaybedeceği değer en fazla ne olabilir? (Best, 1998). Başka bir ifadeyle, bir günün sonunda yatırımın değerinin belirli bir değerin ve altına düşme olasılığı %1'dir. VaR hesaplamada önemli varsayımlardan biri, getirilerin normal dağılıma uygunluk göstermesidir. Getirilerin normal dağılıma uyduğu varsayımı altında VaR hesaplanırken sadece kayıplar ile ilgilenildiği için dağılımın sol tarafındaki kuyruk olasılığı dikkate alınmaktadır. VaR parametrik ve parametrik olmayan olarak iki farklı yaklaşımla hesaplanabilmektedir.

Parametrik VaR hesaplanırken izlenecek adımlar sırasıyla yatırım değerinin belirlenmesi, yatırım uzunluğunun süre olarak belirlenmesi, güven düzeyine bağlı standart normal dağılımdan gelen z_α değerinin belirlenmesi ve getiri serisinin standart sapmanın hesaplanmasıdır. Günlük olarak hesaplanan standart sapma ile bir yatırımın t günlük VaR'ı aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır (Jorion, 2000):

$$VaR = Yatırım Değeri \times \sigma \times \sqrt{t} \times z_\alpha \quad (1)$$

Standart sapması günlük 0.01 olan 100 TL değerinde bir yatırımın %99 güven düzeyinde 10 günlük VaR tahmini, standart normal dağılım tablosundan %99 güven düzeyine karşılık gelen z_α değeri (2.326) ile, yukarıdaki formülden 7.355 TL olarak hesaplanır. Bu örnekte 100 TL'lik bir yatırımda %99 ihtimalle 10 gün içerisinde kaybedilebilecek maksimum miktarı 7.355 TL'dir. Başka bir ifadeyle %99 ihtimalle yatırımın değeri en az $100 - 7.355 = 92.645$ TL'ye düşebilecektir.

Parametrik olmayan yaklaşım ise literatürde aynı zamanda tarihi simülasyon olarak anılmaktadır. Parametrik olmayan VaR hesaplama sürecinde portföyün getiri serisi oluşturulduktan sonra, portföy getirileri zarardan kara doğru sıralanmaktadır. Sıralanmış getiri serisinin belli bir güven düzeyine karşılık gelen kantil değeri portföyün VaR'ı olarak seçilmektedir. VaR tutarlı risk ölçülerine ait dört özellikten biri olan riskin alt toplamlara ayrılması üzerine olan özelliği her zaman sağlamamaktadır (Alexander, 2009). Bu özellik ayrı yatırım aracı risklerinin portföy riskini arttırmadığını vurgulamaktadır. Diğer bir ifadeyle bir portföyün riski, o portföyü oluşturan ayrı ayrı yatırım araçlarının riskleri toplamından daha büyük olamaz. VaR'ın bu özelliği portföy oluşturmada problem yaratmaktadır. Yatırımcılar portföylerinde, portföydeki yatırım araçlarının ayrı ayrı riskleri toplamından daha fazla bir riske maruz kalmayı göze alamazlar. Dolayısıyla portföy optimizasyonunda tutarlı bir risk ölçüsü olma özelliği taşıyan alternatif risk ölçüleri geliştirilmiştir. Bu risk ölçülerinden en popüler olanı Koşullu VaR'dır.

3.2. Koşullu Riske Maruz Değer

CVaR, VaR'ın ötesinde kalan olası kayıpların dağılımını dikkate alarak, VaR'ı aşan "aşırı" kayıpların ortalamasının hesaplanmasıyla elde edilir. CVaR, VaR'ın bu yöndeki eksikliklerini gidermeye çalışır. Bir kırılma noktası olarak VaR bir olasılık ve bir zaman ufku ile ilişkili en kötü durumda maruz kalınacak parasal kaybı temsil ederken, CVaR en kötü durum eşiği aşıldığında, ilgili portföye yatırımdan beklenen parasal kaybın ölçüsü olarak tanımlanır. Dolayısıyla CVaR her zaman VaR değerinden daha yüksek bir parasal kayıp olarak elde edilir. Bir portföy dağılımının CVaR'ın yeri, VaR'ın ötesinde olacak şekilde

dağılımın kuyruk kısmındadır. CVaR da VaR gibi parametrik ve parametrik olmayan yollarla hesaplanabilmektedir.

L portföy kayıpları için, α güven düzeyinde $CVaR_\alpha$ ve VaR_α arasındaki ilişki ve dolayısıyla parametrik CVaR :

$$CVaR_\alpha = \frac{1}{1-\alpha} \int_\alpha^1 VaR_u(L) du \quad (2)$$

olarak verilebilir. Görüldüğü gibi CVaR'ın hesaplanması için öncelikle VaR'ın belirlenmesi gereklidir. Daha sonra belirlenen VaR'a bağlı olarak CVaR hesaplanır. Her iki ifade CVaR'ın her zaman kayıplar açısından VaR'dan daha küçük olamayacağını göstermektedir (Uryasev, 2000). Genel olarak bir yatırımın geçmişte gerçekleşen getirileri dikkate alındığında ise parametrik olmayan CVaR aşağıdaki gibi ifade edilebilmektedir:

$$CVaR = E[X|X > VaR_\alpha(X)] \quad (3)$$

VaR ve CVaR'ın etkililiği arasındaki karşılaştırmalı analiz oldukça uzundur. Kısa bir tartışma sağlıyoruz. Açıkça VaR, risk yönetimi sorununu anlamının oldukça basit bir yoldur. Bir yatırımcının risk konusunda aşırı endişesi yoksa yeterli olabilecek risk hakkında bazı temel bilgiler sağlar. Öte yandan, bir yatırımcı risk hakkında daha muhafazakâr bir fikir edinmek için CVaR'ı VaR'a tercih edebilir. CVaR ile ilgili bir sorun, kaybın dağılımının kuyruğu hakkında ayrıntılı bilgi gerektirmesidir. Tahminler geçmiş verilerden yapılırsa, bu tür kuyruk tahminlerindeki hataların CVaR tahminini etkileme potansiyeli vardır. Özetle, VaR ve CVaR kendi kullanımlarına ve uygulanabilirlik alanlarına sahiptir ve her ikisi de finans dünyasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Chakravarty ve Sarkar, 2020).

4. Analiz ve Bulgular

Bu bölümde 01.01.2019 ve 31.12.2020 tarihleri arasında fiyatları kesintisiz olarak yayınlanmış, en yüksek piyasa değerine sahip Cardano (ada), Bitcoin (btc), Ether (eth), Litecoin (ltc) ve Ripple (xrp) kriptopara birimlerine ait getirilerin riski analiz edilmiştir. 2019 yılı öncesine gidildiğinde ilgili beş kriptoparanın tamamının verisine ulaşılamadığından analizde takvim yılı olarak yalnızca 2019 ve 2020

yılları dikkate alınmıştır. Veriler halka açık www.investing.com çevrimiçi adresinden yüklenmiştir. Söz konusu tarihler arasında ilgili beş kriptoparanın 731 günlük TL kapanış fiyatı dikkate alınmış ve öncelikle, her bir kriptopara için günlük getiri hesaplanmıştır. Çalışmanın analizinde yapılan tüm hesaplamalar, çizilen grafikler ve optimal portföy seçimi için R istatistik yazılımından faydalanılmıştır (R Core Team, 2021). P_t bir kriptoparanın t . gününe ait TL fiyatını göstermek üzere günlük getiriler (r_t) aşağıda verilen

$$r_t = \ln\left(\frac{P_t}{P_{t-1}}\right) \quad (4)$$

sürekli bileşik getiri formülü ile hesaplanmıştır (Tsay, 2010: 5).

Tablo 1’de verilen tanımsal istatistiklere göre Ripple kriptopara getirileri ilgili dönemde negatif ortalama ve en yüksek standart sapmaya sahiptir. Bitcoin ise en yüksek ortalama ve en düşük standart sapmaya da sahiptir.

Tablo 1: Kriptopara Getirilerine İlişkin Tanımsal İstatistikler

	ada	btc	eth	ltc	xrp
Minimum	-0.3251	-0.3831	-0.4616	-0.3664	-0.5402
Medyan	0.0000	0.0029	0.0024	0.0000	0.0000
Ortalama	0.0025	0.0032	0.0027	0.0023	-0.0002
Maksimum	0.1803	0.1627	0.1808	0.2640	0.3558
Standart Sapma	0.0481	0.0346	0.0448	0.0476	0.0497
Çarpıklık	4.5459	2.4021	2.8520	1.8962	2.5067
Basıklık	29.8181	8.7965	11.4222	6.9941	10.477
JB test istatistiği	570.74*	16843*	9568.5*	1755.3*	24537*

***p değeri < 0.0001**

Basıklık değerlerine bakıldığında Cardano getirilerinin ortalamaları civarında diğerlerine göre oldukça yüksek frekansta oldukları anlaşılmaktadır. Bunun yanında en düşük basıklık değerine sahip olmasına rağmen Litecoin getirileri de normal dağılıma göre sivri uçlu yani ortalama civarında yüksek frekanslı bir dağılıma sahiptir. Bunun yanında, her bir kriptopara birimi için normal dağılıma göre yüksek olan basıklık değerleri getiri dağılımlarının şişman kuyruklara sahip olduğunu yani ekstrem getirilerin frekansının normal dağılıma göre daha yüksek olduğunu göstermektedir (Tsay, 2010: 9). Pozitif çarpıklık değerleri ise her bir kriptopara için getiri dağılımlarının sağ çarpık olduğu yani ortalamadan daha düşük değerli getirilerin frekansının

yüksek olduğu anlamını taşımaktadır. Jarque-Bera (JB) test istatistiklerine göre kriptopara getirileri normal dağılım sergilememektedirler. Normal dağılım varsayımının ihlali, getiri dağılımının kuyrukları olduğundan daha az olasılıklı hesaplanmaktadır. Bu nedenle parametrik VaR tahminlerinin de olduğundan daha düşük hesaplanma durumu oluşabilmektedir.

4.1 Kriptopara Getirilerinin VaR ve CVaR'ı

İlk aşamada 730 günlük kriptopara getirilerinin tamamı dikkate alınarak sırasıyla parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlarla VaR ve CVaR hesaplanmıştır. %95 ve %99 güven düzeyleri için ayrı ayrı elde edilen VaR ve CVaR sonuçları Tablo 2'de sunulmaktadır.

Tablo 2: Tüm Veri Seti için VaR ve CVaR Tahminleri

		ada	btc	eth	ltc	xrp
Parametrik Yaklaşım						
(%95)	VaR	0.0792	0.0569	0.0736	0.0784	0.0817
	CVaR	0.0992	0.0714	0.0923	0.0983	0.1025
(%99)	VaR	0.1119	0.0805	0.1041	0.1108	0.1156
	CVaR	0.1282	0.0922	0.1193	0.1270	0.1325
Parametrik Olmayan Yaklaşım						
(%95)	VaR	0.0703	0.0428	0.0618	0.0660	0.0634
	CVaR	0.1059	0.0798	0.1093	0.1099	0.1165
(%99)	VaR	0.1363	0.0860	0.1477	0.1351	0.1309
	CVaR	0.1772	0.1551	0.2037	0.1841	0.2310

Tablo 2'de sunulan değerlere göre, örneğin parametrik yaklaşımla Bitcoin getirilerinden bir günde maruz kalınabilecek kayıp, VaR ölçütüne göre %95 güven düzeyinde en fazla %5.69, CVaR ölçütüne göre ise %7.14 düzeyinde olacaktır. Diğer bir ifadeyle Bitcoin'e 100 TL değerinde bir yatırımın gelecek bir günde 5.69166 TL'den daha fazla kaybetmesi olasılığı %5'tir. Tablodaki tüm sonuçlar CVaR için de benzer şekilde yorumlanmaktadır. Örneğin parametrik olmayan yaklaşımla %99 güven düzeyinde Ether'e yapılacak 100 TL'lik yatırımın kaybı, CVaR ölçütüne göre, 20.3743 TL'yi aşmayacaktır.

Tablo 2'deki sonuçlara göre, her bir kriptopara birimi için %99 güven düzeyinde parametrik olmayan yaklaşımla elde edilen VaR ve CVaR, parametrik yaklaşımdan daha yüksek elde edilmektedir. Aynı şekilde

%95 güven düzeyi için parametrik olmayan CVaR, %95 güven düzeyinde parametrik CVaR'dan daha yüksektir. Farklı olarak yalnızca %95 güven düzeyinde parametrik yaklaşımla VaR, parametrik olmayan yaklaşıma göre daha yüksek elde edilmektedir. Yaklaşımların kendi aralarında karşılaştırmalarına göre parametrik olmayan yaklaşımla elde edilen sonuçların daha yüksek çıkması beklenen bir durumdur. Çünkü analize alınan getirilerinin ilgili dönemde normal dağılım sergilemediği görülmektedir ve böylece getiri dağılımının kuyruk olasılıkları düşük olarak hesaplanmaktadır. Dağılımın sol kuyruğu getirilerde kayıpları temsil etmektedir ve normal dağılım varsayımı ihlal edildiğinde, kayıplar gerçekte olduğundan daha düşük frekansta varsayılmış olmaktadır. Bu durum genellikle parametrik VaR ve CVaR'ın parametrik olmayan yaklaşımlarına göre daha düşük hesaplanmasına neden olmaktadır.

Tablo 2'de verilen sonuçlar kriptopara birimleri arasında bir karşılaştırılarak değerlendirildiğinde; Bitcoin'in parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlarda her iki güven düzeyinde de en düşük VaR ve CVaR sonuçlarının elde edildiği kriptopara birimi olduğu görülmektedir. %95 ve %99 güven düzeylerinde, parametrik VaR ve CVaR sonuçları en yüksek Ripple'da elde edilmektedir. Ancak normal dağılım varsayımının ihlal edildiği düşünülerek parametrik olmayan yaklaşım dikkate alınırsa kriptoparalar arasında en yüksek VaR ve CVaR sonuçlarının güven düzeyine göre farklı birimlerde gerçekleştiği görülmektedir. Yalnızca ortalama ve standart sapma gibi bir dağılıma dayalı parametrelerle değerlendirildiğinde Ripple getirilerinin en riskli dağılıma sahip olduğu sonucuna varılmaktadır. Ancak parametrik olmayan yaklaşımla diğer para birimlerinin de Ripple'a göre daha fazla riske sahip olabildikleri söylenebilmektedir.

4.2 Kayan Pencere İle Kriptopara Getirilerinin VaR ve CVaR'ları

Çalışmada kriptopara getirilerine ait riskin, tek bir uzun dönem incelemesinin yanında, dinamik olarak incelenebilmesi için kayan pencere yaklaşımı kullanılmıştır (Brailsford ve Faff, 1996; Liu vd., 2020). Her bir dönemi inceleme şansı veren ve hareketli ortalamalar prensibine dayanan bu yaklaşımın çalışma prensibi aşağıda adım adım

verilmektedir. N eldeki gözlem sayısı olmak üzere, getiriler en uzak geçmişten (1)'den en yakın geçmişe (N) doğru sıralanmış olsun:

- Öncelikle belirli bir periyod uzunluğu (m) belirlenir.
- İlk hesaplama dönemi için en uzak geçmiş getiriden başlayıp gittikçe güncel getirilere yaklaşarak belirlenen m günlük ilk dönemin (1-m arası) VaR ve CVaR hesaplamaları yapılır.
- Periyot uzunluğu (m) sabit kalacak şekilde en uzak geçmişte kalan getiri periyottan atılır ve periyoda daha güncel olan getiri eklenir. Böylece elde edilen m günlük yeni dönemin (2 ve m+1 arası) VaR ve CVaR hesaplamaları yeniden yapılır.
- Aynı hesaplamalar periyodun bir gün ileri taşınmasıyla tahmin döneminin sonuna kadar (N-m+1 ile N arası için) hesaplamalar tekrarlanır.

Böylece toplam N-m+1 dönem için ayrı ayrı VaR ve CVaR tahminleri yapılmış olur. Çalışmada kayan pencere yaklaşımıyla 730 günlük getiriden, her birinin uzunluğu 365 gün olan geçmiş bir yıllık veri dikkate alınarak, 366 dönem için risk tahmini elde edilebilmektedir. Bu tahminlerin her biri çalışmanın ilerleyen bölümlerinde dönem sonunu izleyen gün için birer risk tahmini olarak kabul edilmiştir. Son hesaplama (N-m+1) dönemi için bir sonraki güne ait getiri çalışmaya dahil edilmediğinden N-m dönem dikkate alınmıştır. Dolayısıyla 365 dönem için parametrik ve parametrik olmayan VaR ve CVaR hesaplanmıştır. Her bir döneme ait %95 ve %99 güven düzeylerinde elde edilen parametrik VaR ve CVaR'lara ilişkin tanımsal istatistikler Tablo 3'te verilmektedir. Her iki güven düzeyinde parametrik yaklaşımla elde edilen ortalama VaR ve CVaR'lara bakıldığında, kriptopara birimlerinin en yüksek riskliden en düşük riskliye doğru Cardano, Ether, LiteCoin, Ripple ve Bitcoin olarak sıralandıkları görülmektedir.

Tablo 3: Kayan Pencere İle Parametrik VaR ve CVaR İstatistikleri

		ada	btc	eth	ltc	xrp
%95 VaR	Minimum	0.0679	0.0546	0.0636	0.0702	0.0593
	Medyan	0.0770	0.0590	0.0792	0.0743	0.0652
	Ortalama	0.0771	0.0604	0.0770	0.0751	0.0674
	Maksimum	0.0868	0.0684	0.0830	0.0831	0.0992
	Standart Sapma	0.0045	0.0045	0.0062	0.0033	0.0072
	Değişim Katsayısı	%6	%7	%8	%4	%11
%95 CVaR	Minimum	0.0852	0.0685	0.0798	0.0880	0.0744
	Medyan	0.0965	0.0740	0.0993	0.0932	0.0818
	Ortalama	0.0966	0.0758	0.0965	0.0942	0.0846
	Maksimum	0.1088	0.0858	0.1040	0.1042	0.1244
	Standart Sapma	0.0056	0.0057	0.0078	0.0041	0.0091
	Değişim Katsayısı	%6	%8	%8	%4	%11
%99 VaR	Minimum	0.0961	0.0772	0.0900	0.0993	0.0839
	Medyan	0.1088	0.0835	0.1120	0.1051	0.0922
	Ortalama	0.1090	0.0855	0.1089	0.1063	0.0954
	Maksimum	0.1228	0.0968	0.1173	0.1175	0.1403
	Standart Sapma	0.0064	0.0064	0.0088	0.0046	0.0102
	Değişim Katsayısı	%6	%7	%8	%4	%11
%99 CVaR	Minimum	0.1101	0.0885	0.1031	0.1138	0.0961
	Medyan	0.1247	0.0956	0.1283	0.1204	0.1056
	Ortalama	0.1248	0.0979	0.1247	0.1217	0.1093
	Maksimum	0.1406	0.1108	0.1344	0.1347	0.1608
	Standart Sapma	0.0073	0.0073	0.0100	0.0053	0.0117
	Değişim Katsayısı	%6	%7	%8	%4	%11

Tablo 3'e göre 365 dönem boyunca özellikle Cardano ve Ether her ne kadar birbirine yakın ortalama VaR ve CVaR'a sahip olsalar da standart sapmalar VaR ve CVaR'ların Ether için dönemden döneme daha fazla değişkenlik gösterdiği vurgulamaktadır. Tablo 3'te sunulan değişim katsayılarına göre VaR ve CVaR'ların dönemden döneme en fazla Ripple'da, en az ise Litecoin'de değişkenlik gösterdiği söylenebilmektedir.

%95 ve %99 güven düzeylerinde parametrik olmayan yaklaşımla VaR ve CVaR'a ilişkin tanımsal istatistikleri sırasıyla Tablo 4'te verilmektedir. Görüldüğü gibi parametrik olmayan yaklaşımda elde edilen VaR ve CVaR istatistikleri söz konusu ölçüte göre farklı para birimlerinde en düşük veya en yüksek değerlerine ulaşmaktadır. Bu nedenle kriptoparaları genel anlamda en yüksek riskliden en düşük riskliye doğru sıralamak güçleşmektedir. Getirilerde dönem dönem gözlenen aşırı kayıpların bu farklılıklara yol açtığı düşünülebilir. Diğer

yandan getirilerin normal dağılıma uymadığı göz önünde bulundurulduğunda parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar arasında da bu farklılık beklenen bir sonuçtur.

Tablo 4: Kayan Pencere İle Parametrik Olmayan VaR ve CVaR İstatistikleri

		ada	btc	eth	ltc	xrp
%95 VaR	Minimum	0.0561	0.0415	0.0557	0.0607	0.0538
	Medyan	0.0682	0.0445	0.0606	0.0658	0.0575
	Ortalama	0.0656	0.0459	0.0645	0.0656	0.0582
	Maksimum	0.0721	0.0532	0.0752	0.0749	0.0690
	Standart Sapma	0.0043	0.0040	0.0066	0.0029	0.0039
	Değişim Katsayısı	%7	%9	%10	%4	%7
%95 CVaR	Minimum	0.0859	0.0751	0.0928	0.0929	0.0819
	Medyan	0.1104	0.0824	0.1150	0.1117	0.0999
	Ortalama	0.1061	0.0865	0.1152	0.1126	0.0998
	Maksimum	0.1181	0.1018	0.1271	0.1234	0.1457
	Standart Sapma	0.0095	0.0095	0.0098	0.0094	0.0108
	Değişim Katsayısı	%9	%11	%9	%8	%11
%99 VaR	Minimum	0.1024	0.0832	0.1244	0.1112	0.1148
	Medyan	0.1412	0.0953	0.1477	0.1387	0.1239
	Ortalama	0.1342	0.0987	0.1453	0.1367	0.1230
	Maksimum	0.1486	0.1235	0.1531	0.1558	0.1504
	Standart Sapma	0.0150	0.0168	0.0083	0.0126	0.0058
	Değişim Katsayısı	%11	%17	%6	%9	%5
%99 CVaR	Minimum	0.1297	0.1332	0.1550	0.1307	0.1321
	Medyan	0.2138	0.2035	0.2679	0.2226	0.1998
	Ortalama	0.1985	0.1923	0.2445	0.2083	0.1906
	Maksimum	0.2196	0.2197	0.2679	0.2339	0.3492
	Standart Sapma	0.0318	0.0308	0.0402	0.0367	0.0371
	Değişim Katsayısı	%16	%16	%16	%18	%19

Parametrik ve parametrik olmayan VaR ve CVaR tahminlerinin güvenilirliği tahminin geçmişte ne kadar başarısız olduğunun sınanmasıyla ölçülebilmektedir (Best, 1998: 85). Portföy kayıplarının VaR tahminini aştığı gün sayısının yüzdesi geriye dönük test olarak bilinmektedir. Basel komitesi raporlarında tahmin modelinin güvenilirliğini, 250 gün için tahmini aşan kabul edilebilir gün sayılarını tablo halinde sunarak, değerlendirmeyi önermektedir (Bank for International Settlements, 2020).

Çalışmada kayan pencere ile elde edilen dinamik VaR ve CVaR sonuçlarının daha etkin yorumlanabilmesi için geriye dönük test yapılmıştır. Geriye dönük test ile her bir dönem için hesaplanan VaR ve CVaR, ilgili dönemi izleyen günün bir risk tahmini olarak

gerçekleşen getirisiyle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırmada gerçekleşen getirinin VaR veya CVaR'ı aşım aşmadığı kontrol edilmiştir. Buna göre 365 gün için elde edilen aşım sayıları Tablo 5'te verilmektedir.

Tablo 5: Parametrik Ve Parametrik Olmayan Yaklaşımlarla Aşım Sayıları

		ada	btc	eth	ltc	xrp
Parametrik Yaklaşım						
%95 Güven	VaR	16	7	9	15	18
Düzeyinde	CVaR	8	5	4	6	9
%99 Güven	VaR	8	5	4	6	10
Düzeyinde	CVaR	7	2	4	6	7
Parametrik Olmayan Yaklaşım						
%95 Güven	VaR	24	11	20	20	26
Düzeyinde	CVaR	8	5	7	4	14
%99 Güven	VaR	5	3	3	5	5
Düzeyinde	CVaR	2	1	1	3	2

Tablo 5'te verilen değerler %95 ve %99 güven düzeylerinde parametrik yaklaşımla VaR ve CVaR'ın öngörüldüğü günün getirisini kaç defa aştığını göstermektedir. Örneğin Bitcoin için %99 güven düzeyinde VaR tahminleri 365 günde yalnızca 5 kez gerçekleşen getiriden düşük kalmıştır. Diğer bir ifadeyle bir yıl boyunca belirli 5 günün günlük getirisi o gün için tahmin edilen kayıptan daha fazla olarak gerçekleşmiştir. Tablo 5'te elde edilen sonuçlar parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlar arasında değerlendirildiğinde, %95 güven düzeyinde parametrik olmayan yaklaşımla VaR'a göre gerçekleşen aşım sayıları daha fazla elde edilmektedir. Bu sonuç %95 güven düzeyinde parametrik yaklaşımın yanıltıcı sonuçlar verebildiğini vurgulamaktadır. Bunun yanında Basel Komitesi %95 güven düzeyinde VaR modellerinin risk ölçümleri için uygulanabilir olmadığını belirtmektedir. Parametrik olmayan yaklaşımla elde edilen aşım sayıları parametrik yaklaşıma göre daha azdır. Bu sonuç yine parametrik olmayan yaklaşımın risk ölçümü için daha uygun olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlar Jiménez, Mora-Valencia ve Perote (2020) tarafından yalnızca Bitcoin için uygulanan yarı-parametrik model performansı ile paralellik taşımaktadır.

Tablo 5'teki sonuçlar kriptoparalar arasında değerlendirilecek olursa aşım sayıları en fazla olan Ripple'ı sırasıyla Cardano, Litecoin ve Ether takip etmektedir. Aşım sayılarının en az gerçekleştiği

kriptopara birimi Bitcoin olmuştur. %95 güven düzeyinde VaR tahminleri dışında kalan değerlerin genel olarak Basel Komitesinin verdiği kabul edilebilir aşım sayılarında olduğu görülmektedir (Bank for International Settlements, 2020). Tablo 5'te verilen geriye dönük test sonuçları grafik olarak da incelenebilir. İlgili tablolara ait grafikler sırasıyla EK-1a ve EK-1b'de verilmektedir. Tablo ve grafiklerden de görüldüğü gibi kriptopara getirileri tahmin edilen risk düzeyinin üzerinde olabilmektedir.

4.3 Portföy Getirilerinin VaR ve CVaR'ı

Bu alt bölümde kriptopara ile birlikte farklı yatırım araçları da içeren karma bir portföyün getirilerine ait VaR ve CVaR hesaplanmaktadır. Böylece bireysel olarak kriptopara getirilerinin riski yanında portföy riski üzerindeki performanslarını da incelemek amaçlanmaktadır. Portföy oluşturmak için ilgili beş kriptopara ile birlikte ABD Doları, Euro ve Gram altının TL fiyatları ve BIST-100 endeks değerlerinden elde edilen getirilerin de dahil edildiği dokuz yatırım aracı dikkate alınmıştır. Eklenen yatırım araçlarına ait veriler halka açık www.investing.com çevrimiçi adresinden yüklenmiştir. Genellikle para birimleri için hafta sonu fiyat bilgisi edinilebilmekte, ancak borsadan fiyat bilgisi yalnızca iş günleri için alınabilmektedir. Dolayısıyla 01.01.2019 ve 31.12.2020 arasında aynı tarihlerdeki değerleri dikkate alındığında 501 güne ulaşılabilen ve 500 günlük getiri hesaplanabilmektedir. EK-2'de portföy oluşturmada dikkate alınan yatırım araçlarının tanımsal istatistikleri verilmektedir. Tanımsal istatistiklere bakıldığında her ne kadar kriptopara ortalama getirileri diğer yatırım araçlarına göre daha yüksek görünse de risk için bir gösterge olarak standart sapmaların da diğer yatırım araçlarına göre oldukça yüksek olduğu dikkati çekmektedir.

Optimal portföy oluşturmada modern portföy teorisinin mimarı Markowitz'in ortalama-varyans modeli temel alınmıştır (Markowitz, 1952). Ortalama-varyans modeli; arzulanan belirli bir ortalama getiri düzeyinde en düşük riski veren portföyün seçimine olanak sağlar. Böylece yatırımcı bütçesini yatırım araçları arasında nasıl bölüştüreceğine karar verebilir ve buna çeşitlendirme denir. Portföyde yer alacak yatırım araçlarının ağırlıklarının neler olacağı aynı zamanda

karşılıklı getiri serileri arasındaki kovaryanslara bağlıdır. ρ_{ij} i. ve j. yatırım araçları arasındaki kovaryans, w_i ise i. yatırım aracının portföydeki ağırlığı olmak üzere, kombinasyonlarından oluşan bir portföyün beklenen getirisi (μ_p) ve riski (σ_p) aşağıdaki gibi hesaplanır:

$$\mu_p = \sum \mu_i w_i \quad (5)$$

$$\sigma_p^2 = \sum \sum \sigma_i \sigma_j w_i w_j \rho_{ij}. \quad (6)$$

n adet yatırım aracı arasından, belirli bir portföy ortalama getiri düzeyi (μ_0) için minimum varyanslı portföyün seçimi yani yatırım araçlarının portföydeki ağırlıklarının belirlenmesi için optimizasyon modeli:

$$\text{Min } \sigma_p^2 \quad (7)$$

$$\mu_p \geq \mu_0 \quad (8)$$

$$\sum w_i = 1 \quad (9)$$

$$w_i \geq 0, \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (10)$$

olarak verilmektedir. Burada (9) denklemi ile kısıtlı bütçe, (10) denklemi ile ise açığa satışın olmadığı durum temsil edilmektedir. Yukarıda verilen ikinci dereceden programlama problemi; R istatistik yazılımında quadprog fonksiyonu ile ilgili dönemi kapsayan veriler üzerinden belirli getiri düzeyleri için çözülerek optimal portföylerin seçimi yapılmıştır (R Core Team, 2021).

Belirli getiri düzeylerine göre elde edilen portföylerin hesaplanan VaR ve CVaR'ları Tablo 6'da verilmektedir. Tablonun son sütununda portföyde yer alan kriptoparalara ilişkin ağırlıklar verilmektedir. Ağırlığı sıfırdan farklı olarak yalnızca Bitcoin elde edildiğinden diğer kriptoparalara tabloda yer verilmemiştir. Tablo 6'dan da görüldüğü gibi, arzulanan ortalama getiri arttırıldıkça portföydeki kriptopara ağırlığı da artmaktadır.

Tablo 6: Optimal Portföylere İlişkin Getiri ve Riskler

Ortalama getiri (μ_p)	Standart Sapma (σ_p)	%95	%95	%99	%99	Bitcoin ağırlığı
		VaR	CVaR	VaR	CVaR	
Parametrik Yaklaşım						
0	0.0284	0.0468	0.0586	0.0661	0.0758	0
0.001	0.0065	0.0107	0.0135	0.0152	0.0174	0.0425
0.002	0.0134	0.0221	0.0277	0.0312	0.0358	0.3107
0.003	0.0232	0.0382	0.0479	0.0540	0.0619	0.5953
0.004	0.0336	0.0553	0.0694	0.0782	0.0896	0.8855
Parametrik Olmayan Yaklaşım						
0	0.0284	0.0364	0.0686	0.0759	0.1515	0
0.001	0.0065	0.0090	0.0156	0.0214	0.0307	0.0425
0.002	0.0134	0.0157	0.0299	0.0336	0.0671	0.3107
0.003	0.0232	0.0264	0.0522	0.0688	0.1221	0.5953
0.004	0.0336	0.0397	0.0758	0.1017	0.1744	0.8855

Elde edilen optimal portföy getiri ve standart sapmasının karşılaştırılması amacıyla, kriptopara içermeyen ve yalnızca kriptopara içeren alternatif portföyler de seçilmiştir. Ortalama-varyans modeli ile kriptopara içermeyen yani yalnızca ABD Doları, Euro, Gram altın ve BIST 100 endeks getirileri ile oluşturulan optimal bir portföyün 0.0081 standart sapmayla ortalama getirisinin 0.001'i aşmadığı gözlenmiştir. Oysaki Tablo 6'dan da görüldüğü gibi aynı getiri düzeyi ile kriptopara eklenmiş daha düşük riskli (0.0065) bir portföy elde edilebilmektedir. Diğer yandan ortalama-varyans modeli kullanılarak yalnızca ilgili beş kriptopara birimini içeren optimal portföyler de seçilmiştir. Bu portföylerin ortalama getirilerine ilişkin standart sapma düzeyleri Tablo 7'de sunulmuştur.

Tablo 7: Yalnızca Kriptopara İçeren Optimal Portföy Getirilerine Ait Getiri ve Riskler

Ortalama getiri (μ_p)	Standart Sapma (σ_p)	Kriptopara birimlerinin portföy ağırlıkları				
		ada	btc	eth	ltc	xrp
0	0.0497	0.1022	0.8883	0	0.1166	0.7723
0.001	0.0445	0.1075	0.2423	0	0.0468	0.6034
0.002	0.0404	0.1059	0.4671	0	0	0.4271
0.003	0.0379	0.0903	0.6740	0	0	0.2357
0.004	0.0374	0.0747	0.8810	0	0	0.0443

Görüldüğü gibi yalnızca kriptopara içeren bir portföy getirisinin riski (standart sapması) düşük getiri düzeylerinde karma portföye göre daha yüksek olsa da arzulanen ortalama getiri arttırıldıkça

yalnızca kriptopara içeren portföyün riskindeki artış azalarak karma portföyün riskine yaklaşmaktadır. Diğer bir deyişle portföy getirisi arttıkça içerisindeki kriptopara ağırlığı artarken (Tablo 6) portföy riskleri arasındaki farkın da azaldığı söylenebilmektedir (Tablo 7). Bu sonuç portföy getirisini artırma arzusunun yatırımcıyı kriptoparalara yönlendirebileceğine dair bir ipucu olarak görülebilir.

4.4. Kayan Pencere İle Optimal Portföy Getirilerinin VaR ve CVaR'ları

Analizde ele alınan dokuz yatırım aracı dikkate alınarak oluşturulan portföy getirilerinin riskini, tek bir dönem yanında, dinamik olarak da inceleyebilmek için kayan pencere yaklaşımından faydalanılmıştır. Bunun için 500 günlük getiriden, geçmiş bir yıllık veri ile her birinin uzunluğu 252 iş günü olan, toplam 249 gün için risk tahmini elde edilebilmektedir. Dolayısıyla 249 gün için portföy getirilerinin parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımla VaR ve CVaR'ı hesaplanmıştır. %95 ve %99 güven düzeylerinde elde edilen VaR ve CVaR'lara dair tanımsal istatistikler Tablo 8'de verilmektedir. Tanımsal istatistiklere göre, parametrik olmayan yaklaşımla ölçülen %99 güven düzeyinde VaR ve CVaR, ve %95 güven düzeyinde CVaR parametrik yaklaşıma göre daha yüksek olarak elde edilmektedir.

Tablo 8: Optimal Portföylerin VaR ve CVaR'larına İlişkin Tanımsal İstatistikler

	%95 VaR	%95 CVaR	%99 VaR	%99 CVaR
Parametrik Yaklaşım				
Minimum	0.0097	0.0121	0.0137	0.0157
Medyan	0.0158	0.0198	0.0223	0.0256
Ortalama	0.0153	0.0192	0.0216	0.0248
Maksimum	0.0296	0.0372	0.0419	0.0480
Standart Sapma	0.0037	0.0046	0.0053	0.0060
Değişim Katsayısı	%24	%24	%25	%24
Parametrik Olmayan Yaklaşım				
Minimum	0.00749	0.0132	0.0129	0.0218
Medyan	0.01119	0.0251	0.0321	0.0516
Ortalama	0.01191	0.0244	0.0323	0.0488
Maksimum	0.02258	0.0446	0.0695	0.1046
Standart Sapma	0.00341	0.0070	0.0116	0.0139
Değişim Katsayısı	%29	%29	%36	%28

Portföylerdeki kriptopara ağırlıklarına ilişkin tanımsal istatistikler Tablo 9'da verilmektedir. 249 gün için ayrı ayrı optimize edilen portföylerde kriptopara ağırlıklarının yaklaşık %40'a çıktığı görülmektedir. Piyasa değeri en yüksek üçüncü kriptopara birimi Ether bir yıllık dönem boyunca optimal portföylerin hiç birinde yer alamamaktadır. En yüksek ağırlığı Bitcoin almıştır.

Tablo 9: Optimal Portföylerde Kriptopara Ağırlıklarına Ait Tanımsal İstatistikler

Portföy ($R_p=0.001$)	ada	btc	eth	ltc	xrp
Minimum	0	0	0	0	0
Medyan	0	0	0	0	0
Ortalama	0.0038	0.0470	0	0.0003	0.0065
Maksimum	0.0931	0.3900	0	0.0212	0.1532
Standart Sapma	0.0137	0.0597	0	0.0019	0.0022

5. Sonuç

Gelişen teknolojiyle birlikte sanal bir ödeme aracı olarak ortaya çıkan kriptopara birimlerinin sayısının günümüzde 4000'in üzerine çıktığı bilinmektedir. Kriptopara getirilerinde oluşan yüksek volatilitate yatırımcıların da ilgisini çekerek kısa sürede büyük önem kazanmıştır. Bu çalışmanın amacı, VaR ve CVaR ölçülerini kullanarak en yüksek piyasa değerine sahip ilk beş kriptoparanın getirilerine ait riskin nicel olarak değerlendirilmesidir. %95 ve %99 güven düzeylerinde, parametrik ve parametrik olmayan yaklaşımlarla VaR ve CVaR sonuçları genel olarak en yüksek Ripple, en düşük ise piyasa değeri en yüksek olan Bitcoin kriptopara biriminde elde edilmektedir. Bu nedenle Bitcoin söz konusu beş kriptopara arasında güvenli bir yatırım aracı olarak görülebilir. Elde edilen genel sonuçlar farklı kriptopara birimlerini içermesine ve farklı dönemleri ele almış olmasına rağmen Gkillas ve Katsiampa (2018) ile paralellik göstermektedir.

Çalışmada tek bir uzun dönemin yanı sıra riskin dinamik olarak da incelenebilmesi için kayan pencere yaklaşımı kullanılmıştır. Sonuçlar tüm veriyle uzun bir dönem ele alındığında edinilen sonuçlarla paralellik göstermektedir. Geriye dönük test sonuçlarına bakıldığında %95 güven düzeyinde CVaR, %99 güven düzeylerinde VaR ve CVaR için aşım sayıları her bir kriptopara birimi için parametrik olmayan

yaklaşımın daha az sayıda gerçekleşmektedir. Dolayısıyla parametrik olmayan yaklaşımın daha tutarlı ve bu nedenle risk ölçümü için daha uygun olduğu söylenebilmektedir. Söz konusu kriptopara getirileri analiz döneminde normal dağılım sergilememektedir. Bu nedenle Basel Komitesi tarafından da dikkate alınması sakıncalı olarak gösterilen %95 güven düzeyinde parametrik VaR yaklaşımı risk ölçümü için güven arz etmemektedir ve göz ardı edilebilir. Geriye dönük test ile değerlendirilen VaR ve CVaR aşım sayıları da Basel Komitesinin bu önerisi ile tutarlıdır. Genel bir ifadeyle sonuçlara göre parametrik olmayan CVaR, risk ölçümü için güvenli bir yaklaşım olarak önerilebilir. Özel olarak Bitcoin için, geriye dönük testlerde diğer kriptopara birimlerine nazaran en az aşım sayısı ile öngörülebilir bir risk ölçümü sağlandığı söylenebilmektedir. Bu sonuç Jiménez, Mora-Valencia ve Perote (2020) tarafından Bitcoin için önerilen yarı-parametrik VaR modelinin performans sonuçları ile paraleldir.

Farklı yatırım araçları ile birlikte kriptopara içeren bir portföyün riski VaR ve CVaR ile ölçülerek kriptopara getirilerinin portföy riskindeki etkileri de incelenmiştir. Çeşitlendirme amacıyla portföye eklenen farklı yatırım araçlarıyla portföy riski düşürülebilmektedir. Genel olarak portföy getirisini arttırma arzusu yatırımcıyı getirilerinde yüksek volatiliteye sahip kriptoparalara yönlendirebilir. Kriptopara içermeyen bir portföyün 0.0081 standart sapma ile ortalama getirisinin 0.0001'i aşmadığı gözlenmiştir. Oysaki aynı getiri düzeyi kriptopara eklenmiş bir portföyde daha düşük standart sapma (0.0065) yani risk elde edilebilmektedir. Bu sonuç kriptoparaların portföy getirisini arttırdığını gösteren önemli bir işarettir. Portföylerde en yüksek ağırlığı Bitcoin para birimi alırken, Bitcoin'i sırasıyla Ripple, Ada ve Litecoin izlemektedir. Piyasa değeri en yüksek üçüncü sırada olan Ether'in ise portföylerde hiç yer alamadığı görülmektedir. Dinamik olarak da değerlendirilen portföy seçim sürecine dair geriye dönük test sonuçlarına göre, kriptopara getirilerinin normal dağılım sergilememesi nedeniyle parametrik olmayan yaklaşımla VaR ve CVaR ölçüsünün, parametrik yaklaşıma göre daha güvenilir bir ölçüm sağladığı sonucuna varılmaktadır.

CVaR piyasa riskinin ölçümü üzerine tutarlı bir risk ölçüsü olarak bilinmektedir. Bu nedenle, elde edilen sonuçlar VaR yanında CVaR'a

da dayandığı için yüksek volatiliteli kriptopara getirilerinin riskini ölçmede önem taşımaktadır. Yüksek risk ölçümleri potansiyel kayıpların karşılanması için yüksek risk sermayesi gerektirmektedir. Fiyatları yatırımcıların ilgisini çekecek düzeyde artış gösteren kriptopara birimleri için yasal düzenlemeler halen eksiktir. Literatürde diğer çalışmalarda ve bu çalışmada elde edilen nicel sonuçlarla değinildiği gibi, kriptoparalar halen hisse senedi ve altına kıyasla daha az likittir ve getirileri diğer yatırım araçlarına göre yüksek risk içermektedir. Bu nedenle yatırımın genellikle riskli olduğu ve finansal olarak güvenli olmayan kriptopara birimleri arasında tercih yaparken dikkatli olunmalıdır.

Etik Beyanı: Bu çalışmanın tüm hazırlanma süreçlerinde etik kurallara uyulduğunu yazarlar beyan eder. Aksi bir durumun tespiti halinde BİİBFAD Dergisinin hiçbir sorumluluğu olmayıp, tüm sorumluluk çalışmanın yazarlarına aittir.

Teşekkür: Gösterdikleri yoğun ilgi ve emeklerinde dolayı BİİBFAD Dergisi Editör Kurulu'na ve sağladıkları katkılarında dolayı hakemlere teşekkür ederiz.

Kaynakça

- Akkuş, H.T., & Çelik, İ. (2020). Modeling, forecasting the cryptocurrency market volatility and value at risk dynamics of bitcoin. *Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi*, 22(2), 296-312.
- Alexander, C. (2009). *Market Risk Analysis, Value At Risk Models*. Volume 4, John Wiley & Sons.
- Atıcı, G. (2020). *Dijital Ekonomi, Blokzinciri ve Finansal Sistem*. Nobel Akademik Yayıncılık, 1. Basım.
- Azimov, J., & Alkan, U. (2019). Bitcoin fiyatları ile Çin ve Rusya'nın seçilmiş finansal göstergeleri arasındaki ilişkinin ekonometrik açıdan incelenmesi. *Avrasya Sosyal ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 6(10), 165-187.
- Bartos, J. (2015). Does Bitcoin follow the hypothesis of efficient market?. *International Journal of Economic Sciences*, 4(2), 10-23.

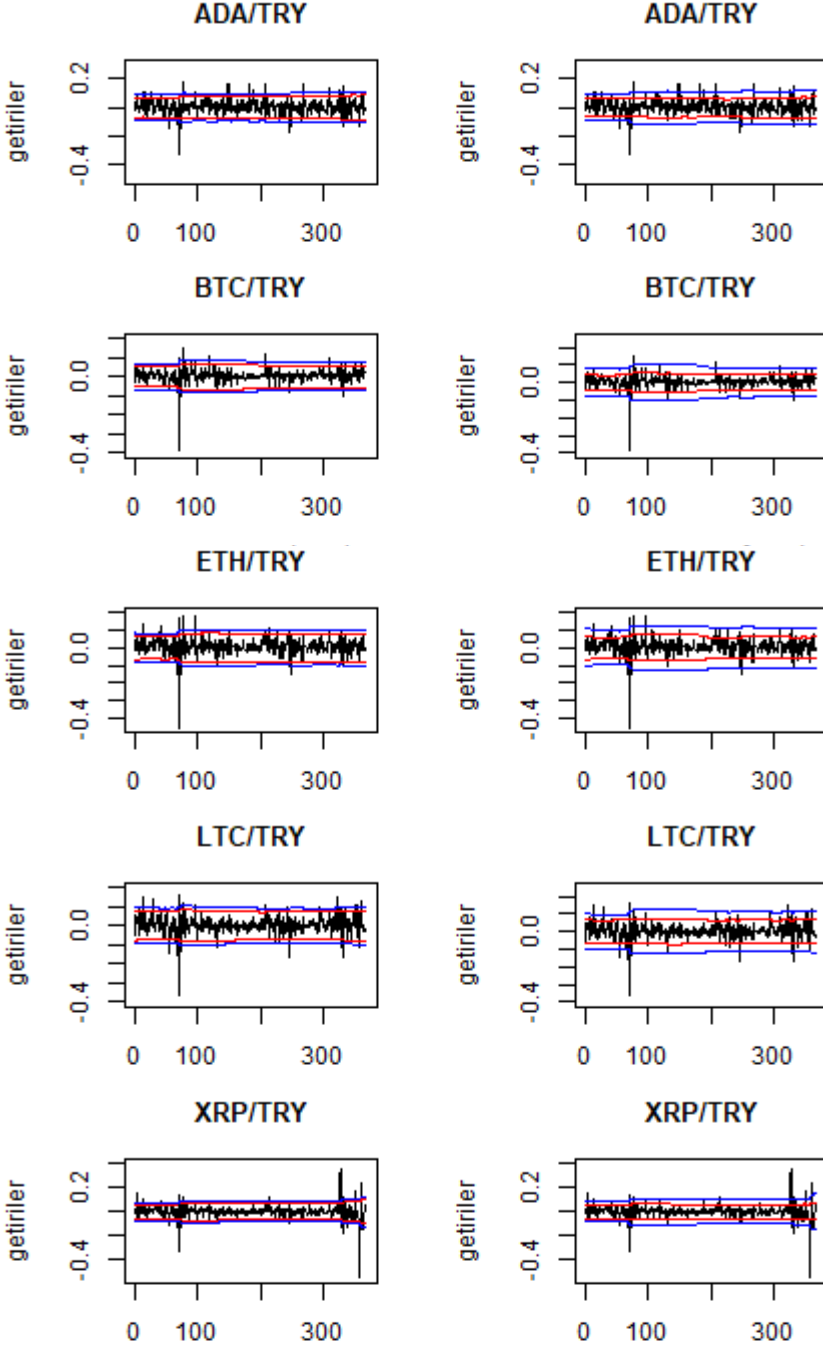
- Bank for International Settlements, 2020. Basel Committee on Banking Supervision. [Çevrimiçi kaynak]. https://www.bis.org/basel_framework/index.htm?m=3%7C14%7C697 [Erişim tarihi: 29 Eylül 2020].
- Best, P. (1998). *Implementing Value At Risk*. John Wiley and Sons, New York.
- Borri, N. (2019). Conditional tail-risk in cryptocurrency markets. *Journal of Empirical Finance*, 50, 1-19.
- Bouri, E., Lucey, B., & Roubaud, D. (2020). Cryptocurrencies and the downside risk in equity investments. *Finance Research Letters*, 33, 101211.
- Brailsford, T.J., & Faff, R.W. (1996). An evaluation of volatility forecasting techniques. *Journal of Banking & Finance*, 20(3), 419-438.
- Brauneis, A., & Mestel, R. (2019). Cryptocurrency-portfolios in a mean-variance framework. *Finance Research Letters*, 28, 259-264.
- Chakravarty, S., & Sarkar, P. (2020). *An Introduction to Algorithmic Finance, Algorithmic Trading and Blockchain*. Emerald Group Publishing.
- CoinMarketCap, [Çevrimiçi kaynak]. <https://coinmarketcap.com/> [Erişim tarihi: 26 Eylül 2020].
- Dyhrberg, A.H. (2016). Bitcoin, gold and the dollar—A GARCH volatility analysis. *Finance Research Letters*, 16, 85-92.
- Ertuğrul, M. (2019). Kriptoparaların volatilité dinamiklerinin incelenmesi: garch modelleri üzerine bir uygulama. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 17(4), 59-71.
- Gkillas, K., & Katsiampa, P. (2018). An application of extreme value theory to cryptocurrencies. *Economics Letters*, 164, 109-111.
- Glaser, F., Haferhorn, M., Weber, M.C., Zimmarmann, K., Siering, M.b (2014). *Bitcoin – asset or currency? Revealing users' hidden intentions*. ECIS 2014 Tel Aviv.

- Gül, Y. (2020). Kriptoparalar ve portföy çeşitlendirmesi. *Sosyal Bilimler Dergisi*, (65), 125-141.
- Güleç, Ö. F., Çevik, E. & Bahadır, N. (2018). Bitcoin ile finansal göstergeler arasındaki ilişkinin incelenmesi. *Kırklareli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 7(2), 18-37.
- Güleç, T.C., & Aktaş, H. (2019). Kriptopara birimi piyasalarında etkinliğin uzun hafıza ve değişen varyans özelliklerinin testi yoluyla analizi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 14(2), 491-510.
- Jiménez, I., Mora-Valencia, A., & Perote, J. (2020). Risk quantification and validation for Bitcoin. *Operations Research Letters*, 48(4), 534-541.
- Jorion, P. (2000). *Value At Risk, The New Benchmark for Managing Financial Risk*. New York, Second Edition, McGraw-Hill.
- Kanat, E. & Öget, E. (2018). Bitcoin ile Türkiye ve G7 ülke borsaları arasındaki uzun ve kısa dönemli ilişkilerin incelenmesi. *Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi (FESA)*, 3(3), 601-614.
- Karaağaç, G.A., & Altınırnak, S. (2018). En yüksek piyasa değerine sahip on kriptoparanın birbirleriyle etkileşimi. *Muhasebe ve Finansman Dergisi*, (79), 123-138.
- Katsiampa, P. (2017). Volatility estimation for Bitcoin: A comparison of GARCH models. *Economics Letters*, 158, 3-6.
- Katsiampa, P., Corbet, S., & Lucey, B. (2018). Volatility spillover effects in leading cryptocurrencies: A BEKK-MGARCH analysis. *Finance Research Letters*, 29, 68-74.
- Kayral, İ.E. (2020). En yüksek piyasa değerine sahip üç kriptoparanın volatilitelerinin tahmin edilmesi. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 11(22), 152-168.
- Kılıç, Y., & Çütcü, İ. (2018). Bitcoin fiyatları ile borsa istanbul endeksi arasındaki eşbütünleşme ve nedensellik ilişkisi. *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, 13(3), 235-250.

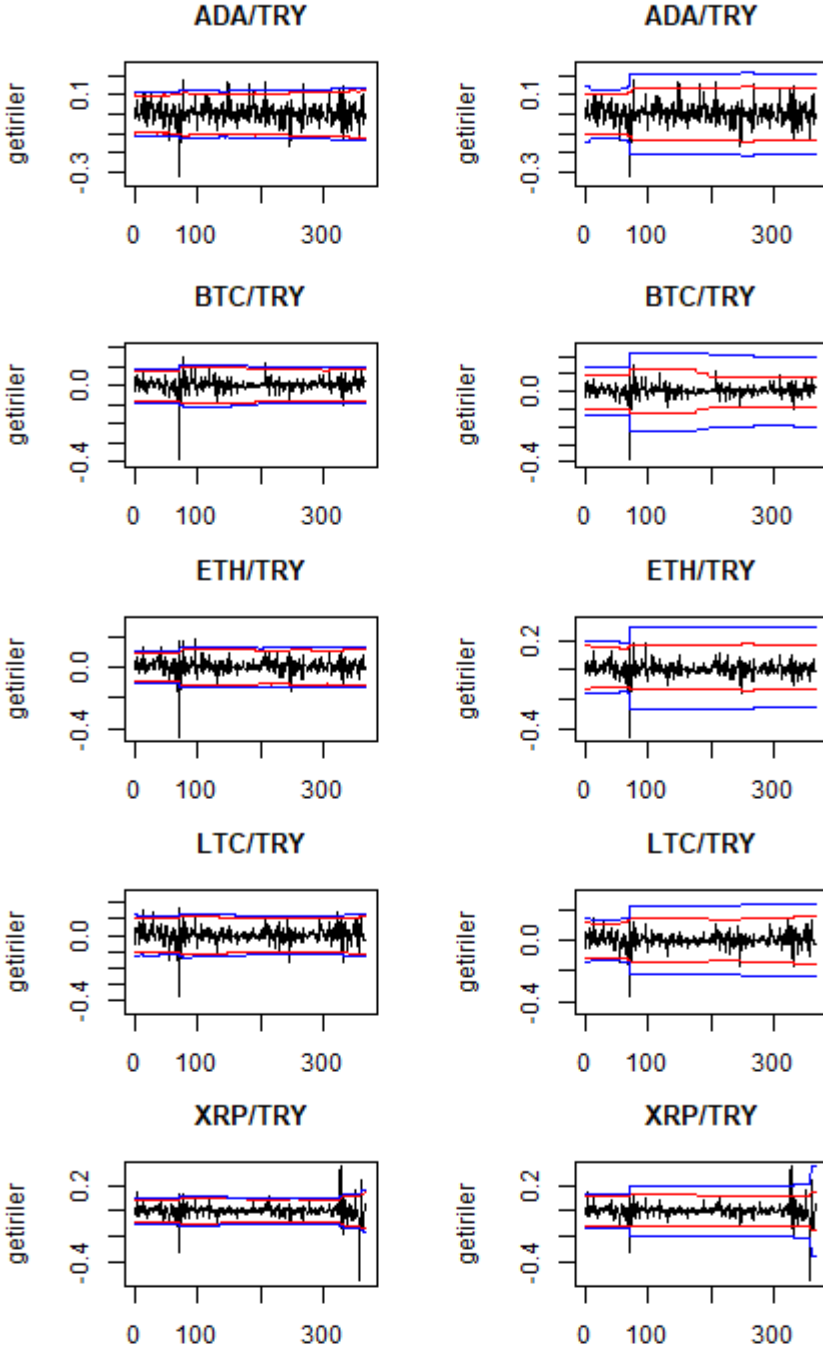
- Konuşkan, A., Teker, T., Ömürbek, V., & Bekci, İ. (2019). Kriptoparaların fiyatları arasındaki ilişkinin tespitine yönelik bir araştırma. *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 24(2), 311-318.
- Koutmos, D. (2019). Market risk and Bitcoin returns. *Annals of Operations Research*, 1-25. <https://doi.org/10.1007/s10479-019-03255-6>.
- Kuzu, S., & Çelik, İ.E. (2020). Bitcoin alternatif yatırım aracı ya da hedge enstrümanı olarak düşünülebilir mi?. *Anemon Muş Alparslan Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 8(2), 603-613.
- Likitratcharoen, D., Ranong, T. N., Chuengsuksomboon, R., Sritanee, N., & Pansriwong, A. (2018). Value at risk performance in cryptocurrencies. *The Journal of Risk Management and Insurance*, 22(1), 11-28.
- Liu, J., & Serletis, A. (2019). Volatility in the cryptocurrency market. *Open Economies Review*, 30(4), 779-811.
- Liu, W., Semeyutin, A., Lau, C.K.M., & Gozgor, G. (2020). Forecasting Value-at-Risk of cryptocurrencies with RiskMetrics type models. *Research in International Business and Finance*, 54, 101259.
- Markowitz, H. (1952). Portfolio selection, *Journal of Finance*, 7, 77-91.
- Nekhili, R., & Sultan, J. (2020). Jump driven risk model performance in cryptocurrency market. *International Journal of Financial Studies*, 8(2), 19.
- Osterrieder, J. & Lorenz, J. (2017). A statistical risk assessment of Bitcoin and its extreme tail behavior. *Annals of Financial Economics*, 12 (1), 1750003.
- Phillip, A., Chan, J. & Peiris, S. (2018). A new look at cryptocurrencies. *Economic Letters*. 163, 6-9.
- Platanakis, E., & Urquhart, A. (2020). Should investors include bitcoin in their portfolios? A portfolio theory approach. *The British Accounting Review*, 52(4), 100837.

- R Core Team (2014). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. [Çevrimiçi kaynak]. <http://www.R-project.org/> [Erişim tarihi: 5 Ocak 2021].
- Silahli, B., Dingec, K. D., Cifter, A., & Aydin, N. (2019). Portfolio value-at-risk with two-sided Weibull distribution: Evidence from cryptocurrency markets. *Finance Research Letters*, 101425.
- Stavroyiannis, S. (2018). Value-at-risk and related measures for the Bitcoin. *The Journal of Risk Finance*, 19(2), 127-136.
- Şahin, E.E., & Özkan, O. (2018). Asimetrik volatilitenin tahmini: kriptopara bitcoin uygulaması. *Bilecik Şeyh Edebalı Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 240-247.
- Trucíos, C. (2019). Forecasting Bitcoin risk measures: A robust approach. *International Journal of Forecasting*, 35(3), 836-847.
- Tsay, R. S. (2010). *Analysis of Financial Time Series*, Third Edition. John Wiley & Sons.
- Uryasev, S. (2000). Conditional value-at-risk: optimization algorithms and applications. *Financial Engineering News*, 14, February 2000.
- Uyar, U., Kelten, G. S., & Moralı, T. (2020). Yatırımcılar için teknik analiz: bitcoin ve ethereum uygulamaları. *Finansal Araştırmalar ve Çalışmalar Dergisi*, 12(23), 669-687.
- Yağmur, A., & Mangır, F. (2020). Bitcoin piyasasında rassal yürüyüş hipotezi. *Yönetim ve Ekonomi Araştırmaları Dergisi*, 18(2), 161-175.

EK-1a: %95 güven düzeyinde sırasıyla parametrik (solda) ve parametrik olmayan (sağda) VaR ve CVaR Bantları



EK-1b: %99 güven düzeyinde sırasıyla parametrik (solda) ve parametrik olmayan (sağda) VaR ve CVaR Bantları



**EK-2: Portföyü Oluşturmada Kullanılan Yatırım Araçlarının
Tanımsal İstatistikleri**

	bist	eur	usd	gold	ada	btc	eth	ltc	xrp
Minimum	-0.0842	-0.0606	-0.0551	-0.0862	-0.3251	-0.3831	-0.4616	-0.3664	-0.5402
Medyan	0.0020	0.0008	0.0007	0.0011	0.0000	0.0036	0.0010	0.0001	0.0000
Ortalama	0.0010	0.0009	0.0007	0.0010	0.0022	0.0044	0.0027	0.0021	-0.0007
Maksimum	0.0581	0.0477	0.0530	0.0560	0.1803	0.1627	0.1808	0.2640	0.3558
Risk	0.0150	0.0093	0.0089	0.0127	0.0500	0.0378	0.0472	0.0507	0.0541
Çarpıklık	-0.971	-0.391	-1.914	-1.819	-0.268	-1.575	-0.821	-0.545	-1.112
Baskılık	7.752	11.541	12.064	11.458	7.662	26.472	22.745	11.191	12.064
JB İstatistiği	549.09	1575.9	1736.5	1593.3	465.62	11783	8397.6	1403.8	15207
*p < 0.0001									

