



Norges miljø- og  
biovitenskapelige  
universitet

**Masteroppgave 2018 30 stp**

Handelshøyskolen på NMBU

Hovedveileder: Frode Alfnes

## **Finnes det diversifiseringsmuligheter i kryptovaluta?**

En tidsserieanalyse på syv store  
kryptovalutaer ved hjelp av  
kointegrasjonsmetoden.

**Janarthan Lenard Thasan**

Master i økonomi og administrasjon

Handelshøyskolen på NMBU

## Forord

Denne oppgaven markerer slutten av toårig masterstudie i økonomi og administrasjon med hovedprofil innen finansiering ved Norges miljø- og biovitenskapelige universitet.

Jeg ønsker med dette å rette en stor takk til min veileder, Prof. Frode Alfnes. Hans konstruktive tilbakemeldinger, gode diskusjoner og kunnskap har kommet godt med under hele prosessen. Jeg vil også takke Tom Erik Sønsteng Henriksen for gode innspill og råd.

Til slutt vil jeg takke familie og venner for kontinuerlig støtte under hele utdanningen.

Mai 2018,

---

Janarthan Lenard Thasan

## Sammendrag

I de siste årene har kryptovaluta vært mye omtalt blant entusiaster, spekulanter og analytikere. Markedet har opplevd en enorm vekst og nyhetene om at flere har tjent og tapt store summer ved å investere i kryptovaluta har spredt seg verden rundt. Dette har tiltrukket interessen til flere investorer og finansielle institusjoner.

Oppgaven tar for seg syv kryptovalutaer; Bitcoin, Ethereum, Ripple, Stellar, Litecoin, NEM og Dash. Hensikten er å identifisere om det eksisterer diversifiseringsmuligheter blant kryptovalutaene. Analysen er basert på Johansens- og Engle-Granger kointegrasjonsanalyse som identifiserer om variablene har langsiktige relasjoner. Ikke-kointegrerte relasjoner indikerer at variablene følger sin egen trend og kan dermed gi diversifiseringsmuligheter. Utvalgsperioden for denne testen er fra september 2015 til og med februar 2018.

Johansens-kointegrasjonstest indikerer at det finnes flere ikke-kointegrerte relasjoner i markedet, men resultatene er noe svake. Engle-Granger metoden avdekker også flere ikke-kointegrerte relasjoner.

På bakgrunn av resultatene fra kointegrasjonstesten, kan jeg konkludere med at det eksisterer diversifiseringsmuligheter i kryptovalutamarkedet på lang sikt. Dermed kan en investor spre risikoen ved å sette sammen flere kryptovalutaer i en portefølje.

## Abstract

In recent years cryptocurrency has been widely discussed among enthusiasts, speculators and analysts. The market has experienced enormous growth and the stories that many have gained and lost large amount of money by investing in cryptocurrencies have spread around the world. This has attracted huge interest from several investors and financial institutions.

The thesis involves seven cryptocurrencies; Bitcoin, Ethereum, Ripple, Stellar, Litecoin, NEM and Dash. The purpose is to identify if there are diversification opportunities among the cryptocurrencies. The analysis is based on Johansen's and Engle-Granger cointegration test, which identifies whether the variables have a long-term relationship. Non-cointegrated relationships imply that the variables follow their own trend and thus gives diversification opportunities. The selected price data for this thesis is from September 2015 through February 2018.

Johansen's cointegration test indicated that there are several non-cointegrated relationships among the variables, but the results are somewhat weak. The Engle-Granger method do also reveal several non-cointegrated relationship.

Based on the results from the cointegration test, I can conclude that the findings imply there are diversification opportunities among the cryptocurrencies in the long run. Hence, an investor will be able to reduce the risk by adding several cryptocurrencies in a portfolio.

*“The one thing that’s missing, but that will soon be developed, it’s a reliable e-cash. A method where buying on the Internet you can transfer funds from A to B, without A knowing B or B knowing A. The way in which I can take a 20-dollar bill and hand it over to you and there’s no record of where it came from. And you may get that without knowing who I am. That kind of thing will develop on the Internet.”*

- Milton Friedman, 1999

# Innholdsfortegnelse

<b>1 Innledning</b> .....	5
1.1 Oppgavens struktur .....	7
1.2 Oppgavens formål .....	8
<b>2 Kryptovalutamarkedet</b> .....	9
2.1 Hva er kryptovaluta? .....	9
2.2 Blokkjedeteknologi .....	10
2.3 Handelsplattformer .....	12
2.4 Initial Coin Offering .....	12
2.5 Presentasjon av kryptovalutaene .....	13
2.5.1 Bitcoin (BTC) .....	13
2.5.2 Ethereum (ETH) .....	13
2.5.3 Ripple (XRP) .....	13
2.5.4 Litecoin (LTC).....	14
2.5.5 NEM (XEM).....	14
2.5.6 Stellar (XLM) .....	14
2.5.7 Dash (DASH) .....	14
<b>3 Teori</b> .....	16
3.1 Investeringsstrategi - Diversifisering .....	16
3.2 Effisiente markeder .....	17
3.3 Arbitrasje .....	17
3.4 Systematisk og usystematisk risiko.....	18
<b>4 Prisutvikling</b> .....	20
4.1 Prisdrivere .....	23
4.1.2 Tilbud.....	23
4.1.3 Etterspørsel .....	24
<b>5 Prissjokk</b> .....	26
5.1 Systematisk risiko - markedsrisiko .....	26
5.1.1 Lovreguleringer .....	26
5.1.2 Hacking av handelsplattformene .....	28
5.2 Usystematisk risiko – selskapsrisiko.....	29
5.2.1 The Dao Attack.....	29
<b>6 Deskriptiv statistikk og korrelasjonsanalyse</b> .....	30

6.1 Deskriptiv statistikk.....	30
6.2 Korrelasjonsanalyse .....	31
6.2.1 Rullende korrelasjon.....	32
6.3 Korrelasjon vs. Kointegrasjon.....	34
<b>7 Metode for kointegrasjons- og kausalitetsanalyse .....</b>	<b>35</b>
7.1 Test for stasjonærhet .....	35
7.1.1 Augmented Dickey-Fuller test.....	35
7.2 Test for kointegrasjon.....	37
7.2.1 Kointegrasjon: Johansensmetoden .....	37
7.2.2 Kointegrasjon: Engle-Granger metoden .....	39
7.3 Test for kausalitet .....	40
7.3.1 Granger-kausaltetsanalyse .....	40
<b>8 Kointegrasjons- og kausalitetsanalyse .....</b>	<b>41</b>
8.1 Analyse av hele perioden .....	41
8.1.1 Augmented Dickey-Fuller test.....	41
8.1.2 Johansens-kointegrasjonsanalyse .....	43
8.1.3 Engle-Granger kointegrasjonsanalyse .....	45
8.1.4 Vektor-feilkorrigeringsmodell – Granger-kausaltetsanalyse .....	46
8.2 Analyse av periode 2 .....	48
8.2.1 Augmented Dickey-Fuller Test .....	48
8.2.2 Johansens-kointegrasjonsanalyse .....	50
8.2.3 Engle-Granger kointegrasjonsanalyse .....	51
8.2.4 Vektor-feilkorrigeringsmodell – Granger-kausaltetsanalyse .....	53
8.3 Feilsøkingstest.....	54
<b>9 Diskusjon .....</b>	<b>57</b>
<b>10 Konklusjon og oppfølging .....</b>	<b>61</b>
<b>Litteraturliste .....</b>	<b>63</b>

## **Tabell liste:**

Tabell 1: Oppsummerende spesifikasjoner .....	15
Tabell 2: Tilbudsoversikt .....	23
Tabell 3: Prisendringer i perioden 15.01.18 - 16.01.18 .....	27
Tabell 4: Prisendringer i perioden 05.09.17 - 15.09.17 .....	27
Tabell 5: Prisendringer i perioden 07.02.14 - 28.02.14 .....	28
Tabell 6: Prisendringer i perioden 16.06.16 - 18.06.16 .....	29
Tabell 7: Deskriptiv statistikk .....	30
Tabell 8: Avkastning og volatilitet .....	31
Tabell 9: Korrelasjonskoeffisienter i hele utvalgsperioden .....	32
Tabell 10: ADF-test på prisnivå - Hele perioden .....	42
Tabell 11: ADF-test i førstedifferanse - Hele perioden .....	43
Tabell 12: Johansens-kointegrasjonsanalyse - Tracetest – Hele perioden .....	43
Tabell 13: Johansens-kointegrasjonsanalyse – Maximum-eigenvaluetest - Hele perioden .....	44
Tabell 14: Engle-Granger kointegrasjonsanalyse – Hele perioden .....	45
Tabell 15: VECM Granger-kausaltet – Hele perioden .....	47
Tabell 16: ADF-test på prisnivå - Periode 2 .....	49
Tabell 17: ADF-test i førstedifferanse - Periode 2 .....	49
Tabell 18: Johansens-kointegrasjonsanalyse - Tracetest - Periode 2 .....	50
Tabell 19: Johansens-kointegrasjonsanalyse – Maximum-eigenvaluetest - Periode 2 .....	51
Tabell 20: Engle-Granger kointegrasjonsanalyse - Periode 2 .....	52
Tabell 21: VECM Granger-kausaltet - Periode 2 .....	53
Tabell 22: Feilsøkingstest for VAR-modellen .....	55



## **Figur liste:**

Figur 1: Total markedsverdi for Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar, NEM og Dash i Amerikanske Dollar .....	9
Figur 2: Transaksjonsprosessen .....	10
Figur 3: Initial Coin Offering fordelt på kategorier 2017 .....	12
Figur 4: Logoene til Litecoin, Stellar, Ripple, Bitcoin, Dash, Ethereum og NEM.....	15
Figur 5: Usystematisk- og systematisk Risiko.....	18
Figur 6: Prisutvikling i kryptovalutaene – Periode: 01.09.15 – 28.02.18.....	21
Figur 7: Logaritmiske avkastninger – Periode: 01.09.15 – 28.02.18.....	22
Figur 8: 100-dagers rullende korrelasjoner.....	33

# 1 Innledning

I oktober 2008 publiserte pseudonymet<sup>1</sup> Satoshi Nakamoto en forskningsartikkel som introduserte verden for kryptografi. Forskningsartikkelen beskrev de underliggende funksjonene til markedets største kryptovaluta, Bitcoin. Hensikten med kryptovalutaen var å konstruere et betalingssystem som ikke kunne manipuleres av en sentralmyndighet. Konsekvensen av dette var lavere transaksjonskostnader, raskere transaksjoner og økt grad av anonymitet (Nakamoto, 2008).

Publikasjonen av forskningsartikkelen var et startskudd til over 1500 kryptovalutaer som er listet på coinmarketcap.com. Kryptovalutamarkedet har fått stor oppmerksomhet og har opplevd en enorm vekst det siste året. Ifølge Google Trends var «Hva er Bitcoin?» og «Hvordan kjøpe Bitcoin?» topp 5 søketrender i Norge i 2017. I 2018 er det også mulig å handle i futurekontrakter<sup>2</sup> hos både Cboe Future Exchange (CFE) og Chicago Mercantile Exchange (CME). Til tross for dette, har kryptovalutaene også møtt mye motstand og flere land har implementert lovreguleringer i håp om å kunne kontrollere markedet.

Flere banker og land er skeptiske til handelen i kryptovaluta. Blant annet har den nordiske banken Nordea nektet sine ansatte å handle i dette markedet (Solberg, 2018). I februar 2018 innførte også den britiske banken Lloyd forbud til sine kredittkunder. Store amerikanske banker som Bank of America, Citigroup og JP Morgan har også innført restriksjoner ovenfor sine kunder. Kina og Sør-Korea er også skeptiske til utviklingen og overveier mulige lovpålagte innstramminger (Hopland, 2018).

Sentralbanksjefen i Norges Bank, Øystein Olsen er en av skeptikerne og er kritisk til privat kryptovaluta. Han mener blant annet at Bitcoins volatilitet gjør den uegnet som pengeenhet og at det er et spekulasjon- og investeringsobjekt. Samtidig mener sentralbanksjefen at blokkjedeteknologien er fremtidsrettet og kan derfor være et betalingsalternativ i fremtiden (Haugen, 2017).

I de siste årene har forskningslitteraturen vist stor interesse for kryptovaluta. Økt grad av anonymitet og desentralisert struktur har gjort mange kritiske. Tanken bak desentraliserte transaksjoner er å fjerne «mellommannen» fra bildet, noe som eliminerer risikoen for at noen

---

<sup>1</sup> Pseudonym = oppdiktet forfatternavn

<sup>2</sup> Futurekontrakter er en avtale om å kjøpe eller selge en aktiva til en spesifikk pris og dato.

tukler med transaksjonene i tillegg til at økonomien blir mer effisient (Timbermann og Thomas, 2017). Dette har også sine konsekvenser ettersom at systemet ikke påkrever at brukerne verifiserer deres identitet, det er ingen forbud mot salg av bestemte varer og transaksjonene er irreversible (Böhme et al., 2015). Brown (2016), Brill og Keene (2016) la frem at Bitcoin gir spillrom for internettkriminalitet og hvitvasking av penger.

I 2017 opplevde kryptomarkedet en stor vekst og prisene skøyt i været. Den største kryptovalutaen Bitcoin, gikk fra å bli handlet for 1 000 USD i januar til nesten 20 000 USD i desember. Flere investorer og analytikere har klassifisert Bitcoin og kryptovaluta som en boble. Otre og Stokke (2014) fant tendenser til at investorer kjøper i håp om å generere gevinst i morgen. Cheah og Fry (2015) klassifiserte Bitcoin som en spekulativ boble og argumenterte at den fundamentale verdien til Bitcoin er null. Dette strider imot flere artikler som mener teknologien bak Bitcoin har en underliggende verdi (Jenssen, 2014; Otre & Stokke, 2014).

De fleste forskningslitteraturene som omhandler markedseffisiens har fokusert på Bitcoin. Flere har konkluderte med at Bitcoin er ikke-effisient (Urquhart 2016; Kurihara & Fukushima 2017). Dette innebærer at Bitcoin ikke reflekterer dens sanne verdi til enhver tid. Bartos (2015) mente Bitcoin følger hypotesen om markedseffisiens og at den umiddelbart reagerer på offentlig informasjon. Kurihara og Fukushima (2017) la også frem at deres empiriske resultater indikerer at transaksjonene i Bitcoin blir mer effisiente og at avkastningene til Bitcoin blir tilfeldig i fremtiden.

Det har blitt skrevet flere artikler om inkludering av Bitcoin i en portefølje sammen med tradisjonelle aktiva (Carpenter, 2016; Kajtazi & Moro, 2017). Chuen et al. (2017) så på flere kryptovalutaer ved hjelp av en indeks (CRyptocurrency Index). Her ble det funnet at Bitcoin og andre kryptovaluta er lavt korrelert med andre tradisjonelle eiendeler. På bakgrunn av dette har inkluderingen av kryptovaluta i en portefølje med tradisjonelle aktiva vist seg å øke den risikjusterte avkastningen.

Baur et al. (2016) analyserte avkastningen og korrelasjonen for Bitcoin og sammenlignet denne med 16 andre eiendeler som aksjer, obligasjoner, valuta og edle metaller. Analysen fant ut at avkastningene til Bitcoin er ikke-korrelerte med de tradisjonelle aktivaene.

Det finnes flere studier som har undersøkt Bitcoin og risikoen forbundet med denne (Letra, 2016; Polaski et al., 2015). Chu et al. (2017) undersøkte flere kryptovalutaer og konkluderte

med at Bitcoin, Ethereum og Litecoin innehar enormt mye volatilitet. Aktiva med høy volatilitet vil være svært populært blant risiko-søkende investorer.

Ciaian et al. (2018) utførte en Autoregressive Distributed Lag (ARDL) test for å analysere prisrelasjonene på lang sikt. Av 16 alternative kryptovalutaer viste det seg at kun 4 var kointegrerte med Bitcoin. Artikkelen til Ciaian et al. (2018) er basert på daglig data fra 2013 til 2016, altså i perioden hvor det var lite aktivitet i markedet.

## 1.1 Oppgavens struktur

I kapittel 2 presenteres kryptovalutamarkedet. Delkapitlene 2.1 – 2.4 tar for seg begreper som vil gi en bedre forståelse på hva kryptovaluta egentlig er, samt kort forklare den underliggende teknologien. I delkapittel 2.5 vil Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar, NEM og Dash presenteres. Disse kryptovalutaene vil bli brukt videre i oppgaven.

Kapittel 3 vil ta for seg teorigrunnlaget. Her vil teorier forbundet diversifisering, markedseffisiens, arbitrasje og risiko bli presentert.

Kapittel 4 tar for seg ulike prisdrivere i markedet. Her vil både tilbuds- og etterspørselsfaktorer presenteres. På grunn av den store volatiliteten i markedet vil det også være interessant å studere ulike sjokk. Dette utrettes i kapittel 5. Hendelsene som analyseres er delt opp i systematisk- og usystematisk risiko.

I kapittel 6 analyseres datamaterialet. Første delkapittel tar for seg den deskriptive statistikken, etterfulgt av en korrelasjonsanalyse.

Metodekapittelet, kapittel 7, beskriver forskningsmetoden som blir brukt. Det utføres test for stasjonæritet og kointegrasjon. I tillegg til å se på de langsiktige relasjonene vil oppgaven også se på kortsiktige årsakssammenhenger ved å utføre en kausalitetstest.

I kapittel 8 utføres det en empirisk analyse av datamaterialet. Dette gjøres ved å se på hele perioden under ett og ved å fokusere på den siste halvdel av perioden. Dette er for å utelukke prisdata hvor markedet var stille.

Funnene som har blitt gjort i oppgaven vil bli diskutert i kapittel 9. Her vil ulike faktorer som kan gi diversifiseringsmulighetene bli belyst.

Tilslutt vil oppgaven avsluttes med en kort konklusjon i kapittel 10.

## 1.2 Oppgavens formål

Det har blitt gjort en rekke studier på Bitcoin, men kun et fåtall har fokusert på flere kryptovalutaer i markedet. Denne oppgaven vil bidra med å øke forståelsen og kunnskapen om kryptovalutamarkedet. For å bidra til den videre forskningen vil denne oppgaven analysere hvorvidt det eksisterer diversifiseringsmuligheter mellom Bitcoin, Ethereum, Ripple, NEM, Stellar, Litecoin og Dash. Oppgaven vil gi investorer kunnskap som kan bedre deres muligheter for diversifisering blant kryptovaluter. Dette impliserer at det er mulig å sette flere kryptovalutaer sammen i en portefølje med mindre risiko enn ved å investere i en enkel kryptovaluta. Mangelen på forskningslitteratur innen portefølje diversifisering blant kryptovaluta gjør denne oppgaven svært aktuell. Formålet med oppgaven er å fylle dette kunnskapshullet med informasjon som er viktig for folk som er interessert i å investere i kryptovaluta.

Dermed kan jeg oppsummere formålene på følgende måte:

1. Presentere og redegjøre for ulikheter i kryptovalutamarkedet og relevante begreper.
2. Presentere ulike typer risiko i forbindelse med kryptovalutaer, i tillegg til å se om noen av kryptovalutaene er mer eller mindre utsatt for risikoene.
3. Analysere om det er mulig å spre risiko ved å lage en portefølje.
4. Identifisere mulige prisledere i markedet.

**Hovedproblemstilling:** *Finnes det diversifiseringsmuligheter i kryptovaluta?*

## 2 Kryptovalutamarkedet

I dette kapittelet vil grunnleggende begreper innen kryptovalutamarkedet bli redegjort. I delkapittel 2.5 presenteres syv kryptovalutaer som blir brukt videre i analysen.

### 2.1 Hva er kryptovaluta?

En kryptovaluta er en digital eller virtuell valuta der krypteringsteknikker anvendes til å regulere, generere og verifisere valutaenheter som forvaltes uavhengig av en sentralbank. Kryptovaluta gjør det enklere og billigere å overføre verdier mellom to parter, ved at man slipper å betale gebyrer man ellers ville ha gjort ved en banktransaksjon (Hardwick, 2016). I 2009 etablerte pseudonymet Satoshi Nakamoto den første allmenkjente kryptovalutaen Bitcoin. I skrivende stund finnes det over 1500 forskjellige kryptovalutaer i verden, hvorav topp 10 utgjør over 75% av markedsandelene. Figur 1 illustrerer utviklingen i kryptovalutaene målt i markedsverdi.

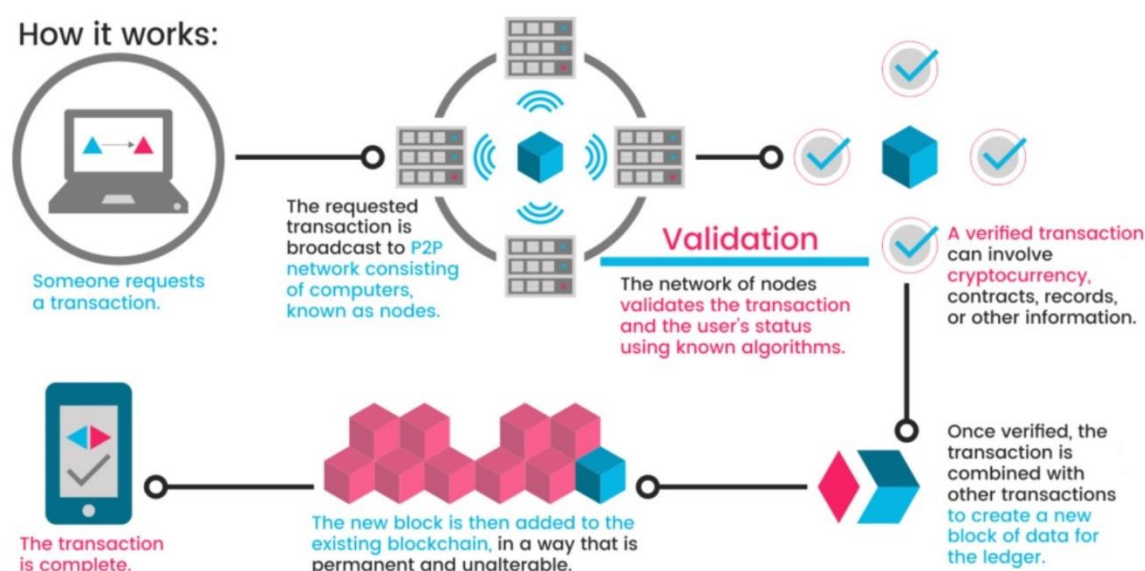


**Figur 1: Total markedsverdi for Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar, NEM og Dash i Amerikanske Dollar**

## 2.2 Blokkjedeteknologi

Blokkjede er kjerneteknologien som kryptovalutaene er basert på. Blokkjedeteknologien fungerer som en distribuert-hovedbok. Her blir alle transaksjoner registrert i blokkene. Hver blokk inneholder private data (informasjon om transaksjoner) og er knyttet sammen med en annen blokk i kjeden. Blokkene er sekvensielt koblet sammen og er kryptisk sikret slik at kun eieren av dataen i blokken har tilgang til den (Umeh, 2016).

Transaksjonene blir verifisert av utvinnere<sup>3</sup> i nettverket. Prosessen blir illustrert i figur 2. Den første som klarer å verifisere transaksjonene får utbetalt en belønning i form av «coins», hvor «coins» representerer viss mengde av den verifiserte kryptovalutaen. Videre i oppgaven vil begrepet mynter brukes i stedet for «coins».



Kilde: [www.blockgeeks.com](http://www.blockgeeks.com)

Figur 2: Transaksjonsprosessen

<sup>3</sup> Ordet stammer fra det engelske ordet «mining» som forklarer prosessen hvor individer verifiserer transaksjoner ved å løse matematiske algoritmer.

Det finnes ulike rammeverk for hva som kan gjøres i blokkjeden og som godkjennes ved en konsensusmekanisme. Denne mekanismen kontrollerer hver transaksjon og validerer blokkene. Det finnes flere konsensusmekanismer, hvor de mest sentrale blir forklart.

**Proof of Work (PoW):** PoW krever store mengder datakraft for å godkjenne blokkene, spesielt med tanke på at over 50% av datakraften i nettverket må være enige (Gervais et al., 2016). For eksempel bruker Bitcoin PoW for å validere transaksjonene. Strømkostnadene for å validere og motta belønninger varierer fra land til land. I Sør-Korea koster det \$26 170 USD ( $\approx$  NOK 203 634)<sup>4</sup> for å utvinne en Bitcoin, mens i Venezuela koster det \$531 USD ( $\approx$  NOK 4131) (Browne, 2018).

**Proof of Stake (PoS):** PoS er ikke avhengig av mengden maskinkraft, men av eierskap til kryptovalutaen (Bentov et al., 2016). Med andre ord, en utvinner må eie mynter for å kunne verifisere transaksjoner. Denne mekanismen er billigere sammenlignet med PoW, ettersom at energibruken er lavere.

**Proof of Importance (PoI):** I likhet med PoS belønnes de som har flest mynter. I tillegg tas det også i betraktning for hvor mye som overføres og hvem mottakeren er. Viktigheten til en bruker blir definert av «trust score» og er basert på brukerens aktivitet i nettverket (Bozic et al., 2016).

**Stellar Consensus Protocol (SCP):** Stellar har sin egen valideringsprotokoll som er rimeligere enn PoW ettersom at den krever mindre datakraft og stiller færre økonomisk krav. Protokollen er også konstruert for å oppnå optimal motstandskraft mot truende deltakere (Mazières, 2015).

**Ripple Protocol Consensus Algorithm (RPCA):** I likhet med Stellar har også Ripple utviklet sin egen konsensus protokoll. Forskjellen er at RPCA er mye raskere til å validere transaksjonene, i tillegg til at det ikke er mulig å gjøre radikale endringer i blokkjeden (Schwartz et al., 2014).

---

<sup>4</sup> 1 USD = 7,7812 valutakursen per 28.03.2018 hos DnB

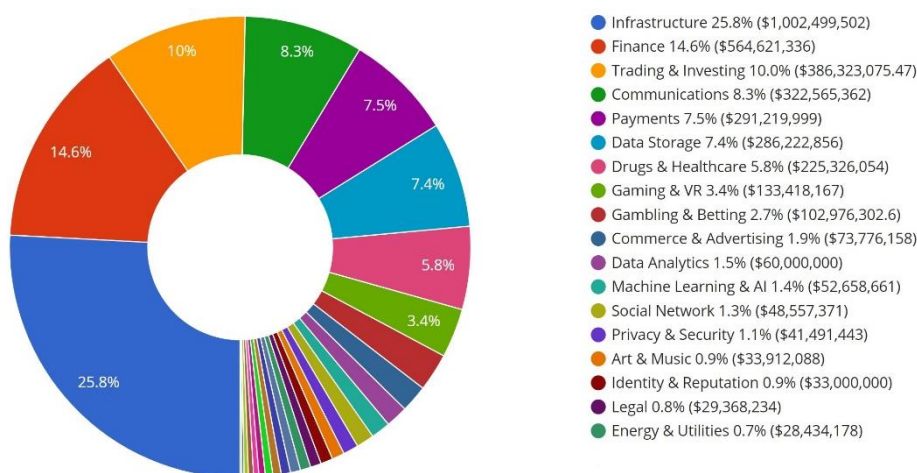


## 2.3 Handelsplattformer

Handelsplattformene til dette markedet er over internett og kan handles ved å bruke ulike kryptovaluta og tradisjonelle valuta som betalingsmiddel. Den fungerer som en tradisjonell børs eller valutaveksling. Det er flere ting en investor må passe på, som transaksjonskostnader, reliabilitet og transaksjonshastigheten før man velger handelsplattform. Noen av de største plattformene er Binance, Bitfinex og Kraken.

## 2.4 Initial Coin Offering

En Initial Coin Offering (ICO) er en måte selskaper basert på blokkjedeteknologi henter inn kapital på fra private og institusjonelle investorer (Li & Mann, 2018). Dette fungerer nesten som IPO (Initial Public Offering) hvor oppstartsbedrifter ønsker investorer som kan bidra med kapital. Ved IPO vil investoren motta aksjer, samt stemmerett i selskapet. I motsetning vil en investor ved ICO kun motta mynter som en motytelse for kapitalen som blir satt inn. Figur 3 viser hvilken type kryptovalutaer som mottok kapital i 2017. Her ser vi at kryptovalutaene som satset på infrastruktur og finans mottok mest. I 2017 ble det hentet inn totalt \$3,880,018,203 USD i ICO ifølge coinschedule.com.



Kilde: [www.coinschedule.com](http://www.coinschedule.com)

**Figur 3: Initial Coin Offering fordelt på kategorier 2017**

## **2.5 Presentasjon av kryptovalutaene**

I dette delkapittelet presenteres de underliggende funksjonene i de ulike kryptovalutaene som blir brukt videre i oppgaven.

### **2.5.1 Bitcoin (BTC)**

Bitcoin er en desentralisert kryptovaluta som bruker peer-to-peer (likemannsnettverk) teknologi, som tillater valutautsendelse, behandling av transaksjoner og verifikasjon samlet under ett kollektivt nettverk. I motsetning til tradisjonell valuta finnes det ingen sentral styringsmyndighet som bestemmer hvor mange mynter som skal produseres. Den desentraliserte strukturen gjør at Bitcoin verken er utsatt for statelig manipulasjon eller regjeringens pengepolitikk. Bitcoin produseres digitalt gjennom en utvinningsprosess hvor datamaskiner løser komplekse algoritmer og krypteringsoppgaver (Bjerg, 2016).

### **2.5.2 Ethereum (ETH)**

Ethereum er en programvare som er basert på blokkjedeteknologi og ble etablert i 2015. Denne plattformen gir utviklere muligheten til å etablere og bygge systemer og applikasjoner som kan eliminere behovet for en sentral styringsmyndighet. Med andre ord kan man fjerne behovet en bank har som långiver, en eiendomsmegler som selger leiligheter osv. Smartkontrakten gjør Ethereum særegent i kryptomarkedet og er en datakoding som hjelper med å utveksle eiendom, aksjer, penger eller noe annet med verdi uten bruken av en tredjepart (Bogner et al., 2016). Med tanke på markedstørrelser er Ethereum den nest største kryptovalutaen etter Bitcoin.

### **2.5.3 Ripple (XRP)**

Ripple ble lansert i 2012 for å legge til rette finansielle transaksjoner ved bruk av blokkjedeteknologi. Ripple differensierer seg fra de andre kryptovalutaene ved deres samarbeid med legitime banker. Santander, UBS og American Express er noen av bankene som benytter seg av plattformen til Ripple (Larson, 2018). I motsetning til de fleste kryptovalutaene er ikke Ripple like desentralisert. Ripple følger lover og regulasjoner som finansinstitusjonene har lagt frem, noe som gjør Ripple sentralisert.

#### **2.5.4 Litecoin (LTC)**

Litecoin ble etablert i 2011 og er kapabel til å utføre høyere transaksjonsvolum enn rivalen Bitcoin. Litecoin og Bitcoin har mange fellestrekk da begge bruker peer-to-peer teknologi, er desentraliserte og at de er digitale valuta. Denne kryptovalutaen blir også ansett som «lillebroren» til Bitcoin. Forskjellen er at Litecoin generer blokkjeden fire ganger raskere enn Bitcoin. Litecoin har også et tak på 84 millioner mynter, sammenlignet med Bitcoins 21 millioner (Orgera, 2017).

#### **2.5.5 NEM (XEM)**

Kryptovalutaen NEM står for New Economic Movement og ble etablert i 2015. I motsetning til de fleste kryptovalutaer har NEM laget sin egen valideringsmekanisme, kalt POI. NEM kan validere flere transaksjoner sammenlignet med Bitcoin. I Gjennomsnitt kan NEM validere en blokk på ett minutt, mens Bitcoin bruker 10 minutter (Kukreja, 2017). I likhet med Ethereum har også NEM sin egen «smart kontrakt», men kaller denne for «smart assets».

#### **2.5.6 Stellar (XLM)**

Stellar ble etablert i 2014 med formål å introdusere rimelige finansielle tjenester som banktjenester, mikrobetalinger og innbetalinger til folk som ikke har hatt tilgang til dette. Stellar har i utgangspunktet fokus på Afrika, spesielt Nigeria. Kryptovalutaen har opplevd signifikant tilpasning blant målgruppen og vist seg å være kostnadseffektiv (Iansiti & Lakhani, 2017). Stellar og Ripple opererer ganske likt, men har ulike kundesegmenter. Stellar har som mål å legge til rette transaksjoner mellom individer, mens Ripple tilbyr tjenester for banker.

#### **2.5.7 Dash (DASH)**

Dash ble etablert i 2014 og er opprinnelig kjent som Darkcoin som er designet for å sikre brukernes personvern og anonymitet. Utviklerne av Dash beskriver kryptovalutaen som «the first privacy-centric cryptographic currency» (Duffield & Diaz, 20014). Dash fungerer som en digital valuta og er inspirert av Bitcoin, men bruker en annen konsensusmekanisme og sikrer større grad av anonymitet (Sharma, 2018).

Tabell 1 oppsummerer de ulike spesifikasjonene til kryptovalutaene. Her kan vi enklere se at kryptovalutaene har forskjellige teknologiske spesifikasjoner og at alle ikke er hundre prosent identiske. Disse ulikhetene kan tiltrekke ulike investorer som gir rom for å diversifisere en portefølje. Begrepet diversifisering, blir videre diskutert i neste kapittel.

**Tabell 1: Oppsummerende spesifikasjoner**

<i>Kryptovaluta</i>	<b>Mining</b>	<b>Type</b>	<b>Validering</b>	<b>Største handelsplattformer</b>	<b>Nettverk</b>
<i>Bitcoin</i>	Ja	Valuta	PoW	Bitfinex, OKEEx, Binance	Desentralisert
<i>Ethereum</i>	Ja	Plattform	PoW	Bitfinex, OKEEx, GDAX	Desentralisert
<i>Ripple</i>	Nei <sup>5</sup>	Finansiering	RPCA	Bithumb, Binance, Bitbank	Sentralisert
<i>Litecoin</i>	Ja	Valuta	PoW	OKEEx, GDAX, Bitfinex	Desentralisert
<i>NEM</i>	Ja	Plattform	PoI	Zaif, Upbit, Bittrex	Desentralisert
<i>Stellar</i>	Nei	Finansiering	ScP	Binance, Upbit, Bittrex	Desentralisert
<i>Dash</i>	Ja	Valuta	PoS	HitBTC, Huobi, YoBit	Desentralisert



**Figur 4: Logoene til Litecoin, Stellar, Ripple, Bitcoin, Dash, Ethereum og NEM**

<sup>5</sup> Dette innebærer at utvinne ikke får mynter som belønning for å verifisere transaksjonene.

## 3 Teori

For å få en tidlig forståelse av konseptet bak kointegrasjon vil det være essensielt å introdusere noen av implikasjonene allerede nå. Hovedpoenget med kointegrasjon er å avdekke om variablene deler en langsiktig trend. Engle og Granger (1987) mente at på lang sikt ville variablene returnere tilbake til et likevektsforhold på grunn av feilkorrigeringsmodellen. Dermed vil en kointegrasjonsanalyse se bort ifra små avvik og heller se på variablenes langsiktige relasjoner.

Resultatet fra en kointegrasjonsanalyse kan gi signifikante indikasjoner og bidra med betydelige beslutningsstøtte til en investor. Tankegangen er at man ikke kan diversifisere (spre risikoen) en portefølje ved å ha flere kointegrerte variabler sammen, ettersom at disse deler en langsiktig trend. Kointegrerte variabler vil følge hverandre på lang sikt og dermed redusere fordelene ved å lage en portefølje. Dernest er formålet å benytte ikke-kointegrerte variabler for å kunne diversifisere. Dette vil bli diskutert videre i neste delkapittel.

### 3.1 Investeringsstrategi - Diversifisering

En kointegrasjonsanalyse kan gi verdifull informasjon knyttet til investeringsbeslutninger. Svake sammenhenger mellom aktiva vil være optimalt for å kunne diversifisere porteføljen, men i motsatt tilfelle vil sterke sammenhenger mellom aktivaene skape diversifiseringsproblemer for en investor.

Dersom resultatet av en kointegrasjonsanalyse tyder på at aktivaene følger sin egen trend og ikke er påvirket av hverandre over tid, kan investoren oppnå fordeler ved diversifisering. Hvis variablene i stedet følger hverandre på lang sikt, vil dette innebære at variablene er kointegrerte. I et slikt tilfelle vil en bevegelse i en variabel føre til en lignende bevegelse i en annen variabel. Dette vil redusere fordelene ved diversifisering.

Formålet med å diversifisere en portefølje ved bruk av kointegrasjonsmetoden er å etablere en portefølje med flere ikke-kointegrerte variabler (Brooks, 2008). Tankegangen her er å ha flere aktiva som følger sin egne trend. Derfor er investorer på konstant jakt etter aktiva som ikke deler en langsiktig sammenheng for å kunne redusere risiko. Hvis kointegrasjonsanalysen impliserer at flere variabler følger sin egen trend, vil en investor oppnå substansielle fordeler ved å diversifisere porteføljen (Brooks, 2008).

## 3.2 Effisiente markeder

Et effisient marked går ut på at finansielle instrumenter til enhver tid gjenspeiler all tilgjengelig informasjon (Fama, 1970). Noe som betyr at aktiva verken vil være overpriset eller underpriset. Dette blir også kalt markedseffisienthypotesen.

I følge markedseffisienthypotesen vil aktiva inneholde all verdirelevant informasjon, og fremtidige utviklinger vil oppstå som følge av ny informasjon. Ettersom at ny informasjon er uforutsigbar, vil også prisendringene være uforutsigbare. Dette betyr at prisendringene følger en «random walk», altså at de er tilfeldige og vanskelige å predikere.

Fama (1970) inkluderte tre typer effisiens i finansmarkedet; svak, semi-sterk og sterk. Forskjellene i disse ligger i hvordan man definerer «all tilgjengelig informasjon». Svak effisiens innebærer at dagens priser reflekterer historisk data. Semi-sterk effisient inkluderer i tillegg offentlig informasjon i prisene. I et sterkt effisient marked reflekterer i tillegg informasjon som er kun tilgjengelig til enkelte privilegerte investorer. (Gilson & Kraakman, 1984). Det vil dermed være vanskelig eller umulig å predikere et sterkt effisient marked da prisutslagsgivende faktorer allerede er innbakt i prisene (Bodie et al., 2014).

Ifølge Granger (1986) er prisen på minst en aktiva forutsigbar dersom det er kointegrasjon mellom to finansielle instrumenter. Dette bryter med markedseffisienthypotesen, da kointegrasjon kan brukes til å predikere prisene.

## 3.3 Arbitrasje

Arbitrasje oppstår når en investor kan oppnå fordeler ved kjøp og salg av tilsvarende goder i ulike markeder. Med andre ord, innebærer dette en situasjon hvor det er mulig å oppnå risikofri profitt (Berk & DeMarzo, 2014). I løpet av denne prosessen vil etterspørselen etter aktiva med lav pris øke og prisene vil øke inntil arbitrasjemuligheten er eliminert. Denne mekanismen er kanskje den mest fundamentale i kapitalmarkedet (Bodie et al., 2014).

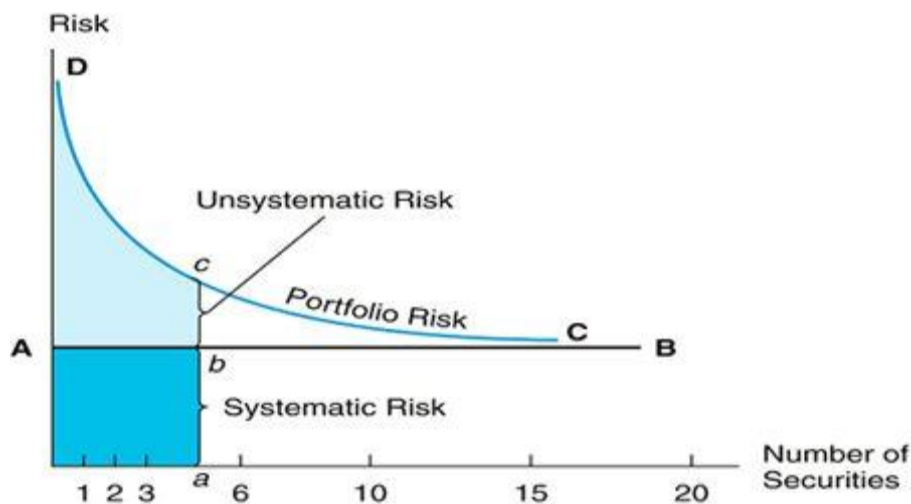
Irrasjonelle investorer, også kalt «støyhandlere» handler basert på nyheter publisert i magasiner og artikler (Black, 1986). Rasjonelle arbitrasjører handler mot støyhandlere i markedet som driver prisene nær fundamental verdi (De Long et al., 1990). Dette kan føre til at det er en viss grad av feilprising i markedet.

Hvis to aktiva er kointegrerte kan en investor handle på prisspredningen og på grunn av at reverseringseffekten<sup>6</sup> vil dette gi fortjeneste. Utnyttelsen av arbitrasjemuligheter reduseres, ettersom at den rasjonelle arbitrasjøren kan bli tvunget til å realisere ugunstige posisjoner. Dette vil føre til at likevektprising ikke vil være oppfylt og dermed føre til avvik i det predikerte kointegrasjonsforholdet

### 3.4 Systematisk og usystematisk risiko

Det finnes flere forklaringer på begrepet risiko. I finansverdenen defineres risiko som variansen til en forventet avkastning. Dette kan innebære både positivt og negativt avvik. Risikoen ved å investere i kryptovaluta er meget stor og det er flere faktorer som spiller inn. Det skilles mellom to typer risiko; systematisk- og usystematisk risiko (Berk & DeMarzo, 2014).

1. **Systematisk risiko** (også kalt markedsrisiko) er risiko som er iboende i hele markedet eller markedssegmentet.
2. **Usystematiske risiko** (også kalt selskapsrisiko) er risiko iboende i den spesifikke aktiva og er uavhengig av de andre. Den usystematiske risikoen kan reduseres ved å inkludere flere aktiva i porteføljen.



Figur 5: Usystematisk- og systematisk Risiko

<sup>6</sup> Teori om at priser og avkastning vil gå tilbake til gjennomsnittet. Kallt «Mean reversion» på engelsk.

Figur 5 illustrerer at den totale risikoen vil reduseres ved å investere i flere aktiva, med andre ord ved å lage en investeringsportefølje. Vi ser også at risikoen ikke kan fjernes helt. Usystematisk risiko er den risikoen som er diversifiserbar, mens systematisk risiko er konstant uavhengig av antall aktiva som inkluderes i porteføljen.



## 4 Prisutvikling

I dette kapitlet skal vi se nærmere på prisutviklingen til kryptovalutaene. I løpet av få år har flere fått øye på dette teknologiske fenomenet og markedet har vokst enormt.

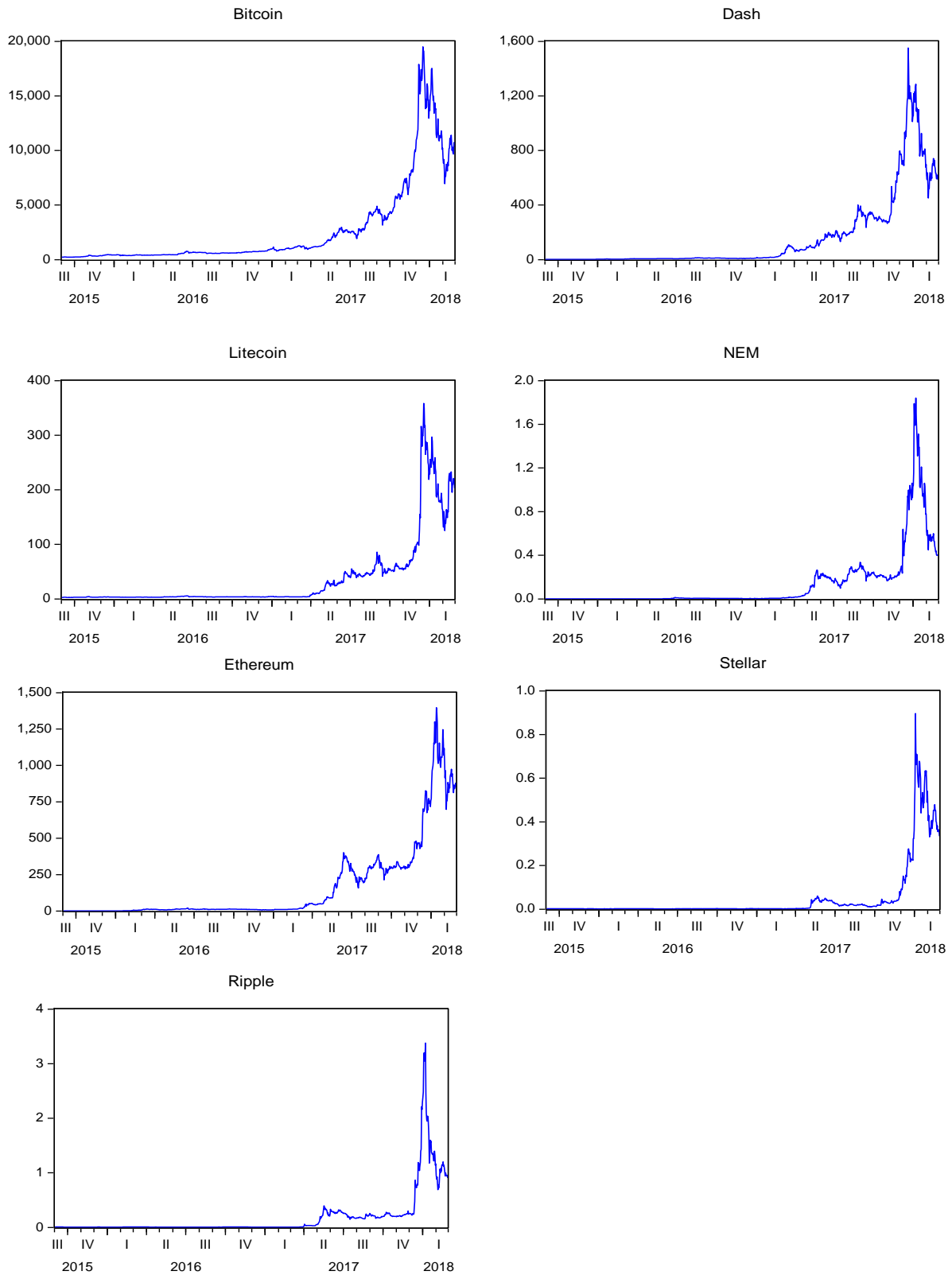
Prisdataen for denne oppgaven er daglige sluttnoteringer hentet fra [www.coinmarketcap.com](http://www.coinmarketcap.com). Coinmarketcap bruker prisindekser som viser hvor mye en kryptovaluta koster i USD, BTC og ETH<sup>7</sup>. Jeg benytter amerikanske priser og vil ikke konvertere til norske kroner for å unngå eksponeringen av valutarisiko. Prisdataen som benyttes starter fra 1.september 2015 til 28.februar 2018, som tilsvarer to og et halvt år eller 912 observasjoner. Det er også verdt å merke at kryptovalutamarkedet er åpen hver dag, i motsetning til aksjemarkedet og futuresmarkedet som er stengt i helger og helligdager.

Figur 6 viser at Bitcoin opplevde en voksende trend før de andre representative kryptovalutaene. Det var spesielt i slutten av 2017 at veksten virkelig tok fart i kryptomarkedet. En gradvis aksept av implementering av Bitcoin som betalingsmiddel kan være en årsak bak dette, samt at investorer og spekulanter så den stadig voksende prisen som en perfekt måte å tjene raske penger på.

Frem til slutten av 2017 fikk kryptomarkedet vokse nærmest uhindret, men dette tok slutt da land som Kina og Sør-Korea startet å implementere restriksjoner mot kryptohandelen. Dette førte til enorme prisfall, hvorav markedsverdien til Bitcoin og Litecoin ble halvert i løpet av en måned.

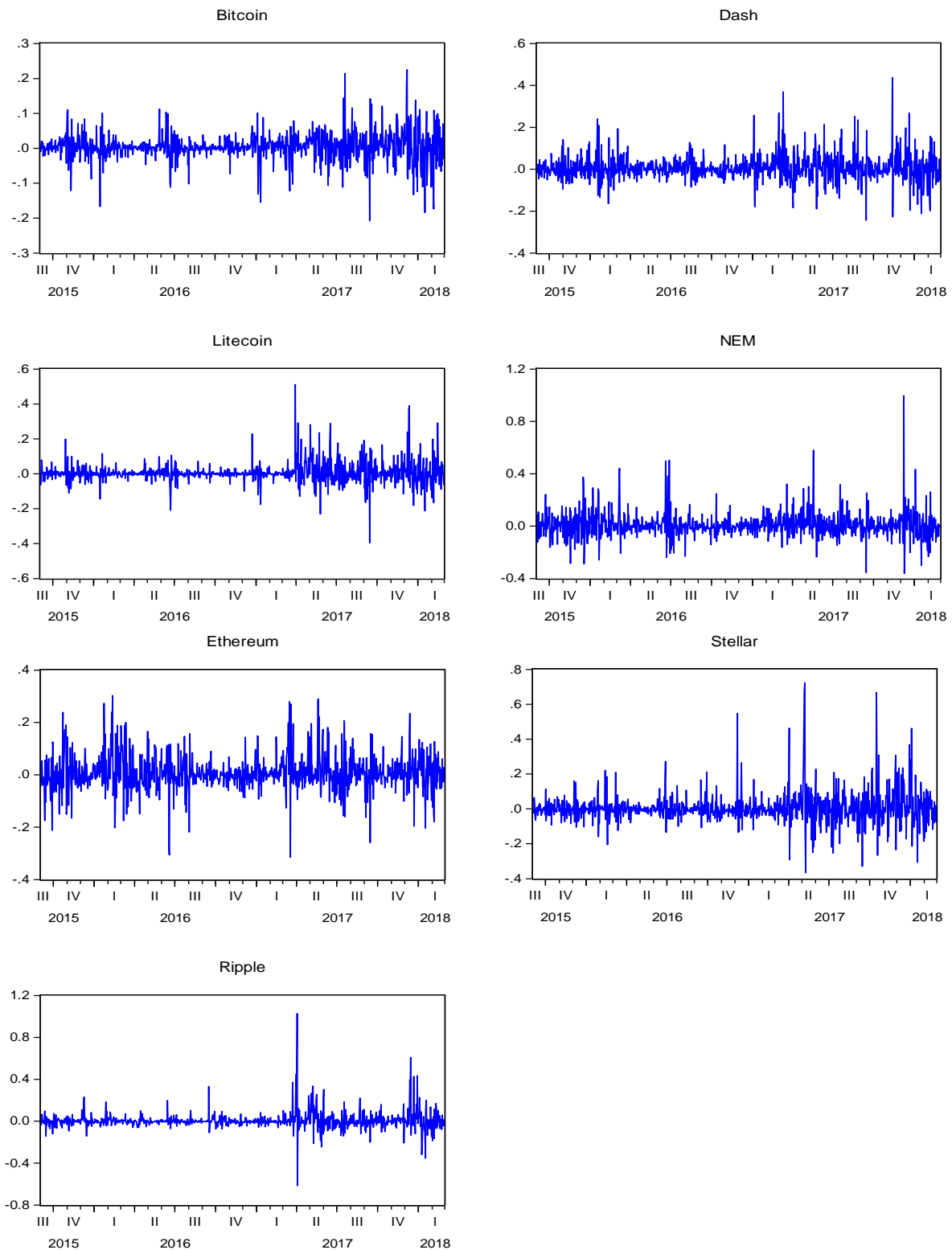
---

<sup>7</sup> BTC = Bitcoin, ETH = Ethereum.



*Alle prisene står i Amerikanske Dollar*

**Figur 6: Prisutvikling i kryptovalutaene – Periode: 01.09.15 – 28.02.18**



**Figur 7: Logaritmiske avkastninger – Periode: 01.09.15 – 28.02.18**

## 4.1 Prisdrivere

Forholdet mellom tilbud og etterspørsel er kanskje det viktigste fundamentet bak økonomisk teori. Tilbud og etterspørsel må være i balanse for å kunne oppnå likevekt. En endring i tilbudssiden eller etterspørselssiden vil føre til en prisendring. I denne delen av kapittelet skal vi se nærmere på prissettingen og hvilke faktorer som driver prisene til kryptovalutaene.

### 4.1.2 Tilbud

Tilbudet til de fleste kryptovalutaer er forutbestemt og kan ikke bli modifisert av statelige myndigheter. For eksempel, vil 25 nye Bitcoins bli generert hver 10. minutt i gjennomsnitt som premie for de som verifiserer transaksjonene. Denne premien blir halvert hvert fjerde år, inntil tilbudet har nådd sitt maksimum som er kalkulert til å bli i år 2140. I likhet med Bitcoin, har Litecoin, Ripple og Dash også et kryptert maksimalt tilbud (se Tabell 2). En kryptovaluta som har et stort eller ubegrenset tilbud, men lite etterspørsel vil ikke oppleve store prisendringer. I motsetning vil en kryptovaluta med lite tilbud og stor etterspørsel oppleve stort prispress som Bitcoin opplevde i 2017. Siden tilbudet for kryptovaluta er fast eller endres deterministisk, vil endringer i prisene være en konsekvens av en endring i etterspørselen (Gandal og Halaburda, 2014).

**Tabell 2: Tilbudsoversikt**

<i>Kryptovaluta</i>	<i>Mynter i sirkulasjon<sup>8</sup></i>	<i>Totalt tilbud<sup>9</sup></i>	<i>Maksimalt tilbud<sup>10</sup></i>
<i>Bitcoin</i>	16 842 800 BTC		21 000 000 BTC
<i>Ethereum</i>	97 384 855 ETH		
<i>Ripple</i>	39 009 215 838 XRP	99 992 725 510 XRP	100 000 000 000 XRP
<i>Stellar</i>	18 431 234 352 XLM	103 649 583 897 XLM	
<i>Litecoin</i>	55 048 608 LTC		84 000 000 LTC
<i>NEM</i>	8 999 999 999 XEM		
<i>Dash</i>	7 995 124 DASH		18 900 000 DASH

Kilde: [www.coinmarketcap.com](http://www.coinmarketcap.com)

<sup>8</sup> Estimat på antall mynter i sirkulasjon i markedet og i offentligheten.

<sup>9</sup> Den totale mengden av mynter som eksisterer for øyeblikket

<sup>10</sup> Estimat på hvor mange mynter som vil noen gang eksistere i løpet av kryptovalutaens levetid

### 4.1.3 Etterspørsel

Kryptovalutaene har de siste årene opplevd enorme svingninger i prisene og for det meste har prisene økt. Figur 1 og 6 viser enorm prisøkning både per kryptovaluta og i den totale markedsverdien for de ulike kryptovalutaene i 2017. Det er flere faktorer som påvirker etterspørselen. Vi skal videre se nærmere på følgende faktorer som påvirker prisene; anonymitet, brukervennlighet, aksept og pengepolitikk.

#### *Anonymitet*

En potensiell etterspørseldriver er graden av anonymitet kryptovaluta gir for å kunne unngå å bli gjenkjent av myndighetene. Dette kan være for å unngå skatt eller for å skjule ulovlige aktiviteter. Regjeringer og sikkerhetsmyndigheter er kritiske til skjulte virtuelle transaksjoner som kan benyttes til å finansiere kriminelle aktiviteter. Identifikasjonsproblemer har ført til mange nye lovgivningsjusteringer og restriksjoner for bruken av kryptovaluta. De individene som ønsker å skjule transaksjonene vil påvirke etterspørselen, ettersom at kryptovaluta tilbyr mulige «skjulesteder» ovenfor myndighetene.

#### *Brukervennlighet*

Det er flere butikker som aksepterer betaling i kryptovaluta, til tross for at kryptovaluta ikke kan klassifiseres som penger (Yermack, 2013). Den store prisvolatiliteten og mangel på detaljhandelstransaksjoner støtter dette argumentet. Flere store selskaper og banker har også implementert teknologien i driften deres. Samfunnets tilpasningsevne er en viktig prisdriver til kryptomarkedet.

#### *Økt aksept*

Etterspørselen øker også på grunn av global aksept av kryptovalutaen. For eksempel fikk handelsplattformen, Coinbase over 100 000 nye brukere i løpet av en dag etter at Chicago Mercantile Exchange (CME) annonserte at de skulle starte med futureskontrakter i Bitcoin (Clements, 2018). Det at et stort selskap som CME aksepterer Bitcoin, øker kredibiliteten og profesjonaliserer kryptovalutaer. Kunder som tidligere var skeptiske mot kryptovaluta kan anse dette som et «grønt lys» og entre markedet.

### *Ustabil pengepolitikk*

En annen etterspørselsfaktor er ustabiliteter i ett lands pengepolitikk. Enkelte investorer, spesielt de som er utenfor stabil pengepolitikk, anser Bitcoin og andre kryptovaluta som en hedge mot volatil lokal valuta. Dette gjelder så lenge land tillater bruken av kryptovaluta (Clements, 2018). Eksempelvis var det stor etterspørsel etter Bitcoin i både Zimbabwe og Venezuela på grunn av sviktende pengepolitikk (Jordheim, 2017; Rands, 2017). I slike land vil behovet for en alternativ betalingsløsning være ettertraktet. Kryptovaluta vil også være høyt etterspurt i land hvor det ikke er like lett å etablere en bankkonto.

## 5 Prissjokk

I kapittel 4 ble drivkreftene i markedet presentert. I dette kapitlet presenteres noen sentrale hendelser som har ført til store prisfall. Hendelsene kategoriseres innenfor systematisk- og usystematisk risiko. Kryptovaluta er ganske nytt og er i skrivende stund i en dragkamp mellom lovreguleringer i ulike land. Nyhetene om lovreguleringer har gitt store utslag på markedet. Frem til midten av desember 2017 opplevde markedet nesten en uhindret vekst, men i ettertid har markedet falt. En blanding av korreksjon<sup>11</sup> og frykt for mulig forbud har gjort at flere har solgt seg ut av sine posisjoner (Hopland, 2018; Bjerknes, 2018). Dette har ført til store prisfall. Det er flere faktorer som spiller inn som en investor må være klar over. I denne delen vil sentrale prisutslagsgivende hendelser bli presentert.

### 5.1 Systematisk risiko - markedsrisiko

#### 5.1.1 Lovreguleringer

I flere tiår har mennesker vært avhengig av en tredjepart for å kunne utføre innenlandske- og internasjonale transaksjoner. Kryptovalutaen har gjort det mulig for oss å utføre transaksjoner raskere, billigere og uten et finansielt mellomledd. Disse egenskapene vil for mange sees som en fantastisk teknologisk utvikling, men problemet er at de fleste kryptovalutaer er desentraliserte. Dette innebærer at det ikke finnes noen sentral myndighet som tilpasser seg nasjonale og internasjonale reguleringer, men av enkeltindivider som er ansvarlig for driften. Kombinasjonen av desentralisering og anonymitet kan gi enkeltindivider en enklere vei til hvitvasking, skatteunngåelse og i verste fall finansiering av kriminalitet eller terrorisme.

Begynnelsen av året 2018 var preget av store fall i kryptomarkedet. Spekulasjoner rundt innstramminger i lovverket har vært noe av grunnen til dette. Nyheten om at den kinesiske regjeringen ville forby handelen i kryptovaluta i hele landet skapte stor frykt i markedet (Hopland, 2018; Bjerknes, 2018). Dette førte til prisfall i markedet. I løpet av 24 timer hadde markedsverdien til Bitcoin, Litecoin, Ripple, Ethereum, Stellar, NEM og Dash falt med nesten \$13milliarder USD. Tabell 3 viser at XPR opplevde det største fallet med 29,76 % etterfulgt av XLM med en nedgang på 26,38 %.

---

<sup>11</sup> Korreksjon er en tilbakegang i markedet som følger av en periode med stor overprising.

**Tabell 3: Prisendringer i perioden 15.01.18 - 16.01.18**

	15.jan.18	16.jan.18	Endring
<i>Bitcoin</i>	\$13 819,800	\$11 490,500	-16,85 %
<i>Ethereum</i>	\$1 291,920	\$1 053,690	-18,44 %
<i>Ripple</i>	\$1,680	\$1,180	-29,76 %
<i>LiteCoin</i>	\$232,770	\$188,330	-19,09 %
<i>NEM</i>	\$1,390	\$1,030	-25,90 %
<i>Stellar</i>	\$0,599	\$0,441	-26,38 %
<i>Dash</i>	\$939,190	\$759,620	-19,12 %
<i>Total markedsverdi</i>	\$461 129 400 000	\$448 136 800 000	\$-12 992 600 000

Reguleringer som den kinesiske myndigheten foretar seg er også utslagsgivende for kryptomarkedet. I september 2017 meldte den kinesiske myndighet forbud mot selskaper å hente penger gjennom krypto-emisjoner(ICO). Myndighetene argumenterte med at flere av ICO-ene har vært svindelforsøk, samt at hele konseptet er en ulovlig finansieringsmåte (Togersen, 2017; Iversen, 2017). I midten av September 2017 beordret kinesiske myndigheter å stenge handelsplattformene i Beijing. Dette tiltaket resulterte i store prisfall i markedet. I løpet av ti dager falt markedsverdien med over \$16 milliarder USD. Tabell 4 viser effekten tiltaket hadde. Denne gangen var det Litecoin og Stellar som opplevde det største prisfallet med henholdsvis -32,37 % og -34,85 %.

**Tabell 4: Prisendringer i perioden 05.09.17 - 15.09.17**

	05.09.2017	15.09.2017	Endring
<i>Bitcoin</i>	\$4 376,530	\$3 637,520	-16,89 %
<i>Ethereum</i>	\$312,990	\$250,460	-19,98 %
<i>Ripple</i>	\$0,215	\$0,181	-15,72 %
<i>Litecoin</i>	\$71,290	\$48,210	-32,37 %
<i>NEM</i>	\$0,286	\$0,212	-26,02 %
<i>Stellar</i>	\$0,019	\$0,012	-34,85 %
<i>Dash</i>	\$327,233	\$284,365	-13,10 %
<i>Total markedsverdi</i>	111 850 700 000	\$95 445 810 000	-16 404 890 000



### 5.1.2 Hacking av handelsplattformene

Noe som er ekstremt vanskelig å forutse er potensielle prissjokk ved internettkriminalitet. Alle handelsplattformene har en innebygget digital lommebok<sup>12</sup> som gjør det mulig å oppbevare kryptovalutaene. Hacking av handelsplattformer kan medføre store tap og er svært utslagsgivende på prisen.

I februar 2014 ble datidens største handelsplattform for Bitcoin, Mt.Gox, hacket og hele 850 000 Bitcoin ble stjålet. Flere kunder mistet Bitcoinene sine og Mt.Gox gikk konkurs (McIntyre & Harjes, 2016). I løpet av februar måneden reduserte markedsverdien i Bitcoin, Ripple og Litecoin med 2,6 milliarder USD og opplevde en prisreduksjon på over 20 % (se tabell 5).

**Tabell 5: Prisendringer i perioden 07.02.14 - 28.02.14**

	<b>07.feb.14</b>	<b>28.feb.14</b>	<b>Endring</b>
<i>Bitcoin</i>	\$712,400	\$549,260	-22,90 %
<i>Ripple</i>	\$0,018	\$0,013	-25,64 %
<i>Litecoin</i>	\$18,540	\$13,230	-28,64 %
<i>Total markedsverdi</i>	\$10 345 419 000	\$7 703 203 000	\$-2 642 216 000

---

<sup>12</sup> Kryptovalutaene kan oppbevares i «hot wallet» som er tilknyttet internett hele døgnet eller i «cold storage» som er en offline løsning.

## 5.2 Usystematisk risiko – selskapsrisiko

### 5.2.1 The Dao Attack

I episoden med Mt.Gox ble hele markedet påvirket av hackingen, men det er også tilfeller hvor internettkriminaliteten kan være en usystematisk risiko. I midten av 2016 ble Ethereum et offer for dette. Gjennom smartkontrakten ble DAO (Decentralized Autonomous Organization) opprettet som et kapitalfond hvor deltakere kunne plassere Ethers<sup>13</sup>. Gjennom DAO kunne medlemmene kollektivt stemme frem prosjekter som trengte kapital og deretter tjene på avkastningen. I ettertid viste det seg at fondet lekket penger til en tredjepart (Mehar et al., 2017)

Dette angrepet fant sted i 17.juni 2016 og i løpet av 48 timer hadde prisen på Ethereum falt med 45 % (se tabell 6). Siden dette angrepet kun befant seg på plattformen til Ethereum ga det ingen store ringvirkninger andre steder i markedet.

**Tabell 6: Prisendringer i perioden 16.06.16 - 18.06.16**

	16.jun.16	18.jun.16	Endring
<i>Bitcoin</i>	\$766,310	\$756,230	-1,32 %
<i>Ethereum</i>	\$20,590	\$11,330	-44,97 %
<i>Ripple</i>	\$0,07	\$0,007	-1,08 %
<i>LiteCoin</i>	\$5,660	\$5,560	-1,77 %
<i>NEM</i>	\$0,002	\$0,003	12,84 %
<i>Stellar</i>	\$0,001	\$0,002	2,09 %
<i>Dash</i>	\$8,590	\$8,160	-4,77 %
<i>Total markedsverdi</i>	\$12 902 348 200	\$13 497 576 400	\$595 228 200

<sup>13</sup> Er en form for betalingsmiddel i Ethereum plattformen

## 6 Deskriptiv statistikk og korrelasjonsanalyse

Frem til nå har vi studert prisbevegelsene i markedet og sett hvordan markedet fungerer. I dette kapitlet skal prisdataene analyseres videre ved å benytte analyseverktøyet deskriptiv statistikk og korrelasjon.

### 6.1 Deskriptiv statistikk

En analyse av den deskriptive statistikken kan gi oss god forståelse for prisdynamikken i kryptomarkedet. Jeg benytter logaritmiske avkastninger for å analysere de daglige prisdataene. Logaritmiske avkastninger er mye brukt i akademisk finanslitteratur og er antatt å være stasjonære (Brooks, 2008).

**Tabell 7: Deskriptiv statistikk**

<i>Kryptovaluta</i>	<b>Gj.snitt</b>	<b>Std.avvik</b>	<b>Kurstosis</b>	<b>Skjevhet</b>	<b>Min</b>	<b>Max</b>	<b>Antall</b>
Bitcoin	0,004	0,041	5,019	-0,166	-0,208	0,225	911
Ethereum	0,007	0,070	3,223	0,270	-0,315	0,303	911
Ripple	0,005	0,082	38,059	3,102	-0,616	1,027	911
LiteCoin	0,005	0,060	13,581	1,472	-0,395	0,510	911
NEM	0,009	0,098	15,505	1,986	-0,361	0,996	911
Stellar	0,005	0,091	14,451	2,095	-0,366	0,723	911
Dash	0,006	0,062	6,269	0,961	-0,243	0,438	911

Det er ingen hemmelighet at det foreligger ekstremt mye risiko i kryptovalutamarkedet. Dette kan vi også se ved å analysere den deskriptive statistikken. Tabell 7 er utredet ved å bruke analyseverktøyet i Excel. Excel bruker Fischer kurtose, som er lik 0 ved normalfordeling. Alle de rapporterte kurtoseverdiene er positive hvor Ripple har den høyeste verdien. Høy kurtose indikerer fete haler og betyr at flere observasjoner finnes i ytterpunktene som gir større sannsynlighet for ekstreme hendelser. Det er kun Bitcoin som har negativ skjevhet i utvalgsperioden. For en investor vil dette bety større sannsynlighet for tap. Ethereum, Ripple, Litecoin, NEM, Stellar og Dash har positiv skjevhet, noe som tilsier flere observasjoner i høyere hale og økt sannsynlighet for større avkastning.

Den årlige avkastningen og volatiliteten er høy i utvalgsperioden. Det er en stor økning i både risiko og avkastning fra 2016 til 2017. Dette kommer av at investeringen i kryptovaluta virkelig tok fart i 2017. Ripple gikk fra å ha en årlig avkastning på 6,37% i 2016 til hele 573,18% i 2017. I løpet av hele utvalgsperioden har Bitcoin lavest avkastning etterfulgt av Litecoin, mens NEM har den høyeste avkastningen og risikoen (Se tabell 8).

**Tabell 8: Avkastning og volatilitet**

<i>Kryptovaluta</i>	<b>2016</b>		<b>2017</b>		<b>Hele perioden</b>	
	Avkastning	Volatilitet	Avkastning	Volatilitet	Avkastning	Volatilitet
<i>Bitcoin</i>	78,37 %	47,64 %	262,08 %	93,02 %	149,26 %	77,02 %
<i>Ethereum</i>	208,59 %	127,91 %	444,10 %	132,69 %	252,10 %	132,14 %
<i>Ripple</i>	6,37 %	65,94 %	573,18 %	211,72 %	185,68 %	154,23 %
<i>Litecoin</i>	21,26 %	56,20 %	388,34 %	151,59 %	167,10 %	114,01 %
<i>NEM</i>	310,51 %	162,92 %	549,65 %	194,60 %	324,29 %	184,22 %
<i>Stellar</i>	33,42 %	113,61 %	486,15 %	224,25 %	192,30 %	172,02 %
<i>Dash</i>	119,84 %	83,19 %	442,94 %	144,67 %	212,51 %	116,89 %

## 6.2 Korrelasjonsanalyse

Korrelasjon er et statistisk mål som forteller hvordan to aktiva beveger seg i forhold til hverandre. Den viser om det er positiv eller negativ sammenheng mellom aktivaene. Perfekt korrelasjon oppstår når testresultatet er 1, i motsatt tilfellet vil -1 bety at aktivaene har et perfekt-inverst forhold. Hvis testresultatet er 0, betyr det at variablene ikke har noen sammenheng og at man til en viss grad kan diversifisere risikoen ved å lage en portefølje.

**Tabell 9: Korrelasjonskoeffisienter i hele utvalgsperioden**

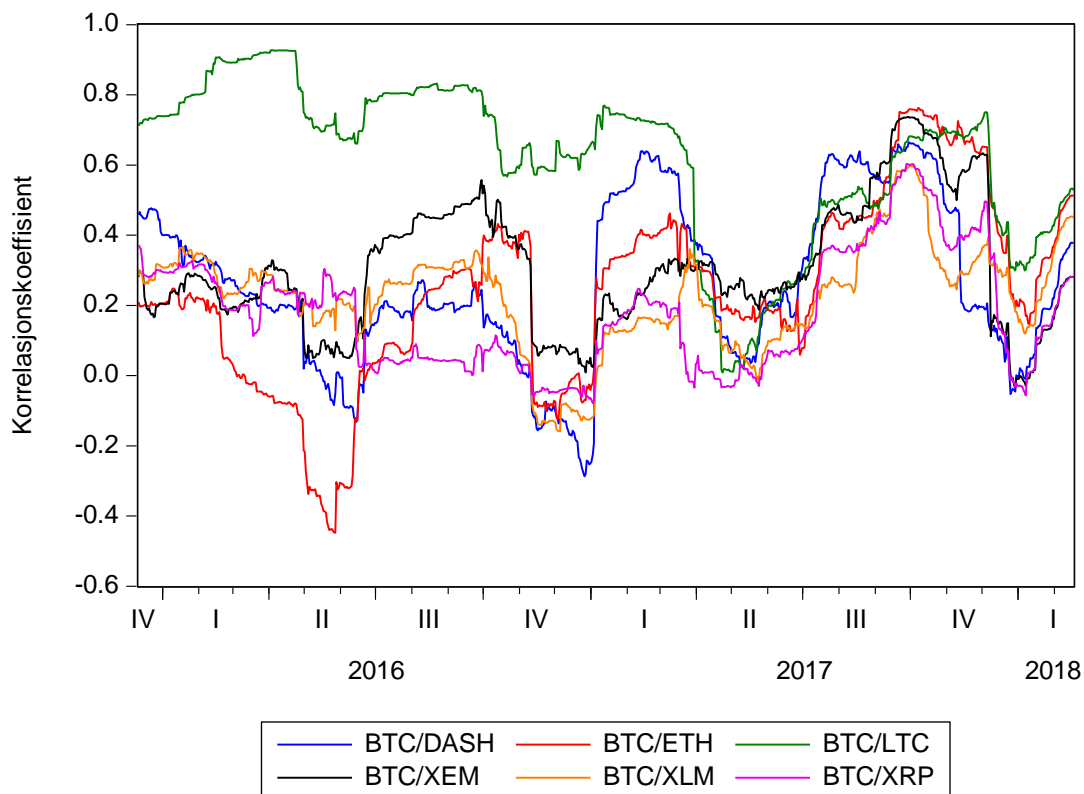
	<i>Bitcoin</i>	<i>Ethereum</i>	<i>Ripple</i>	<i>Litecoin</i>	<i>NEM</i>	<i>Stellar</i>	<i>Dash</i>
<i>Bitcoin</i>	1,00						
<i>Ethereum</i>	0,31	1,00					
<i>Ripple</i>	0,22	0,17	1,00				
<i>Litecoin</i>	0,54	0,29	0,28	1,00			
<i>NEM</i>	0,32	0,22	0,23	0,32	1,00		
<i>Stellar</i>	0,28	0,22	0,52	0,32	0,35	1,00	
<i>Dash</i>	0,37	0,31	0,15	0,34	0,27	0,21	1,00

Fra tabell 9 ser vi korrelasjonskoeffisientene mellom de ulike kryptovalutaene.

Korrelasjonskoeffisientene ligger mellom 0,15 på det laveste og 0,54 på det høyeste. Den største kryptovalutaen Bitcoin, er mest korrelert med Litecoin med en korrelasjonskoeffisient på 0,54. Ripple og Stellar har også en korrelasjonskoeffisient på 0,52. Den relativ høye korrelasjonen kan skyldes teknologiske- og funksjonsmessige likheter (se kapittel 1). Vi ser også at alle korrelasjonskoeffisientene er positivt korrelert. Dette indikerer at det ikke er et inverst forhold og at markedet med stor sannsynlighet beveger seg i samme retning.

### 6.2.1 Rullende korrelasjon

Det er også verdt å merke seg at korrelasjonen mellom kryptovalutaene ikke er konstante over tid og at det til og med har vært inverse i enkelte perioder. Figur 8 viser den rullende korrelasjonen med et vindu på 100 dager. Korrelasjonskoeffisienten BTC/ETH har fluktuert mest i løpet av utvalgsperioden. Det store fallet i korrelasjonen kom som følge av DAO-angrepet som ble forklart i delkapittel 5.2.1. Fra og med andre halvdel av 2017 økte korrelasjonen til kryptovalutaene og Bitcoin. Den stadig økende korrelasjonen kan forklares med at kryptovaluta ble svært populært de siste månedene av 2017 og folk startet å investere stort i ulike kryptovalutaer.



**Figur 8: 100-dagers rullende korrelasjoner**

Videre ser vi at korrelasjonskoeffisientene mot Bitcoins falt i desember 2017, som indikerer at de ulike kryptovalutaene reagerer ulikt ved eksponering for markedsrisiko.

Korrelasjonskoeffisienten BTC/XRP har historisk sett vært lavt. Til tross for å være basert på blokkjedeteknologi, så har disse to helt ulike funksjoner. Bitcoin er en digital valuta, mens Ripple ønsker å effektivisere transaksjonene mellom bankene. Disse ulikhetene gir utslag på hvem som investerer i de ulike kryptovalutaene. En annen forklaring er at Ripple har flere legitime banker som samarbeidspartnere og kan dermed være mindre eksponert for skepsisen i markedet. I januar 2018 falt korrelasjonskoeffisienten til BTC/XRP til 0, som betyr at det ikke fantes noen sammenheng (i løpet av de siste hundre dagene) mellom avkastningene i løpet av denne perioden.

### 6.3 Korrelasjon vs. Kointegrasjon

Korrelasjon og kointegrasjon er ganske like, men er to ulike konsepter. Høy korrelasjon vil nødvendigvis ikke bety høy kointegrasjon og høy kointegrasjon betyr nødvendigvis ikke høy korrelasjon. Dette vil si at høy korrelasjon kan forekomme når det er høy kointegrasjon og når det er lav kointegrasjon. Korrelasjon forteller oss ingenting om den langsiktige adferden mellom to variabler. Korrelasjonen viser samvariasjonen i avkastningene og er utsatt for ustabilitet over tid. Avkastningene har ingen «hukommelse» av en trend, dermed egner den seg i utgangspunktet til kortsiktige målinger (Alexander, 2008). På bakgrunn av dette trenger porteføljer basert på korrelasjonsmatriser å rebalanseres oftere ettersom at analyseverktøyet fanger opp kortsiktige sammenhenger og vil dermed gi momentane implikasjoner.

Siden korrelasjon ikke forteller noe om den langsiktige adferden, er det behov for å utvide standard risiko-avkastning modellering for å ta i betraktning de langsiktige trendene i prisene. Det er dette kointegrasjon sørger for. Kointegrasjon beregner langsiktig samvariasjon i prisene, og disse kan også forekomme i perioder med lav korrelasjon. Dermed vil en portefølje basert på kointegrasjonsanalyse være mer robust på lang sikt (Alexander, 2008).

## 7 Metode for kointegrasjons- og kausalitetsanalyse

### 7.1 Test for stasjonærhet

Økonomiske tidsserier er kjent for å være ustabile eller ikke-stasjonære over tid. Dette innebærer at data i tidsserien ikke har stabile statistiske egenskaper som konstant varians og gjennomsnitt (Brooks, 2008). En sentral forutsetning for å gjennomføre en kointegrasjonsanalyse er at tidsserien er integrert i første grad  $I(1)$ . Dette kan avdekkes ved å benytte Augmented Dickey-Fuller-test, hvor nullhypotesen er ikke-stasjonærhet. Ved å forkaste nullhypotesen kan man konkludere med at tidsserien er stasjonær.

#### 7.1.1 Augmented Dickey-Fuller test

Utgangspunktet for Dickey-Fuller(DF) test er den autoregressive modellen (AR(1))

$$Y_t = pY_{t-1} + e_t, t = 1, 2, \dots,$$

Hensikten er å teste om  $p = 1$ , mot en alternativhypotese  $p < 1$ . For å differensiere ligningen ovenfor må man trekke fra  $y_{t-1}$  fra begge sider og vi får følgende ligning:

$$Y_t - Y_{t-1} = pY_{t-1} - Y_{t-1} + e_t$$

Dette kan forenkles til:

$$\Delta Y_t = \psi Y_{t-1} + e_t$$

Hvor  $\psi = (p - 1)$  og  $e_t$  antas å være hvit støy. Her er det viktig å understreke at t-statistikken ikke har en standard normalfordeling og at det benyttes andre kritiske verdier<sup>14</sup>. I tilfelle hvor variablene er autoregressive av høyere orden enn 1, må en Augmented Dickey-Fuller(ADF) test benyttes. Dette er for å redusere risikoen for feilaktig forkastelse av en korrekt nullhypotese. I denne oppgaven benytter jeg en ADF-test. I likhet med DF-test er utførelsen den samme, slik at testobservatorene, hypotesene og de kritiske verdiene er likt som tidligere.

---

<sup>14</sup> De kritiske verdiene for 5 % og 1 % konfidensnivå er henholdsvis -2,86 og -3,43 (Dickey og Fuller, 1979)



Formelen for ADF test skrives som:

$$\Delta y_t = \psi y_{t-1} + \sum_{i=1}^p a_i \Delta y_{t-1} + u_t$$

Antall etterslep eller «lags» i  $\Delta y_t$  absorberer tilstedeværelsen av dynamisk struktur i den avhengige variabelen. Dette er for å sikre at det ikke er autokorrelasjon i  $u_t$ . Dersom prisserien har enhetsrot på nivåform og ikke i førstedifferanse er variablene integrerte av orden I(1). Valg av optimalt antall lags kan ifølge Brooks (2008) gjøres på to måter:

- 1) Frekvensen av data avgjør antall lags.
  - Månedlig data = 12 lags, kvartalsvis data = 4 lags.
- 2) Bruke informasjonskriterier
  - AIC, BIC, HQ.

To av de mest populære informasjonskriteriene er Bayes og Akaike Information Criterion (BIC og AIC). Disse kan skrives som:

$$AIC = \ln(\hat{\sigma}^2) + \frac{2k}{T}$$
$$BIC = \ln(\sigma^2) + \frac{k}{T}(\ln T)$$

Hvor  $\hat{\sigma}^2$  er variansen til residualene,  $k$  er antall estimerte parametere og  $T$  er antall observasjoner (Brooks, 2008). BIC er mer konservative ved at den straffer avanserte modeller som inneholder flere parametere. Dermed vil BIC foreslå færre lags enn AIC. Når hensikten er å lage en prognose anbefaler empirisk teori å benytte BIC, men for modellering kan det være bedre å bruke AIC (Bjørnland & Thorsrud, 2015). På bakgrunn av dette vil jeg benytte Akaike informasjonskriteriet i analysen.

## 7.2 Test for kointegrasjon

Det finnes mange tidsserier som er ikke-stasjonære, men beveger seg likt over tid. I et slikt tilfelle eksisterer det noen felles påvirkningsfaktorer, som impliserer at tidsseriene er bundet av et langsiktig likevektsforhold. Arbeidet med kointegrasjonsanalyse i tidsserie og økonometri går tilbake til Engle og Granger (1987) og Johansen og Juselius (1990). Denne oppgaven vil benytte seg av begge kointegrasjonsanalysene og disse vil bli gjennomgått videre i dette kapittelet.

### 7.2.1 Kointegrasjon: Johansensmetoden

Johansens-kointegrasjonsanalyse brukes til å identifisere kointegrasjonsligninger i ikke-stasjonære tidsserier. Modellen brukes til å avdekke antall kointegrasjonsligninger som eksisterer i systemet (Brooks, 2008).

Johansens-kointegrasjonsanalyse er basert på en vektor autoregressiv modell (VAR-modell). En VAR-modell er en regresjonsmodell for et system hvor det er flere enn en avhengig variabel. Hver variabel danner en regresjon som er en kombinasjon av dens egen lag og laggede verdi av andre variabler fra systemet. En VAR med k lags kan formuleres som:

$$y_t = \beta_1 y_{t-1} + \beta_2 y_{t-2} + \dots + \beta_k y_{t-k} + u_t$$

$g \times 1 \quad g \times g \quad g \times 1 \quad g \times g \quad g \times 1 \quad g \times g \quad g \times 1 \quad g \times 1$

For å benytte Johansenstesten må VAR-modellen transformeres til en vektorfeilkorreksjonsmodell (VECM<sup>15</sup>).

$$\Delta y_t = \Pi y_{t-k} + \Gamma_1 \Delta y_{t-1} + \Gamma_2 \Delta y_{t-2} + \dots + \Gamma_k \Delta y_{t-(k-1)} + u_t$$

Hvor  $\Pi = (\sum_{i=1}^k \beta_i) - I_g$  og  $\Gamma = (\sum_{j=1}^i \beta_j) - I_g$

Her er g antall variabler, k-1 lags av den avhengige variabelen,  $\Pi$  den langsiktige koeffisient matrisen og  $\Gamma$  er koeffisient matrisen for hver lagget verdi (Brooks, 2008).

VECM er estimert ved å bruke Maximum Likelihood estimeringsprosess, ikke OLS estimering som Engle-Granger metoden.

<sup>15</sup> Vector Error Correction Model på engelsk

Det er to teststatistikker for kointegrasjon under Johansen metoden, som formuleres som:

### 1. Trace Test

$$\lambda_{trace}(r) = -T \sum_{i=r+1}^g \ln(1 - \hat{\lambda}_i)$$

Her er nullhypotesen at antall kointegrerte ligninger er mindre enn eller lik  $r$  mot alternativ hypotese med flere enn  $r$  kointegrerte ligninger.

### 2. Maximum Eigenvalue test

$$\lambda_{max}(r, r + 1) = -T \ln(1 - \hat{\lambda}_{r+1})$$

Her er nullhypotesen om eksakt  $r$  kointegrerte likninger er testet mot alternativ hypotese med  $r + 1$  kointegrerte ligninger.

$r$  er antall kointegrerte likninger,  $\hat{\lambda}_i$  er den estimerte eigenverdien av ordre  $i$  fra  $\Pi$  matrisen og  $T$  er antall observasjoner. Hvis teststatistikken er høyere enn tilhørende kritisk verdi, forkastes nullhypotesen.

### 7.2.2 Kointegrasjon: Engle-Granger metoden

Engle og Granger (1987) foreslo at en kointegrasjonstest kunne gjennomføres ved å estimere en regresjonsligning ved OLS mellom to variabler for å estimere hvorvidt det eksisterer en langsiktig kointegrasjonsforhold.

Den kointegrerte regresjonen kan kun estimeres dersom alle de individuelle variablene er I(1). Dette gjøres ved å benytte seg av ADF-metoden. Deretter estimeres forholdet mellom variablene ved OLS-regresjon:

$$y_t = \beta x_t + u_t$$

Her ønsker man å lagre residualene av den kointegrerte regresjonsligningen, altså  $u_t$ . Videre må man kontrollere om residualene er I(0) og deretter utfører man en ADF-test på residualene som ble funnet og tester for følgende hypoteser:

$H_0$ : Eksisterer enhetsrot – ikke stasjonært => Ikke-kointegrert

$H_A$ : Ingen enhetsrot – Stasjonær => Kointegrert

Forkastelse av nullhypotesen indikerer at feilleddet er stasjonært og at variablene er kointegrerte. Her er det viktig å påpeke at det må benyttes andre kritiske verdier, ettersom feilleddet er estimert. Ved å bruke opprinnelige kritiske verdier gitt av ADF-testen vil man risikere å forkaste nullhypotesen for ofte. Dette betyr at de kritiske verdiene i Engle-Granger metoden er høyere enn vanlig ADF-test. Engle og Yoo (1987) lagde et nytt sett med kritiske verdier som er større i absolutte verdier enn de kritiske verdiene i DF-testen. Se vedlegg 1.

I likhet med de fleste modeller finnes det flere ulemper ved å benytte Engle-Granger-2-steps metoden. For det første gir Engle-Granger svake svar, ettersom at ADF-testen er svak og benyttes på regresjonsresidualene. For det andre er resultatet påvirket av valg av avhengig variabel og man kan kun estimere opp til en kointegrert likning. Ved bruk av flere variabler kan det eksistere n-1 kointegrerte vektorer i et system (Alexander, 2008).

## 7.3 Test for kausalitet

### 7.3.1 Granger-kausaltetsanalyse

Kointegrasjonstester identifiserer langsiktige sammenhenger mellom variabler. I tilfeller hvor kointegrasjon ikke blir avdekket, kan man benytte Granger-kausaltetsanalyse for å identifisere kortsiktige sammenhenger. Granger-kausaltet blir anvendt for å kunne identifisere disse statistisk-kortsiktige årsakssammenhenger mellom variablene.

For små datasett er det normalt å benytte VAR-modellen, men Granger (1988) argumenterte at dersom det eksisterer kointegrasjon blant variablene, må det eksistere en kortsiktig og langsiktig kausalitet som ikke oppdages ved å bruke en standard VAR-modell. I slike tilfeller implementerer man Granger-Kausalitetstest basert på VECM.

VECM Granger-kausaltetstest er basert på en kji-kvadrat-test som identifiserer om en endring i en variabel fører til en endring i en annen variabel. En variabel X «Granger-forårsaker» Y, dersom en tidligere verdi av X kan brukes til å predikere Y. Nullhypotesen og alternativ hypotese i en slik test kan defineres på følgende måte:

$$H_0: a_1 = \dots = a_p = 0$$

$$H_A: \text{Minst en } a_j \neq 0$$

Ved å forkaste  $H_0$  kan vi konkludere med at X «Granger-forårsaker» Y. Det skilles gjerne mellom ensidig- og tosidig kausalitet. Hvor en ensidig kausalitet indikerer en kortsiktig årsakssammenheng en vei, mens tosidig kausalitet<sup>16</sup> indikerer kausalitet i begge retninger (Brooks, 2008). EViews benytter kji-kvadrat som testobservator for VECM Granger-kausaltet med  $p$  frihetsgrader, hvor  $p$  er optimalt antall lags for modellen (Hamilton, 1994).

---

<sup>16</sup> At X «Granger-forårsaker» Y og Y «Granger-forårsaker» X

## 8 Kointegrasjons- og kausalitetsanalyse

I dette kapittelet skal metodene som har blitt forklart i kapittel 7 benyttes for å besvare problemstillingen. Nå er det slik at variablene tilhører samme marked og dermed er det forventet at flere av kryptovalutaene er kointegrerte.

I første del vil jeg analysere hele perioden under ett. Deretter vil jeg analysere prisserien fra 01.01.17 til 28.02.18 (periode 2). Hensikten med dette er å utelukke perioden med lite aktivitet.

### 8.1 Analyse av hele perioden

#### 8.1.1 Augmented Dickey-Fuller test

I kapittel 7 ble viktigheten av å benytte stasjonære tidsserier redegjort, samt hvilke orden variablene er integrert av. Figur 6 og 7 indikerer at prisdataben er ikke-stasjonære på nivåform og stasjonært i førstedifferanse (logaritmisk). For å konstatere funnene vil jeg gjøre en ADF-test på både nivåform og i førstedifferanse.

Tabell 10 viser resultatet fra ADF-testen for de utvalgte kryptovalutaene på nivåform.

Optimal laglengde har blitt valgt med utgangspunkt i Akaike Information Criterion (AIC).

Jeg har benyttet meg av standardinnstillingene på EViews til å velge antall lags. Kritisk verdi for denne testen er -3,43, -2,86 og -2,57 for henholdsvis 1 %, 5 % og 10 % signifikansnivå.

Ved å sammenligne T- statistikken med kritisk verdi finner vi at Bitcoin, Litecoin, Ethereum, Ripple og Stellar har en enhetsrot, dermed ikke-stasjonære.

**Tabell 10: ADF-test på prisnivå - Hele perioden**

<i>Kryptovaluta</i>	<b>Lags (AIC)</b>	<b>T-statestikk</b>	<b>P-verdi</b>
<i>Bitcoin</i>	20	-0,966	0,767
<i>Litecoin</i>	19	-0,783	0,823
<i>Ethereum</i>	20	-0,700	0,845
<i>Ripple</i>	18	-2,516	0,112
<i>NEM</i>	17	-2,890	0,047
<i>Stellar</i>	19	-1,007	0,752
<i>Dash</i>	20	-1,930	0,318

Resultatet viser at NEM er stasjonær på nivåform og dermed vil man i prinsippet ikke kunne benytte seg av denne videre i analysen. For å kontrollere dette har jeg utført Phillips-Perron enhetsrottest og ADF basert på BIC kriteriet og kommer frem til at tidsserien er ikke-stasjonær på nivåform. Dermed forutsetter jeg at NEM er ikke-stasjonær på nivåform og benytter denne videre i analysearbeidet.

Videre ser vi i Tabell 11 at tidsseriene er stasjonære i førstedifferanse, altså de er integrerte i orden 1 I(1). Ved å sammenligne t-statistikken med kritiske verdier kan man kontrollere om det er en enhetsrot. Hvis t-statistikken er lavere enn kritisk verdi, kan man forkaste nullhypotesen om at tidsserien er ikke-stasjonær og konkludere med at tidsserien er stasjonære. Her kommer det frem at kryptovalutaene er integrerte i første orden og dermed kan vi benytte variablene videre til å teste for kointegrasjon.

**Tabell 11: ADF-test i første differanse - Hele perioden**

<i>Kryptovaluta</i>	Lags (AIC)	T-statistikk	P-verdi
<i>Bitcoin</i>	19	-5,422	0,000
<i>Litecoin</i>	18	-6,473	0,000
<i>Ethereum</i>	20	-4,774	0,000
<i>Ripple</i>	20	-6,109	0,000
<i>NEM</i>	16	-5,217	0,000
<i>Stellar</i>	20	-6,392	0,000
<i>Dash</i>	20	3,855	0,003

### 8.1.2 Johansens-kointegrasjonsanalyse

Johansens-kointegrasjonstest ble utført på variablene Bitcoin, Litecoin, Ethereum, Ripple, NEM, Stellar og Dash. Dette har blitt gjort ved å bruke analyseverktøyet EViews (Se vedlegg 4). Her har jeg benyttet meg av ikke-stasjonære tidsserier, altså prisdata på nivåform. I kapittel 7 ble det forklart at Johansens-kointegrasjonstest er sensitiv til valg av antall lags. Jeg har benyttet meg av AIC da denne er bedre til å modellere data. Basert på datastørrelse og antall variabler ble det funnet at optimal laglengde for analysen er 3 lags (se vedlegg 2).

**Tabell 12: Johansens-kointegrasjonsanalyse - Tracetest – Hele perioden**

<i>Nullhypotese</i>	Trace-statistikk	Kritisk verdi	P-verdi
<i>Ingen*</i>	693,474	125,615	0,000
<i>Opp til 1*</i>	421,842	95,754	0,000
<i>Opp til 2*</i>	254,192	69,819	0,000
<i>Opp til 3*</i>	132,421	47,856	0,000
<i>Opp til 4*</i>	45,806	29,797	0,000
<i>Opp til 5</i>	14,115	15,495	0,080
<i>Opp til 6</i>	1,370	3,841	0,242

\*Indikerer forkastelse av nullhypotese  
5% signifikansnivå

Nullhypotesen er definert på venstre side i tabell 12. Disse blir vurdert ved å sammenligne trace-statistikken med kritisk verdi. Høy trace-statistikk i forhold til kritisk verdi fører til forkastelse av nullhypotesen. Første nullhypotese er ingen kointegrasjon i systemet. Denne



blir forkastet da trace-statistikken er 693,4739 mot kritisk verdi på 125,6154. Dette betyr at det finnes en eller flere kointegrerte ligninger blant kryptovalutaene. Resultatet fra analysen viser at vi kan forkaste nullhypotesen opp til 4 kointegrerte likninger og konkludere med at tracetesten gir fem kointegrerte ligninger i systemet. Dette betyr at det finnes fem lineære kombinasjoner mellom variablene som fører til at kryptovalutaene har et forhold til hverandre i utvalgsperioden, til tross for potensielle avvik fra likevektsnivåer på kort sikt.

For å kontrollere resultatet som har blitt funnet fra tracetesten gjennomføres det en maximum-eigenvaluetest som er illustrert i tabell 13.

**Tabell 13: Johansens-kointegrasjonsanalyse – Maximum-eigenvaluetest - Hele perioden**

<i>Nullhypotese</i>	<b>Max-Eigen statistikk</b>	<b>Kritisk verdi</b>	<b>P-verdi</b>
<i>Ingen*</i>	271,632	46,231	0,000
<i>Opp til 1*</i>	167,650	40,078	0,000
<i>Opp til 2*</i>	121,771	33,877	0,000
<i>Opp til 3*</i>	86,615	27,584	0,000
<i>Opp til 4*</i>	31,690	21,132	0,001
<i>Opp til 5</i>	12,746	14,265	0,086
<i>Opp til 6</i>	1,370	3,841	0,242

*\*Indikerer forkastelse av nullhypotese  
5% signifikansnivå*

Maximum-eigenvaluetesten viser også at det finnes fem kointegrerte ligninger på 5% signifikansnivå og bekrefter funnene fra tracetesten. Dermed kan vi konkludere med at det finnes kointegrerte forhold i utvalgsperioden.

Noe av ulempen med Johansens multivariate analyse er at den ikke viser hvilke variabler som er kointegrerte eller ikke. Derfor vil det være interessant å gjøre en bivariat kointegrasjonsanalyse for å få en bedre forståelse på prisrelasjonene mellom variablene. Engle-Granger kointegrasjonsanalyse vil bli benyttet for å avklare de parvise kointegrasjonsrelasjonene.

### 8.1.3 Engle-Granger kointegrasjonsanalyse

I denne analysen vil det bli utført en parvis test av kryptovalutaene. Her er hensikten å teste om regresjonsresidualene til den lineære kombinasjonen til to kryptovalutaer er stasjonære. Kryptovalutaene er kointegrerte hvis residualene er stasjonære, dette betyr at variablene deler en felles langsiktig stokastisk trend. De syv kryptovalutaene tilsier totalt 21 par. Tabell 14 illustrerer resultatet fra Engle-Granger testen, hvor førstnevnte variabel er den avhengige variabelen, mens den siste er den uavhengige variabelen.

**Tabell 14: Engle-Granger kointegrasjonsanalyse – Hele perioden**

	Lags (AIC)	T-statistikk	Resultat
<i>Bitcoin- Dash</i>	20	-5,081	Kointegrert
<i>Bitcoin- Ethereum</i>	19	-4,566	Kointegrert
<i>Bitcoin - Ripple</i>	20	-3,933	Kointegrert
<i>Bitcoin - Litecoin</i>	19	<b>-2,956</b>	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin - Stellar</i>	19	-3,453	Kointegrert
<i>Bitcoin – NEM</i>	17	-5,202	Kointegrert
<i>Ethereum - Dash</i>	17	-4,454	Kointegrert
<i>Ethereum - Ripple</i>	20	-3,868	Kointegrert
<i>Ethereum - Litecoin</i>	20	-6,827	Kointegrert
<i>Ethereum - Stellar</i>	17	<b>-1,878</b>	Ingen kointegrasjon
<i>Ethereum - NEM</i>	17	-4,414	Kointegrert
<i>Ripple – Dash</i>	20	-5,096	Kointegrert
<i>Ripple – NEM</i>	17	-5,667	Kointegrert
<i>Ripple - Stellar</i>	20	-4,851	Kointegrert
<i>Ripple - Litecoin</i>	19	-5,456	Kointegrert
<i>Litecoin - Dash</i>	20	<b>-3,172</b>	Ingen kointegrasjon
<i>Litecoin - NEM</i>	16	-3,415	Kointegrert
<i>Litecoin - Stellar</i>	16	-4,583	Kointegrert
<i>Stellar – Dash</i>	19	<b>-2,745</b>	Ingen kointegrasjon
<i>Stellar – NEM</i>	20	<b>-0,934</b>	Ingen kointegrasjon
<i>NEM - Dash</i>	18	-4,915	Kointegrert

Resultatet er basert på 5% signifikansnivå

De kritiske verdiene for Engle-Granger testen er -3,921, -3,350 og -3,054 for henholdsvis 1 %, 5 % og 10 % signifikansnivå. Disse finnes i vedlegg 1. Som nevnt i delkapittel 7.2.2 er nullhypotesen at residualene er ikke-stasjonære. Tabell 14 viser at residualene mellom enkelte kryptovalutaer har enhetsrot, noe som indikerer at residualene er ikke-stasjonære og det konkluderes med at variablene er ikke-kointegrerte.

Stellar er variabelen som har flest ikke-kointegrerte forhold. Testen viser at forholdet mellom Stellar-Ethereum, Stellar-Dash og Stellar-NEM er ikke-kointegrerte. For en investor vil det være optimalt å lage en portefølje bestående av aktiva som ikke følger en langsiktig trend. Tankegangen her er at aktivaene ikke nødvendigvis vil bevege seg likt og dermed vil en nedgang i en kryptovaluta bli delvis/helt kansellert av en oppgang i en annen kryptovaluta.

Kointegrasjonsforholdet til Bitcoin og Litecoin er noe uforventet. Spesielt med tanke på at disse er ganske like, men ved å studere de rullende korrelasjonen ser vi at prisrelasjonene har blitt svekket det siste året.

#### **8.1.4 Vektor-feilkorrigeringsmodell – Granger-kausaltetsanalyse**

Analysen avdekker om det eksisterer kortsiktige relasjoner mellom kryptovalutaene. Testen er basert på en VECM og gjennomføres ved å ha en avhengig variabel og seks uavhengige variabler. Kointegrasjon blant variablene indikerer Granger-kausaltet i minst en retning, men den indikerer ikke i hvilken retning variablene er kausale.

Granger-kausaltetstest forutsetter at variablene er stasjonære og derfor benyttes logaritmisk førstedifferanse. Den kortsiktede kausale effekten finner man ved å utføre en  $k$ -kvadrat-test på laggede eksogene variabler. Det er viktig å understreke at Granger-kausaltet er et rent statistisk konsept og dermed kan det være en del usikkerhet i resultatene. Testen avdekker ikke om variablene har en årsakssammenheng, men at det foreligger informasjon i tidsserien til variabel  $X$  som kan brukes til å forklare prisendringen i variabel  $Y$ .

For å gjennomføre VECM Granger-kausaltetstest på EViews er det nødvendig å definere antall kointegrerte ligninger og antall lags. Antall lags for denne testen er tre (basert på AIC) og fem kointegrerte ligninger som ble funnet ved å bruke Johansens-kointegrasjonstest. Resultatet fra testen er presentert i tabell 15.

**Tabell 15: VECM Granger-kausaltet – Hele perioden**

<i>Avhengig</i>		<b>Bitcoin</b>	<b>Dash</b>	<b>Ethereum</b>	<b>Litecoin</b>	<b>NEM</b>	<b>Ripple</b>	<b>Stellar</b>
<i>Variabel</i>								
<i>Bitcoin</i>	Kji-kv.		10,445	0,319	3,467	1,634	11,274	4,852
	<i>P-verdi</i>		0,015*	0,956	0,325	0,651	0,010*	0,182
<i>Dash</i>	Kji-kv.	1,481		29,776	13,248	10,112	3,629	5,829
	<i>P-verdi</i>	0,686		0,000*	0,004*	0,017*	0,304	0,120
<i>Ethereum</i>	Kji-kv.	10,122	2,201		9,327	23,761	15,049	4,929
	<i>P-verdi</i>	0,017*	0,531		0,025*	0,000*	0,002*	0,177
<i>Litecoin</i>	Kji-kv.	2,600	27,769	0,456		5,095	31,218	7,901
	<i>P-verdi</i>	0,457	0,000*	0,928		0,164	0,000*	0,048*
<i>NEM</i>	Kji-kv.	8,783	1,903	28,966	2,136		15,413	10,063
	<i>P-verdi</i>	0,032*	0,592	0,000*	0,544		0,001*	0,018*
<i>Ripple</i>	Kji-kv.	11,445	19,826	7,993	82,905	23,242		9,633
	<i>P-verdi</i>	0,009*	0,000*	0,462	0,000*	0,000*		0,022*
<i>Stellar</i>	Kji-kv.	5,702	14,248	8,770	32,343	4,128	62,427	
	<i>P-verdi</i>	0,127	0,002*	0,032*	0,000*	0,247	0,000*	

\*Forkaster  $H_0$

Testen er basert på tre frihetsgrader og 5% signifikansnivå

Ved å analysere tabell 15 kan vi dra følgende konklusjoner fra VECM Granger-kausaltetsanalysen:

- Ripple, Bitcoin, Ethereum, og Stellar «Granger-forårsaker» NEM.
- Ripple, Bitcoin, Litecoin, og NEM «Granger-forårsaker» Ethereum.
- Ripple, Dash, Stellar «Granger-forårsaker» Litecoin.
- Ripple, Dash, Litecoin og Ethereum «Granger-forårsaker» Stellar.
- Ripple og Dash «Granger-forårsaker» Bitcoin.
- Bitcoin, Dash, Litecoin, NEM og Stellar «Granger-forårsaker» Ripple.
- Ethereum, Litecoin og NEM «Granger-forårsaker» Dash.

Testen identifiserer flere kortsiktige relasjoner mellom kryptovalutaene. Resultatet indikerer at Ripple har mest innflytelse på kryptovalutaene. Eksempelvis kan tidligere verdier i Ripple

brukes til å predikere NEM, Ethereum, Litecoin, Stellar og Bitcoin. Dette er noe forventet siden Ripple er et av de største kryptovalutaene og har opplevd enormt mye vekst. Prisserien til Bitcoin inneholder ikke like mye prisinformasjon som Ripple, til tross for at den er den største kryptovaluten.

Det interessante her er at Dash inneholder informasjon som kan si noe om fremtidige prisendringer i Bitcoin. Det er lite trolig at dette er tilfellet, ettersom at Bitcoin prinsipielt bør sees som en prissetter i dette markedet. I følge resultatet inneholder prisserien til Dash prisinformasjon om Litecoin, Bitcoin, Stellar og Ripple. Dette er også uforventet med tanke på at Dash er den nest minste kryptovalutaen i utvalget. Det er vanskelig å påpeke årsaken bak dette, men det kan tenkes at Dash blir handlet av flest kunnskapsrike investorene og ikke av irrasjonelle spekulanter.

## **8.2 Analyse av periode 2**

I dette delkapittelet skal jeg analysere perioden fra 01.01.17 til 28.02.18, fremover vil denne perioden bli kalt periode 2. Dette er for å analysere mulige avvik fra resultatet jeg fikk ved å analysere hele perioden. Dette er også interessant for en investor å vite, ettersom at analysen utelater perioden hvor kryptovaluta var relativt ukjent og markedet ikke fluktuerte noe særlig.

### **8.2.1 Augmented Dickey-Fuller Test**

For at kointegrasjonstestene kan anvendes, testes tidsserien i perioden 2 for stasjonæritet på nivåform (Tabell 16) og førstedifferanse (Tabell 17).

**Tabell 16: ADF-test på prisnivå - Periode 2**

	Lags (AIC)	T-statistikk	P-verdi
<i>Bitcoin</i>	20	-1,196	0,678
<i>Ethereum</i>	20	-1,092	0,720
<i>Ripple</i>	18	-2,058	0,262
<i>Litecoin</i>	14	-0,847	0,804
<i>NEM</i>	17	-2,372	0,150
<i>Stellar</i>	19	-0,943	0,774
<i>Dash</i>	20	-1,861	0,351

**Tabell 17: ADF-test i førstedifferanse - Periode 2**

	Lags (AIC)	T-statistikk	P-verdi
<i>Bitcoin</i>	16	-5,374	0,000
<i>Ethereum</i>	20	-3,254	0,018
<i>Ripple</i>	17	-4,554	0,000
<i>Litecoin</i>	13	-6,112	0,000
<i>NEM</i>	16	-3,475	0,009
<i>Stellar</i>	18	-4,729	0,000
<i>Dash</i>	20	-2,574	0,099

Tabell 16 og 17 viser at tidsseriene er I(1) og dermed kan både Johansens- og Engle-Granger kointegrasjonstest anvendes.

### 8.2.2 Johansens-kointegrasjonsanalyse

Før vi utfører Johansens-kointegrasjonsanalyse må vi definere optimal laglengde som skal inkluderes i modellen. I periode 2 er optimal laglengde tre. Funnet kan sees i vedlegg 3.

Resultatet fra tracetesten viser at nullhypotesen kan forkastes opp til tre kointegrerte ligninger og vi kan konkludere med at det finnes 4 kointegrerte ligninger i periode 2. Dette kan sees ved å sammenligne trace-statistikken med kritisk verdi. For å kontrollere resultatet benytter vi også av en maximum-eigenvaluetest.

**Tabell 18: Johansens-kointegrasjonsanalyse - Tracetest - Periode 2**

<i>Nullhypotese</i>	<b>Trace-statistikk</b>	<b>Kritisk verdi</b>	<b>P-verdi</b>
<i>Ingen*</i>	396,067	125,615	0,000
<i>Opp til 1*</i>	241,504	95,754	0,000
<i>Opp til 2*</i>	140,636	69,819	0,000
<i>Opp til 3*</i>	76,951	47,856	0,000
<i>Opp til 4</i>	18,769	29,797	0,510
<i>Opp til 5</i>	5,930	15,495	0,704
<i>Opp til 6</i>	1,018	3,841	0,313

*\*Indikerer forkastelse av nullhypotese  
5% signifikansnivå*

Maximum-eigenvaluetesten (se tabell 19) konkluderer også med at det finnes 4 kointegrerte ligninger blant kryptovalutaene på 5% signifikansnivå. Dermed ser vi at kryptomarkedet er «mindre» kointegrerte ved å utelukke perioden før 2017. Noe av grunnen til dette kan være at markedet før 2017 var ganske «stille» som førte til at kryptovalutaene hadde en ganske lik og moderat utvikling.

**Tabell 19: Johansens-kointegrasjonsanalyse – Maximum-eigenvaluetest - Periode 2**

<i>Nullhypotese</i>	<b>Max Eigen Statistikk</b>	<b>Kritisk verdi</b>	<b>P-verdi</b>
<i>Ingen*</i>	154,563	46,231	0,000
<i>Opp til 1*</i>	100,868	40,078	0,000
<i>Opp til 2*</i>	63,685	33,877	0,000
<i>Opp til 3*</i>	58,182	27,584	0,000
<i>Opp til 4</i>	12,838	21,116	0,467
<i>Opp til 5</i>	4,912	14,265	0,753
<i>Opp til 6</i>	1,018	3,841	0,313

*\*Indikerer forkastelse av nullhypotese  
5% signifikansnivå*

Ved å studere figur 8 kan vi se at relasjonene mellom kryptovalutaene og Bitcoin var svært varierende. I løpet av 2017 ser vi at korrelasjonskoeffisienten var nær 0 to ganger, noe som impliserer ingen prisrelasjon mellom variablene. Dette kan være noe av forklaringen på at antall kointegrerte ligninger i periode 2 avviker fra å undersøke hele perioden. I neste del vil jeg avdekke hvilke kryptopar som er kointegrerte ved å bruke Engle-Granger testen.

### **8.2.3 Engle-Granger kointegrasjonsanalyse**

Resultatet fra Engle-Granger-to-stegstesten kan sees i tabell 20. Her ser vi at flere av parene ikke deler en langsiktig trend. Dette støtter funnet gjort fra Johansens-kointegrasjonsanalysen, hvor det ble funnet færre kointegrerte ligninger i systemet.



**Tabell 20: Engle-Granger kointegrasjonsanalyse - Periode 2**

	Lag (AIC)	T-statistikk	Resultat
<i>Bitcoin- Dash</i>	16	-3,031	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin- Ethereum</i>	19	-2,987	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin - Ripple</i>	15	-2,938	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin - Litecoin</i>	19	-1,909	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin - Stellar</i>	12	-2,872	Ingen kointegrasjon
<i>Bitcoin – NEM</i>	12	-2,817	Ingen kointegrasjon
<i>Ethereum - Dash</i>	17	-2,858	Ingen kointegrasjon
<i>Ethereum - Ripple</i>	15	-3,100	Ingen kointegrasjon
<i>Ethereum - Litecoin</i>	20	-4,813	Kointegrert
<i>Ethereum - Stellar</i>	17	-1,800	Ingen kointegrasjon
<i>Ethereum - NEM</i>	16	-2,388	Ingen kointegrasjon
<i>Ripple – Dash</i>	20	-3,437	Kointegrert
<i>Ripple – NEM</i>	16	-3,796	Kointegrert
<i>Ripple - Stellar</i>	20	-3,578	Kointegrert
<i>Ripple - Litecoin</i>	15	-4,499	Kointegrert
<i>Litecoin - Dash</i>	17	-2,388	Ingen kointegrasjon
<i>Litecoin - NEM</i>	15	-4,036	Kointegrert
<i>Litecoin - Stellar</i>	14	-3,707	Kointegrert
<i>Stellar – Dash</i>	19	-2,024	Ingen kointegrasjon
<i>Stellar – NEM</i>	1	-2,006	Ingen kointegrasjon
<i>NEM - Dash</i>	18	-3,255	Ingen kointegrasjon

Resultatet er basert på 5% signifikansnivå

Av de 21 parene er 14 ikke-kointegrerte. For en investor vil dette innebære gode diversifiseringsmuligheter på lang sikt. Tabell 20 viser at Bitcoin har ikke-kointegrerte forhold til de andre kryptovalutaene. Dette betyr at Bitcoin kan kombineres med Dash, Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar eller NEM og man kan diversifisere porteføljen på langsikt.

## 8.2.4 Vektor-feilkorrigeringsmodell – Granger-kausaltetsanalyse

I periode 2 ble det funnet 4 kointegrasjonsligninger (se kapittel 8.2.2) og optimalt antall lag er 3. Dette må spesifiseres for å kunne utføre VECM Granger-kausaltetsanalysen for periode 2. Resultatet kan leses av i tabell 21.

**Tabell 21: VECM Granger-kausaltet - Periode 2**

<i>Avhenig variabel</i>		<b>Bitcoin</b>	<b>Dash</b>	<b>Ethereum</b>	<b>Litecoin</b>	<b>NEM</b>	<b>Ripple</b>	<b>Stellar</b>
<i>Bitcoin</i>	Kji-kv.		11,064	2,157	1,357	2,737	2,532	6,241
	P-verdi.		0,011*	0,540	0,715	0,433	0,469	0,100
<i>Dash</i>	Kji-kv.	5,400		2,629	8,637	12,851	10,187	14,439
	P-verdi.	0,144		0,452	0,034*	0,005*	0,017*	0,002*
<i>Ethereum</i>	Kji-kv.	2,984	12,274		15,459	8,269	3,701	0,837
	P-verdi.	0,394	0,006*		0,001*	0,040*	0,295	0,840
<i>Litecoin</i>	Kji-kv.	3,112	11,689	5,324		15,857	11,772	5,520
	P-verdi.	0,37	0,008*	0,149		0,001*	0,008*	0,137
<i>NEM</i>	Kji-kv.	7,842	0,840	4,080	1,554		15,581	8,713
	P-verdi.	0,049*	0,839	0,252	0,669		0,001*	0,033*
<i>Ripple</i>	Kji-kv.	4,817	19,064	9,454	39,278	20,268		5,258
	P-verdi.	0,185	0,000*	0,023*	0,000*	0,000*		0,153
<i>Stellar</i>	Kji-kv.	1,690	43,873	27,439	14,688	2,384	26,356	
	P-verdi.	0,639	0,000*	0,000*	0,002*	0,4965	0,000*	

\*Forkaster  $H_0$

Testen er basert på tre frihetsgrader og 5% signifikansnivå

Ved å analysere resultatene fra VECM Granger-kausaltetsanalysen for periode 2 kan vi dra følgende konklusjoner:

- Dash, Ethereum, Litecoin og NEM «Granger-forårsaker» Ripple.
- Dash «Granger-forårsaker» Bitcoin.
- Dash, Litecoin og NEM «Granger-forårsaker» Ethereum.
- Dash, Ripple og NEM «Granger-forårsaker» Litecoin.
- Dash, Ripple, Litecoin og Ethereum «Granger-forårsaker» Stellar.
- Ripple, Stellar og Bitcoin «Granger-forårsaker» NEM.
- Ripple, NEM, Stellar og Litecoin «Granger-forårsaker» Dash.

I periode 2 har ikke Ripple like dominere prisinformasjon. VECM Granger-kausaltetstesten i perioden 2 indikerer at prisserien til Dash innehar mest innflytelse på de andre kryptovalutaene. Igjen er dette veldig overraskende på grunn av kryptovalutaens markedsstørrelse.

Testen indikerer at prisserien til Bitcoin ikke har så stor påvirkningskraft på de andre kryptovalutaene. Det er kun NEM som kan bli predikert ved å bruke tidsserien til Bitcoin. Det er også funnet flere tosidige kausaliteter som for eksempel Ripple og Dash, Ripple og Litecoin, Ripple og NEM. Dette indikerer at kryptovalutaene følger en gjensidig bevegelse.

### 8.3 Feilsøkingstest

Etter at modellen er spesifisert bør noen av forutsetningene til VAR-modellen kontrolleres. Ifølge Juselius (2006) er det viktigst å kontrollere for normalitet, autokorrelasjon og heteroskedastisitet i residualene. Formålet er å teste om residualene har ingen autokorrelasjon, er homoskedastisk og ikke avviker for mye fra Gaussian hvit støy (Johansen, 1995).

Feilsøkingstesten er utført ved å bruke EViews. Dette har blitt gjort ved å benytte stasjonære logaritmiske avkastninger til å estimere VAR-modellen og deretter utføres testene på residualene. Resultatet av de ulike testene er presentert i tabell 22. Feilsøkingstesten er utført på hele perioden og periode 2.

#### *Stabilitet av VAR-modellen*

Den estimerte VAR-modellen er stabil dersom alle enhetsrøttene har modulus mindre enn 1. Dette betyr at alle enhetsrøttene ligger innenfor enhetssirkelen. AR-rot-test på EViews viser at alle røttene er innenfor enhetssirkelen og dermed tilfredsstillers stabilitetsbetingelsen.

#### *Normalitet i residualene*

For å teste for normalitet i residualene har jeg benyttet meg av Jarque-Bera normalitetstest. Nullhypotesen er at residualene har en normalfordeling og blir testet mot et signifikansnivå på 5%. P-verdien i brakkeparentesen indikerer forkastelse av nullhypotesen for begge utvalgsperiodene. Dermed kan vi konkludere med at residualene ikke er normalfordelt.

#### *Autokorrelasjon i residualene*

For å teste for autokorrelasjon benyttes Lagrangemultiplikator(LM) test. Denne testen tar også hensyn til antall lags som blir inkludert i VAR-modellen og benytter 3 lags i denne

testen. Nullhypotesen for LM-testen er ingen autokorrelasjon i residualene, det vil si om det er signifikans korrelasjon i residualene. Testen indikerer forkastelse av nullhypotesen og det konkluderes med at det er autokorrelasjon i residualene i periode 2, mens vi kan akseptere nullhypotesen for hele perioden. Autokorrelasjon kan forekomme ved feilspesifisering av modellen eller utelate viktige variabler (Brooks, 2008).

### *Heteroskedastisitet*

For å test for heteroskedastisitet brukes Whitetesten. Nullhypotesen i Whitetesten er at variansen i feilleddet er konstant, altså homoskedastisk. P-verdiene i denne testen indikerer også forkastelse av nullhypotesen. Dermed kan vi konkludere med at variansen i residualene er heteroskedastiske.

**Tabell 22: Feilsøkingstest for VAR-modellen**

<i>Test</i>	<b>Stabilitet</b>	<b>Normalfordeling</b>	<b>Autokorrelasjon</b>	<b>Heteroskedastisitet</b>
	<b>AR-rot</b>	<b>Jarque-Bera</b>	<b>LM</b>	<b>White</b>
<i>Hele perioden</i>	Stabil	61677,17 [0,000]	63,916 [0,075]	3624,789 [0,000]
<i>Periode 2</i>	Stabil	14111,44 [0,000]	80,750 [0,003]	2195,597 [0,000]

*P-verdien står skrevet i brakkeparentes.*

Johansens-kointegrasjonstesten er mest sensitiv til ikke-normalfordeling og autokorrelasjon, siden dette kan resultere i feilaktig forkastelse av nullhypotesen (Juselius, 2006). Videre mener Juselius (2006) at heteroskedastisitet ikke er et stort problem for Johansens-kointegrasjonstesten. Gonzalo (1994) sammenlignet flere modeller som undersøkte langsiktige likevektsforhold. Her ble det konkludert at Johansens-kointegrasjonsanalyse gjorde det bedre enn de andre når residualene var ikke-normalfordelte. På bakgrunn av dette er det ikke så farlig å ha en feilspesifisert modell i form av ikke-normalfordelte og heteroskedastiske residualer.

Diagnostikken av VAR-modellen indikerer at modellen ikke er velspesifisert. Ved 5% signifikansnivå er det kun autokorrelasjonstesten for hele perioden som tilfredsstillende kravene. Dette innebærer at tolkningen av kointegrasjonsanalysen må gjøres med ekstra varsomhet.

Feilsøkingstesten indikerer at det fremdeles eksisterer relevant informasjon i residualene og det vil kanskje være nødvendig å inkludere flere variabler. Siden det har vært flere eksogene sjokk i prisserien i løpet av utvalgsperioden vil en løsning være å inkludere dummyvariabler for å kontrollere de kortsiktige avvikene (Juselius, 1992). Dette er for å unngå ikke-normalfordelte residualer. Det skal også sies at ikke-normalfordelte residualer kan være en advarsel på tolkningen av VAR-modellen, men det betyr nødvendigvis ikke at modellen er invalid (Kunst, 2007).

Autokorrelasjonen i periode 2 kan løses ved å inkludere flere lags. Jeg prøvde å inkludere opp til 10 lags i VAR-modellen, men dette ga ikke bedre resultat. Juselius (2006) argumenterte også at det er sjeldent en god ide å inkludere flere lags enn nødvendig. Det å estimere en over-parameterisert modell kan være mer villedende enn å akseptere autokorrelasjon i noen tilfeller. På bakgrunn av dette vil det ikke bli estimert en ny VAR-modell.

## 9 Diskusjon

Tankegangen bak diversifiseringsstrategien er å benytte kryptovalutaer som ikke er perfekt positivt- eller perfekt negativt korrelerte. Dette er for å unngå å ha kryptovalutaer som beveger seg parallelt eller som «kansellerer» all gevinst hos den andre. I kapittel 6 la vi frem at porteføljer basert på korrelasjonsanalyser krever ofte rebalanseringer, dette kan sees i figur 8. Et godt eksempel på dette er ved å studere relasjonene mellom Bitcoin og Litecoin (BTC/LTC) som gikk fra å ha nesten perfekt korrelasjon i 2016 til ingen sammenheng i avkastningene i 2017. I 2016 hadde det ikke vært ønskelig å ha både Bitcoin og Litecoin i en portefølje, da disse beveger seg likt, men i 2017 hadde valget vært det motsatte. For å unngå hyppige rebalanseringer, har den langsiktige prisrelasjonen til kryptovalutaene blitt studert ved å bruke Johansens og Engle-Granger kointegrasjonsanalyse.

I denne oppgaven har vi fokusert på syv av de mest likvide kryptovalutaene som har blitt etablert før september 2015. I kapittel 2 ble de funksjonsmessige likhetene og ulikhetene presentert. Tabell 1 oppsummerer dette og vi har fem potensielle faktorer som kan utgjøre en forskjell når man ønsker å sette opp en diversifisert portefølje. Den første faktoren er utvinning. Her ser vi at både Stellar og Ripple ikke kan utvinnes. Dette innebærer at utviklerne allerede har satt ut alle myntene. Noe som vil si at enkeltpersoner ikke kan verifisere transaksjoner og få mynter som en belønning. På lang sikt vil det bli vanskeligere å verifisere transaksjonene og mengden datakraft vil øke. Konsekvensen av en nedgangsperiode vil være større for utvinnerene ettersom at verdien på belønningen kan bli lavere enn kostnadene forbundet med valideringen. Dette gjelder de kryptovalutaene som benytter seg av Proof of Work.

En som ønsker å diversifisere i kryptovaluta burde også være klar over hvilken type kryptovaluta man har. Eksempelvis er Bitcoin ment å være en digital valuta, Ethereum en plattform hvor man kan bygge ulike applikasjoner, mens Ripple og Stellar er en finansieringsinfrastruktur for henholdsvis banker og enkeltpersoner. Disse funksjonsmessige ulikhetene er viktig å være klar over når man skal lage en portefølje. I periode 2, hvor kryptomarkedet virkelig vokste, viser det seg at Bitcoin, Ethereum og Ripple var ikke-

kointegrerte. Dette funnet kan bli støttet med de funksjonsmessige ulikhetene som har blitt forklart og de rullende korrelasjonene som ble presentert.

Det er også interessant å merke at Ripple er den eneste som ansees som sentralisert. Dette er fordi kryptovalutaen følger internasjonale lover og regulasjoner som har tillatt Ripple å etablere samarbeidsavtaler med flere store banker. Eksempelvis er Santander og American Express to av mange som har benyttet seg av blokkjedeteknologien til Ripple. Tabell 1 indikerer at Ripple skiller seg fra de andre på flere andre måter også. Den har også lav korrelasjon til de andre kryptovalutaene, bortsett fra Stellar. Dette kan forklares med at Stellar også operer i finanssektoren.

Det er en del risiko innblandet i kryptomarkedet. Oppgaven har lagt frem enkelte hendelser som har ført til prissjokk i markedet (kapittel 5) og en mer statistisk tilnærming for å avdekke risikoen (kapittel 6). Den politiske risikoen har vært stor og har ført til stor usikkerhet i markedet. Lærdommen ved å analysere disse hendelsene er å kartlegge størrelsen på fluktuasjonene i markedet. Frykten for at Kina skulle stanse handelen av kryptovaluta skrapte bort nesten 13 milliarder USD av markedsverdien. Det er også verdt å merke at det er en del systematisk risiko innblandet. Dette vil redusere diversifiseringsmulighetene, da prissjokk vil føre til en nedgang i hele markedet. For øyeblikket er det en del politisk risiko i markedet. Om denne risikoen vil reduseres som følge av at flere land får definert rammeverket kryptovalutaene må forholde seg til er vanskelig å si, men samtidig kan man ikke utelukke dette.

Hittil i diskusjonene har fokuset vært på å kartlegge hvilke funksjonsmessige ulikheter som kan påvirke diversifiseringsbeslutningene. Den empiriske analysen viser at det foreligger diversifiseringsmuligheter blant kryptovalutaene. For å få et nyansert bilde av markedet har analysen vært todelt. I første del av analysen ble hele utvalgsperioden analysert. Her ble det funnet fem kointegrerte ligninger i systemet, mens i periode 2 ble det funnet fire kointegrerte ligninger. Det kan være flere grunner til denne nedgangen. Den mest åpenbare årsaken er at perioden med liten aktivitet og lite prisfluktuasjoner ble utelatt. En annen mulig årsak kan

være at kunnskapen og forståelsen for blokkjedeteknologien øker med tiden. Dette gjør at flere rasjonelle investorer entrer markedet og klarer å skille mellom de ulike kryptovalutaene.

Ved å studere de parvise kointegrerte forholdene ser vi også at flere av parene går fra å være kointegrerte til ikke-kointegrerte ved å utelukke perioden med liten aktivitet. Dette støtter funnet i Johansens multivariate kointegrasjonsanalyse hvor antall kointegrerte ligninger reduserte fra fem til fire. De empiriske funnene impliserer at det finnes kryptovaluta som følger sin egen trend og er uavhengig av andre. Dette indikerer at det eksisterer diversifiseringsmuligheter i kryptovalutamarkedet. Kointegrerte relasjoner kan også gi muligheten til å handle på prisspredninger. I perioder hvor en variabel opplever store fall vil en investor kunne dra fordeler på grunn av reverseringseffekten. Dette innebærer at en aktiva vil returnere til «normal» eller gjennomsnittlig verdi etter en periode med feilprising.

VAR-modellen ble ikke tilstrekkelig tilfredsstillende under feilsøkingstesten. Dette betyr at vi ikke kan stole fullstendig på modellen og dermed bringer det usikkerhet i tolkningen av resultatet. Noe av utfordringen er forutsetningen om ingen autokorrelasjon i tidsserien ettersom at finansielle tidsserier er kjent for å være tidsavhengige. Det er også velkjent at finansielle tidsserier har sporadiske perioder med høy volatilitet som er tidsavhengige. Dermed er det ikke overraskende at residualene viser tegn til heteroskedastisitet og autokorrelasjon.

I et marked bestående av mange irrasjonelle aktører som handler basert på publikasjoner i media er risikoen for feilprising tilstede. I nedgangsperioden vil irrasjonelle aktører «panikkselge» som vil føre til større fall enn normalt og motsatt vil positive nyheter føre til stor prisoppgang. Dette er noe av årsaken til den store volatiliteten i kryptomarkedet. Dette gjør det også vanskelig å fastsette en konkret pris på kryptovalutaene, spesielt når kryptovaluta er immaterielt. En konsekvens av dette er at kryptovalutaen ikke er sterkt effisient, ettersom at prisen ikke reflekterer den fundamentale prisen.



Funnene av kointegrasjon blant kryptovalutaene betyr at det finnes kausalitet i minst en retning. Ved å bruke Granger-kausaltetsanalysen kan man identifisere kortsiktige sammenhenger ved å studere hvilke variabler som «Granger-forårsaker» den andre. Denne informasjonen kan en investor benytte for å predikere mulige prisendringer i fremtiden. Funnene fra Granger-kausaltetsanalysene indikerer at primært Ripple og Dash inneholder prisinformasjon som kan brukes til å predikere prisendringer og kan anses som prisledere i markedet.. Det skal også sies at denne testen ikke avdekker om en endring i en variabel vil føre til en positiv eller negativ endring i en annen variabel.

I Norge, hvor bruken av kontanter reduseres og nesten alle transaksjoner forekommer digitalt (bl.a via Vipps) vil ikke digital valuta som Bitcoin og Litecoin ha så stor innvirkning. I motsatt tilfelle vil disse kryptovalutaene være mer ønskelig i land hvor pengepolitikken er ustabil eller land med dårlig betalingsinfrastruktur. Man trenger ikke å reise lengre enn til Tyskland eller Frankrike hvor mange av butikkene krever ett minimumsbeløp for å benytte bankterminalene. I slike situasjoner hvor gebyrene er høye vil bruken av kryptovaluta være ønskelig, ettersom at transaksjonskostnadene er lave.

På bakgrunn av funnene er det viktig å påpeke at kryptovalutamarkedet er svært nytt og at man ikke skal utelukke mulige endringer i fremtiden. Det blir stadig implementert nye regler og retningslinjer på hvordan man skal behandle kryptovalutaene. Markedet er fullt av usikkerhet og det er vanskelig å forutsi hva som kommer til å skje i fremtiden. Siden jeg startet å skrive denne oppgaven har prisene på de utvalgte kryptovalutaene blitt halvert siden det store prishoppet i desember 2017, men har ligget nokså stabilt etter februar 2018. Om dette forblir markedsprisen på de ulike kryptovalutaene er vanskelig å si og en må nesten vente å se hvordan ulike land og de globale aktørene ønsker å behandle kryptovalutaen.

## 10 Konklusjon og oppfølging

Kryptovaluta har de siste årene vært i vinden både hos spekulanter og analytikere. Nyhetene om folk som har tjent store summer på Bitcoin har strømmet over sosiale medier og dette har gjort kryptovalutaen svært ettertraktet. Begrepet kryptovaluta blir ofte assosiert med funksjonene bak Bitcoin, men dette er ikke helt korrekt. I kapittel 2 avdekket oppgaven flere funksjonsmessige ulikheter blant kryptovalutaene som tyder på at kryptovaluta er mer enn en digital valuta.

Markedet har vært svært volatil noe som har gjort investeringen i kryptovaluta svært risikofyllt. Jeg har avdekket noen sentrale hendelser som har resultert i store fluktuasjoner og analysert risikoen i markedet. De største prissjokkene har kommet i form av systematisk risiko, noe som påvirker hele markedet og ikke kan unngås ved hjelp av diversifisering.

Hovedproblemstillingen har blitt analysert ved å benytte Johansens og Engle-Granger kointegrasjonsanalyse. Analysene har avdekket langsiktige likevektsforhold mellom kryptovalutaene; Bitcoin, Ethereum, Ripple, Litecoin, Stellar NEM og Dash. Analysen fant flere kointegrerte relasjoner, men også ikke-kointegrerte relasjoner, hvilket indikerer at det finnes diversifiseringsmuligheter. Prislede ble avdekket ved å utføre en kausalitetsanalyse. Her ble det funnet at Dash og Ripple har størst innflytelse på de andre og kan dermed klassifiseres som prislede basert på Granger-kausaltetsanalysen.

Det skal også sies at det er noe usikkerhet i funnene, ettersom at feilsøkingstesten som ble utført ikke ble tilstrekkelig tilfredsstillende. Konsekvensen av dette er at modellen kan gi svake implikasjoner og at det ikke kan stoles fullt på resultatene.

Basert på de funksjonsmessige ulikhetene, korrelasjonstesten og kointegrasjonstesten kan jeg konkludere med at det eksisterer diversifiseringsmuligheter i kryptovaluta.

I den videre forskningen kan det være interessant å inkludere flere nye kryptovalutaer og samtidig være konsekvent på å inkludere flere som tilhører samme kategori. En tilsvarende analyse vil også være interessant å utføre om noen år når rammeverket for kryptovalutaen er satt, kunnskapen har økt og med flere rasjonelle investorer i markedet. Det kan også være interessant å benytte annet frekvens på dataen, som ukentlig eller månedlig. I løpet av utvalgsperioden har dataene vært svært volatile, selv på dagsbasis. En kausalitetsanalyse med intradaily data kan også gi andre svar enn det som ble funnet i denne oppgaven.

Det vil også være interessant å se nærmere på hvordan futureskontraktene i Bitcoin har påvirket markedet. Det kan også være en mulighet å undersøke om det er mulig å predikere Bitcoinprisene ved å bruke futuresprisene.

## Litteraturliste

- Alexander, C. (2018). *Market Risk Analysis*. Practical Financial Econometrics, b.2.
- Baur, D.G., Hong, K. & Lee, A.D. (2016). Virtual Currencies: Media of Exchange or Speculative Asset?. *SWIFT Institute Working Paper*.
- Bentov, I., Gabizon, A. & Mizrahi, A. (2016). Cryptocurrencies without proof of work. *In International Conference on Financial Cryptography and Data Security*: 142-157.
- Berk, J. & DeMarzo, P. (2014). *Corporate Finance*. Harlow: Pearson
- Bjerg, O. (2016). How is bitcoin money?. *Theory, Culture & Society*, 33(1): 53-72.
- Bjerknes, C. (2018, 16. januar). Krypto-markedet har falt med over 1100 milliarder. *Dagens Næringsliv*. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/nyheter/2018/01/16/1232/Finans/krypto-markedet-har-falt-med-over-1100-milliarder> (lest 17.02.18)
- Bjørnland, H.C. & Thorsud, L.A. (2015). *Applied Time Series For Macroeconomics*. 2.utg. Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Black, F. (1986). Noise. *The journal of finance*, 41(3): 528-543.
- Bodie, Z., Kane, A. & Marcus, A.J. (2014). *Essentials of Investments 10th Edition*. New York: McGraw-Hill.
- Bogner, A., Chanson, M. & Meeuw, A. (2016). A decentralised sharing app running a smart contract on the ethereum blockchain. *In Proceedings of the 6th International Conference on the Internet of Things*: 177-178.
- Bozic, N., Pujolle, G. & Secci, S. (2016). A tutorial on blockchain and applications to secure network control-planes. *In Smart Cloud Networks & Systems (SCNS)*: 1-8.
- Brill, A. E. & Keene, L. (2014). Cryptocurrencies: The Next Generation of Terrorist Financing? *Defence Against Terrorism Review*, 6: 7- 30.
- Brooks, C. (2008). *Introductory Econometrics for Finance*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Brown, S. D. (2016). Cryptocurrency and criminality: The Bitcoin opportunity. *Police Journal*, 89(4): 327-339.

- Browne, R. (2018, 15. februar). It costs \$26,000 to mine one bitcoin in South Korea — and just \$530 in Venezuela. *CNBC*. Tilgjengelig fra: <https://www.cnn.com/2018/02/15/the-cheapest-and-most-expensive-countries-to-mine-bitcoin.html> (lest 18.02.2018).
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B. & Moore, T. (2015). Bitcoin: Economics, technology, and governance. *Journal of Economic Perspectives*, 29(2): 213-38.
- Carpenter, A. (2016). Portfolio diversification with Bitcoin. *Journal of Undergraduate in France*, 1-27.
- Cheah, E.T. & Fry, J. (2015). Speculative bubbles in Bitcoin markets? An empirical investigation into the fundamental value of Bitcoin. *Economics Letters*, 130: 32-36.
- Chu, J., Chan, S., Nadarajah, S. & Osterrieder, J. (2017). GARCH Modelling of Cryptocurrencies. *Journal of Risk and Financial Management*, 10 (17): 1-15.
- Chuen, D.L.K., Guo, L. & Wang, Y. (2017). Cryptocurrency: A New Investment Opportunity?. *The Journal of Alternative Investments*, 20(3).
- Ciaian, P. & Rajcaniova, M. (2018). Virtual relationships: Short-and long-run evidence from BitCoin and altcoin markets. *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money*, 52: 173-195.
- Clements, R. (2018). Assessing the Evolution of Cryptocurrency: Demand Factors, Latent Value and Regulatory Developments. *Michigan Business & Entrepreneurial Law Review*, 8.
- De Long, J.B., Shleifer, A., Summers, L.H. & Waldmann, R.J. (1990). Positive feedback investment strategies and destabilizing rational speculation. *The Journal of Finance*, 45(2): 379-395.
- Dickey, D.A. & Fuller, W.A. (1979). Distribution of the estimators for autoregressive time series with a unit root. *Journal of the American statistical association*, 74(366a): 427-431.
- Duffield, E. & Diaz, D. (2014). Dash: A privacy-centric crypto-currency. White Paper.
- Engle, R.F. & Granger, C.W. (1987). Co-integration and error correction: representation, estimation, and testing. *Econometrica: journal of the Econometric Society*, 251-276.
- Engle, R.F. & Yoo, B.S. (1987). Forecasting and testing in co-integrated systems. *Journal of econometrics*, 35(1): 143-159.

- Fama, E.F. (1970). Efficient capital markets: A review of theory and empirical work. *The Journal of Finance*, 25(2): 383-417.
- Gandal, N. & Halaburda, H. (2016). Can We Predict the Winner in a Market with Network Effects? Competition in Cryptocurrency Market. *NET Institute working paper*, 14-17.
- Gervais, A., Karame, G.O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H. & Capkun, S. (2016). On the security and performance of proof of work blockchains. *In Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security*, 3-16.
- Gilson, R.J. & Kraakman, R.H. (1984). The mechanisms of market efficiency. *Virginia Law Review*: 549-644.
- Gonzalo, J. (1994). Five alternative methods of estimating long-run equilibrium relationships. *Journal of econometrics*, 60(1-2): 203-233.
- Granger, C.W. (1986). Developments in the study of cointegrated economic variables. *Oxford Bulletin of economics and statistics*, 48(3): 213-228.
- Granger, C.W. (1988). Some recent development in a concept of causality. *Journal of econometrics*, 39(1-2): 199-211.
- Hamilton, J.D. (1994). *Time series analysis* (Vol. 2). Princeton: Princeton university press.
- Harwick, C. (2016). Will Cryptocurrencies Take over?: Cryptocurrency and the Problem of Intermediation. *Journal of Political Economy*, 20(4): 569-588.
- Haugen, A. (2017, desember 14). Øystein Olsen mener Bitcoin har «alvorlige mangler». *E24*. Tilgjengelig fra: <https://aksjelive.e24.no/article/e18204> (lest 16.02.18).
- Hopland, S. (2018, 17. januar). Kryptomarkedet fortsetter nedover – storvaluta kollapset fullstendig. *E24*. Tilgjengelig fra: <https://e24.no/boers-og-finans/bitcoin/kryptomarkedet-fortsetter-nedover-stor-valuta-kollapset-fullstendig/24234817> (lest 18.02.18).
- Iansiti, M. & Lakhani, K.R. (2017). The truth about blockchain. *Harvard Business Review*, 95(1): 118-127.
- Iversen, M. (2017, 5.september). Kina har utløst full panikk i bitcoin-markedet. *Dagens Næringsliv*. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/nyheter/2017/09/05/0546/Utenriks/kina-har-utlost-full-panikk-i-bitcoin-markedet> (lest 17.02.18).

Jenssen, T. B. (2014). *Why Bitcoins Have Value, and Why Governments Are Sceptical*. Oslo. Universitetet i Oslo.

Johansen, S. & Juselius, K. (1990). Maximum likelihood estimation and inference on cointegration—with applications to the demand for money. *Oxford Bulletin of Economics and statistics*, 52(2): 169-210.

Johansen, S. (1995). *Likelihood-based inference in cointegrated vector autoregressive models*. Oxford. Oxford University Press.

Jordheim, H. (2017, 19. november). Bitcoin kan bli den nye krisevalutaen. *E24*. Tilgjengelig fra: <https://e24.no/digital/bitcoin/bitcoin-kan-bli-den-nye-krisevalutaen-stoerst-potensial-der-oekonomien-fungerer-daarligst/24190523> (lest 16.02.18).

Juselius, K. (2006). *The cointegrated VAR model: methodology and applications*. Oxford: Oxford University Press.

Juselius, K. (1992). Domestic and foreign effects on prices in an open economy: The case of Denmark. *Journal of Policy Modeling*, 14(4): 401-428.

Kajtazi, A., & Moro, A. (2018). Bitcoin and Portfolio Diversification: Evidence from Portfolios of US, European and Chinese Assets.

Kukreja, R. (2017). What is NEM (XEM)? Tilgjengelig fra <https://kryptomoney.com/NEM/> (lest 23.04.18)

Kunst, R.M. (2007). Vector autoregressions. Tilgjengelig fra: <http://homepage.univie.ac.at/robert.kunst/var.pdf> (lest 02.05.18).

Kurihara, Y. & Fukushima, A. (2017). The Market Efficiency of Bitcoin: A Weekly Anomaly Perspective. *Journal of Applied Finance and Banking*, 7(3): 57.

Cryptocurrency boom: Why everyone is talking about ripple. *CNN Tech*. Tilgjengelig fra: <http://money.cnn.com/2018/01/02/technology/what-is-ripple-cryptocurrency/index.html> (lest 18.02.18).

Letra, I.J.S. (2016). What drives cryptocurrency value? A volatility and predictability analysis. Lisbon School of Economic and Management.

Li, J. & Mann, W. (2018). Initial coin offering and platform building.

Mazières, D. (2015). The stellar consensus protocol: A federated model for internet-level consensus. Stellar Development Foundation.

McIntyre, K.H. & Harjes, K., 2016. Order Flow and the Bitcoin Spot Rate. *Applied Economics and Finance*, 3(3): 136-147.

Mehar, M., Shier, C., Giambattista, A., Gong, E., Fletcher, G., Sanayhie, R., Kim, H. & Laskowski, M. (2017). Understanding a Revolutionary and Flawed Grand Experiment in Blockchain: The DAO Attack. *SSRN Electronic Journal*.

Nakamoto, S. (2008). Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System. White paper.

Orgera, S. (2017, desember 18). Litecoin: What It Is & How It Works. *Lifewire*. Hentet fra: <https://www.lifewire.com/what-is-litecoin-4151693> (lest 03.03.18).

Otre, T. S. & Stokke, E. G. (2014). *Bitcoin – En aktivaboble? En økonomisk tilnærming til kryptografisk valuta*. Masteroppgave. Trondheim. Handelshøyskolen i Trondheim.

Polasik, M., Piotrowska, A., Wisniewski, T.P., Kotkowski, R., & Lightfoot, G. (2015). Price Fluctuations and the Use of Bitcoin: An Empirical Inquiry. *International Journal of Electronic Commerce*, 20(1): 9-49.

Rands, K. (2017, 3. februar). Why Venezuela's Currency Crisis Is a Case Study For Bitcoin. *Forbes*. Tilgjengelig fra: <https://www.forbes.com/sites/realspin/2017/02/03/why-venezuelas-currency-crisis-is-a-case-study-for-bitcoin/#5114d0cf19b2> (lest 16.02.18).

Schwartz, D. Youngs & N. Britto, A. (2014). The Ripple Protocol Consensus Algorithm. White paper.

Sharma, R. (2018). What Is Dash Cryptocurrency?. *Investopedia*. Tilgjengelig fra: <https://www.investopedia.com/tech/what-dash-cryptocurrency/>. (lest 13.04.2018).

Solberg, E. (2018, Januar 22). Nordea forbyr handel med kryptovaluta for sine ansatte. *Dagens Næringsliv*. Tilgjengelig fra: <https://www.dn.no/nyheter/2018/01/22/1431/Nordea/nordea-forbyr-handel-med-kryptovaluta-for-sine-ansatte> (lest 17.02.18).

Torgersen, H.H. (2017, 5. september). Kinesisk forbud utløser nytt kraftig bitcoin-fall. *E24*. Tilgjengelig fra: <https://e24.no/naeringsliv/bitcoin/kinesisk-forbud-utloeste-nytt-kraftig-bitcoin-fall/24133808> (lest 17.02.18).



Timmerman, K. & Thomas, M. (2017). Ethereum: More than 'the new Bitcoin'. *Proctor, The*, 37(5): 26.

Umeh, J. (2016). Blockchain double bubble or double trouble?. *ITNOW*, 58(1): 58-61.

Urquhart, A. (2016). The inefficiency of Bitcoin. *Economics Letters*, 148: 80-82.

Yermack, D. (2013). Is Bitcoin a real currency? An economic appraisal. In *Handbook of digital currency*. Academic Press.

## Vedlegg

### Vedlegg 1: Kritisk Verdi for Engle-Granger Kointegrasjonstest

Table C Critical Values for the Engle–Granger Cointegration Test

<i>T</i>	1%	5%	10%	1%	5%	10%
	Two Variables			Three Variables		
50	-4.123	-3.461	-3.130	-4.592	-3.915	-3.578
100	-4.008	-3.398	-3.087	-4.441	-3.828	-3.514
200	-3.954	-3.368	-3.067	-4.368	-3.785	-3.483
500	-3.921	-3.350	-3.054	-4.326	-3.760	-3.464
	Four Variables			Five Variables		
50	-5.017	-4.324	-3.979	-5.416	-4.700	-4.348
100	-4.827	-4.210	-3.895	-5.184	-4.557	-4.240
200	-4.737	-4.154	-3.853	-5.070	-4.487	-4.186
500	-4.684	-4.122	-3.828	-5.003	-4.446	-4.154

The critical values are for cointegrating relations (with a constant in the cointegrating vector) estimated using the Engle–Granger methodology.

*Source:* Critical values are interpolated using the response surface in MacKinnon (1991).

## Vedlegg 2 : Optimal laglengde for hele perioden

Tabellen er generert ved å bruke EViews

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BITCOIN DASH ETHEREUM LITECOIN NEM RIPPLE STELLAR

Exogenous variables: C

Date: 04/25/18 Time: 14:00

Sample: 9/02/2015 2/28/2018

Included observations: 903

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	8510.207	NA	1.56e-17	-18.83324	-18.79598*	-18.81901*
1	8577.849	134.0848	1.50e-17	-18.87453	-18.57650	-18.76069
2	8632.304	107.1015	1.48e-17	-18.88661	-18.32780	-18.67318
3	8715.705	162.7380	1.37e-17*	-18.96280*	-18.14322	-18.64977
4	8748.211	62.92449	1.42e-17	-18.92627	-17.84591	-18.51363
5	8800.357	100.1343	1.41e-17	-18.93324	-17.59211	-18.42100
6	8840.449	76.36649*	1.44e-17	-18.91351	-17.31160	-18.30167
7	8866.827	49.83342	1.52e-17	-18.86340	-17.00072	-18.15196
8	8886.425	36.72343	1.62e-17	-18.79828	-16.67483	-17.98724

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

## Vedlegg 3: Optimal laglengde for periode 2

Tabellen er generert ved å bruke EViews

VAR Lag Order Selection Criteria

Endogenous variables: BITCOIN DASH ETHEREUM LITECOIN NEM RIPPLE STELLAR

Exogenous variables: C

Date: 04/25/18 Time: 14:05

Sample: 1/02/2017 2/28/2018

Included observations: 415

Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	3413.935	NA	1.75e-16	-16.41896	-16.35102*	-16.39209*
1	3486.460	142.2540	1.56e-16	-16.53234	-15.98876	-16.31739
2	3532.958	89.63552	1.58e-16	-16.52028	-15.50108	-16.11725
3	3586.084	100.6188	1.55e-16*	-16.54016*	-15.04533	-15.94906
4	3623.803	70.16631	1.64e-16	-16.48580	-14.51534	-15.70661
5	3662.771	71.17496	1.72e-16	-16.43745	-13.99136	-15.47018
6	3705.327	76.29396*	1.78e-16	-16.40640	-13.48468	-15.25105
7	3727.130	38.35188	2.03e-16	-16.27533	-12.87798	-14.93190
8	3747.625	35.36030	2.34e-16	-16.13795	-12.26498	-14.60644

\* indicates lag order selected by the criterion

LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)

FPE: Final prediction error

AIC: Akaike information criterion

SC: Schwarz information criterion

HQ: Hannan-Quinn information criterion

## Vedlegg 4: Johansens-kointegrasjonstest på EViews

Juselius (2006) foreslo 5 ulike modeller som blir spesifisert i dette vedlegget. Dette må man spesifisere på EViews for å kunne estimere antall kointegrerte ligninger. I EViews ser valgmulighetene slik ut. Her har jeg valgt modell 3, spesifisert at et skal være 3 lags og 5% signifikansnivå. De kritiske verdiene er basert på MacKinnon-Haug-Michelis (1999).

Johansen Cointegration Test

Cointegration Test Specification

Deterministic trend assumption of test

Assume no deterministic trend in data:

1) No intercept or trend in CE or test VAR

2) Intercept (no trend) in CE - no intercept in VAR

Allow for linear deterministic trend in data:

3) Intercept (no trend) in CE and test VAR

4) Intercept and trend in CE - no intercept in VAR

Allow for quadratic deterministic trend in data:

5) Intercept and trend in CE - intercept in VAR

Summary:

6) Summarize all 5 sets of assumptions

Exog variables\*

Lag intervals

1 3

Lag spec for differenced endogenous

Critical Values

MHM

Size 0.05

Osterwald-Lenum

\* Critical values may not be valid with exogenous variables; do not include C or Trend.

OK Avbryt

Modell 1: For å benytte denne modellen må alle variabler starte fra null.

Modell 2: Denne modellen benyttes dersom ingen av variablene har noen trend.

Modell 3: Denne modellen benyttes dersom alle trendene er stokastiske.

Modell 4: Denne modellen benyttes dersom tidsserien er trend-stasjonær

Modell 5: I denne modellen er det ingen begrensninger med hensyn til inkludert trend og konstant.

I praksis blir modell 1 og 5 sjelden brukt. Av modell 2, 3, 4 benytter jeg modell 3 på bakgrunn av at modellen anser alle trender som stokastiske. Ved å benytte alternativ 6 får man ut et sammendrag av alle modellene. Sammendraget viser at modell 2-5 gir 5 kointegrerte ligninger for hele perioden og at modell 1-4 gir 4 kointegrerte ligninger for periode 3. Dermed vil resultatet fra testen være det samme uavhengig om man velger modell 2, 3 eller 4.



**Norges miljø- og biovitenskapelige universitet**  
Noregs miljø- og biovitenskapelige universitet  
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 5003  
NO-1432 Ås  
Norway