

BITCOININ KURSSIVAIHTELUN TUTKIMINEN SENTIMENTTIANALYYSIN AVULLA

**Jyväskylän yliopisto
Kauppakorkeakoulu**

Pro gradu -tutkielma

2018

**Tekijä: Jenni Körkkö
Oppiaine: Taloustiede
Ohjaajat: Heikki Lehkonen
Kari Heimonen**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

TIIVISTELMÄ

Tekijä Jenni Körkkö	
Työn nimi Bitcoinin kurssivaihtelun tutkiminen sentimenttianalyysin avulla	
Oppiaine Taloustiede	Työn laji Pro gradu -tutkielma
Aika (pvm.) 13.07.2018	Sivumäärä 66+15
Tiivistelmä – Abstract	
<p>Tässä tutkielmassa käsitellään bitcoinin kurssivaihtelua selittäviä tekijöitä. Erityisesti pyritään selvittämään, pystytäänkö sentimenttianalyysin avulla selittämään bitcoinin poikkeuksellista kurssinousua vuonna 2017. Kurssivaihtelun tutkiminen on jaettu kahteen ajanjaksoon, joista ensimmäinen on 18/08/2011 – 31/12/2016 ja jälkimmäinen 01/01/2017 – 13/02/2018. Käytettyjä sentimenttimuuttujia on yhteensä kuusi kappaletta, ja lisäksi tutkimuksessa hyödynnetään tuottomuuttujia sekä yleisiä tuottojen ennustamiseen käytettyjä muuttujia. Bitcoinin kurssiin vaikuttavia tekijöitä tutkitaan VAR-mallinnuksen (vector autoregression) avulla ja jälkimmäisellä ajanjaksolla hyödynnetään myös lineaarista regressioanalyysiä.</p> <p>Aikaisempien tutkimusten perusteella sentimentistä on apua bitcoinin kurssivaihtelun selittämisessä ja ennustamisessa. Lisäksi on havaittu, että sijoittajien on mahdollista suojautua bitcoinin kurssin romahduksilta teknisen analyysin avulla. Tutkimuksen tulokset ovat pääosin linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa. Sentimentti-indekseillä sekä tuotto- ja ennustemuuttujista VIX-indeksillä, kullan päivittäisellä tuotolla ja bitcoinin kurssiin merkittävästi vaikuttaneita tapahtuvia kuvaavalla Events-muuttujalla on tulosten perusteella eniten vaikutusta bitcoinin kurssiin.</p> <p>Tulokset ja aikaisemmat tutkimukset antavat viitteitä siitä, että bitcoinin kysyntä on suurelta osin spekulatiivista. Lisäksi bitcoinin kurssi on erityisesti vuoden 2016 jälkeen liikkunut sen verran poikkeavasti, että vaihtelusta ei pystytä edes sentimentin avulla selittämään kuin melko pieni osa.</p>	
Asiasanat bitcoin, sentimentti, raha, kurssivaihtelu, kryptovaluutat	
Säilytyspaikka Jyväskylän yliopiston kirjasto	

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	7
2	RAHA JA MAKSUJÄRJESTELMÄT	10
	2.1 Rahan tehtävät	10
	2.2 Rahan kysyntä.....	11
	2.3 Maksujärjestelmien kehittyminen ja digivaluutat	13
3	BITCOIN.....	15
	3.1 Teknologia taustalla.....	15
	3.2 Bitcoin ja rahan tehtävät.....	18
	3.2.1 Vaihdon väline.....	18
	3.2.2 Arvon mitta	19
	3.2.3 Arvon säilyttäjä.....	20
	3.3 Bitcoiniin liittyvät riskit ja ongelmat.....	21
4	SENTIMENTTI HINTOJEN MÄÄRITTÄJÄNÄ	24
	4.1 Arbitraasi, hintojen määräytyminen ja sentimentti	24
	4.2 Valuuttakurssituottojen ennustaminen sentimentin avulla.....	26
	4.3 Sentimentti bitcoinin kurssivaihtelun selittäjänä.....	28
	4.4 Muut menetelmät bitcoinin kurssivaihtelun tutkimiseksi.....	30
5	AINEISTO JA MENETELMÄ	32
	5.1 Aineisto.....	32
	5.2 Menetelmät.....	37
6	TULOKSET	41
	6.1 Yksikköjuuritestit.....	41
	6.2 VAR-mallinnus 18/08/2011 - 31/12/2016	42
	6.3 VAR-mallinnus ja lineaarinen regressioanalyysi 01/01/2017 - 13/02/2018.....	49
	6.4 Tulosten arviointia.....	59
7	JOHTOPÄÄTÖKSET	62
	LÄHTEET	64
	LIITTEET.....	67

KUVIOT

KUVIO 1 Rahan tehtävät. Lähde: Robleh, Barrdear, Clews & Southgate 2014b.	11
KUVIO 2 Rahan kysynnän määräytyminen.....	12
KUVIO 3 Transaktioiden salaus- ja varmennusprosessi. Lähde: Nakamoto, 2008.	16
KUVIO 4 Lohkoketju. Lähde: Catalini & Gans 2016.....	17
KUVIO 5 Bitcoinin (USD/BTC, vasen asteikko), osakemarkkinaindeksiin (S&P 500, oikea asteikko) ja kultaan (Gold Bullion LBM, oikea asteikko) 18/08/2011 sijoitetun yhden Yhdysvaltain dollarin arvokehitys 13/02/2018 saakka.....	33
KUVIO 6 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, neljä ensimmäistä tuotto- ja ennustemuuttujaa 18/08/2011 – 31/12/2016.....	47
KUVIO 7 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, uutissisältöön pohjautuvat sentimenttimuuttujat 18/08/2011 – 31/12/2016.....	48
KUVIO 8 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, uutissisältöön pohjautuvat sentimenttimuuttujat 01/01/2017 – 13/02/2018.....	55
KUVIO 9 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, neljä ensimmäistä tuotto- ja ennustemuuttujaa 01/01/2017 – 13/02/2018.....	56

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Kuvailevia tunnuslukuja tuottomuuttujista 18/08/2011 – 31/12/2016.....	34
TAULUKKO 2 Kuvailevia tunnuslukuja ennustemuuttujista 18/08/2011 – 31/12/2016.....	35
TAULUKKO 3 Kuvailevia tunnuslukuja bitcoinin päivittäisestä tuotosta ja sentimenttimuuttujista 18/08/2011 – 13/02/2018.....	36
TAULUKKO 4 Yksikköjuuritestien tulokset.....	41
TAULUKKO 5 VAR-mallinnuksen statistiikkaa tuotto- ja ennustemuuttujilla tehtävistä estimoinneista 18/08/2011 – 31/12/2016.....	42
TAULUKKO 6 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla tehtävistä estimoinneista 18/08/2011 – 31/12/2016.....	43
TAULUKKO 7 Ensimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(1)-malleista käyttäen tuotto- ja ennustemuuttujia.....	44
TAULUKKO 8 Ensimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(8)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia.....	45
TAULUKKO 9 Granger-kausaalisuudet 18/08/2011 – 31/12/2016, tuotto- ja ennustemuuttujat.....	46
TAULUKKO 10 Granger-kausaalisuudet 18/08/2011 – 31/12/2016, sentimenttimuuttujat.....	46
TAULUKKO 11 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla tehtävistä estimoinneista 01/01/2017 – 13/02/2018.....	50

TAULUKKO 12 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla sekä tuotto- ja ennustemuuttujilla tehtävistä regressioista 01/01/2017 - 13/02/2018	50
TAULUKKO 13 Jälkimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(7)-, VAR(4)- ja VAR(6)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia	51
TAULUKKO 14 Jälkimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(2)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia sekä tuotto- ja ennustemuuttujia	52
TAULUKKO 15 Granger-kausalisuudet 01/01/2017 - 13/02/2018, sentimenttimuuttujat	53
TAULUKKO 16 Granger-kausalisuudet 01/01/2017 - 13/02/2018, sentimenttimuuttujat sekä tuotto- ja ennustemuuttujat	53
TAULUKKO 17 OLS-estimointien tulokset lineaarisista regressioista	58

1 JOHDANTO

Yksi mielenkiintoisimpia Internet-aikakauden ilmiöitä on digivaluuttojen esiintulo, joista suosituimpia ovat esimerkiksi Bitcoin, Ripple, Ethereum tai Litecoin. Digivaluutta voidaan määritellä vaihtoehtoisena, täysin elektronisena valuuttana eikä sillä siten ole fyysistä ilmenemismuotoa. Digivaluuttoa ei myöskään laske liikkeeseen yksikään keskuspankki tai minkään maan valtionjohto, joten se on käytännössä erillään reaalitaloudesta. Digivaluutta ja virtuaalivaluutta eivät kuitenkaan ole toistensa synonyymejä, sillä virtuaalivaluutoilla käydään kauppaa virtuaalimaailmoissa, tyypillisimmin verkossa pelattavissa moninpeleissä. Digivaluuttoja kutsutaan myös kryptovaluutoiksi, sillä ne turvautuvat kryptografian menetelmiin transaktioiden vahvistamiseksi ja salaamiseksi.

Bitcoin on edelleen suurin ja nopeasti kasvavilla kryptovaluuttojen markkinoilla ensimmäinen kryptovaluutta, jonka markkina-arvo on vuoden 2017 lopussa ylittänyt 800 miljardia Yhdysvaltain dollaria. Vaikka bitcoin ja muut kryptovaluutat ovat lähestulkoon eristettyjä reaalitaloudesta, niiden hintakäyttäytyminen on ollut huomattavan arvaamatonta ja epätasaista viime vuosina. Erityisesti bitcoin on kiistatta yksi rahoituksen historian spekulatiivisimmista omaisuuseristä. Esimerkiksi 18/08/2011 bitcoiniin sijoitetun yhden Yhdysvaltain dollarin arvo nousi 13/02/2018 mennessä 781,93 dollariin, kun vastaava sijoitus S&P 500 -indeksiin nousi samalla periodilla ainoastaan 2,33 dollariin. Vuoden 2017 tammikuun ensimmäisenä päivänä yhden bitcoinin arvo on ollut tuhat Yhdysvaltain dollaria ja joulukuun puolivälissä lähemmäs 20000 dollaria. Bitcoinin jyrkkä kurssinousu vuoden 2017 aikana on yllättänyt jopa kaikista optimistisimmat markkina-analyytikot ja varhaiset sijoittajat.

Tällaista hintakäyttäytymistä ei pystytä riittävän hyvällä tavalla selittämään perinteisten talousteorioiden, kuten ostovoimapariteetti- tai korkopariteettiteorian avulla. Yleisesti valuutat voidaan määritellä taloudellisina hyödykkeinä, joiden hinta määräytyy markkinoiden kysynnän ja tarjonnan vuorovaikutuksen perusteella. Kysyntään ja tarjontaan puolestaan vaikuttavat valuuttaa liikkeeseen laskevan valtion tai instituution makrotaloudelliset tekijät, kuten bruttokansantuote, korot, inflaatio ja työttömyysaste. Koska kryptovaluutoille ei ole olemassa makrotaloudellisia perustekijöitä, niiden tarjontafunktio on joko kiinteä tai kehittyy jonkin yleisessä tiedossa olevan algoritmin mukaisesti, kuten bitcoinin tapauksessa. Kryptovaluuttamarkkinoiden kysyntäpuolta ei myöskään aja eteenpäin taustalla olevan talouden odotettu makrotaloudellinen kehitys, sillä sellaista taloutta ei kryptovaluutoilla ole. Sen sijaan kysyntä muodostuu valuutan hallussapidon ja sen jälkeisen myymisen odotetuista voitoista. Lisäksi perinteisiin omaisuuseriin, kuten osakkeisiin ja velkakirjoihin verrattuna kryptovaluutoista ei makseta osinkoja tai korkoja, joten niiden pelkkä hallussapito ei tuota voittoa.

Markkinoita hallitsevat siten pääasiassa lyhytaikaiset sijoittajat, trendien etsijät ja kurssikeinottelijat. Täten bitcoinin kurssikehitystä ajaa eteenpäin sijoittajien usko kryptovaluutan jatkuvaan kasvuun, jolloin sentimentti nousee tärkeäksi muuttujaksi kurssivaihtelua tutkittaessa. (Kristoufek 2013, 1; Detzel, Liu, Strauss, Zhou, & Zhu 2018, 1.)

Bitcoinin laajalle levinneestä mediahuomiosta huolimatta suhteellisen harvat tieteelliset tutkimukset ovat keskittyneet Bitcoinin. Böhme, Christin, Edelman ja Moore (2015) tutkivat Bitcoinin mahdollisuuksia häiritä olemassa olevia maksujärjestelmiä ja mahdollisesti jopa valuuttajärjestelmiä. Sentimentin ja bitcoinin kurssivaihtelun yhteyttä ovat tutkineet esimerkiksi Kristoufek (2013), Matta, Lunesu ja Marchesi (2015), Georgoula, Pournarakis, Bilanakos, Sotiropoulos ja Giaglis (2015) sekä Bukovina ja Martiček (2016). Tutkimuksista saadaan pääosin yhteneviä tuloksia siitä, että sentimentin avulla pystytään selittämään ja ennustamaan bitcoinin kurssivaihtelua. Sentimentin mittareina on usein käytetty Googlen ja Wikipedian hakutietoja sekä Twitteristä ja Internetin keskustelupalstoilta muodostettuja aineistoja.

Bitcoinin ympärille on vuosien saatossa muodostunut laaja ekosysteemi, johon kuuluu esimerkiksi markkinapaikkoja, transaktiopalveluiden tarjoajia, markkinainformaation tarjoajia ja nykyään myös futuurikaupankäyntiä (Grinberg 2011, 165; Cointelegraph 2018). Koska Bitcoinin perustamisen tarkoitus on toimia vaihtoehtoisena rahan muotona, jota toimijat voivat käyttää vaihdantaan ilman ylempien yksikköjen, kuten pankkien tai keskuspankkien osallisuutta, nousee lisäksi esiin kysymys siitä, kuinka hyvin bitcoin voi toimia valuuttana (Lo & Wang 2014, 3). Esimerkiksi Yermack (2013) sekä Lo ja Wang (2014) ovat tutkineet sitä, miten bitcoin täyttää rahan tehtävät.

Tämän pro gradu -tutkielman tarkoituksena on tutkia, mitkä tekijät liikuttavat bitcoinin kurssia ja pystytäänkö kurssivaihtelua selittämään sentimentin avulla. Analyysi on jaettu kahteen osaan, joista ensimmäinen käsittelee ajanjaksoa vuoden 2011 elokuusta vuoden 2016 loppuun ja toinen ajanjaksoa vuoden 2017 alusta vuoden 2018 helmikuuhun. Käytettyjä sentimenttimuuttujia on yhteensä kuusi kappaletta, joiden lisäksi hyödynnetään tuottomuuttujia sekä yleisiä tuottojen ennustamiseen käytettyjä muuttujia. Bitcoinin kurssin vaikuttavia tekijöitä tutkitaan VAR-mallinnuksen (vector autoregression) avulla ja jälkimmäisellä ajanjaksolla hyödynnetään lisäksi lineaarista regressioanalyysiä. Tutkimushypoteesina on, että tuotto- ja ennustemuuttujat selittävät bitcoinin kurssivaihtelua enemmän ajanjaksolla ennen vuotta 2017 ja sentimenttimuuttujat vuoden 2016 jälkeisellä ajanjaksolla. Tutkimuksen selitettävänä muuttujana käytetään bitcoinin päivittäisen hinnan sijaan sen päivittäistä tuotto prosenttia, jotta siitä saadaan vertailukelpoinen muiden tuottomuuttujien kanssa. Viitattaessa Bitcoin-verkkoon ja sitä ympäröivään ekosysteemiin kirjoitetaan sana "Bitcoin" tässä tutkielmassa isolla alkukirjaimella, kun taas viitattaessa bitcoinin valuuttana kirjoitetaan se puolestaan pienellä alkukirjaimella.

Tutkielmassa tarkastellaan aluksi rahan tehtäviä sekä kysyntää ja maksujärjestelmien kehittymistä. Seuraavassa luvussa käsitellään Bitcoinia ja

siihen liittyvää teknologiaa sekä arvioidaan, miten bitcoin täyttää rahan tehtävät. Luvussa 4 käsitellään sentimenttiä ja käydään läpi tutkimuksia, joissa sentimenttiä on hyödynnetty valuuttakurssituottojen ennustamisessa sekä bitcoinin kurssivaihtelun selittämisessä. Luvussa 5 esitellään tutkimuksessa käytetty aineisto ja tutkimusmenetelmät. Tätä seuraavat tulokset ja johtopäätökset.

2 RAHA JA MAKSUJÄRJESTELMÄT

2.1 Rahan tehtävät

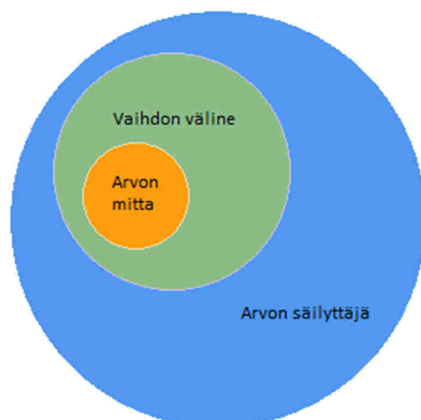
Rahan perusolemus ei riipu sen muodosta vaan sen tehtävistä, sillä esimerkiksi karjaa on käytetty rahana, kuten myös simpukankuoria. Nykytaloudessa raha esiintyy pääasiallisesti pankkitalletuksina ja vähäisemmässä määrin seteleinä ja kolikoina. (Richardson 2013, 113.) Riippumatta rahan muodosta, sillä on kolme ensisijaista tehtävää kansantaloudessa. Näistä ensimmäinen on toimia vaihdon välineenä; valuutan tai sekkiä muodossa olevaa rahaa käytetään hyödykkeiden ja palveluiden maksamiseen lähes kaikissa markkinoilla tapahtuvissa transaktioissa. Jotta raha toimisi luotettavana vaihdon välineenä, täytyy löytyä maksujärjestelmä eli jokin turvallinen järjestelmä arvon siirtämiseksi. (Robleh, Barrdear, Clews, & Southgate 2014a, 263). Vaihdon välineenä toimiminen erottaa rahan muista omaisuuseristä, kuten osakkeista, velkakirjoista tai asunnoista.

Transaktiokustannukseksi voidaan määritellä hyödykkeiden ja palveluiden vaihdantaan käytettynä aikana. Transaktiokustannukset ovat korkeita sellaisessa vaihdantataloudessa, jossa hyödykkeitä ja palveluita vaihdetaan suoraan toisiin hyödykkeisiin ja palveluihin, sillä tällöin ihmisten täytyy löytää joku, joka tarjoaa heidän haluamaansa hyödykettä tai palvelua ja joka samalla tarvitsee heidän tarjoamaansa hyödykettä tai palvelua. Rahan hyödyntäminen vaihdon välineenä edistää taloudellista tehokkuutta poistamalla suuren osan hyödykkeiden ja palveluiden vaihdantaan käytetystä ajasta, mikä edistää myös työvoiman erikoistumista. (Mishkin 2016, 96-98.)

Toinen rahan tehtävistä on toimia arvon mittana. Jotta raha voisi toimia arvon mittana, kuluttajien on kohdeltava sitä laskentayksikkönä vertaillessaan vaihtoehtoisten hyödykkeiden hintoja keskenään. Esimerkiksi tietyssä kahvilassa kaksi euroa maksava kahvikupillinen ymmärretään helposti olevan hinnaltaan kaksinkertainen verrattuna toisessa kahvilassa yhden euron hintaan myytävään kahvikupilliseen. (Yermack 2013, 11.)

Kolmas rahan tehtävä on toimia arvon säilyttäjänä. Rahan toimiessa arvon säilyttäjänä henkilö saa rahaa haltuunsa tietyllä hetkellä ja voi käyttää sen hyödykkeisiin ja palveluihin haluamallaan hetkellä tulevaisuudessa. Kun raha kulutetaan, henkilö odottaa vastineeksi saamansa taloudellisen arvon olevan yhtä suuri kuin rahan arvo sen hankintahetkellä. (Yermack 2013, 12.) Raha ei kuitenkaan ole ainutlaatuinen arvon säilyttäjänä, sillä mitä tahansa omaisuuserää, kuten osakkeita, velkakirjoja, asuntoja tai taidetta voidaan käyttää varallisuuden säilyttämiseen. Monilla omaisuuserillä on arvon säilyttäjänä etulyöntiasema rahaan nähden, sillä ne voivat antaa omistajalleen rahatalletuksia korkeammat korkotuotot tai kokea arvonnousuja. Muiden ominaisuuksien lisäksi on kuitenkin tärkeää huomioida omaisuuserien likviditeetti eli se, kuinka helposti ja nopeasti tietty omaisuuserä voidaan muuntaa vaihdon välineeksi. Raha on kaikista likvidein omaisuuserä, sillä se on samanaikaisesti vaihdon

väline: rahaa voi käyttää maksuvälineenä ilman, että sitä tarvitsee muuntaa ensin vaihdon välineeksi. Arvopaperit ja aineelliset omaisuuserät puolestaan täytyy muuntaa rahaksi ennen kuin ne soveltuvat vaihdon välineeksi, mikä lisää transaktiokustannuksia. Tästä syystä ihmiset ovat myös valmiita pitämään rahaa hallussaan, vaikka se ei olisikaan kaikista houkuttelevin arvon säilyttäjä. (Mishkin 2016, 96-98.)



KUVIO 1 Rahan tehtävät. Lähde: Robleh, Barrdear, Clews & Southgate 2014b.

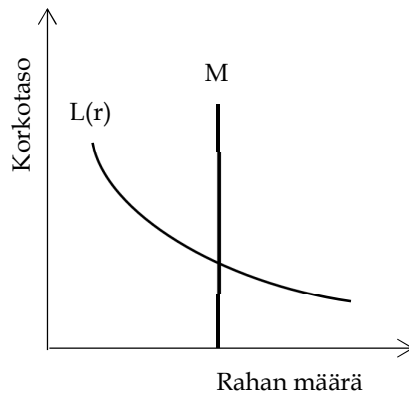
Rahan tehtävien voidaan ajatella toimivan porrastetusti (Kuvio 1). Edellä mainitusti monia omaisuuseriä, kuten asuntoja tai taidetta, pidetään arvon säilyttäjinä, vaikka niitä ei käytetä vaihdon välineenä. Vaihdon välineenä omaisuuserä voi puolestaan toimia ainoastaan silloin, jos transaktion osapuolina vähintään kaksi ihmistä ovat halukkaita pitämään sitä arvon säilyttäjänä edes väliaikaisesti. Viimeisenä, jotta omaisuuserää pidettäisiin arvon mittana, täytyy sen ainakin periaatteessa toimia vaihdon välineenä eri transaktioissa useiden ihmisten välillä ja edustaa siten eräänlaista yhteistyön muotoa yhteiskunnassa. Tästä syystä jotkut ekonomistit pitävät arvon mittana toimimista rahan tärkeimpänä ominaisuutena. (Robleh, Barrdear, Clews & Southgate 2014b, 279.)

2.2 Rahan kysyntä

Keynes (1957) esittelee teoksessaan likviditeettipreferenssin käsitteen, jolla tarkoitetaan sitä osaa henkilön rahamääräisesti arvotetuista varoista, jotka hän on halukas säilyttämään rahana erilaisissa tilanteissa. Koron Keynes (1957) määrittelee korvaukseksi maksuvalmiudesta luopumisesta tietyksi ajanjaksoksi. Korkeus on siten "hinta", joka tasapainottaa saatavilla olevan käteisen määrän ja halukkuuden pitää varallisuutta hallussa käteisen muodossa. Tämä viittaa siihen, että jos korko olisi matalampi eli korvaus käteisestä luopumisesta pienentyisi, yleisön haluaman käteisen määrä ylittäisi saatavissa olevan tarjonnan. Jos korkoa nostettaisiin, muodostuisi käteisen ylijäämä, jota kukaan ei haluaisi pitää hallussaan. Tämän selityksen pitäessä paikkansa, rahan määrä on toinen tekijä,

joka yhdessä likviditeettipreferenssin kanssa määrittelee todellisen koron annetuissa olosuhteissa. Likviditeettipreferenssi korjaa siten yleisön hallussaan pitämän rahan määrän, kun korko on annettu. Olkoon r korko, M rahan määrä ja L rahan kysyntää kuvaava likviditeettipreferenssifunktio, jolloin $M = L(r)$ (Kuvio 2). (Keynes 1957, 166-170.)

Keynes jaottelee rahan kysynnän kolmeen osaan: transaktiokysyntään, varovaisuuskysyntään ja spekulatiiviseen kysyntään. Transaktiokysynnällä tarkoitetaan rahan hallussa pitämistä maksuvälineenä tuloja ja menoja tasaavissa transaktioissa. Transaktiokysyntä vaihtelee lyhyellä aikavälillä suorasti kansantulon tason kanssa ja käänteisesti jossain määrin rahoitusarvopapereiden tämänhetkisen tuoton kanssa. Varovaisuuskysyntä määritellään ennalta arvaamattomiin hyödyllisiin ostoihin tai muihin menoihin varautumiseksi. Lisäksi tulevien velkojen maksua varten sellaisten omaisuuserien hallussapito, joiden arvo on kiinteä rahaksi muutettuna, on esimerkki varovaisuuskysyntämotiivista. Spekulatiivisella kysynnällä tarkoitetaan rahan hallussa pitämistä odottaen, että arvopapereiden hinnat laskevat. Spekulatiivisen kysynnän suuruus riippuu nykyisten korkojen suhteesta niihin korkoihin, joita ihmiset odottavat. Lisäksi, spekulatiivinen kysyntä on tärkeä tekijä etenkin rahan määrän muutosten välittämässä. (Keynes 1957, 195-196; Richardson 2013, 115.)



KUVIO 2 Rahan kysynnän määräytyminen

Riippumatta siitä, kuinka paljon yritykset ja kotitaloudet haluavat pitää rahaa hallussaan, sen määrän on vastattava valtion luoman rahan tarjontaa. Kuviossa 2 pystysuora viiva M kuvaa annettua rahan tarjontaa, jolloin nykyinen korkotaso saadaan suoran M ja rahan kysyntää kuvaavan käyrän $L(r)$ leikkauspisteestä. Jos rahan määrää kasvatetaan, on korkotason laskettava, jotta yleisö on halukas pitämään hallussa kasvanutta rahan tarjontaa. Vastaavasti rahan määrää pienennettäessä korkotason on noustava. (Richardson 2013, 115-116.)

Ihmisen hallussaan pitämän rahan määrän koko ei myöskään ole hänen oman hallintansa ulottumattomissa eikä hänen siten tarvitse antaa sen vaihdella automaattisesti tulojensa ja menojensa mukaan. Tulojen ja menojen tilapäiseen epätasapainoon voidaan reagoida eri tavoin: Hetkellinen tulojen ylijäämä

voidaan hyödyntää velkamäärän vähentämiseen tai hyödykkeiden ja rahoitusomaisuuden, kuten arvopapereiden ostamiseen. Vastaavasti hetkellinen tulojen alijäämä voidaan kuitata lainaamalla tai myymällä hyödykkeitä ja rahoitusomaisuutta. Näihin toimenpiteisiin sisältyy kuitenkin omat riskinsä ja kustannuksensa, joten keskimääräinen hallussa pidetyn rahan määrä on tietoisesti tehty valinta. Rahan tarve ei myöskään ole varmaa tai täydellisesti ennustettavissa. (Richardson 2013, 113-114.)

2.3 Maksujärjestelmien kehittyminen ja digivaluutat

Useimmissa kansantalouksissa nykyään käytössä olevat maksuteknologiat ovat kehittyneet varhaisesta pankkijärjestelmästä ja sisältävät yhä rakenteellisia piirteitä niiltä ajoilta. Maksuprosessi on pysynyt muuttumattomana 1700-luvulta lähtien: nykyaikaisissa maksujärjestelmissä maksut suoritetaan edelleen vähentämällä tietty summa asiakkaan tilin saldosta ja lisäämällä vastaava summa vastaanottajan tilille. Myös nykyisin käytössä olevan, keskitetyn maksujärjestelmän perusrakenne on uuden teknologian soveltamisesta huolimatta pysynyt muuttumattomana. Eroavaisuus tulee saldojen kirjaamisessa ja eri pankkien välisissä siirroissa käytetystä teknologiasta.

Teknologinen kehitys 50 viime vuoden aikana on vaikuttanut maksujärjestelmiin kahdella ratkaisevalla tavalla. Ensiksi, kirjaukset ja tilikirjat on muutettu paperisesta elektroniseen muotoon, mikä on lisännyt transaktioiden käsittelynopeuksia ja vähentänyt toiminnallisia riskejä. Toiseksi, edullisemmän teknologian kehittyminen on mahdollistanut uusien maksujärjestelmien ja vaihtoehtoisten valuuttojen esiintulon. Jotkut näistä uusista innovaatioista, esimerkiksi mobiilimaksujärjestelmät, keskittyvät tekemään maksuista helpommin saavutettavissa olevia laajemmalle kuluttajajoukolle turvautuen kuitenkin yhä samalla johonkin luotettuun keskitettyyn yksikköön. Vielä uudemmat innovaatiot puolestaan ovat tuoneet esiin täysin erilaisen, hajautetun rakenteen maksujärjestelmiin luottamalla keskitetyn yksikön sijaan kryptografiaan.

Digivaluuttajärjestelmät edustavat sekä uusia maksujärjestelmiä että uusia valuuttoja. Kuluttajat voivat vaihtaa digivaluuttoja toistensa kanssa vastineeksi tavallisista hyödykkeistä ja palveluista ilman kolmatta osapuolta, kuten pankkia, eikä digivaluuttojen luontia myöskään valvo yksikään keskuspankki. Robleh ym. (2014a) esittävät digivaluuttojen keskeiseksi innovaatioksi hajautetun tilikirjan (distributed ledger), joka mahdollistaa maksujärjestelmien toimimisen täysin hajautetusti ilman välikäsiä. Hajautettu tilikirja on perustavanlaatuinen esimerkki siitä, mihin suuntaan maksujärjestelmien toiminta voi kehittyä. Käytännössä hajautettu lähestymistapa ei rajoitu maksuihin, sillä nykyään valtaosa erilaisista rahoitusvaroihin kuuluvista omaisuuseristä, kuten osakkeista ja velkakirjoista, löytyy ainoastaan digitaalisessa muodossa keskitetyistä tietokannoista. (Robleh ym. 2014a, 262-265.)

Verrattuna yleisesti käytössä oleviin rahan muotoihin, kuten seteleihin tai pankkitalletuksiin, digivaluutat eivät ole saatavia kenellekään. Tältä osin digivaluuttoja voidaan pitää tietynlaisina hyödykkeinä. Lisäksi kalkan kaltaisiin aineellisiin hyödykkeisiin verrattuna digivaluutat voidaan nähdä aineettomina omaisuuserinä tai digitaalisina hyödykkeinä. Koska digivaluutat eivät ole keskuspankin tai valtion velkakirjoja tai vieraan pääoman eriä, erottuvat ne merkittäväällä tavalla kansallisista valuutoista, vaikka se ei kuitenkaan estä niiden käyttöä rahana.

Yksi digivaluuttojen merkittävä piirre johtuu alhaisista transaktiokustannuksista. Nykyään digivaluuttamaksuihin liittyvät kustannukset ovat tyypillisesti pienempiä kuin esimerkiksi luottokortilla maksamisen tai kansainvälisten tilisiirtojen yhteydessä perittävät kulut. Kustannukset ovat alhaisia huolimatta siitä, että digivaluuttojen kohdalla transaktioiden vahvistamisen rajakustannukset ovat korkeammat kuin keskitetyissä maksujärjestelmissä. Korkeammat rajakustannukset johtuvat tietokonepalvelinten toiminnan kasvavista skaalatuotoista, sillä useimmissa digivaluutoissa transaktiot vahvistetaan kuluttajien toimesta huomattavan määrän tietokoneiden laskentatehoa vievällä "louhinnalla" (mining). Lisäksi louhintaan liittyy kannustin tehdä suuria investointeja uuteen laitteistoon, minkä vuoksi rajakustannukset voivat ajan myötä kasvaa.

Alhaisten transaktiokustannusten taustalla ovat pääasiassa transaktioiden vahvistajille eli louhijoille (miner) uuden valuutan muodossa maksetut kannustinpalkkiot. Monet digivaluutat sisältävät kuitenkin ennalta määrätyn tarjontapolun, joka johtaa kiinteään lopulliseen tarjontaan. Tästä syystä kannustinpalkkioiden maksamista ei välttämättä voida ylläpitää pitkällä aikavälillä, jolloin kiinteätarjontaiset digivaluutat voivat joutua kilpailemaan muiden maksujärjestelmien kanssa kustannusperusteisesti. Kilpailu voi digivaluuttojen korkeiden rajakustannusten takia olla haastavaa, ellei louhijoiden määrä vähene merkittävästi. Tällöin jäljelle jäävät louhijat pystyisivät lisäksi hyötymään mittakaavaeduista. (Robleh ym. 2014b, 278-281.)

3 BITCOIN

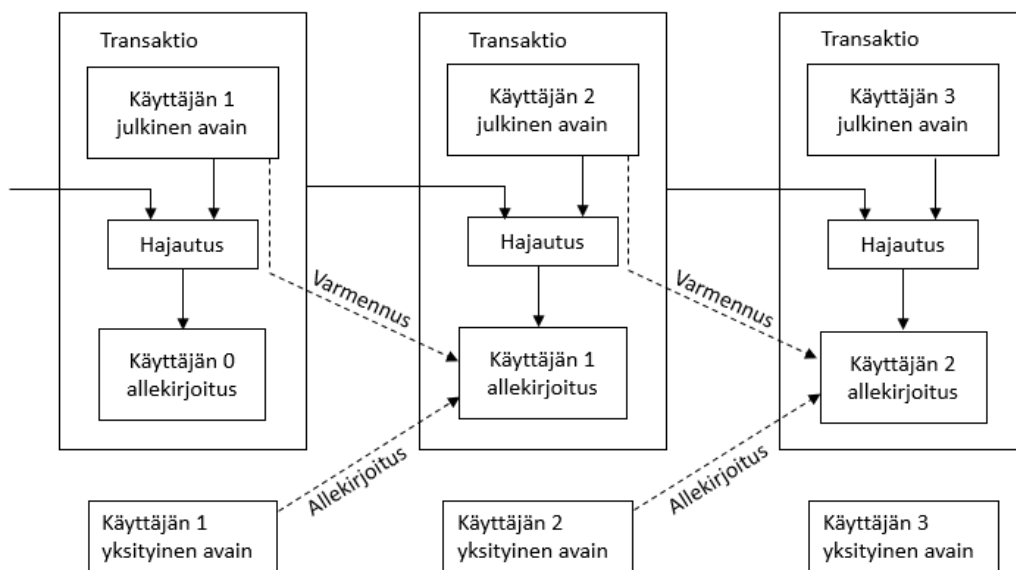
Bitcoin on verkossa toimiva viestintäprotokolla, joka mahdollistaa digitaalisen valuutan käytön, mukaan lukien verkon välityksellä tehdyt transaktiot (Böhme, Christin, Edelman & Moore 2015, 213). Bitcoin on esitelty ensimmäisen kerran salanimellä Satoshi Nakamoto julkaistussa kirjoituksessa vuonna 2008. Vaikka digivaluuttoja on esitelty jo 1980-luvulla, bitcoin on ensimmäinen ja edelleen suurin menestynyt digivaluutta. Bitcoinia kutsutaan kryptovaluutaksi, sillä se turvautuu kryptografian menetelmiin transaktioiden vahvistamiseksi. Tällä hetkellä on olemassa useita satoja kilpailevia kryptovaluuttoja, kuten Litecoinin, Ethereum tai Ripple, joista useimmat joko perustuvat Bitcoiniin tai ovat luotu sen innoittamana. Valuutta "bitcoin" on osa Bitcoin-verkkoa, joten bitcoinin tarjontaa ei hallitse mikään tietty instituutio, kuten keskuspankki, vaan se toimii hajautetusti vertaisverkossa (peer-to-peer), mikä vähentää merkittävästi transaktiokustannuksia, turvaa yksityisyyttä ja vähentää väärinkäytösmahdollisuuksia. (Harvey 2014, 2; Gandal, Hamrick, Moore & Oberman 2017, 2.) Motiivit Bitcoinin perustamisen taustalla vaikuttavat olleen laajalti aatteellisia, sillä digivaluutta on suunniteltu suoraan poistamaan tarve kolmansiin osapuoliin kohdistuvalle luottamukselle sekä rahan tarjonnan tai maksujärjestelmien keskitetylle valvonnalle (Robleh ym. 2014a, 267).

3.1 Teknologia taustalla

Kaikki bitcoinit kirjataan transaktioina. Sen sijaan, että transaktiot tallennettaisiin yksittäiselle palvelimelle tai joukolle palvelimia, Bitcoin perustuu kaikkien osallistuvien tietokoneiden yli hajautettuun transaktiorekisteriin. Kuka tahansa voi luoda Bitcoin-tilin maksutta ilman henkilöllisyyden todistamista tai edes vaatimusta välittää oikeaa nimeä, ja lisäksi Bitcoinin ohjelmisto on vapaasti ladattavissa verkosta. Ohjelmiston käyttöönoton yhteydessä käyttäjä saa tyypillisesti digitaalisen "lompakon" bitcoinien säilytystä varten, henkilökohtaisen verkkoaseman Bitcoin-verkosta ja pääsyn kaikki vahvistetut transaktiot sisältävään tietorakenteeseen.

Bitcoin turvautuu kryptografian perusmenetelmiin kahdella tavalla: transaktioiden varmentamiseen kryptografisesti sekä julkiseen ja yksityiseen avaimeen perustuvan avainkryptologian hyödyntämiseen bitcoinien käytössä ja varastoinnissa. Standardin avainkryptologian avulla kuka tahansa käyttäjä voi luoda julkisen avaimen ja siihen liitetyn yksityisen avaimen, joista julkiset avaimet ovat nimensä mukaisesti suunniteltu laajalti jaettaviksi. Tietyn julkisen avaimen avulla salatut viestit voi purkaa ainoastaan se käyttäjä, jolla on hallussaan vastaava yksityinen avain. Tämä mahdollistaa viestin salaamisen siten, että ainoastaan ennalta määrätty vastaanottaja voi lukea sen. Vastaavasti yksityisen avaimen avulla salatut viestit voidaan purkaa ainoastaan vastaavalla

julkisella avaimella, minkä ansiosta tietyn käyttäjän lähettämän viestin aitous voidaan varmentaa. Bitcoinin kohdalla vastaavaa salaustekniikkaa käytetään todentamaan käskyjä siirtää rahaa käyttäjältä toiselle. Tällaiset käskyt salataan käyttämällä lähettäjän yksityistä avainta, minkä avulla kaikki käyttäjät voivat varmistaa sen, että käsky on tosiasiasa tullut oikealta lähettäjältä. Bitcoinin siirtäminen käyttäjältä toiselle tapahtuu allekirjoittamalla edellisen transaktion hajautusalgoritmi sekä seuraavan käyttäjän julkinen avain ja lopuksi lisäämällä nämä transaktion perään. Lisäksi digitaalisissa lompakoissa säilytettäviin bitcoineihin pääsee käsiksi ainoastaan oikean yksityisen avaimen avulla. Kuvio 3 havainnollistaa transaktioiden salaus- ja varmennusprosessia. (Nakamoto 2008, 2; Böhme ym. 2016, 215-216.)



KUVIO 3 Transaktioiden salaus- ja varmennusprosessi. Lähde: Nakamoto, 2008.

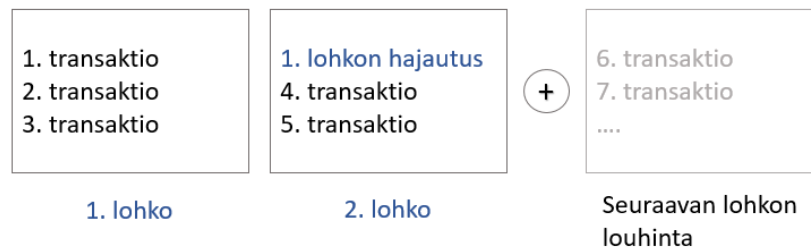
Jokainen Bitcoin-verkkoon kirjattu uusi transaktio ryhmitellään tietyin väliajoin viimeaikaisista transaktioista koostuviin lohkoihin. Varmistaakseen sen, että yhtään luvaton transaktiota ei ole lisätty, uutta lohkoa verrataan aina viimeisimpänä julkaistuun lohkoon, mikä muodostaa toisiinsa yhdistetyistä lohkoista koostuvan lohkoketjun (Blockchain). Lohkoketju on julkinen tietokanta, jota ylläpidetään avoimesti tietokoneiden avulla ympäri maailmaa: se on peräkkäinen rekisteri kaikista transaktioista ja nykyisistä bitcoinien omistajuuksista, joten perinteiseen rahan käsitteeseen verrattuna jokaisen bitcoinin historia on tunnettu. Lohkoketjun tietorakenteen ansiosta jokainen Bitcoin-verkon käyttäjä voi varmistaa sen, että aikaisempi transaktio on tosiasiasa tapahtunut. (Blundell-Wignall 2014, 8; Böhme ym. 2015, 217.)

Transaktioiden ja lohkojen keskeinen ominaisuus on niiden aikaleima, minkä vuoksi lohkoketjua voidaan pitää hajautetun tilikirjan lisäksi muuttumattomana kirjausketjuna (Catalini & Gans 2016, 8). Aikaleimapaalvelimen toiminta perustuu hajautusalgoritmin ottamiseen lohkokosta,

joka odottaa aikaleimausta, minkä jälkeen hajautus julkaistaan. Jokaisen aikaleiman hajautusalgoritmi sisältää tiedon edeltävästä aikaleimasta muodostaen kaikkia aikaisempia aikaleimoja vahvistavan ketjun. (Nakamoto 2008, 2.)

Transaktioiden seuranta ja todentaminen tapahtuvat louhimiseksi kutsutun prosessin avulla. Suurin osa louhinnasta tapahtuu louhintapooleissa, joissa louhijat yhdistävät käytettävissä olevan laskentatehonsa. Lohkon kiinnittämiseksi louhijat kilpailevat kryptografisen tehtävän ratkaisemisesta ja tehtäviä onnistuneesti ratkaisseet louhijat palkitaan bitcoineilla. Toisena kannustimena ovat lisäpalkkiot (transaction fees), joita myyjät ja ostajat voivat halutessaan tarjota transaktion vahvistaneelle louhijalle. Tehtävien vaikeus sopeutuu louhijoiden lukumäärän muuttuessa, jotta lohkoketjuun lisätään uusi lohko ennalta määrättyyn tahtiin kymmenen minuutin välein (Grinberg 2011, 163). Tällä hetkellä tehtävän ratkaissut louhija palkitaan 12,5 bitcoinilla. Bitcoinin säännöstö edellyttää tämän palkkion puoliintumista 210 000 lohkon välein eli noin joka neljäs vuosi, jolloin bitcoinien suunniteltu lopullinen kokonaismäärä, 21 miljoonaa kappaletta, saavutetaan suureksi osaksi vuoteen 2040 mennessä (Harvey 2014, 4; Robleh ym. 2014a, 266-267.)

Tehtävän ratkaisemisen jälkeen louhija julkaisee lohkon, joka sisältää todennuksen (proof-of-work) tehtävän ratkaisemisesta sekä kaikista edellisen tehtävän ratkaisun julkistamisen jälkeen tarkastelluista transaktioista ja lisäksi viittauksen edelliseen valmiiseen lohkoon. Kun muut louhijat ovat vahvistaneet ratkaisun oikeellisuuden, he alkavat työstää uutta lohkoa. Koska louhijat esittävät jatkuvasti ratkaisuja tehtäviin, he siten vahvistavat transaktioita "äänestämällä" oikeellisesta bitcoin-transaktioiden rekisteristä. Bitcoin-transaktio ei ole lopullinen ennen kuin se on lisätty lohkoketjuun. Joissain tapauksissa transaktioiden joukkoa voidaan joutua muuttamaan pari minuuttia lohkoketjuun lisäämisen jälkeen, jos suurin osa louhijoista on saanut tehtävästä erilaisen ratkaisun. Usein bitcoin-transaktioita pidetään lopullisina vasta kuuden vahvistuksen jälkeen, jotta varmistetaan transaktion todella olevan kirjattu lohkoketjun pysyvään osaan. Vaikka tämä lisää varmuutta, aiheuttaa se myös noin tunnin viiveen ennen kuin tietty bitcoin-transaktio on lopullisesti varmistettu. Kuvio 4 havainnollistaa lohkoketjun rakennetta. (Böhme ym. 2015, 217.)



KUVIO 4 Lohkoketju. Lähde: Catalini & Gans 2016.

Bitcoinin lohkoketjulla on kaksi tärkeää ominaispiirrettä. Ensiksi, jokainen Bitcoin-verkkoon kuuluva voi varmistaa sen, että vaihdon toisella osapuolella on vaadittu määrä bitcoineja käytettävissään. Samaa bitcoinin osuutta ei voida käyttää useammin kuin kerran, joten lohkoketjun avulla vältetään myös päällekkäisen käytön (double spending) kaltaisilta ongelmilta. Toiseksi, koska lohkoketju on turvattu todella pitkälle kehitetyillä kryptografisilla toiminnoilla, on hyvin epätodennäköistä, että siihen pystyttäisiin murtautumaan ja siten muuttamaan transaktioita. Lohkoketjuun murtautuminen vaatisi lisäksi saman verran laskentatehoa kuin kaikilla louhijoilla on yhteensä käytettävissään. Bitcoin-verkon tehoa mitataan hajautusalgoritmien avulla ja vastaavan tehon valjastaminen vaatisi satoja tuhansia maailman nopeimpia supertietokoneita. Louhijoiden työpanos varmistaa siten sen, että lohkoketjun sisältämä julkinen tieto kaikista transaktioista on turvattu. (Harvey 2014, 3-4.)

3.2 Bitcoin ja rahan tehtävät

3.2.1 Vaihdon väline

Valuutan toimimista vaihdon välineenä voidaan arvioida kuluttajien toteuttamien transaktioiden määrällä sekä sillä, kuinka moni kauppias on valmis hyväksymään kyseisen valuutan käytön maksusuorituksissa. Bitcoin-transaktioiden määrä on noussut huippuunsa vuoden 2017 loppupuolella noin 400 000 päivittäisellä transaktiolla (Blockchain.info 2018). Kasvava määrä erityisesti verkkokauppoja on viime vuosina alkanut hyväksyä bitcoinin maksumuotona, mutta suurin osa bitcoin-transaktioista koostuu edelleen vaihdannasta spekulatiivisten sijoittajien välillä. Bitcoinin maailmanlaajuinen kaupallinen käyttö on kuitenkin pientä verrattuna perinteisemmällä tavoilla tehtyjen transaktioiden määrään. Myös lompakkokohtaisia transaktiomääriä arvioimalla useimmat kuluttajat vaikuttavat ainoastaan pitävän bitcoineja hallussaan sen sijaan, että käyttäisivät niitä päivittäisissä transaktioissa. (Yermack 2013, 9-10; Robleh ym. 2014b, 279-280.) Esimerkiksi Expedia ja Overstockin kaltaisten suurempien ja tunnetumpien yritysten bitcoinin käyttöönotto viittaa kuitenkin siihen, että valtavirta on havainnut bitcoinin edustaman teknologian tarjoavan riittävän positiivisia nettohyötyjä, jotta sitä on kannattavaa kokeilla (Lo & Wang 2014, 4). Myös bitcoinin markkina-arvo on kasvanut merkittävästi vuoden 2017 aikana (CoinMarketCap 2018).

Alhaisten transaktiokustannusten, nimettömien transaktioiden ja kasvaneen käytön ansiosta bitcoin voisi toimia hyvin vaihdon välineenä, mutta tätä rajoittavia tekijöitä kuitenkin löytyy (Mishkin 2016, 102). Yksi este laajalti käytetyksi vaihdon välineeksi muuttumiselle johtuu uusien bitcoinien hankinnan vaikeudesta perinteisiin valuuttoihin nähden. Ellei kuluttaja ole menestynyt bitcoinin louhija, hänen täytyy hankkia bitcoineja verkossa toimivista kauppapaikoista tai välittäjiltä ja sen jälkeen pystyä säilyttämään niitä turvallisesti. Lisäksi kuluttajilla on nykyään mahdollisuus ostaa ja myydä

bitcoineja ETF:ien kautta, joita esimerkiksi CBOE on lanseerannut (Cointelegraph 2018). Olemassa olevien bitcoinien vaihdantaan sisältyy alhainen likviditeetti, merkittäviä osto- ja myyntihintojen eroja sekä tietty määrä toteutus- ja säilytysriskiä. Lisäksi vaatimusta bitcoinien hallussapidosta ennen hyödykkeiden ja palvelujen ostamista ei voida ohittaa, sillä bitcoineissa ilmoitettuja luottokortteja tai bitcoin-kulutustuottoja ei ole vielä koskaan myönnetty. (Yermack 2013, 9-11.)

Ensisijainen hyöty bitcoinin käytössä vaihdon välineenä tulee alhaisten transaktiokustannusten tuomista säästöistä maksujen käsittelykustannuksissa. Bitcoinin kurssin erittäin korkea volatilitteetti kuitenkin tasoittaa näitä hyötyjä. Esimerkiksi vuosina 2010-2013 bitcoinin volatilitteetti oli 26 kertaa suurempi kuin S&P 500 -indeksin (Baek & Elbeck 2015, 32). Myyjien täytyy ottaa käyttöön bitcoinin ”valuuttakurssiriskille” altistumista minimoivia toimenpiteitä, mikä hankaloittaa heidän liiketoimiaan. Lo ja Wang (2014) tuovat tutkimuksessaan esille bitcoinin voimakkaan hintavaihtelun aiheuttamia ongelmia kauppiaille. Ensiksi, koska myyjät poikkeuksetta haluavat kauppatavaransa hinnan vaihtelevan huomattavasti vähemmän kuin bitcoinin kurssi, he ilmoittavat hintansa tavallisissa valuutoissa, esimerkiksi Yhdysvaltain dollareissa, vähentääkseen näkyvää hinnan vaihtelua ja joutuvat päivittämään kassalla bitcoineissa ilmoitettua hintaa usein veloittaakseen tarpeellisen määrän dollareita. Vaihdon välineenä toimimista voi siten heikentää myös se, jos asiakkaat eivät pidä siitä, etteivät tiedä ennakkoon lopullisella ostohetkellä tarvitsemaansa bitcoinien määrää.

Transaktioiden peruuttamattomuus aiheuttaa kohonneen transaktioriskin bitcoineissa tehtyihin maksuihin. Jos bitcoineja on lähetetty virheen tai huijauksen seurauksena, Bitcoinin järjestelmässä ei ole mitään sisäänrakennettua mekanismia tällaisten transaktion perumiseksi. Kilpailevien maksutapojen keskuudessa peruuttamattomuus asettaa bitcoinin epäedulliseen asemaan. (Böhme ym. 2015, 227.) Bitcoineissa tehtyjen ostojen kohdalla peruuttamattomuudesta aiheutuu ongelmia myös palautusten käsittelyssä. Peruuttamattomuuden takia transaktiot voidaan hyvittää ainoastaan tekemällä uusi transaktio toiseen suuntaan, joten useat myyjät tarjoavat hyvityksen palautuksista ainoastaan kaupan sisäisen luoton (in-store credit), esimerkiksi lahjakorttien muodossa. Tällaisten hyvitysten arvo ilmoitetaan yleensä jossain tavallisessa valuutassa, jolloin kauppiaan ei kuitenkaan tarvitse laskea tarkkaa määrää bitcoineja, jonka hän on palautushetkellä velkaa asiakkaalle. (Lo & Wang 2014, 4-11.)

3.2.2 Arvon mitta

Bitcoinin kurssin korkea volatilitteetti aiheuttaa ongelmia myös arvon mittana toimimisessa, sillä bitcoineja maksuvälineenä hyväksyvät kauppiat ilmoittavat hintansa tyypillisesti tavallisissa valuutoissa, kuten euroissa tai dollareissa ja harjoittavat muita edellä mainittuja toimia valuuttakurssiriskin pienentämiseksi (Lo & Wang 2014, 10). Toinen kurssivaihteluun liittyvä ongelma johtuu eroavuuksista ”tämänhetkisissä markkinahinnoissa”, joita bitcoinista voi nähdä

minä tahansa ajankohtana. Esimerkiksi viidessä kaupankäyntimäärältään suurimmassa markkinapaikassa yhden bitcoinin hinnaksi ilmoitetaan 17/07/2018 kello 16:04 6178,20, 6180,89, 6178,95, 6178,70 ja 6175,74 Yhdysvaltain dollaria (WorldCoinIndex 2018). Erot markkinahinnoissa rikkovat yhden hinnan lakia, ja tällaiset olosuhteet eivät siten voisi arbitraasin helppouden vuoksi kestää kehittyneillä valuuttakurssimarkkinoilla.

Kenties suurin este arvon mittana toimimiselle johtuu kuitenkin yksittäisen bitcoinin korkeasta hinnasta verrattuna kaikista tavallisimpien tuotteiden ja palveluiden hintoihin. Tästä syystä kauppiaiden täytyy ilmoittaa tuotteidensa bitcoin-hinnat nykyään jopa yli viidellä desimaalilla. Kuluttajia tällaiset desimaalitarkkuudet todennäköisesti hämmentävät. Esimerkiksi, jos tietty tuote maksaa 0,0001853 bitcoinia (yhden euron) ja toinen tuote 0,0009265 bitcoinia (viisi euroa), voi hintojen nopea vertailu olla hankalaa. On vaikeaa löytää maailmasta mitään muuta valuuttaa, jota käyttämällä hinnat täytyisi ilmoittaa vastaavalla tavalla, ja lisäksi monet paljon käytetyt kirjanpito-ohjelmistot pystyvät ilmoittamaan hinnat korkeintaan kahden desimaalin tarkkuudella. (Yermack 2013, 12-13.)

3.2.3 Arvon säilyttäjä

Valuutan pitäminen arvon säilyttäjänä on kautta historian tarkoittanut pohjimmiltaan sen turvaamista varkauksia vastaan joko fyysisesti piilottamalla tai tallettamalla pankkiin. Koska bitcoineilla ei ole aineellista ilmenemismuotoa, täytyy ne sen sijaan säilyttää digitaalisissa lompakoissa, joiden turvallisuus on osoittautunut ongelmalliseksi. Jos kuluttaja löytää tavan bitcoiniensa hallussa pitämiseksi ja turvaamiseksi, tulee seuraava ongelma bitcoinin volatilitteetin aiheuttaman riskin hallinnasta. Bitcoinin huomattava volatilitteetti perinteisiin valuuttoihin verrattuna osoittaa sen olevan heikko arvon säilyttäjä jopa lyhyellä aikavälillä, mikä samalla heikentää valuutan kelpoisuutta toimia arvon mittana ja vaihdon välineenä. Bitcoinin toiminta keskipitkän tai pitkän aikavälin arvon säilyttäjänä riippuu lisäksi sen kysynnän vahvuudesta, mikä puolestaan riippuu kuluttajien kehittyvistä uskomuksista kryptovaluutan lopullisesta menestyksestä. (Yermack 2013, 14; Robleh ym. 2014b, 279.)

Yermack (2013) vertaa tutkimuksessaan bitcoinin hinnan kehitystä perinteisten valuuttojen kurssivaihteluun sekä kullan hintavaihteluun. Euron, Sveitsin frangin ja Englannin punnan vaihtokurssit suhteessa Yhdysvaltain dollariin osoittavat vahvaa positiivista korrelaatiota keskenään. Myös Japanin jenin vaihtokurssi sekä kullan hinta osoittavat vastaavaa korrelaatiota muiden valuuttojen vaihtokurssien kanssa, vaikka hieman vähemmässä määrin. Bitcoinin vaihtokurssin korrelaatio puolestaan on lähestulkoon nolla kaikkien vaihtokurssien sekä kullan hinnan kanssa.

Bitcoinin ero kullasta ja kansainvälisesti merkittävistä valuutoista on huomattava. Useisiin valuuttoihin samankaltaisesti vaikuttavat makrotaloudelliset muutokset eivät näytä vaikuttavan bitcoiniin millään tavalla. Yermackin (2013) aineiston perusteella bitcoin on tehoton riskinhallinnan

välineenä, johon valuuttoja tyypillisesti käytetään. Käänteisesti on myös vaikeaa suojautua niiltä riskeiltä, joilla voi olla vaikutuksia bitcoiniin. (Yermack 2013, 15.)

3.3 Bitcoiniin liittyvät riskit ja ongelmat

Bitcoinin rakenne aiheuttaa selkeitä riskejä, jotka poikkeavat muista maksutavoista ja arvon säilyttäjistä (Böhme et ym. 2015, 226). Ensimmäisenä näistä ovat kuluttajansuojaan liittyvät ongelmat, joita aiheuttaa bitcoinin irrallisuus pankkitoiminnasta ja maksujärjestelmistä. Useimpia valuuttoja käsitellään pankkitilien kautta, joita puolestaan suojaavat kansainväliset sopimukset, eritasoiset sääntelyt ja talletussuojat. Ilman mahdollisuutta käyttää tällaisia järjestelmiä bitcoin on osoittautunut haavoittuvaksi huijauksille, varkauksille ja muulle lainvastaiselle toiminnalle. Vaikka bitcoin on suunniteltu kannattamaan hajauttamista, bitcoin-transaktioita tukevista sivullisista välikäsistä koostuva laaja ekosysteemi on muodostunut sen ympärille. Tähän ekosysteemiin sisältyy esimerkiksi markkinapaikkoja perinteisten valuuttojen ja bitcoinin väliseen valuutanvaihtoon, lounapöytäpalveluitä, rahansiirtopalveluitä ja lompakkopalveluiden tarjoajia. Suurin osa bitcoinien hallussa pitämiseen liittyvistä riskeistä johtuu kuitenkin näiden välikäsien kanssa vuorovaikutuksissa olemisesta. (Moore & Christin 2013, 26; Yermack 2013, 17.)

Erytisesti lompakkopalveluitä tarjoavat sivustot ovat muodostuneet tuottoisiksi kohteiksi verkkorikollisille. Digitaalisten lompakoiden lisäksi bitcoineja on kuitenkin mahdollista säilyttää myös markkinapaikoissa, vaikka nekään eivät ole turvassa verkkohyökkäyksiltä. Mooren ja Christinin (2013) tutkimista 40 markkinapaikasta 45 prosenttia on sulkenut toimintansa kokonaan. Sulkeutuneista markkinapaikoista 46 prosenttia ei ole antanut hyvitystä asiakkailleen ja vaihdantamäärältään suuret markkinapaikat ovat pieniä markkinapaikkoja todennäköisemmin sulkeutuneet tietomurtojen seurauksena. (Moore & Christin 2013, 32.) Esimerkiksi Mt. Gox -markkinapaikkaan tapahtuneen murren seurauksena markkinapaikka sulkeutui ja asiakkaat menettivät kaikki siellä säilyneet bitcoinit. Tällaiset tapahtumat voivat kuitenkin kannustaa muita kryptovaluuttojen markkinapaikkoja parantamaan tietoturvaansa. (Blundell-Wignall 2014, 11.)

Turvallisuutta tietomurtoja vastaan on pyritty lisäämään myös erillisillä "kylmävarastoilla" (cold storage), joita markkinapaikat tarjoavat. Kylmävarastoissa säilytetyt bitcoinit ei löydy miltään verkkopalvelimelta eikä siten miltään toiselta tietokoneelta, ja tarvittaessa bitcoinit voidaan siirtää kylmävarastoista digitaalisiin lompakoihin. Kylmävarastojen mahdollisia muotoja ovat esimerkiksi paperilompakot, fyysisten bitcoinien kaltaiset hallintaesineet tai tallelokeroissa säilytettävät USB-tallennusvälineet. (Bitcoin Wiki 2018.)

Toiset bitcoinin toimintaan liittyvät ongelmat tulevat nimettömistä transaktioista, jotka mahdollistavat yhteiskunnallisesti haitallisten toimien, kuten veropetosten ja rahanpesun laajenemisen. Kuten käteissiirrot, myöskään

bitcoineissa tehdyt rahansiirrot eivät ole kolmansien osapuolten jäljitettävissä ja ovat pohjimmiltaan näkymättömiä veroviranomaisille. Kaikki käyttäjät voivat nähdä jokaisen bitcoin-transaktion ja julkiset avaimet, mutta eivät niihin kiinnitettyjä henkilöllisyyksiä, mikä tekee verotuksesta laajalti merkityksetöntä. Samasta syystä myös rahanpesu on mahdollista. (Blundell-Wignall 2014, 13.) Esimerkkinä laittomasta toiminnasta on myös pääasiassa huumausaineiden myyntiin keskittynyt Silk Road -kauppapaikka, joka toimi piilopalveluna Tor-verkossa. Silk Road auttoi luomaan bitcoineille alkuaikojen mainetta laittomuuksina, vaikka tämä ei kuitenkaan näyttänyt vahingoittavan ollenkaan bitcoinien vetovoimaa. Bitcoinien käyttö on jatkanut yleistymistä perinteisemmissä kaupoissa, ja Silk Road suljettiin sen jälkeen, kun Yhdysvaltojen viranomaiset pidättivät palvelun johtajan lokakuussa 2013. (Yermack 2013, 6-7.)

Iso ongelma Bitcoinin kohdalla muodostuu myös tarpeesta laskea uudelleen koko lohkoketjun historia kaikkien transaktioiden oikeellisuuden varmistamiseksi ja turvallisuuden takaamiseksi, mikä vie jatkuvasti yhä enemmän laskentatehoa. Vaikka louhijoita palkitaan tästä varmennustoiminnasta, myös kustannukset ovat merkittäviä. (Blundell-Wignall 2014, 15.) Lisäksi skaalattavuusongelma on merkittävä sähkönkulutuksen kannalta. Bitcoin-verkko kuluttaa enemmän sähköä vuodessa kuin useat maat ja esimerkiksi vuonna 2016 Bitcoin-verkon toimintaan on kulunut sähköä lähes kuusi kertaa enemmän kuin koko VISA-maksujärjestelmään. Kestävyyttä ajatellen vähemmän energiaa kuluttavia varmennusmenetelmiä on kuitenkin myös kehitteillä, mitkä voivat mahdollisesti ratkaista Bitcoinin skaalattavuusongelmasta johtuvan energiankulutuksen. (Digiconomist 2018.)

Veronkierron ja korkean sähkönkulutuksen kaltaiset ongelmat aiheuttavat riskejä myös kuluttajille, sillä valtiot voivat niiden johdosta asettaa tai kiristää Bitcoinin liittyviä rajoituksia. Esimerkiksi vuoden 2017 lopulla bitcoinin kurssi romahti Etelä-Korean julkistaessa uusia toimenpiteitä bitcoinien kaupankäynnin rajoittamiseksi ja uhatessa myös sulkea kryptovaluuttojen markkinapaikat (99bitcoins 2018).

Jotta bitcoinin voisi toimia luotettavana arvon säilyttäjänä ja arvon mittana kaupallisilla markkinoilla ja siten vakiintua todelliseksi valuutaksi, täytyy sen päivittäisen arvon muuttua vakaammaksi. Myös bitcoinien käyttöön vaadittava suhteellisen korkea tietokoneen käyttötaito on esteenä bitcoinien laajalle omaksumiselle. (Yermack 2013, 16.) Lisäksi suurin osa Bitcoin-verkon käyttäjistä näyttää ainoastaan pitävän bitcoineja hallussaan sen sijaan että käyttäisi niitä päivittäisissä transaktioissa. Myös Ronin ja Shamirin (2013) tutkimuksen perusteella bitcoineja pidetään hallussa enemmän arvon säilyttäjänä kuin vaihdon välineenä, sillä heidän tutkimuksessaan toteutettu analyysi lohkoketjun tiedoista viittaa siihen, että noin puolta bitcoineista ei ollut kulutettu kolmen kuukauden aikana niiden vastaanottamisen jälkeen. Bitcoinien korkeaa arvoa tukee siten ainakin kohtalaisessa määrin Bitcoinin tukijoiden optimistiset odotukset. (Ron & Shamir 2013.) Lisäksi bitcoinilla ei ole sisäistä arvoa kuten esimerkiksi kullalla eikä sitä tue mikään keskuspankin kaltainen itsenäinen

yksikkö, joten bitcoinin tämänhetkinen markkina-arvo kenelle tahansa kuluttajalle on täysin riippuvainen hänen odotuksestaan siitä, ovatko muut kuluttajat myöhemmin halukkaita ottamaan vastaan bitcoineja riittävän korkealla hinnalla (Lo & Wang 2014, 4). Bitcoinin hyödyllisyys riippuu siten pohjimmiltaan sen hyödyllisyydestä valuuttana kulutustaloudessa, ja bitcoinien tarjontafunktio ja kysyntäkäyrä johdetaan suoraan sen välittämistä hyödyistä (Yermack 2013, 9).

Bitcoinin asema laillisena valuuttana on edelleen epävarma. Bitcoin osoittaa valuutan tunnusmerkkejä, mutta sen korkea volatiliteetti asettaa kyseenalaiseksi sen, täyttääkö bitcoin selkeästi valuutan edellytykset. Useat valuutat ovat kärsineet korkeasta volatiliteetista, mutta näiden valuttojen ja bitcoinin tärkein ero on se, että bitcoin ei ole valtionjohdon tukema. On melko varmaa, että bitcoinin pätevyys valuuttana tulee pysymään epävarmana lähitulevaisuudessa. Jotta bitcoin voi saavuttaa laajan hyväksynnän valuuttana, täytyy sen kasvaa käyttömäärissä ja päästä eroon turvallisuuteen liittyvistä ongelmista. Tällä välin on kuitenkin löytynyt näyttöä bitcoinin hyödyllisyydestä taloudellisena instrumenttina. (Carrick 2016, 2323.)

4 SENTIMENTTI HINTOJEN MÄÄRITTÄJÄNÄ

4.1 Arbitraasi, hintojen määräytyminen ja sentimentti

Shleifer ja Summers (1990) esittelevät tehokkaiden markkinoiden hypoteesille (Efficient Market Hypothesis, EMH) vaihtoehtoisen lähestymistavan markkinahintojen määräytymiselle. Noise trader -lähestymistavan ensimmäisen oletuksen mukaan kaikki sijoittajat eivät käyttäydy täysin rationaalisesti ja heidän riskipitoisten arvopapereiden kysyntään voivat vaikuttaa myös sentimentit. Sentimentti mittaa tietyn sijoittajan tai kaikkien sijoittajien odotuksia normiin verrattuna: optimistinen (bullish) sijoittaja uskoo tuottojen olevan keskivertoa korkeampia, kun pessimistinen (bearish) sijoittaja uskoo niiden olevan keskivertoa matalampia (Brown & Cliff 2004, 2). Toisena oletuksena on arbitraasin rajallisuus. Arbitraasi määritellään täysin rationaalisten, sentimenteille altistumattomien sijoittajien tekeminä kauppoina, joilla he pyrkivät tekemään riskitöntä voittoa hyödyntämällä kahden identtisen arvopaperin hintaeroa kahdella eri markkinalla. Näiden kahden tekijän seurauksena voidaan todeta, että rationaaliset sijoittajat eivät täysin vastaa sentimentin muutoksiin, joten nämä muutokset vaikuttavat siten arvopapereiden tuottoihin.

Shleifer ja Summers (1990) jakavat sijoittajat kahteen ryhmään: rationaalisiin sijoittajiin eli arbitraasin etsijöihin (arbitrageurs) sekä muihin sijoittajiin (noise traders). Arbitraasin etsijät muodostavat täysin rationaaliset odotukset arvopapereiden tuotoista. Muiden sijoittajien eli epärationaalisesti päätöksensä tekevien noise traderien mielipiteet ja kaupankäynnin kaavat voivat olla alttiina systemaattisille mieltymyksille. Noise traderit uskovat virheellisesti, että heillä on erityistä tietoa riskipitoisen arvopaperin tulevasta hinnasta. He voivat saada valesignaalin teknisestä analyysistä, arvopaperivälittäjiltä tai talousasiantuntijoilta ja järjenvastaisesti uskoa, että nämä signaalit sisältävät tietoa hinnoista. (De Long, Shleifer, Summers, & Waldmann 1990, 706; Shleifer & Summers 1990, 19-10.)

Arbitraasin etsijät ovat keskeisessä roolissa rahoitusmarkkinoilla. He käyvät kauppaa varmistaakseen, että jos tietylle arvopaperille löytyy täydellinen substituutti eli toisista arvopapereista koostuva, saman verran tuottava sijoitusportfolio, arvopaperin hinnan täytyy vastata substituuttiportfolion hintaa. Jos arvopaperin hinta putoaa substituuttiportfolion hinnan alapuolelle, arbitraasin etsijät myyvät portfolion ja ostavat arvopaperia, kunnes hinnat ovat tasoittuneet ja kääntäen silloin, kun arvopaperin hinta on ylittänyt substituuttiportfolion hinnan. Arbitraasin etsijöiden arvopaperin kysyntä substituuttiportfolion hinnalla on täysin joustavaa, sillä portfolion ollessa toisen portfolion täydellinen substituutti, arbitraasi on riskitöntä. Arbitraasi vahvistaa siten sen, että arvopapereiden suhteellisten hintojen täytyy olla yhtäläiset, jotta riskittömiä arbitraasimahdollisuuksia ei muodostu.

Vaikka riskitön arbitraasi takaa suhteellisten hintojen yhtäläisyyden, se ei edesauta esimerkiksi osakkeiden tai velkakirjojen hintatasojen selvittämistä kokonaisuudessaan. Toisin kuin yksittäisten arvopapereiden kohdalla, tällaisilla arvopapereiden ryhmittymillä ei ole läheisiä substituutteja, joten jos ne jostain syystä on hinnoiteltu väärin, arbitraasin etsijälle ei ole olemassa riskitöntä suojautumiskeinoa. Esimerkiksi, jos arbitraasin etsijä ajattelee osakkeiden olevan alihinnoiteltuja, hän ei voi enää ostaa osakkeita ja myydä substituuttiportfoliota, sillä sellaista portfoliota ei ole. Hänen on sen sijaan ainoastaan ostettava osakkeita tavallista korkeamman tuoton toivossa, mutta arbitraasi ei tällöin ole enää riskitöntä (Shleifer & Summers 1990, 19-20.)

Arbitraasia rajoittavia riskitekijöitä on kahdenlaisia, joista ensimmäinen on fundamenttiriski. Oletetaan, että arbitraasin etsijä myy lyhyeksi osakkeita, jotka myyvät hinnalla, joka ylittää tulevien osinkojen odotetun arvon. Arbitraasin etsijä kantaa riskiä siitä, että osinkojen realisointi tai siitä kertova uutisointi ovat odotettua parempia, jolloin hän kokee tappiota kaupankäynnissään. Ylihinnoiteltujen osakkeiden ostaminen on riskialtista, sillä aina on olemassa mahdollisuus, että markkina tuottaa poikkeuksellisen hyvin. Pelko tällaisesta tappiosta rajoittaa arbitraasin etsijän alkuperäistä asemaa ja estää hänen tekemänsä lyhyeksi myynnin ajamasta hintoja alas fundamentteihin asti.

Toinen arbitraasia rajoittava riskitekijä tulee arvopapereiden tulevan jälleenmyyntihinnan ennustamattomuudesta. Jos noise traderit ovat pessimistisiä tietyn arvopaperin suhteen ja ovat ajaneet sen hinnan alas, tätä arvopaperia ostavan arbitraasin etsijän täytyy tunnistaa, että noise traderit voivat muuttua entistä pessimistisemmiksi ja siten ajaa hintaa alas entisestään. Jos arbitraasin etsijän on realisoitava arvopaperit ennen hinnan palautumista, hän kokee tappiota. Jokaisen lyhyellä horisontilla sijoittavan arbitraasin etsijän on siten kannettava noise trader -riskiä eli riskiä noise tradereiden näkemysten muuttumisesta yhä kauemmaksi keskiarvostaan. Noise tradereiden tulevien näkemysten arvaamattomuuden takia hinnat voivat poiketa fundamenttiarvoistaan huomattavasti, vaikka fundamenttiriskiä ei olisi ollenkaan. (De Long ym. 1990, 705; Shleifer & Summers 1990, 20-21.) Monia rahoitusmarkkinoiden anomalioita, kuten osakemarkkinahintojen liiallista volatilitteettia ja mean reversionia, pystytään selittämään noise trader -idealla. (De Long ym. 1990, 735).

Arbitraasin ollessa rajoitettu sentimentin muutokset ovat tärkeä tekijä arvopapereiden hintojen määräytymisessä. Mitä matalampi on arbitraasin etsijöiden riskinkantokyky, sitä suurempi vaikutus sentimentin muutoksella on arvopaperin hintaan. (Shleifer & Summers 1990, 25, 30.) Sentimenttiä mitataan yleisesti erilaisilla kyselytutkimuksilla, mutta sitä voidaan mitata myös epäsuorasti erilaisten ennustemuuttujien (proxy), kuten lyhyen ajan korkojen tai suljettujen sijoitusrahastojen diskonton avulla. Sentimenttimittareita voidaan myös jaotella yksityisten ja institutionaalisten sijoittajien ryhmiin. (Brown & Cliff 2004, 2.)

Yksi ensimmäisiä mediaa sentimenttianalyyseissä hyödyntäviä tutkimuksia on Tetlockin (2007) tutkimus, jossa mitataan määrällisesti median ja

osakemarkkinoiden keskinäistä vuorovaikutusta. Sanastoon pohjautuvaa sentimenttianalyysiä hyödynnetään selvittämään, voiko sentimenttiä käyttää yhtenä arvopaperien hintamuutosten ennustajana. Tutkimuksessa käytetään päivittäistä sisältöä the Wall Street Journalin "Abreast of the Market" -kolumnista, jossa käsitellään yksityiskohtaisesti edellispäivän tapahtumia osakemarkkinoilla ja aika ajoin myös pyritään ennustamaan markkinoiden liikkeitä lähitulevaisuudessa. Tetlock (2007) hyödyntää General Inquirer (GI) -ohjelmaa kolumnin sisällön päivittäisen vaihtelun tutkimiseen aikavälillä 1984-1999. Jokaiselle päivälle kerätään sanomalehtisaineistoa laskemalla sanat kaikista 77 ennalta määrätystä kategoriasta Harvardin psykososiaalisesta sanakirjasta. Pääkomponenttien faktorianalyysin avulla kaikista 77 kategoriasta muodostetaan yksittäinen median pessimismiä kuvaava muuttuja. Tämän jälkeen Tetlock (2007) käyttää VAR-mallinnusta median pessimismin ja osakemarkkinoiden välisen suhteen arvioimiseksi.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että median korkea pessimismi aiheuttaa markkinahintoja alentavaa painetta, mistä seuraa paluu fundamenttiarvoja kohti. Lisäksi epätavallisen korkea tai matala median pessimismi johtaa hetkellisesti korkeampaan kaupankäyntimäärään markkinoilla. Nämä löydökset viittaavat siihen, että mediasisällön määrä toimii sentimentin mittarina, mutta ei fundamentti-informaation tai markkinoiden volatilitietin ennustajana. (Tetlock 2007.)

4.2 Valuuttakurssituottojen ennustaminen sentimentin avulla

Yli kolmen vuosikymmenen ajan valuuttakurssien ennustaminen on ollut aiheena monissa kansainvälisen rahatalouden tutkimuksissa (Heiden, Klein & Zwergel 2013, 559). Osakemarkkinoiden lisäksi myös valuuttakurssien ja sentimentin väliltä on löytynyt yhteyksiä. Menkhoff ja Rebitzky (2008) käyttävät tutkimuksessaan ZEW:n (Centre for European Economic Research) kuukausittaiseen rahoitusmarkkinakyselyyn pohjautuvaa sentimenttianeistoa, joka kattaa EUR/USD-valuuttasuhdetta koskevia odotuksia kuuden kuukauden aikahorisontilta. Kyselyyn vastanneista noin 75 prosenttia on rahoitussektorilla työskenteleviä ammattilaisia, pääasiassa markkina-analyytikkoja, mutta myös salkunhoitajia, pörssivälittäjiä ja ylempiä pankkiireja sisältyy otokseen. Kyselyssä osallistujia pyydetään kertomaan heidän kvalitatiiviset odotuksensa valuuttakurssista eli "ylös", "alas" tai "ei muutosta". Tämän tyyppisestä aineistosta pystytään mittaamaan optimististen sijoittajien prosenttiosuuden ja pessimististen sijoittajien prosenttiosuuden välinen erotus (bull-bear spread), jolloin sentimentti = ylös - alas. (Brown & Cliff 2004, 7; Menkhoff & Rebitzky 2008, 458-459.)

Menkhoff ja Rebitzky (2008) todistavat tutkimuksessaan, että sentimentti voi olla yhteyksissä valuuttakurssituottoihin myös pidemmällä, yli kahden vuoden aikavälillä. Sentimentti on lisäksi linjassa valuuttakurssifundamenttien kanssa, mikä riippuu valuuttakurssien poikkeamisesta pitkän aikavälin

ostovoimapariteetista. Lisäksi heidän tutkimuksensa perusteella sentimentti näyttää olevan linjassa pitkän aikavälin ostovoimapariteetin kanssa, mikä vahvistaa olettamusta siitä, että pitkän aikavälin valuuttakurssimallinnuksen näkemykset vaikuttavat markkina-ammattilaisiin. (Menkhoff & Rebitzky 2008, 461, 466.)

Heiden ym. (2013) arvioivat tutkimuksessaan sentimentin ja valuuttakurssien välistä yhteyttä. Tutkimuksessa hyödynnetään viikoittaista, pääasiallisesti saksalaisista sijoittajista koostuvaa sentimenttiaineistoa, joka kattaa kaksi valuuttakurssiparia: EUR/USD- ja USD/JPY-valuuttasuhteet. Viikoittaisista kyselyistä koostuva aineisto mahdollistaa sijoittajien valuuttakurssiodotusten informaation lähemmän tarkastelun erityisesti lyhyemmällä aikavälillä. Aineisto kattaa lisäksi sekä yksityiset että institutionaaliset sijoittajat, kun Menkhoffin ja Rebitzky (2008) käyttämä aineisto sisältää ainoastaan institutionaalisten sijoittajien alaryhmän. (Heiden ym. 2013, 559-560.)

Heidenin ym. (2013) tutkimustulokset vahvistavat ja laajentavat Menkhoffin ja Rebitzky (2008) löydöksiä, sillä heidän tulostensa mukaan sentimenttiaineistoa käyttämällä on mahdollista ennustaa EUR/USD-markkinan valuuttakurssituottoja keskipitkällä aikavälillä. Institutionaaliset sijoittajat näyttävät toteavan valuuttakurssien keskipitkän aikavälin suunnan oikeaksi tällä valuuttakurssimarkkinalla, ja siten heidän sentimenttinsä sisältää lisätietoa fundamenteista. USD/JPY-markkinan osalta puolestaan institutionaaliset sijoittajat eivät heidän otoksessaan pysty ennustamaan valuuttakurssien suuntaa. Yksityisten sijoittajien sentimentti puolestaan vaikuttaa ensisilmäyksellä ristiriitaiselta mittarilta, mutta lähemmällä tarkastelulla sen ennustevoima vaihtelee ja on voimakkaasti otoksesta riippuvaista. (Heiden ym. 2013, 575-576.)

Kansainvälisen kaupankäynnin kasvun myötä valuuttakurssien volatilitteetti on lisääntynyt niin fundamentti- kuin käyttäytymistieteellisestä näkökulmasta kasvattaen sentimenttien tärkeyttä, mitkä mahdollisesti aiheuttavat valuuttakurssien heilahteluja. Ur Rehman (2013) pyrkii tutkimuksessaan selvittämään, kuinka laajasti sentimentit selittävät valuuttakurssien volatilitteettia. Tutkimuksessa käytetään kuutta sentimenttimittaria: uusien listautumisantien määrää vuodessa, näiden listautumisantien ensimmäisen päivän tuottoja, suljettujen sijoitusrahastojen diskonttoa, osinkopreemiota, velkaantumisasetta sekä Karachin pörssin keskimääräistä päiväliikevaihtoa. Tulosten perusteella sentimentit selittävät valuuttakurssivaihtelua jonkin verran. Selitetyn vaihtelun laajuus ei kuitenkaan ole erityisen suuri, mikä viittaa siihen, että monilla muilla tekijöillä, kuten makrotaloudellisilla muuttujilla, keskuspankin interventioilla, viennillä ja tuonnilla sekä valtionjohdon pitkän aikavälin strategioilla on myös merkittävä rooli valuuttakurssien volatilitteettia selitettäessä. (Ur Rehman 2013, 124-133.)

4.3 Sentimentti bitcoinin kurssivaihtelun selittäjänä

Yksi ensimmäisiä bitcoinin kurssivaihtelun tutkimisessa sentimenttiä hyödyntäviä tutkimuksia on Kristoufekin (2013) tutkimus, jossa käytetään sentimentin mittarina Googelta ja Wikipediasta tehtyjä hakuja. Tutkimuksessa selvitetään bitcoinin kurssin ja Bitcoinin liittyvien hakujen välistä yhteyttä. Aikasarjat Google-hauista on muodostettu Google Trendsin aineistosta ja Wikipedia-hauista Bitcoinin Wikipedia-sivun vierailumääristä. Aineisto on Google Trendsin osalta viikoittaista ja Wikipedian osalta päivittäistä. Havaintoja aineistossa on toukokuusta 2011 vuoden 2013 kesäkuun loppuun. Kristoufek (2013) käyttää VAR-mallinnusta bitcoinin kurssin ja Google Trendsin hakujen välisen yhteyden tutkimiseen ja VECM-mallinnusta (Vector error correction model) bitcoinin kurssin ja Wikipedian hakujen välisen yhteyden tutkimiseen. Tutkimuksessa havaitaan, että bitcoinin hinnan ja molempien hakukoneiden hakujen välillä on voimakas positiivinen korrelaatio. Lisäksi bitcoinin kurssin ja etsittyjen termien väliltä löydetään voimakas kaksisuuntainen kausaalisuhde eli haut eivät ainoastaan vaikuta kurssiin, vaan myös kurssilla on vaikutusta tehtyihin hakuihin. Tuloksista nähdään myös, että bitcoinin kurssin ollessa korkealla kasvava kiinnostus kryptovaluuttaa kohtaa nostaa hintaa entisestään ja hinnan ollessa trendinsä alapuolella lisääntyvä kiinnostus puolestaan laskee hintaa entistä alemmas. (Kristoufek 2013.)

Matta ym. (2015) käyttävät tutkimuksessaan samankaltaista sentimentin mittaria kuin Kristoufek (2013). Tutkimuksessa vertaillaan bitcoinin hintakehitystä Google Trendsin hakuaineistoon sekä tviittien määrään ja erityisesti sellaiseen aineistoon, joka ilmaisee positiivista sentimenttiä. Tviiteistä muodostettu aineisto sisältää yhteensä 1924891 Bitcoinin liittyvää tviittiä vuoden 2015 tammikuusta maaliskuuhun. Tutkimuksessa toteutetun ristikorrelaatioanalyysin tuloksista nähdään, että positiiviset tviitit voivat muutaman päivän kuluttua edistää bitcoinin kurssivaihtelun ennustamista. Myös Google Trendsin haut voidaan nähdä tietynlaisena ennustavana muuttujana, sillä sen ristikorrelaatio bitcoinin hinnan nollannen viiveen kanssa saa korkean arvon. (Matta ym. 2015.)

Myös Georgoula ym. (2015) hyödyntävät tviittejä tutkimuksessaan, jossa bitcoinin kurssivaihtelua pyritään selittämään aikasarja- ja sentimenttisanalyysin avulla. Aineistoa on vuoden 2014 lokakuusta vuoden 2015 tammikuuhun. Selittävinä muuttujina käytetään keskeisiä taloudellista toimintaa kuvaavia muuttujia, teknisiä muuttujia ja tviiteistä johdettua sentimenttimuuttujaa. Lyhyen aikavälin yhteyksiä muuttujien välillä tutkitaan OLS-regressioiden avulla ja pitkän aikavälin yhteyksiä VECM-mallinnuksella. Tviiteistä muodostetulla sentimenttimuuttujalla havaitaan positiivinen vaikutus bitcoinin kurssiin lyhyellä aikavälillä. Sopiva sentimenttisanalyysi voi siten auttaa bitcoinin lyhyen aikavälin kurssivaihtelun ennustamisessa, mikä on linjassa Mattan ym. (2015) tulosten kanssa. Kuten Kristoufekin (2013) tutkimuksessa, myös tämän tutkimuksen tulosten perusteella Wikipedia-hauilla näyttää olevan

positiivinen vaikutus bitcoinin kurssiin lyhyellä aikavälillä. Lisäksi loushimisen vaikeusasteella havaitaan lyhyellä aikavälillä positiivinen vaikutus bitcoinin kurssiin, kun taas Yhdysvaltain dollarin ja euron välisellä valuuttakurssilla on negatiivinen vaikutus bitcoinin kurssiin.

Pitkän aikavälin yhteyksistä S&P 500 -indeksillä on Georgoulan ym. (2015) tulosten perusteella negatiivinen vaikutus bitcoinin kurssiin. Tämä viittaa siihen, että sijoittajat pitävät osakkeita ja bitcoineja toistensa substituutteina ja erityisesti lasku S&P 500 -indeksin arvossa houkuttelee sijoittajia myymään osakkeensa ja korvaamaan ne bitcoineilla. (Georgoula ym. 2015.)

Bukovina ja Martiček (2016) tarkastelevat tutkimuksessaan bitcoinin kurssin volatiliteettia sentimentin avulla. Tutkimuksessa käytetään päivänsisäistä sentimenttiaineistoa aikavälillä 12/12/2013 - 31/12/2015. Sentimenttimuuttuja määritellään kumulatiivisena, positiivisena ja negatiivisena sentimenttinä. Sentimenttiaineiston pääasiallinen lähde on reddit.com-sivusto. Sentimentin selitysvoima nousee huomattavasti korkean volatiliteetin aikana, erityisesti vuoden 2013 lopussa ja vuoden 2014 alussa vallinneella kupla-ajanjaksolla. Lisäksi tuloksista nähdään, että positiivinen sentimentti selittää negatiiviseen ja kumulatiiviseen sentimenttiin verrattuna eniten bitcoinin liiallista volatiliteettia, mikä on yhdenmukainen tulos Georgoulan ym. (2015) tutkimuksen kanssa. Tulosten perusteella sentimentti selittää kuitenkin vain marginaalisen osan bitcoinin volatiliteetista, mikä on odotettavissa oleva tulos ainoastaan yhden käytetyn sentimenttilähteen takia. (Bukovina & Martiček 2016.)

Yksi uudempia sentimenttianalyysejä bitcoinin kurssivaihtelun ja transaktioiden määrän ennustamisessa hyödyntäviä tutkimuksia on Kimin ym. (2017) tutkimus, jossa sentimenttiaineisto sisältää Google Trendsin ja Wikipedian hakujen lisäksi aineistoa Bitcoin Forum -keskustelupalstan julkaisuista ja kommentteista. Keskustelupalstan sisällöstä on lisäksi eroteltu ja arvioitu Bitcoinin liittyviä avainsanoja. Aineistoa on kerätty aikavälillä 01/12/2013 - 21/09/2016. Tutkimuksessa esitellyn metodin avulla bitcoinin kurssivaihtelua onnistutaan ennustamaan 80 prosentin tarkkuudella. Kiinaan, lohkoketjuun, muihin kryptovaluuttoihin sekä transaktioihin liittyvät aiheet auttavat tutkimuksessa toteutettujen Granger-kausaisuustestien perusteella bitcoinin kurssin ennustamisessa. Lisäksi muiden kryptovaluuttojen liikkeellä oloon ja transaktioihin liittyvillä aiheilla on tulosten perusteella vaikutusta bitcoinin transaktioiden määrään. Laskettujen korrelaatioiden perusteella useilla aiheilla on myös positiivinen lineaarinen suhde bitcoinin kurssin ja transaktioiden määrän kanssa, pois lukien Silk Road -kauppapaikkaan liittyvät aiheet. Internetin keskustelupalstoilta johdettu tieto nähdään tulosten perusteella hyvin soveltuvaksi Bitcoinin ja muihin kryptovaluuttoihin liittyviin tutkimuksiin, ja tutkitun aikavälin jakaminen sopiviin osiin todennäköisesti auttaisi tulosten tarkentamisessa. (Kim ym. 2017.)

4.4 Muut menetelmät bitcoinin kurssivaihtelun tutkimiseksi

Kristoufek (2015) analysoi tutkimuksessaan bitcoinin kurssivaihtelun mahdollisia lähteitä fundamenttilähteistä spekulatiivisiin ja teknisiin lähteisiin aikavälillä 14/09/2011 – 28/02/2014. Lisäksi tutkimuksessa analysoidaan Kiinan bitcoin-markkinoiden mahdollista vaikutusta kurssiin. Tutkimusmenetelmänä käytetään väreanalyysiä (wavelet analysis), jonka avulla pystytään tutkimaan muuttujien yhteyksien käyttäytymistä ajassa sekä eri esiintymistajuuksilla.

Tulosten perusteella bitcoinin kurssi nousee pitkällä aikavälillä, jos sitä käytetään enemmän vaihdantaan markkinapaikkojen ulkopuolella, ja nouseva kurssi puolestaan kasvattaa markkinapaikoissa tapahtuvaa kaupankäyntiä lyhyellä aikavälillä. Pitkällä aikavälillä bitcoinin kurssitasolla ja tarjonnalla on myös vaikutusta bitcoinin kurssiin, mikä käy yhteen perinteisen talousteorian kanssa. Louhimisen määrällä ja vaikeudella havaitaan positiiviset korrelaatiot bitcoinin kurssin kanssa pitkällä aikavälillä, joten nouseva kurssi voi myös kannustaa käyttäjiä ryhtymään louhijoiksi. Lyhyen aikavälin tarkastelussa molemmat korrelaatiot puolestaan muuttuvat negatiivisiksi, mikä nostaa esiin louhijoiden välisen kovan kilpailun, mutta myös markkinaosapuolten nopean sopeutumiskyvyn. Vaikka bitcoinin kurssit Yhdysvaltain dollareissa ja Kiinan yuaneissa liikkuvat hyvin samansuuntaisesti, Kristoufek (2015) ei löydä selkeää näyttöä siitä, että Kiinan markkinat vaikuttavat Yhdysvaltojen markkinoihin. Kaiken kaikkiaan bitcoin muodostaa erikoislaatuisen omaisuuserän, jolla on sekä tavallisten että spekulatiivisten rahoitusinstrumenttien ominaisuuksia. (Kristoufek 2015.)

Li ja Wang (2017) hyödyntävät teknistä analyysiä tutkiessaan bitcoinin kurssin dynamiikkaa. Kurssivaihtelua tutkitaan kahdella aikavälillä, joista ensimmäinen on 01/01/2011 – 31/12/2013 ja jälkimmäinen 01/07/2013 – 31/12/2014. Aikavälit on eroteltu Mt. Gox -markkinapaikan sulkeutumisajankohdan mukaan. Tutkimuksessa käytetään ARDL-mallia (autoregressive distributed lag) ääriarvoja testaavalla lähestymistavalla. Ensimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin kurssi reagoi tulosten perusteella ensisijaisesti markkinoiden toimintaan eli kaupankäynnin määrään ja volatilitettiin, mikä viittaa siihen, että spekulatiivinen sijoitustoiminta on hallinnut markkinapaikoissa tapahtuvaa arvoperusteista sijoittamista kyseisellä ajanjaksolla. Lisäksi kryptovaluuttaan kohdistunut julkinen kiinnostus joko nostaa tai laskee bitcoinin kurssia lyhyellä aikavälillä lähteestä riippuen. Kristoufekin (2015) tutkimuksen mukaisesti myös louhimisen vaikeudella havaitaan positiivinen, pitkällä aikavälillä vaimeneva vaikutus bitcoinin kurssiin.

Jälkimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin kurssin käyttäytyminen on puolestaan enemmän linjassa teoreettisten ennusteiden kanssa. Kurssivaihtelut muuttuvat riippuvaisemmiksi talouden perustekijöistä eivätkä reagoi niin herkästi väliaikaisiin nousuihin Bitcoinin kohdistuneessa kiinnostuksessa. Myöskään markkinoiden spekulatiot eivät enää näytä vaikuttavan kurssiin pitkällä aikavälillä. (Li & Wang 2017.)

Myös Detzel ym. (2018) käyttävät tutkimuksessaan teknistä analyysiä bitcoinin ennustettavuuden ja tuottavuuden tutkimiseksi. Tuloksista havaitaan, että bitcoinin tuotot ovat ennustettavissa tutkimuksessa muodostettujen liukuviin keskiarvoihin perustuvien kaupankäyntistrategioiden avulla. Bitcoinin kurssin liukuvat keskiarvot viidestä sataan päivään ennustavat tuottoja yhteisesti sekä otoksen aikavälillä että sen ulkopuolella. Tutkimuksen tulokset viittaavat myös siihen, että tekninen analyysi voi suojata sijoittajia tappioilta, jos bitcoinin kohdalla ilmenee samantapainen arvon romahdus kuin NASDAQ-indeksillä 2000-luvun alussa. Lisäksi bitcoinin kaupankäyntimäärät ovat ainakin osittain selitettävissä liukuvien keskiarvojen erilaisilla kaupankäyntisignaaleilla.

Kaupankäyntistrategian toimivuuden varmistamiseksi strategiaa testataan toisella kryptovaluutalla, Ripplellä, joka on markkina-arvoltaan kolmanneksi suurin kryptovaluutta. Tuloksista nähdään, että strategian toimivuus ei rajoitu ainoastaan bitcoiniin. Bitcoinin tuottojen ennustettavuutta tutkitaan myös yleisillä osaketuottojen ennustamiseen käytetyillä muuttujilla, joita ovat esimerkiksi VIX-indeksi sekä pitkän ja lyhyen aikavälin korkojen tuottoero. Näillä muuttujilla on jonkin verran ennustevoimaa otoksen sisällä, mutta ei ennustettaessa otoksen aikavälin ulkopuolella. (Detzel ym. 2018.)

5 AINEISTO JA MENETELMÄ

Tässä empiirisessä tutkimuksessa käytetty aineisto jaetaan tehtyjen regressioiden perusteella tuotto- ja ennustemuuttujiin sekä sentimenttimuuttujiin. Toteutetut regressiot on jaettu kahteen ajanjaksoon, joista ensimmäisen on 18/08/2011 – 31/12/2016 ja jälkimmäinen 01/01/2017 – 13/02/2018. Aineiston jakamisen perusteena on se, että Bitcoinin liittyvässä uutisoinnissa on erityisesti sosiaalisen median osalta ollut huomattavaa kasvua samaan aikaan, kun bitcoinin kurssi on lähtenyt ennätysmäiseen nousuun vuoden 2017 aikana: Jälkimmäisellä ajanjaksolla Bitcoinin mainintojen määrän keskiarvo sosiaalisessa mediassa on yli viisi kertaa korkeampi ja mainintojen määrän keskiarvo perinteisissä uutisissa yli neljä kertaa korkeampi kuin ensimmäisellä ajanjaksolla. Lisäksi sosiaalisen median mainintojen määrän minimi- ja maksimiarvot ovat ensimmäisellä ajanjaksolla 13,00 ja 41222,60, kun taas jälkimmäisellä ajanjaksolla minimiarvo on 6122,10 ja maksimiarvo 144116,60. Myös perinteisten uutisten osalta mainintamäärissä on kasvua, sillä minimi- ja maksimiarvot ovat ensimmäisellä ajanjaksolla 0,00 sekä 49945,10 ja jälkimmäisellä ajanjaksolla 667,40 ja 58436,90. Mainintamäärien kasvua havainnollistetaan myös graafisesti liitteissä 2a-2c.

Tutkimushypoteesina on, että sentimenttimuuttajat selittävät bitcoinin kurssivaihtelua enemmän vuoden 2016 jälkeen alkaneen kurssinousun aikana. Tuotto- ja ennustemuuttujien puolestaan odotetaan selittävän enemmän verrattain tasaisempaa kurssivaihtelua ajanjaksolla ennen vuotta 2017. Tästä syystä tuotto- ja ennustemuuttujista esitetyt tunnusluvut on laskettu ajalta ennen vuotta 2017. Selittävien muuttujien odotettuja vaikutuksia on tarkasteltu tarkemmin luvussa 5.2.

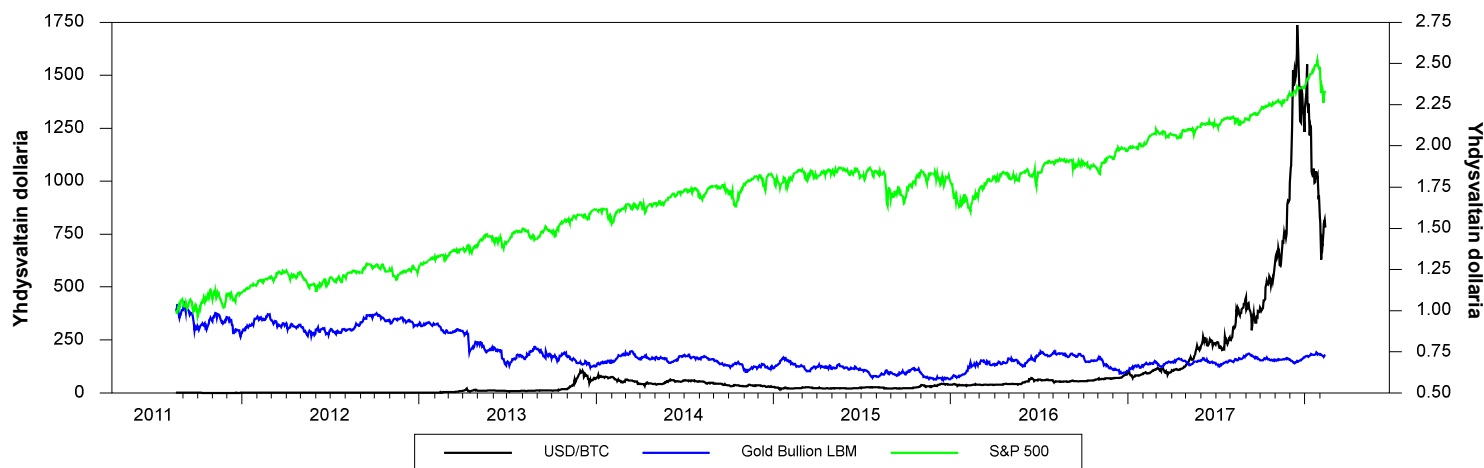
5.1 Aineisto

Tässä tutkimuksessa käytetyt tuottomuuttajat on muodostettu aineistosta, joka sisältää päivittäiset havainnot bitcoinin, kullan ja osakemarkkinaindeksin hinnoista aikavälillä 18/08/2011 – 13/02/2018. Kaikki hinnat ilmaistaan Yhdysvaltain dollareissa. Vaikka bitcoinin markkinapaikoissa kaupankäyntiä tapahtuu seitsemänä päivänä viikossa, aineistoon on otettu bitcoinin hinnat viideltä viikoittaiselta kaupankäyntipäivältä, jotta kurssidata on yhtenäinen kullan ja osakemarkkinoiden kaupankäyntipäivien kanssa.

Bitcoinin hinnat on otettu Bitstamp.com-markkinapaikasta, joka on vuonna 2011 perustettu, Luxemburgissa sijaitseva bitcoinin markkinapaikka. Kaupankäyntimäärissä Bitstamp nousi johtoasemaan Mt. Gox -markkinapaikan kaaduttua vuonna 2014, ja on edelleen yksi suurimmista bitcoinin markkinapaikoista (Yermack 2013, 2; WorldCoinIndex 2018). Kullan hintaindeksinä käytetään London Bullion Marketin (LBM) Gold Bullion -indeksiä. Osakemarkkinaindeksinä käytetään S&P 500 -indeksiä, joka sisältää

osakkeita 500 johtavasta Yhdysvaltalaisesta suuryrityksestä. Indeksiä pidetään laajalti parhaimpana yksittäisenä Yhdysvaltaisten suuryritysten osakepääoman mittarina ja se kattaa noin 80 prosenttia saatavilla olevasta osakkeiden markkina-arvosta. (S&P Dow Jones Indices 2018.)

Bitcoinin, kullan ja S&P 500 -indeksin hintakehitystä havainnollistaa kuvio 5, josta nähdään, kuinka yhden Yhdysvaltain dollarin sijoitus tarkastellun ajanjakson alussa on kehittynyt kussakin instrumentissa. Noin kuuden ja puolen vuoden mittaisen tarkastelujakson aikana S&P 500 -indeksiin sijoitetun Yhdysvaltain dollarin arvo on noussut noin 2,33 dollariin, kun kultaan sijoitetun dollarin arvo on laskenut noin 0,73 dollariin. Bitcoinin sijoitetun dollarin arvo puolestaan on vuoden 2017 joulukuussa ollut korkeimmillaan noin 1737,67 dollaria ja ajanjakson lopussa noin 781,93 dollaria. Kullan ja S&P 500 -indeksin hintakehitys on siten ollut huomattavasti tasaisempaa bitcoiniin verrattuna. Liitteestä 1 nähdään lisäksi näiden kolmen muuttujan hintakehitys samalle asteikolle skaalattuna.



KUVIO 5 Bitcoinin (USD/BTC, vasen asteikko), osakemarkkinaindeksiin (S&P 500, oikea asteikko) ja kultaan (Gold Bullion LBM, oikea asteikko) 18/08/2011 sijoitetun yhden Yhdysvaltain dollarin arvokehitys 13/02/2018 saakka

Tuottomuuttujina käytetään bitcoinin (BTC_daily), kullan (Gold_daily) ja osakemarkkinaindeksin (SP500_daily) päivittäisiä tuottoja, jotka on kunkin muuttujan kohdalla laskettu logaritmisina muunnoksina. Taulukossa 1 on esitetty kuvailevia tuottomuuttujista ajanjaksolle 18/08/2011 – 30/12/2016. Nähdään, että tarkastellulla ajanjaksolla bitcoinin ja osakemarkkinaindeksin päivittäiset tuotot ovat olleet keskimäärin positiivisia, kun taas kullan osalta hieman negatiivisia. Bitcoinin päivittäiset tuotot ovat olleet keskimäärin korkeimmat ja niissä on ollut myös selvästi enemmän vaihtelua kullan ja osakemarkkinaindeksin tuottoihin verrattuna. Korrelaatiot kaikkien kolmen muuttujan välillä ovat lievästi positiivisia, joista vahvin on korrelaatio kullan ja bitcoinin päivittäisten tuottojen välillä (0,06). Käytettyjen tuottomuuttujien välillä ei siten korrelaatioiden perusteella ole voimakasta riippuvuutta.

TAULUKKO 1 Kuvailevia tunnuslukuja tuottomuuttujista 18/08/2011 – 31/12/2016

Muuttuja	BTC_daily	Gold_daily	SP500_daily
Keskiarvo (%)	0,32	-0,03	0,04
Keskihajonta (%)	6,24	1,09	0,91
Minimi (%)	-66,39	-10,16	-4,02
Maksimi (%)	48,48	5,43	4,24
Vinous	-1,18	-0,86	-0,20
Huipukkuus	22,73	8,19	2,26
N	1401	1401	1302
Korrelaatiot			
BTC_daily	1,00	0,06	$0,30 \times 10^{-2}$
Gold_daily		1,00	0,01
SP500_daily			1,00

Tuottomuuttujien lisäksi mukaan on otettu yleisiä tuottojen ennustamisessa käytettyjä muuttujia, joita esimerkiksi Detzel ym. (2018) käyttävät tutkimuksessaan. Pitkän ja lyhyen aikavälin korkojen tuottoero (Term) on laskettu maturiteetiltaan 10 vuoden valtion velkakirjojen päivittäisen tuoton ja kolmen kuukauden LIBOR-koron (London Interbank Offered Rate) erotuksena, ja yritysten liikkeeseen laskemien joukkovelkakirjojen tuottoero (Def) on laskettu Moody's-yrityksen BAA- ja AAA-luottoluokitettujen velkakirjojen tuottojen erotuksena. Term- ja Def-muuttujien laskemiseen tarvittut tiedot on otettu St. Louis Federal Reserve -pankin FRED-tietokannasta. Osakemarkkinoiden odotuksia volatiliiteetista kuvaava VIX-indeksi (Log_VIX) ja S&P 500 -indeksin volyyymi (Log_SP500vol) on otettu Yahoo Finance -sivustolta ja bitcoinin päivittäisten transaktioiden määrä (Log_BTCvol) charts.bitcoin.com -sivustolta. Näistä kolmesta muuttujasta käytetään logaritmoituja arvoja. Lisäksi on muodostettu dummy-muuttuja merkittävistä bitcoinin kurssiin vaikuttaneista tapahtumista (Events). Näihin tapahtumiin sisältyy esimerkiksi bitcoin-futuureiden lanseeraus, bitcoin-markkinapaikkoihin murtautumisia ja niiden sulkeutumisia, suurten kansainvälisten yritysten ilmoituksia bitcoinin hyväksymisestä maksuvälineenä, suosituille internet-sivustoille asetettuja kieltoja kryptovaluuttojen mainonnalle sekä louhimisesta saatavan palkkion puoliintumispäivät. (99bitcoins 2018.)

Taulukossa 2 on esitetty kuvailevia tunnuslukuja käytetyistä ennustemuuttujista. Ennustemuuttujien ja bitcoinin päivittäisen tuoton välillä ei korrelaatioiden perusteella ole voimakasta riippuvuutta, sillä korrelaatiot ovat jokaisen muuttujan kohdalla melko lähellä nollaa. Näistä voimakkain on bitcoinin päivittäisen tuoton ja VIX-indeksin välinen korrelaatio (-0,08). Bitcoinin päivittäisen transaktiomäärän ja VIX-indeksin välillä on kuitenkin kohtalaisen voimakas negatiivinen korrelaatio (-0,47) eli osakemarkkinoiden volatiliiteettiodotusten ollessa korkealla bitcoinin päivittäinen transaktiomäärä on alhaisempi, ja päinvastoin.

TAULUKKO 2 Kuvailuvia tunnuslukuja ennustemuuttujista 18/08/2011 - 31/12/2016

Muuttuja	log_VIX	Term	Def	log_BTCvol	log_SP500vol	LIBOR
Keskiarvo	2,78	1,73	1,02	11,00	22,00	0,40
Keskihajonta	0,27	0,50	0,26	1,09	0,20	0,19
Minimi	2,33	0,68	0,53	8,44	20,95	0,22
Maksimi	3,82	2,79	1,54	12,72	22,75	0,99
Vinous	1,33	0,05	0,21	-0,80	-0,38	1,29
Huipukkuus	1,62	-0,81	-1,00	-0,02	2,78	0,74
N	1352	1316	1343	1402	1352	1357
Korrelaatiot						
BTC_daily	-0,08	-0,01	-0,00	0,03	-0,04	0,01
log_VIX	1,00	-0,22	0,57	-0,47	0,50	0,10
Term		1,00	-0,53	-0,10	-0,25	-0,75
Def			1,00	-0,27	0,35	0,33
log_BTCvol				1,00	-0,08	0,27
log_SP500vol					1,00	0,20
LIBOR						1,00

Tarkastellaan seuraavaksi tutkimuksessa käytettyä sentimenttiaiaineistoa, joka on muodostettu Thomson Reuters MarketPsych -indekseistä (TRMI). Indeksit jaotellaan kolmeen sisältöryhmään: perinteisiin uutisiin, sosiaaliseen mediaan ja näiden yhdistelmään. Jokaisessa sisältöryhmässä on hyödynnetty ainoastaan englanninkielistä tekstiä, ja aineistoa on otettu mukaan 18/08/2011 alkaen. Uutisaineisto sisältää Reutersin uutisaineistoa sekä Market Psych Data -yrityksen keräämää sisältöä joukosta valtavirran uutislähteitä sekä LexisNexis-yrityksen Internetistä keräämää uutisaineistoa. LexisNexisin keräämä sisältö rajoittuu tärkeimpiin kansainvälisiin ja alueellisiin uutislähteisiin, talousuutisten lähteisiin ja johtaviin toimialakohtaisiin lähteisiin. Sosiaalisen median aineisto muodostuu Internetin keskustelupalstoilta kerätystä sisällöstä, tviiteistä sekä LexisNexisin keräämästä sisällöstä sosiaalisesta mediasta. Aineisto sisältää sivustolle vievien linkkien määrän perusteella suosituimmat 20 prosenttia blogeista, mikroblogeista ja muusta talouteen liittyvästä sisällöstä sosiaalisessa mediassa. Lisäksi MarketPsych Data on ottanut mukaan sisältöä sadoista vähemmän suosituista instrumenttikohtaisista blogeista ja keskustelupalstoista.

Tämän tutkimuksen sentimenttiaiaineistoon sisällytetyt muuttujat ovat bitcoinin sentimentti-indeksit ja mainintojen määrän (buzz) mittarit eri sisältöryhmille. Sentimentti-indeksi sisältää kaikki positiiviset viittaukset bitcoiniin ilman negatiivisia viittauksia ja voi saada arvoja väliltä [-1,1.] Mainintojen määrä kertoo summan siitä, kuinka monta Bitcoiniin liittyvää sanaa ja ilmaisua on yhteensä käytetty TRMI-laskelmissa. Mainintojen määrä voi olla myös muu kuin kokonaisluku, jos jokin mukaan lasketuista sanoista tai ilmaisuista esitetään "minimoivan" termin yhteydessä, mikä vähentää varsinaisen sanan tai ilmaisun voimakkuutta. Esimerkiksi ilmaisussa "vähemmän huolestunut", sana "vähemmän" on minimoiva termi.

Käytettyjä sentimenttimuuttujia on yhteensä kuusi kappaletta, joista kolme ensimmäistä ovat uutisisältöön perustuva (Snews), sosiaalisen median sisältöön perustuva (Ssocial) sekä uutisten ja sosiaalisen median sisällöistä yhdistetty (Scombined) sentimentti-indeksi. Loput muuttujat ovat bitcoiniin liittyvien mainintojen määrät uutisissa (Bnews), sosiaalisessa mediassa (Bsocial) ja näitä kahta yhdistelevässä sisällössä (Bcombined). Sentimenttiaineistoa hyödyntävissä estimoinneissa käytetty bitcoinin päivittäinen tuotto on laskettu Coindesk.com-sivuston hinta-aineistosta, johon sisältyy bitcoinin hinnat myös viikonlopuilta. Taulukossa 3 on esitetty kuvailevia tunnuslukuja sentimenttimuuttujista ja liitteissä 2a – 2c on esitetty graafisesti muuttujien kehitystä tutkitulla ajanjaksolla.

TAULUKKO 3 Kuvailevia tunnuslukuja bitcoinin päivittäisestä tuotosta ja sentimenttimuuttujista 18/08/2011 – 13/02/2018

Muuttuja	BTC_daily	Snews	Ssocial	Scombined	Bnews	Bsocial	Bcombined
Keskiarvo	0,33	-0,03	-0,04	-0,04	2876,80	9426,30	12303,10
Keskihajonta	4,66	0,13	0,06	0,06	5239,97	14185,19	18725,87
Minimi	-32,98	-1,00	-0,32	-0,31	0,00	13,00	13,00
Maksimi	34,78	1,00	0,28	0,28	58436,90	144116,60	201667,40
N	2292	2243	2372	2372	2372	2372	2372
Korrelaatiot (18/11/2011 – 31/12/2016)							
BTC_daily	1,00	0,06	0,09	0,09	-0,05	-0,09	-0,08
Snews		1,00	0,10	0,40	-0,11	-0,02	-0,06
Ssocial			1,00	0,85	-0,16	-0,20	-0,20
Scombined				1,00	-0,23	-0,21	-0,24
Bnews					1,00	0,62	0,84
Bsocial						1,00	0,94
Bcombined							1,00
Korrelaatiot (01/01/2017 – 13/02/2018)							
BTC_daily	1,00	0,22	0,26	0,27	-0,01	-0,06	-0,05
Snews		1,00	0,45	0,76	-0,26	-0,27	-0,28
Ssocial			1,00	0,90	-0,31	-0,34	-0,34
Scombined				1,00	-0,35	-0,34	-0,35
Bnews					1,00	0,84	0,92
Bsocial						1,00	0,99
Bcombined							1,00

Myös sentimenttiaineisto sisältää havaintoja vuoden 2011 elokuusta vuoden 2018 helmikuuhun. Aineisto on päivittäistä, vaikka uutissentimentin osalta erityisesti aineiston alkupäässä havaintoja ei ole jokaiselta päivältä. Tätä voidaan mahdollisesti selittää sillä, että puuttuvien havaintopäivien kohdalla uutismainintojen määrä on ollut nollassa tai lähellä nollassa.

Sentimenttimuuttujien väliset korrelaatiot on laskettu tutkimuksessa tehtävien regressioiden perusteella kahdelle eri ajanjaksolle, joista ensimmäinen on aineiston alkupäästä vuoden 2016 loppuun ja jälkimmäinen vuoden 2017 alusta aineiston loppupäähän. Molemmilla aikaväleillä korrelaatiot ovat kaikkien muuttujien kohdalla samansuuntaisia. Bitcoinin päivittäisen tuoton korrelaatio sentimentti-indeksien kanssa on lievästi positiivinen ja mainintamäärien kanssa lievästi negatiivinen. Sentimentti-indeksien ja

maininnan määrien havaitaan lievä negatiivinen korrelaatio, kun taas sosiaalisen median ja uutissentimentti-indeksin välillä on lievä positiivinen korrelaatio, joka on vuoden 2016 jälkeisellä aikavälillä kohtalainen (0,45). Myös monien muiden muuttujien osalta korrelaatiot ovat voimakkaampia vuoden 2016 jälkeisellä ajanjaksolla, ainoastaan bitcoinin päivittäisen tuoton ja mainintamäärien korrelaatiot ovat silloin hieman heikompia. Taulukon 3 tunnuslukujen perusteella uutissentimentti-indeksin hajonta on ollut keskimäärin hieman suurempaa kuin sosiaalisen median sentimentti-indeksin. Vuoden 2016 jälkeen molempien sisältöryhmien sentimentti-indeksien hajonta on liitteiden 2a - 2b perusteella ollut pienempää verrattuna vuotta 2016 edeltäneisiin arvoihin.

Mainintamäärien osalta kehitys on tutkitulla aikavälillä ollut suurelta osin samansuuntaista uutisissa ja sosiaalisessa mediassa, vaikka sosiaalisessa mediassa mainintojen määrä on keskimäärin ollut kolme kertaa suurempi kuin uutisissa. Sosiaalisen median mainintojen määrä lähtee myös selkeämpään kasvuun vuoden 2017 alkupuolella uutismainintojen määrään verrattuna. Lisäksi sosiaalisen median mainintamäärän maksimiarvo ja keskihajonta ovat olleet huomattavasti korkeampia kuin uutismainintojen. Liitteestä 3 nähdään myös, että erityisesti vuoden 2016 jälkeen uutismainintojen määrän kasvu on ollut samansuuntaista bitcoinin kurssinousun kanssa.

5.2 Menetelmät

Empiirisen tutkimuksen vaiheet sisältävät useita aikasarja-aineiston tutkimiseen liittyviä vaihteita. Ensimmäisenä tutkitaan edellä esiteltyjen muuttujien stationaarisuutta laajennetuilla Dickey Fuller -testeillä ja Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin -testeillä. KPSS-testiä ei pystytä monien muuttujien kohdalla toteuttamaan puuttuvien havaintojen vuoksi, joten tulokset varmistetaan vielä Zivot-Andrews -yksikköjuuritesteillä, jotka sallivat yksittäisen keskeytyskohdan aikasarja-aineiston tiedonkehitysprosessien leikkauskohdassa sekä trendissä.

Yksikköjuuritestien jälkeen tutkimuksessa toteutetaan muuttujista koostuvan aikasarja-aineiston pohjalta kaksi regressioiden sarjaa bitcoinin kurssivaihtelun tutkimiseksi. Ensimmäisissä regressioissa tutkitaan ajanjaksoa aineiston alkupäästä vuoden 2016 loppuun ja toisissa regressioissa ajanjaksoa vuoden 2017 alusta aineiston loppuun. Ensimmäisten regressioiden selittävinä muuttujina käytetään erikseen tuotto- ja ennustemuuttujia sekä sentimenttimuuttujia. Toisissa regressioissa selittävinä muuttujina käytetään sentimenttimuuttujia ja ensimmäisissä regressioissa merkitseviksi havaittuja tuotto- ja ennustemuuttujia. Hypoteesina on, että sentimenttimuuttujilla on enemmän selitysvoimaa vuoden 2016 jälkeisellä ajanjaksolla.

Regressioissa tarkastellaan muuttujien lineaarisia riippuvuussuhteita VAR-mallinnuksen (vector autoregression) avulla, minkä ensimmäinen vaihe on optimaalisimman viiverakenteen etsiminen. Viiverakenteen etsimisessä käytetään Akaiken ja Schwartzin monimuuttujaisia informaatiokriteereitä sekä uskottavuusosamäärätestejä. Tämän jälkeen jokainen seuraavista yhtälöistä

estimoidaan erikseen pienimmän neliösumman menetelmällä (OLS, ordinary least squares). Tetlockin (2007) tapaan määritellään viiveoperaattori L_k , joka muodostaa jokaisesta muuttujasta x_t k kappaletta x_t :n viiveitä sisältävän vektorin eli $L_k(x_t) = [x_{t-1} \ x_{t-2} \ \dots \ x_{t-k}]$. Ensimmäisen regression selittävinä muuttujina ovat kaikki tuotto- ja ennustemuuttujat, jolloin regressioyhtälö saadaan muotoon

$$BTC_daily_t = \alpha_1 + \beta_1 L_k(BTC_daily_t) + \beta_2 L_k(\log_VIX_t) + \beta_3 L_k(Gold_daily_t) + \beta_4 L_k(SP500_daily_t) + \beta_5 L_k(Term_t) + \beta_6 L_k(Def_t) + \beta_7 L_k(Events_t) + \beta_8 L_k(\log_BTCvol_t) + \beta_9 L_k(\log_SP500vol_t) + \beta_{10} L_k(LIBOR_t) + u_{1t}, \quad (1)$$

jossa viiveiden määrä $k = 1$. Seuraavassa regressiossa selittäviksi muuttujiksi valitaan ne muuttujat, joiden kertoimet saavat ensimmäisen regression estimoinnissa merkitsevät arvot. Toinen regressioyhtälö saadaan siten muotoon

$$BTC_daily_t = \alpha_2 + \gamma_1 L_k(BTC_daily_t) + \gamma_2 L_k(\log_VIX_t) + \gamma_3 L_k(Gold_daily_t) + \gamma_4 L_k(Events_t) + u_{2t}, \quad (2)$$

jossa ensimmäisen yhtälön tapaan viiveiden määrä $k = 1$. Seuraavissa regressiossa selittäviä muuttujia ovat sentimenttimuuttujat. Estimointeja tehdään useilla eri muuttujajhdistelmillä, joista valitaan tulosten merkitsevyyden perusteella kolme regressioyhtälöä. Yhtälöt ovat muotoa

$$BTC_daily_t = \alpha_3 + \delta_1 L_k(BTC_daily_t) + \delta_2 L_k(Sent_t) + \delta_3 L_k(Buzz_t) + u_{3t}, \quad (3)$$

jossa Sent kuvaa eri sisältöryhmien sentimentti-indeksejä ja Buzz mainintojen määriä. Näistä regressioista ensimmäisessä hyödynnetään uutisisältöön pohjautuvia sentimenttimuuttujia, toisessa sosiaalisen median sisältöön pohjautuvia sentimenttimuuttujia ja kolmannessa sisältöryhmistä yhdistettyjä sentimenttimuuttujia. Kaikissa kolmessa yhtälössä viiveiden määrä $k = 8$.

Vuoden 2016 jälkeisellä ajanjaksolla sentimenttimuuttujia hyödyntävät regressiot ovat samaa muotoa kuin yhtälö 3. Edellisten sentimenttimuuttujia hyödyntävien regressioiden tapaan estimointeja tehdään useilla eri muuttujajhdistelmillä, joista selittäviksi muuttujiksi valitaan jälleen erikseen jokaisen sisältöryhmän sentimenttimuuttujat. Näistä ensimmäisessä yhtälössä viiveiden määrä $k = 7$, toisessa yhtälössä $k = 4$ ja kolmannessa yhtälössä $k = 6$. Viimeisiin bitcoinin päivittäistä tuottoa tutkiviin VAR-mallinnuksen regressioihin otetaan sentimenttimuuttujien lisäksi mukaan toisessa regressioyhtälössä hyödynnetyt tuotto- ja ennustemuuttujat:

$$BTC_daily_t = \alpha_4 + \theta_1 L_k(BTC_daily_t) + \theta_2 L_k(Sent_t) + \theta_3 L_k(Buzz_t) + \theta_4 L_k(\log_VIX_t) + \theta_5 L_k(Gold_daily_t) + \theta_6 L_k(Events_t) + u_{4t} \quad (4)$$

Yhtälöitä on kolme kappaletta, joissa selittävinä muuttujina ovat jälleen erikseen kolmen eri sisältöryhmän sentimenttimuuttujat. Näissä jokaisessa yhtälössä viiveiden määrä $k = 2$. Yhtälöissä α :t kuvaavat vakiotermejä ja u :t stokastisia virhetermejä, joita VAR-mallinnuksessa kutsutaan impulsseiksi tai shokeiksi (Gujarati 2004, 849). Regressioyhtälöiden kertoimet mittaavat kunkin selittävän

muuttujan yhden yksikön nousun vaikutusta bitcoinin päivittäiseen tuottoon. Teorian perusteella vaihtoehtoisten sijoituskohteiden eli tässä tutkimuksessa S&P 500 -osakemarkkinaindeksin ja kullan päivittäisten tuottojen sekä lyhyen aikavälin LIBOR-koron odotettava vaikutus bitcoinin päivittäiseen tuottoon on negatiivinen. Myös VIX-indeksin ja S&P 500 -indeksin volyymin yhden yksikön nousujen odotetaan laskevan bitcoinin tuottoa. Teorian mukaan bitcoinin päivittäisen transaktiomäärän kasvun tulisi puolestaan nostaa bitcoinin tuottoa. Sentimenttimuuttujilta odotetaan joko bitcoinin tuottoa nostavia tai laskevia vaikutuksia tutkituista viiveistä riippuen.

VAR-mallinnuksen toinen vaihe on muuttujien Granger-kausalisuuksien tutkiminen. Jos muuttuja X "Granger-kausalisoi" muuttujaa Y , muutokset X :ssä edeltävät muutoksia Y :ssä, jolloin X :n viiveiden lisääminen Y :n yhtälöön parantaa merkittävästi Y :n tulevien arvojen ennustamista. Vastaava määritelmä pätee, jos muuttuja Y kausalisoi muuttujaa X . Viiveiden merkitsevyyttä tutkitaan F-testien avulla. Nollahypoteesina on, että X :n viiveet eivät kuulu Y :n regressioon. Jos laskettu F-testisuureen arvo ylittää kriittisen F-testisuureen arvon valitulla merkitsevyytasolla, nollahypoteesi hylätään ja X :n viiveet kuuluvat regressioon, jolloin X :n nykyisestä ja menneistä arvoista on apua Y :n tulevien arvojen ennustamisessa. (Gujarati 2004, 697-698.)

VAR-mallinnuksen viimeisenä osana tarkastellaan muuttujiin kohdistuneiden shokkien vaikutuksia ja muuttujien välisiä suhteita hyödyntämällä varianssijohdelmia sekä impulssivasteita. Varianssijohdelmat kertovat sen, kuinka suuri osuus tietyn aikasarjan vaihtelusta selittyy muuttujaan itseensä kohdistuneilla shokeilla verrattuna muihin muuttujiin kohdistuneisiin shokkeihin. Impulssivasteet puolestaan jäljittävät VAR-mallin selitettävien muuttujien reagoitokykyä virhetermeihin kohdistuneisiin shokkeihin eli niistä nähdään, miten esimerkiksi muuttuja Y reagoi valitulla määrällä tulevia periodeja yhden yksikön muutokseen regressioyhtälön virhetermissä. (Enders 2015, 295-302.)

Sentimenttimuuttujia hyödyntävistä VAR-mallinnoista tutkitaan lopuksi myös vaikutusta toiseen suuntaan eli onko bitcoinin päivittäisellä tuotolla vaikutusta bitcoinin sentimenttiin. Tuoton vaikutuksista esitetään VAR-mallinnuksen regressioiden ja Granger-kausalisuustestien tulokset sekä impulssivasteet.

Kohtalaisen vähäisen havaintomäärän vuoksi vuoden 2016 jälkeiselle ajanjaksolle toteutetaan VAR-mallinnuksen lisäksi lineaariset regressiot OLS-menetelmällä. Regressioita on yhteensä viisi kappaletta ja selittävinä muuttujina käytetään sentimenttimuuttujia sekä niiden viiveitä, VIX-indeksiä, kullan päivittäistä tuottoa ja Events-muuttujaa. Regressioyhtälöt ovat muotoa

$$BTC_daily = \varphi_i + \omega_{ij}X + u_i, \quad (5)$$

jossa φ_i :t ovat vakiotermejä ja u_i :t virhetermejä. X kuvaa selittäviä muuttujia ja j selittävien muuttujien lukumäärää jokaisessa regressiossa i . Kaikille toteutetuille regressioille tehdään lisäksi autokorrelaation testaukset Yule-Walker -metodilla. Autokorrelaatio voidaan aikasarja-aineiston kohdalla määrittellä

aikajärjestyksessä olevien havaintojen välisenä korrelaationa. Regressioiden yhteydessä perinteisen lineaarisen regressiomallin oletuksena, on että autokorrelaatiota ei esiinny virhetermeissä u_i . Toisin sanoen perinteinen malli olettaa, että tiettyyn havaintoon liittyvään virhetermiin ei vaikuta minkään toisen havainnon virhetermi. Autokorrelaation läsnä ollessa OLS-estimaatit eivät ole enää tehokkaita ja merkitsevyydestit voivat antaa harhaanjohtavia tuloksia estimoitujen kertoimien merkitsevyydestä. (Gujarati 2004, 442-443.)

6 TULOKSET

6.1 Yksikköjuuritestit

Muuttujien stationaarisuuden tutkimiseksi toteutetaan laajennetut Dickey Fuller -testit (ADF, $H_0 =$ yksikköjuuri), Kwiatkowski-Phillips-Schmidt-Shin -testit (KPSS, $H_0 =$ stationaarisuus) sekä Zivot-Andrews -testit (Z-A, $H_0 =$ yksikköjuuri). Kuten aiemmin lasketut tunnusluvut, myös yksikköjuuritestit on tuotto- ja ennustemuuttujien osalta laskettu ajanjaksolta 18/08/2011 – 31/12/2016 ja sentimenttimuuttujien osalta 18/08/2011 – 13/02/2018. Yksikköjuuritestien tulokset on esitetty taulukossa 4. Kaikkien kolmen tuottomuuttujan osalta saadaan stationaarisuutta tukevat tulokset, vaikka S&P 500 -indeksin kohdalla KPSS-testiä ei pystytä toteuttamaan puuttuvien havaintojen vuoksi. Ennustemuuttujista ADF- ja Z-A-testien mukaan korkojen tuottoero, yritysten liikkeeseen laskemien joukkovelkakirjojen tuottoero sekä LIBOR-korko käyttäytyvät epästationaarisesti tutkitulla ajanjaksolla ja S&P 500 -indeksin volyyymi puolestaan stationaarisesti. ADF-testien mukaan VIX-indeksi käyttäytyy stationaarisesti ja bitcoinin päivittäinen transaktiomäärä epästationaarisesti, kun taas Z-A-testit antavat päinvastaiset tulokset. KPSS-testi pystytään ennustemuuttujista toteuttamaan ainoastaan bitcoinin päivittäiselle transaktiomäärälle, mikä antaa ADF-testin mukaisesti epästationaarisuutta tukevan tuloksen.

TAULUKKO 4 Yksikköjuuritestien tulokset

	ADF	KPSS	Z-A (Keskeytyskohta)
BTC_daily	-39,59***	0,19	-14,82*** (2013:11:29)
Gold_daily	-38,03***	0,07	-14,00*** (2016:01:01)
SP500_daily	-35,72***	-	-13,05*** (2015:09:29)
Log_VIX	-5,48***	-	-4,63 (2015:08:17)
Term	-1,85	-	-4,18 (2013:05:02)
Def	-1,51	-	-3,15 (2015:06:15)
Log_BTCvol	-1,50	24,05***	-5,24** (2013:03:11)
Log_SP500vol	-5,99***	-	-6,95*** (2014:09:15)
LIBOR	0,97	-	-3,00 (2014:09:22)
Snews	-10,23***	-	-10,31*** (2013:07:14)
Ssocial	-9,52***	11,79***	-13,12*** (2015:08:29)
Scombined	-10,03***	9,33***	-12,39*** (2015:09:14)
Bnews	-3,18**	10,57***	-7,32*** (2017:02:10)
Bsocial	2,67	15,03***	-7,88*** (2017:02:24)
Bcombined	0,55	14,49***	-7,47*** (2017:02:24)

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla

** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla

* tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla

Sentimenttimuuttujien kohdalla sekä ADF- että Z-A-testien mukaan kaikki kolme sentimentti-indeksiä sekä uutismainintojen määrä käyttäytyvät stationaarisesti. KPSS-testeistä saadaan sosiaalisen median sentimentin, sisältöryhmistä yhdistetyn sentimentin ja uutismainintojen määrän osalta kuitenkin epästationaarisuutta tukevat tulokset. Uutissentimentin osalta KPSS-testiä ei voida toteuttaa puuttuvien havaintojen vuoksi. Sosiaalisen median mainintamäärä ja sisältöryhmistä yhdistetty mainintamäärä ovat ADF- ja KPSS-testien mukaan epästationaarisia, mutta Z-A-testien mukaan stationaarisia.

6.2 VAR-mallinnus 18/08/2011 - 31/12/2016

VAR-mallinnus toteutetaan ensimmäisenä ajanjaksolle ennen vuotta 2017 käyttäen tuotto- ja ennustemuuttujia selittävinä muuttujina. VAR-mallinnus aloitetaan optimaalisen viiverakenteen etsimisellä käyttäen Akaiken ja Schwartzin monimuuttujaisia informaatiokriteereitä ja uskottavuusosamäärätestejä (Likelihood Ratio Test, $H_0 = \log$ -determinantit ovat yhtä suuret). Sallimalla enintään kahdeksan viivettä, molemmat informaatiokriteerit puoltavat sekä ensimmäisen että toisen regression kohdalla yhden viiveen VAR(1)-mallia. Myös uskottavuusosamäärätesti yhden ja viiden viiveen välillä puoltaa ensimmäisen regression kohdalla yhden viiveen mallia, sillä Khiin neliötestin korkea testisuureen arvo ja alhainen merkitsevyytaso viittaavat nollahypoteesin hylkäämiseen. Toisen regression kohdalla Khiin neliötestin testisuureen arvo on huomattavasti pienempi, mutta merkitsevyytaso on kuitenkin alle viisi prosenttia. Molempiin regressioihin valitaan jatkotarkastelua varten VAR(1)-mallit. VAR-mallinnuksen statistiikkaa kahdesta ensimmäisestä regressiosta on esitetty taulukossa 5.

TAULUKKO 5 VAR-mallinnuksen statistiikkaa tuotto- ja ennustemuuttujilla tehtävistä estimoinneista 18/08/2011 - 31/12/2016

Regressio	(1)		(2)	
	5 viivettä	1 viive	2 viivettä	1 viive
log-determinantti	-40,60	-39,63	-4,79	-4,84
log-uskottavuus	-5639,66	-6756,60	-4101,98	-4234,26
Akaike	-36452,92	-47376,11	-5924,77	-6259,79
Schwartz	-33990,83	-46816,11	-5740,03	-6156,37
Khiin neliö	1133,53 (0,00)		27,10 (0,04)	
	$\chi^2(400)$		$\chi^2(16)$	

Suluissa oleva arvo kertoo Khiin neliötestin merkitsevyytason.

Seuraavat regressiot toteutetaan hyödyntäen sentimenttimuuttujia ajanjaksolla ennen vuotta 2017. Regressioissa käytetään selittävinä muuttujina erikseen uutisisältöön pohjautuvia, sosiaalisen median sisältöön pohjautuvia ja sisältöryhmistä yhdistettyjä sentimenttimuuttujia. Sallimalla enintään

kahdeksan viivettä, molemmat informaatiokriteerit ja uskottavuusosamäärätestit puoltavat kaikkien kolmen regression kohdalla kahdeksan viiveen VAR(8)-malleja, jotka valitaan jatkotarkastelua varten. VAR-mallinnuksen statistiikkaa näistä kolmesta regressiosta on esitetty taulukossa 6.

TAULUKKO 6 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla tehtävistä estimoinneista 18/08/2011 – 31/12/2016

Regressio	(3)		(4)		(5)	
	8 viivettä	1 viive	8 viivettä	4 viivettä	8 viivettä	7 viivettä
log-determinantti	13,14	14,06	12,56	12,74	13,26	13,30
log-uskottavuus	-14376,52	-18897,90	-18419,07	-19337,05	-19026,43	-19265,08
Akaike	17596,93	23567,97	22106,32	23257,29	23321,05	23627,09
Schwartz	17986,29	23633,05	22516,29	23472,05	23731,01	23988,53
Khiin neliö	435,76 (0,00)		164,53 (0,00)		33,33 (0,00)	
	$\chi^2(63)$		$\chi^2(36)$		$\chi^2(9)$	

Suluissa oleva arvo kertoo Khiin neliötestin merkitsevyytason.

Taulukossa 7 on esitetty OLS-estimointien tulokset kahdesta ensimmäisestä VAR-mallinnuksen regressiosta. Voimakkaimmat kertoimet ovat VIX-indeksin ja Events-muuttujan edeltävän päivän arvoilla, joilla on negatiivinen vaikutus bitcoinin päivittäiseen tuottoon. Myös vakiotermin kerroin on melko voimakkaasti negatiivinen, mutta ei kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä. Bitcoinin tuoton edellispäivän arvolla on lievä negatiivinen vaikutus tuottoon, kun taas kullon päivittäisen tuoton kohdalla vaikutus on lievästi positiivinen. Muiden muuttujien kertoimet ovat joko lievästi positiivisia tai negatiivisia, mutta eivät tilastollisesti merkitseviä.

Toiseen regressioon sisällytetään selittäviksi muuttujiksi edeltävän päivän arvot bitcoinin päivittäisestä tuotosta, VIX-indeksistä, kullon päivittäisestä tuotosta ja Events-muuttujasta, joiden kertoimet saavat ensimmäisessä regressiossa merkitsevät arvot. Muuttujien kertoimet pysyvät etumerkeiltään samoina ja ovat arvoiltaan lähestulkoon yhtä suuria kuin ensimmäisessä regressiossa, ainoastaan VIX-indeksin kohdalla kertoimen arvo muuttuu hieman enemmän. Regressiossa mukana olevan vakiotermin kerroin puolestaan muuttuu merkitseväksi ja etumerkiltään positiiviseksi. Tämä voi viitata siihen, että regressiosta puuttuu bitcoin päivittäiseen tuottoon merkitsevästi vaikuttavia tekijöitä. Ensimmäisessä ja toisessa regressiossa esiintyy myös jäännösten autokorrelaatiota kahdessa viiveessä, mikä voi vaikuttaa tulosten luotettavuuteen (Liite 10a).

TAULUKKO 7 Ensimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(1)-malleista käyttäen tuotto- ja ennustemuuttujia

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 18/08/2011 - 31/12/2016		
	(1)	(2)
BTC_daily ₋₁	-0,06* (0,03)	-0,06** (0,03)
log_VIX ₋₁	-3,02*** (1,04)	-1,92*** (0,64)
Gold_daily ₋₁	0,51*** (0,16)	0,41*** (0,16)
SP500_daily ₋₁	0,07 (0,20)	
Term ₋₁	-0,01 (0,62)	
Def ₋₁	0,88 (1,00)	
Events ₋₁	-3,80*** (1,01)	-3,83*** (0,98)
log_BTCvol ₋₁	-0,24 (0,21)	
log_SP500vol ₋₁	1,38 (1,30)	
LIBOR ₋₁	0,14 (1,50)	
Vakio	-19,78 (26,90)	5,75*** (1,81)

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla
 ** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla
 * tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla

Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.

Taulukosta 8 löytyvät OLS-estimointien tulokset kolmannesta, neljännessä ja viidennessä VAR-mallinnuksen regressiosta. Kaikkien muuttujien kohdalla kerrointen etumerkit vaihtelevat kahdeksan viiveen aikana useasti negatiivisesta positiiviseen ja päinvastoin. Voimakkaimmat merkitsevät kertoimet ovat uutissentimentti-indeksin kolmannella ja kuudennella viiveellä sekä sisältöryhmistä yhdistetyn sentimentti-indeksin toisella viiveellä. Mainintamäärien osalta kertoimet ovat todella lähellä nolaa kaikissa regressioissa eivätkä kertoimet ole merkitseviä kuin yksittäisten viiveiden kohdalla. Sosiaaliseen mediaan perustuvien sentimenttimuuttujien kohdalla tilastollisesti merkitsevä kerroin on vain mainintamäärän neljännellä viiveellä, ja sisältöryhmiä yhdistelevien sentimenttimuuttujien osalta ainoastaan sentimentti-indeksin toisen viiveen ja mainintamäärän seitsemännen viiveen kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä. Kolmannessa, neljännessä ja viidennessä regressiossa ei esiinny jäännösten autokorrelaatiota (Liite 10a).

Seuraavaksi toteutetaan Granger-kausalisuustestit VAR(1)- ja VAR(8)-mallien avulla. Tuloksista havaitaan, että tuotto- ja ennustemuuttujien kohdalla bitcoinin päivittäinen tuotto, VIX-indeksi, kullon päivittäinen tuotto ja Events-muuttuja auttavat bitcoinin päivittäisen tuoton ennustamisessa. Näiden muuttujien osalta saadaan merkitsevät F-testisuureet molempien VAR(1)-mallien kohdalla. Sentimenttimuuttujia hyödyntävissä VAR(8)-malleissa bitcoinin päivittäinen tuotto, jokainen mainintamääriä kuvaavaa muuttuja sekä kymmenen prosentin merkitsevyystasolla myös uutissentimentti-indeksi auttavat Bitcoinin päivittäisen tuoton ennustamisessa. Granger-kausalisuutta tarkastelevien F-testien tulokset ensimmäisten regressioiden osalta löytyvät taulukoista 9 ja 10.

TAULUKKO 8 Ensimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(8)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 18/08/2011 - 31/12/2016					
	(3)		(4)		(5)
BTC_daily ₋₁	-0,01 (0,03)	BTC_daily ₋₁	0,05** (0,02)	BTC_daily ₋₁	0,05** (0,02)
BTC_daily ₋₂	-0,08*** (0,03)	BTC_daily ₋₂	-0,08*** (0,02)	BTC_daily ₋₂	-0,08*** (0,02)
BTC_daily ₋₃	0,06** (0,03)	BTC_daily ₋₃	0,03 (0,02)	BTC_daily ₋₃	0,03 (0,02)
BTC_daily ₋₄	0,11*** (0,03)	BTC_daily ₋₄	0,08*** (0,02)	BTC_daily ₋₄	0,08*** (0,02)
BTC_daily ₋₅	0,06** (0,03)	BTC_daily ₋₅	0,01 (0,02)	BTC_daily ₋₅	-0,00 (0,02)
BTC_daily ₋₆	0,09*** (0,03)	BTC_daily ₋₆	0,10*** (0,02)	BTC_daily ₋₆	0,10*** (0,02)
BTC_daily ₋₇	-0,00 (0,03)	BTC_daily ₋₇	0,03 (0,02)	BTC_daily ₋₇	0,03 (0,02)
BTC_daily ₋₈	-0,02 (0,03)	BTC_daily ₋₈	-0,02 (0,02)	BTC_daily ₋₈	-0,02 (0,02)
Snews ₋₁	0,62 (1,22)	Ssocial ₋₁	-0,14 (1,89)	Scombined ₋₁	-0,20 (1,93)
Snews ₋₂	-1,40 (1,27)	Ssocial ₋₂	-2,46 (1,97)	Scombined ₋₂	-4,09** (2,00)
Snews ₋₃	-2,79** (1,25)	Ssocial ₋₃	-1,67 (2,00)	Scombined ₋₃	-1,47 (2,02)
Snews ₋₄	0,56 (1,27)	Ssocial ₋₄	1,05 (1,99)	Scombined ₋₄	2,33 (2,02)
Snews ₋₅	-0,97 (1,25)	Ssocial ₋₅	-0,76 (1,98)	Scombined ₋₅	-1,30 (2,00)
Snews ₋₆	2,68** (1,24)	Ssocial ₋₆	0,85 (1,98)	Scombined ₋₆	2,39 (2,00)
Snews ₋₇	0,72 (1,20)	Ssocial ₋₇	3,08 (1,98)	Scombined ₋₇	2,53 (2,01)
Snews ₋₈	-1,44 (1,16)	Ssocial ₋₈	-1,42 (1,89)	Scombined ₋₈	-1,49 (1,93)
Bnews ₋₁	-0,67×10 ⁻⁶ (0,51×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₁	0,16×10 ⁻⁴ (0,40×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₁	0,13×10 ⁻⁴ (0,27×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₂	-0,65×10 ⁻⁴ (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₂	-0,58×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₂	-0,48×10 ⁻⁴ (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₃	0,68×10 ⁻⁴ (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₃	0,20×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₃	0,24×10 ⁻⁴ (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₄	-0,17×10 ⁻⁴ (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₄	0,84×10 ^{-4*} (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₄	0,33×10 ⁻⁴ (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₅	0,65×10 ⁻⁵ (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₅	0,17×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₅	0,33×10 ⁻⁵ (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₆	0,12×10 ^{-3**} (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₆	0,31×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₆	0,51×10 ⁻⁴ (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₇	-0,79×10 ⁻⁴ (0,60×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₇	-0,66×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₇	-0,54×10 ^{-4*} (0,32×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₈	-0,75×10 ⁻⁴ (0,51×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₈	-0,66×10 ⁻⁴ (0,39×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₈	-0,35×10 ⁻⁴ (0,27×10 ⁻⁴)
Vakio	0,28* (0,16)	Vakio	0,25 (0,19)	Vakio	0,26 (0,18)

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla
** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla
* tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla
Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.

TAULUKKO 9 Granger-kausalisuudet 18/08/2011 – 31/12/2016, tuotto- ja ennustemuuttujat

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 18/08/2011 – 31/12/2016			
	Selittävä muuttuja	F-testisuure	p-arvo
(1)	BTC_daily	3,80	0,05
	Log_VIX	8,38	0,00
	Gold_daily	9,79	0,00
	SP500_daily	0,14	0,71
	Term	0,00	0,96
	Def	0,77	0,96
	Events	14,06	0,00
	Log_BTCvol	1,37	0,24
	Log_SP500vol	1,15	0,28
	LIBOR	0,00	0,93
	(2)	BTC_daily	4,94
Log_VIX		8,86	0,00
Gold_daily		7,05	0,01
Events		15,31	0,00

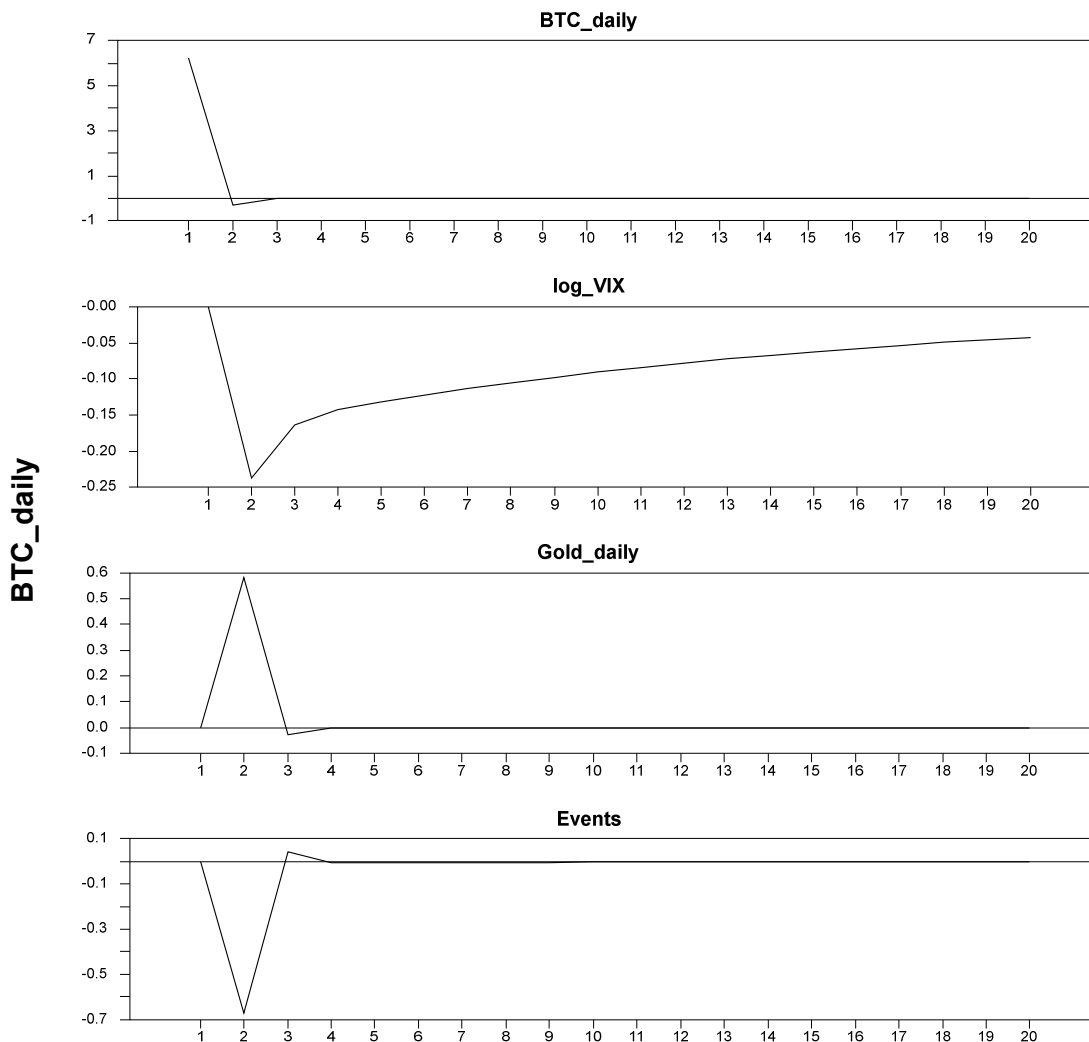
TAULUKKO 10 Granger-kausalisuudet 18/08/2011 – 31/12/2016, sentimenttimuuttujat

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 18/08/2011 – 31/12/2016			
	Selittävä muuttuja	F-testisuure	p-arvo
(3)	BTC_daily	5,70	0,00
	Snews	1,17	0,10
	Bnews	2,05	0,04
(4)	BTC_daily	6,25	0,00
	Ssocial	0,55	0,63
	Bsocial	2,08	0,05
(5)	BTC_daily	5,72	0,00
	Scombined	1,07	0,25
	Bcombined	2,01	0,03

Varianssihajotelmassa ja impulssivasteissa käytetään kahtakymmentä periodia, joista yksi vastaa tässä tapauksessa yhtä päivää. Muuttujien järjestykset ovat samat kuin ensimmäisessä, kolmannessa, neljännessä ja viidennessä regressioyhtälössä, joiden avulla varianssihajotelmat ja impulssivasteet muodostetaan. Vuotta 2017 edeltävän ajanjakson varianssihajotelmat on esitetty taulukoituna liitteissä 4a - 4b. Impulssivasteet on esitetty graafisesti kuvioissa 6 - 7 sekä liitteissä 6a - 6b.

Varianssihajotelmista havaitaan, että bitcoinin päivittäinen tuotto selittää itse suurimman osan vaihtelustaan koko kahdenkymmenen periodin ajan. Tuotto- ja ennustemuuttujista Events-muuttuja selittää bitcoinin päivittäisen tuoton vaihtelua eniten, mutta kaikkien periodien aikana keskimäärin kuitenkin vain 1,13 prosenttia. VIX-indeksi selittää tuoton vaihtelusta toisella periodilla 0,14 prosenttia ja viimeisellä periodilla 0,54 prosenttia. Kullon päivittäinen tuotto

puolestaan selittää 0,85 prosenttia tuoton vaihtelusta toisesta periodista lähtien ja S&P 500 -indeksin volyyymi kaikkien periodien aikana keskimäärin 0,11 prosenttia. Muiden tuotto- ja ennustemuuttujien osalta selitysprosentit ovat nollassa tai hyvin lähellä nolaa.

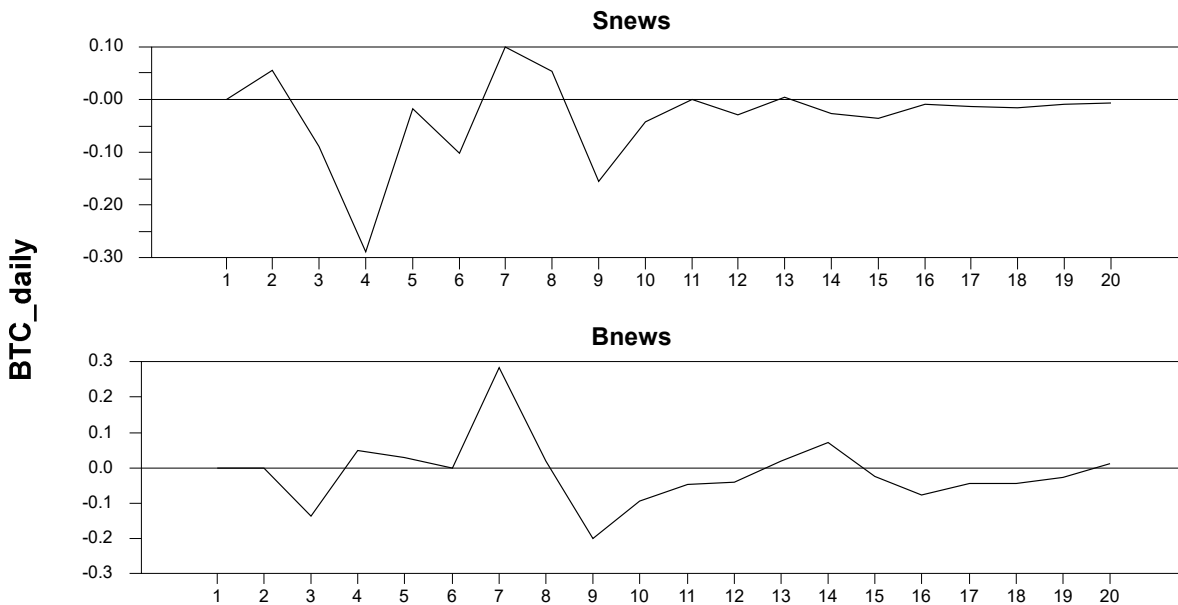


KUVIO 6 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, neljä ensimmäistä tuotto- ja ennustemuuttujaa 18/08/2011 – 31/12/2016

Sentimenttimuuttujien osalta varianssihajotelmien selitysprosentteissa on tuotto- ja ennustemuuttujiin verrattuna havaittavissa selkeämpää kasvua periodien aikana, vaikka myös näitä muuttujia tarkastellessa bitcoinin päivittäinen tuotto selittää itse suurimman osan vaihtelustaan. Utissisältöön pohjautuvilla sentimenttimuuttujilla on hieman enemmän selitysvoimaa kuin muilla sentimenttimuuttujilla, sillä viimeisellä periodilla uutissentimentti-indeksi sekä uutismainintojen määrä selittävät tuoton vaihtelusta noin 0,94 prosenttia ja 1,13 prosenttia, kun taas sosiaalisen median sentimentti-indeksi sekä mainintamäärä noin 0,34 prosenttia ja 0,84 prosenttia. Sisältöryhmistä yhdistetty sentimentti-

indeksi ja mainintojen määrä puolestaan selittävät tuoton vaihtelusta viimeisellä periodilla noin 0,51 ja 0,96 prosenttia.

Impulssivasteita tutkimalla voidaan havaita, että bitcoinin päivittäisen tuoton reaktiot tuotto- ja ennustemuuttujiin kohdistuneisiin shokkeihin ovat varsin maltillisia, enimmillään alle yhtä tai puolta prosenttiyksikköä. Kaikista voimakkaimman reaktion aiheuttaa Events-muuttujaan kohdistuva shokki, joka alentaa tuottoa toisella periodilla noin 0,67 prosenttiyksikköä. VIX-indeksiin kohdistunut shokki alentaa tuottoa toisella periodilla noin 0,24 prosenttiyksikköä, ja shokki kullan päivittäiseen tuottoon puolestaan nostaa tuottoa toisella periodilla noin 0,58 prosenttiyksikköä. Bitcoinin päivittäiseen tuottoon itseensä kohdistunut shokki nostaa ensimmäisellä periodilla tuottoa noin 6,23 prosenttiyksikköä, mutta toisella periodilla puolestaan alentaa noin 0,31 prosenttia. Toisen periodin jälkeen vaikutus muuttuu lievästi nostavaksi ja lähenee nollaa viimeisiä periodeja lähestyttäessä. Muihin tuotto- ja ennustemuuttujiin kohdistuneiden shokkien vaikutukset tuottoon löytyvät liitteestä 6a, josta nähdään, että nämä vaikutukset ovat S&P 500 -indeksin volyyymiin kohdistunutta shokkia lukuun ottamatta pieniä, alle 0,05 prosenttiyksikköä.



KUVIO 7 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, uutissisältöön pohjautuvat sentimenttimuuttujat 18/08/2011 - 31/12/2016

Shokit sentimenttimuuttujiin aiheuttavat bitcoinin päivittäisessä tuotossa reaktioita useammilla periodeilla tuotto- ja ennustemuuttujiin kohdistuneisiin shokkeihin verrattuna. Uutissisältöön pohjautuvien sentimenttimuuttujien vaikutukset tuottoon ovat kaikista voimakkaimpia: Utissentimenti-indeksi nostaa tuottoa enimmillään noin 0,10 prosenttiyksikköä seitsemännellä periodilla ja laskee neljännellä periodilla noin 0,28 prosenttiyksikköä.

Uutismainintojen määrä vuorostaan nostaa tuottoa enimmillään noin 0,28 prosenttiyksikköä seitsemännellä periodilla ja laskee yhdeksännellä periodilla noin 0,20 prosenttiyksikköä (Kuvio 7). Liitteessä 6b on esitetty bitcoinin tuoton reaktiot sosiaalisen median ja sisältöryhmistä yhdistettyihin sentimenttimuuttujiin kohdistuneisiin shokkeihin. Kuvioista 7 ja liitteestä 6b nähdään myös, että jokaisen sentimentti-indeksin vaikutukset tuottoon ovat samansuuntaisia, kuten myös mainintamäärien.

Bitcoinin päivittäiseen tuottoon vaikuttavien tekijöiden tutkimisen lisäksi selvitetään bitcoinin päivittäisen tuoton vaikutusta sentimenttimuuttujiin. Vaikutuksen tutkimisessa hyödynnetään aiemmin muodostettuja VAR-mallinnuksen regressioita, mutta selitettävänä muuttujina ovat nyt erikseen uutisten ja sosiaalisen median sisältöön pohjautuvat sentimentti-indeksit sekä mainintamäärät ja selittävistä muuttujista on esitetty tulokset ainoastaan bitcoinin päivittäisen tuoton osalta. Tuloksista nähdään, että bitcoinin päivittäinen tuotto vaikuttaa sentimenttimuuttujiin joko positiivisesti tai negatiivisesti viiveestä riippuen. Tuoton vaikutukset molempiin sentimentti-indekseihin ovat melko lähellä nollaa. Suurempi vaikutus tuotolla on mainintojen määrään sekä uutisissa että sosiaalisessa mediassa. Suurin osa estimoiduista kertoimista ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä. Tulosten luotettavuuteen voi lisäksi vaikuttaa se, että jokaisessa neljässä regressiossa esiintyy jäännösten autokorrelaatiota yhdessä viiveessä.

Impulssivasteita tarkastelemalla havaitaan, että shokki bitcoinin tuottoon heiluttaa mainintamääriä huomattavasti enemmän kuin sentimentti-indeksejä. Shokkien vaikutukset mainintamääriin ovat lähinnä negatiivisia, ja vaikutus sosiaalisen median mainintamäärään tasaantuu uutismainintamäärää nopeammin. Vaikutukset sentimentti-indekseihin ovat puolestaan melko pieniä, alle 0,01 prosenttiyksikköä. Lisäksi Granger-kausalisuustestien perusteella bitcoinin päivittäinen tuotto auttaa uutissentimenttimuuttujien ennustamisessa eli muutokset tuotossa edeltävät muutoksia uutissisältöön pohjautuvassa sentimentissä sekä uutismainintojen määrässä. Myös sosiaalisen median mainintamäärän osalta F-testin testisuure on tilastollisesti merkitsevä kymmenen prosentin merkitsevyystasolla. Tulokset bitcoinin tuoton vaikutuksia tutkivista VAR-mallinnuksen regressioista ja Granger-kausalisuustesteistä ensimmäiselle ajanjaksolle on esitetty liitteissä 8-9, autokorrelaatioiden tarkastelu liitteessä 10c ja impulssivasteet liitteessä 11a.

6.3 VAR-mallinnus ja lineaarinen regressioanalyysi 01/01/2017 - 13/02/2018

VAR-mallinnus toteutetaan seuraavaksi vuoden 2016 jälkeiselle ajanjaksolle käyttäen sentimenttimuuttujia selittävinä muuttujina. VAR-mallinnuksen ensimmäinen vaihe on jälleen optimaalisimman viiverakenteen etsiminen. Sallimalla enintään kahdeksan viivettä, sekä Akaiken että Schwartzin

monimuuttujaiset informaatiokriteerit puoltavat kuudennen regression kohdalla seitsemän viiveen VAR(7)-mallia, seitsemännen regression kohdalla neljän viiveen VAR(4)-mallia ja kahdeksannen regression kohdalla kuuden viiveen VAR(6)-mallia. Lisäksi uskottavuusosamäärätestit seitsemän ja yhden viiveen, neljän ja yhden viiveen sekä kuuden ja yhden viiveen välillä puoltavat samoja malleja kuin molemmat informaatiokriteerit. VAR(7)-, VAR(4)- ja VAR(6)-mallit valitaan siten jatkotarkastelua varten. VAR-mallinnuksen statistiikkaa kuudennesta, seitsemännestä ja kahdeksannesta regressiosta on esitetty taulukossa 11.

Seuraavat regressiot vuoden 2016 jälkeiselle ajanjaksolle toteutetaan hyödyntäen sekä sentimenttimuuttujia että ensimmäisessä regressiossa merkitsevän kertoimen saaneita tuotto- ja ennustemuuttujia. Sallimalla enintään kahdeksan viivettä, Akaiken informaatiokriteerit puoltavat jokaisen regression kohdalla kahden viiveen VAR(2)-malleja, kun taas Schwartzin informaatiokriteerit puoltavat yhden viiveen VAR(1)-malleja. Log-uskottavuudet puolestaan ovat jokaisen regression kohdalla korkeammat VAR(2)-malleissa. Myös uskottavuusosamäärätesteissä Khiin neliötestien testisuureet saavat kohtalaisen korkeat arvot ja merkitsevyystasot ovat alhaiset, joten jatkotarkastelua varten valitaan VAR(2)-mallit. VAR-mallinnuksen statistiikkaa regressioista yhdeksän, kymmenen ja yksitoista on esitetty taulukossa 12.

TAULUKKO 11 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla tehtävistä estimoinneista 01/01/2017 - 13/02/2018

Regressio	(6)		(7)		(8)	
	7 viivettä	1 viive	4 viivettä	1 viive	6 viivettä	1 viive
log-determinantti	14,35	14,80	13,94	14,13	14,75	15,07
log-uskottavuus	-3703,72	-4394,02	-3917,66	-4268,02	-3861,64	-4445,41
Akaike	4781,03	5602,40	4942,07	5350,41	5010,75	5705,17
Schwartz	5030,56	5649,58	5092,42	5397,60	5227,64	5752,36
Khiin neliö	189,21 (0,00)		85,30 (0,00)		121,56 (0,00)	
	$\chi^2(63)$		$\chi^2(27)$		$\chi^2(45)$	
Suluissa oleva arvo kertoo Khiin neliötestin merkitsevyystason.						

TAULUKKO 12 VAR-mallinnuksen statistiikkaa sentimenttimuuttujilla sekä tuotto- ja ennustemuuttujilla tehtävistä regressioista 01/01/2017 - 13/02/2018

Regressio	(9)		(10)		(11)	
	2 viivettä	1 viive	2 viivettä	1 viive	2 viivettä	1 viive
log-determinantti	5,47	5,65	4,94	5,15	5,93	6,14
log-uskottavuus	-2631,92	-2846,57	-2569,72	-2782,70	-2685,99	-2907,54
Akaike	1435,46	1503,30	1311,06	1375,56	1543,59	1625,22
Schwartz	1704,97	1651,37	1580,58	1523,63	1813,11	1773,29
Khiin neliö	65,20 (0,00)		56,04 (0,02)		59,81 (0,01)	
	$\chi^2(36)$		$\chi^2(36)$		$\chi^2(36)$	
Suluissa oleva arvo kertoo Khiin neliötestin merkitsevyystason.						

TAULUKKO 13 Jälkimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(7)-, VAR(4)- ja VAR(6)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 01/01/2017 - 13/02/2018					
	(6)		(7)		(8)
BTC_daily ₋₁	0,01 (0,06)	BTC_daily ₋₁	0,03 (0,06)	BTC_daily ₋₁	0,01 (0,06)
BTC_daily ₋₂	-0,02 (0,06)	BTC_daily ₋₂	-0,04 (0,06)	BTC_daily ₋₂	-0,04 (0,06)
BTC_daily ₋₃	-0,03 (0,06)	BTC_daily ₋₃	-0,04 (0,06)	BTC_daily ₋₃	-0,05 (0,06)
BTC_daily ₋₄	-0,08 (0,06)	BTC_daily ₋₄	-0,09 (0,06)	BTC_daily ₋₄	-0,09 (0,06)
BTC_daily ₋₅	0,07 (0,06)			BTC_daily ₋₅	0,09 (0,07)
BTC_daily ₋₆	-0,03 (0,06)			BTC_daily ₋₆	0,01 (0,06)
BTC_daily ₋₇	-0,09 (0,06)				
Snews ₋₁	2,35 (5,83)	Ssocial ₋₁	3,65 (11,85)	Scombined ₋₁	6,14 (11,75)
Snews ₋₂	5,16 (6,33)	Ssocial ₋₂	-1,29 (12,26)	Scombined ₋₂	3,65 (12,50)
Snews ₋₃	-8,69 (6,29)	Ssocial ₋₃	15,67 (12,18)	Scombined ₋₃	5,58 (12,55)
Snews ₋₄	1,45 (6,20)	Ssocial ₋₄	-9,30 (11,17)	Scombined ₋₄	-4,87 (12,48)
Snews ₋₅	8,49 (6,26)			Scombined ₋₅	-2,15 (12,65)
Snews ₋₆	1,39 (6,35)			Scombined ₋₆	-8,81 (10,74)
Snews ₋₇	-7,41 (5,46)				
Bnews ₋₁	-0,16×10 ⁻⁴ (0,52×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₁	0,23×10 ⁻⁴ (0,33×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₁	0,91×10 ⁻⁵ (0,22×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₂	-0,41×10 ⁻⁴ (0,60×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₂	-0,37×10 ⁻⁴ (0,43×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₂	-0,29×10 ⁻⁴ (0,28×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₃	0,10×10 ^{-3*} (0,61×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₃	0,33×10 ⁻⁴ (0,42×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₃	0,52×10 ^{-4*} (0,27×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₄	-0,59×10 ⁻⁵ (0,59×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₄	-0,18×10 ⁻⁴ (0,32×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₄	-0,31×10 ⁻⁵ (0,27×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₅	-0,85×10 ⁻⁴ (0,60×10 ⁻⁴)			Bcombined ₋₅	-0,40×10 ⁻⁴ (0,27×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₆	0,37×10 ⁻⁴ (0,60×10 ⁻⁴)			Bcombined ₋₆	0,12×10 ⁻⁴ (0,22×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₇	0,21×10 ⁻⁴ (0,52×10 ⁻⁴)				
Vakio	0,64 (0,51)	Vakio	0,64 (0,45)	Vakio	0,55 (0,48)

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla
** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla
* tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla

Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.

Taulukosta 13 löytyvät OLS-estimointien tulokset kuudennesta, seitsemänneistä ja kahdeksannesta VAR-mallinnuksen regressiosta. Kaikissa regressioissa muuttujien kerrointen etumerkit vaihtelevat mukaan otettujen viiveiden aikana positiivisesta negatiiviseen ja päinvastoin. Voimakkaimmat kertoimet ovat sentimentti-indeksien viiveillä, joista voimakkain on sosiaalisen median sentimentti-indeksin kolmannen viiveen kerroin. Bitcoinin päivittäisen tuoton kertoimet ovat melko lähellä nollaa. Näistä yksikään kerroin ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä. Ainoat tilastollisesti merkitsevät kertoimet ovat uutismainintojen määrän ja sisältöryhmistä yhdistetyn mainintamäärän

kolmansilla viiveillä. Suuruudeltaan mainintamäärien kertoimet ovat ensimmäisten regressioiden tapaan todella lähellä nollaa. Kuudennessa, seitsemännessä ja kahdeksannessa regressiossa ei myöskään esiinny jäännösten autokorrelaatiota (Liite 10a).

Taulukossa 14 on esitetty OLS-estimointien tulokset yhdeksännestä, kymmenennestä ja yhdennestätoista VAR-mallinnuksen regressiosta. Tuotto- ja ennustemuuttujista voimakkaimmat ja ainoat tilastollisesti merkitsevät kertoimet ovat kaikissa kolmessa regressiossa Events-muuttujan toisilla viiveillä, joilla on negatiivinen vaikutus bitcoinin päivittäiseen tuottoon. Bitcoinin päivittäisen tuoton viiveiden kertoimet ovat lievästi positiivisia, kun taas kullon päivittäisen tuoton viiveillä lievästi negatiivisia. VIX-indeksin kohdalla viiveiden kertoimet muuttuvat etumerkiltään positiivisesta negatiiviseksi. Jokaisen sentimentti-indeksin ensimmäiset viiveet ovat etumerkiltään negatiiviset ja toiset viiveet etumerkiltään positiiviset. Lisäksi indeksien kertoimet saavat sentimenttimuuttujista kaikista voimakkaimmat arvot, mutta eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä. Events-muuttujan lisäksi tilastollisesti merkitsevät kertoimet ovat sosiaalisen median mainintamäärän ja sisältöryhmistä yhdistetyn mainintamäärän molemmilla viiveillä. Suuruudeltaan mainintamäärien kertoimet ovat jälleen erittäin lähellä nollaa. Näissä kolmessa regressiossa ei myöskään esiinny jäännösten autokorrelaatiota (Liite 10a).

TAULUKKO 14 Jälkimmäisten regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR(2)-malleista käyttäen sentimenttimuuttujia sekä tuotto- ja ennustemuuttujia

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuottoprosentti 01/01/2017 - 13/02/2018					
	(9)		(10)		(11)
BTC_daily ₋₁	0,06 (0,07)	BTC_daily ₋₁	0,07 (0,07)	BTC_daily ₋₁	0,08 (0,08)
BTC_daily ₋₂	0,05 (0,07)	BTC_daily ₋₂	0,01 (0,07)	BTC_daily ₋₂	0,04 (0,07)
Snews ₋₁	-9,80 (7,65)	Ssocial ₋₁	-10,29 (15,87)	Scombined ₋₁	-16,92 (14,64)
Snews ₋₂	5,71 (6,92)	Ssocial ₋₂	9,32 (14,47)	Scombined ₋₂	10,32 (13,12)
Bnews ₋₁	-0,78×10 ⁻⁴ (0,80×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₁	-0,14×10 ^{-3***} (0,53×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₁	-0,79×10 ^{-4***} (0,35×10 ⁻⁴)
Bnews ₋₂	0,76×10 ⁻⁴ (0,78×10 ⁻⁴)	Bsocial ₋₂	0,13×10 ^{-4***} (0,52×10 ⁻⁴)	Bcombined ₋₂	0,73×10 ^{-4***} (0,34×10 ⁻⁴)
log_VIX ₋₁	2,53 (4,58)	log_VIX ₋₁	1,56 (4,59)	log_VIX ₋₁	1,92 (4,59)
log_VIX ₋₂	-2,15 (4,73)	log_VIX ₋₂	-1,52 (4,70)	log_VIX ₋₂	-1,83 (4,71)
Gold_daily ₋₁	-0,80 (0,62)	Gold_daily ₋₁	-0,92 (0,61)	Gold_daily ₋₁	-0,86 (0,61)
Gold_daily ₋₂	-0,47 (0,61)	Gold_daily ₋₂	-0,29 (0,61)	Gold_daily ₋₂	-0,36 (0,60)
Events ₋₁	0,21 (1,72)	Events ₋₁	0,47 (1,70)	Events ₋₁	0,39 (1,71)
Events ₋₂	-5,87** (1,85)	Events ₋₂	-5,92** (1,82)	Events ₋₂	-5,95*** (1,83)
Vakio	-0,16 (0,98)	Vakio	1,12 (5,04)	Vakio	0,81 (5,03)
*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla					
** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla					
* tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla					
Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.					

Seuraavaksi toteutetaan Granger-kausalisuustestit VAR(7)-, VAR(4)-, VAR(6)- ja VAR(2)-mallien avulla. Tuloksista nähdään, että VAR(7)-, VAR(4)- ja VAR(6)-malleissa ei yhdenkään muuttujan osalta saada merkitseviä F-testisuureita. Sekä tuotto- ja ennustemuuttujia että sentimenttimuuttujia hyödyntävissä VAR(2)-malleissa puolestaan Events-muuttuja, sosiaalisen median mainintamäärä ja kymmenen prosentin merkitsevyystasolla sisältöryhmistä yhdistetty mainintamäärä auttavat bitcoinin päivittäisen tuoton ennustamisessa. Toisin kuin ensimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin päivittäisen tuoton nykyiset ja menneet arvot eivät näiden mallien perusteella auta ennustamisessa jälkimmäisellä ajanjaksolla. Granger-kausalisuutta tarkastelevien F-testien tulokset näiden regressioiden osalta löytyvät taulukoista 15 ja 16.

TAULUKKO 15 Granger-kausalisuudet 01/01/2017 – 13/02/2018, sentimenttimuuttajat

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 01/01/2017 – 13/02/2018		
Selittävä muuttuja	F-testisuure	p-arvo
(6) BTC_daily	0,80	0,59
Snews	0,93	0,48
Bnews	0,92	0,49
(7) BTC_daily	0,72	0,58
Ssocial	0,54	0,71
Bsocial	0,27	0,90
(8) BTC_daily	0,80	0,57
Scombined	0,35	0,90
Bcombined	1,07	0,38

Varianssihajotelmissa ja impulssivasteissa käytetään ensimmäisten regressioiden tapaan kahtakymmentä periodia, joista yksi vastaa yhtä päivää. Muuttujien järjestykset ovat samat kuin kuudennessa, seitsemännessä, kahdeksannessa ja yhdeksännessä regressioyhtälössä, joiden avulla varianssihajotelmat ja impulssivasteet muodostetaan. Vuoden 2016 jälkeisen ajanjakson varianssihajotelmat on esitetty taulukoituna liitteissä 5a - 5b ja impulssivasteet graafisesti kuvioissa 8 - 9 sekä liitteessä 7.

Varianssihajotelmia tutkimalla nähdään, että bitcoinin päivittäinen tuotto selittää myös vuoden 2016 jälkeisellä ajanjaksolla itse suurimman osan vaihtelustaan tarkasteltujen kahdenkymmenen periodin ajan. Sentimenttimuuttujia hyödyntävistä kolmesta regressiosta uutissentimentti-indeksi selittää tuoton vaihtelusta viimeisellä periodilla noin 2,18 prosenttia. Sen jälkeen tuoton vaihtelua selittävät eniten sisältöryhmistä yhdistetty mainintamäärä sekä uutismainintojen määrä, jotka selittävät vaihtelusta viimeisellä periodilla noin 1,65 ja 1,61 prosenttia. Sosiaalisen median sentimentti-indeksi ja mainintamäärä selittävät tuoton vaihtelua kaikista vähiten, viimeisellä periodilla noin 0,50 ja 0,29 prosenttia.

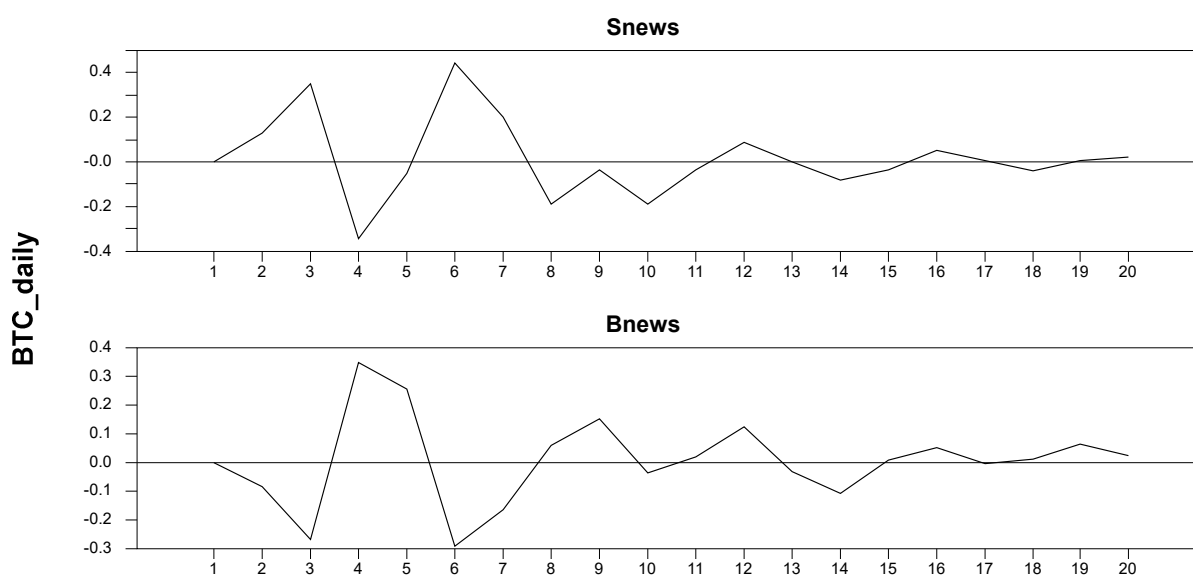
TAULUKKO 16 Granger-kausalisuudet 01/01/2017 – 13/02/2018, sentimenttimuuttajat sekä tuotto- ja ennustemuuttajat

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 01/01/2017 – 13/02/2018			
	Selittävä muuttuja	F-testisuure	p-arvo
(9)	BTC_daily	0,53	0,59
	Snews	0,84	0,43
	Bnews	0,51	0,60
	log_VIX	0,16	0,85
	Gold_daily	1,15	0,32
	Events	5,10	0,01
(10)	BTC_daily	0,41	0,67
	Ssocial	0,28	0,76
	Bsocial	3,58	0,03
	log_VIX	0,06	0,94
	Gold_daily	1,26	0,29
	Events	5,44	0,00
(11)	BTC_daily	0,61	0,54
	Scombined	0,68	0,51
	Bcombined	2,61	0,08
	log_VIX	0,09	0,92
	Gold_daily	1,17	0,31
	Events	5,39	0,01

Myös sekä sentimenttimuuttujia että tuotto- ja ennustemuuttujia hyödyntävien regressioiden kohdalla bitcoinin päivittäinen tuotto selittää itse suurimman osan vaihtelustaan, mutta aiempiin regressioihin verrattuna muilla muuttujilla on kuitenkin hieman enemmän selitysvoimaa. Events-muuttuja selittää tuoton vaihtelusta uutissisältöön pohjautuvia sentimenttimuuttujia hyödyntävässä regressiossa useimmilla periodeilla noin 4,29 prosenttia ja kahden muun regression kohdalla viimeisellä periodilla noin 3,65 ja 3,80 prosenttia. Sen jälkeen tuoton vaihtelua selittävät eniten sosiaalisen median mainintamäärä ja sisältöryhmistä yhdistetty mainintamäärä, jotka viimeisellä periodilla selittävät tuoton vaihtelusta noin 3,62 ja 2,72 prosenttia. Kullan päivittäinen tuotto selittää tuoton vaihtelusta kolmessa regressiossa enimmillään noin 1,34 prosenttia ja VIX-indeksi noin 0,25 prosenttia. Lisäksi sentimentti-indeksit selittävät tuoton vaihtelua kohtalaisen vähän, sillä uutissentimentti-indeksi selittää vaihtelua enimmillään noin 0,62 prosenttia, sosiaalisen median sentimentti-indeksi noin 0,11 prosenttia ja sisältöryhmistä yhdistetty sentimentti-indeksi noin 0,20 prosenttia.

Impulssivasteista havaitaan, että sentimenttimuuttujiin kohdistuneet shokit aiheuttavat ensimmäisen ajanjakson tapaan reaktioita bitcoinin päivittäisessä tuotossa useilla periodeilla. Reaktiot ovat kuitenkin varsin maltillisia, alle puolta prosenttiyksikköä. Tuoton reaktioissa on jonkin verran eroavaisuuksia eri sisältöryhmien välillä, ja voimakkaimpia ovat reaktiot uutissentimenttimuuttujiin kohdistuneisiin shokkeihin (Kuvio 8). Uutissentimentti-indeksiin kohdistuvan shokin vaikutuksesta tuotto laskee enimmillään neljännellä periodilla noin 0,35 prosenttiyksikköä ja nousee

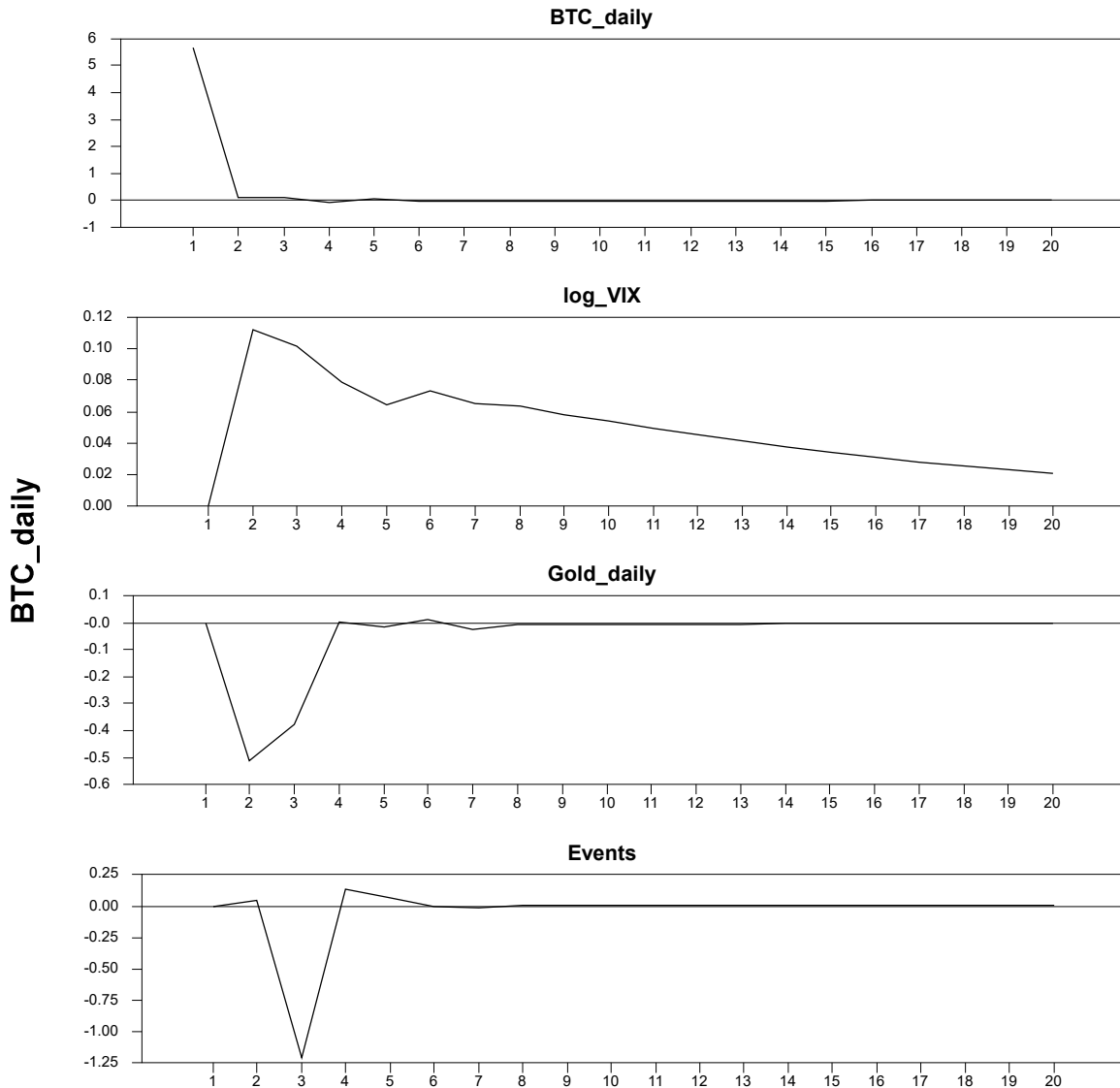
kuudennella periodilla noin 0,44 prosenttiyksikön verran. Sosiaalisen median sentimentti-indeksiin kohdistuvan shokin vaikutuksesta tuotto puolestaan nousee enimmillään neljännellä periodilla noin 0,35 prosenttiyksikköä ja laskee viidennellä periodilla noin 0,07 prosenttiyksikköä. Mainintamääristä uutismainintojen määrään kohdistunut shokki nostaa tuottoa enimmillään neljännellä periodilla noin 0,35 prosenttiyksikköä ja laskee kuudennella periodilla noin 0,28 prosenttiyksikköä. Sosiaalisen median mainintamäärään kohdistunut shokki vuorostaan nostaa tuottoa enimmillään toisella periodilla noin 0,19 prosenttiyksikköä ja laskee kolmannella periodilla noin 0,15 prosenttiyksikköä. Lisäksi sosiaalisen median mainintamäärään kohdistuneen shokin osalta tuoton reaktio tasoittuu kohti nollaa nopeammin uutismainintamäärään kohdistuneeseen shokkiin verrattuna.



KUVIO 8 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, uutissisältöön pohjautuvat sentimenttimuuttajat 01/01/2017 - 13/02/2018

Bitcoinin päivittäisen tuoton reaktiot tuotto- ja ennustemuuttujiin kohdistuviin shokkeihin on esitetty ainoastaan yhdeksännen regression avulla muodostetuista impulssivasteista, sillä reaktiot ovat samansuuntaisia myös kymmenennen ja yhdennentoista regression kohdalla. Kolmesta tuotto- ja ennustemuuttujasta shokki Events-muuttujaan alentaa tuottoa kolmannella periodilla noin 1,20 prosenttiyksikköä, mikä on reaktioista kaikkien voimakkain. Neljännellä periodilla Events-muuttujaan kohdistuneen shokin vaikutus muuttuu tuottoa lievästi nostavaksi. Bitcoinin päivittäiseen tuottoon itseensä kohdistunut shokki nostaa tuottoa ensimmäisellä periodilla noin 5,67 prosenttiyksikköä, minkä jälkeen vaikutus vaimenee lähelle nollaa. Shokki VIX-indeksiin nostaa tuottoa toisella periodilla noin 0,11 prosenttiyksikköä, kun taas shokki kullon päivittäiseen tuottoon laskee tuottoa toisella periodilla noin 0,51 prosenttiyksikköä. Ensimmäisten periodien jälkeen tuotto- ja ennustemuuttujiin kohdistuneiden shokkien vaikutukset vaimenevat kohti nollaa (Kuvio 9).

Ensimmäisen ajanjakson tapaan VAR-mallinnuksen lopuksi tutkitaan bitcoinin päivittäisen tuoton vaikutusta sentimenttimuuttujiin. Selitettävänä muuttujina ovat jälleen uutisten ja sosiaalisen median sisältöön perustuvat sentimentti-indeksit sekä mainintojen määrät. Tuloksista nähdään, että myös jälkimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin tuoton vaikutukset sentimenttimuuttujiin ovat joko negatiivisia tai positiivisia viiveestä riippuen. Bitcoinin tuotolla on myös tällä ajanjaksolla suurempi vaikutus mainintamääriin, sillä vaikutukset sentimentti-indekseihin ovat jälleen lähellä nollaa. Monet kertoimista eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä.



KUVIO 9 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, neljä ensimmäistä tuotto- ja ennustemuuttujaa 01/01/2017 - 13/02/2018

Impulssivasteita tarkastelemalla havaitaan, että shokki bitcoinin tuottoon heiluttaa ensimmäisen ajanjakson mukaisesti mainintamääriä huomattavasti

enemmän kuin sentimentti-indeksejä. Shokin vaikutus uutismainintojen määrään on suurimmaksi osaksi nostava, kun taas sosiaalisen median mainintamäärään ensimmäisillä periodeilla laskeva. Lisäksi vaikutus sosiaalisen median mainintamäärään tasaantuu uutismainintamäärää nopeammin. Vaikutukset sentimentti-indekseihin ovat puolestaan positiivisia ja melko maltillisia, alle 0,3 prosenttiyksikköä. Granger-kausalisuustestien perusteella bitcoinin päivittäisestä tuotosta on jälkimmäisellä ajanjaksolla apua sekä sentimentti-indeksien että mainintamäärien ennustamisessa, sillä F-testisuureet ovat merkitseviä jokaisen muuttujan kohdalla yhden tai viiden prosentin merkitsevyystasolla. Jännösten autokorrelaatiota esiintyy viimeisen eli sosiaalisen median mainintamäärää tutkivan regression kahdessa viiveessä. Tulokset bitcoinin tuoton vaikutuksia tutkivista VAR-mallinnuksen regressioista ja Granger-kausalisuustesteistä jälkimmäiselle ajanjaksolle on esitetty liitteissä 8-9, autokorrelaatioiden tarkastelu liitteessä 10c ja impulssivasteet liitteessä 11b.

VAR-mallinnuksen jälkeen tutkimuksen viimeisenä osiona toteutetaan lineaarinen regressioanalyysi vuoden 2016 jälkeiselle ajanjaksolle. OLS-estimointien tulokset on esitetty taulukossa 17. Ensimmäisessä regressiossa tutkitaan uutissisältöön ja sosiaalisen median sisältöön pohjautuvien sentimenttimuuttujien merkitsevyyttä bitcoinin päivittäisen tuoton vaihtelun selittäjinä, joista molempien sentimentti-indeksien ja uutismainintojen määrän kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä. Sekä uutissentimentti-indeksi että sosiaalisen median sentimentti-indeksi näyttävät vaikuttavan nostavasti bitcoinin päivittäiseen tuottoon.

Toisen regression selittävinä muuttujina käytetään uutissentimenttimuuttujia sekä niiden viittä ensimmäistä viivettä. Kolmanteen regressioon puolestaan sisällytetään sosiaalisen median sisältöön pohjautuvat sentimenttimuuttujat ja niiden viiveet. Kolmessa ensimmäisessä regressiossa selityksasteet ovat vain noin kymmenen prosenttia, joten neljänteen regressioon otetaan mukaan molempien sisältöryhmien sentimenttimuuttujat. Kaikissa regressioissa molempien sentimentti-indeksien tämänhetkiset arvot nostavat tuottoa ja toisessa, kolmannessa sekä neljännessä regressiossa ensimmäiset viiveet laskevat. Sosiaalisen median sentimentti-indeksin viiveet eivät ensimmäisen viiveen jälkeen saa merkitseviä arvoja, mutta uutissentimentti-indeksin kolmas ja viides viive ovat merkitseviä sekä toisessa että neljännessä regressiossa. Myös sentimentti-indeksien tämänhetkiset arvot saavat merkitsevät kertoimet. Regressioita estimoidaan myös ilman tämänhetkisiä arvoja, mutta viiveiden kertoimet muuttuvat silloin ei-merkitseviksi. Neljännessä regressiossa esiintyy lisäksi jännösten autokorrelaatiota yhdessä viiveessä, mikä voi vaikuttaa regression kerrointen luotettavuuteen. Lineaaristen regressioiden autokorrelaatiotarkastelu on esitetty liitteessä 10b.

TAULUKKO 17 OLS-estimointien tulokset lineaarisista regressioista

Selitettävä muuttuja: Bitcoinin päivittäinen tuotto prosentti 01/01/2017 – 13/02/2018					
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
Snews	10,69*** (4,06)	26,50*** (4,74)		20,41*** (4,84)	27,83*** (6,51)
Snews ₁		-12,88** (5,37)		-12,41** (5,37)	-13,65* (7,12)
Snews ₂		2,08 (5,34)		2,83 (5,34)	0,37 (7,13)
Snews ₃		-10,25* (5,30)		-9,91* (5,36)	-5,76 (7,08)
Snews ₄		-2,50 (5,35)		-1,08 (5,42)	2,93 (7,11)
Snews ₅		10,20** (4,69)		11,15** (4,84)	-6,65 (6,53)
Ssocial	32,80*** (8,54)		58,99*** (9,72)	46,90*** (10,01)	43,80*** (14,44)
Ssocial ₁			-21,45** (10,58)	-21,05** (10,67)	-39,50** (15,26)
Ssocial ₂			-10,09 (10,68)	-1,82 (10,81)	21,74 (15,35)
Ssocial ₃			0,26 (10,60)	3,43 (10,72)	-11,69 (15,40)
Ssocial ₄			0,52 (10,64)	-2,42 (10,80)	14,55 (15,66)
Ssocial ₅			-7,93 (9,71)	-14,19 (10,06)	-8,32 (14,24)
Bnews	0,94×10 ⁻⁴ * (0,49×10 ⁻⁴)	0,49×10 ⁻⁴ (0,44×10 ⁻⁴)		0,15×10 ⁻³ ** (0,67×10 ⁻⁴)	0,16×10 ⁻³ (0,11×10 ⁻³)
Bnews ₁		0,25×10 ⁻⁵ (0,54×10 ⁻⁴)		-0,12×10 ⁻³ (0,77×10 ⁻⁴)	0,28×10 ⁻⁴ (0,12×10 ⁻³)
Bnews ₂		-0,61×10 ⁻⁴ (0,53×10 ⁻⁴)		0,44×10 ⁻⁴ (0,77×10 ⁻⁴)	-0,16×10 ⁻³ (0,13×10 ⁻³)
Bnews ₃		0,51×10 ⁻⁴ (0,54×10 ⁻⁴)		-0,74×10 ⁻⁵ (0,77×10 ⁻⁴)	-0,16×10 ⁻⁴ (0,13×10 ⁻³)
Bnews ₄		0,17×10 ⁻⁴ (0,54×10 ⁻⁴)		0,14×10 ⁻⁵ (0,75×10 ⁻⁴)	0,20×10 ⁻³ (0,13×10 ⁻³)
Bnews ₅		-0,45×10 ⁻⁴ (0,44×10 ⁻⁴)		0,91×10 ⁻⁵ (0,64×10 ⁻⁴)	-0,15×10 ⁻³ (0,11×10 ⁻³)
Bsocial	-0,19×10 ⁻⁴ (0,19×10 ⁻⁴)		-0,22×10 ⁻⁵ (0,30×10 ⁻⁴)	-0,60×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	0,29×10 ⁻⁴ (0,66×10 ⁻⁴)
Bsocial ₁			0,61×10 ⁻⁴ (0,38×10 ⁻⁴)	0,10×10 ⁻³ * (0,54×10 ⁻⁴)	-0,26×10 ⁻³ *** (0,80×10 ⁻⁴)
Bsocial ₂			-0,73×10 ⁻⁴ * (0,38×10 ⁻⁴)	-0,70×10 ⁻⁴ (0,54×10 ⁻⁴)	0,22×10 ⁻³ ** (0,73×10 ⁻⁴)
Bsocial ₃			0,31×10 ⁻⁴ (0,38×10 ⁻⁴)	0,25×10 ⁻⁴ (0,54×10 ⁻⁴)	0,28×10 ⁻⁴ (0,74×10 ⁻⁴)
Bsocial ₄			0,42×10 ⁻⁴ (0,38×10 ⁻⁴)	0,38×10 ⁻⁴ (0,53×10 ⁻⁴)	-0,15×10 ⁻³ ** (0,73×10 ⁻⁴)
Bsocial ₅			-0,60×10 ⁻⁴ * (0,30×10 ⁻⁴)	-0,57×10 ⁻⁴ (0,45×10 ⁻⁴)	0,11×10 ⁻³ * (0,61×10 ⁻⁴)
log_VIX					-1,16 (1,87)
Gold_daily					0,14 (0,54)
Events					1,21 (1,63)
Vakio	1,10*** (0,41)	0,99** (0,39)	0,79* (0,40)	1,11*** (0,42)	4,06 (4,44)
R ²	0,09	0,10	0,11	0,18	0,25

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla

** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla

* tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla

Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.

Viidennen regressioon lisätään selittäviksi muuttujiksi vielä tuotto- ja ennustemuuttujista VIX-indeksi, kullon päivittäinen tuotto sekä Events-muuttuja, joiden kertoimet ovat aiemmissa VAR-mallinnuksen regressioissa saaneet merkitsevät arvot. Myös viidennessä regressiossa molempien sentimentti-indeksien tämänhetkiset arvot nostavat tuottoa ja ensimmäiset viiveet laskevat. Kummankaan sentimentti-indeksin viiveiden kertoimet eivät ole ensimmäisten viiveiden jälkeen enää merkitseviä. Lisäksi sosiaalisen median mainintamäärän viiveistä ensimmäisen, toisen ja neljännen viiveen kertoimet saavat merkitsevät arvot. Mainintamäärien osalta kertoimet ovat lähellä nollaa kaikissa neljässä regressiossa, joihin niitä on sisällytetty selittäviksi muuttujiksi. Mukaan otettujen tuotto- ja ennustemuuttujien kertoimet eivät saa merkitseviä arvoja, mutta regressioon selitysaste on kuitenkin korkeampi neljänteen regressioon verrattuna. Viidennessä regressiossa selitysaste on kuitenkin edelleen vain 25 prosenttia, mikä viittaa siihen, että mallista todennäköisimmin puuttuu olennaisia Bitcoinin päivittäisen tuoton vaihtelua selittäviä tekijöitä.

6.4 Tulosten arviointia

Aikaisempiin tutkimuksiin verrattuna VIX-indeksi, LIBOR-korko ja joukkovelkakirjojen tuottoero saavat ensimmäisellä ajanjaksolla samansuuntaiset kertoimet kuin Detzelin ym. (2018) tutkimuksessa, mutta korkojen tuottoero puolestaan saa poikkeavan eli negatiivisen kertoimen. VIX-indeksi saa samansuuntaisen ja hypoteesin mukaisen eli negatiivisen kertoimen myös jälkimmäisen ajanjakson lineaarisessa regressiossa ja VAR-mallinnuksissa toisten viiveiden kohdalla. Osakemarkkinoiden volatilitteettiodotusten noustessa bitcoinin kurssi siten laskee. Toisin kuin Georgoulan ym. (2015) tutkimuksessa, S&P 500 -indeksillä on ensimmäisessä regressiossa lievästi positiivinen kerroin. Kerroin ei kuitenkaan ole tilastollisesti merkitsevä, joten tämän tutkimuksen perusteella ei voida luotettavasti sanoa ovatko sijoittajat kohdelleet bitcoinia osakkeiden substituuttina. Eroavaisuudet aiempiin tutkimuksiin voivat johtua kuitenkin myös siitä, että vaikutuksia ei ole testattu samoilla aikaperiodeilla.

Vertailemalla ensimmäisen ja jälkimmäisen ajanjakson tuloksia havaitaan, että myös kullon päivittäisen tuoton kertoimet saavat ensimmäisellä ajanjaksolla lievästi positiiviset arvot VAR-mallinnuksen regressioissa, mutta jälkimmäisellä ajanjaksolla lievästi negatiiviset. Jälkimmäisen ajanjakson lineaarisesta regressiosta kerroin saa kuitenkin lievästi positiivisen arvon. Tulosten perusteella sijoittajat eivät siten ole todennäköisesti pitäneet bitcoinia ja kultaa toistensa substituutteina ensimmäisellä ajanjaksolla. Jälkimmäisellä ajanjaksolla vaikutuksesta ei voida olla täysin varmoja ei-merkitsevien kertoimien vuoksi. Events-muuttujan kertoimet ovat molemmilla ajanjaksoilla negatiivisia, pois lukien jälkimmäisen regressioon ensimmäisten viiveiden kertoimet, jotka ovat lievästi positiivisia mutta kuitenkin myös ei-merkitseviä.

Huomionarvoista on myös se, että tutkimuksen ensimmäisen regression sekä Detzelin ym. (2018) tulosten perusteella LIBOR-koron nousu nostaa lievästi bitcoinin tuottoa. LIBOR-koron lisäksi kullon sekä S&P 500 -indeksin päivittäisten tuottojen positiiviset kertoimet ovat vastoin tutkimushypoteesia ja portfolioteoriaa, jonka mukaan vaihtoehtoisten sijoituskohteiden tuottojen nousu laskee tutkittavan sijoituskohteen tuottoa. Tutkimushypoteesin vastaisesti myös bitcoinin päivittäisen transaktiomäärän kerroin on negatiivinen ja S&P 500 -indeksin volyymin kerroin positiivinen.

Tutkimushypoteesin mukaisesti sentimentti-indeksien kertoimet ovat voimakkaampia jälkimmäisellä ajanjaksolla, vaikka kertoimet eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Jälkimmäisen ajanjakson lineaarisessa regressiossa kertoimet ovat voimakkaita ja tilastollisesti merkitseviä. Mainintojen määrää eli Bitcoinin mediassa saaman huomion määrää kuvaavat muuttujat eivät tehtyjen regressioiden perusteella heilauta bitcoinin tuottoa kummallakaan aikavälillä, sillä kertoimet ovat hyvin lähellä nollaa jokaisessa estimoinnissa. Varianssihajotelmien perusteella mainintojen määrällä on kuitenkin sentimentti-indekseihin verrattuna enemmän selitysvoimaa varsinkin jälkimmäisellä ajanjaksolla.

Granger-kausalisuustestien perusteella Events-muuttujasta on tutkimuksen molemmilla ajanjaksoilla eniten apua bitcoinin tuottojen ennustamisessa. Lisäksi mainintojen määrällä on uutismainintojen määrää lukuun ottamatta apua molemmilla ajanjaksoilla. Sentimentti-indekseistä vain uutissentimentti-indeksistä on apua tuoton ennustamisessa ensimmäisellä ajanjaksolla. Myös varianssihajotelmien perusteella Events-muuttujalla on molemmilla ajanjaksoilla tutkituista muuttujista eniten selitysvoimaa.

Impulssivasteissa on sentimenttimuuttujien kohdalla jonkin verran eroavaisuuksia ajanjaksojen välillä, mutta suuruudeltaan niihin kohdistuneet shokit aiheuttavat varsin maltillisia reaktioita molemmilla ajanjaksoilla. Tuotto- ja ennustemuuttujista ainoa eroavaisuus on kullon päivittäisen tuotolla, johon kohdistunut shokki vaikuttaa ensimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin tuottoon nostavasti, mutta jälkimmäisellä ajanjaksolla laskevasti. Molemmilla ajanjaksoilla kaikista voimakkaimmat reaktiot tuottoon aiheuttaa Events-muuttujaan kohdistunut shokki.

Tutkittaessa vaikutuksia toiseen suuntaan havaitaan, että myös bitcoinin päivittäisellä tuotolla on jonkin verran vaikutusta hyödynnettyihin sentimenttimuuttujiin. Erityisesti bitcoinin tuotto näyttää vaikuttavan Bitcoinin liittyvän uutisoinnin määrään niin sosiaalisessa mediassa kuin perinteisissä uutisissa. Regressioiden ja Granger-kausalisuustestien tulokset ovat molemmilla ajanjaksoilla melko samankaltaisia, mutta sosiaalisen median sentimentti-indeksin ennustamisessa bitcoinin tuotosta on apua ainoastaan jälkimmäisellä ajanjaksolla. Myös mainintamääriin bitcoinin tuotolla on suurempi vaikutus jälkimmäisellä ajanjaksolla. Huomionarvoista on myös se, että impulssivasteiden perusteella bitcoinin tuottoon kohdistuvalla shokilla on ensimmäisellä ajanjaksolla laskeva vaikutus uutismainintojen määrään, mutta jälkimmäisellä ajanjaksolla vaikutus on pääosin nostava. Lisäksi molemmilla

ajanjaksoilla shokilla on vaikutusta uutismainintojen määrään useammalla periodilla sosiaalisen median mainintamäärään verrattuna. Aikaisemmista tutkimuksista Kristoufek (2013) on myös löytänyt bitcoinin kurssilla olevan vaikutusta Googlen ja Wikipedian hauista muodostettuun sentimenttiin.

Yksikköjuuritestien perusteella korkojen tuottoero, joukkovelkakirjojen tuottoero sekä LIBOR-korko näyttävät olevan epästationaarisia, mikä voi aiheuttaa estimaattien harhaisuutta regressioissa. Myös bitcoinin päivittäisen transaktiomäärän, VIX-indeksin ja sentimenttimuuttujien kohdalla yksikköjuuritesteistä saadaan hieman ristiriitaisia tuloksia. Regressioiden tuloksia voidaan mahdollisesti johdonmukaistaa ottamalla differenssi epästationaarisista muuttujista, mutta VAR-mallinnuksessa differenssin ottaminen muuttujista saattaa myös kadottaa tietoa muuttujien välisistä pitkän aikavälin suhteista.

Tilastollisesti ei-merkitseviä kertoimia voidaan mahdollisesti selittää puuttuvan muuttujan harhalla eli virhetermiin sisältyy tekijöitä, jotka korreloivat selitettävien muuttujien kanssa ja siten selittävät osaltaan bitcoinin päivittäisen tuoton vaihtelua. Muuttujien korrelaatiot keskenään voivat myös vaikuttaa tuloksiin, sillä mitä enemmän ne korreloivat keskenään, sitä vaikeampi on määrittellä, kuinka suuri osuus vaihtelusta selittyy kullakin muuttujalla. Osissa regressioista esiintyy myös jäännösten autokorrelaatiota yhdessä tai kahdessa viiveessä, mikä voi vaikuttaa estimoitujen kerrointen luotettavuuteen. Luotettavuuteen voi vaikuttaa lisäksi se, että päivittäisen aineiston mittausajat eivät välttämättä ole samat jokaisen muuttujan kohdalla, jolloin muuttujat eivät heijasta samoja informaatiojoukkoja. VAR-mallinnuksessa myös optimaalisimman viiverakenteen löytäminen vaatii tarkkuutta ja muodostaa haasteita sopivimman mallin löytämiselle.

Jatkotutkimuksia ajatellen selittäväksi muuttujaksi on mahdollista ajatella sisällytettäväksi esimerkiksi bitcoineissa tehtyjen nettikauppaostosten määrää tai muuten arvioida ostoihin käytettyjen bitcoinien osuutta kaikista transaktioista, jolloin voidaan tutkia, onko bitcoin missään määrin rahaa transaktiokysynnän näkökulmasta. Tähän mennessä tehtyjen tutkimusten perusteella bitcoinin kysyntä näyttää olevan pitkälti spekulatiivista ja bitcoin olevan siten käytössä maksuvälineen sijaan lähinnä sijoitusinstrumenttina. Tämän tutkimuksen tuloksia voitaisiin mahdollisesti tarkentaa myös jakamalla aineisto eri tavalla tai useampaan osaan. Lisäksi jälkimmäisen ajanjakson sentimenttimuuttujia sekä tuotto- ja ennustemuuttujia yhdistelevien regressioiden tuloksia voitaisiin parantaa, jos sentimenttimuuttujien arvot viikonlopuilta saataisiin huomioitua regressioissa. Myös Events-muuttujasta puuttuu molemmilta ajanjaksoilta viikonlopuille sattuneet bitcoinin kurssiin vaikuttaneet tapahtumat.

7 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tämän tutkielman tavoitteena on ollut tutkia bitcoinin kurssivaihtelua selittäviä tekijöitä. Erityisesti on pyritty selvittämään, pystytäänkö sentimentin avulla selittämään bitcoinin ennätysmäistä kurssinousua vuoden 2017 aikana. Kurssivaihtelun tutkiminen on jaettu kahteen ajanjaksoon, joista ensimmäinen on 18/08/2011 - 31/12/2016 ja jälkimmäinen 01/01/2017 - 13/02/2018. Bitcoinin kurssia kuvaavana muuttujana käytetään bitcoinin päivittäistä tuotto prosenttia, jotta siitä saadaan vertailukelpoinen muiden käytettyjen tuottomuuttujien kanssa. Jälkimmäisellä ajanjaksolla toteutetaan VAR-mallinnuksen lisäksi lineaarinen regressioanalyysi suhteellisen vähäisen havaintomäärän vuoksi.

Aikaisempien tutkimusten perusteella sentimentistä on apua bitcoinin kurssivaihtelun selittämisessä ja ennustamisessa. Käytetyt sentimentin mittarit rajoittuvat kuitenkin pääasiassa Googlen ja Wikipedian hakutietoihin sekä Twitteristä ja Internetin keskustelupalstoilta muodostettuihin aineistoihin. Erityisesti positiivinen sentimentti näyttää tutkimusten perusteella selittävän bitcoinin kurssivaihtelua. Tässä tutkimuksessa käytetty sentimenttiaineisto on lähteiltään kattavampi, sillä se sisältää aineistoa useista perinteisistä uutislähteistä, Twitteristä ja muualta sosiaalisesta mediasta, Internetin keskustelupalstoilta sekä suosioltaan eritasoisista blogeista. Aikaisempien tutkimustulosten perusteella on lisäksi havaittu, että sijoittajien on mahdollista suojautua bitcoinin kurssin romahduksilta teknisen analyysin avulla.

Laskettujen tunnuslukujen perusteella bitcoinin kurssivaihtelu on jo ensimmäisellä ajanjaksolla ollut moninkertaista kullan hinnan ja S&P 500 - osakemarkkinaindeksin vaihteluun verrattuna. Tehtyjen regressioiden perusteella ensimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin tuottoa nostavat tai laskevat eniten VIX-indeksi, Events-muuttuja sekä osa sentimentti-indeksien viiveistä. Tutkimushypoteesin mukaisesti erityisesti lineaarisen regressioanalyysin perusteella sentimentti-indeksit heiluttavat bitcoinin tuottoa enemmän jälkimmäisellä ajanjaksolla. Monet estimoiduista kertoimista eivät kuitenkaan ole tilastollisesti merkitseviä. Mainintamäärää kuvaavat muuttujat eivät tulosten perusteella vaikuta bitcoinin tuottoon suuresti kummallakaan ajanjaksolla, vaikka niistä on Granger-kausaisuustestien perusteella kuitenkin apua bitcoinin tuoton ennustamisessa. Ensimmäisellä ajanjaksolla bitcoinin tuoton ennustamisessa eniten apua on VIX-indeksistä, kullan päivittäisestä tuotosta, bitcoinin tuotosta itsestään sekä Events-muuttujasta. Jälkimmäisellä ajanjaksolla ainoastaan Events-muuttuja sekä sosiaalisen median mainintamäärä ja sisältöryhmistä yhdistetty mainintamäärä auttavat tuoton ennustamisessa.

Tutkimushypoteesin mukaisesti sentimenttimuuttujat selittävät varianssihajotelmien perusteella bitcoinin tuoton vaihtelua enemmän jälkimmäisellä periodilla, vaikka regressiokohtaisia eroja löytyy. Molemmilla ajanjaksoilla myös kullan VIX-indeksi, kullan päivittäinen tuotto ja Events-muuttuja selittävät bitcoinin tuottoa, joista Events-muuttujalla on kaikista suurin

selitysosuus. Varianssihajotelmien perusteella bitcoinin päivittäinen tuotto selittää kuitenkin molemmilla ajanjaksoilla itse suurimman osan vaihtelustaan.

Impulssivasteissa on sentimenttimuuttujien kohdalla jonkin verran eroavaisuuksia ajanjaksojen välillä, mutta suuruudeltaan niihin kohdistuneet shokit aiheuttavat varsin maltillisia reaktioita bitcoinin tuottoon molemmilla ajanjaksoilla. Tuotto- ja ennustemuuttujien kohdalla reaktiot ovat samansuuntaisia lukuun ottamatta kullan päivittäistä tuottoa, johon kohdistunut shokki nostaa bitcoinin tuottoa ensimmäisellä ajanjaksolla, kun taas jälkimmäisellä laskee. Molemmilla ajanjaksoilla kaikista voimakkaimman reaktion tuottoon aiheuttaa Events-muuttujaan kohdistunut shokki.

Toteutetun analyysin tulokset ovat suurelta osin linjassa aikaisempien tutkimusten kanssa, sillä sentimentti-indeksit heiluttavat bitcoinin tuottoa molemmilla aikaväleillä. Tuotto- ja ennustemuuttujista melko loogisesti Events-muuttuja, joka kuvaa merkittävästi bitcoinin kurssiin vaikuttaneita tapahtumia, auttaa eniten bitcoinin kurssivaihtelun selittämisessä ja ennustamisessa. Päinvastoin myös bitcoinin kurssin havaitaan vaikuttavan sentimenttimuuttujiin molemmilla ajanjaksoilla, erityisesti uutisoinnin määrään sekä sosiaalisessa mediassa että perinteisissä uutisissa. Bitcoinin kurssi käyttäytyy tietyiltä osin myös perinteisen rahoituksen teorian ja tutkimushypoteesien vastaisesti, sillä LIBOR-koron, ja S&P 500 -indeksin sekä kullan päivittäisten tuottojen nousu nostaa tulosten perusteella bitcoinin päivittäistä tuottoa. Bitcoinin kysyntä vaikuttaa tähän mennessä tehtyjen tutkimusten perusteella olevan pitkälti spekulatiivista, ja bitcoinin kurssi on erityisesti vuoden 2016 jälkeen liikkunut sen verran poikkeavasti, että vaihtelusta ei pystytä edes sentimentin avulla selittämään kuin melko pieni osa. Tämän ja aikaisempien tutkimusten perusteella bitcoin ei käytöksensä perusteella ole perinteisessä mielessä rahaa, vaan täysin erikoislaatuinen omaisuususerä.

Vaikka tässä tutkimuksessa on paljon tilastollisesti ei-merkitseviä tuloksia ja estimaattien luotettavuuden voi kyseenalaistaa, ne herättävät kuitenkin mielenkiintoa tulevia tutkimuksia ja aiheen tarkempaa tarkastelua varten. Aihe tulee pysymään ajankohtaisena todennäköisesti vielä useita vuosia etenkin lohkoketjuteknologian jatkuvasti kehittyessä. Jatkotutkimuksia ajatellen tutkimukseen voitaisiin sisällyttää lisää bitcoinin kurssiin mahdollisesti vaikuttavia tekijöitä, kuten louhimisen vaikeutta ja bitcoineissa tehtyjen nettikauppaostosten määrää kuvaavia muuttujia. Tuloksia voitaisiin mahdollisesti tarkentaa myös jakamalla aineisto eri tavalla tai useampaan osaan, esimerkiksi jakamalla jälkimmäinen ajanjakso aikaan ennen bitcoinin kurssin romahtamista vuoden 2017 loppupuolella ja aikaan sen jälkeen.

Jotta bitcoin voisi toimia laajalti käytössä olevana valuuttana, täytyy sen päivittäisen kurssivaihtelun tasaantua huomattavasti. Lisäksi bitcoinin tulee kasvaa käyttömäärissä ja päästä eroon turvallisuuteen liittyvistä ongelmista, jotta se voi saavuttaa hyväksynnän valuuttana. Myös lohkoketjun turvallisuuden takaamiseen liittyvä korkea sähkönkulutus on merkittävä ongelma kestävyyskannalta. Lähitulevaisuudessa bitcoinin pätevyys laillisena valuuttana tulee siten todennäköisesti pysymään epävarmana.

LÄHTEET

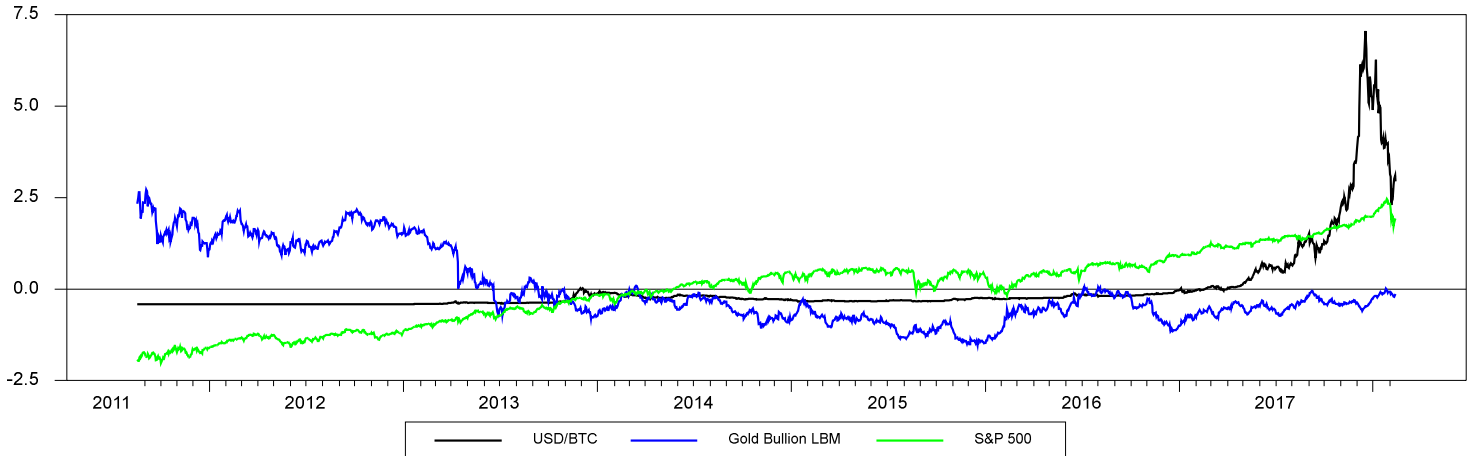
- 99bitcoins. 2018. Bitcoin Price Charts with Historic Events. Viitattu 10.05.2018. <https://99bitcoins.com/price-chart-history/>
- Baek, C., & Elbeck, M. 2015. Bitcoins as an investment or speculative vehicle? A first look. *Applied Economics Letters* 22(1), 30–34.
- Bitcoin Wiki. 2018. Cold Storage. Viitattu 18.03.2018. https://en.bitcoin.it/wiki/Cold_storage
- Blockchain.info. 2018. Viitattu 02.01.2018. <https://blockchain.info/charts/n-transactions>
- Blundell-Wignall, A. 2014. The Bitcoin Question. OECD Working Papers on Finance, Insurance and Private Pensions 37.
- Böhme, R., Christin, N., Edelman, B., & Moore, T. 2015. Bitcoin: Economics, Technology, and Governance. *Journal of Economic Perspectives* 29(2), 213–238.
- Brown, G. W., & Cliff, M. T. 2004. Investor sentiment and the near-term stock market. *Journal of Empirical Finance* 11(1), 1–27.
- Bukovina, J., & Martiček, M. 2016. Sentiment and Bitcoin Volatility. MENDELU Working Papers in Business and Economics.
- Carrick, J. 2016. Bitcoin as a Complement to Emerging Market Currencies. *Emerging Markets Finance and Trade* 52(10), 2321–2334.
- Catalini, C., & Gans, J. S. 2016. Some Simple Economics of the Blockchain. NBER Working Papers, No. 22952.
- CoinMarketCap. 2018. Bitcoin Charts. Viitattu 15.06.2018. <https://coinmarketcap.com/currencies/bitcoin/#charts>
- Cointelegraph. 2018. Bitcoin Markets Really Like CBOE Futures, Prices Spike Sharply. Viitattu 19.06.2018. <https://cointelegraph.com/news/bitcoin-markets-really-like-cboe-futures-prices-spike-sharply>
- De Long, J. B., Shleifer, A., Summers, L. H., & Waldmann, R. J. 1990. Noise Trader Risk in Financial Markets. *Journal of Political Economy* 98(4), 703–738.
- Detzel, A., Liu, H., Strauss, J., Zhou, G., & Zhu, Y. 2018. Bitcoin: Learning, Predictability and Profitability via Technical Analysis. SSRN Electronic Journal.
- Digiconomist. 2018. Bitcoin Energy Consumption. Viitattu 19.06.2018. <https://digiconomist.net/bitcoin-energy-consumption>
- Enders, W. 2015. *Applied econometric time series*. New Jersey: John Wiley and Sons Inc.
- Gandal, N., Hamrick, J., Moore, T., & Oberman, T. 2017. Price Manipulation in the Bitcoin Ecosystem. *Journal of Monetary Economics* 95, 86–96.
- Georgoula, I., Pournarakis, D., Bilanakos, C., Sotiropoulos, D. N., & Giaglis, G. M. 2015. Using Time-Series and Sentiment Analysis to Detect the Determinants of Bitcoin Prices. SSRN Electronic Journal.
- Grinberg, R. 2011. Bitcoin: an innovative alternative digital currency. *Hastings Sci. & Tech. LJ* 4(1), 50.
- Gujarati, D. 2004. *Basic Econometrics*. India: McGraw Hill Education.

- Harvey, C. R. 2014. Cryptofinance.
- Heiden, S., Klein, C., & Zwergel, B. 2013. Beyond fundamentals: Investor sentiment and exchange rate forecasting. *European Financial Management* 19(3), 558–578.
- Keynes, J. M. 1957. *The General Theory of Employment, Interest and Money*. London: Macmillan.
- Kim, Y. Bin, Lee, J., Park, N., Choo, J., Kim, J. H., & Kim, C. H. 2017. When Bitcoin encounters information in an online forum: Using text mining to analyse user opinions and predict value fluctuation. *PLoS ONE* 12(5), 1–14.
- Kristoufek, L. 2013. BitCoin meets Google Trends and Wikipedia: Quantifying the relationship between phenomena of the Internet era. *Scientific Reports* 3, 1–7.
- Kristoufek, L. 2015. What are the main drivers of the bitcoin price? Evidence from wavelet coherence analysis. *PLoS ONE*, 10(4), 1–15.
- Li, X., & Wang, C. A. 2017. The technology and economic determinants of cryptocurrency exchange rates: The case of Bitcoin. *Decision Support Systems* 95, 49–60.
- Lo, S., & Wang, J. C. 2014. Bitcoin as Money? Current Policy Perspectives from the Federal Reserve Bank of Boston 4(14), 1–28.
- Matta, M., Lunesu, I., & Marchesi, M. 2015. Bitcoin Spread Prediction Using Social And Web Search Media. *UMAP Workshops 2015*.
- Menkhoff, L., & Rebitzky, R. R. 2008. Investor sentiment in the US-dollar: Longer-term, non-linear orientation on PPP. *Journal of Empirical Finance* 15(3), 455–467.
- Mishkin, F. S. 2016. *Economics of Money, Banking and Financial Markets*. England: Pearson Education.
- Moore, T., & Christin, N. 2013. Beware the Middleman: Empirical Analysis of Bitcoin-Exchange Risk. *Financial Cryptography and Data Security. Lecture Notes in Computer Science*, vol 7859.
- Nakamoto, S. 2008. *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*.
- Richardson, G. B. 2013. *Economic Theory*. England: Taylor & Francis.
- Robleh, A., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. 2014a. Innovations in payment technologies and the emergence of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin* 2014 Q3, 262–275.
- Robleh, A., Barrdear, J., Clews, R., & Southgate, J. 2014b. The economics of digital currencies. *Bank of England Quarterly Bulletin* 2014 Q3, 276–286.
- Ron, D., & Shamir, A. 2013. Quantitative Analysis of the Full Bitcoin Transaction Graph. *Financial Cryptography and Data Security, Lecture Notes in Computer Science*, vol 7859, 6–24.
- Shleifer, A., & Summers, L. H. 1990. The Noise Trader Approach to Finance. *The Journal of Economic Perspectives*, 4(2), 19–33.
- S&P Dow Jones Indices. S&P 500. 2018. Viitattu 26.03.2018. <https://us.spindices.com/indices/equity/sp-500>
- Tetlock, P. C. 2007. Giving Content to Investor Sentiment : The Role of Media in the Stock Market. *The Journal of Finance*, 62(3), 1139–1168.

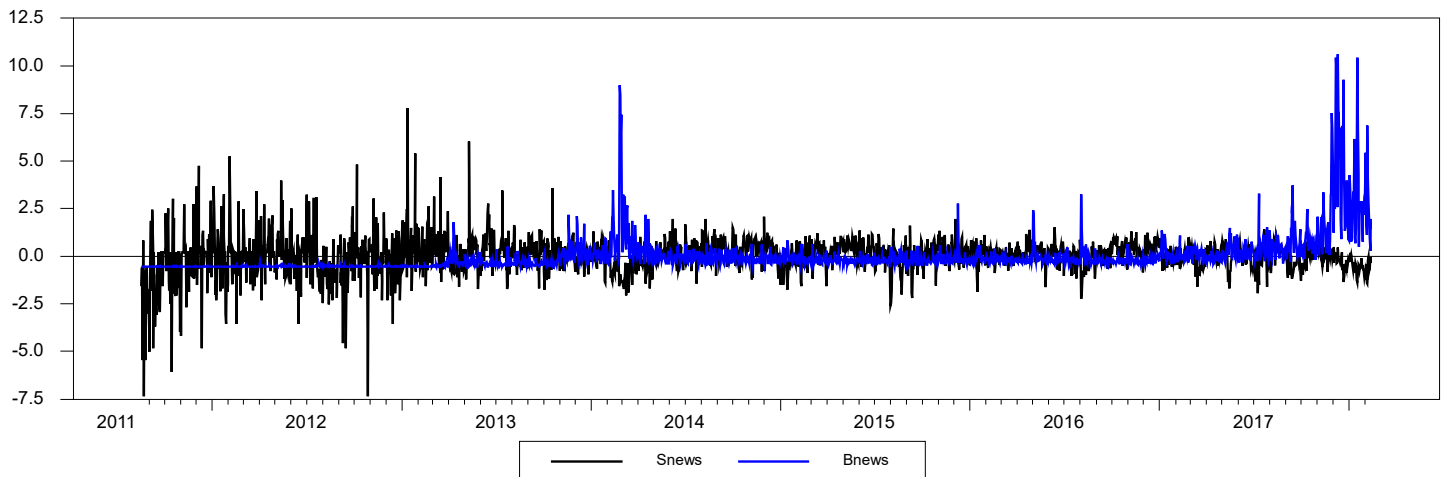
- Ur Rehman, M. (2013). Investor Sentiments and Exchange Rate Volatility. *Business Review*, 8(1), 123-134.
- WorldCoinIndex, 2018. Viitattu 12.07.2018.
<https://www.worldcoinindex.com/coin/bitcoin>
- Yermack, D. (2013). Is Bitcoin a Real Currency? An economic appraisal. NBER Working Papers, No. 19747.

LIITTEET

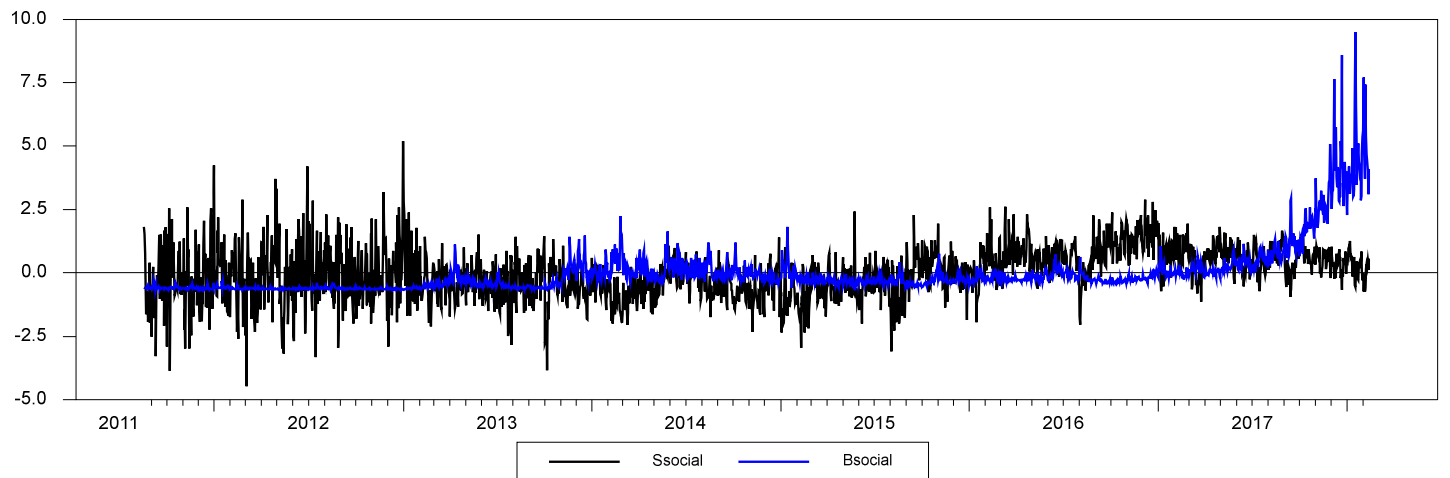
LIITE 1 Bitcoinin, kullan ja osakemarkkinaindeksin hintakehitys normeerattuna aikavälille
18/08/2011 - 13/02/2018



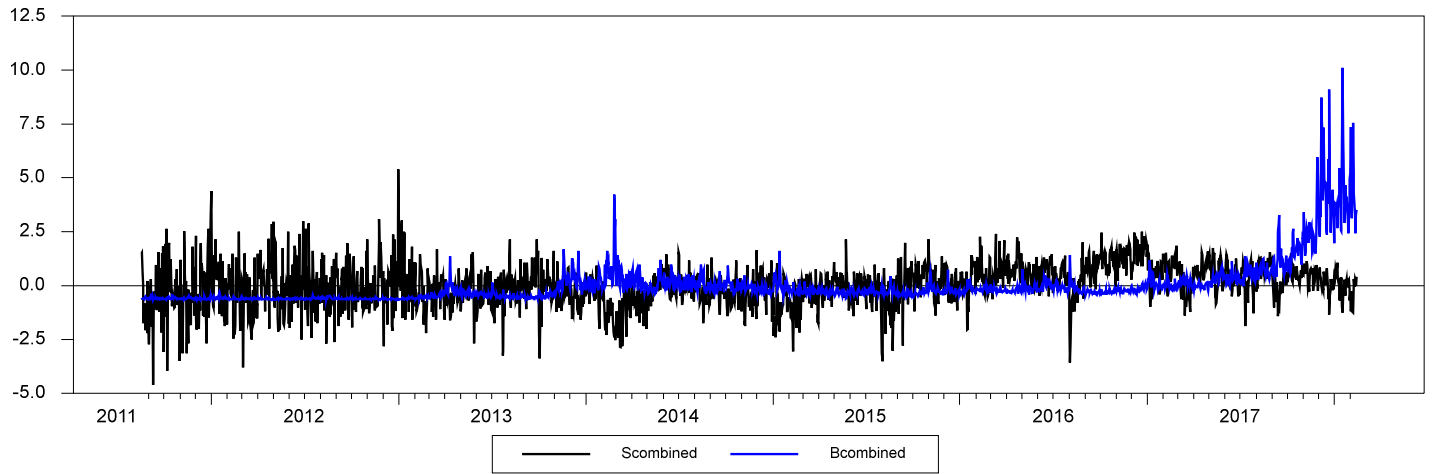
LIITE 2a Uutissentimentti-indeksi ja uutismainintojen määrä 18/08/2011 - 13/02/2018



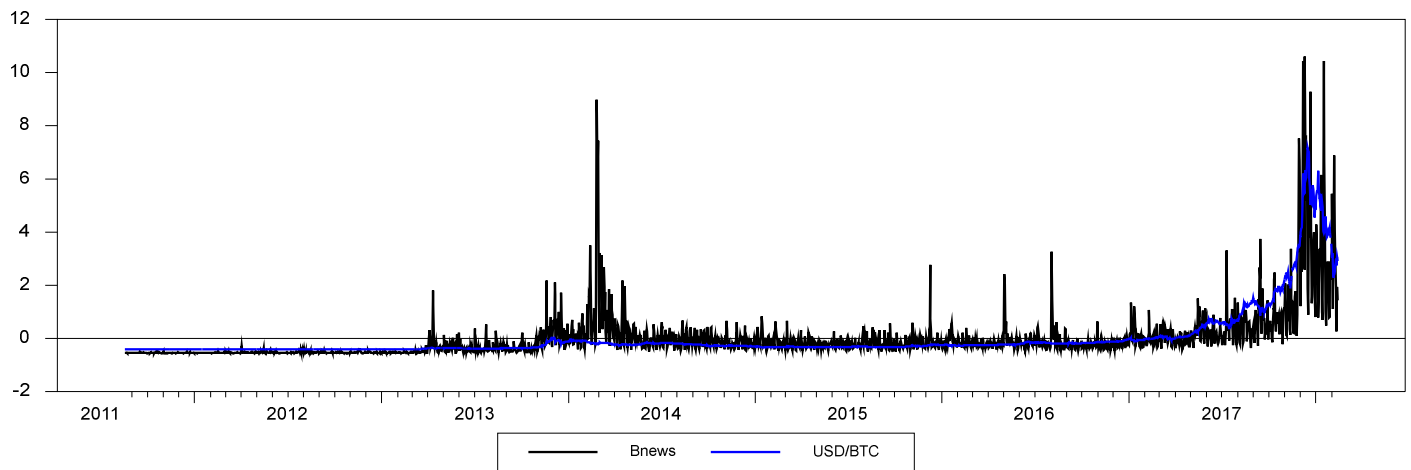
LIITE 2b Sosiaalisen median sentimentti-indeksi ja mainintojen määrä 18/08/2011 - 13/02/2018



LIITE 2c Uutisten ja sosiaalisen median sisältöjä yhdistelevä sentimentti-indeksi ja mainintojen määrä 18/08/2011 – 13/02/2018



LIITE 3 Uutismainintojen määrä ja Bitcoinin hintakehitys 18/08/2011 – 13/02/2018



LIITE 4a Bitcoinin päivittäisen tuoton ja tuotto- sekä ennustemuuttujien varianssijajotelma
18/08/2011 - 31/12/2016

t	Keski- hajonta	BTC_daily	log_VIX	Gold_daily	SP500_daily	Term	Def	Events	log_BTCvol	log_SP500vol	LIBOR
1	6,23	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	6,31	97,78	0,14	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,00	0,09	0,00
3	6,32	97,70	0,21	0,85	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,10	0,00
4	6,32	97,64	0,26	0,85	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,11	0,00
5	6,32	97,60	0,30	0,85	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,11	0,00
6	6,32	97,59	0,34	0,85	0,00	0,00	0,00	1,14	0,00	0,11	0,00
7	6,32	97,53	0,37	0,85	0,00	0,00	0,00	1,14	0,01	0,11	0,00
8	6,32	97,50	0,40	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
9	6,32	97,47	0,42	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
10	6,32	97,45	0,44	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
11	6,32	97,43	0,46	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
12	6,33	97,42	0,48	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
13	6,33	97,40	0,49	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
14	6,33	97,39	0,50	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
15	6,33	97,38	0,51	0,85	0,00	0,00	0,00	1,13	0,01	0,11	0,00
16	6,33	97,36	0,52	0,85	0,00	0,00	0,01	1,13	0,01	0,11	0,00
17	6,33	97,37	0,53	0,85	0,00	0,00	0,01	1,13	0,01	0,11	0,00
18	6,33	97,36	0,53	0,85	0,00	0,00	0,01	1,13	0,01	0,11	0,00
19	6,33	97,36	0,54	0,85	0,00	0,00	0,01	1,13	0,01	0,11	0,00
20	6,33	97,35	0,54	0,85	0,00	0,00	0,01	1,13	0,01	0,11	0,00

LIITE 4b Bitcoinin päivittäisen tuoton ja sentimenttimuuttujien varianssijajotelmat
18/08/2011 - 31/12/2016

t	Keskihajonta	BTC_daily	Snews	Bnews
1	3,85	100,00	0,00	0,00
2	3,85	99,98	0,02	0,00
3	3,86	99,80	0,07	0,13
4	3,88	99,24	0,62	0,14
5	3,90	99,24	0,62	0,14
6	3,91	99,17	0,69	0,14
7	3,93	98,59	0,74	0,67
8	3,93	98,57	0,76	0,68
9	3,93	98,16	0,91	0,93
10	3,94	98,09	0,92	0,99
11	3,94	98,08	0,92	1,00
12	3,94	98,06	0,93	1,01
13	3,94	98,06	0,93	1,02
14	3,94	98,02	0,93	1,05
15	3,94	98,01	0,94	1,05
16	3,94	97,97	0,94	1,09
17	3,94	97,95	0,94	1,11
18	3,94	97,94	0,94	1,12
19	3,94	97,93	0,94	1,12
20	3,94	97,93	0,94	1,13

t	Keskihajonta	BTC_daily	Ssocial	Bsocial
1	4,11	100,00	0,00	0,00
2	4,11	99,99	0,00	0,01
3	4,13	99,82	0,08	0,09
4	4,13	99,72	0,19	0,10
5	4,15	99,48	0,19	0,34
6	4,15	99,28	0,22	0,50
7	4,17	99,15	0,22	0,63
8	4,18	99,04	0,32	0,64
9	4,18	98,91	0,33	0,76
10	4,18	98,85	0,34	0,81
11	4,18	98,85	0,34	0,81
12	4,18	98,85	0,34	0,81
13	4,18	98,85	0,34	0,82
14	4,18	98,85	0,34	0,82
15	4,18	98,84	0,34	0,82
16	4,18	98,83	0,34	0,83
17	4,18	98,83	0,34	0,84
18	4,18	98,84	0,34	0,84
19	4,18	98,82	0,34	0,84
20	4,18	98,82	0,34	0,84

t	Keskihajonta	BTC_daily	Scombined	Bcombined
1	4,10	100,00	0,00	0,00
2	4,11	99,99	0,00	0,01
3	4,13	99,66	0,22	0,13
4	4,13	99,53	0,34	0,13
5	4,14	99,40	0,35	0,25
6	4,15	99,31	0,39	0,30
7	4,17	99,00	0,39	0,61
8	4,17	98,91	0,48	0,61
9	4,18	98,72	0,49	0,79
10	4,18	98,62	0,50	0,87
11	4,18	98,62	0,50	0,88
12	4,18	98,62	0,50	0,88
13	4,18	98,61	0,50	0,89
14	4,18	98,59	0,50	0,91
15	4,18	98,59	0,50	0,91
16	4,18	98,56	0,50	0,94
17	4,18	98,54	0,50	0,95
18	4,18	98,54	0,50	0,96
19	4,18	98,54	0,50	0,96
20	4,18	98,54	0,51	0,96

LIITE 5a Bitcoinin päivittäisen tuoton ja sentimenttimuuttujien varianssihajotelmat
01/01/2017 - 13/02/2018

t	Keskihajonta	BTC_daily	Snews	Bnews
1	5,06	100,00	0,00	0,00
2	5,06	99,91	0,07	0,03
3	5,08	99,16	0,54	0,30
4	5,11	98,24	1,00	0,77
5	5,14	98,00	1,00	1,01
6	5,19	97,00	1,71	1,30
7	5,19	97,00	1,85	1,39
8	5,21	96,63	1,98	1,40
9	5,21	96,54	1,98	1,48
10	5,22	96,41	2,11	1,48
11	5,22	96,41	2,11	1,48
12	5,22	96,32	2,14	1,54
13	5,22	96,32	2,14	1,54
14	5,23	96,26	2,16	1,59
15	5,23	96,25	2,16	1,59
16	5,23	96,23	2,17	1,60
17	5,23	96,23	2,17	1,60
18	5,23	96,23	2,18	1,60
19	5,23	96,21	2,18	1,61
20	5,23	96,21	2,18	1,61

t	Keskihajonta	BTC_daily	Ssocial	Bsocial
1	5,22	100,00	0,00	0,00
2	5,23	99,86	0,01	0,13
3	5,23	99,77	0,02	0,21
4	5,25	99,25	0,47	0,28
5	5,26	99,23	0,49	0,29
6	5,26	99,22	0,49	0,29
7	5,26	99,21	0,50	0,29
8	5,26	99,21	0,50	0,29
9	5,26	99,21	0,50	0,29
10	5,26	99,21	0,50	0,29
11	5,26	99,21	0,50	0,29
12	5,26	99,21	0,50	0,29
13	5,26	99,21	0,50	0,29
14	5,26	99,21	0,50	0,29
15	5,26	99,21	0,50	0,29
16	5,26	99,21	0,50	0,29
17	5,26	99,21	0,50	0,29
18	5,26	99,21	0,50	0,29
19	5,26	99,21	0,50	0,29
20	5,26	99,21	0,50	0,29

t	Keskihajonta	BTC_daily	Scombined	Bcombined
1	5,10	100,00	0,00	0,00
2	5,11	99,89	0,06	0,05
3	5,12	99,37	0,29	0,34
4	5,14	98,78	0,32	0,90
5	5,16	98,41	0,35	1,24
6	5,19	98,15	0,38	1,47
7	5,20	97,84	0,56	1,60
8	5,20	97,82	0,59	1,60
9	5,20	97,81	0,59	1,60
10	5,20	97,80	0,61	1,60
11	5,20	97,76	0,61	1,63
12	5,20	97,75	0,62	1,63
13	5,20	97,74	0,62	1,64
14	5,21	97,73	0,62	1,65
15	5,21	97,73	0,62	1,65
16	5,21	97,73	0,62	1,65
17	5,21	97,73	0,62	1,65
18	5,21	97,73	0,62	1,65
19	5,21	97,73	0,62	1,65
20	5,21	97,73	0,62	1,65

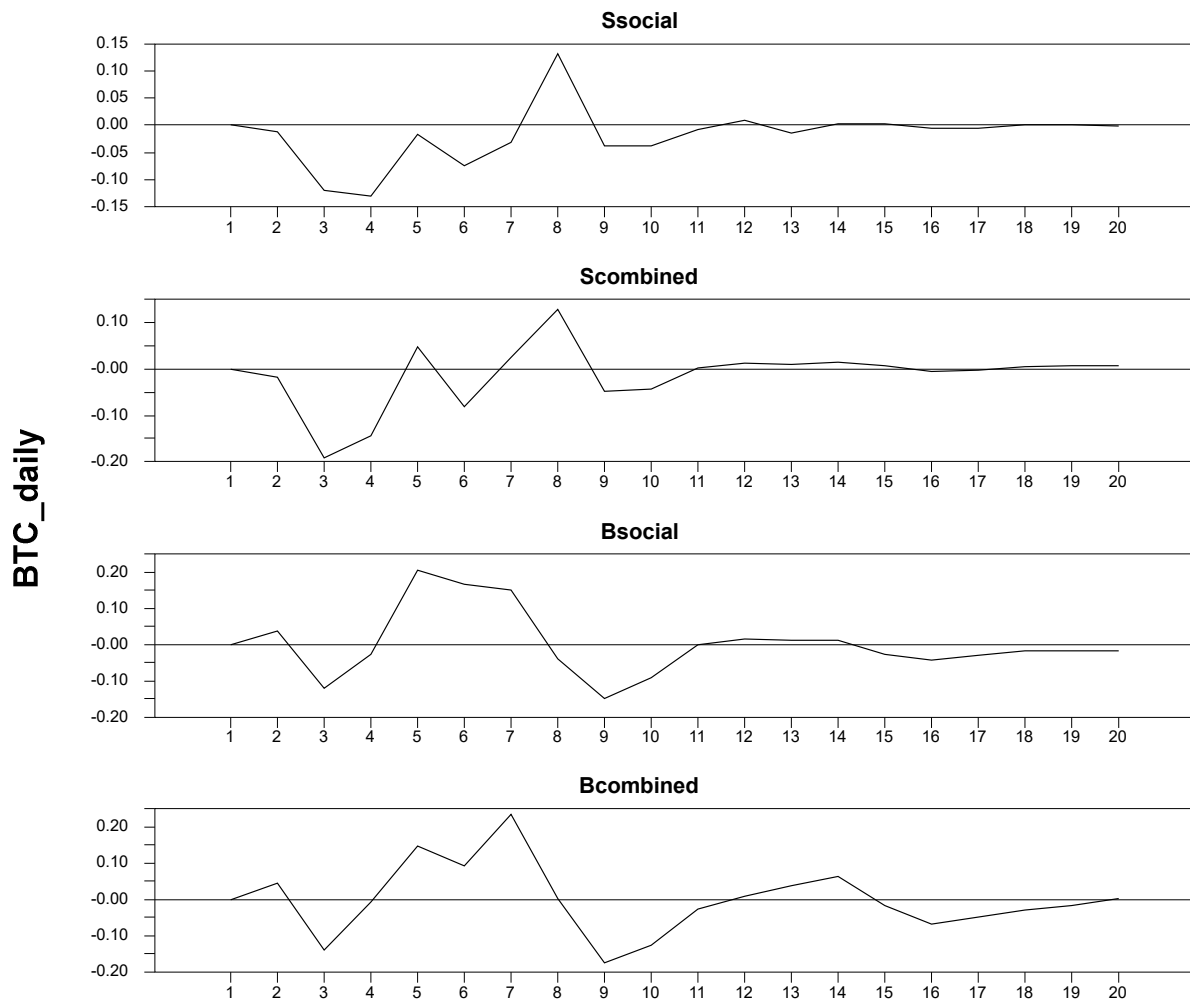
LIITE 5b Bitcoinin päivittäisen tuoton ja sentimenttimuuttujien sekä tuotto- ja ennustemuuttujien varianssihajotelmat 01/01/2017 – 13/02/2018

t	Keskihajonta	BTC_daily	Snews	Bnews	log_VIX	Gold_daily	Events
1	5,67	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	5,72	98,14	0,58	0,43	0,04	0,80	0,01
3	5,86	93,54	0,58	0,41	0,07	1,17	4,23
4	5,87	93,37	0,60	0,51	0,09	1,17	4,28
5	5,87	93,31	0,62	0,52	0,10	1,17	4,29
6	5,87	93,29	0,62	0,52	0,11	1,17	4,29
7	5,87	93,28	0,62	0,52	0,12	1,17	4,29
8	5,87	93,27	0,62	0,52	0,14	1,17	4,29
9	5,87	93,26	0,62	0,52	0,15	1,17	4,29
10	5,87	93,25	0,62	0,52	0,15	1,17	4,29
11	5,87	93,24	0,62	0,52	0,16	1,17	4,29
12	5,87	93,24	0,62	0,52	0,17	1,17	4,29
13	5,87	93,23	0,62	0,52	0,17	1,17	4,29
14	5,88	93,23	0,62	0,52	0,18	1,17	4,29
15	5,88	93,23	0,62	0,52	0,18	1,17	4,29
16	5,88	93,22	0,62	0,52	0,18	1,17	4,29
17	5,88	93,22	0,62	0,52	0,19	1,17	4,29
18	5,88	93,22	0,62	0,52	0,19	1,17	4,29
19	5,88	93,22	0,62	0,52	0,19	1,17	4,29
20	5,88	93,22	0,62	0,52	0,19	1,17	4,29

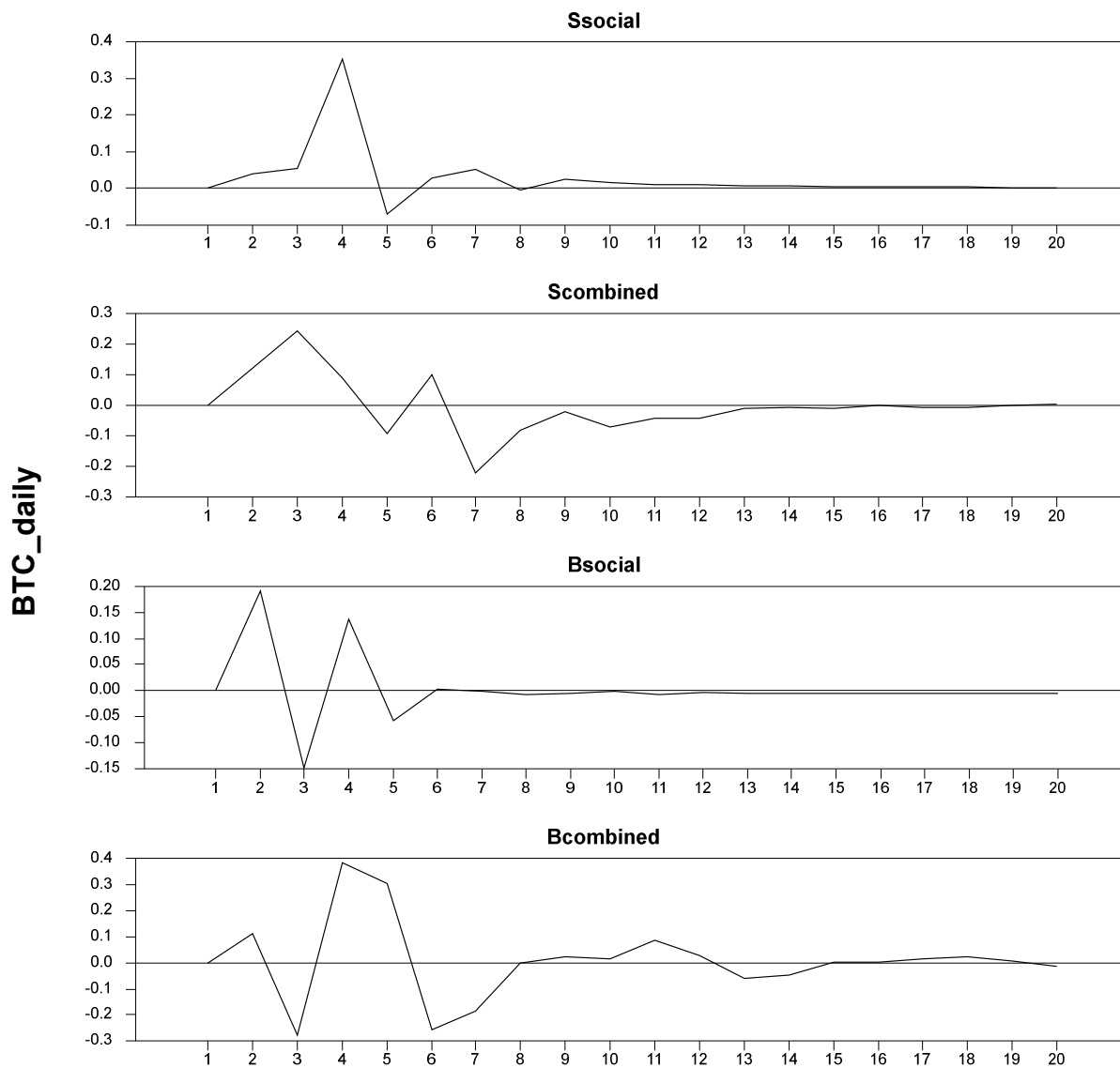
t	Keskihajonta	BTC_daily	Ssocial	Bsocial	log_VIX	Gold_daily	Events
1	5,61	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	5,75	95,33	0,01	3,59	0,00	1,04	0,03
3	5,87	91,55	0,02	3,45	0,00	1,34	3,65
4	5,87	91,37	0,03	3,59	0,04	1,34	3,64
5	5,88	91,27	0,08	3,58	0,07	1,34	3,65
6	5,88	91,21	0,10	3,60	0,10	1,34	3,65
7	5,88	91,18	0,10	3,60	0,12	1,34	3,65
8	5,89	91,15	0,11	3,61	0,14	1,34	3,65
9	5,88	91,13	0,11	3,61	0,16	1,34	3,65
10	5,88	91,11	0,11	3,62	0,18	1,34	3,65
11	5,88	91,10	0,11	3,62	0,19	1,34	3,65
12	5,88	91,08	0,11	3,62	0,20	1,34	3,65
13	5,88	91,07	0,11	3,62	0,21	1,34	3,65
14	5,88	91,06	0,11	3,62	0,22	1,34	3,65
15	5,88	91,06	0,11	3,62	0,23	1,34	3,65
16	5,88	91,05	0,11	3,62	0,24	1,34	3,65
17	5,88	91,04	0,11	3,62	0,24	1,34	3,65
18	5,89	91,04	0,11	3,62	0,24	1,34	3,65
19	5,89	91,04	0,11	3,62	0,25	1,34	3,65
20	5,89	91,03	0,11	3,62	0,25	1,34	3,65

t	Keskihajonta	BTC_daily	Scombined	Bcombined	log_VIX	Gold_daily	Events
1	5,63	100,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
2	5,74	96,31	0,12	2,63	0,01	0,91	0,02
3	5,86	92,30	0,13	2,52	0,01	1,25	3,79
4	5,87	92,10	0,15	2,69	0,05	1,25	3,80
5	5,88	91,99	0,19	2,69	0,07	1,25	3,81
6	5,88	91,95	0,20	2,70	0,09	1,25	3,81
7	5,88	91,93	0,20	2,71	0,11	1,25	3,81
8	5,88	91,91	0,20	2,71	0,13	1,25	3,81
9	5,88	91,89	0,20	2,71	0,14	1,25	3,81
10	5,88	91,88	0,20	2,72	0,16	1,25	3,81
11	5,88	91,86	0,20	2,72	0,17	1,25	3,81
12	5,88	91,85	0,20	2,72	0,18	1,25	3,81
13	5,88	91,84	0,20	2,72	0,19	1,25	3,80
14	5,88	91,84	0,20	2,72	0,20	1,25	3,80
15	5,88	91,83	0,20	2,72	0,20	1,25	3,80
16	5,88	91,83	0,20	2,72	0,21	1,25	3,80
17	5,88	91,82	0,20	2,72	0,21	1,25	3,80
18	5,88	91,82	0,20	2,72	0,22	1,25	3,80
19	5,88	91,81	0,20	2,72	0,22	1,25	3,80
20	5,88	91,81	0,20	2,72	0,22	1,25	3,80

LIITE 6b Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, sosiaalisen median ja sisältöryhmistä yhdistetyt sentimenttimuuttujat 18/08/2011 – 31/12/2016



LIITE 7 Bitcoinin päivittäisen tuoton impulssivasteet, sosiaalisen median ja sisältöryhmistä yhdistetyt sentimenttimuuttujat 01/01/2017 - 13/02/2018



LIITE 8 Bitcoinin päivittäisen tuoton vaikutusta sentimenttimuuttujiin tutkivien regressioiden OLS-estimointien tulokset VAR-malleista

Selitettävä muuttuja				
	(1) ja (5): Utussisältöön pohjautuva sentimentti-indeksi			
	(2) ja (6): Utusmainintojen määrä			
	(3) ja (7): Sosiaalisen median sisältöön pohjautuva sentimentti-indeksi			
	(4) ja (8): Sosiaalisen median mainintojen määrä			
Regressiot 18/08/2011 – 31/12/2016				
	(1)	(2)	(3)	(4)
BTC_daily ₋₁	2,07×10 ^{-3***} (6,35×10 ⁻⁴)	-1,25 (14,83)	1,86×10 ^{-3***} (3,05×10 ⁻⁴)	-32,46** (14,73)
BTC_daily ₋₂	3,94×10 ⁻⁴ (6,27×10 ⁻⁴)	7,24 (14,64)	3,64×10 ⁻⁴ (3,06×10 ⁻⁴)	44,20*** (14,80)
BTC_daily ₋₃	9,10×10 ⁻⁴ (6,28×10 ⁻⁴)	-13,87 (14,65)	-4,87×10 ⁻⁵ (3,07×10 ⁻⁴)	-19,22 (14,86)
BTC_daily ₋₄	-5,39×10 ⁻⁴ (6,25×10 ⁻⁴)	-8,26 (14,59)	5,60×10 ^{-4*} (3,06×10 ⁻⁴)	3,90 (14,81)
BTC_daily ₋₅	4,74×10 ⁻⁴ (6,24×10 ⁻⁴)	-32,12** (14,56)	-8,78×10 ⁻⁵ (3,06×10 ⁻⁴)	4,57 (14,80)
BTC_daily ₋₆	3,39×10 ⁻⁴ (6,15×10 ⁻⁴)	-5,96 (14,35)	-1,11×10 ⁻⁴ (3,02×10 ⁻⁴)	-6,85 (14,61)
BTC_daily ₋₇	3,09×10 ⁻⁴ (5,99×10 ⁻⁴)	31,70** (13,99)	-2,39×10 ⁻⁴ (2,97×10 ⁻⁴)	27,21* (14,37)
BTC_daily ₋₈	-5,37×10 ⁻⁴ (5,89×10 ⁻⁴)	-16,51 (13,74)	-8,07×10 ^{-4***} (2,89×10 ⁻⁴)	10,98 (14,01)
Regressiot 01/01/2017 – 13/02/2018				
	(5)	(6)	(7)	(8)
BTC_daily ₋₁	2,95×10 ^{-3***} (6,22×10 ⁻⁴)	-19,68 (61,80)	1,85×10 ^{-3***} (2,93×10 ⁻⁴)	-285,96*** (94,66)
BTC_daily ₋₂	7,49×10 ⁻⁴ (6,46×10 ⁻⁴)	50,50 (64,14)	4,36×10 ⁻⁴ (3,13×10 ⁻⁴)	-40,58 (101,05)
BTC_daily ₋₃	5,49×10 ⁻⁴ (6,37×10 ⁻⁴)	-24,33 (63,31)	-3,41×10 ⁻⁴ (3,12×10 ⁻⁴)	110,44 (100,81)
BTC_daily ₋₄	4,79×10 ⁻⁴ (6,37×10 ⁻⁴)	183,96*** (63,29)	-5,76×10 ^{-4*} (3,05×10 ⁻⁴)	176,14* (98,57)
BTC_daily ₋₅	1,50×10 ^{-3**} (6,61×10 ⁻⁴)	50,52 (65,62)		
BTC_daily ₋₆	-5,44×10 ⁻⁵ (6,67×10 ⁻⁴)	137,54** (66,23)		
BTC_daily ₋₇	-1,10×10 ^{-3*} (6,50×10 ⁻⁴)	130,00** (64,55)		

*** tilastollisesti merkitsevä 1%:n merkitsevyystasolla
 ** tilastollisesti merkitsevä 5%:n merkitsevyystasolla
 * tilastollisesti merkitsevä 10%:n merkitsevyystasolla

Suluissa oleva arvo kertoo mittauksen keskivirheen.

LIITE 9 Granger-kausalisuudet 18/08/2011 - 31/12/2016, bitcoinin päivittäinen tuotto

Selitettävä muuttuja			
(1) ja (5): Utissisältöön pohjautuva sentimentti-indeksi			
(2) ja (6): Utismainintojen määrä			
(3) ja (7): Sosiaalisen median sisältöön pohjautuva sentimentti-indeksi			
(4) ja (8): Sosiaalisen median mainintojen määrä			
Selittävä muuttuja	F-testisuure	p-arvo	
18/08/2011 - 31/12/2016	(1) BTC_daily	2,09	0,03
	(2) BTC_daily	1,62	0,11
	(3) BTC_daily	6,05	0,00
	(4) BTC_daily	2,32	0,02
01/01/2017 - 13/02/2018	(5) BTC_daily	4,53	0,00
	(6) BTC_daily	2,37	0,02
	(7) BTC_daily	11,63	0,00
	(8) BTC_daily	3,45	0,01

LIITE 10a Jännösten autokorrelaatiot bitcoinin päivittäistä tuottoa tutkivista VAR-mallinnuksen regressioista

Malli	1. viive	2. viive	3. viive	4. viive	5. viive	6. viive	7. viive	8. viive	95%:n luottamusväli
(1)	0,0056	-0,0414	0,0678	0,0263	-0,0620	-0,0508	0,0371	0,0161	(-0,0566; 0,0566)
(2)	0,0113	-0,0501	0,0518	0,0667	-0,0472	0,0807	0,0436	0,0179	(-0,0543; 0,0543)
(3)	0,0141	-0,0245	-0,0047	-0,0146	-0,0027	-0,0013	0,0029	0,0288	(-0,0538; 0,0538)
(4)	0,0136	-0,0181	-0,0124	-0,0158	-0,0090	0,0030	0,0129	0,0120	(-0,0469; 0,0469)
(5)	0,0130	-0,0179	-0,0115	-0,0157	-0,0089	0,0030	0,0129	0,0120	(-0,0469; 0,0469)
(6)	0,0103	0,0054	0,0183	0,0093	0,0078	0,0096	0,015	0,0692	(-0,1089; 0,1089)
(7)	-0,0287	0,0220	-0,0159	-0,0030	0,0738	0,0099	-0,0471	0,0594	(-0,1049; 0,1049)
(8)	-0,0097	-0,0059	-0,0015	-0,0038	0,0057	0,0029	-0,0517	0,0802	(-0,1076; 0,1076)
(9)	-0,0073	0,0091	0,0320	-0,0471	0,0427	-0,0154	0,0541	-0,0730	(-0,1281; 0,1281)
(10)	0,0161	0,0135	0,0164	-0,0328	0,0342	0,0106	0,054	-0,0742	(-0,1281; 0,1281)
(11)	0,0053	0,0129	0,0277	-0,0364	0,0417	-0,0016	0,0573	-0,0754	(-0,1281; 0,1281)

Tilastollisesti merkitsevät arvot lihavoituna.

LIITE 10b Jäännösten autokorrelaatiot bitcoinin päivittäistä tuottoa tutkivista lineaarisista regressioista

Malli	1. viive	2. viive	3. viive	4. viive	5. viive	6. viive	7. viive	8. viive	95%:n luottamusväli
(1)	-0,0572	-0,0870	-0,0197	-0,0932	0,0247	-0,0137	-0,0365	0,0316	(-0,0996; 0,0996)
(2)	-0,0473	-0,0337	-0,0028	-0,0711	0,0085	-0,0126	-0,0301	0,0306	(-0,0996; 0,0996)
(3)	-0,0747	-0,0439	-0,0163	-0,0492	0,0541	0,0028	-0,0451	0,0333	(-0,0996; 0,0996)
(4)	-0,1081	-0,0399	-0,0044	-0,0654	0,0256	-0,0121	-0,0408	0,0283	(-0,0996; 0,0996)
(5)	-0,0757	0,0098	-0,0850	-0,0825	0,0247	0,0631	0,0547	-0,0153	(-0,1216; 0,1216)

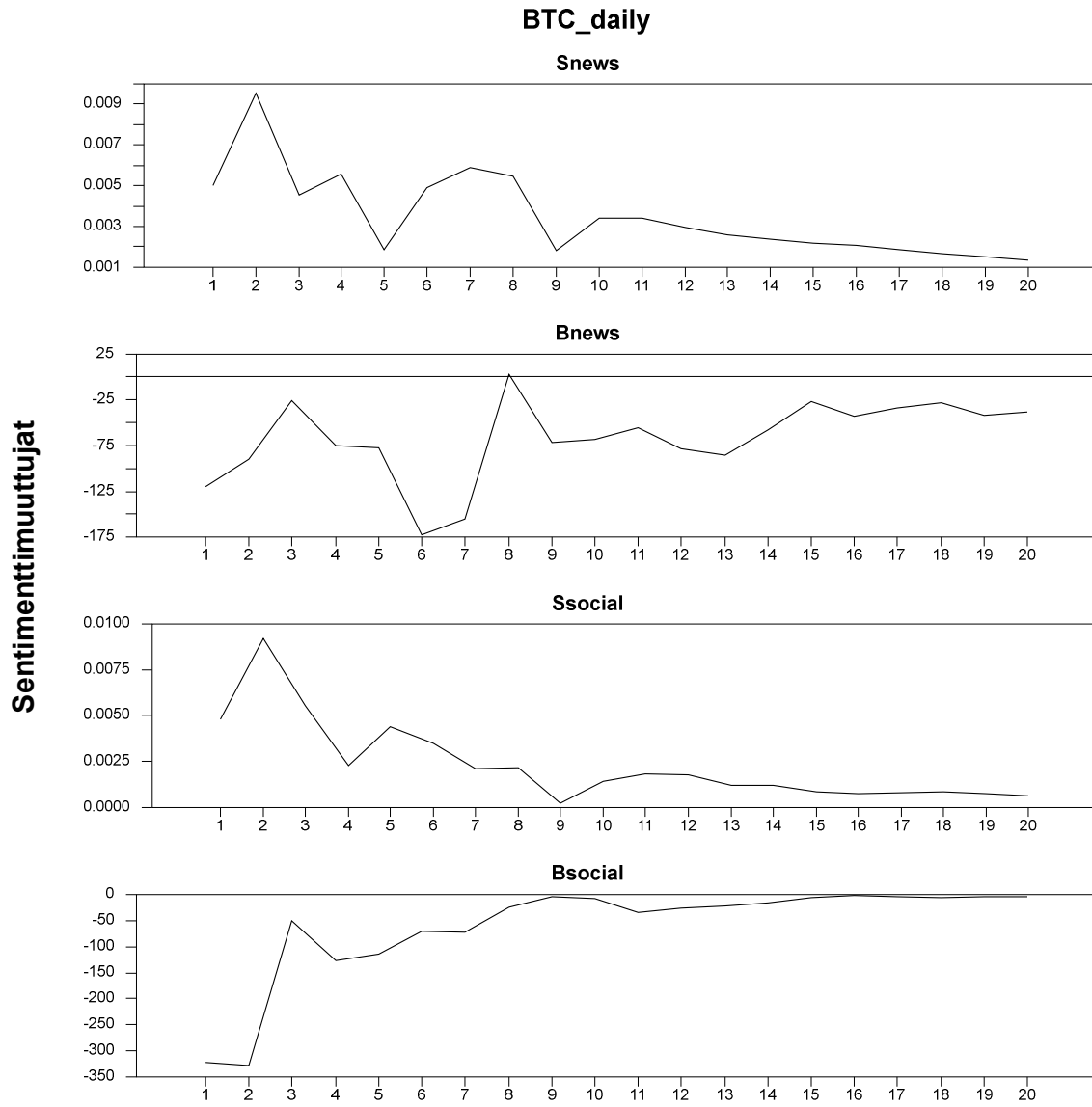
Tilastollisesti merkitsevät arvot lihavoituna.

LIITE 10c Jäännösten autokorrelaatiot bitcoinin sentimenttiä tutkivista VAR-mallinnuksen regressioista

Malli	1. viive	2. viive	3. viive	4. viive	5. viive	6. viive	7. viive	8. viive	95%:n luottamusväli
(1)	0,0030	0,0113	-0,0526	0,0027	-0,0257	-0,0345	-0,0547	-0,0091	(-0,0538; 0,0538)
(2)	-0,0012	0,0094	0,0104	-0,0066	-0,0189	-0,0506	-0,0730	-0,0283	(-0,0538; 0,0538)
(3)	-0,0067	0,0043	-0,0173	-0,0155	-0,0193	-0,0269	-0,0276	-0,0502	(-0,0469; 0,0469)
(4)	0,0005	-0,0138	-0,0179	0,0003	-0,0067	-0,0283	-0,0386	-0,0688	(-0,0469; 0,0469)
(5)	-0,0019	-0,0039	0,0001	0,0083	0,0172	0,0459	-0,0151	-0,0050	(-0,1089; 0,1089)
(6)	0,0416	0,0417	0,0297	0,0179	-0,0283	-0,0024	0,0125	-0,0818	(-0,1089; 0,1089)
(7)	-0,0017	0,0095	0,0051	0,0149	0,0151	0,0486	0,0193	-0,0730	(-0,1049; 0,1049)
(8)	0,0045	-0,0497	-0,0873	-0,1002	-0,1857	0,0283	0,0104	0,1104	(-0,1049; 0,1049)

Tilastollisesti merkitsevät arvot lihavoituna.

LIITE 11a Uutisten ja sosiaalisen median sisältöön pohjautuvien sentimenttimuuttujien impulssivasteet, bitcoinin päivittäinen tuotto 18/08/2011 – 31/12/2016



LIITE 11b Uutisten ja sosiaalisen median sisältöön pohjautuvien sentimenttimuuttujien impulssivasteet, bitcoinin päivittäinen tuotto 01/01/2017 - 13/02/2018

