



**TURUN
YLIOPISTO**
Kauppakorkeakoulu

Tuottojen ennustettavuus Pohjoismaiden osakemarkkinoilla

Laskentatoimen ja rahoituksen laitos
Rahoituksen Pro gradu -tutkielma

Laatija:
Markus Anttila 2308354

Ohjaaja:
Prof. Mika Vaihekoski

6.4.2025
Turku

Turun yliopiston laatujärjestelmän mukaisesti tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck -järjestelmällä.

Pro gradu -tutkielma

Oppiaine: Rahoitus

Tekijä(t): Markus Anttila

Otsikko: Tuottojen ennustettavuus Pohjoismaiden osakemarkkinoilla

Ohjaaja(t): Prof. Mika Vaihekoski

Sivumäärä: 77 sivua + liitteet 7 sivua

Päivämäärä: 6.4.2025

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta. Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, voidaanko Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan osakemarkkinoiden tuottoja ennustaa Yhdysvaltain, Saksan ja Kiinan markkinoiden toteutuneiden tuottojen, osinkotuoton ja markkinakoron perusteella. Tutkimuskysymys jakautuu kolmeen alakysymykseen: 1) Voidaanko viivästettyjen tuottojen perusteella ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja Pohjoismaissa? 2) Pystytäänkö viivästettyjen tuottojen avulla ennustaa tuottoja Pohjoismaissa otoksen ulkopuolella? 3) Onko osinkotuotolla tai markkinakorolla ennustevoimaa osakemarkkinoiden tuottoihin Pohjoismaissa?

Tutkielman teoreettinen viitekehys perustuu tehokkaiden markkinoiden hypoteesiin, rationaalisten odotusten teoriaan ja käyttäytymistieteelliseen rahoitusteoriaan. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin mukaan markkinat ovat tehokkaat, jos kaikki saatavilla oleva tieto heijastuu arvopapereiden hintoihin. Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria puolestaan tarkastelee, miten psykologiset tekijät ja kognitiiviset vinoumat vaikuttavat sijoittajien päätöksentekoon ja markkinoiden käyttäytymiseen.

Tutkimusaineisto koostuu Pohjoismaiden, Yhdysvaltain, Saksan ja Kiinan osakemarkkinoiden kuukausittaisista tuotoista vuosilta 1993–2024. Aineisto sisältää myös osinkotuotot ja lyhyet markkinakorot Pohjoismaista. Tutkimusmenetelminä käytetään vektoriautoregressiomallia (VAR), joka estimoidaan tulosten luotettavuuden lisäämiseksi sekä pienimmän neliösumman menetelmällä, että LASSO-menetelmällä.

Tutkimustulokset osoittavat, että Kiinan viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kolmessa neljästä Pohjoismaasta (Ruotsi, Tanska ja Norja). Lisäksi havaitaan tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio Suomen osakemarkkinoilla. Yhdysvaltain ja Saksan viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja missään Pohjoismaassa. Otoksen ulkopuoliset testit osoittavat, että viivästettyjen tuottojen ennustekyky on heikko otoksen ulkopuolella, eikä tuloksia voida pitää taloudellisesti merkittävinä.

Lisätuloksina havaitaan, että osinkotuotto ja lyhyt markkinakorko eivät ennusta osakemarkkinoiden tuottoja Pohjoismaissa merkittävästi. Covid-19-pandemian aikana Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen rooli tuottojen ennustajana korostuu, mikä on linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa, joka osoittaa Yhdysvaltain markkinoiden merkityksen kasvavan kriisiaikoina.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että vaikka viivästettyjen tuottojen perusteella voidaan ennustaa tuottoja Pohjoismaissa otoksen sisällä, ennustekyky ei ole riittävän vahva otoksen ulkopuolella, jotta tuloksia voitaisiin pitää taloudellisesti merkittävinä. Osinkotuoton ja markkinakoron ennustevoima on heikko, ja Yhdysvaltain markkinoiden merkitys korostuu erityisesti kriisiaikoina. Tutkimus tuo uutta tietoa Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuudesta ja tarjoaa pohjan jatkotutkimuksille.

Avainsanat: Tuottojen ennustettavuus, Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi, Pohjoismaiden osakemarkkinat

SISÄLLYS

1	Johdanto	7
1.1	Tausta	7
1.2	Tutkimuskysymykset ja rajaukset	8
1.3	Tutkielman rakenne	10
2	Teoriatausta	12
2.1	Rationaaliset odotukset ja tehokkaiden markkinoiden hypoteesi	12
2.1.1	Rationaalisten odotusten teoria	12
2.1.2	Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi	13
2.1.3	Markkinatehokkuuden tutkiminen	15
2.1.4	Arvopaperien hinnoittelumallit	17
2.1.5	Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin kritiikkiä	19
2.2	Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria	21
2.2.1	Käyttäytymistieteellinen rahoitus ja prospektiteoria	21
2.2.2	Rajoitukset arbitraasissa	21
2.2.3	Sijoituskäyttäytymiseen liittyvät harhat ja heuristiikat	22
2.2.4	Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria tuottojen ennustettavuuden selittäjänä	23
2.3	Aikasarjaekonometria ja tuottojen ennustettavuus	24
2.3.1	Autoregressiomallit	24
2.3.2	Vektoriautoregressiomallit	25
2.3.3	Granger-kausaaisuus	26
2.3.4	Stationaarisuus ja yksikköjuuritit	27
2.3.5	LASSO-regressio	28
2.3.6	Aikasarjamallien testaaminen otoksen ulkopuolella	29
3	Kirjallisuuskatsaus	31
3.1	Osakemarkkinoiden tuottoa ennustavat tekijät	31
3.1.1	Autokorrelaatio osakemarkkinoilla	31
3.1.2	Alireagointi uuteen informaatioon ja tuottojen ennustettavuus	32
3.1.3	Makrotaloudelliset muuttujat	33
3.1.4	Viivästetyt tuotot	35
3.1.5	Volatiliteetti	36
3.2	Tuottojen ennustettavuuden kritiikki	37
4	Aineisto ja menetelmät	39
4.1	Aineisto	39

4.1.1	Aineiston kuvailu	39
4.1.2	Tunnusluvut	40
4.2	Tutkimusmenetelmät	41
4.2.1	Vektoriautoregressiomalli	41
4.2.2	Otoksen ulkopuoliset testit	43
4.2.3	Mallidiagnostiikka	44
5	Tutkimustulokset	46
5.1	Johdatus empiiriseen osioon ja keskeiset tunnusluvut	46
5.2	Päätulokset	49
5.2.1	Vektoriautoregressiomallin tulokset	49
5.2.2	LASSO-regressiomalli	53
5.3	Päätulosten luotettavuus	56
5.3.1	Otoksen ulkopuoliset testit	56
5.3.2	Päätulosten mallidiagnostiikka	58
5.3.3	Päätulosten analyysi	61
5.4	Lisätulokset	64
5.4.1	Osinkotuotto ja markkinakorko tuottojen ennustajina Pohjoismaissa	64
5.4.2	Tuottojen ennustettavuus covid-19-pandemian aikana	65
5.4.3	Lisätulosten analyysi	68
6	Johtopäätökset	70
	Lähteet	73
LIITE 1	R-ohjelman koodi	78
LIITE 2	Lisätulosten mallidiagnostiikka	82
LIITE 3	Osinkotuoton kaavan todistus	84

KUVIOT

Kuvio 1. Arvopaperin hinnan reagointi uuteen informaatioon	14
Kuvio 2. Pääomamarkkinasuora	17
Kuvio 3. Kokonaistuottoindeksit 1993–2024.	46
Kuvio 4. Yksinkertaiset kuukausituotot	48
Kuvio 5. Ennustetut ja toteutuneet kuukausituotot 2003-2024.	57

TAULUKOT

Taulukko 1. Osakeindeksit	39
Taulukko 2. Markkinakorko	40
Taulukko 3. Kuukausituotot	47
Taulukko 4. Osinkotuotto ja markkinakorko	49
Taulukko 5. Vektoriautoregressiomallin tulokset	50
Taulukko 6. LASSO-regressiomallin tulokset	54
Taulukko 7. Otoksen ulkopuolinen selitysaste ja jäännösvirrehajonta	58
Taulukko 8. Yksikköjuuritestit	59
Taulukko 9. Heteroskedastisuus ja autokorrelaatio	60
Taulukko 10. Päätulosten muuttujien korrelaatiomatriisi	61
Taulukko 11. Päätulosten varianssi-inflaatiotekijät	61
Taulukko 12. Osinkotuotto ja markkinakorko ennustavina muuttujina	64
Taulukko 13. Tuottojen ennustettavuus covid-19-pandemian aikana.	66
Taulukko 14. Osinkotuoton ja markkinakoron yksikköjuuritestit	82
Taulukko 15. Covid-19-aineiston yksikköjuuritestit	82
Taulukko 16. Osinkotuoton ja markkinakoron korrelaatiomatriisi	83
Taulukko 17. Covid-19-aineiston korrelaatiomatriisi	83

1 Johdanto

1.1 Tausta

Tässä tutkielmassa selvitetään Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta. Osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuus on ollut rahoituksen tutkijoiden mielenkiinnon kohteena useiden vuosikymmenien ajan. Aihetta on ensimmäisten joukossa tutkineet Fama ja Schwert (1977) havaitsivat yllätyksekseen inflaatiolta suojautumista tutkiessaan, että inflaatio-odotukset itseasiassa ennustavat osakemarkkinoiden tuottoja. Nykyään osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuudesta on olemassa laaja ja monipuolinen tutkimuskirjallisuus, josta ei mielikuvitusta puutu. Osakemarkkinoiden tuottoja on pyritty vaihtelevalla menestyksellä ennustamaan erilaisten taloudellisten muuttujien, kuten korkojen aikarakenteen ja inflaation perusteella sekä erilaisilla muilla aikasarjoilla, kuten sään vaihtelulla ja covid-19-pandemian intensiteetillä (Hjalmarsson 2010, Ma ym. 2023, Salisu ym. 2022.).

Tutkimuskirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuus on ilmiö, josta löytyy näyttöä puolesta ja vastaan. Erilaisia osakemarkkinoita ennustavia muuttujia on esitetty kymmeniä, mutta monet tutkimustulokset ovat vanhoja ja tuloksien toistaminen uudemmalla aineistolla on osoittautunut hankalaksi (Goyal ja Welch 2008). Tutkimuskirjallisuuden perusteella voidaan todeta, että jonkinlainen konsensus vallitsee lyhyen markkinakoron ja osinkotuoton merkityksestä osakemarkkinoita ennustavina muuttujina (Ang ja Bekaert 2007). Uudemmissa tutkimuksissa havaitaan merkittävää ennustevoimaa erilaisilla volatiliteettiin liittyvillä muuttujilla, sekä makrotaloudellisilla muuttujilla, kuten raakaöljyn hinnalla (Goyal ja Welch 2022). Voidaankin todeta, että osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuus on ajankohtainen ja edelleen kehittyvä tutkimusaihe, josta ilmestyy jatkuvasti uusia artikkeleita.

Eri maiden osakemarkkinoiden välisiä korrelaatioita, sekä näiden korrelaatioiden muuttumista ajassa on tutkittu paljon. Hieman yllättävästi osakeindeksin tuoton käyttämistä ennustavana muuttujana ei ole tutkittu kovinkaan paljon. Aihe on mielenkiintoinen esimerkiksi informaation välittymisen ja eri maiden osakemarkkinoiden keskinäisriippuvuuksien ymmärtämiseksi. Lisäksi toimivalla ennustemallilla on aina myös taloudellista merkitystä, mikäli sellainen onnistutaan kehittämään. (Rapach ym. 2013).

Viivästettyjen tuottojen kykyä ennustaa tuottoja kehittyneiden maiden osakemarkkinoilla on ensimmäisenä tutkinut Rapach ym. (2013), jotka osoittavat tutkimuksessaan, että Yhdysvaltain markkinoiden tuotot ennustavat muiden kehittyneiden maiden osakemarkkinoiden tuottoa. Lin (2015) sekä Wen

ja Lin (2020) esittävät vastaavia havaintoja Aasian ja Tyynenmeren alueen osakemarkkinoilta. Aihetta käsittelevän kirjallisuuden laajuudesta huolimatta relevantteja tutkimuksia Pohjoismaiden osakemarkkinoilta ei ole juurikaan saatavilla. Rapachin ym. (2013) alkuperäisessä tutkimuksessa on mukana Ruotsin markkinat, mutta muiden Pohjoismaiden osalta aihetta ei ole juurikaan tutkittu.

Tämä tutkielma tuo tutkimuskirjallisuuteen uuden, Pohjoismaiden osakemarkkinoiden näkökulman, joka on aikaisemmassa tutkimuksessa jäänyt pitkälti käsittelemättä. Pohjoismaat ovat tutkimuksen viiteryhmänä hyvin mielenkiintoinen, koska ryhmään kuuluu talouden rakenteelta hyvin erilaisia maita raaka-aine vetoisesta Norjasta globaalien vähittäiskauppabrändien Ruotsiin. Toinen tutkielman merkittävä kontribuutio on tutkimuksen toistaminen tuoreella aineistolla. Suurin osa aiheesta tehdyistä tutkimuksista on julkaistu noin kymmenen vuotta sitten. Esimerkiksi Rapachin ym. (2013) aineisto päättyy vuoteen 2010, joten tutkimuksen toistaminen tuoreella tutkimusaineistolla tuo aiheen tutkimuskirjallisuuteen mielenkiintoisen lisäyksen, huomioiden, että viimeiseen vuosikymmeneen sisältyy markkinoita ravistelleita hyvin poikkeuksellisia tapahtumia, kuten covid-19-pandemia. Osakemarkkinoiden välinen keskinäisriippuvuus tyypillisesti vahvistuu erilaisissa kriiseissä, joten tämä tutkielma tarjoaa uutta näkökulmaa myös tältä osin.

1.2 Tutkimuskysymykset ja rajaukset

Tässä tutkielmassa selvitetään osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta Pohjoismaissa. Tutkimuskysymys on seuraava:

- Voidaanko Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan osakemarkkinoiden tuottoja ennustaa Yhdysvaltain, Saksan ja Kiinan toteutuneiden tuottojen, tai osinkotuoton ja markkinakoron perusteella?

Tutkimuskysymys voidaan edelleen jakaa seuraaviin alatutkimuskysymyksiin:

- Voidaanko viivästettyjen tuottojen perusteella ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja Pohjoismaissa?
- Pystytäänkö viivästettyjen tuottojen avulla ennustaa tuottoja Pohjoismaissa otoksen ulkopuolella?
- Onko osinkotuotolla tai markkinakorolla ennustevoimaa osakemarkkinoiden tuottoihin Pohjoismaissa?

Ensimmäinen alatutkimuskysymys perustuu siihen, että tutkimuskysymykseen vastaamiseksi täytyy ensin selvittää, onko Yhdysvaltain, Saksan tai Kiinan osakemarkkinoiden kuukauden viivästetyillä tuotoilla ylipäättään yhteyttä Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottoihin ja jos on, niin voidaanko yhteyttä kutsua kausaalisuhteeksi tilastotieteellisessä mielessä. Toinen alatutkimustutkimuskysymys perustuu havaintoon, että suurin osa tutkimuskirjallisuudessa esitetyistä ennustavista muuttujista ei läpäise otoksen ulkopuolisia testejä (Goyal ja Welch 2008). Näin ollen otoksen ulkopuoliset testit ovat keskeinen osa tuottojen ennustettavuuden tutkimista. Lisäksi ennustavien muuttujien taloudelliseen merkittävyyteen on mahdoton ottaa kantaa ilman otoksen ulkopuolisia testejä.

Viimeisen alatutkimuskysymyksen motivaatio on kontrolloida muiden tutkimuskirjallisuudessa esitettyjen selittäjien vaikutus. Osinkotuotto ja lyhyt korko ovat keskeisimmät tutkimuskirjallisuudessa esitetyt osakemarkkinoiden tuottoa ennustavat tekijät (Ang ja Bekaert 2007, Hjalmarsson 2010, Rapach 2013).

Tässä tutkielmassa osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta tarkastellaan yhden kuukauden aikavälillä. Toisin sanoen kuukausittaisia tuottoja Pohjoismaiden osakemarkkinoilla selitetään yhden kuukauden viivästetyillä tuotoilla. Perusteena rajaukselle on se, että havaintoja kansainvälisestä tuottojen ennustettavuudesta on saatu nimenomaan edellä mainittua asetelmaa käyttäen (Aye ym. 2017, Rapach ym. 2013). Lisäksi käyttämällä kuukausituottoja vältetään pörssien toisistaan poikkeavista kaupankäyntiajoista johtuvat ongelmat tuloksissa. Viimeiseksi käyttämällä kuukausituottoja saadaan pohjoismaisilta markkinoilta aikasarjoja, joissa on riittävästi havaintoja tilastollisesti vahvojen johtopäätösten tekemiseksi, mikä voisi muodostua haasteeksi kvartaali- tai vuosituottoja käytettäessä.

Ennustavat muuttujat rajataan Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan osakemarkkinoiden viivästettyihin tuottoihin, sekä osinkotuottoon ja lyhyeen markkinakorkoon. Rajaus perustuu ajatukseen, että viivästettyihin tuottoihin liittyviä kausaalisuhteita havaitaan sellaisten maiden välillä, joiden kansantaloudet ovat vahvasti integroituneet toisiinsa (Lin 2015). Yhdysvallat on maailman suurin kansantalous ja jokaisen Pohjoismaan viiden suurimman kauppakumppanin joukossa viennin arvolla mitattuna (Maailmanpankki 2024). Lisäksi Yhdysvaltain osakemarkkinat ovat maailman suurimmat markkina-arvolla mitattuna ja Yhdysvaltain viivästetyillä tuotoilla on aikaisemmin havaittu ennustevoimaa kehittyneiden osakemarkkinoiden tuottoihin (Rapach 2013). Kiina on maailman toiseksi suurin kansantalous ja keskeinen markkina pohjoismaisille yrityksille sekä merkittävä raaka-aineiden ja materiaalien toimittaja. Tuonnin arvolla mitattuna Kiina kuuluu jokaisen Pohjoismaan kolmen suurimman kauppakumppanin joukkoon (Maailmanpankki 2024). Saksa on maailman kolmanneksi suurin kansantalous ja Suomen, Norjan ja Tanskan suurin vientimaa (Maailmanpankki 2024).

Osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuuden tarkastelu rajataan koskemaan pohjoismaisia osakemarkkinoita, joilla tarkoitetaan tämän tutkimuksen yhteydessä Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan osakemarkkinoita. Rajaus perustuu aineiston saatavuuteen ja laatuun sekä aukkoon aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa. Aineiston saatavuudella ja laadulla tarkoitetaan sitä, että pohjoismaisilta osakemarkkinoilta on saatavilla riittävän pitkä tuottojen aikasarja, jotta tilastollinen päättely on mahdollista. Aukolla aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa tarkoitetaan sitä, että aihetta ei ole aikaisemmin kattavasti tutkittu pohjoismaisilla osakemarkkinoilla pois lukien Ruotsi, joka on mukana Rapachin ym. (2013) tutkimuksessa. Pohjoismaiset osakemarkkinat ovat globaalissa tarkastelussa pienet ja jäävät usein sivuun tutkimuksesta. Näin ollen on tärkeää, että mielenkiintoisia aiheita, kuten osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta tutkitaan myös Pohjoismaiden näkökulmasta.

1.3 Tutkielman rakenne

Tutkielman rakenne on seuraavanlainen. Toisessa luvussa esitellään teoriaviitekehys. Aiheen kannalta keskeisin teoria on tehokkaiden markkinoiden hypoteesi, jonka tutkimisen eräs keskeinen osa-alue tuottojen ennustettavuuden tutkiminen on. Lisäksi esitellään rationaalisten odotusten teoria, joka liittyy läheisesti tehokkaiden markkinoiden hypoteesiin, sekä käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria, jonka malleja voidaan käyttää selittämään tuottojen ennustettavuutta. Lopuksi tarkastellaan aikasarjaekonometrian teoriaa siltä osin, kuin se on tutkielman aiheen kannalta relevanttia.

Kolmannessa luvussa luodaan katsaus osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuuteen liittyvään tutkimuskirjallisuuteen. Kirjallisuuden osalta käydään läpi osakemarkkinoiden autokorrelaatiota koskevia tutkimustuloksia sekä eri makrotaloudellisten muuttujien kykyä ennustaa tuottoja. Lisäksi tarkastellaan tutkielman aiheen kannalta keskeistä viivästettyjen tuottojen tutkimuskirjallisuutta ja perehdytään tuottojen ennustettavuuteen kohdistuneeseen kritiikkiin.

Neljännessä luvussa esitellään käytettävä aineisto ja menetelmät. Aineiston osalta kuvataan käytettävä aineisto sillä tarkkuudella, että tutkimustulosten replikointi on mahdollista. Lisäksi esitetään laskukaavat kaikille tunnusluvuille. Menetelmien osalta kuvataan kaikki empiirisessä osiossa käytettävät menetelmät.

Viides luku kuvaa tutkielman empiiriset tulokset. Aluksi esitellään tutkimusaineistoa kuvaavat tunnusluvut. Seuraavaksi esitetään päätulokset, jotka koskevat tuottojen ennustettavuutta Pohjoismaissa viivästettyjen kuukausituottojen perusteella. Lisäksi tarkastellaan tulosten luotettavuutta sekä mallidiagnostiikkaa. Lisätuloksissa tarkastellaan osinkotuoton ja markkinakoron kykyä ennustaa tuottoja

sekä covid-19-pandemian vaikutusta tuottojen ennustettavuuteen. Tutkielman johtopäätökset esitetään kuudennessa luvussa.

2 Teoriatausta

2.1 Rationaaliset odotukset ja tehokkaiden markkinoiden hypoteesi

2.1.1 Rationaalisten odotusten teoria

Rahoitusmarkkinoiden tutkimus on perinteisesti perustunut ajatukseen tehokkaista arvopaperimarkkinoista ja rationaalisista markkinatoimijoista. Nämä taustaoletukset pohjaavat rationaalisten odotusten teoriaan, jonka esitteli ensimmäisen kerran Muth. (1961). Lucas (1972) laajentaa ja kehittää rationaalisten odotusten teoriaa ja soveltaa sitä rahan tarjontaan markkinoilla. Rationaalisten odotusten teoria on eräs keskeisistä uusklassisen taloustieteen taustalla vaikuttavista ajatuksista. Teorian perustuu ajatukseen, että taloudelliset toimijat, kuten yksilöt ja yritykset, muodostavat odotuksensa tulevaisuudesta rationaalisesti käyttämällä kaikkea saatavilla olevaa tietoa. Teorian mukaan talouden toimijoiden odotukset eivät ole systemaattisesti virheellisiä, vaikka virheitä voi esiintyä. Näin ollen rationaalisten odotusten vallitessa odotukset ovat keskimäärin oikeita, virheet satunnaisia ja ennustevirheitä ei voi ennustaa.

Muth (1961) esittää, että aikaisemmat taloustieteen teoriat aliarvioivat talouden toimijoiden rationaalisuutta, mikä johtaa virheellisiin tuloksiin esimerkiksi arvioitaessa talouspoliittisten toimien vaikutavuutta. Muthin hypoteesin mukaan talouden toimijat kykenevät tekemään tulevaisuudesta informoituja ennustuksia, jotka eivät ole systemaattisesti virheellisiä. Toisin sanoen rationaalisten odotusten vallitessa talouden toimijoiden ennuste minkä tahansa taloudellisen muuttujan arvosta voidaan tulkita kyseisen taloudellisen muuttujan odotusarvoksi. Lucas (1972) laajentaa tarkastelua koskemaan rahan tarjontaa, ja osoittaa että rationaalisten odotusten vallitessa rahan tarjontaa muuttavat rahapoliittiset päätökset eivät vaikuta reaalityalouden muuttujiin, koska uutta informaatiota saatuaan talouden toimijat muuttavat toimintaansa vastaavasti. Rationaalisten odotusten keskeinen seuraus markkinoilla on se, että hinnat sopeutuvat välittömästi vastaamaan uutta informaatiota. Tulos on keskeinen erityisesti rahoitusmarkkinoiden kannalta.

Rationaalisten odotusten teoriaa on kritisoitu useista näkökulmista. Keskeisin kritiikki kohdistuu teorian taustaoletuksiin ja empiirisen näytön puutteeseen. Odotusten rationaalisuus Muthin (1961) tarkoittamassa mielessä vaatii, että informaatiota odotusten muodostamiseksi on saatavilla laajasti ja kohtuullisin kustannuksin. Lisäksi oletetaan, että talouden toimijat ovat ainakin jossain määrin samaa mieltä uuden informaation vaikutuksesta. Oletuksia voidaan perustellusti kritisoida siitä, että ne eivät ota riittävästi huomioon psykologisia ja sosiaalisia tekijöitä, jotka vaikuttavat ihmisten päätöksentekoon. Käyttäytymistaloustiede on osoittanut, että tunteet, kognitiiviset vinoumat ja sosiaaliset normit

voivat merkittävästi vaikuttaa ihmisten käyttäytymiseen. Esimerkiksi, taloudelliset toimijat saattavat tehdä päätöksiä pelon tai ahneuden ohjaamina, mikä voi johtaa irrationaalsiin markkinareaktioihin. Toisaalta kritiikkiin voi vastata Lowellia (1986) mukaillen, että mikä tahansa malli, joka on muotoiltu tarpeeksi yksinkertaisesti ollakseen käyttökelpoinen sisältää väistämättä yksinkertaistavia oletuksia. Teorian hyvyys riippuukin siitä, kuinka hyvin se kuvaa tutkittavaa ilmiötä, eikä niinkään oletusten realistisuudesta. Muth (1961) ei myöskään väitä, että kaikki talouden toimijat ovat rationaalisia saattikka, että hänen mallinsa kuvaisi ihmisiä käyttäytymistieteellisessä mielessä tarkasti.

Uskottavampi kritiikki rationaalisten odotusten teorialle on empiirisen tuen puute. Monet taloudelliset ilmiöt ja käyttäytymismallit eivät sovi yhteen rationaalisten odotusten teorian kanssa. Lowell (1986) käy artikkelissaan läpi huomattavan määrän empiirisiä tutkimuksia rationaalisista odotuksista. Erityisen paljon näyttöä on siitä, että talouden toimijoiden odotuksiin tulevaisuudesta sisältyy systemaattisia vinoumia. Esimerkiksi yritysten on havaittu olevan huonoja ennustamaan liikevaihdon kehitystä edes lyhyellä, kahdesta kuuteen kuukauteen aikavälillä. Vastaavia tuloksia on saatu talouden toimijoiden kyvystä ennustaa inflaatiota; inflaatio-odotukset vaikuttavat perustuvan suurimmaksi osaksi toteutuneeseen inflaatioon, jolloin inflaation kasvaessa odotukset ovat systemaattisesti liian alhaisia. Johtopäätöksenä Lowell toteaa, että empiirinen näyttö rationaalisten odotusten tueksi on melko heikko.

2.1.2 Tehokkaiden markkinoiden hypoteesi

Rahoituksen tutkimuksessa keskeinen konsepti on tehokkaiden markkinoiden hypoteesi. Fama (1970) määrittelee tehokkaat arvopaperimarkkinat siten, että tehokkailla markkinoilla arvopapereiden hinnat heijastavat kaikkea saatavilla olevaa tietoa, eikä riskitöntä ylituottoa ole tehokkailla arvopaperimarkkinoilla mahdollista saavuttaa. Tämä tehokkaiden markkinoiden hypoteesiksi kutsuttu määritelmä voidaan edelleen jakaa kolmeen muotoon, jotka ovat heikko, keskivahva ja vahva. Heikosti tehokkailla markkinoilla arvopapereiden tuottoja ei voi ennustaa historiallisen tuottokehityksen perusteella. Keskivahvasti tehokkailla markkinoilla kaikki hinnanmuodostuksen kannalta olennainen julkisesti saatavilla oleva informaatio heijastuu arvopapereiden hintoihin. Vahvasti tehokkailla markkinoilla kaikki julkinen ja ei julkinen informaatio on huomioitu arvopapereiden hinnoissa.

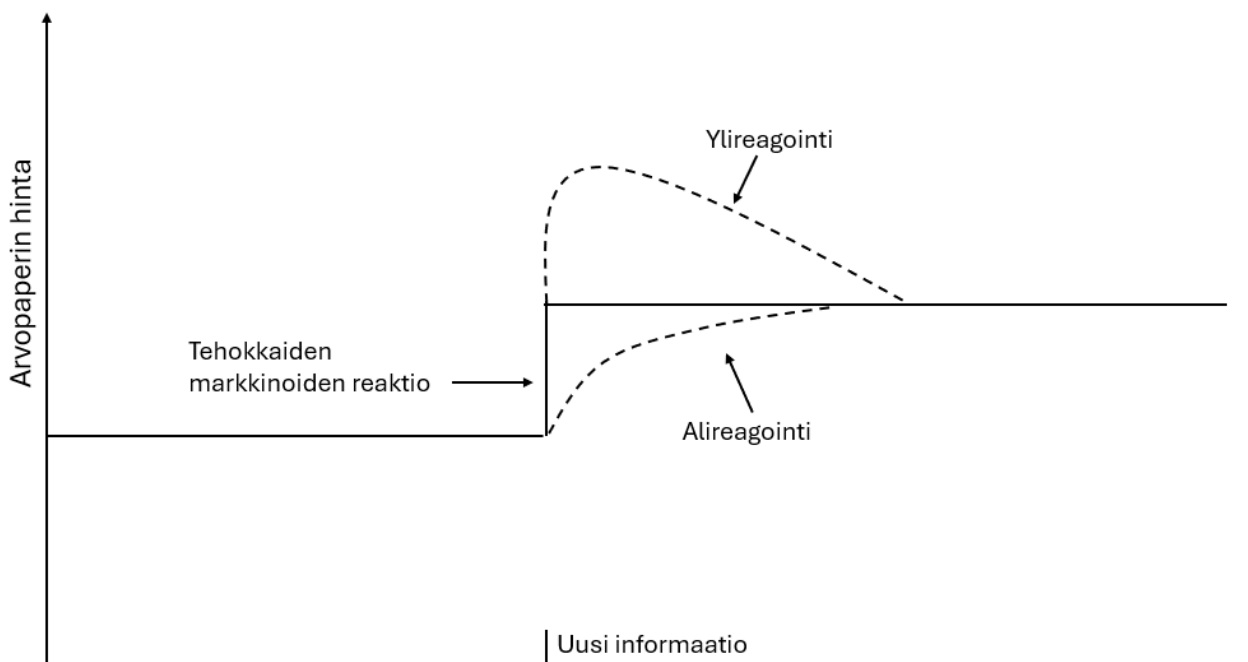
Fama (1970) esittää kolme riittävää ehtoa markkinatehokkuudelle liittyen informaation saatavuuteen, transaktiokustannuksiin ja markkinatoimijoiden kykyyn arvioida uuden informaation vaikutusta arvopapereiden odotettuihin tuottoihin:

- i. Transaktiokustannuksia ei ole.

- ii. Kaikilla markkinatoimijoilla on pääsy kaikkeen relevanttiin tietoon ilman kustannuksia.
- iii. Markkinatoimijoilla on homogeeniset odotukset, eli he ovat yksimielisiä minkä tahansa markkinoille tulevan uuden tiedon vaikutuksesta arvopaperien hintoihin.

On huomioitava, että Fama (1970) ei väitä ehtojen kuvaavan olemassa olevia arvopaperimarkkinoita, tai olevan välttämättömiä ehtoja markkinatehokkuudelle. Transaktiokustannusten tulee olla niin pieniä, että ne eivät estä hintojen sopeutumista uuteen informaatioon. Lisäksi tarpeeksi suurella osalla markkinatoimijoista tulee olla pääsy informaatioon ja kyky analysoida informaation merkitystä oikein. Se missä määrin edellä mainitut ehdot täyttyvät reaali maailman rahoitusmarkkinoilla on keskeinen mielenkiinnon kohde rahoituksen empiirisessä tutkimuksessa.

Kuvio 1 havainnollistaa tehokkaiden markkinoiden hypoteesin ydinajatuksen. Kun markkinoille tulee uutta informaatiota, tehokkailla markkinoilla arvopaperien hinnat sopeutuvat uuden informaation mukaiseksi välittömästi. Tehottomilla markkinoilla puolestaan arvopapereiden hinnat saattavat yli- tai alireagoida uuteen informaatioon.



Kuvio 1. Arvopaperin hinnan reagointi uuteen informaatioon (mukaillen Knupfer ja Puttonen 2018).

Tehokkailla arvopaperimarkkinoilla hinnanmuodostuksen prosessin voi kuvata olevan ”reilu peli”¹, tarkoittaen, että sijoittajan ei ole millään ajanhetkellä t mahdollista käyttää informaatiojoukkoa ϕ_t saavuttaakseen riskikorjattua ylituottoa. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin heikossa muodossa ϕ_t sisältää kaiken historiallisen tiedon arvopapereiden hinnoista, yhtiöiden tunnusluvuista, kuten osinkotuotosta. Keskivahvassa muodossa ϕ_t sisältää edellisten lisäksi kaiken julkisen tiedon, kuten ilmoitukset osingoista, yrityskaupoista tai osakkeiden takaisinostosta. Vahvassa tehokkaiden markkinoiden hypoteesin muodossa ϕ_t sisältää edellisten lisäksi myös ei-julkisen tiedon, joka on joidenkin sijoittajien tai sijoittajaryhmien käytössä. Vahvan tehokkaiden markkinoiden tutkimuksessa ei-julkisella tiedolla tarkoitetaan yleensä esimerkiksi institutionaalisten sijoittajien omaan käyttöön tuottamaa informaatiota, eikä niinkään esimerkiksi yrityksen toimivalla johdolla olevaa sisäpiiritietoa. (Elton ym. 2011, 396–400).

Hinnanmuodostuksen ollessa reilu peli, heikosti tehokkailla markkinoilla tuottojen ennustettavuuteen perustuvat kaupankäyntistrategiat, eli niin sanottu tekninen analyysi on hyödytöntä. Keskivahvasti tehokkailla markkinoilla kaupankäyntistrategiat, jotka perustuvat julkiseen tietoon, kuten vaikkapa osinkoilmoituksiin tai osakeantoihin, eivät ole kannattavia. Vahvasti tehokkailla markkinoilla myöskään strategiat, jotka perustuvat ei-julkisen informaation, kuten varainhoitoyhtiön omiin analyyseihin ja malleihin, eivät ole kannattavia.

2.1.3 Markkinatehokkuuden tutkiminen

Fama (1991) jakaa markkinatehokkuuden tutkimuksen kolmeen luokkaan, jotka ovat heikon-, keskivahvan- ja vahvan markkinatehokkuuden testit. Näistä ensimmäinen käsittelee tuottojen ennustettavuutta, toinen arvopapereiden hintojen sopeutumista markkinoille tulevaan uuteen julkiseen informaatioon ja kolmas sitä, onko joillain sijoittajilla kyky saavuttaa riskikorjattua ylituottoa.

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin heikon muodon testit liittyvät arvopapereiden tuottojen ennustettavuuteen historiallisten aikasarjojen avulla, mikä on myös tämän tutkielman aihe. Heikkoa markkinatehokkuutta testattiin alun perin tutkimalla, noudattavatko arvopapereiden tuotot satunnaiskulkua, eli onko tuottojen aikasarjoissa autokorrelaatiota. Faman (1991) mukaan kysymys heikosta markkinatehokkuudesta on kuitenkin laajempi ja pitäisikin puhua yleisemmin tuottojen ennustettavuuden tutkimisesta sisältäen tuottojen ennustamisen myös muista aikasarjoista, kuten osinkotuotoista tai koroista. Lisäksi Faman (1991) mukaan myös tuottojen ennustaminen

¹ Englanniksi termi on fair game, joka on rahoituksen ja taloustieteen kirjallisuudessa yleisesti käytetty käsite, jolla on tarkkaan määritelty sisältö.

poikkileikkausaineistoissa, sekä erilaisten anomalioiden ja kalenteri-ilmiöiden tutkiminen on osa samaa tuottojen ennustettavuuden tutkimista.

Keskivahvaa markkinatehokkuutta tutkitaan tyypillisesti tapaustutkimuksin. Tämänkaltaisissa tutkimuksissa kerätään tyypillisesti aineisto yrityskohtaisista tapahtumista, jotka ovat julkistettaessa markkinoille uutta tietoa. Tällaisia tapahtumia ovat esimerkiksi yrityskauppailmoitukset ja tulosvaroitukset. Asetelmassa mielenkiinnon kohteena on, kuinka nopeasti uusi markkinoille tullut informaatio vaikuttaa osakkeiden hintaan ja onko sijoittajan mahdollista tienata ylituottoa kaupankäyntistrategioilla, jotka perustuvat uuden tiedon julkistamiseen. Ylituoton määrittelyyn tarvitaan hinnoittelumalli, jonka perusteella arvioidaan tuotto-odotus, johon toteutunutta tuottoa verrataan. Asetelmaan liittyy yhdistetyn hypoteesin ongelma, koska riskikorjattu ylituotto voi selittyä joko markkinoiden tehottomuudella tai hinnoittelumallin puutteellisuudella tai näiden jollain yhdistelmällä. (Elton ym. 2011, 416–417, Fama 1991).

Erityyppisistä tapaustutkimuksista on olemassa hyvin laaja tutkimuskirjallisuus. Keskeisimmiksi havainnoiksi Fama (1991) nostaa tulokset, joiden mukaan odottamattomat muutokset osingonmaksussa aiheuttavat samansuuntaisen muutoksen osakkeen hinnassa (ks. esim. Asquith ja Mullins 1983). Tulosta pidettiin sikäli yllättävänä, että Modigliani-Miller teoreeman mukaan sijoittajat ovat indifferenttejä sen suhteen, miten yritys jakaa voittoa, jos verotusta ei huomioida. Muita keskeisiä havaintoja ovat osakeanti-ilmoitusten vaikutus negatiivisesti osakkeiden hintoihin (ks. esim. Masulis ja Korwar 1986). Sekä julkisten ostotarjousten positiivinen vaikutus osakkeen hintaan (ks. esim. Kaplan 1989). Faman (1991) mukaan nimenomaan tapaustutkimuksista saatu empiirinen näyttö tukee tehokkaiden markkinoiden hypoteesia vahvasti.

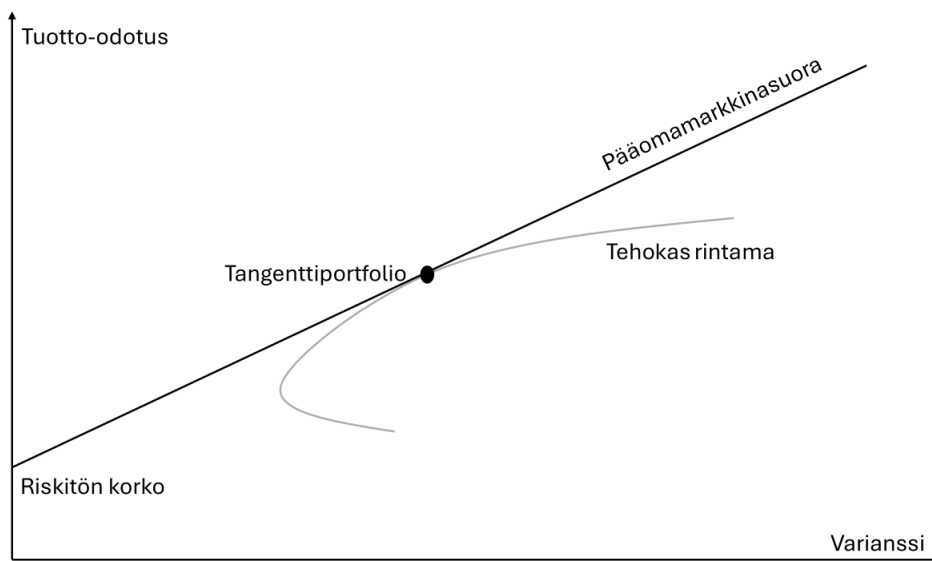
Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin vahva muoto väittää, että kaikki julkinen ja yksityinen informaatio on huomioitu arvopapereiden hinnoissa. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin vahva muoto voidaan tulkita siten, että ei pitäisi löytyä sijoittajia, jotka pystyvät jatkuvasti ansaitsemaan riskikorjattua ylituottoa, muuten kuin sattumalta. Vahvaa tehokkaiden markkinoiden hypoteesia tutkitaan tyypillisesti testaamalla, löytyykö markkinoilta sijoittajia, jotka pystyvät ansaitsemaan jatkuvasti ylituottoa. Tämänäyppiset tutkimukset koskevat aineiston saatavuussyistä usein sijoitusrahastoja. Kyseisiä tutkimuksia vaivaa usein selviytyjäharha, koska lopetetuista tai muihin yhdistetyistä rahastoista on hyvin hankala saada tietoa. Lisäksi ylituoton määrittämiseksi täytyy ensin määritellä normaali tuotto, jolloin tarvitaan hinnoittelumalli. Valittu hinnoittelumalli puolestaan vaikuttaa väistämättä tuloksiin eli kyseessä on yhdistetty hypoteesi. (Elton ym. 2011, 424–425).

2.1.4 Arvopaperien hinnoittelumallit

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin tutkimiseen liittyy aina kysymys arvopapereiden ”oikeista” hinnoista. Oikeiden hintojen määrittämiseksi on käytettävä jotain hinnoittelumallia. Tärkeimmät hinnoittelumallit ovat Capital asset pricing -malli ja arbitraasihinnoitteluteoria.

Yleisesti käytetyt hinnoittelumallit perustuvat moderniin portfolioteoriaan. Moderni portfolioteoria on eräs tärkeimmistä, ellei tärkein oivallus rahoituksen tutkimuksessa kautta aikojen. Teoria perustuu pitkälti Markowitzin (1952a; 1952b) artikkeliin, jossa hän esittää, että hyötyään maksimoivan sijoittajan tulee hajauttaa sijoituksensa minimoidakseen portfolionsa riskin valitulla tuottotasolla. Markowitzin (1952a) mallissa rationaalinen sijoittaja ei ole kiinnostunut yksittäisen arvopaperin riskistä, koska epäsystemaattinen riski voidaan hajauttaa pois, vaan portfolion riskistä.

Sharpe (1964) lisää Markowitzin (1952a) moderniin portfolioteoriaan riskittömän sijoitusinstrumentin. Sharpen mallissa sijoittaja voi halutessaan lainata rajoituksetta rahaa riskittömällä korolla tai vastaavasti sijoittaa rajoituksetta riskittömään korkoinstrumenttiin. Tällöin portfolion valinnan ongelma pelkistyy valinnaksi, kuinka paljon sijoittaja sijoittaa markkinaportfolioon ja paljonko riskittömään instrumenttiin. Tätä allokaatiota kuvaa pääomamarkkinasuora (Capital market line, CML), joka kuvastaa tehokkaita portfolioita, jotka koostuvat riskittömästä ja riskillisestä sijoituskohteesta. Pääomamarkkinasuora ja tehokas rintama on esitetty kuviossa 2.



Kuvio 2. Pääomamarkkinasuora (mukaillen Sharpe 1964).

Kuviossa 2 on kuvattu pääomamarkkinasuora, joka alkaa riskittömästä korosta ja leikkaa tehokkaan rintaman. Pääomamarkkinasuoran ja tehokkaan rintaman leikkauskohtaa kutsutaan tangentiportfolioksi. Rationaalinen sijoittaja valitsee riskipreferenssiään vastaavan pisteen pääomamarkkinasuoralta. Jokainen pääomamarkkinasuoran piste vastaa tehokasta portfoliota, jossa markkinaportfolion paino on w ja riskittömän sijoituksen paino $1 - w$. Kuvioista huomataan, että sijoittaja voi valita suoralta myös pisteen, jossa riskisen sijoituksen paino on yli 1, koska lainaaminen riskittömällä korolla on mahdollista. Toinen keskeinen havainto on, että mallissa tuotto-odotusta voi nostaa vain hyväksymällä korkeamman varianssin.

Capital asset pricing -malli (CAPM) on Sharpen (1964), Litnerin (1965) ja Mossinin (1966) kehittämä hinnoittelumalli, joka pyrkii selittämään arvopapereiden tuottoja markkinatasapainossa. Intuitio mallin taustalla on se, että pääomamarkkinasuora (ks. kuva 1), kuvaa itseasiassa riskin markkinahintaa. Jokaisen arvopaperin tuotto-odotus puolestaan riippuu sensitiivisyydestä markkinariskille ja riskin hinnasta markkinoilla eli riskipreemiosta. CAPM-mallin (ks. esim. Sharpe, 1964) kaava on seuraava:

$$E(R_i) = R_f + \beta_i E(R_m - R_f), \quad (1)$$

jossa $E(R_i)$ on osakkeen i tuotto-odotus, R_f on riskitön korko, β_i on beta-kerroin, joka kuvaa kyseisen osakkeen sensitiivisyyttä markkinariskille ja $E(R_m - R_f)$ on riskin hinta, eli markkinoiden riskipremio. Näin ollen osakkeen odotettu tuotto on osakkeen markkinarisikin määrä beta-kertoimella mitattuna kertaa riskipremio lisätynä riskittömällä korolla. Beta-kerroin puolestaan määritellään seuraavalla tavalla:

$$\beta_i = \frac{COV(R_i, R_m)}{VAR(R_m)}, \quad (2)$$

jossa $COV(R_i, R_m)$ on kovarianssi markkinaportfolion ja osakkeen i tuoton välillä ja $VAR(R_m)$ on markkinaportfolion varianssi. Määritelmän mukaan markkinaportfolion beta-kerroin on 1.

CAPM-mallin etuna voidaan pitää yksinkertaisuutta, selittäviä muuttujia on vain yksi, sekä vahvaa pohjautumista teoriaan. Lisäksi CAPM sisältää teoriasta johdetun riskifaktorin, markkinoiden riskipreemion, mikä mahdollistaa mallin empiirisen testaamisen yksinkertaisilla menetelmillä. Toisaalta CAPM-mallia on kritisoitu rajoittavista mallioletuksista, erityisesti verojen ja transaktiokustannusten huomiotta jättämisestä, sekä mallin rajoittumisesta yhden periodin tarkasteluun. Lisäksi empiirisissä testeissä on osoittautunut, että CAPM-mallin beta-kerroin ei välttämättä ole tyhjentävä kuvaus systemaattisesta riskistä. (Elton ym. 2011, 281, 333–339).

Arbitraasihinnointiteoria (APT) on vaihtoehtoinen lähestymistapa arvopapereiden hinnoitteluun. Malli sai alkunsa, kun Ross (1976) esitti mekanismia, jonka avulla voidaan määrittää arvopapereiden hinnat, kunhan tunnetaan arvopapereiden tuotot generoiva prosessi. Malli perustuu ajatukseen, että markkinatasapaino voidaan määrittellä arbitraasittomuusehdon kautta. APT:n etuna on, että se ei vaadi CAPM:n tapaan yksityiskohtaisia oletuksia sijoittajan hyötyfunktioista tai modernin portfolioteorian keskiarvo -varianssi lähestymistapaa. APT olettaa, että sijoittajilla on homogeeniset odotukset. Lisäksi oletetaan, että arvopapereiden tuotot R_i noudattavat lineaarisesti seuraavaa prosessia:

$$R_i = a_i + b_{i1}I_1 + b_{i2}I_2 + \dots + b_{ij}I_j + e_i, \quad (3)$$

jossa I_j on riskifakori, joka vaikuttaa osakkeiden tuottoon, b_{ij} kuvaa osakkeen i herkkyyttä kyseiselle riskifaktorille, a_i on osakkeen tuotto-odotus tilanteessa, jossa kaikki I_j saavat arvon nolla ja e_i on satunnainen virhetermi. Tuotto-odotus puolestaan on muotoa

$$E(R_i) = \lambda_0 + \sum_{j=1}^J b_{ij} \lambda_j, \quad (4)$$

jossa λ_0 on sellaisen arvopaperin tuotto, jonka systemaattinen riski on nolla. λ_j ilmaisee faktoririskipreemiota kullekin faktorille. (Elton ym. 2011, 358–359).

APT:n suurin ongelma testattavuuden kannalta on se, että teoria ei ota kantaa siihen minkä taloudellisten tai muiden muuttujien oletetaan selittävän osakkeen odotettua tuottoa. Faktorien määrittämiseksi on tyypillisesti yritetty löytää makrotaloudellisia tekijöitä, kuten korkotasoa tai inflaatio, joilla pitäisi taloustieteen teorian mukaan olla vaikutusta arvopapereiden tuottoihin ja tämän jälkeen testata liittyykö valittuun faktoriin faktoririskipremio. Toinen tapa on muodostaa portfolioita joillain kriteereillä, kuten vaikkapa yrityskoon perusteella, ja käyttää näitä portfolioita APT:n faktoreina. (Elton ym. 2011, 358–359).

2.1.5 Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin kritiikkiä

Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin kritiikki voidaan jakaa kahteen kategoriaan. Ensimmäinen näistä on arbitraasin rajoitukset ja toinen psykologiset ilmiöt. Lisäksi tehokkaiden markkinoiden hypoteesiin empiiriseen tutkimukseen liittyy usein yhdistetyn hypoteesin ongelma, joskaan kyseessä ei ole varsinainen kritiikki, vaan enemmänkin teoriaan liittyvä tiedostettu heikkous.

Tehokkailla arvopaperimarkkinoilla ei voi olla merkittäviä rajoituksia arbitraasissa. Arbitraasilla tarkoitetaan yleisesti saman arvopaperin ostamista ja samanaikaista myymistä toisistaan poikkeavin hinnoin. Tämän kaltainen arbitraasi ei teoriassa vaadi pääomaa eikä sisällä riskiä. Arbitraasi onkin

keskeinen markkinatehokkuutta ylläpitävä prosessi, koska se hävittää markkinoilta hinnoitteluvirheet. Faman (1970) tehokkaiden markkinoiden hypoteesin taustalla vaikuttaa arbitraasimalli, jossa markkinoilla toimii lukuisia arbitraasikaupankäyjiä, joista jokainen toteuttaa arbitraasia pienillä positiioilla. Tällaisessa mallissa pääomarajoitukset eivät ole ongelma ja arbitraasikaupankäynti on riskineutraalia olettaen, että lukuisten pienten arbitraasin toteuttajien vaikutuksesta hinnat palaavat markkinatasapainon mukaiseen arvoonsa. Shleifer ja Vishny (1997) pitävät mallia epärealistisena ja siitä seuraavia johtopäätöksiä oikeilla arvopaperimarkkinoilla väärinä. Shleiferin ja Vishnyn (1997) mukaan oikeilla arvopaperimarkkinoilla arbitraasin toteuttamiseen tarvitaan aina pääomaa, mikä tekee arbitraasista riskistä ja vähentää arbitraasikaupankäynnin mahdollisuutta palauttaa arvopapereiden hinnat vastaamaan fundamentaalista arvoaan erityisesti tilanteissa, jossa hinnoitteluvirheet ovat suuria.

Shleifer ja Vishny (1997) pitävät mallia epärealistisena ja siitä seuraavia johtopäätöksiä oikeilla arvopaperimarkkinoilla väärinä. Arbitraasia toteuttavat tyypillisesti harvat, hyvin pitkälle erikoistuneet ammattilaiset, jotka tarvitsevat toimintaansa ulkopuolista rahoitusta. Ulkopuolisen pääoman tarve puolestaan asettaa rajoituksia arbitraasin toteuttamiselle. Shleiferin ja Vishnyn (1997) mallissa markkinoilla toimii rationaalisia sijoittajia, jotka toteuttavat arbitraasikaupankäyntiä ja epärationalaisia sijoittajia (noise traders), jotka aiheuttavat hinnoitteluvirheitä. Lisäksi rationaalisia sijoittajia rahoittavat ulkopuoliset rahoittajat, joilla ei ole tietoa markkinoista, vaan he näkevät pelkästään sijoittajan position arvon kullakin ajanhetkellä. Mallissa arbitraasiin ei liity fundamentaalista riskiä pitkällä aikavälillä, mutta lyhyellä aikavälillä epärationalisten sijoittajien kaupankäynti saattaa pahentaa hinnoitteluvirhettä, jolloin arbitraasin kustannukset kasvavat. Pääomantarve ja arbitraasikaupankäynnin position tappiollisuus puolestaan saattaa näyttytyä arbitraasin rahoittajalle arbitraasikaupankäynnin epäpätevyytenä. Kyseessä on tällöin klassinen päämies-agentti-ongelma arbitraasikaupankäynnin ja rahoittajien välillä. Äärimmäisessä tapauksessa arbitraasikaupankäyjät saattavat joutua realisoimaan sijoituksensa tappiolla pääomantarpeen takia. Riski hinnoitteluvirheen pahenemisesta johtuvista tappioista saattaa tehdä arbitraasin toteuttajista tarpeettoman varovaisia erityisesti tilanteissa, jossa markkinoilla havaitaan suuria hinnoitteluvirheitä. Mallin tärkeä johtopäätös on, että arbitraasi ei tietyissä tilanteissa pysty kumoamaan epärationalisten sijoittajien aiheuttamia hinnoitteluvirheitä, koska epärationalisten sijoittajien kaupankäynti tekee arbitraasista riskistä.

Faman (1991) mukaan tehokkaiden markkinoiden hypoteesin tutkimisessa suurin käytännön haaste on yhdistetyn hypoteesin ongelmasta (joint-hypothesis problem.). Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin keskeinen väite koskee riskitöntä ylituottoa. Teoreettisessa mielessä tällä tarkoitetaan tuottoa, joka ylittää markkinatasapainotuoton. Markkinatasapaino ei kuitenkaan ole suoraan nähtävissä,

jolloin hypoteesin testaamiseksi tarvitaan jonkinlainen malli tuotosta ja riskistä, kuten CAPM. Tällöin päädytään tilanteeseen, jossa testataan itseasiassa tehokkaiden markkinoiden hypoteesia ehdolla, että käytetty hinnoittelumalli on totta. Toisin sanoen tulokset riippuvat käytetystä tuotto-riskimallista.

2.2 Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria

2.2.1 Käyttäytymistieteellinen rahoitus ja prospektiteoria

Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria kehittyi 1980-luvulta alkaen motiivina selittää erilaisia anomalioita, eli poikkeamia markkinatehokkuudesta. Käyttäytymistieteellisen rahoitusteorian taustalla on ajatus, että sijoittajat eivät toimi rationaalisesti hyötyään maksimoiden, vaan ovat alttiita erilaisille kognitiivisille harhoille. Lisäksi käyttäytymistieteelliseen rahoitusteoriaan liittyy keskeisesti ajatus rajoituksista arbitraasissa, mikä mahdollistaa markkinoiden tehottomuuden ja arvopapereiden hinnan poikkeamisen fundamentaalisesta arvostaan. (Shiller 2003).

Käyttäytymistieteellisen rahoitusteorian lähtölaukauksena voidaan pitää Kahnemanin ja Tverskyn (1979) tutkimusta, jossa he kehittivät prospektiteorian, joka perustuu kokeellisiin havaintoihin päätöstenteosta epävarmuuden vallitessa. Prospektiteoria pyrkii selittämään havaintoja, jotka ovat ristiriidassa uusklassisen taloustieteen oletuksista hyötyfunktion muodosta. Teorian mukaan ihmiset arvioivat voittoja ja tappioita suhteessa johonkin tiettyyn vertailukohtaan, eivätkä absoluuttisina arvoina. Lisäksi ihmiset kokevat tappiot voimakkaammin kuin vastaavat voitot, mikä johtaa riskin karttamiseen voittojen kohdalla ja riskinottoon tappioiden kohdalla. Toisin sanoen Kahnemanin ja Tverskyn (1979) mukaan hyötyfunktio on muodoltaan konkaavi vertailukohdan yläpuolella ja konveksin alapuolella, mikä on seurausta ihmisten taipumuksesta suhtautua epäsymmetrisesti riskiin.

2.2.2 Rajoitukset arbitraasissa

Shleifer ja Vishny (1997) esittävät, että oikeilla markkinoilla arbitraasin toteuttaminen on rajoitettua, eikä näin ollen voida sanoa, että arbitraasi palauttaa arvopapereiden hinnat fundamenttiarvoonsa. Arbitraasia toteuttavat tyypillisesti harvat, hyvin pitkälle erikoistuneet ammattilaiset, jotka tarvitsevat toimintaansa ulkopuolista rahoitusta. Ulkopuolisen pääoman tarve puolestaan asettaa rajoituksia arbitraasin toteuttamiselle. Shleiferin ja Vishnyn (1997) mallissa markkinoilla toimii rationaalisia sijoittajia, jotka toteuttavat arbitraasikaupankäyntiä ja epärationaalisia sijoittajia (noise traders), jotka aiheuttavat hinnoitteluvirheitä. Lisäksi rationaalisia sijoittajia rahoittavat ulkopuoliset rahoittajat, joilla ei ole tietoa markkinoista, vaan he näkevät pelkästään sijoittajan position arvon kullakin ajanhetkellä.

Shleiferin ja Vishnyn (1997) arbitraasimallilla on mielenkiintoisia implikaatioita markkinatehokkuuteen. Mallissa arbitraasiin ei liity fundamentaalista riskiä pitkällä aikavälillä, mutta lyhyellä aikavälillä epärationaalisten sijoittajien kaupankäynti saattaa pahentaa hinnoitteluvirhettä, jolloin arbitraasin kustannukset kasvavat. Pääomantarve ja arbitraasikaupankäyjän position tappiollisuus puolestaan saattaa näyttäytyä arbitraasin rahoittajalle arbitraasikaupankäyjän epäpätevyytensä. Kyseessä on tällöin klassinen päämies-agentti-ongelma arbitraasikaupankäyjän ja rahoittajien välillä. Äärimmäisessä tapauksessa arbitraasikaupankäyjät saattavat joutua realisoimaan sijoituksensa tappiolla pääomantarpeen takia. Riski hinnoitteluvirheen pahenemisesta johtuvista tappioista saattaa tehdä arbitraasin toteuttajista tarpeettoman varovaisia erityisesti tilanteessa, jossa markkinoilla havaitaan suuria hinnoitteluvirheitä. Mallin tärkeä johtopäätös on, että arbitraasi ei tietyissä tilanteissa pysty kumoamaan epärationaalisten sijoittajien aiheuttamia hinnoitteluvirheitä, koska epärationaalisten sijoittajien kaupankäynti tekee arbitraasista riskistä.

2.2.3 Sijoituskäyttäytymiseen liittyvät harhat ja heuristiikat

Kahneman ja Tversky (1979) osoittavat, että epävarmuuden vallitessa ihmiset turvautuvat erilaisiin heuristiikkoihin tai ”nyrkkisääntöihin” valintoja tehdessään. Nämä heuristiikat saattavat johtaa jossain tilanteissa odotetun hyödyn kannalta huonoihin päätöksiin. Nämä heuristiikat tai harhat ovat edustavuusharha, ankkurointiharha, yli-itsevarmuusharha ja saatavuusharha. Lisäksi tutkimuksessa on havaittu useita muita kognitiivisia vinoumia, jotka saattavat vaikuttaa sijoittajien päätöksiin. Esimerkkeinä näistä mainittakoon dispositiivaikutus, jolla tarkoitetaan sijoittajien taipumusta pitää tappiolla olevia sijoituksia salkussaan pidempään ja paikallisuusharha, joka tarkoittaa sijoittajien taipumusta ylipainottaa kotimarkkinoitaan (Elton ym. 2011, 440–443).

Edustavuusharha ilmenee, kun ihmiset arvioivat todennäköisyyksiä jonkin heidän tuntemansa esimerkin perusteella. Päätelyä voisi kuvailla ajatuksella, että yksittäisestä näennäisesti samoja piirteitä sisältävästä esimerkkitapauksesta vedetään yleistys kaikkiin muihin tapauksiin. Tämä voi johtaa virheellisiin päätelmiin, koska ihmiset saattavat sivuuttaa tilastolliset todennäköisyydet ja keskittyä liikaa stereotyyppisiin piirteisiin. Esimerkiksi sijoittaja saattaa uskoa, että tietyn yrityksen osake on hyvä sijoitus, koska se muistuttaa menestyneitä yrityksiä, vaikka sen taloudelliset perusteet eivät tukisi tätä uskomusta. Saatavuusharha tarkoittaa, että ihmiset arvioivat tapahtumien todennäköisyyksiä viimeksi saamansa tai helposti saatavilla olevan tiedon perusteella. Tällöin riskinä on, että sivuutetaan päätöksen kannalta olennaista tietoa, koska se ei ole yhtä helposti saatavilla. Ankkurointiharha ilmenee, kun ihmiset kiinnittävät liikaa huomiota ensimmäiseen saamaansa tietoon (ankkuriin) ja tekevät päätöksiä sen perusteella, vaikka myöhempi tieto olisi ristiriidassa ankkurin kanssa. Tämä voi johtaa

epäoptimaalisiin päätöksiin, koska ankkuri vaikuttaa suhteettomasti arvioihin. Yli-itsevarmuusharha tarkoittaa, että ihmiset yliarvioivat omat tietonsa ja kykynsä ennustaa tulevia tapahtumia. Tämä voi johtaa liialliseen riskinottoon ja virheellisiin päätöksiin, koska ihmiset eivät ota riittävästi huomioon epävarmuutta ja mahdollisia virheitä. Sijoittajat, jotka kärsivät yli-itsevarmuusharhasta, saattavat tehdä liian optimistisia arvioita markkinoiden kehityksestä ja sijoittaa varojaan riskialttiisiin kohteisiin ilman riittävää harkintaa. (Elton ym. 2011, 441).

Tärkeä käyttäytymistieteellisen rahoituksen käsite on laumakäyttäytyminen. Sijoittajien laumakäyttäytyminen tarkoittaa ilmiötä, jossa sijoittajat seuraavat muiden sijoittajien päätöksiä sen sijaan, että tekisivät omia itsenäisiä analyysejä. Tämä voi johtaa siihen, että sijoittajat ostavat tai myyvät osakkeita vain siksi, että muutkin tekevät niin, mikä voi aiheuttaa hintojen voimakkaita heilahteluja. Laumakäyttäytymistä voi esiintyä erityisesti nousumarkkinoiden aikana, kun pelko jäädä paitsi potentiaalisista tuotoista ajaa sijoittajat mukaan markkinoille ilman perusteellista analyysiä. Vastaavasti laskumarkkinoilla sijoittajat voivat myydä paniikissa, kun näkevät muidenkin tekevän niin. Laumakäyttäytyminen voi johtua useista psykologisista tekijöistä, kuten sosiaalisesta paineesta ja halusta kuulua joukkoon, tai uskomuksesta, että muilla sijoittajilla on parempaa tietoa. (Elton ym. 2011, 440–445).

2.2.4 Käyttäytymistieteellinen rahoitusteoria tuottojen ennustettavuuden selittäjänä

Keskeinen käsite tuottojen ennustettavuuden selittämisessä on sijoittajien yli- tai alireagointi uuteen markkinoille tulevaan tietoon. Sijoittajien yli- tai alireagointi viittaa ilmiöön, jossa sijoittajat reagoivat liiallisesti tai liian vähän uuteen informaatioon, mikä johtaa osakkeiden hintojen poikkeamiin niiden todellisesta arvosta. Ylireagoinnilla tarkoitetaan, että sijoittajat reagoivat liiallisesti uutisiin tai tapahtumiin, mikä johtaa osakkeiden hintojen voimakkaaseen nousuun tai laskuun. Esimerkiksi positiivinen tulosjulkistus voi saada sijoittajat ostamaan osakkeita suuria määriä, mikä nostaa hinnan yllä sen todellisen arvon. Alireagoinnilla puolestaan tarkoitetaan, että sijoittajat eivät reagoi riittävästi uuteen informaatioon. Tämä voi johtaa siihen, että osakkeiden hinnat eivät heijasta täysin uutta tietoa, ja hinnan korjaus tapahtuu hitaasti ajan myötä. Sijoittajien yli- ja alireagointia pyritään tyypillisesti selittämään käyttäytymistieteellisen rahoitusteorian avulla. (Shiller 2003).

Erityisen mielenkiintoinen on kysymys alireagoinnista liittyen tämän tutkielman aiheeseen, tuottojen ennustettavuuteen toisen osakemarkkinan tuottojen avulla. Ilmeinen selitys tämän kaltaiselle tuottojen ennustettavuudelle on, että sijoittajat aliarvioivat uuden ulkomaisen informaation merkitystä kotimarkkinoihin. Esimerkiksi suomalaiset sijoittajat eivät välttämättä täysin huomioi vaikkapa saksalaisiin tai kiinalaisiin yrityksiin liittyvää tietoa arvioidessaan Suomen osakemarkkinoiden kehitystä, vaikka kyseiset yritykset saattavat olla Suomessa listattujen yritysten keskeisiä asiakkaita tai

alihankkijoita. Alireagointiin voi olla useita syitä. Voi olla, että ulkomaisten markkinoiden seuranta on kalliimpaa ja vaivalloisempaa, kuin kotimarkkinoiden seuraaminen, jolloin uuteen ulkomaiseen informaatioon saatetaan aluksi alireagoida. Todennäköisempi selitys on saatavuusharha; informaatiota ulkomaisilta markkinoilta on kyllä saatavilla, mutta sijoittajat painottavat markkinoita analysoidessaan kotimarkkinoiden dataa ja uutisia, koska ne ovat helpommin saatavilla. Vastaavia selityksiä alireagoinnille esittävät esimerkiksi Cutler ym. (1991) ja Rapach ym. (2013).

Toinen mahdollinen selitys tuottojen ennustettavuudelle toisen osakemarkkinan tuottojen perusteella liittyy edustavuusharhaan ja institutionaalisiin sijoittajiin. Ulkomaiset institutionaaliset sijoittajat, erityisesti Yhdysvalloissa, ovat merkittäviä omistajia pohjoismaisissa pörssiyhtiöissä. On epätodennäköistä, että ulkomaiset instituutiot panostaisivat merkittävästi resursseja pienten pohjoismaisten markkinoiden seuraamiseen, jolloin saattaa olla, että instituutiot tekevät sijoituspäätöksiä perustuen puutteelliseen tietoon tai esimerkiksi sijoittajan kotimarkkinan perusteella. Kyseessä on tällöin edustavuusharha, eli päätöksenteko perustuu sijoittajan mielestä edustavaan esimerkkiin, joka ei kuitenkaan välttämättä ole päätöksenteon kannalta olennainen. Samankaltainen ilmiö, jossa kotimarkkinoiden sentimentti vaikuttaa arvopaperien hinnanmuodostukseen, havaitaan esimerkiksi suljetuilla rahastoilla ja osakepareilla, kuten Royle-Dutch ja Shell (Froot ja Dabora 1999).

2.3 Aikasarjaekonometria ja tuottojen ennustettavuus

2.3.1 Autoregressiomallit

Osakemarkkinoiden tuottojen ennustamisessa lähtökohtana on usein jonkinlainen autoregressiomalli. Ensimmäiset tehokkaiden markkinoiden hypoteesin heikkoa muotoa käsittelevät tutkimukset hyödyntävät autoregressiomalleja tuottojen ennustettavuuden tutkimisessa (ks. esim. Fama ja French 1998). Autoregressiomallit (AR-mallit) ovat tilastollisia malleja, joita käytetään aikasarjojen analysointiin ja ennustamiseen. Ne perustuvat ajatukseen, että nykyinen arvo on lineaarinen yhdistelmä aikaisemmista arvoista ja satunnaisvirheestä. Yksinkertaisin autoregressiomalli on ensimmäisen asteen autoregressiomalli, eli AR (1) -malli, joka voidaan ilmaista seuraavalla tavalla:

$$r_t = \varphi_0 + \varphi_1 r_{t-1} + \epsilon_t, \quad (5)$$

jossa r_t on tuotto ajanhetkellä t , φ_0 ja φ_1 ovat regressiokertoimia, r_{t-1} on viivästetty tuotto ja ϵ_t on virhetermi, jonka keskiarvo on nolla ja varianssi vakio. Autoregressiomallin yleinen muoto, AR (p) -malli, on seuraavanlainen:

$$r_t = \varphi_0 + \varphi_1 r_{t-1} + \dots + \varphi_p r_{t-p} + \epsilon_t, \quad (6)$$

jossa p on positiivinen kokonaisluku, joka ilmaisee malliin sisällytettävien viiveiden määrän. Mallin keskeinen ajatus on, että p edellistä aikasarjan toteutunutta arvoa määrittävät yhdessä r_t :n ehdollisen odotusarvon. AR-mallien parametrit voidaan estimoida halutulla menetelmällä, yleisimpien menetelmien ollessa pienimmän neliösumman menetelmä ja suurimman uskottavuuden menetelmä. (Tsay 2005, 32–41).

2.3.2 Vektoriautoregressiomallit

Vektoriautoregressiomallit (VAR-mallit) ovat tilastollisia malleja, joita käytetään analysoimaan ja ennustamaan useiden aikasarjojen välisiä riippuvuuksia. VAR-mallit laajentavat yhden muuttujan autoregressiomalleja usean muuttujan malleiksi. Mallissa jokaista muuttujaa selitetään sen omilla viivästetyillä arvoilla sekä muiden mallissa olevien muuttujien viivästetyillä arvoilla. Vektoriautoregressiomalleja käytetään yleisesti tutkittaessa osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta, erityisesti tarkasteltaessa usean muuttujan yhteisvaikutuksia (ks. esim. Ang ja Bekaert 2007). Vektoriautoregressiomallin yleinen muoto, jossa on k muuttujaa ja p viivettä, voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$\mathbf{r}_t = \boldsymbol{\varphi}_0 + \boldsymbol{\Phi}_1 r_{t-1} + \dots + \boldsymbol{\Phi}_p r_{t-p} + \boldsymbol{\epsilon}_t, \quad p > 0, \quad (7)$$

jossa k -asteinen vektori \mathbf{r}_t noudattaa VAR (p) -prosessia siten, että $\boldsymbol{\varphi}_0$ on k -asteinen vektori, $\boldsymbol{\Phi}_p$ on $k \times k$ matriisi ja $\boldsymbol{\epsilon}_t$ on sarja virhetermien vektoreita, joiden keskiarvo on nolla ja kovarianssimatriisi $\boldsymbol{\Sigma}$. Näin ollen VAR-mallia voidaan kuvata lineaarisena yhtälöryhmänä, jossa yhtälöiden määrä on sama kuin muuttujien määrä. VAR-mallien etuna voidaan pitää kykyä käsitellä useita muuttujia ja niiden yhteisvaikutuksia samanaikaisesti. Ne eivät vaadi muuttujien erottelua endogeenisiin ja eksoogeenisiin, mikä tekee niistä helppokäyttöisiä. Heikkoutena voidaan mainita, että mallien monimutkaisuus kasvaa nopeasti muuttujien ja viiveiden määrän kasvaessa, mikä voi tehdä tulkinnasta haastavaa. (Tsay 2005, 349–355).

Vektoriautoregressiomallin taustaoletukset ovat Tsayn mukaan (2005, 349–355) seuraavat:

- i. Stationaarisuus: Vektoriautoregressiomalleissa tarkasteltavien muuttujien aikasarjojen oletetaan olevan heikosti stationaarisia, mikä tarkoittaa, että jokaiselle aikasarjan viiveelle on olemassa ajassa muuttumaton keskiarvo, varianssi ja autokovarianssi.
- ii. Virhetermin ehdollinen keskiarvo, huomioiden kaikki muuttujat ja niiden viiveet, on nolla.
- iii. Aikasarjan arvojen välinen kovarianssi lähestyy asymptoottisesti nollaa, kun arvojen etäisyys ajassa kasvaa (weak dependence).

- iv. Suuret poikkeavat havainnot ovat epätodennäköisiä.
- v. Ei täydellistä multikollinearisuutta.

Vektoriautoregressiomallia rakennettaessa keskeinen kysymys on malliin sisällytettävä viiveiden määrä. Jokainen sisällytettävä viive lisää estimoitavien parametrien määrää ja tulosten tulkinnan monimutkaisuutta, mutta toisaalta viiveiden jättäminen pois saattaa heikentää mallin ennustekykä. Optimaalisen viivelukumäärän valintaan on olemassa kolme perusmenetelmää. Mallin viiverakenne voidaan valita teorian tai aikaisemman tutkimuksen perusteella. Toinen vaihtoehto on lisätä malliin viiveitä, kunnes suurimmat viiveet eivät enää ole tilastollisesti merkitseviä. Kolmas vaihtoehto on käyttää informaatiokriteeriä parhaan mallin tuottavan viiverakenteen arviointiin. Yleisimmin käytetyt informaatiokriteerit ovat Bayesin informaatiokriteeri ja Akaiken informaatiokriteeri. (Tsay 2005, 40–43; 355–357).

2.3.3 Granger-kausalisuus

Tarkasteltaessa ennustaako jokin tai jotkin muuttujat osakemarkkinoiden tuottoa, tarkastellaan tyypillisesti Granger-kausalisuutta osakemarkkinoiden tuoton ja ennustavien muuttujien välillä. Menetelmä on hyvin yleinen tuottojen ennustettavuuden tutkimisessa. Sitä on käytetty esimerkiksi tarkasteltaessa ennustavatko korkean kaupankäyntivolyymin osakeportfolioiden tuotot matalan kaupankäyntiaktiivisuuden portfolioiden tuottoa (Chordia ja Swaminathan 2000). Granger-kausalisuutta tarkastelee myös Rapach (2013) tutkiessaan, ennustaako Yhdysvaltain osakemarkkinoiden viivästetty tuotto muiden kehittyneiden markkinoiden tuottoja ja onko kausalisuhde yksisuuntainen vai kaksisuuntainen.

Granger-kausalisuus on tilastotieteen käsite, jota käytetään aikasarjojen analysoinnissa syy-seuraussuhteiden tunnistamiseksi. Se perustuu ajatukseen, että jos aikasarja X auttaa ennustamaan toista aikasarjaa Y tilastollisesti merkitsevällä tavalla paremmin kuin pelkästään selitettävän aikasarjan omat viiveet, X :n ja Y :n välillä vallitsee Granger-kausalisuus. Granger-kausalisuus ei välttämättä tarkoita todellista syy-seuraussuhdetta, vaan se osoittaa, että menneet arvot yhdestä muuttujasta sisältävät tietoa toisesta muuttujasta. Tutkittaessa Granger-kausalisuutta, kausalisuustestit on syytä suorittaa pareittaisina. Tällä tarkoitetaan, että tutkitaan sekä aiheuttaako aikasarja X aikasarjan Y , että aiheuttaako aikasarja Y aikasarjan X Granger-kausalisuusmielessä. Pareittain suoritettavalla testillä on kolme mahdollista lopputulemaa, jotka ovat yksisuuntainen kausalisuus, kaksisuuntainen kausalisuus (bidirectional feedback), tai riippumattomuus. (Brooks 2019, 321).

Yksinkertaisimmillaan Granger-kausalisuutta kahden aikasarjan välillä voidaan testata estimoimalla pienimmän neliösumman menetelmällä kaksi aikasarjaregressiomallia, joista ensimmäinen, niin sanottu rajoitettu malli, sisältää ennustavana muuttujana vain aikasarjan omat viiveet eli kyseessä on AR (p) -malli. Toinen, niin sanottu rajoittamaton malli sisältää ennustavana muuttujana aikasarjan omat viiveet ja toisen aikasarjan viiveet. Rajoitetun ja rajoittamattoman mallin jäännösneliösummaa verrataan F-testillä. Testin nollahypoteesi, että muuttujan lisääminen malliin ei paranna mallin ennustekykyä tilastollisesti merkitsevällä tavalla. F-testisuure on muotoa:

$$F = \frac{(RSS_r - RSS_{ur})/m}{RSS_{ur}/(n-k)}, \quad (8)$$

jossa RSS_r on rajoitetun mallin jäännösneliösumma, RSS_{ur} on rajoittamattoman mallin jäännösneliösumma, m on mallissa käytettyjen viiveiden lukumäärä, n havaintojen määrä ja k rajoittamattoman mallin estimoitavien parametrien määrä. Testisuure noudattaa F-jakaumaa vapausasteilla m ja $(n-k)$. Edellä kuvattu testi edellyttää, että molemmat aikasarjat ovat stationaarisia. (Brooks 2019, 152–154).

Tutkittaessa Granger-kausalisuutta asetelmissä, joissa ennustavia muuttujia on useita ja kiinnostuksen kohteena on muuttujien yhteisvaikutus, luontevin ja yleisimmin käytetty menetelmä on käyttää vektoriautoregressiomallia. VAR-mallin tilastollisesti merkitsevät parametriestimaatit voidaan tulkita osoitukseksi Granger-kausalisuudesta. Lisäksi VAR-malli mahdollistaa kausalisuhteen suunnan tarkastelun, eli onko kyseessä yksi- vai kaksisuuntainen kausalisuhde. (Brooks 2019, 319–321).

2.3.4 Stationaarisuus ja yksikköjuuritestit

Kaikki edellä mainitut aikasarjamallit edellyttävät tutkittavilta aikasarjoilta heikkoa stationaarisuutta. Aikasarja on stationaarinen, kun sille on olemassa ajassa muuttumattomat keskiarvo, varianssi ja autokovarianssi. Epästationaaristen aikasarjojen käyttäminen johtaa harhaisiin estimaatteihin ja heikkoihin tilastollisiin testeihin. Tässä tutkielmassa käytettävät yksinkertaiset kuukausituotot on kirjallisuudessa yleensä oletettu heikosti stationaariseksi aikasarjaksi. (Tsay 2005, 25).

Aikasarjan stationaarisuutta voidaan testata yksikköjuuritesteillä. Jos aikasarjalla on yksikköjuuri (unit-root), se ei ole stationaarinen. Yleisimmin käytetty yksikköjuuritesti on Dickey-Fuller-testi, jossa tarkastellaan seuraavaa regressioyhtälöä:

$$y_t = \phi_0 + \phi_1 y_{t-1} + \epsilon_t, \quad (9)$$

jossa nollahypoteesi on, että aikasarjalla on yksikköjuuri, eli $\phi_1 = 1$. Dickey-Fuller-testisuure on muotoa:

$$DF = \frac{\hat{\phi}_1 - 1}{std(\hat{\phi}_1)}. \quad (10)$$

Jos virhetermi on autokorreloitunut, on käytettävä laajennettua Dickey-Fuller testiä, jossa yhtälön oikealle puolelle lisätään aikasarjan y viiveitä. Tällöin tarkasteltava yhtälö on muotoa:

$$y_t = c_t + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t, \quad (11)$$

jossa c_t on vakiotermi ja Δy_{t-i} on sarja y :n differenssejä. Laajennettu Dickey-Fuller-testisuure on seuraavanlainen:

$$ADF = \frac{\hat{\beta} - 1}{std(\hat{\beta})}, \quad (12)$$

Jossa testataan nollahypoteesia $\beta = 1$, mikä tarkoittaa, että aikasarjalla on yksikköjuuri. Dickey-Fuller-testisuureiden jakauma lähestyy normaalijakaumaa asympotoottisesti, kun otoskoko on tarpeeksi suuri. Käytännön sovelluksissa testisuureen kriittiset arvot saadaan käyttäen simulaatiomenetelmiä. (Tsay 2005, 68–69).

2.3.5 LASSO-regressio

LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) on tilastollinen menetelmä, jota käytetään sekä muuttujien valintaan, että säännöllistämiseen (regularization). LASSO on yleisesti käytetty menetelmä haluttaessa parantaa ennustemallien tarkkuutta tai tilanteessa, jossa multikollinearisuus olisi ongelma perinteisiä regressiomalleja käytettäessä. Uudemmissa tuottojen ennustettavuuden tutkimuksissa LASSO-regressiota on yleisesti käytetty muiden menetelmien rinnalla parantamaan ennustemallien ennustekykyä otoksen ulkopuolella, että kontrolloimaan multikollinearisuudesta johtuvia ongelmia ennustemalleissa. LASSO-regression etuna on, että se kutistaa tarvittaessa mallin kannalta epäoleennaisten muuttujien regressiokertoimen arvon täsmälleen nolaksi, jolloin tarpeettomat muuttujat karsiutuvat mallista pois. (Rapach ym. 2013).

LASSO-regressiossa minimoidaan seuraavaa lauseketta:

$$RSS + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j|, \quad (13)$$

jossa RSS on jäännösten neliösumma, λ on säännöllistämismuuttuja ja β_j :t ovat regressiokertoimia. Säännöllistämismuuttuja säätelee, paljonko kertoimia pienennetään. Säännöllistämismuuttujan saadessa arvon nolla, regressiokertoimet vastaavat pienimmän neliösumman menetelmällä estimoituja regressiokertoimia. Vastaavasti λ :n arvon ollessa suuri, kertoimien summan itseisarvo pienenee, mikä johtaa tyypillisesti useamman regressiokertoimen asettamiseen nollassa, jättäen malliin vähemmän selittäviä muuttujia. LASSO-regressio lisää hieman parametriestimaatteihin liittyvää harhaa (bias), mutta toisaalta vähentää varianssia, mikä parantaa mallin ennustekykyä otoksen ulkopuolella. (Tibshirani 1996).

Säännöllistämismuuttujan λ arvo tulisi valita siten, että mallin keskineliövirhe (mean squared error, MSE) minimoituu. Tässä tutkielmassa käytetään optimaalisen λ :n arvon määrittämiseen k -kertaista ristiin validointia (k -fold cross validation). Menetelmässä aineisto jaetaan k yhtä suureen osaan. Malli koulutetaan $k-1$ osalla aineistoa ja testataan jäljelle jäävällä osalla. Prosessi toistetaan k kertaa siten, että jokainen osa toimii kerran testijoukkona. Tyypillisesti käytännön sovelluksissa käytetään k :lle arvoa väliltä 5–10. (Dezeure ym. 2015).

2.3.6 Aikasarjamallien testaaminen otoksen ulkopuolella

Eräs keskeisimmistä haasteista tuottojen ennustettavuuden tutkimisessa on ennustemallien heikko suoriutuminen otoksen ulkopuolisissa testeissä (Goyal ja Welch 2008). Käytännössä otoksen ulkopuolisella testaamisella tarkoitetaan sitä, että tutkimusaineisto jaetaan koulutusaineistoon ja testiaineistoon. Koulutusaineistoa käytetään ennustemallin parametrien estimointiin ja testiaineistolla testataan mallin ennustekykyä otoksen ulkopuolella. Jakoon koulutusaineiston ja testiaineiston välillä ei ole yksiselitteistä ohjetta. Koulutusaineiston pitäisi olla riittävän kattava, jotta parametrien estimointi on luotettavaa. Toisaalta testiaineiston tulee olla riittävän pitkältä aikaväliltä, jotta tulokset ovat edustavia. Goyal ja Welch (2008) käyttävät 20 vuoden koulutusaineistoa, mikä edustaa noin kolmasosaa koko aineistosta. Rapach ym. (2013) käyttävät viiden vuoden aikasarjaa koulutusaineistosta, mikä edustaa noin kuudesosaa koko aineistosta.

Yleisimmät tuottojen ennustettavuuden kirjallisuudessa käytettävät otoksen ulkopuolisten testien tunnusluvut ovat otoksen ulkopuolinen selitysaste (out-of-sample R-squared) ja otoksen ulkopuolinen jäännösvirrehajonta (root mean squared error). Molempia tunnuslukuja verrataan tyypillisesti nain-viin malliin, jossa tuottojen oletetaan vastaavan historiallista keskiarvoa. Goyal ja Welch (2008) määrittävät otoksen ulkopuolisen selitysasteen seuraavalla tavalla:

$$R_{OOS}^2 = 1 - \frac{MSE_A}{MSE_N}, \quad (14)$$

jossa MSE_A on regressiomallin keskineliövirhe ja MSE_N on niin sanotun naiivin mallin, eli historialliseen keskiarvoon perustuvan mallin keskineliövirhe. Keskineliövirhe lasketaan seuraavalla tavalla:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (15)$$

jossa y_i on vastemuuttujan havaittu arvo, \hat{y}_i on vastemuuttujan mallin perusteella ennustettu arvo ja n on havaintojen lukumäärä. Otoksen ulkopuolinen selitysaste poikkeaa tavanomaisesta selityksestä siten, että se voi saada myös negatiivisia arvoja. Nollaa suuremmat arvot tarkoittavat, että tarkasteltava ennustemalli toimii naiivia mallia paremmin otoksen ulkopuolella.

Toinen tapa tarkastella ennustemallin otoksen ulkopuolista suorituskykyä on jäännösvirrehajonta. Jäännösvirrehajonnan yksikkö on sama kuin tarkasteltavan vastemuuttujan yksikkö ja pienempi jäännösvirrehajonta tarkoittaa paremmin aineistoon sopivaa mallia. Myös jäännösvirrehajontaa on syytä verrata historiallisen keskiarvon malliin, koska jäännösvirrehajonta itsessään ei ole kovinkaan informatiivinen tunnusluku ilman vertailukohtaa. Goyal ja Welch (2008) määrittävät jäännösvirrehajonnan seuraavalla tavalla:

$$\Delta RMSE = \sqrt{MSE_N} - \sqrt{MSE_A}, \quad (16)$$

jossa MSE_N ja MSE_A määritellään samoin, kuin edellä. Positiivinen ΔMSE tarkoittaa, että tarkasteltava malli johtaa naiivia mallia pienempiin ennustevirheisiin otoksen ulkopuolella.

3 Kirjallisuuskatsaus

3.1 Osakemarkkinoiden tuottoa ennustavat tekijät

Tuottojen ennustettavuuden tutkiminen on keskeinen osa markkinatehokkuuden tutkimista. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin heikkoa muotoa tutkittiin alun perin testaamalla, noudattavatko osakkeiden tai osakeindeksien tuotot satunnaiskulkua. Kysymys laajeni kuitenkin pian yleisesti osakkeiden tuottojen ennustettavuuden tutkimiseksi (Fama 1991). Ennustettavuudella tarkoitetaan yleensä tässä kontekstissa Granger-kausalisuutta. Granger-kausalisuus tarkoittaa yksinkertaisesti sitä, että jokin aikasarja sisältää tietoa toisen aikasarjan tulevista arvoista (Brooks 2019, 321).

Osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuudesta on olemassa laaja tutkimuskirjallisuus vuosikymmenien ajalta. Aiheen tutkiminen käynnistyi kunnolla 1970-luvun loppupuolella ja 1980-luvulla, johdettua tietokoneiden mahdollistamasta tehokkaiden tilastotieteellisten menetelmien yleistymisestä. Ensimmäisiä aiheesta julkaistuja tutkimuksia on Faman ja Schwertsin (1977) tutkimus, jonka tavoite oli selvittää eri omaisuusluokkien käyttöä inflaatio suojausena. Tutkimuksessa havaittiin, että inflaatio odotukset ennustavat osakemarkkinoiden tuottoa. Mittavasta tutkimuskirjallisuudesta huolimatta aihe ei ole loppuun käsitelty. Faman (1991) mukaan tulokset ovat osin ristiriitaisia ja näyttö siitä, että tuottojen ennustettavuudella olisi taloudellista merkittävyyttä jää heikoksi.

3.1.1 Autokorrelaatio osakemarkkinoilla

Ensimmäiset osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta käsittelevät tutkimukset liittyvät tuottojen autokorrelaatioon osakemarkkinoilla. Conrad ja Kaul (1988) tutkivat osakkeiden tuottojen autokorrelaatiota viikkotasolla yrityskoon mukaan järjestetyillä portfolioilla. Tutkimuksessa havaitaan positiivinen autokorrelaatio, joka näyttyy vahvimpana pienimpien yhtiöiden portfolioissa. Ensimmäisen asteen autokorrelaatio on keskimäärin kuitenkin vain 0,09, mitä voidaan pitää taloudellisesti merkityksettömänä. Toisaalta kaikkein pienimpien yhtiöiden osakkeiden osalta havaitaan jopa 0.3 suuruinen autokorrelaatio. Fama (1991) toteaa että tutkimusnäyttö tukee ajatusta tuottojen autokorrelaatiosta viikko- ja päivätasolla, mutta pitää havaittuja autokorrelaatioita hyvin pieninä ja taloudellisesti merkityksettöminä.

Osakemarkkinoiden tuottojen autokorrelaatiosta pidemmällä, 2–8 vuoden aikavälillä on jonkin verran tutkimusnäyttöä. Fama ja French (1988) havaitsivat Yhdysvaltain osakemarkkinoilla vahvan negatiivisen autokorrelaation, arvoltaan välillä -0,25 ja -0,4, kolmen vuoden horisontilla, joskin tulokset eivät ole tilastotieteellisessä mielessä kovin vahvoja. Poterba ja Summers (1988) havaitsivat

vastaavan negatiivisen autokorrelaation Yhdysvaltain osakemarkkinoilla aikavälillä 1871–1985, mutta raportoivat tuloksen olevan tilastotieteellisessä mielessä heikko ja siten altis kritiikille.

Havaittua autokorrelaatiota osakemarkkinoilla on pyritty selittämään erilaisilla psykologisilla ilmiöillä, kuten ”voittajan vankkurit” ilmiöllä, jossa sijoittajat ostavat massiivisesti aikaisemmin hyvin tuottaneita osakkeita, jolloin osakkeen hinta nousee, vaikka uutta hinnannousua tukevaa informaatiota ei ole tullut markkinoille. Esimerkiksi Shiller (2003) pitää vuosituhaten vaihteessa vallinnutta teknologiaosakkeiden kuplaa esimerkkinä, joskin äärimmäisenä esimerkkinä, sijoittajien epärationaalisuudesta ja markkinoiden tehottomuudesta.

Toisaalta Malakiel (2003) ei pidä näyttöä tuottojen autokorrelaatiosta merkittävänä tehokkaiden markkinoiden hypoteesia haastavana tekijänä. Ensinnäkin tilastollinen merkitsevyys ei tarkoita, että tulokset olisivat taloudellisessa mielessä merkittäviä. Malakielin (2003) mukaan havainnot autokorrelaatiosta ovat joko hyvin pieniä tai vailla vakuuttavaa tilastotieteellistä näyttöä. Näin ollen on epätodennäköistä, että olisi olemassa autokorrelaation perustuva kaupankäyntistrategia, jolla voisi saavuttaa ylisuuria tuottoja transaktiokustannukset huomioiden.

3.1.2 Alireagointi uuteen informaatioon ja tuottojen ennustettavuus

Tuottojen ennustettavuuden tutkimuksessa oma alueensa on tutkia, ennustaako jollain tavalla muodostetun portfolion tuotot muiden portfolioiden tuottoa kyseisellä osakemarkkinalla. Tutkimusta on tehty erityisesti kaupankäyntivolyymin mukaan muodostetuilla portfolioilla (Chordia ja Swaminathan 2000), analyytikkojen eniten seuraamalla yhtiöillä (Brennan ym. 1993) ja teollisuuden alan mukaan muodostetuilla portfolioilla (Hou 2007). Yhteistä tutkimuksille on, että kaikissa havaittiin informaation välittyvän puutteellisesti osakemarkkinoilla, mikä on vastoin tehokkaiden markkinoiden hypoteesia. Alireagointi uuteen informaatioon onkin yksi keskeisistä selitysmalleista tuottojen ennustettavuudelle (Rapach 2013).

Brennan ym. (1993) tutkivat informaation välittymistä osakemarkkinoilla. Tutkimus osoittaa, että yritykset, joita seuraa useampi analyytikko, sopeuttavat osakekurssinsa nopeammin uuteen informaatioon verrattuna yrityksiin, joita seuraa vähemmän analyytikkoja. Tämä vaikutus havaitaan myös silloin, kun yritykset ovat kooltaan samanlaisia. Tutkimuksessa käytettiin Granger-kausalisuustestiä analysoimaan, kuinka hyvin monien analyytikoiden seuraamien portfolioiden tuotot ennustavat harvojen analyytikoiden seuraamien portfolioiden tuottoja. Tulokset osoittivat, että monien analyytikoiden seuraamien portfolioiden tuotot ennustavat harvojen analyytikoiden portfolioiden tuottoja, mutta

ei päinvastoin. Tämä viittaa siihen, että monien analyytikoiden seuraamat yritykset reagoivat nopeammin uuteen informaatioon.

Lisäksi tutkimuksessa Brennan ym. (1993) havaitsivat, että osakekurssin sopeutumisenopeus on positiivisesti yhteydessä analyytikoiden määrään, yrityksen kokoon ja kaupankäyntivolyymiin. Erityisesti NASDAQ-osakkeiden osalta analyytikoiden määrän vaikutus oli voimakkaampi verrattuna NYSE- ja AMEX-osakkeisiin. Tutkimuksen johtopäätöksenä on, että analyytikoiden määrällä on merkittävä vaikutus siihen, kuinka nopeasti yrityksen osakekurssi sopeutuu uuteen informaatioon. Tämä suhde on monimutkainen ja epälineaarinen, ja analyytikoiden määrän kasvaessa tietyn kynnyksen yli, sopeutumisenopeus kasvaa merkittävästi.

Chordia ja Swaminathan (2000) tutkivat kaupankäyntivolyymien perusteella muodostettujen portfolioiden kykyä ennustaa tuottoja osakemarkkinoilla. Korkean kaupankäyntivolyymien portfolioiden tuotot ennustavat matalan volyymin portfolioiden tuottoja, vaikka yrityksen koko otetaan huomioon. Tämä viittaa siihen, että korkean kaupankäyntivolyymien osakkeet reagoivat nopeammin markkinainformaatioon kuin matalan volyymin osakkeet. Tutkimuksessa käytettiin vektoriautoregressiomalleja analysoimaan, kuinka hyvin korkean volyymin portfolioiden tuotot ennustavat matalan volyymin portfolioiden tuottoja. Johtopäätöksenä on, että kaupankäyntivolyymi on merkittävä tekijä osakkeiden hintojen sopeutumisessa uuteen informaatioon. Vaikka epätahtinen kaupankäynti voi osittain selittää havaittuja vaikutuksia, se ei yksinään riitä selittämään kaikkia tuloksia. Tämä viittaa siihen, että kaupankäyntivolyymilla on vahva yhteys uuden informaation välittymiseen markkinoilla ja osakemarkkinoiden tehokkuuteen.

3.1.3 Makrotaloudelliset muuttujat

Inflaation tai inflaatio-odotusten on havaittu ennustavan osakemarkkinoiden tuottoa. Fama ja Schwerts (1977) tutkivat, miten eri omaisuusluokkia voidaan käyttää suojauksena inflaatiota vastaan ja havaitsivat, että inflaatio-odotukset ennustavat osakemarkkinoiden tuottoa. Campbell ja Vuolteenaho (2004) toteavat, että inflaatio ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa lyhyellä aikavälillä, jolla tarkoitetaan tässä yhtä vuotta, mutta pitkällä, viiden vuoden aikavälillä vastaavaa vaikutusta ei havaita.

Campbell (1987) osoittaa tutkimuksessaan, että korkojen aikarakenne (term structure of interest rates) ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa Yhdysvaltain markkinoilla aikaväleillä 1959–1979 ja 1979–1983. Campbell ja Yogo (2006) osoittavat, että korkoero pitkän ja lyhyen markkinakoron välillä ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja aineistossa Yhdysvaltain markkinoilta 1952–2002. Hjalmarsson

(2010) käyttää tutkimuksessaan paneeliaineistoa, johon sisältyy 40 osakemarkkinaa. Tutkimuksessa havaitaan, että korkoero pitkän ja lyhyen markkinakoron välillä on merkittävä osakemarkkinoiden tuottoa selittävä tekijä kehittyneillä osakemarkkinoilla, kun taas kehittyvillä markkinoilla korkoero ei selitä tuottoja juuri lainkaan.

Ferson ja Harvey (1991) tutkivat riskipreemiota ja osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta kahdeksassatoista kehittyneen maan osakemarkkinoilla. Tutkimuksessa osakemarkkinoiden tuottoja pyritään ennustamaan käyttäen useita makrotaloudellisia muuttujia, jotka ovat muutokset vaihtokursseissa, inflaatio, markkinakorot, konkurssien lukumäärä ja teollisuustuotannon muutos. Fersonin ja Harveyn (1991) mukaan edellä mainitut makrotalouden muuttujat selittävät osakemarkkinoiden tuottoa suurimmassa osassa tutkituista osakemarkkinoista markkinoista.

Osinkotuoton (divident yield), on havaittu useissa tutkimuksissa ennustavan osakemarkkinoiden tuottoja. Ang ja Bekaert tutkivat osinkotuoton kykyä ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja neljän kehittyneen markkinan, Yhdysvaltojen, Iso-Britannian, Saksan ja Ranskan markkinoilla. Yhdysvaltain markkinoilla osinkotuotto ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja kuukauden, vuosineljänneksen, vuoden ja viiden vuoden aikahorisontilla. Osinkotuotolla oli ennustevoimaa myös Ison-Britannian markkinoilla, mutta ei Saksassa ja Ranskassa. Hjalmarssonin (2010) 40 osakemarkkinan paneeliaineistossa osinkotuotto ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa, kun tarkastellaan kehittyneitä osakemarkkinoita. Kehittyvillä markkinoilla vastaavaa vaikutusta ei havaita. Goyal ja Welch (2008) tutkivat laajasti osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta Yhdysvaltain markkinoilla ja toteavat, että osinkotuotto selittää osakemarkkinoiden tuottoja tutkituista muuttujista parhaiten ja selitysvaikutus säilyy jossain määrin myös testattaessa otoksen ulkopuolella.

Tutkimuskirjallisuuden perusteella havaitaan, että lyhyt markkinakorko ennustavaa osakemarkkinoiden tuottoa niin Yhdysvalloissa, kuin myös muilla markkinoilla. Cutler ym. (1991) havaitsivat vahvan yhteyden lyhyen koron ja osakemarkkinoiden sekä muiden omaisuusluokkien tuoton välillä siten, että lyhyt korko ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa. Cutler ym. (1991) arvelevat, että tulos johtuu markkinoiden spekulatiivisesta dynamiikasta. Ang ja Bekaert (2007) tutkivat osinkotuoton ja lyhyen koron roolia osakemarkkinoiden tuottojen ennustajana Yhdysvaltain, Iso-Britannian ja Saksan markkinoilla ja toteavat kyseisten muuttujien selittävän vahvasti osakemarkkinoiden tuottoja. Angin ja Bekaertin (2007) esittävät tuottojen ennustettavuuden olevan parhaiten havaittavissa kahden muuttujan mallilla, jossa selittäjinä käytetään osinkotuottoa ja lyhyttä korkoa. Tilastollisesti vahvimmat tulokset saavutettiin lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä, kun taas pitkällä aikavälillä vahvaa näyttöä tuottojen ennustettavuudesta ei havaita. Vastaavia tuloksia ovat aikaisemmin saaneet myös

esimerkiksi Campbell (1991) ja Cochrane (1992). Hjalmarsson (2010) testaa tutkimuksessaan osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta laajalla aineistolla, johon sisältyy neljänkymmentä eri osakemarkkinaa. Hjalmarsson (2010) havaitsee, että lyhyt korko selittää tuottoja kehittyneillä osakemarkkinoilla. Kehittyvillä markkinoilla lyhyt korko ei ennusta osakemarkkinoiden tuottoja tilastollisesti merkittävästi.

Raakaöljyn maailmanmarkkinahinnan muutokset ennustavat osakemarkkinoiden ylituottoa: Driesprong ym. (2008) osoittavat, että raakaöljyn hinnan muutokset ennustavat osakemarkkinoiden tuottoa useilla eri osakemarkkinoilla maailmanlaajuisesti. Tulokset eivät vaikuta selittyvän riskipreemion vaihtelulla yli ajan. Driesprong ym. (2008) havaitsevat että kuukausitasolla öljyn hinnan nousu heikentää huomattavasti osakkeiden tuottoa, kun taas öljyn hinnan lasku vastaavasti ennustaa korkeita tuottoja. Ilmiötä selitetään tutkimuksessa sijoittajien taipumuksella alireagoida raakaöljyn hinnan muutoksiin. Goyal ja Welch (2024) raportoivat vastaavan tuloksen, jossa havaitaan raakaöljyn hinnan ennustavan osakemarkkinoiden tuottoja. Tulos on tilastollisesti merkitsevä myös otoksen ulkopuolella. Goyal ja Welch (2024) toteavat kuitenkin, että tulos ei ole taloudellisesti merkitsevä, jos kaupankäyntikulut huomioidaan.

3.1.4 Viivästetyt tuotot

Viivästettyjen tuottojen havaitaan ennustavan osakemarkkinoiden tuottoja kuukausitasolla (Rapach ym. 2013). Aiheesta tehdyissä tutkimuksissa ajatuksena on ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa kuukauden viivästetyillä toisen osakemarkkinan tuotoilla. Intuitio taustalla on keskinäisriippuvuudet eri kansantalouksien välillä, millä voisi olla vaikutusta osakemarkkinoiden tuottoihin, ja toisaalta ajatus kitkasta informaation kulussa, jolloin kyseinen vaikutus havaittaisiin vasta viiveellä. Erityisesti suurten kansantalouksien, kuten Yhdysvaltain, Kiinan, Japanin ja Saksan vaikutus pieniin kansantalouksiin ja niiden osakemarkkinoihin on mielenkiintoinen kysymys, johon ei vielä ole tutkimuskirjallisuudessa yksiselitteistä vastausta.

Yhdysvaltain markkinoiden roolia muita kehittyneitä markkinoita ennustavana tekijänä tutkivat ensimmäisenä Rapach ym. (2013), jotka osoittavat, että Yhdysvaltain markkinoiden toteutuneet kuukausituotot selittävät kuukausituottoja muissa kehittyneissä maissa. Lisäksi Rapach ym. (2013) väittävät, että Yhdysvaltain markkinoiden selitysvoima on suurempi, kuin osinkotuoton tai lyhyen koron. Vastaavanlaisia riippuvuussuhteita on löydetty myös muilta osakemarkkinoilta. Lin (2015) osoittaa, että Singaporen markkinoiden tuotot selittävät muiden Kaakkois-Aasian osakemarkkinoiden tuottoja. Lin (2015) arvioi, että tuloksen taustalla on Singaporen rooli Aasian ja Tyynenmeren alueen keskeisenä finanssikeskuksena.

Havainto Yhdysvaltain osakemarkkinoiden tuottojen kyvystä ennustaa muiden osakemarkkinoiden tuottoja kuukausitasolla on vahvistettu useissa tutkimuksissa, joskin on myös esitetty väitteitä, että ilmiö liittyy vain taantumisiin tai finanssikriiseihin. Aye (2017) Havaitsee, että Yhdysvaltain markkinoiden kyky ennustaa muita osakemarkkinoita vaihtelee ajan myötä. Wen ja Li (2020) testaavat Rapachin ym. (2013) esittämää havaintoa käyttämällä 17 kehittyneen ja 26 kehittyvän markkinan aineistoa aikavälillä 1970–2019 ja vahvistavat, että Yhdysvaltain tuotot selittävät muiden markkinoiden tuottoja ja lisäksi havaitsevat, että taantumien aikana vaikutus on ollut vahvempi.

Tehokkailla markkinoilla kaikki saatavilla oleva informaatio välittyy arvopapereiden hintoihin välittömästi (Fama 1970). Havainto Yhdysvaltain markkinoiden tuottojen ennustevoimasta suhteessa muihin markkinoihin on ilmeinen poikkeama markkinatehokkuudesta. Ilmiölle on esitetty tutkimuskirjallisuudessa useita erilaisia selityksiä. Rapach ym. (2013) esittävät, että koska Yhdysvallat on maailman suurin kansantalous, on luonnollista, että tapahtumat Yhdysvaltain markkinoilla heijastuvat myös niiden maiden markkinoille, jotka ovat taloudellisesti kytköksissä Yhdysvaltoihin. Rapachin ym. (2013) selitys ei kuitenkaan liene tyhjentävä, koska edellisen ollessa totta, pitäisi olla selkeästi havaittavissa, että eniten kauppaa Yhdysvaltain kanssa tekevien maiden osakemarkkinat reagoisivat kaikkein voimakkaimmin ilmiöön. Myös Cutler ym. (1991) hylkäävät rationaalisen selityksen osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuudelle ja väittävät ilmiön johtuvan epärationaalisten sijoittajien spekulatiivisesta kaupankäynnistä. On hyvinkin mahdollista, että ilmiön selittää ainakin osittain Yhdysvalloissa sijaitsevat, mutta ulkomaisilla markkinoilla operoivat sijoittajat ja instituutiot, joiden kaupankäyntiä ulkomaisilla arvopapereilla ohjaa ainakin jossain määrin tapahtumat sijoittajan kotimarkkinoilla Yhdysvalloissa.

3.1.5 Volatiliteetti

2010- luvulla osakemarkkinoiden tuottojen ennustamisessa mielenkiinnon kohteeksi ovat nousseet erilaiset osakemarkkinoiden volatiliteettiin liittyvät tunnusluvut. Esimerkiksi Bollerslev ym. (2009) osoittavat, että optioiden implisiittisen volatiliteetin avulla laskettu varianssiriskipremio ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa otoksessa, joka alkaa vuodesta 1990. Goyal ja Welch (2024) onnistuvat toistamaan Bollerslevin ym. (2009) tuloksen, mutta toteavat, että tulos riippuu vahvasti varianssiriskipremion mallintamisen yksityiskohdista. Lisäksi Bollerslevin ym (2009) malli toimii huonosti otoksen ulkopuolella.

Monet VIX-indeksiin perustuvat mittarit ovat olleet suosittuja tutkimuskirjallisuudessa, erityisesti viime vuosina (Goyal ja Welch, 2024). VIX-indeksi kuvaa S&P500 indeksioptioista laskettua implisiittistä volatiliteettia, eli käytännössä markkinoiden odotusta tulevasta volatiliteetista. Martin (2017)

tutkii, ennustaako VIX-indeksi osakkeiden tuottoja kuukausitasolla. Martin havaitsee riippuvuuden VIX-indeksin ja kuukausituottojen välillä, mutta toteaa että tulos ei ole erityisen vahva ja riippuu testattavasta hypoteesista. Goyal ja Welch (2024) onnistuvat toistamaan Martinin tuloksen, mutta toteavat että VIX-indeksi ei ole ollut historiallisesti erityisen hyvä tuottojen ennustaja, vaan tulokset riippuvat vahvasti käytetystä ajanjaksosta. Lisäksi Goyal ja Welch (2024) havaitsevat, että otoksen ulkopuolella VIX-indeksi ennustaa osakemarkkinoiden tuottoja huonosti.

Toinen uudemmassa tuottojen ennustettavuuden tutkimuskirjallisuudessa yleinen teema on erilaisten sijoittajien sentimenttiä mittaavien muuttujien käyttäminen osakemarkkinoiden tuottojen ennustamiseen. Rapach ym. (2016) käyttävät lyhyeksimyynnin kustannusta ennustamaan osakemarkkinoiden tuottoa. Tutkimuksessa lyhyeksimyynnin kustannuksena käytettiin osakelainauksesta maksettavan koron aritmeettista keskiarvoa Yhdysvaltain markkinoilla. Lyhyeksimyynnin kustannusten voidaan ajatella nousevan silloin, kun osakkeiden hinnat ovat erityisen kaukana fundamentaalisesta arvostaan, jolloin osakkeiden lainaamisen kustannus nousee kysynnän kasvaessa. Näin ollen lyhyeksimyynnin kustannukset toimivat eräänlaisena indikaattorina sijoittajien sentimentistä. Rapach ym. (2016) raportoivat lyhyeksimyynnin kustannuksen ennustavan osakemarkkinoiden tuottoja Yhdysvalloissa mallin selityksasteen (R^2) ollessa 12,89 prosenttia. Tulosta voidaan pitää poikkeuksellisen hyvänä tuottojen ennustamisen kirjallisuudessa. Goyal ja Welch (2024) raportoivat samansuuntaisia tuloksia ja toteavat lyhyeksimyynnin kustannusten ennustavan tuottoja myös otoksen ulkopuolella.

3.2 Tuottojen ennustettavuuden kritiikki

Tuottojen ennustettavuuden kritiikki keskittyy ennen kaikkea kolmeen kysymykseen. Näistä ensimmäinen on ennustemallien huono ennustekyky otoksen ulkopuolella. Otoksen ulkopuolisilla testeillä tarkoitetaan, että havaittuja ennustavia muuttujia ja ennustemallia käytetään ennustamaan tuottoja jossain muussa aineistossa, kuin siinä, jonka perusteella malli on estimoitu. Toinen keskeinen kritiikki koskee tutkimustulosten pysyvyyttä yli ajan. Monen ennustavan muuttujan osalta on havaittu, että ennustekyky häviää ajan myötä tai uudempaa aineistoa käytettäessä. Kolmas kritiikki koskee käytettyjä menetelmiä ja tulosten toistettavuutta. Muuttujia, kuten osinkotuottoa, lasketaan hieman eri tavalla eri tutkimuksissa. Näin ollen tutkimustulosten toistaminen on hankalaa, koska alkuperäiset tulokset saattavat johtua muuttujan laskentatavasta. (Goyal ja Welch 2008).

Goyal ja Welch (2008) tutkivat osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta kattavasti. Tutkimuksessa käydään läpi 16 ennustavaa muuttujaa, jotka aikaisemman tutkimuskirjallisuuden perusteella ennustavat osakemarkkinoiden tuottoja. Tarkoituksena on toistaa tutkimustulokset ja lisäksi testata toimivatko mallit ennustamiseen otoksen ulkopuolella. Osaa aikaisemmista tutkimustuloksista ei

pystytty toistaa. Kaikkiaan kuudestatoista testatusta muuttujasta kymmenen ei ollut tilastollisesti merkitseviä. Tutkimuksen ensimmäisen vaiheen läpäisi osinkotuotto, markkina-arvon ja kirjanpitoarvon suhde, oman pääoman nettokasvu, osakekohtaisen tuloksen ja hinnan suhde ja investointien suhde pääomaan. Pitkät korot, inflaatio, osinkosuhde, ja osakemarkkinoiden varianssi hylättiin tutkimuksessa, sillä perusteella, että ne eivät tilastollisesti merkitsevästi selitä osakemarkkinoiden tuottoa.

Lisäksi Goyal ja Welch (2008) havaitsevat, että suurin osa ensimmäisestä vaiheesta läpi päässeistä muuttujista osoitti heikkoa kykyä ennustaa osakemarkkinoita otoksen ulkopuolella. Tutkimuksessa otoksen ulkopuolista ennustekykyä tutkittiin vertaamalla historiallisen keskiarvon mallia (intercept only model) yhden ennustavan muuttujan regressiomalliin. Tulokset olivat huomattavan heikkoja. Käytännössä kaikki tunnusluvut, pois lukien tietyin rajoituksin osinkotuotto, menestyivät huonosti otoksen ulkopuolella.

Usein esitetty kritiikki tuottojen ennustettavuutta kohtaan kohdistuu tutkimustulosten heikkoon pysyvyyteen. Malakiel (2003) toteaa, että suurin osa tuottojen ennustettavuus ei näytä kovin pysyvältä ilmiöltä. Muuttujat, jotka ennustivat tuottoja hyvin vuosikymmeniä sitten eivät toimi hyvin uudemmassa aineistossa. Goyal ja Welch (2008) havaitsevat samansuuntaisen ilmiön. Tuottojen ennustettavuus näyttäytyy vahvemmin aineistossa ennen 1970-luvun öljykriisiä ja erityisesti sen aikana, kun taas 1970-luvun jälkeen suurin osa muuttujista menettää ennustevoimaansa. Malakiel (2003) toteaa, että suurin osa ennustettavuudesta, erityisesti erilaisten kalenteri-ilmiöiden osalta, häviää markkinoilta pian sen jälkeen, kun tulos on julkaistu. Lisäksi kaupankäyntikulut huomioiden on Malakielin (2003) mukaan todennäköistä, että tuottojen ennustettavuus ei ole taloudellisesti merkittävää. Johtopäätöksenä voidaan pohtia, ovatko osakemarkkinat nykyään tehokkaammat, kuin ennen öljykriisiä ja tuottojen ennustettavuus ilmiö, joka kuuluu menneisyyteen.

Yhteenvedona voidaan todeta, että osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuus on laajasti tutkittu aihe, mutta täyttä tieteellistä konsensusta ei aiheesta ole vielä saavutettu. Aiheen tutkimus on huomattavan Yhdysvallat keskeistä. Toisaalta mielenkiintoisia tuloksia on saatu erityisesti Yhdysvaltojen ulkopuolelta (ks. esim. Hjalmarsson 2010). On myös mahdollista, että Yhdysvaltain markkinat ovat tehokkaammat, kuin muut osakemarkkinat, mikä selittäisi osin ristiriitaiset tulokset. Jonkinlainen konsensus vallitsee osinkotuoton ja lyhyen koron merkityksestä tuottojen ennustajana, mutta selitysaste jää vaatimattomaksi (Rapach ym. 2013). Yhdysvaltain tai jonkin muun markkinan tuottojen kyky ennustaa tuottoja muilla osakemarkkinoilla on aiheena vielä melko vähän tutkittu.

4 Aineisto ja menetelmät

4.1 Aineisto

4.1.1 Aineiston kuvailu

Tutkielman aineisto on kuvattu taulukossa 1. Jokaiselta tutkittavalta markkinalta haettiin aineisto laajasta markkina-arvopainotetusta osakeindeksistä, joka kuvaa tutkittavaa markkinaa kattavasti. Kaikki indeksit ovat tuottoindeksejä ja havainnot ovat kuukausittain, kunkin kuukauden viimeiseltä päivältä. Yhdysvalloista käytetään S&P500 tuottoindeksiä. Kustakin Pohjoismaasta, Saksasta ja Kiinasta käytetään MSCI:n maaindeksiä. S&P500 on tunnetuin Yhdysvaltain markkinoita kuvaava indeksi, joka kuvaa 500 markkina-arvolla mitattuna suurimman yrityksen kehitystä. Kyseinen indeksi on myös yleisimmin tutkimuksessa käytetty, koska se kuvaa hyvin Yhdysvaltain markkinoita kokonaisuutena. Aineisto alkaa tammikuusta 1993 ja päättyy 2024 joulukuuhun. Aikaväli perustuu aineiston saatavuuteen. Johtuen yksinkertaisten kuukausituottojen laskentatavasta, tuottojen aikasarja alkaa helmikuusta 1993. MSCI-indeksien osinkotuottoja ei ole saatavilla, joten ne täytyy laskea epäsuorasti tuottoindeksin ja hintaindeksin erotuksena.

Taulukko 1. Osakeindeksit

Taulukko sisältää osakeindeksin nimen ja Datastream-tunnuksen jokaisesta tutkittavasta maasta. Aineisto on pyritty taulukossa kuvaamaan siten, että tutkielman tulokset ovat toistettavissa.

Maa	Osakeindeksi	Datastream-tunnus
<i>FIN</i>	MSCI Finland RI	MSFINDL
<i>SWE</i>	MSCI Sweden RI	MSSWDNL
<i>DEN</i>	MSCI Denmark RI	MSDNMKL
<i>NOR</i>	MSCI Norge RI	MSNWAYL
<i>GER</i>	MSCI Germany RI	MSGERML
<i>USA</i>	S&P500 RI	S&PCOMP
<i>CHI</i>	MSCI China RI	MSCHINL

Markkinakoroksikoroksi on pyritty löytämään jokaisesta Pohjoismaasta korko, josta on saatavilla tarpeeksi pitkä aikasarja ja joka kuvaa lyhyen markkinakoron arvoa kyseisellä markkinalla kattavasti ja on vertailukelpoinen muihin korkoihin. Pohjoismaista ei ole saatavilla pitkiä aikasarjoja lyhytaikaisista valtion velkainstrumenteista, joten lyhyeksi koroksi valikoitui keskuspankin antolainauskorko, joka kuvaa korko-oloja kyseisessä maassa hyvin. Markkinakoron nimi ja Datastream-tunnus raportoidaan taulukossa 2.

Taulukko 2. Markkinakorko

Taulukko sisältää markkinakoron nimen ja Datastream-tunnuksen jokaisesta Pohjoismaasta. Aineisto on pyritty taulukossa kuvaamaan siten, että tutkielman tulokset ovat toistettavissa.

Maa	Korko	Datastream-tunnus
<i>FIN</i>	HELIBOR 3 kk/ EURIBOR 3 kk	FNIBF3M
<i>SWE</i>	Sweden Interbank STIBOR 3 kk	SIBOR3M
<i>DEN</i>	Norwegian Inter-Bank Offer Rate 3kk	NWIBK3M
<i>NOR</i>	Denmark Interbank 3 kk Offer Rate	CIBOR3M

4.1.2 Tunnusluvut

Tutkimusaineistosta ei suoraan saada yksinkertaisia kuukausituottoja (simple monthly return) tai osinkotuottoja (dividend yield), joten ne täytyy laskea. Yksinkertaiset kuukausituotot lasketaan kokonaistuottoindeksistä yhtälön 17 mukaisesti:

$$R_t = \frac{RI_t - RI_{t-1}}{RI_{t-1}}, \quad (17)$$

jossa R_t on yksinkertainen kuukausituotto, RI_t on kokonaistuottoindeksin pisteluku kuukauden t viimeisenä kaupankäyntipäivänä ja RI_{t-1} on kokonaistuottoindeksin pisteluku kuukauden $t-1$ viimeisenä kaupankäyntipäivänä.

MSCI-indeksien osinkotuotto ei ole suoraan saatavilla, joten se täytyy laskea epäsuorasti. Osinkotuotto määritellään mukailien Goyalia ja Welchä (2008) seuraavasti:

$$DY_t = \frac{D_t}{P_{t-1}}, \quad (18)$$

jossa DY_t on osinkotuotto, D_t on osinko ja P_{t-1} on hinta ajanhetkellä $t-1$. Indeksien laskennallinen osinko saadaan laskettua seuraavalla tavalla:

$$D_t = (R_t - R_t^p) \times P_{t-1}, \quad (19)$$

jossa D_t on indeksien laskennallinen osinko, R_t on kokonaistuottoindeksistä laskettu yksinkertainen kuukausituotto, R_t^p on hintaindeksistä laskettu yksinkertainen kuukausituotto ja P_{t-1} on hintaindeksien pisteluku ajanhetkellä $t-1$. Yhtälön 19 esittämä kaava todistetaan liitteessä 3.

Laskettua osinkotuottoa ei voi käyttää sellaisenaan, vaan aikasarja täytyy tasoittaa jollain tapaa. Tämä johtuu siitä, että Pohjoismaissa osinkoa jaetaan tyypillisesti kerran vuodessa ja Pohjois-Amerikassa neljästi vuodessa, joten aikasarja ei sellaisenaan ole käyttökelpoinen (Goyal ja Welch 2008). Tässä tutkielmassa käytetään Goyal ja Welch (2008) mukaista osinkotuoton 11 kuukauden liukuvaa keskiarvoa. Tasoitettu osinkotuotto lasketaan yhtälön 20 mukaisesti:

$$SDY_t = \frac{(DY_{t-11} + \dots + DY_{t-1})}{11}, \quad (20)$$

jossa SDY_t on tasoitettu osinkotuotto ja DY_{t-k} ovat yhtälön 14 mukaan laskettuja osinkotuottoja.

4.2 Tutkimusmenetelmät

4.2.1 Vektoriautoregressiomalli

Luonteva tapa tarkastella kaikkia ennustavia muuttujia samaan aikaan, sekä muuttujien yhteisvaikutusta, on käyttää vektoriautoregressiomallia, jossa ennustavina muuttujina on kaikkien Pohjoismaiden, sekä Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan markkinoiden viivästetyt tuotot. Tsayta (2005, 350–355) mukailleen VAR (1) -malli voidaan kuvata matriisimuodossa yhtälön 21 mukaisesti:

$$\begin{bmatrix} r_{i,t} \\ \vdots \\ r_{j,t} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \beta_{i,0} \\ \vdots \\ \beta_{j,0} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \beta_{i,i} & \dots & \beta_{i,j} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \beta_{j,i} & \dots & \beta_{j,j} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{i,t-1} \\ \vdots \\ r_{j,t-1} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \varepsilon_{i,t} \\ \vdots \\ \varepsilon_{j,t} \end{bmatrix}, \quad (21)$$

jossa jokainen yksittäinen rivi muodostaa seuraavanlaisen yhtälön:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1}, \quad (22)$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $r_{i,t-1}$ on maan i yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto, $r_{j,t-1}$ vastaavasti maan j yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto. β :t ovat regressiokertoimia kullekin ennustavalle muuttujalle.

Tutkimustulosten luotettavuuden lisäämiseksi yhtälöissä 21 ja 22 kuvattu VAR (1) malli estimoidaan lisäksi LASSO-menetelmällä. LASSO on simulaatiomenetelmä, jossa yhtälö 22 estimoidaan siten, että seuraava lauseke toteutuu:

$$RSS + \lambda \sum_{j=1}^p |\beta_j|, \quad (23)$$

jossa RSS on jäännösten neliösumma, λ on säännöllistämisparametri ja β_j :t ovat regressiokertoimia. Säännöllistämisparametri säätelee, paljonko kertoimia pienennetään. Säännöllistämisparametrin saadessa arvon nolla, regressiokertoimet vastaavat pienimmän neliösumman menetelmällä estimoituja regressiokertoimia. Vastaavasti λ :n arvon ollessa suuri, kertoimien summan itseisarvo pienenee, mikä johtaa tyypillisesti useamman regressiokertoimen asettamiseen nollassa, jättäen malliin vähemmän selittäviä muuttujia. Säännöllistämisparametrin λ arvo tulisi valita siten, että mallin keskivirhe (mean squared error, MSE) minimoituu. Tässä tutkielmassa käytetään optimaalisen λ :n arvon määrittämiseen 10-kertaista ristiin validointia. Menetelmässä aineisto jaetaan kymmeneen yhtä suureen osaan. Malli koulutetaan 1/10 osalla aineistoa ja testataan jäljelle jäävällä osalla. Prosessi toistetaan 10 kertaa siten, että jokainen osa toimii kerran testijoukkona.

Lisätuloksena tarkastellaan osinkotuottoa ja markkinakorkoa osakemarkkinoiden tuottoa Pohjoismaissa ennustavina muuttujina. Kyseisten muuttujien ennustevoimaa tarkastellaan 1–24 kuukauden viiveellä. Tarkastelu toteutetaan Rapachia ym. (2013) mukailleen seuraavan aikasarjaregressiomallin avulla:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,IR} \times IR_{i,t-k} + \beta_{i,DY} \times DY_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t}, \quad (24)$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $IR_{i,t-k}$ on maan i markkinakorko viivästettynä k kuukaudella ja vastaavasti $DY_{i,t-k}$ maan i osinkotuotto viivästettynä k kuukaudella.

Yhtälöiden 21–24 kuvaamien aikasarjaregressioiden keskeisin haaste estimaattien luotettavuuden kannalta on autokorrelaatio tuottojen välillä sekä mahdollinen heteroskedastisuus. Tyypillinen ratkaisu kyseiseen ongelmaan on käyttää Newey ja West (1987) mukaista korjausta tilastollisen päätelyn tunnuslukujen laskemisessa. Käytännössä tavanomaisen kovarianssimatriisin tilalta käytetään heteroskedastisuuden ja autokorrelaation suhteen robustia kovarianssimatriisia, jolloin tulokset eivät

vääristy heteroskedastisuudesta tai autokorrelaatiosta johtuen. Tässä tutkielmassa kaikki raportoitavat tilastollisen päättelyn tunnusluvut on laskettu käyttäen Newey ja West (1987) mukaista heteroskedastisuus- ja autokorrelaatorobustia kovarianssimatriisia.

4.2.2 Otoksen ulkopuoliset testit

Otoksen ulkopuoliset testit toteutetaan mukaillen Goyalin ja Welchin (2008) otoksen ulkopuolisia testejä. Käytettävät otoksen ulkopuolisten testien tunnusluvut ovat otoksen ulkopuolinen selitysaste (out of sample r-squared) ja otoksen ulkopuolinen jäännösvirrehajonta (root mean squared error). Otoksen ulkopuolinen selitysaste lasketaan yhtälön 25 mukaisella tavalla:

$$R_{OOS}^2 = 1 - \frac{MSE_A}{MSE_N}, \quad (25)$$

jossa MSE_A on regressiomallin keskineliövirhe ja MSE_N on niin sanotun naiivin mallin, eli historialliseen keskiarvoon perustuvan mallin keskineliövirhe. Keskineliövirhe lasketaan yhtälössä 26 kuvattulla tavalla:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2, \quad (26)$$

jossa y_i on vastemuuttujan havaittu arvo, \hat{y}_i on vastemuuttujan mallin perusteella ennustettu arvo ja n on havaintojen lukumäärä. Otoksen ulkopuolinen jäännösvirrehajonta lasketaan yhtälössä 27 kuvattulla tavalla:

$$\Delta RMSE = \sqrt{MSE_N} - \sqrt{MSE_A}, \quad (27)$$

jossa MSE_N ja MSE_A määritellään samoin, kuin edellä. Historialliseen keskiarvoon eli vakioisen odotetun tuoton ennustemalli (naiivi malli), johon tässä tutkielmassa esitettäviä ennustemalleja verrataan, on yhtälön 28 mukainen:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \varepsilon_{i,t}, \quad (28)$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $\beta_{i,0}$ on vakiotermin ja $\varepsilon_{i,t}$ on virhetermi. Malli implikoi, että osakemarkkinoiden tuotto ei ole ennustettavissa. Edellä kuvattua mallia, tai tarkemmin sen keskineliövirhettä verrataan jokaisen Pohjoismaan osalta yhtälössä 29 kuvattuun ennustemalliin:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1}, \quad (29)$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $r_{i,t-1}$ on maan i yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto, $r_{j,t-1}$ vastaavasti maan j yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto.

Jotta edellä mainitut testit todella kuvaisivat ennustemallien otoksen ulkopuolista suorituskkyä, täytyy tutkimusaineisto jakaa koulutusaineistoon ja testausaineistoon. Koulutusaineistoa käytetään mallin parametrin estimointiin ja testiaineistoa mallin ennusteen keskineliövirheen laskentaan. Koulutusaineiston ja testiaineiston jaon määrittelyyn ei ole mitään yleistä periaatetta (Goyal ja Welch 2008). Periaatteena on käyttää riittävän laajaa koulutusaineistoa, jotta parametriestimaatit ovat riittävän tarkat, mutta toisaalta pitää huomioida testiaineiston riittävä määrä, jotta tulokset ovat uskottavia. Goyal ja Welch (2008) käyttävät 20 vuoden koulutusaineistoa ja Rapach ym. (2013) viiden vuoden koulutusaineistoa. Tässä tutkielmassa käytetään koulutusaineistona ensimmäistä kymmentä vuotta aineistosta ja testiaineistona loppuja 21 vuotta aineistosta. Valittu jako, jossa noin kolmasosa alkuperäisestä aineistosta toimii koulutusaineistona, on tutkimuskirjallisuudessa melko yleinen (ks. esim. Goyal ja Welch 2008) ja perusteltu kompromissi sekä parametriestimaattien luotettavuuden, että riittävän testiaineiston kannalta.

4.2.3 Mallidiagnostiikka

Vektoriautoregressiomallin mallioletuksiin kuuluu, että kaikki tarkasteltavat aikasarjat ovat heikosti stationaarisia, eli niillä on ajassa muuttumaton keskiarvo, varianssi ja autokovarianssi (Tsay 2005,349–355). Lisäksi oletetaan, että täydellistä multikollineaarisuutta ei esiinny ennustavien muuttujien joukossa. Stationaarisuutta tutkitaan käyttäen yksikköjuuritestejä, kuvattavaa laajennettua Dickey-Fuller-testiä, joka huomioi mahdollisen autokorrelaation. Tarkasteltava regressiomalli esitetään yhtälössä 30 ja testisuure yhtälössä 31.

$$y_t = c_t + \beta y_{t-1} + \sum_{i=1}^{p-1} \phi_i \Delta y_{t-i} + \epsilon_t, \quad (30)$$

jossa c_t on vakiotermi ja Δy_{t-i} on sarja y :n differenssejä. Laajennettu Dickey-Fuller-testisuure on seuraavanlainen:

$$ADF = \frac{\hat{\beta}-1}{std(\hat{\beta})}, \quad (31)$$

Lineaaristen regressiomallien mallioletuksista testataan Brooksia (2019, 186–191, 214–216) mukailleen oletusta vakiovarianssista, virhetermien autokorrelaatiota ja multikollineaarisuutta. Vakiovarianssioletusta testataan Breusch–Pagan-testillä, kun taas autokorrelaatiota testataan Durbin-Watson testillä. Brooks (2019, 2014–2016) suosittelee tarkastelemaan multikollineaarisuutta ensin

korrelaatiomatriisien ja tarvittaessa lisäksi varianssi-inflaatiotekijöiden avulla, joten tässä tutkielmassa käytetään molempia menetelmiä.

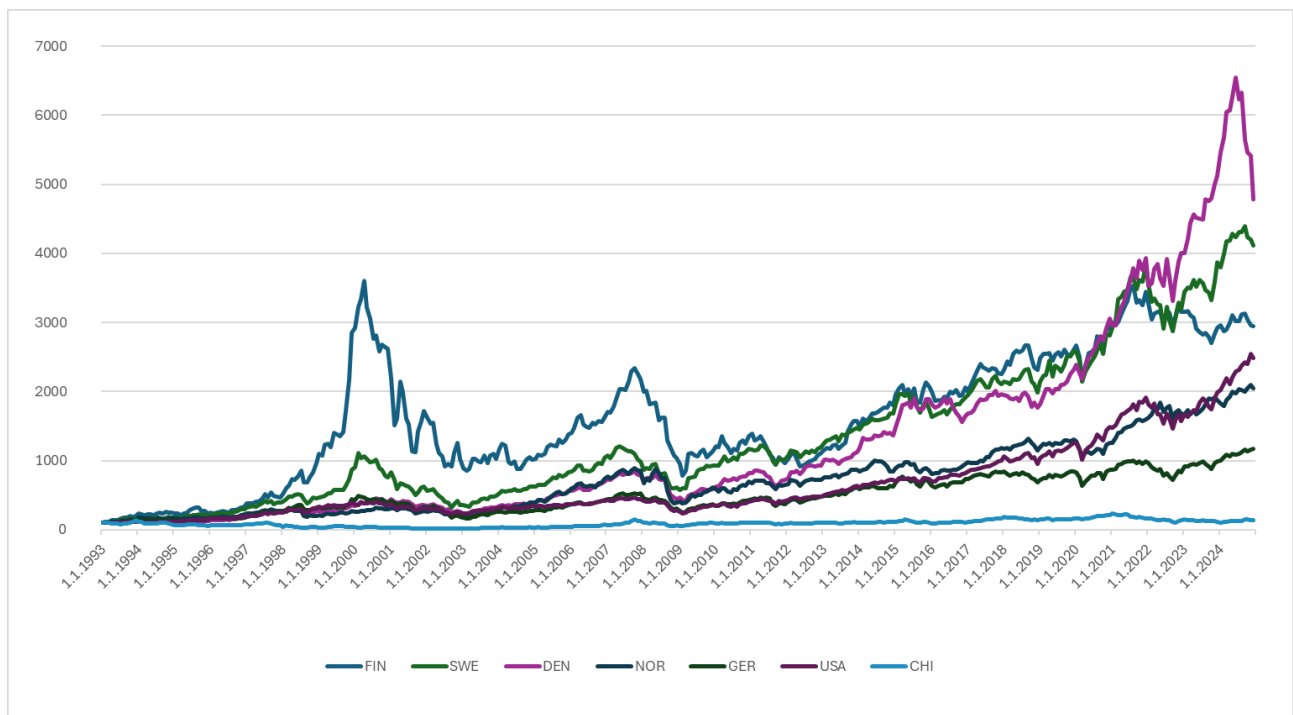
Autokorrelaatio ja heteroskedastisuus johtavat heikkoihin tilastollisiin testeihin, mutta pienimmän neliösumman estimaatit eivät kuitenkaan varsinaisesti vääristy. Multikollineaarisuus puolestaan saattaa johtaa näennäisregressioon ja heikkoihin tilastollisten testien tunnuslukuihin. Heteroskedastisuuden ja autokorrelaation osalta tässä tutkielmassa käytetään Newey ja West (1987) kovarianssimatriisia. Mahdollista multikollineaarisuutta puolestaan kontrolloidaan estimoimalla mallit myös LASSO-menetelmällä. (Brooks 2019, 186–191, 214–216).

5 Tutkimustulokset

5.1 Johdatus empiiriseen osioon ja keskeiset tunnusluvut

Tässä luvussa esitellään tutkimustulokset. Ensin tarkastellaan tutkimusaineistoa keskeisten tunnuslukujen osalta sekä graafisesti. Päätuloksissa tarkastellaan Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan ja muiden Pohjoismaiden viivästettyjen tuottojen ennustevoimaa Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottoihin vektoriautoregressiomallin avulla. Ensimmäinen VAR-malli on estimoitu pienimmän neliösumman menetelmällä ja toinen käyttäen LASSO-menetelmää. Lisätuloksissa tarkastellaan osinkotuottoa ja markkinakorkoa ennustavina muuttujina Pohjoismaiden tuotoille sekä tuottojen ennustettavuutta covid-19-pandemian aikana. Lopuksi esitetään mallidiagnostiikkatestit ja pohditaan tutkimustulosten luotettavuutta.

Aineiston tarkastelu aloitetaan tarkastelemalla kokonaistuottoindeksejä graafisesti. Jokaisen seitsemän maan kokonaistuottoindeksit esitetään kuviossa 3. Kuvioista havaitaan, että kumulatiivinen tuotto vuodesta 1993 vuoteen 2004 on ollut suurinta Tanskassa. Sen jälkeen suurin kumulatiivinen tuotto on Ruotsissa ja Suomessa. Yhdysvallat, Norja ja Saksa tulevat seuraavana ja heikoin kumulatiivinen tuotto on Kiinassa. Volatiliteetista voidaan sanoa, että Pohjoismaissa volatilitteetti on kuvion perusteella suurempaa ja Saksassa ja Yhdysvalloissa maltillisempaa.



Kuvio 3. Kokonaistuottoindeksit 1993–2024.

Taulukossa 3 esitetään aineistoa kuvailevat tilastot Pohjoismaista, Saksasta, Yhdysvalloista ja Kiinasta. Jokaisesta maasta esitetään yksinkertaisen kuukausituoton keskiarvo ja keskihajonta, sekä minimi- ja maksimituotto helmikuusta 1993 joulukuuhun 2024. Lisäksi raportoidaan yksinkertaisten kuukausituottojen autokorrelaatio. Yksinkertaiset kuukausituotot esitetään myös graafisesti kuviossa 4.

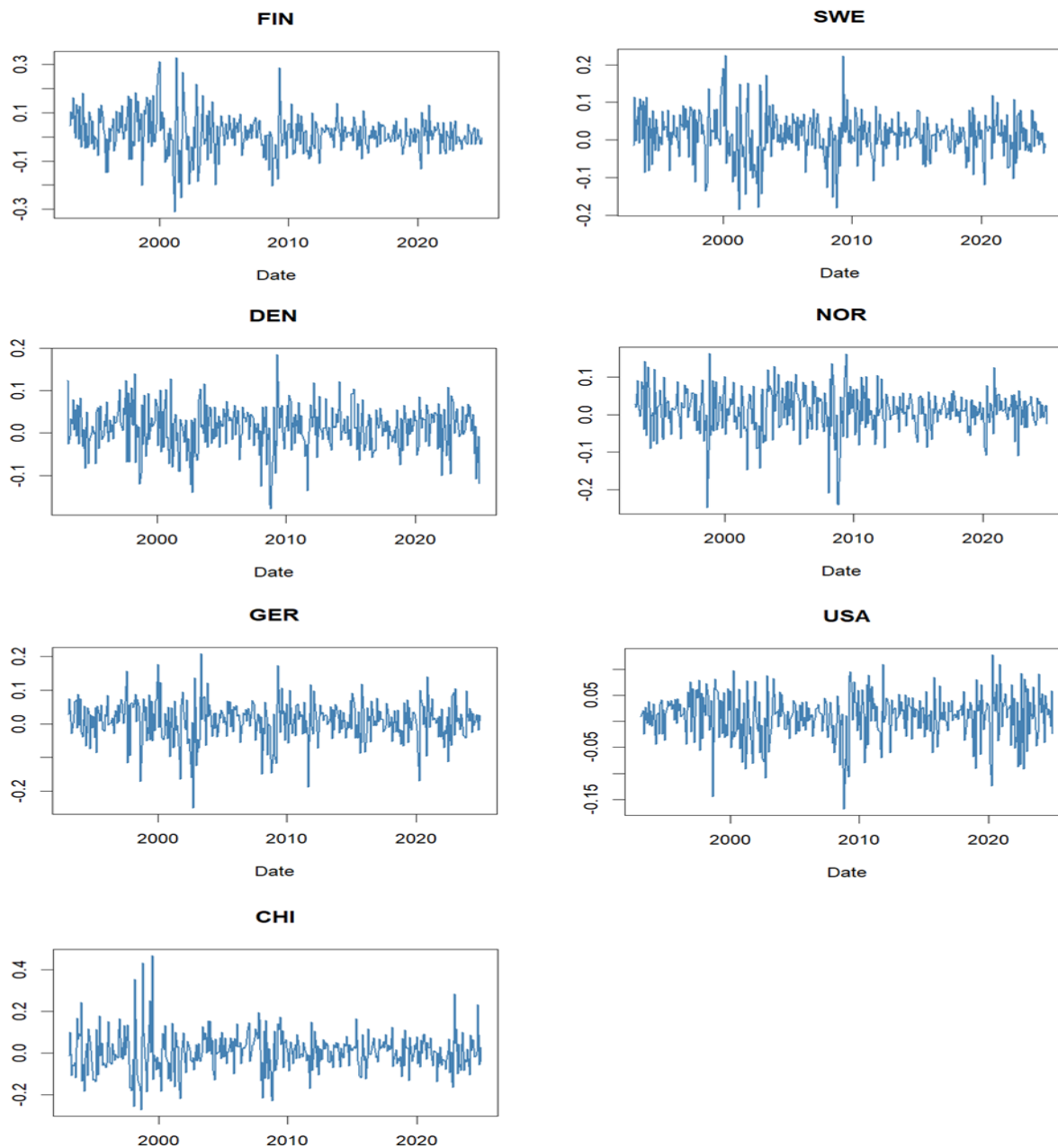
Taulukko 3. Kuukausituotot

Taulukko sisältää MSCI kokonaistuottoindeksistä, sekä S&P500 kokonaistuottoindeksistä laskettujen yksinkertaisten kuukausituottojen keskiarvon, keskihajonnan, minimi- ja maksimi-arvon prosentteina, sekä tuottojen autokorrelaation. Aineisto kattaa ajanjakson helmikuusta 1993 joulukuuhun 2024.

Maa	Keskiarvo	Keskihajonta	Minimi	Maksimi	1. asteen autokorrelaatio
Suomi	1.12 %	7.85 %	-30.99 %	32.88 %	0.178
Ruotsi	1.15 %	5.90 %	-21.52 %	34.96 %	0.022
Tanska	1.14 %	5.06 %	-17.82 %	18.58 %	0.044
Norja	0.95 %	5.62 %	-24.78 %	16.40 %	0.079
Saksa	0.81 %	5.73 %	-24.93 %	20.94 %	0.027
Yhdysvallat	0.94 %	4.29 %	-16.80 %	12.82 %	-0.002
Kiina	0.50 %	9.17 %	-27.08 %	46.89 %	0.052

Taulukosta 3 havaitaan, että korkein keskimääräinen kuukausituotto on Ruotsissa, 1,15 prosenttia. Muiden Pohjoismaiden keskimääräiset kuukausituotot ovat hyvin lähellä, Suomessa ja Tanskassa hieman yli yhden prosentin ja Norjassa hieman alle prosentin. Saksassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa keskimääräinen kuukausituotto jää alle yhteen prosenttiin korkeimman tuoton ollessa Yhdysvalloissa, 0,94 prosenttia ja heikoimman Kiinassa, 0,50 prosenttia. Tuottojen keskihajonta vaihtelee 4,29 prosentin (Yhdysvallat) ja 9,17 prosentin (Kiina) välillä. Pohjoismaissa keskihajonta on hieman yli viisi prosenttia, paitsi Suomessa, jossa havaitaan hieman korkeampi, 7,85 prosentin keskihajonta. Tuottojen ensimmäisen asteen autokorrelaatiot ovat pääsääntöisesti pieniä, alle 0,1, ja Yhdysvalloissa autokorrelaatio on käytännössä nolla. Poikkeuksen muodostaa Suomi, jossa havaitaan korkeahko 0,17 autokorrelaatio kuukausituotoissa.

Kuviosta 4 havaitaan, että yksinkertaisten kuukausituottojen aikasarjat vaikuttavat stationaarisilta siten, että mitään silmin nähtävää trendiä ei ole havaittavissa. Yksinkertaisten kuukausituottojen varianssi ei vaikuta olevan graafisen tarkastelun perusteella vakio millään tutkittavalla markkinalla. Kuvion perusteella vaikuttaa siltä, että korkeaa varianssia seuraa matalamman varianssin ajanjakso ja päinvastoin. Havaittu ilmiö on hyvin tyypillinen yksinkertaisille kuukausituotoille (Tsay 2005, 17–19).



Kuvio 4. Yksinkertaiset kuukausituotot

Tutkimusaineistoon kuuluu lisäksi osinkotuotot sekä markkinakorko kaikista Pohjoismaista. Osinkotuotot on laskettu kokonaistuottoindeksin ja hintaindeksin erotuksena. Taulukossa 4 raportoidaan osinkotuoton sekä markkinakoron keskiarvo keskihajonta, minimi ja maksimi helmikuusta 1993 joulukuuhun 2024.

Taulukko 4. Osinkotuotto ja markkinakorko

Taulukko sisältää MSCI kokonaistuottoindeksistä ja MSCI hintaindeksistä lasketun osinkotuoton sekä neljän Pohjoismaan 3kk markkinakoron keskiarvon, keskihajonnan, minimi- ja maksimiarvon. Aineisto kattaa ajanjakson helmikuusta 1993 joulukuuhun 2024. Raportoidut osinkotuotot on laskettu tasoitetusta aikasarjasta, jossa tasoitusmenetelmänä käytetään 11kk liukuvaa keskiarvoa.

Muuttuja	Keskiarvo	Keskihajonta	Minimi	Maksimi
DY_{FIN}	0.27 %	0.13 %	0.003 %	0.54 %
IR_{FIN}	2.25 %	2.14 %	-0.57 %	8.91 %
DY_{SWE}	0.24 %	0.09 %	0.002 %	0.43 %
IR_{SWE}	2.76 %	2.53 %	-0.64 %	10.13 %
DY_{DEN}	0.15 %	0.04 %	0.002 %	0.23 %
IR_{DEN}	2.57 %	2.48 %	-0.47 %	15.32 %
DY_{NOR}	0.31 %	0.13 %	0.008 %	0.73 %
IR_{NOR}	3.56 %	2.21 %	0.20 %	9.16 %

Taulukosta 4 havaitaan, että kuukausittaiset osinkotuotot ovat Pohjoismaissa 0,15 prosentin ja 0,31 prosentin välillä. Osinkotuottojen keskihajonta on Pohjoismaissa hyvin maltillista, 0,04 prosentin ja 0,13 prosentin välillä. Markkinakoron keskiarvot ovat hieman yli kahdessa prosentissa Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa. Poikkeuksena nousee esiin Norja, jossa keskiarvo on yli kolme prosenttia. Korkojen vaihteluväli on 30 vuoden aikana suuri, negatiivisesta yli 15 prosentin tasoon asti.

5.2 Päätulokset

Tässä aluvuossa esitetään tutkielman päätulokset. Ensimmäisenä käydään läpi pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidun vektoriautoregressiomallin tulokset. Seuraavaksi esitetään LASSO-menetelmällä estimoidut tulokset vastaavasta vektoriautoregressiomallista. Seuraavaksi esitetään mallidiagnostiikkatestien tulokset. Lopuksi esitetään yhteenveto tuloksista, otetaan kantaa tulosten luotettavuuteen ja merkittävyyteen sekä esitetään mahdollisia jatkotutkimuskohteita.

5.2.1 Vektoriautoregressiomallin tulokset

Luonteva tapa tarkastella ennustavien muuttujien yhteisvaikutusta, sekä ottaa kantaa mahdollisen kausaalisuhteen suuntaan, on käyttää vektoriautoregressiomallia. Taulukossa 5 esitetään VAR (1) -mallin tulokset, jossa ennustavina muuttujina on Pohjoismaiden osakemarkkinoiden viivästettyjen tuottojen lisäksi Saksan, Yhdysvaltojen ja Kiinan osakemarkkinoiden viivästetyt tuotot. Taulukossa 5 raportoidaan pienimmän neliösumman estimaatit jokaiselle ennustavalle muuttujalle, sekä

heteroskedastisuus ja autokorrelaatiorobustit t-arvot. Tulosten tulkinnan osalta mielenkiintoisimpia ovat taulukon ensimmäiset neljä riviä, jossa esitetään tulokset Pohjoismaiden osalta. Muiden markkinoiden tulokset, jotka on esitetty taulukon riveillä 5–7, ovat hyödyllisiä tulkittaessa mahdollisten kausaalisuhteiden suuntaa, mutta eivät itsessään tämän tutkielman päämielenkiinnon kohteita.

Taulukko 5. Vektoriautoregressiomallin tulokset

Taulukossa raportoidaan pienimmän neliösumman estimaatit jokaiselle regressiokertoimelle $\beta_{i,j}$ sekä suluissa heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiorobustit t-arvot jokaiselle estimaatille. VAR (1) -mallin jokainen yhtälö on muotoa:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1},$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $r_{i,t-1}$ on maan i yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto, $r_{j,t-1}$ vastavasti maan j yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto. Merkitsevyydestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat $H_0: \beta_{i,j} = 0$, $H_A: \beta_{i,j} \neq 0$. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

i	$\hat{\beta}_{i,FIN}$	$\hat{\beta}_{i,SWE}$	$\hat{\beta}_{i,DEN}$	$\hat{\beta}_{i,NOR}$	$\hat{\beta}_{i,GER}$	$\hat{\beta}_{i,USA}$	$\hat{\beta}_{i,CHI}$	\bar{R}^2
<i>FIN</i>	0.351** (4.96)	-0.074 (0.59)	-0.016 (0.15)	-0.197 (1.90)	-0.125 (0.90)	-0.042 (0.27)	-0.042 (1.17)	0.053
<i>SWE</i>	0.287** (3.74)	-0.135 (1.40)	0.103 (1.36)	-0.171 (1.68)	-0.100 (0.89)	-0.034 (0.34)	0.087* (2.44)	0.075
<i>DEN</i>	0.070 (1.37)	0.124 (1.31)	-0.090 (1.06)	-0.040 (0.47)	-0.066 (0.70)	0.059 (0.53)	0.087* (2.20)	0.043
<i>NOR</i>	0.087 (1.67)	0.106 (1.21)	0.058 (0.69)	-0.104 (1.08)	-0.105 (1.11)	-0.001 (0.01)	0.136** (2.72)	0.052
<i>GER</i>	0.139* (2.42)	0.072 (0.74)	0.022 (0.28)	-0.078 (1.01)	-0.191 (1.85)	0.095 (0.82)	0.032 (0.96)	0.017
<i>USA</i>	0.071 (1.48)	0.127 (1.71)	0.044 (0.60)	-0.095 (1.30)	-0.119 (1.41)	-0.064 (0.76)	0.035 (1.09)	0.014
<i>CHI</i>	0.084 (0.72)	-0.036 (0.21)	0.151 (1.20)	-0.188 (1.43)	0.089 (0.47)	-0.189 (0.98)	0.086 (1.38)	-0.004

Taulukosta 5 havaitaan vahva tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio Suomen osakemarkkinoilla. Estimaatti on suurehko, 0,351 ja tilastollisesti merkitsevä yhden prosentin luottamustasolla. Havainto voidaan tulkita siten, että kuukaudella viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Suomen osakemarkkinoilla, mikä puolestaan tarkoittaa, että Suomen markkinat eivät täytä tehokkaiden markkinoiden hypoteesin heikkoja ehtoja. Havainto on jossain määrin yllättävä, ja tuloksen tulkitseminen vaatisi lisää tutkimusta. Mallin korjattu selitysaste (adjusted R^2) otoksen sisällä on 5,3 prosenttia, mikä on kohtuullisen hyvä selitysaste tuottojen ennustettavuuden tutkimuksessa. Goyalin ja Welchin (2008) mukaan tuottojen ennustettavuuden tutkimuksessa harvalla mallilla päästään yli viiden prosentin selitysasteeseen otoksen sisällä.

Ruotsin osalta havaitaan, että Suomen ja Kiinan markkinoiden viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Ruotsin markkinoilla. Suomen viivästettyjen tuottojen osalta estimaatti on 0,28 ja tilastollisesti merkitsevä yhden prosentin merkitsevyystasolla. Kiinan viivästettyjen tuottojen osalta estimaatti on 0,087 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Tulos on siinä mielessä odotettu, että sekä Suomi, että Kiina kuuluvat Ruotsin suurimpiin kauppakumppaneihin (Maailmanpankki 2024). Osakemarkkinoiden välisiä kausaalisuussuhteita on aikaisemmassa tutkimuksessa havaittu erityisesti mailla, joiden välinen taloudellinen integraatio on vahvaa (ks. esim. Lin 2015). Tältä osin tulos on linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa. Toisaalta tässä tutkimuksessa ei havaita Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen ennustavan tuottoja Ruotsissa, joten tältä osin tulos eroaa Rapachin ym. (2013) havainnoista. Mallin korjattu selitysaste otoksen sisällä on 7,5 prosenttia, mitä voidaan pitää tutkimuskirjallisuuden perusteella hyvänä (Goyal ja Welch 2008). Suomen ja Kiinan viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Ruotsissa, mutta ei päinvastoin, joten kausaalisuhde on tässä tapauksessa yksisuuntainen.

Kiinan osakemarkkinoiden viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Tanskassa. Estimaatti saa arvon 0,087 ja se on tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Tulos on linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa siinä mielessä, että osakemarkkinoiden välisiä kausaalisuussuhteita on aikaisemmassa tutkimuksessa havaittu erityisesti mailla, joiden välinen taloudellinen integraatio on vahvaa. Maailmanpankin (2024) mukaan Kiina on tuonnin arvolla mitattuna Tanskan neljänneksi suurin kauppakumppani. Aikaisempaa tutkimustietoa viivästettyjen tuottojen ennustevoimasta Tanskassa ei ole juurikaan saatavilla, joten havaintoja on hankala verrata muihin tutkimuksiin suoraan. Mallin korjattu selitysaste on 4,3 prosenttia, jota voidaan pitää tuottojen ennustettavuuden tutkimuskirjallisuuden perusteella melko hyvänä (Goyal ja Welch 2008). Tanskan viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja missään muussa maassa, joten kausaalisuhde on yksisuuntainen.

Norjan osalta havaitaan, että Kiinan osakemarkkinoiden viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Norjassa. Estimaatti saa arvon 0,087 ja se on tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Tulos on linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa siinä mielessä, että osakemarkkinoiden välisiä kausaalisuussuhteita on aikaisemmassa tutkimuksessa havaittu erityisesti mailla, joiden välinen taloudellinen integraatio on vahvaa. Maailmanpankin (2024) mukaan Kiina on tuonnin arvolla mitattuna Norjan toiseksi suurin kauppakumppani. Aikaisempaa tutkimustietoa viivästettyjen tuottojen ennustevoimasta Norjassa ei ole, joten havainnot ovat uusia. Mallin korjattu selityssaste on 5,2 prosenttia, jota voidaan pitää tuottojen ennustettavuuden tutkimuskirjallisuuden perusteella hyvänä (Goyal ja Welch 2008). Norjan viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja missään muussa maassa, joten kausaalisuhde on yksisuuntainen.

Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan osalta VAR-mallin tulokset ovat linjassa aikaisemman tutkimuskirjallisuuden kanssa. Pohjoismaiden viivästetyillä tuotoilla ei vaikuta olevan ennustevoimaa Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan tuottoihin. Havainto, että pienet Pohjoismaiden osakemarkkinat eivät juurikaan ennusta tuottoja Saksassa, Yhdysvalloissa ja Kiinassa, on tutkimuskirjallisuuden perusteella odotettu. Esimerkiksi Lin (2015) esittää, että kausaalisuussuhde on nimenomaan siten, että suurten kansantalouksien osakemarkkinat ennustavat pienempiä, mutta ei päinvastoin. Korjattujen selityssasteiden osalta. Tulokset ovat linjassa Rapachin ym. 2013 tulosten kanssa. Pohjoismaille havaitaan noin 4–7 prosentin korjatut selityssasteet, kun taas Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan osalta korjatut selityssasteet ovat 0–1 prosentin luokkaa. Tulos voidaan tulkita siten, että pienet, vientivetoiset Pohjoismaiden kansantaloudet ovat riippuvaisia isoista kauppakumppaneistaan, mikä näkyy myös osakemarkkinoilla, mutta vastaavaa riippuvuutta ei havaita toisin päin

Yhteenvedona voidaan todeta Kiinan markkinoiden ennustavan kolmea neljästä Pohjoismaiden osakemarkkinoista. Lisäksi Suomen viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Suomessa ja Ruotsissa. Yhdysvaltain ja Saksan viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja missään Pohjoismaassa. Tulos on poikkeava verrattuna Rapachin ym. (2013) tulokseen, jonka perusteella Yhdysvaltain markkinat ovat merkittävä tuottoja ennustava tekijä. Toisaalta Rapachin ym. (2013) aineisto on aikaväliltä 1980–2012, joten aineistosta puuttuu viimeiset 12 vuotta verrattuna tähän tutkielmaan. Lisäksi on otettava huomioon, että uudemmassa tutkimuskirjallisuudessa Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen ennustevoimasta on ristiriitaisia tuloksia ja vaikuttaa siltä, että kyseinen ilmiö liittyy vain taantumiin (Wen ja Li 2020).

5.2.2 LASSO-regressiomalli

Tutkimustulosten luotettavuuden lisäämiseksi edellä käytetty VAR (1) -malli estimoidaan pienimmän neliösumman menetelmän lisäksi myös LASSO-menetelmällä. LASSO-menetelmän käyttöä puoltaa se, että usean muuttujan aikasarjaregressiomallien, kuten edellä käytetyn VAR (1) -mallin pienimmän neliösumman estimaatteihin voidaan perustellusti suhtautua kriittisesti, koska mallit ovat herkkiä multikollineaarisuudelle. Rapachin (2013) mukaan ennustavien muuttujien välinen korrelaatio saattaa johtaa heikkoihin tilastollisiin testeihin ja näin ollen vääristyneisiin tuloksiin. Eräs yleisesti käytetty lähestymistapa on käyttää pienimmän neliösumman menetelmän rinnalla LASSO-regressiota tulosten luotettavuuden kasvattamiseksi.

LASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator) on tilastollinen menetelmä, jota käytetään sekä muuttujien valintaan, että säännöllistämiseen. LASSO on yleisesti käytetty menetelmä haluttaessa parantaa ennustemallien tarkkuutta tai tilanteessa, jossa multikollineaarisuus olisi ongelma perinteisiä regressiomalleja käytettäessä. Uudemmissa tuottojen ennustettavuuden tutkimuksissa LASSO-regressiota on yleisesti käytetty muiden menetelmien rinnalla parantamaan ennustemallien ennustekykyä otoksen ulkopuolella, että kontrolloimaan multikollineaarisuudesta johtuvia ongelmia ennustemalleissa. LASSO-regression etuna on, että se kutistaa tarvittaessa mallin kannalta epäolevien muuttujien regressiokertoimen arvon täsmälleen nollassa, jolloin tarpeettomat muuttujat karsituvat mallista pois. (Rapach ym. 2013).

Taulukossa 6 esitetään LASSO-menetelmällä estimoitu VAR (1) -malli, jossa ennustavina muuttujina on Pohjoismaiden sekä Saksan, Yhdysvaltojen ja Kiinan markkinoiden kuukaudella viivästetyt tuotot. Merkitsevyydestä ja erityisesti p-arvojen tulkinta ei LASSO-regression tapauksessa ole kovinkaan yksinkertaista ja tulkinnassa painopiste pitäisi olla enemmänkin siinä, mitä ennustavia muuttujia menetelmä ylipäättään poimii mukaan ”parhaaseen” malliin (Dezeure ym. 2015). Taulukossa 6 raportoidaan kuitenkin Dezeuren ym. (2015) menetelmällä simuloidut p-arvot, jotta tuloksia pystytään jossain määrin vertaamaan muihin tässä tutkielmassa esitettyihin malleihin.

Taulukko 6. LASSO-regressiomallin tulokset

Taulukossa raportoidaan LASSO-mallilla saadut estimaatit jokaiselle regressiokertoimelle $\beta_{i,j}$ sekä suluissa simulointimenetelmällä saadut p-arvot estimaatille. VAR (1) -mallin jokainen yhtälö on muotoa:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1},$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $r_{i,t-1}$ on maan i yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto, $r_{j,t-1}$ vastavasti maan j yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto. Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat $H_0: \beta_{i,j} = 0$, $H_A: \beta_{i,j} \neq 0$. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

i	$\hat{\beta}_{i,FIN}$	$\hat{\beta}_{i,SWE}$	$\hat{\beta}_{i,DEN}$	$\hat{\beta}_{i,NOR}$	$\hat{\beta}_{i,GER}$	$\hat{\beta}_{i,USA}$	$\hat{\beta}_{i,CHI}$
<i>FIN</i>	0.188** (<0.001)	0	0	-0.114 (0.07)	-0.031 (0.41)	0	0
<i>SWE</i>	0.224** (<0.001)	-0.076 (0.19)	0	-0.110 (0.43)	-0.049 (0.42)	0	0.053* (0.04)
<i>DEN</i>	0.055 (0.14)	0.059 (0.10)	0	-0.053 (0.65)	0	0	0.076** (0.01)
<i>NOR</i>	0.050 (0.11)	0.00049 (0.18)	0	0	0	0	0.097** (<0.001)
<i>GER</i>	0.071** (0.009)	0	0	0	0	0	0
<i>USA</i>	3.04×10^{-17} (0.10)	0	0	0	0	0	0
<i>CHI</i>	1×10^{-9} (0.33)	0	0	0	0	0	0

Taulukosta 6 havaitaan, että Suomen osalta kaikkien ennustavien muuttujien estimaatit, paitsi Suomi, Saksa ja Norja, kutistuvat nolnaan. Suomen viivästettyjen tuottojen osalta estimaatti on 0,188 ja p-arvo alle 0,001. Estimaatin arvo on huomattavasti pienempi verrattuna pienimmän neliösumman estimaattiin, joka on 0,351. Yhtä kaikki tulos kertoo, että Suomen markkinoilla havaitaan tilastollisesti merkitsevää tuottojen autokorrelaatiota kuukausitasolla.

Norjan viivästetyt tuotot saavat estimaatin $-0,114$, p -arvon ollessa $0,07$, eli tulos ei ole tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Saksan viivästetyt tuotot saavat estimaatin, joka on lähellä nollaa ja p -arvon, joka on huomattavan suuri, $0,41$. Tulos on linjassa pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidun VAR (1) -mallin tulosten kanssa. Tulosta tulkittaessa on huomioitava, että Saksan osalta tulos on p -arvon perusteella erittäin heikko ja estimaatti lähellä nollaa.

Ruotsin osalta havaitaan, että Suomen, Ruotsin, Norjan, Saksan ja Kiinan viivästetyt tuotot nousevat ennustavien muuttujien joukkoon. Estimaatit ovat järjestyksessä $0,224$, $-0,076$, $-0,110$, $-0,049$ ja $0,053$. Näistä tilastollisesti merkitseviä ovat Suomen ja Kiinan markkinoiden viivästetyt tuotot. Tulokset ovat samat, kuin pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidussa mallissa. Myös estimaattien suuruusluokka on vastaava.

Tanskassa LASSO-regression perusteella Suomi, Ruotsi, Norja ja Kiina nousevat ennustavien muuttujien joukkoon. Suomen ja Ruotsin p -arvo on lähellä $0,1$, joten tulokset eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Norjan osalta estimaatti on lähellä nollaa ja p -arvo suuri. Kiinan osalta havaitaan $0,053$ suurin tilastollisesti merkitsevä estimaatti. Tuloksen voidaan tulkita olevan linjassa pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidun mallin kanssa, jossa Tanskan tuottoja ennustavat Kiinan viivästetyt tuotot.

Norjan osalta havaitaan nollasta poikkeava estimaatti Suomen, Ruotsin ja Kiinan osalta. Suomen ja Ruotsin p -arvot ovat lähellä $0,1$, joten tulokset eivät ole tilastollisesti merkitsevät. Kiinan osalta havaitaan estimaatti, joka on $0,076$. Kiinan osalta p -arvo on todella pieni, lähellä nollaa, joten tulos on tilastollisesti merkitsevä. Tuloksen voidaan sanoa vastaavan lähes täysin pienimmän neliösumman menetelmällä estimoituja tuloksia. Molemmilla menetelmillä havaitaan, että pelkästään Kiinan tuotot ennustavat tuottoja norjassa tilastollisesti merkitsevästi.

Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan osalta lähes kaikki estimaatit kutistuvat nolnaan ja jäljelle jäävät ovat lähellä nollaa p -arvon ollessa suuri. Tulosta voidaan tulkita siten, että mikään ennustava muuttuja ei ennusta tuottoja kyseisillä markkinoilla. Jos mikään mallin selittäjistä ei toimi kovin hyvin, LASSO-menetelmä kutistaa kaikki estimaatit nolnaan tai lähelle nollaa. Se mitkä ennustavat muuttujat jäävät tällaisessa tapauksessa jäljelle on melko sattumanvaraista (Rapach 2013). P -arvojen ja kutistettujen estimaattien perusteella voidaan todeta, että Pohjoismaiden viivästetyt tuotot tai mikään muukaan mallin muuttuja ei ennusta tuottoja kovin hyvin kolmen suuren osakemarkkinan osalta. Tulos on linjassa Rapachin (2013) ja Lin (2015) havaintojen kanssa, joissa todetaan, että kausaalisuhde menee tyypillisesti siten, että suurten kansantalouksien osakemarkkinat ennustavat pienempiä, mutta ei päinvastoin.

Yhteenvedon voidaan todeta, että Kiinan viivästetyt tuotot ennustavat myös LASSO-regression perusteella tuottoja kolmessa neljästä Pohjoismaasta. Lisäksi Suomen markkinoilla havaittu tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio havaitaan myös LASSO-menetelmällä estimoidussa mallissa. LASSO-regression tulokset ovat käytännössä katsoen samanlaiset, kuin pienimmän neliösumman menetelmällä saadut tulokset. Näin ollen voidaan todeta, että pienimmän neliösumman menetelmällä saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavina. Lisäksi LASSO-menetelmä kutistaa merkityksettömät muuttujat pois mallista, joten tulosten tulkinta helpottuu.

5.3 Päätulosten luotettavuus

5.3.1 Otoksen ulkopuoliset testit

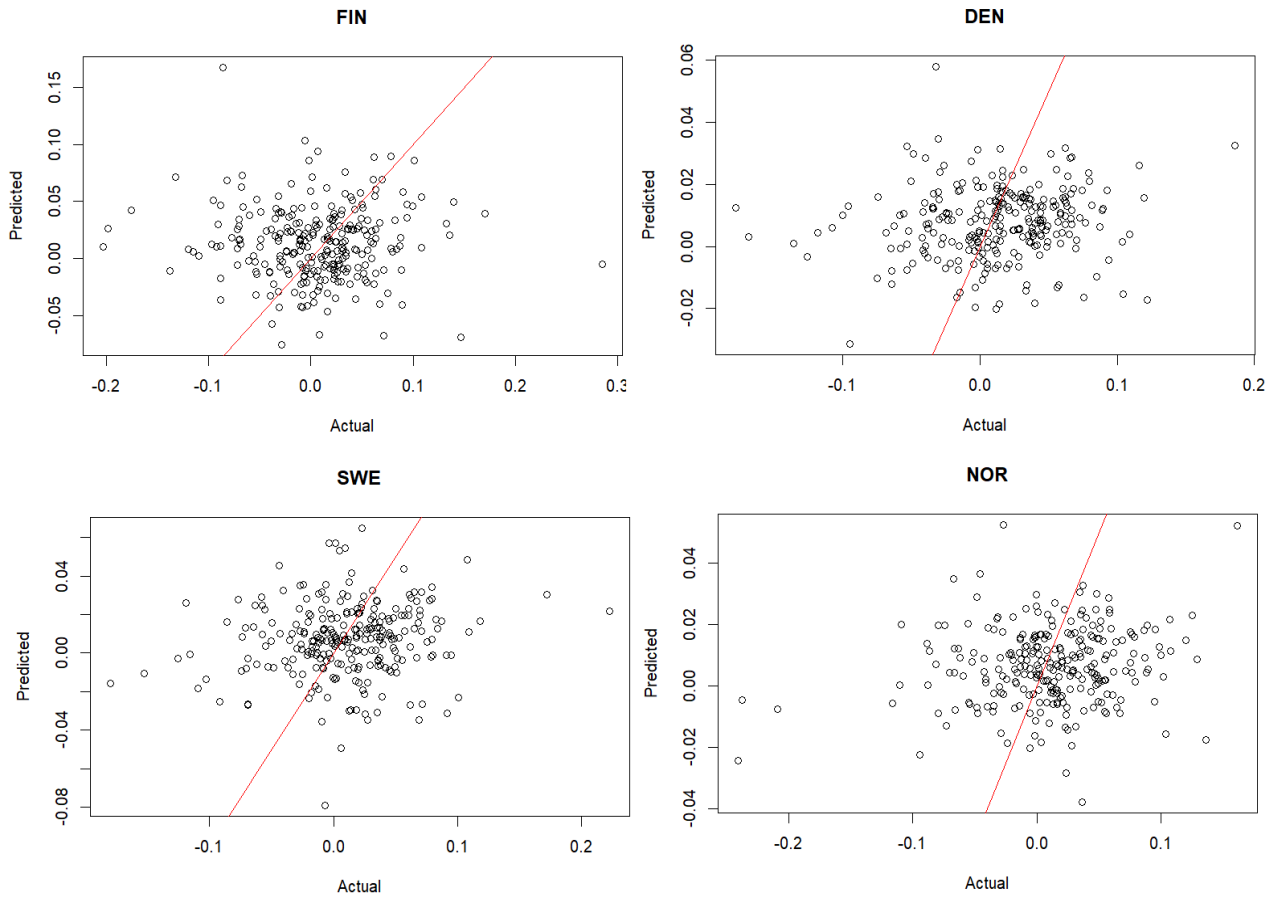
Heikkoa otoksen ulkopuolista ennustekykä voidaan perustellusti pitää tuottojen ennustettavuuden tutkimuksen suurimpana kompastuskivenä ja tulosten luotettavuutta heikentävänä tekijänä. Goyal ja Welch (2008) kyseenalaistavat useiden tutkimuskirjallisuudessa esitettyjen ennustavien muuttujien pätevyyden perustuen nimenomaan heikkoon ennustekykäyn otoksen ulkopuolella. Otoksen ulkopuoliset testit ovat myös keskeisessä roolissa tulosten taloudellista merkittävyyttä arvioitaessa (Goyal ja Welch 2022).

Tässä tutkielmassa otoksen ulkopuolista ennustekykä arvioidaan otoksen ulkopuolisen selitysasteen ja jäännösvirhehajonnan avulla, sekä graafisesti vertaamalla mallin ennusteita otoksen ulkopuolella todellisiin toteutuneisiin arvoihin. Otoksen ulkopuoliset testit toteutetaan tässä tutkielmassa jakamalla aineisto kahteen osaan, koulutusaineistoon ja testiaineistoon.² Lähestymistapa mukailee Goyalin ja Welchin (2008) sekä Rapachin ym. (2013) otoksen ulkopuolisia testejä. Koulutusaineistona käytetään ensimmäistä kymmentä vuotta aineistosta, helmikuusta 1993 tammikuuhun 2003, ja testiaineistona loppua 21:tä vuotta aineistosta, helmikuusta 2003 joulukuuhun 2024.

Kuviossa 5 esitetään vektoriautoregressiomallin perusteella ennustetut ja toteutuneet tuotot samassa kuviossa jokaiselle Pohjoismaalle. Lisäksi kuvioon on piirretty suora, jolle asettuvissa pisteissä ennuste ei eroa toteutuneesta tuotosta. Kuvioista havaitaan, että kaikkien Pohjoismaiden osalta ennustetut tuotot hajaantuvat melko paljon toteutuneista tuotoista. Kuvion perusteella näyttää, että otoksen ulkopuolisen ennusteen osuvuus on Pohjoismaissa heikohko. Norjan osalta ennustetut ja toteutuneet tuotot näyttävät kuvion perusteella asettuvan hieman enemmän suoralle, kuin muilla Pohjoismailla.

² Vaihtoehtoinen lähestymistapa olisi käyttää niin sanottuja liukuvia estimaatteja ja testejä (rolling estimates). Yksinkertaisemman analyysin toteutuksen ja tulosten tulkinnan vuoksi tässä tutkielmassa käytetään yksinkertaisempaa tapaa jakamalla aineisto kahteen osaan koulutus- ja testiaineistoksi.

Otoksen ulkopuolisen ennustekyvyn tarkemmin arvioimiseksi on analysoitu otoksen ulkopuolista selitystasetta sekä jäännösvirrehajontaa.



Kuvio 5. Ennustetut ja toteutuneet kuukausituotot 2003-2024.

Taulukossa 7 esitetään otoksen ulkopuoliset selitystasheet sekä jäännösvirrehajonta jokaisen Pohjoismaan osalta. Tunnusluvut lasketaan vertaamalla yhtälön 32 mukaista historiallisen keskiarvon mallia yhtälön 33 mukaiseen regressiomalliin keskineliövirheiden osalta.

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \varepsilon_{i,t}, \quad (32)$$

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1}, \quad (33)$$

Keskineliövirheiden perusteella lasketaan edellä mainitut otoksen ulkopuoliset tunnusluvut. Otoksen ulkopuolista selitystasetta tulkitaan siten, että naiivi malli ja tarkasteltava ennustemalli ovat yhtä hyviä, jos R^2_{oos} saa arvon nolla. Negatiivinen R^2_{oos} tarkoittaa, että tarkasteltava malli toimii otoksen ulkopuolella huonommin kuin naiivi malli. Vastaavasti negatiivinen jäännösvirrehajonta tarkoittaa naiivin mallin ennustavan paremmin kuin tutkittava ennustemalli.

Taulukko 7. Otoksen ulkopuolinen selitysaste ja jäännösvirrehajonta

Taulukossa raportoidaan otoksen ulkopuoliset selitysasteet sekä jäännösvirrehajonnat neljälle Pohjoismaalle. Otoksen ulkopuolinen selitysaste lasketaan seuraavalla tavalla:

$$R^2_{OOS} = 1 - \frac{MSE_A}{MSE_N},$$

jossa MSE_A on regressiomallin keskineliövirhe ja MSE_N on niin sanotun naiivin mallin, eli historialliseen keskiarvoon perustuvan mallin keskineliövirhe. Keskineliövirhe lasketaan yhtälössä kuvatulla tavalla:

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2,$$

jossa y_i on vastemuuttujan havaittu arvo, \hat{y}_i on vastemuuttujan mallin perusteella ennustettu arvo ja n on havaintojen lukumäärä. Otoksen ulkopuolinen jäännösvirrehajonta lasketaan:

$$\Delta RMSE = \sqrt{MSE_N} - \sqrt{MSE_A},$$

jossa MSE_N ja MSE_A määritellään samoin, kuin edellä.

	<i>FIN</i>	<i>SWE</i>	<i>DEN</i>	<i>NOR</i>
R^2_{OOS}	-0.214	-0.046	-0.004	0.015
$\Delta RMSE$	-0.006	-0.001	-0.0001	0.0004

Taulukosta 7 havaitaan, että Suomen, Ruotsin ja Tanskan osalta otoksen ulkopuolinen selitysaste ja jäännösvirrehajonta saavat negatiivisen arvon. Tulos voidaan tulkita siten, historiallisen keskiarvon malli ennustaa tuottoja kyseisissä maissa paremmin, kuin tässä tutkielmassa esitetty ennustemalli. Toisin sanoen viivästettyjen tuottojen ennustekyky otoksen ulkopuolella on heikko Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa.

Norjassa havaitaan 1,52 prosentin suuruinen positiivinen otoksen ulkopuolinen selitysaste ja niin ikään positiivinen jäännösvirrehajonta. Tulokset voi tulkita siten, että viivästettyjen tuottojen ennustekyky on Norjassa parempi, kuin historiallisen keskiarvon mallin. 1,52 prosentin suuruinen otoksen ulkopuolinen selitysaste on edelleen melko pieni ja voidaan tulkita siten, että tuloksessa ei ole taloudellista merkittävyyttä.

5.3.2 Päätulosten mallidiagnostiikka

Kaikki tässä tutkielmassa käytettävät aikasarjamallit edellyttävät tutkittavilta aikasarjoilta heikkoa stationaarisuutta. Aikasarja on stationaarinen, kun sille on olemassa ajassa muuttumattomat keskiarvo, varianssi ja autokovarianssi. Epästationaaristen aikasarjojen käyttäminen johtaa harhaisiin estimaatteihin ja heikkoihin tilastollisiin testeihin. Tässä tutkielmassa käytettävät yksinkertaiset kuukausituotot on kirjallisuudessa yleensä oletettu heikosti stationaariseksi aikasarjaksi (Tsay 2005, 25).

Taulukossa 8 esitetään yksikköjuuritestien tulokset jokaiselle aikasarjalle. Yksikköjuuritestinä käytetään mahdollinen autokorrelaatio huomioon ottavaa laajennettua Dickey-Fuller-testiä, koska autokorrelaation mahdollisuutta ei voida tässä vaiheessa sulkea pois.

Taulukko 8. Yksikköjuuritestit

Taulukossa raportoidaan laajennetun Dickey-Fuller testisuuren arvot jokaiselle tuottojen aikasarjalle, sekä vastaavat p-arvot. Testisuuren arvo saadaan seuraavalla tavalla:

$$ADF = \frac{\hat{\beta} - 1}{std(\hat{\beta})}$$

Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat H_0 : Aikasarjalla on yksikköjuuri H_A : Aikasarja on stationaarinen. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

r_i	r_{FIN}	r_{SWE}	r_{DEN}	r_{NOR}	r_{GER}	r_{USA}	r_{CHI}
<i>ADF</i>	-6.17**	-6.20**	-6.44**	-6.90**	-6.37**	-5.73**	-6.89**
<i>p-arvo</i>	(< 0.001)	(< 0.001)	(< 0.001)	(< 0.001)	(< 0.001)	(< 0.001)	(< 0.001)

Taulukosta 8 havaitaan, että kaikki yksinkertaisten kuukausituottojen aikasarjat ovat yksikköjuuristaationaarisia. Näin ollen epästationaarisuus ei muodosta ongelmaa tulosten luotettavuudelle. Tulosta voidaan pitää odotettuna tutkimuskirjallisuuden perusteella (Tsay 2005, 25).

Taulukossa 9 esitetään mallidiagnostiikkatestien tulokset heteroskedastisuuden ja autokorrelaation osalta jokaiselle vektoriautoregressiomallin yhtälölle erikseen. Heteroskedastisuudella tarkoitetaan, että regressiomallin jäännösten varianssi ei ole vakio. Autokorrelaatiolla tarkoitetaan, että regressiomallin jäännökset ovat korreloituneet keskenään. Aikasarjamalleissa jäännösten autokorrelaatio on yleistä, ja saattaa johtaa epäluotettaviin tuloksiin. Vakiovarianssioletus pätee harvoin käytettäessä yksinkertaisia kuukausituottoja. Heteroskedastisuutta testataan Breusch-Pagan-testillä ja autokorrelaatiota Durbin-Watson-testillä. (Tsay 2005, 7–22).

Taulukko 9. Heteroskedastisuus ja autokorrelaatio

Taulukossa raportoidaan Breusch-Pagan- ja Durbin-Watson testisuureen arvot jokaiselle vektoriautoregressiomallin yhtälölle, sekä vastaavat p-arvot. Merkitsevyydestä käytettävät hypoteesit ovat seuraavat H_0 : Ei heteroskedastisuutta (autokorrelaatiota) H_A : Jäännöksissä esiintyy heteroskedastisuutta (autokorrelaatiota). Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyydellä on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyydellä on merkitty ** -merkillä.

Yhtälö	VAR 1	VAR 2	VAR 3	VAR 4	VAR 5	VAR 6	VAR 7
<i>B-P</i>	13.22	9.08	12.96	19.60**	16.02*	33.63**	25.72**
<i>p-arvo</i>	(0.06)	(0.24)	(0.07)	(0.0065)	(0.024)	(<0.001)	(<0.001)
<i>D-W</i>	1.96	2.01	1.98	2.02	2.03	1.99	2.01
<i>p-arvo</i>	(0.38)	(0.55)	(0.44)	(0.59)	(0.60)	(0.49)	(0.52)

Taulukon 9 perusteella heteroskedastisuus vaikuttaa olevan ongelma päätulosten vektoriautoregressiomallissa. Sen sijaan autokorrelaatiosta ei havaita tilastollisesti merkitsevää näyttöä. Autokorrelaatio on VAR-mallissa huomioitu siten, että jokainen yhtälö sisältää ensimmäisen asteen autokorrelaatiotermin ennustavana muuttujana, joten ei ole yllättävää, että residuaalit eivät ole autokorreloituneita. Mallidiagnostiikkatestien perusteella on perusteltua käyttää Newey ja West (1987) heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiorobustia varianssi-kovarianssimatriisia.

Vektoriautoregressiomallissa multikollinearisuus saattaa olla ongelma, joka johtaa heikkoihin tilastollisiin testeihin ja vääristyneisiin tuloksiin. Multikollinearisuudella tarkoitetaan regressiomallin selittäjien liian korkeaa keskinäistä korrelaatiota. Taulukossa 10 raportoidaan ennustavien muuttujien korrelaatiomatriisi. Korrelaatiomatriisi kertoo suoraviivaisesti, onko ennustavien muuttujien välillä täydellistä tai lähes täydellistä multikollinearisuutta. Korrelaatiot ovat osin korkeita, lähellä 0,9, joten on perusteltua tarkastella vielä varianssi-inflaatiotekijöitä, jotka esitetään taulukossa 11.

Taulukko 10. Päätulosten muuttujien korrelaatiomatriisi

	r_{FIN}	r_{SWE}	r_{DEN}	r_{NOR}	r_{GER}	r_{USA}	r_{CHI}
r_{FIN}	1.00	0.86	0.79	0.73	0.89	0.89	0.21
r_{SWE}	0.86	1.00	0.70	0.80	0.89	0.81	0.11
r_{DEN}	0.79	0.70	1.00	0.61	0.77	0.83	0.10
r_{NOR}	0.73	0.80	0.61	1.00	0.84	0.80	0.14
r_{GER}	0.89	0.89	0.77	0.84	1.00	0.90	0.27
r_{USA}	0.89	0.81	0.83	0.80	0.90	1.00	0.36
r_{CHI}	0.21	0.11	0.10	0.14	0.27	0.36	1.00

Taulukko 11. Päätulosten varianssi-inflaatiotekijät

Taulukossa raportoidaan varianssi-inflaatiotekijät (VIF) jokaiselle ennustavalle muuttujalle.

i	FIN	SWE	DEN	NOR	GER	USA	CHI
VIF	2.02	3.55	2.08	2.23	4.16	2.95	1.29

Taulukossa 11 raportoidaan varianssi-inflaatiotekijät (VIF) jokaiselle ennustavalle muuttujalle. VIF arvo alle viiden tarkoittaa, että multikollineariteetti ei ole ongelma mallin kannalta ja joissain julkaisuissa on käytetty raja-arvona VIF-arvoa kymmenen (Brooks 2019, 213–215). Taulukon 12 perusteella VIF-arvo jää alle viiden jokaisella ennustavalla muuttujalla, joten voidaan todeta, että multikollineariteetti ei ole ongelma.

Yhteenvedon voidaan todeta, että kaikki päätuloksissa käytettävät aikasarjat ovat stationaarisia. Tehtävien mallidiagnostiikkatestien perusteella myöskään autokorrelaatio tai multikollineariteetti ei aiheuta ongelmia. Mallidiagnostiikkatestien perusteella heteroskedastisuus saattaa aiheuttaa ongelmia tulosten luotettavuuden kannalta, joten käytetään Newey ja West (1987) mukaista kovarianssimatriisiä.

5.3.3 Päätulosten analyysi

Vektoriautoregressiomallin perusteella voidaan todeta, että Kiinan viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kolmessa neljästä Pohjoismaasta, jotka ovat Ruotsi, Tanska ja Norja. Tulokset ovat tilastollisen merkitsevyyden osalta vahvoja. Lisäksi havainnot eivät riipu VAR (1) -mallin estimoinnin tavasta, vaan ovat samat pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidussa ja LASSO-menetelmällä estimoidussa mallissa. Lisäksi havaitaan tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio Suomen

osakemarkkinoilla. Tulos on niin ikään vahva ja ei riipu estimointimenetelmästä. Korjattujen selitysteiden osalta päästään tuottojen ennustettavuuden kontekstissa varsin hyviin, yli viiden prosentin korjattuihin selitysteisiin pohjoismaisilla markkinoilla. Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan markkinoita malli ei selitä hyvin, mikä on odotettu lopputulos.

Tulokset vertautuvat aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen osin odotetusti, mutta yllättäviäkin havaintoja löytyy. Rapach ym. (2013) esittävät, että Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kymmenessä tutkitusta kuudestatoista kehittyneestä osakemarkkinasta. Pohjoismaiden osalta Rapachin ym. (2013) havainnoille ei löydy vahvistusta, koska Yhdysvaltain viivästetyt tuotot eivät ennustaneet tuottoja missään Pohjoismaassa. Tulosten eroon saattaa olla syynä osittain aineisto, joka Rapachilla ym. (2013) on aikaväliltä 1980–2012 ja tässä tutkielmassa 1993–2024. Lisäksi Rapach ym. (2013) raportoi tulokset käyttäen simuloituja p-arvoja ja kymmenen prosentin merkitsevyystasoa, kun taas tässä tutkielmassa pitäydytään tavanomaisessa viiden prosentin merkitsevyystasossa.

Aikaisempaan tutkimukseen verraten tulokset ovat kuitenkin siinä mielessä odotusten mukaisia, että isojen talouksien, tässä tapauksessa Kiinan, havaitaan ennustavan tuottoja pienten talouksien osakemarkkinoilla, mutta päinvastaisesta ei ole havaintoja. Lisäksi kaikki tutkittavat suuret maat, Saksa, Yhdysvallat ja Kiina, ovat Pohjoismaiden suurimpien kauppakumppanien joukossa, joten on oletettavaa, että myös osakemarkkinoiden keskinäisriippuvuuksia löytyy.

Tutkimuskirjallisuuden perusteella mahdollisia selityksiä havaituille tuloksille on kaksi. Ensimmäinen selitys, jolla esimerkiksi Rapach ym. (2013) ja Lin (2015) selittävät havaintojaan, liittyy informaation välittymiseen markkinoiden välillä. Ajatuksena on, että kaikki relevantti informaatio, jota esimerkiksi Kiinan osakemarkkinat tuottavat, ei välity arvopapereiden hintoihin Pohjoismaissa välittömästi, vaan vähitellen. Tästä alireagoinnista uuteen informaatioon ja alireagoinnin korjaantumisesta seuraa loogisesti havaittu tuottojen ennustettavuus. Riippuvuussuhde havaitaan nimenomaan Kiinan ja kolmen Pohjoismaan välillä, mutta ei esimerkiksi Saksan tai Yhdysvaltojen osalta. Tämä saattaa selittyä sillä, että vaikka moni Pohjoismainen pörssiyhtiö on riippuvainen kiinalaisista alihankkijoista tai Kiinassa tuotetuista komponenteista, Kiinan markkinoita ja taloutta tuskin seurataan analyytikoiden toimesta yhtä intensiivisesti, kuin Saksaa tai Yhdysvaltoja. Lisäksi Kiinasta lienee huomattavasti hankalampi saada luotettavaa ja ajantasaista tietoa analyysien tueksi, kuin kehittyneiltä markkinoilta. Näin ollen on todennäköistä, että informaatio välittyy heikommin ja hitaammin Kiinasta, kuin Saksasta tai Yhdysvalloista, mikä aiheuttaa havaitun kausaalisuhteen Kiinan viivästettyjen tuottojen ja Pohjoismaiden tuottojen välillä.

Toinen mahdollinen selitys liittyy tuottojen edustavuusharhaan ja institutionaalisiin sijoittajiin. Ulkomaiset institutionaaliset sijoittajat, erityisesti Yhdysvalloissa, ovat merkittäviä omistajia Pohjoismaisissa pörssiyrityksissä. On epätodennäköistä, että ulkomaiset instituutiot panostaisivat merkittävästi resursseja pienten Pohjoismaiden markkinoiden seuraamiseen, jolloin saattaa olla, että instituutiot tekevät sijoituspäätöksiä perustuen puutteelliseen tietoon tai esimerkiksi sijoittajan kotimarkkinan perusteella. Kyseessä on tällöin edustavuusharha, eli päätöksenteko perustuu sijoittajan mielestä edustavaan esimerkkiin, joka ei kuitenkaan välttämättä ole päätöksenteon kannalta olennainen. Toisaalta edustavuusharhaan perustuva selitys ei selitä, miksi Kiinan, mutta ei Yhdysvaltojen ja Saksan markkinat ennustavat tuottoja Pohjoismaissa. Näin ollen ensimmäinen selitys informatorajoitteista vaikuttaa todennäköisemmältä.

Tutkimustulosten luotettavuutta otoksen sisällä voidaan pitää hyvänä. Mallidiagnostiikan perusteella päädyttiin käyttämään heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiorobustia kovarianssimatriisia, mikä lisää merkitsevyydestä luotettavuutta. Lisäksi mallidiagnostiikkatestien perusteella ei havaita mitään, mikä asettaisi tulokset kyseenalaisiksi. Aineistoa voi pitää kattavana, se kattaa 31 vuotta havainnot. Aineisto on valittu siten, että se alkaa siitä hetkestä, kun kaikilta tutkittavilta markkinoilta on tarvittava tieto saatavilla, joten tuloksiin ei ole vaikutettu valitsemalla suotuisa otos. Tutkimustulosten luotettavuutta lisää LASSO-menetelmän käyttö, josta saadut tulokset ovat käytännössä samat kuin pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidussa mallissa.

Otoksen ulkopuolisten testien perusteella viivästettyjen tuottojen ennustekyky otoksen ulkopuolella ei ole hyvä. Suomen, Ruotsin ja Tanskan osalta historiallisen keskiarvon malli ennustaa tuottoja otoksen ulkopuolella paremmin, kuin viivästetyt tuotot. Norjan osalta havaitaan positiivinen otoksen ulkopuolinen selitysaste, mutta ero historiallisen keskiarvon malliin on pienehkö, joten tulosta ei voi pitää kovin vahvana.

Tulokset ovat siinä mielessä merkittäviä, että vastaavaa tutkimusta Pohjoismaiden osalta ei ole aikaisemmin tehty. Näin ollen tulokset Pohjoismaiden osalta ovat pääosin uutta tietoa. Lisäksi otoksen sisällä päästään varsin hyviin korjattuihin selitysasteisiin tuottojen ennustettavuuden kontekstissa. Tulosten taloudellisen merkittävyyden osalta voidaan todeta, että otoksen ulkopuolisten testien perusteella tulokset eivät ole taloudellisesti merkittäviä. Otoksen ulkopuolinen selitysaste on Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa negatiivinen. Norjassa havaitaan noin 1,5 prosentin suuruinen positiivinen otoksen ulkopuolinen selitysaste, mutta voidaan todeta, että tulos ei todennäköisesti ole taloudellisesti merkittävä kaupankäyntikulut huomioiden.

5.4 Lisätulokset

5.4.1 Osinkotuotto ja markkinakorko tuottojen ennustajina Pohjoismaissa

Tutkimuskirjallisuuden perusteella on useita havaintoja, että osinkotuotto ja markkinakorko ennustavat tuottoja osakemarkkinoilla Yhdysvalloissa ja kehittyneissä maissa (ks. Ang ja Bekaert 2007, Hjalmarsson 2010). Toisaalta vastakkaistakin näyttöä löytyy. Esimerkiksi Rapach (2013) havaitsee, että osinkotuotto ja markkinakorko eivät ennusta tuottoja suurimmassa osassa tutkituista kuudestatoista kehittyneestä maasta. Aikaväli, jolla ennustettavuutta pitäisi havaita vaihtelee tutkimuksesta toiseen. Ang ja Bekaert (2007) toteavat osinkotuoton ja markkinakoron ennustavan tuottoja useilla markkinoilla aikavälillä 6–24 kuukautta.

Taulukossa 12 esitetään tulokset mallista, jossa kunkin Pohjoismaan tuottoja selitetään 1–24 kuukautta viivästetyllä osinkotuotolla ja markkinakorolla. Pienimmän neliösumman estimaattien lisäksi raportoidaan heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiiorobustit t-arvot.

Taulukko 12. Osinkotuotto ja markkinakorko ennustavina muuttujina

Taulukossa raportoidaan pienimmän neliösumman estimaatit jokaiselle regressiokertoimelle $\beta_{i,j}$ sekä suluisissa heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiiorobustit t-arvot jokaiselle estimaatille. Regressiomalli on seuraavanlainen:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,IR} \times IR_{i,t-k} + \beta_{i,DY} \times DY_{i,t-k} + \varepsilon_{i,t},$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $IR_{i,t-k}$ on maan i viivästetty markkinakorko ja $DY_{i,t-k}$ maan i viivästetty osinkotuotto. Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat $H_0: \beta_{i,j} = 0$, $H_A: \beta_{i,j} \neq 0$. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

i	$\hat{\beta}_{i,DY_{t-1}}$	$\hat{\beta}_{i,IR_{t-1}}$	$\hat{\beta}_{i,DY_{t-3}}$	$\hat{\beta}_{i,IR_{t-3}}$	$\hat{\beta}_{i,DY_{t-6}}$	$\hat{\beta}_{i,IR_{t-6}}$	$\hat{\beta}_{i,DY_{t-12}}$	$\hat{\beta}_{i,IR_{t-12}}$	$\hat{\beta}_{i,DY_{t-24}}$	$\hat{\beta}_{i,IR_{t-24}}$
<i>FIN</i>	-5.78 (1.11)	-0.13 (0.49)	-5.64 (1.23)	-0.22 (0.86)	-4.23 (0.93)	-0.22 (0.91)	-10.24* (2.06)	-0.59* (1.98)	-9.08 (1.83)	-0.54 (1.73)
<i>SWE</i>	-1.56 (0.27)	-0.02 (0.13)	-0.76 (0.15)	0.01 (0.07)	2.73 (0.65)	0.10 (0.88)	-3.59 (0.92)	0.004 (0.04)	0.45 (0.12)	0.22* (2.45)
<i>DEN</i>	1.33 (0.22)	-0.10 (0.73)	12.02* (2.21)	-0.04 (0.34)	20.55** (3.39)	0.001 (0.01)	-7.38 (1.29)	-0.23* (2.14)	-7.19 (1.12)	-0.05 (0.48)
<i>NOR</i>	-2.01 (0.84)	-0.30 (1.56)	-2.47 (1.08)	-0.30 (1.67)	-0.53 (0.25)	-0.16 (0.96)	-3.19 (1.18)	-0.19 (1.03)	-1.23 (0.36)	0.005 (0.03)

Osinkotuoton osalta Taulukosta 12 havaitaan, että kolmella kuukaudella viivästetty osinkotuotto ennustaa tuottoja Tanskassa, samoin kuin kuudella kuukaudella viivästetty osinkotuotto. Estimaatti kolme kuukautta viivästetylle osinkotuotolle on 12,02 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Kuusi kuukautta viivästetylle osinkotuotolle saadaan estimaatti 20,55, joka on tilastollisesti merkitsevä yhden prosentin merkitsevyystasolla. Lisäksi 12 kuukaudella viivästetty osinkotuotto ennustaa tuottoja Suomessa estimaatin saadessa arvon -10,24. Estimaattien arvot ovat huomattavan suuria, välillä 10–20. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että kuukausittainen (tasoitettu) osinkotuotto on hyvin pieni, esimerkiksi suomessa 0,27 prosenttia.

Markkinakorko viivästettynä 12 kuukaudella ennustaa tuottoja Suomessa ja Tanskassa. Suomessa estimaatti on -0,59 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Tanskassa estimaatti on -0,225 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Huomionarvoista on, että estimaatit ovat negatiivisia, eli korkeat korot ennustavat heikkoa tuottoa ja päinvastoin. Vastaavasti Ruotsin osalta havaitaan tilastollisesti merkitsevä tulos 24 kuukaudella viivästetyn markkinakoron osalta. Kaiken kaikkiaan markkinakorko ei vaikuta olevan merkittävä tuottoa ennustava muuttuja Pohjoismaissa ja tuottaa vain yksittäisiä tilastollisesti merkitseviä tuloksia.

Yhteenvedona voidaan todeta, että osinkotuotto ja markkinakorko eivät vaikuta ennustavan merkittävästi tuottoja Pohjoismaiden osakemarkkinoilla. Tarkastelluilla aikaväleillä havaittiin vain yksittäisiä tilastollisesti merkitseviä tuloksia. Lisäksi tulokset ovat hajaantuneet siten, että mikään tietty viive välillä 1–24 kuukautta ei tuota tilastollisesti merkitseviä tuloksia kuin korkeintaan yhden Pohjoismaan osalta. Tulokset ovat yhtenevät Goyalin ja Welchin (2008) havaintojen kanssa, jossa osinkotuoton ja markkinakoron todettiin ennustavan osakemarkkinoita melko epäluotettavasti ja vanhempien tutkimustulosten toistaminen uudemmalla aineistolla on osoittautunut näiden muuttujien osalta hyvin vaikeaksi.

5.4.2 Tuottojen ennustettavuus covid-19-pandemian aikana

Osakemarkkinoiden reaktio erilaisiin kriiseihin on aiheena paljon tutkittu. Erityisen mielenkiinnon kohteena on viime aikoina ollut covid-19-pandemian vaikutus rahoitusmarkkinoihin. Aikaisemmin on havaittu, että viivästetyt tuotot ennustavat osakemarkkinoita paremmin kriiseissä ja taantumissa, kuin hyvinä aikoina (Aye 2017). Taulukossa 13 esitetään vektoriautoregressiomallin tulokset covid-19 pandemian ajalta. Mallissa ennustavina muuttujina käytetään Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan sekä Pohjoismaiden kuukauden viivästettyjä tuottoja. Aineisto kattaa aikavälin tammikuusta 2020 joulukuuhun 2021. Yleisin aikarajaus covid-19 pandemialle on nimenomaan täydet vuodet 2020 ja 2021 (ks. esim. Salisu ym. 2022).

Taulukko 13. Tuottojen ennustettavuus covid-19-pandemian aikana.

Taulukossa raportoidaan pienimmän neliösumman estimaatit jokaiselle regressiokertoimelle $\beta_{i,j}$ sekä suluissa heteroskedastisuus- ja autokorrelaatiorobustit t-arvot jokaiselle estimaatille. Aineisto kattaa ajanjakson vuoden 2020 alusta vuoden 2021 loppuun. VAR (1)-mallin jokainen yhtälö on muotoa:

$$r_{i,t} = \beta_{i,0} + \beta_{i,i} \times r_{i,t-1} + \sum_{i \neq j} \beta_{i,j} \times r_{j,t-1} + \varepsilon_{i,t+1},$$

jossa $r_{i,t}$ on maan i osakemarkkinaindeksin tuotto, $r_{i,t-1}$ on maan i yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto, $r_{j,t-1}$ vastaavasti maan j yhdellä kuukaudella viivästetty tuotto. Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat $H_0: \beta_{i,j} = 0$, $H_A: \beta_{i,j} \neq 0$. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1 % merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

i	$\hat{\beta}_{i,FIN}$	$\hat{\beta}_{i,SWE}$	$\hat{\beta}_{i,DEN}$	$\hat{\beta}_{i,NOR}$	$\hat{\beta}_{i,GER}$	$\hat{\beta}_{i,USA}$	$\hat{\beta}_{i,CHI}$
<i>FIN</i>	-0.501 (1.07)	0.030 (0.08)	0.026 (0.05)	0.477 (1.51)	-0.896* (2.78)	1.114* (2.69)	0.017 (0.40)
<i>SWE</i>	-0.544 (2.02)	-0.097 (0.53)	-0.618 (1.89)	0.330 (1.86)	-0.439 (1.95)	1.230** (6.17)	-0.040 (0.70)
<i>DEN</i>	-0.050 (0.16)	-0.026 (0.17)	-0.352* (2.78)	0.525* (2.56)	-0.378 (1.74)	0.298 (0.87)	-0.072 (1.35)
<i>NOR</i>	-0.452 (1.32)	0.086 (0.43)	-0.312 (-0.84)	0.341 (0.98)	-0.585 (1.42)	0.894 (1.90)	0.034 (0.38)
<i>GER</i>	-0.297 (0.80)	-0.151 (0.32)	-0.544 (0.90)	0.569 (1.84)	-0.830 (1.79)	1.385** (3.29)	-0.131 (1.62)
<i>USA</i>	-0.688 (1.72)	0.342 (1.40)	-0.029 (0.08)	0.589 (2.13)	-0.611 (1.41)	0.574** (3.05)	0.013 (0.19)
<i>CHI</i>	-0.255 (0.76)	-0.158 (0.32)	0.421 (0.74)	-0.157 (0.34)	0.719 (1.44)	-0.639 (1.27)	0.105 (0.56)

Taulukosta 13 havaitaan, että covid-19-pandemian aikana Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat neljää seitsemästä tutkittavasta markkinasta, jotka ovat Suomi, Ruotsi, Saksa ja Yhdysvallat. Tulos poikkeaa merkittävästi tässä tutkielmassa aikaisemmin esitetyistä havainnoista, joissa Yhdysvaltain markkinoiden ei havaita ennustavan tuottoja Pohjoismaissa. Nyt havaittu tulos on vastaava, kuin Ayen (2017) ja Wen ja Li (2020) tulokset, joissa Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat muita markkinoita erityisesti kriiseissä.

Suomen osalta havaitaan, että Saksan ja Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja pandemian aikana. Saksan osalta estimaatti on -0,89 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Yhdysvaltain osalta estimaatti on 1,11 ja tilastollisesti merkitsevä viiden prosentin merkitsevyystasolla. Tuloksista voidaan päätellä, että pandemian aikana Suomen markkinat seurasivat viiveellä isojen länsimaiden, Saksan ja Yhdysvaltain markkinoita.

Taulukosta 13 havaitaan, että Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustivat tuottoja Ruotsissa covid-19-pandemian aikana. Estimaatti saa arvon 1,230 ja on tilastollisesti merkitsevä yhden prosentin merkitsevyystasolla. Tanskan osalta havaitaan tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio osakemarkkinoilla estimaatin ollessa -0,352. Lisäksi havaitaan, että Norjan osakemarkkinoiden viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja Tanskassa pandemian aikana estimaatin ollessa 0,525 ja tilastollisesti merkitsevä. Tulos saattaa selittyä Norjan markkinoiden energiavetoisuudella. Raakaöljyn hinnan on todettu ennustavan useita osakemarkkinoita kuukausitasolla, joten tulos saattaa selittyä samalla ilmiöllä (Driesprong ym. 2008).

Saksan osalta havaitaan, että Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja pandemian aikana. Estimaatti saa arvon 1,39 ja on tilastollisesti merkitsevä yhden prosentin merkitsevyystasolla. Tulos poikkeaa aikaisemmin tässä tutkielmassa havaitusta, jossa Yhdysvaltain viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja Saksassa. Tulosta voidaan tulkita siten, että pandemian aikana Yhdysvaltain markkinoilla oli johtava rooli verrattuna muihin kehittyneisiin markkinoihin, jotka reagoivat viiveellä tapahtumiin Yhdysvaltain markkinoilla.

Lisäksi havaitaan, että Yhdysvalloissa ja Tanskassa kyseisten markkinoiden omat viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kuukausitasolla. Havainto on mielenkiintoinen, koska tulos poikkeaa tämän tutkielman aikaisemmista tuloksista. Vastaavaa ei myöskään havaita aikaisemmassa tutkimuskirjallisuudessa, joskaan covid-19-pandemian ajalta tutkimuskirjallisuus ei ole vielä kovin kattavaa. Tulosta voidaan tulkita siten, että pandemian aikana havaitaan tilastollisesti merkitsevää kuukausitason autokorrelaatiota kahden edellä mainitun suuren osakemarkkinan tuotoissa. Tämä indikoi, että markkinat eivät olleet ainakaan kaiken aikaa tehokkaat covid-19-pandemian aikana.

Yhteenvedona voidaan todeta, että covid-19-pandemian Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen rooli tuottojen ennustajana Pohjoismaissa korostuu. Kiinan tai Saksan viivästetyt tuotot eivät tässä tarkastelussa vaikuta juurikaan ennustavan Pohjoismaiden tuottoja. Tulokset ovat siinä mielessä odotettavia, että vastaavia havaintoja taantumien ja rahoituskriisien aikana raportoivat esimerkiksi Wen ja Li (2020).

5.4.3 Lisätulosten analyysi

Lisätuloksina havaittiin, että osinkotuotto ja kolmen kuukauden markkinakorko eivät ennusta osakemarkkinoiden tuottoja Pohjoismaissa kovinkaan hyvin. Ennustettavuutta tutkittiin neljällä eri viiveellä, yhdestä kuukaudesta kahteen vuoteen. Osinkotuotosta havaittiin yksittäisiä tilastollisesti merkitseviä estimaatteja Tanskan ja Suomen osalta, mutta mikään tietty viiveiden määrä ei noussut muita merkittävämmäksi. Vastaavasti markkinakoron osalta havaittiin yksittäinen tilastollisesti merkitsevä tulos Suomesta, Ruotsista ja Tanskasta. Hajanaisten havaintojen perusteella on hankala vetää johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen.

Tulos vertautuu hyvin aiheen tutkimuskirjallisuuteen, jossa menetelmästä ja aineistosta riippuen havaitaan tai ei havaita markkinakoron ja osinkotuoton ennustavan osakemarkkinoita. Esimerkiksi Ang ja Bekaert (2007) havaitsevat osinkotuoton ja markkinakoron ennustavan tuottoja Yhdysvalloissa, Saksassa ja Iso-Britanniassa ja Hjalmarsson (2010) havaitsee vastaavan ilmiön useilla kehittyneillä osakemarkkinoilla. Tässä tutkielmassa ilmiö havaitaan osinkotuotoilla Suomessa ja Tanskassa, ja lyhyellä markkinakorolla Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa, joten voidaan sanoa, että tulos on osittain linjassa aikaisemman tutkimuksen kanssa. Lisäksi tulee huomioda, että Goyal ja Welch (2008) ja Rapach ym. (2013) toteavat että osinkotuotto ja markkinakorko ovat parhaimmillaankin epäluotettava tuottoja ennustava muuttuja. Goyal ja Welch (2008) eivät havaitse lyhyellä markkinakorolla juuri minkäänlaista ennustevoimaa. Tässäkin tutkielmassa osinkotuotto tuotti useampia tilastollisesti merkitseviä tuloksia kuin markkinakorko.

Mallidiagnostiikan ja aikaisempia tutkimustuloksia vastaavien tulosten perusteella tuloksia voidaan pitää suhteellisen luotettavina. Lisätulosten mallidiagnostiikkatestit esitetään liitteessä 2. Aineisto on kattava, vuodesta 1993 vuoteen 2024. Ennustettavuutta testattiin kaikkiaan neljällä eri viiveellä vastaavasti kuin esimerkiksi Ang ja Bekaert (2007), mikä osaltaan lisää tulosten luotettavuutta. Otoksen ulkopuolista testaamista ei toteutettu, joten tuloksen pysyvyys otoksen ulkopuolella tai taloudellinen merkittävyys ei ole näiden tulosten perusteella kommentoitavissa. Mielenkiintoinen tutkimusaihe olisi testata osinkotuoton ja lyhyen markkinakoron ennustevoimaa otoksen ulkopuolella.

Niin ikään lisätuloksena raportoidaan viivästettyjen tuottojen kyvystä ennustaa tuottoja Pohjoismaissa covid-19-pandemian aikana, vuosina 2020 ja 2021. Tulokset ovat mielenkiintoisia siten, että havaitaan Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen ennustavan tuottoja Suomessa, Ruotsissa ja Saksassa. Havainto poikkeaa tutkielman aikaisemmista tuloksista koko aineistolla, jossa Kiinan rooli osoittautui merkittäväksi. Tulos osoittaa, että Yhdysvaltain markkinoiden rooli korostuu pandemian kaltaisessa kriisissä vastaavalla tavalla kuin Wen ja Li (2020) esittävät. Lisäksi havaitaan tilastollisesti

merkittävä autokorrelaatio Yhdysvaltain ja Tanskan markkinoilla, joka voidaan tulkita osoitukseksi markkinoiden epärationaalisuudesta covid-19-pandemian aikana.

Havaitut tulokset Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen määräävästä vaikutuksesta muilla kehittyneillä markkinoilla ovat linjassa tutkimuskirjallisuuden kanssa. Aye (2017) havaitsee, että Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen ennustevoima vaihtelee ajassa, tarkemmin siten, että taantumissa ja kriiseissä niiden merkitys muiden markkinoiden tuottojen ennustajana kasvaa. Wen ja Li (2020) esittävät samansuuntaisia havaintoja. Covid-19-pandemian ajalta ei ole vielä saatavilla vertaisarvioituja tutkimustuloksia aiheesta, mutta tulosten voidaan todeta olevan tutkimuskirjallisuuteen peilaten odotusten mukaisia.

Mallidiagnostiikan perusteella tarkasteltavat aikasarjat ovat stationaarisia. Lisätulosten mallidiagnostiikkatestit esitetään liitteessä 2. Mahdollinen autokorrelaatio ja heteroskedastisuus huomioidaan käyttämällä Newey ja West (1987) mukaista heteroskedastisuus ja autokorrelaatorobustia kovarianssimatriisia. Ennustavien muuttujien korrelaatiot ovat korkeahkot, mutta täydellistä multikollineaarisuutta ei esiinny. Aineisto on vuoden 2020 alusta vuoden 2021 loppuun, mikä on yleinen rajauspandemiaa tutkittaessa. Aikaväli on kuitenkin lyhyt, joten se vaikuttanee jossain määrin tulosten luotettavuuteen. Toisaalta pandemia-aikaa tutkittaessa on tyydyttävä aikaväliin, jonka pandemia kesti.

Viivästettyjen tuottojen ennustevoimaan on tutkimuskirjallisuudessa liitetty kaksi selitystä, joista toinen perustuu informaation välittymisen rajoitteisiin tai markkinoiden alireagointiin uuteen informaatioon. Toinen selitysmalli perustuu edustavuusharhaan, jossa sijoittajat käyvät kauppaa ulkomaisilla markkinoilla kotimarkkinoiden tapahtumien tai jonkin irrationaalisen tunnetilan vallassa. Covid-19-pandemian aikana jälkimmäinen selitys tuntuu uskottavammalta. On mahdollista, että kriisitunnelmissa sijoittajat Yhdysvalloissa reagoivat pandemian aiheuttamiin markkinareaktioihin kotimarkkinoilla myymällä omistuksiaan ulkomaisilla markkinoilla, josta syntyy havaittu tuottojen ennustettavuus viivästettyjen tuottojen perusteella.

6 Johtopäätökset

Tässä tutkielmassa tarkastellaan osakemarkkinoiden tuottojen ennustettavuutta Pohjoismaissa. Kantavana teemana on selvittää, voidaanko Pohjoismaiden osakemarkkinoiden tuottoja ennustaa käyttäen kuukaudella viivästettyjä tuottoja joltain toiselta markkinalta ennustavana muuttujana. Tutkimuskysymys on: ”Voidaanko Suomen, Ruotsin, Norjan ja Tanskan osakemarkkinoiden tuottoja ennustaa Yhdysvaltain, Saksan ja Kiinan toteutuneiden tuottojen, tai osinkotuoton ja markkinakoron perusteella?” Päättökysymys jakaantuu kolmeen alakysymykseen, joista ensimmäinen ottaa kantaa, mitkä ennustavat muuttujat ennustavat tuottoja Pohjoismaissa, toinen käsittelee otoksen ulkopuolista ennustekykyä ja kolmas osinkotuoton ja markkinakoron kykyä ennustaa tuottoja Pohjoismaissa.

Tutkielma jakaantuu teoriaosuuteen ja empiiriseen osuuteen. Teoriaosuudessa käsitellään tehokkaiden markkinoiden hypoteesia ja todetaan, että tuottojen ennustettavuuden tutkimus muodostaa erään keskeisen tehokkaiden markkinoiden tutkimuksen osa-alueen. Tehokkailla markkinoilla tuottojen ei pitäisi olla ennustettavissa minkään saatavissa olevan historiallisen aikasarjan perusteella. Tehokkaiden markkinoiden hypoteesin lisäksi tarkastellaan käyttäytymistieteellistä rahoitusteoriaa ja havaitaan, että esimerkiksi alireagointi uuteen informaatioon tai erilaiset harhat ja heuristiikat saattavat näytellä merkittävää osaa tuottojen ennustettavuuden selittämisessä.

Kirjallisuuskatsauksessa todetaan, että tuottojen ennustettavuus on paljon tutkittu ilmiö. Laajasta tutkimuskirjallisuudesta huolimatta konsensusta ilmiön olemassaolosta, ennustavista muuttujista tai taloudellisesta merkittävyydestä ei ole vielä saavutettu. Autokorrelaatiota osakemarkkinoilla on tutkittu paljon ja voidaan todeta, että siitä on näyttöä useissa tutkimuksissa, useilta eri markkinoilta. Havaittu autokorrelaatio on kuitenkin joko hyvin pientä, tai tilastollinen näyttö siitä on heikkoa, joten sillä tuskin on taloudellista merkitystä (Malakiel 2003). Erilaisten makrotaloudellisten muuttujien kykyä ennustaa osakemarkkinoiden tuottoa on tutkittu kattavasti. Inflaation, inflaatio-odotusten, korkojen aikarakenteen, osinkotuoton ja markkinakorkojen ennustevoimaa on tutkittu useissa tutkimuksissa. Näiden muuttujien osalta haasteena on heikko ennustekyky otoksen ulkopuolella (Goyal ja Welch 2008). Osinkotuoton ja lyhyen markkinakoron ennustevoimasta on kuitenkin jonkinlaista näyttöä, erityisesti Yhdysvaltain ulkopuolella kehittyneillä markkinoilla (Hjalmarsson 2010). Viivästettyjen tuottojen, joita tässäkin tutkielmassa tarkastellaan, ennustekyvystä on jonkin verran näyttöä Yhdysvaltain markkinoiden osalta (Rapach ym. 2013).

Empiirisenä päämenetelmänä tässä tutkielmassa käytetään vektoriautoregressiomallia, jossa ennustavina muuttujina on Saksan, Yhdysvaltain, Kiinan ja Pohjoismaiden osakemarkkinoiden yhdellä

kuukaudella viivästetyt tuotot. Malli estimoidaan tulosten luotettavuuden lisäämiseksi sekä pienimmän neliösumman menetelmällä, että LASSO-menetelmällä. Vektoriautoregressiomallin hyvänä puolena voidaan pitää muuttujien yhteisvaikutuksen sekä mahdollisten kausaalisuhteiden suunnan tarkastelua yhden, suhteellisen yksinkertaisen, mallin avulla. Otoksen ulkopuolisissa testeissä tarkastellaan Goyalia ja Welchä (2008) mukailleen otoksen ulkopuolista selitysasetta sekä jäännösvirheajontaa.

Päätulosten yhteenvedona voidaan todeta, että Kiinan viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kolmessa neljästä Pohjoismaasta, jotka ovat Ruotsi, Tanska ja Norja. Tulokset ovat tilastollisen merkitsevyyden osalta vahvoja. Lisäksi havainnot eivät riipu mallin estimoinnin tavasta, vaan ovat samat pienimmän neliösumman menetelmällä estimoidussa ja LASSO-menetelmällä estimoidussa mallissa. Lisäksi havaitaan tilastollisesti merkitsevä autokorrelaatio Suomen osakemarkkinoilla. Tulos on niin ikään vahva ja ei riipu estimointimenetelmästä. Korjattujen selitysaseteiden osalta päästään tuottojen ennustettavuuden kontekstissa varsin hyviin, yli viiden prosentin korjattuihin selitysaseteisiin otoksen sisällä. Otoksen ulkopuolisten testien perusteella viivästetyt tuotot eivät ennusta tuottoja Pohjoismaissa kovinkaan hyvin ja näin ollen saatuja tuloksia ei voida pitää taloudellisesti merkittävinä.

Tulokset vertautuvat aikaisempaan tutkimuskirjallisuuteen osin odotetusti, mutta yllättäviäkin havaintoja löytyy. Rapach ym. (2013) esittävät, että Yhdysvaltain viivästetyt tuotot ennustavat tuottoja kymmenessä tutkitusta kuudestatoista kehittyneestä osakemarkkinasta. Pohjoismaiden osalta Rapachin ym. (2013) havainnoille ei löydy vahvistusta, koska Yhdysvaltain viivästetyt tuotot eivät ennustaneet tuottoja missään Pohjoismaassa. Aikaisempaan tutkimukseen verraten tulokset ovat kuitenkin siinä mielessä odotusten mukaisia, että isojen talouksien, tässä tapauksessa Kiinan, havaitaan ennustavan tuottoja pienten talouksien osakemarkkinoilla, mutta päinvastaisesta ei ole havaintoja.

Tutkimuskirjallisuuden perusteella todennäköisin selitys havaitulle ilmiölle liittyy informaation välittymiseen markkinoiden välillä. Ajatuksena on, että kaikki relevantti informaatio, jota esimerkiksi Kiinan osakemarkkinat tuottavat, ei välity arvopapereiden hintoihin Pohjoismaissa välittömästi, vaan vähitellen. Tästä alireagoinnista uuteen informaatioon ja alireagoinnin korjaantumisesta seuraa havaittu tuottojen ennustettavuus.

Lisätuloksina havaittiin, että osinkotuotto ja kolmen kuukauden markkinakorko eivät ennusta osakemarkkinoiden tuottoja Pohjoismaissa kovinkaan hyvin. Ennustettavuutta tutkittiin neljällä eri viiveellä, yhdestä kuukaudesta kahteen vuoteen. Osinkotuotosta havaittiin yksittäisiä tilastollisesti merkitseviä estimaatteja Tanskan ja Suomen osalta. Vastaavasti markkinakoron osalta havaittiin

yksittäinen tilastollisesti merkitsevä tulos Suomesta, Ruotsista ja Tanskasta. Hajanaisten havaintojen perusteella on hankala vetää johtopäätöksiä suuntaan tai toiseen.

Lisäksi tutkittiin viivästettyjen tuottojen ennustekykä covid-19-pandemian aikana. Tulokset ovat mielenkiintoisia siten, että havaitaan Yhdysvaltain viivästettyjen tuottojen ennustavan tuottoja Suomessa, Ruotsissa ja Saksassa. Havainto poikkeaa tutkielman aikaisemmista tuloksista koko aineistolla, jossa Kiinan rooli osoittautui merkittäväksi. Tulos osoittaa, että Yhdysvaltain markkinoiden rooli korostuu pandemian kaltaisessa kriisissä vastaavalla tavalla kuin Wen ja Li (2020) esittävät.

Vastauksena tutkimuskysymyksiin voidaan todeta, että Kiinan markkinat ennustavat otoksen sisällä tuottoja kolmessa neljästä Pohjoismaasta. Tulokset eivät kuitenkaan osoita, että ennustekykä olisi hyvä otoksen ulkopuolella. Kolmessa neljästä Pohjoismaasta viivästettyjen tuottojen ennustemalli ei läpäise otoksen ulkopuolisia testejä. Norjassa kuitenkin havaitaan positiivinen otoksen ulkopuolinen selityste. Osinkotuoton ja markkinakoron rooli ennustavana muuttujana on kyseenalainen ja näiden osalta havaitaan vain yksittäisiä tilastollisesti merkitseviä tuloksia.

Mahdollisena jatkotutkimuskohteena viivästettyjen tuottojen ennustemallia voisi laajentaa käsittämään useampia maita. Tässä tutkielmassa tarkastelu rajoittuu Saksan, Yhdysvaltain ja Kiinan viivästettyihin tuottoihin, mutta käytetty malli olisi laajennettavissa sisältämään useampia maita. Toinen jatkotutkimuskohde olisi tarkastella, alireagoivatko Pohjoismaiden markkinat todella muiden osake-markkinoiden tuottamaan informaatioon. Tässä tutkielmassa tyydyttiin pitämään selitystä todennäköisenä tutkimuskirjallisuuden perusteella, mutta asiaa voisi myös tutkia esimerkiksi estimoimalla informaation diffuusiomalli (news-diffusion model). Kolmas mahdollinen jatkotutkimuskohde koskee osinkotuottoja ja markkinakorkoa. Otoksen ulkopuolisten testien avulla saataisiin tietoa kyseisten muuttujien taloudellisesta merkittävydestä Pohjoismaiden markkinoilla.

Lähteet

- Ang, A. – Bekaert, G. (2007) Return predictability: Is it there? *Review of Financial Studies*, Vol. 20, 651-707.
- Aye, G. – Balciilar, M. – Gupta, R. (2017) International stock return predictability: Is the role of U.S. time-varying? *Empirica*, Vol. 44(1), 121–146.
- Brennan, M.– Narasimhan J. – Swaminathan, B. (1993) Investment analysis and the adjustment of stock prices to common information. *Review of Financial Studies*, Vol. 6, 799–824.
- Bollerslev, T. – Tauchen, G. – Zhou, H. (2009) Expected stock returns and variance risk premia. *Review of Financial Studies*, Vol. 22, 4463–4492.
- Brooks, C. (2019) *Multivariate Models. In Introductory Econometrics for Finance*. 4. painos. Cambridge University Press, Cambridge.
- Campbell, J. (1987) Stock returns and the term structure. *Journal of Financial Economics*. Vol. 18, 373–399.
- Campbell, J. (1991) A Variance Decomposition for Stock Returns. *Economic Journal*. Vol. 101, 157–179.
- Campbell, J. – Yogo, M. (2006) Efficient tests of stock return predictability. *Journal of Financial Economics* Vol. 81, 27–60.
- Campbell, J. – Vuolteenaho, T. (2004) Inflation Illusion and Stock Prices. *The American Economic Review*, Vol. 94(2), 19–23.
- Chordia, T. – Swaminathan, B. (2000) Trading volume and cross-autocorrelations in stock returns. *Journal of Finance*, Vol. 55, 913–935.
- Cochrane, J. (1992) Explaining the Variance of Price-Dividend Ratios. *Review of Financial Studies*, Vol. 5, 243–280.

- Cochrane, J. (2008) The Dog That Did Not Bark: A Defense of Return Predictability. *The Review of Financial Studies*, Vol. 21(4), 1533–1575.
- Cutler, D. – Poterba, M. – Summers, L. (1991) Speculative dynamics. *Review of Economic Studies*, Vol. 58, 529–546.
- Dezeure, R. – Buhlmann, P.– Meier, L.– Meinshausen, N. High-Dimensional Inference: Confidence Intervals, p-Values and R-Software hdi. *Statistical Science*, Vol. 30(4), 533–558.
- Driesprong, G. – Jacobsen, B. – Maat, B. (2008) Striking oil: Another puzzle? *Journal of Financial Economics*, Vol. 89, 307–327.
- Elton, E. – Gruber, M. – Brown, S. – Goetzmann, W. (2011) *Modern portfolio theory and investment analysis*. 8. painos, John Wiley & Sons, Hoboken.
- Fama, E. (1970) Efficient Capital Markets: A review of theory and Empirical Work. *The Journal of Finance*, Vol. 25 (2).
- Fama, E. (1991) Efficient Capital Markets: II. *The Journal of Finance*, Vol. 46(5), 1575–1617.
- Fama, E.– French, K. (1988) Permanent and temporary components of stock prices. *Journal of Political Economy*, Vol. 96, 246–273.
- Fama, E. – Schwert, W. (1977) Asset returns and inflation. *Journal of Financial Economics* Vol. 5, 115–146.
- Ferson, E. – Harvey, C. (1991) The risk and predictability of International Equity Returns. *Review of Financial Studies* Vol. 6, 527–537.
- Froot, K. A. – Dabora, E. M. (1999) How are stock prices affected by the location of trade? *Journal of Financial Economics*, Vol. 53 (2), 189–216.
- Goyal, A. – Welch, I. (2008) A Comprehensive Look at the Empirical Performance of Equity Premium Prediction. *The Review of Financial Studies*, Vol. 21(4), 1455–1508.
- Goyal, A. – Welch, I. (2024) A Comprehensive 2022 Look at the Empirical Performance of Equity Premium Prediction. *The Review of Financial Studies*, Vol. 37 (11), 3490–3557.

- Hjalmarsson, E. (2010) Predicting global stock returns. *Journal of Financial and Quantitative Analysis*, Vol. 45, 49–80.
- Hou, K. (2007) Industry information diffusion and the lead-lag effect in stock returns. *Review of Financial Studies*, Vol. 20, 1113–1138.
- Kahneman, D. – Tversky, A. (1979) Prospect Theory: An Analysis of Decision under Risk. *Econometrica*, Vol. 47 (2), 263–292.
- Knupfer, S. – Puttonen, V. (2018) *Moderni rahoitus*. 10. painos. Alma Talent Oy, Helsinki.
- Conrad, J. – Kaul, G. (1988) Time-variation in expected returns. *Journal of Business*, Vol. 61, 409–425.
- Lin, C. (2015) Asia-Pacific Stock Return Predictability and Market Information Flows. *Emerging Markets Finance & Trade*, Vol. 51 (3), 658-671.
- Lintner, J. (1965) Security Prices, Risk, and Maximal Gains From Diversification. *The Journal of Finance*, Vol. 20 (4), 587–615.
- Lovell, M. (1986) Tests of the Rational Expectations Hypothesis. *The American Economic Review*, Vol. 76 (1), 110–24.
- Lucas, R. (1972) Expectations and the neutrality of money. *Journal of Economic Theory*, Vol. 4, 103–124.
- MaaIlmanpankki / World Integrated trade solution database. <<https://wits.worldbank.org/Default.aspx?lang=en>>, haettu 20.12.2024.
- Markowitz, H. (1952a) Portfolio selection. *The Journal of Finance*, Vol. 7 (1), 77–91.
- Markowitz, H. (1952b) The utility of wealth. *Journal of political Economy*, Vol. 60 (2), 151-158.
- Ma, T. – Liao, C. – Jiang, F. (2023) Weather Sentiment Index and Stock Return Predictability: Evidence from China. *Emerging Markets Finance & Trade*, Vol. 59 (9), 2894–2905.
- Malakiel, B. (2003) The Efficient Market Hypothesis and Its Critics. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 17 (1), 59–82.

- Martin, I. (2017) What is the expected return on the market? *Quarterly Journal of Economics*, Vol. 132, 367–433.
- Muth, J. (1961) Rational Expectations and the Theory of Price Movements. *Econometrica*, Vol. 29 (3), 315–335.
- Mossin, J. (1966) Equilibrium in capital asset market. *Econometrica*, Vol. 34, 768–783.
- Newey, W. K. – West, K. D. (1987) A Simple, Positive Semi-Definite, Heteroskedasticity and Autocorrelation Consistent Covariance Matrix. *Econometrica*, Vol. 55 (3), 703–708.
- Poterba, J. – Summers, L. (1988) Mean reversion in stock prices: Evidence and implications. *Journal of Financial Economics*, Vol. 22, 27–59.
- Rapach D. – Strauss, J.K. – Zhou, G. (2013) International Stock Return Predictability: What Is the Role of the United States? *The Journal of Finance*, Vol. 68, 1633–1662.
- Rapach, D. – Ringgenberg, M. – Zhou, G. (2016) Short interest and aggregate stock returns. *Journal of Financial Economics*, Vol. 121, 46–65.
- Ross, S. A. (1976) The arbitrage theory of capital asset pricing. *Journal of Economic Theory*, Vol. 13 (3), 341–360.
- Salisu, A. – Tchankam, J. – Adediran, I. (2022) Out-of- Sample Stock Return Predictability of Alternative COVID-19 Indices. *Emerging Markets Finance & Trade*, Vol. 58 (13), 3739–3750.
- Sharpe, W.F. (1964), Capital asset prices: a theory of market equilibrium under conditions of risk. *The Journal of Finance*, Vol. 19, 425–442.
- Shleifer, A. – Vishny, R. W. (1997) The limits of arbitrage. *Journal of Finance*, Vol. 52 (1), 35–55.
- Shiller, R. J. (2003) From efficient markets theory to behavioral finance. *Journal of economic perspectives*, Vol. 17 (1), 83–104.
- Stambaugh, R. (1999) Predictive regressions. *Journal of Financial Economics*, Vol. 54, 375–421.
- Tibshirani, R. (1996) Regression shrinkage and selection via the LASSO. *Journal of the Royal Statistical Society, Series B*, Vol. 58, 267–288.

Tsay, R. (2005) *Analysis of Financial Time Series*. 2. Painos. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.

Wen, Y – Li, B. (2020) Lagged country returns and international stock return predictability during business cycle recession periods. *Applied Economics*, Vol. 52 (46), 5005–5019.

LIITE 1 R-ohjelman koodi

```
#Reading required packages
```

```
library(sandwich)
library(xts)
library(readxl)
library(tseries)
library(lmtest)
library(glmnet)
library(hdi)
library(car)
```

```
#reading index data from excel
```

```
data <- read_excel("C:/Users/OMISTAJA/Desktop/Työkirja1.xlsx")
data2<-as.data.frame(data[,1:8])
```

```
#changing column names
```

```
colnames(data2)<-c("Date","FIN","SWE","DEN","NOR","GER","USA","CHI")
```

```
#converting data to time series object
```

```
data3<-xts(data2[,2:8],order.by=data2$Date)
```

```
#calculating simple monthly returns
```

```
returns<-diff(data3)/lag(data3)
returns<-na.omit(returns)
```

```
#creating lagged variables and merging original and lagged variables in to one dataset
```

```
lag_returns<-lag(returns,1)
colnames(lag_returns)<-c("LAGFIN","LAGSWE","LAGDEN","LAGNOR","LAGGER","LAGUSA","LAGCHI")
returns<-merge.xts(returns,lag_returns)
returns<-na.omit(returns)
```

```
#Covid 19
```

```
covid_returns<-returns[324:347,]
```

```
#VAR (1) model
```

```
VAR_eq1<-lm(FIN~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)
coefest(VAR_eq1, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq2<-lm(SWE~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)
coefest(VAR_eq2, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq3<-lm(DEN~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)  
coefstest(VAR_eq3, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq4<-lm(NOR~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)  
coefstest(VAR_eq4, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq5<-lm(GER~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)  
coefstest(VAR_eq5, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq6<-lm(USA~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)  
coefstest(VAR_eq6, vcov=NeweyWest)
```

```
VAR_eq7<-lm(CHI~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=returns,)  
coefstest(VAR_eq7,vcov=NeweyWest)
```

```
#LASSO-regression
```

```
#define response variable
```

```
fi<- (returns$FIN)
```

```
sw<- (returns$SWE)
```

```
de<- (returns$DEN)
```

```
no<- (returns$NOR)
```

```
ge<- (returns$GER)
```

```
us<- (returns$USA)
```

```
ch<- (returns$CHI)
```

```
#define matrix of predictor variables
```

```
x <- as.matrix(returns[,c("LAGFIN","LAGSWE","LAGDEN","LAGNOR","LAGGER","LAGUSA","LAGCHI")])
```

```
#perform 10-fold cross-validation to find optimal lambda value
```

```
#cv_model uses simulation to find best lambda.
```

```
#In order to repeat results set.seed is used
```

```
set.seed(100)
```

```
cv_model_fi <- cv.glmnet(x, fi, alpha = 1)
```

```
cv_model_sw <- cv.glmnet(x, sw, alpha = 1)
```

```
cv_model_de <- cv.glmnet(x, de, alpha = 1)
```

```
cv_model_no <- cv.glmnet(x, no, alpha = 1)
```

```
cv_model_ge <- cv.glmnet(x, ge, alpha = 1)
```

```
cv_model_us <- cv.glmnet(x, us, alpha = 1)
```

```
cv_model_ch <- cv.glmnet(x, ch, alpha = 1)
```

```
#find optimal lambda value that minimizes test MSE
```

```
best_lambda_fi <- cv_model_fi$lambda.min
```

```
best_lambda_sw <- cv_model_sw$lambda.min
```

```
best_lambda_de <- cv_model_de$lambda.min
```

```
best_lambda_no <- cv_model_no$lambda.min
```

```
best_lambda_ge <- cv_model_ge$lambda.min
```

```
best_lambda_us <- cv_model_us$lambda.min
```

```
best_lambda_ch <- cv_model_ch$lambda.min
```

```
#find coefficients of best model
```

```
LASSO_fi <- glmnet(x, fi, alpha = 1, lambda = best_lambda_fi)
LASSO_sw <- glmnet(x, sw, alpha = 1, lambda = best_lambda_sw)
LASSO_de <- glmnet(x, de, alpha = 1, lambda = best_lambda_de)
LASSO_no <- glmnet(x, no, alpha = 1, lambda = best_lambda_no)
LASSO_ge <- glmnet(x, ge, alpha = 1, lambda = best_lambda_ge)
LASSO_us <- glmnet(x, us, alpha = 1, lambda = best_lambda_us)
LASSO_ch <- glmnet(x, ch, alpha = 1, lambda = best_lambda_ch)
```

```
coef(LASSO_fi)
coef(LASSO_sw)
coef(LASSO_de)
coef(LASSO_no)
coef(LASSO_ge)
coef(LASSO_us)
coef(LASSO_ch)
```

```
# Perform hypothesis testing on the coefficients
```

```
lasso_test_fi <- lasso.proj(x=x,y=fi)
lasso_test_sw <- lasso.proj(x=x,y=sw)
lasso_test_de <- lasso.proj(x=x,y=de)
lasso_test_no <- lasso.proj(x=x,y=no)
lasso_test_ge <- lasso.proj(x=x,y=ge)
lasso_test_us <- lasso.proj(x=x,y=us)
lasso_test_ch <- lasso.proj(x=x,y=ch)
```

```
lasso_test_fi$pval
lasso_test_sw$pval
lasso_test_de$pval
lasso_test_no$pval
lasso_test_ge$pval
lasso_test_us$pval
lasso_test_ch$pval
```

```
#Dividend Yields and short rate
```

```
#reading data
```

```
DY <- as.data.frame(data[,c(1,9:12)])
```

```
DY<-na.omit(DY)
```

```
IR <- as.data.frame(data[,c(1,13:16)])
```

```
IR<-na.omit(IR)
```

```
DY<-xts(DY[,2:5], order.by = DY$DATE)
```

```
IR<-xts(IR[,2:5], order.by = IR$DATE)
```

```
IR<-(IR/100)
```

```
#Creating single data containing IR, DY and returns
```

```
returns2<-merge.xts(returns,DY,IR)
returns2<-na.omit(returns2)
```

```
#Fitting linear model to data
#Modelis fitted 5 times with k values 1,3,6,12,24
```

```
fi<-lm(FIN~lag.xts(DYFIN,k=12) +lag.xts(IRFIN, K=12),data=returns2)
coeftest(fi, vcov = NeweyWest)
```

```
swe<-lm(SWE~lag.xts(DYSWE,k=12) +lag.xts(IRSWE,k=12),data=returns2)
coeftest(swe, vcov = NeweyWest)
```

```
den<-lm(DEN~lag.xts(DYDEN,k=12) +lag.xts(IRDEN,k=12),data=returns2)
coeftest(den, vcov = NeweyWest)
```

```
nor<-lm(NOR~lag.xts(DYNOR,k=12) +lag.xts(IRNOR,k=12),data=returns2)
coeftest(nor, vcov = NeweyWest)
```

```
#OOS tests
```

```
#Creating training data and test data
```

```
training_data<-returns[1:120,]
test_data<-returns[120:383,]
```

```
#Estimating parameters
```

```
OOS_FIN<-lm(FIN~LAGFIN+LAGSWE+LAGDEN+LAGNOR+LAGGER+LAGUSA+LAGCHI,data=training_data,)
Naive_FIN<-lm(FIN~1, data=training_data)
```

```
#Creating out of sample predicted values
```

```
pred_OOS_FIN<- predict(OOS_FIN, newdata = test_data)
pred_Naive_FIN<- predict(Naive_FIN, newdata = test_data)
```

```
#Calculating mean squared error for both models
```

```
MSE_OOS<- (mean((test_data$FIN - pred_OOS_FIN)^2))
MSE_N<- (mean((test_data$FIN - pred_Naive_FIN)^2))
```

```
#Calculating OOS R-squared and RMSE
```

```
R_2<-1-(mse_OOS/mse_N)
R_2
RMSE<-sqrt(mse_N)-sqrt(mse_OOS)
RMSE
```

LIITE 2 Lisätulosten mallidiagnostiikka

Taulukko 14. Osinkotuoton ja markkinakoron yksikköjuuritestit

Taulukossa raportoidaan laajennetun Dickey-Fuller testisuureen arvot jokaiselle tuottojen aikasarjalle, sekä vastaavat p-arvot. Testisuureen arvo saadaan seuraavalla tavalla:

$$ADF = \frac{\hat{\beta} - 1}{std(\hat{\beta})}$$

Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat H_0 : Aikasarjalla on yksikköjuuri H_A : Aikasarja on stationaarinen. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5% merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1% merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

r_i	IR_{FIN}	DY_{FIN}	IR_{SWE}	DY_{SWE}	IR_{DEN}	DY_{DEN}	IR_{NOR}	DY_{NOR}
ADF	-3.54*	-3.60*	-2.95	-4.61**	-2.41	-3.72*	-2.78	-3.71*
p-arvo	(0.04)	(0.03)	(0.17)	(0.01)	(0.40)	(0.02)	(0.24)	(0.023)

Taulukko 15. Covid-19-aineiston yksikköjuuritestit

Taulukossa raportoidaan laajennetun Dickey-Fuller testisuureen arvot jokaiselle tuottojen aikasarjalle, sekä vastaavat p-arvot. Testisuureen arvo saadaan seuraavalla tavalla:

$$ADF = \frac{\hat{\beta} - 1}{std(\hat{\beta})}$$

Merkitsevyytestauksessa käytettävät hypoteesit ovat seuraavat H_0 : Aikasarjalla on yksikköjuuri H_A : Aikasarja on stationaarinen. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 5% merkitsevyytasolla on merkitty * -merkillä. Tulokset, jotka ovat tilastollisesti merkitseviä 1% merkitsevyytasolla on merkitty ** -merkillä.

r_i	r_{FIN}	r_{SWE}	r_{DEN}	r_{NOR}	r_{GER}	r_{USA}	r_{CHI}
ADF	-5.01**	-4.35*	-4.84**	-3.99*	-5.44**	-6.34**	-3.91*
p-arvo	(< 0.001)	(0.011)	(< 0.001)	(0.02)	(< 0.001)	(< 0.001)	(0.027)

Taulukko 16. Osinkotuoton ja markkinakoron korrelaatiomatriisi

	DY_{FIN}	DY_{SWE}	DY_{DEN}	DY_{NOR}	IR_{FIN}	IR_{SWE}	IR_{DEN}	IR_{NOR}
DY_{FIN}	1.00	0.77	0.31	0.68	-0.59	-0.62	-0.58	-0.58
DY_{SWE}	0.77	1.00	0.42	0.62	-0.46	-0.50	-0.42	-0.46
DY_{DEN}	0.31	0.42	1.00	0.23	-0.25	-0.26	-0.27	-0.31
DY_{NOR}	0.68	0.62	0.23	1.00	-0.45	-0.50	-0.47	-0.45
IR_{FIN}	-0.59	-0.46	-0.25	-0.45	1.00	0.94	0.97	0.88
IR_{SWE}	-0.62	-0.50	-0.26	-0.50	0.94	1.00	0.91	0.82
IR_{DEN}	-0.58	-0.42	-0.27	-0.47	0.97	0.91	1.00	0.85
IR_{NOR}	-0.58	-0.46	-0.31	-0.45	0.88	0.82	0.85	1.00

Taulukko 17. Covid-19-aineiston korrelaatiomatriisi

	r_{FIN}	r_{SWE}	r_{DEN}	r_{NOR}	r_{GER}	r_{USA}	r_{CHI}
r_{FIN}	1.00	0.86	0.79	0.73	0.89	0.89	0.21
r_{SWE}	0.86	1.00	0.70	0.80	0.89	0.81	0.11
r_{DEN}	0.79	0.70	1.00	0.61	0.77	0.83	0.10
r_{NOR}	0.73	0.80	0.61	1.00	0.84	0.80	0.14
r_{GER}	0.89	0.89	0.77	0.84	1.00	0.90	0.27
r_{USA}	0.89	0.81	0.83	0.80	0.90	1.00	0.36
r_{CHI}	0.21	0.11	0.10	0.14	0.27	0.36	1.00

LIITE 3 Osinkotuoton kaavan todistus

Osinko voidaan laskea hintaindeksin ja kokonaistuottoindeksin perusteella seuraavalla kaavalla:

$$D_t = (R_t - R_t^p) \times P_{t-1}, \quad (34)$$

jossa D_t on indeksin laskennallinen osinko, R_t on kokonaistuottoindeksistä laskettu yksinkertainen kuukausituotto, R_t^p on hintaindeksistä laskettu yksinkertainen kuukausituotto ja P_{t-1} on hintaindeksin pisteluku ajanhetkellä $t-1$.

Todistus:

Yksinkertainen kuukausituotto voidaan esittää seuraavalla tavalla:

$$R_t = \frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} - 1 \quad (35)$$

Osinko voidaan puolestaan esittää yhtälöiden 34 ja 35 avulla seuraavasti:

$$D_t = \left(\frac{P_t + D_t}{P_{t-1}} - 1 - \frac{P_t}{P_{t-1}} + 1 \right) P_{t-1}$$

$$D_t = \left(\frac{P_t + D_t - P_t}{P_{t-1}} \right) P_{t-1} \quad (36)$$

$$D_t = D_t$$

Edellisestä seuraa myös:

$$D_t = (R_t - R_t^p) \times P_{t-1},$$

$$\frac{D_t}{P_{t-1}} = (R_t - R_t^p) \quad (37)$$

$$DY_t = (R_t - R_t^p)$$