



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Eemeli Hakkala

# **Koon ja toimialan vaikutus pörssiyrityksen hiilidioksiditehokkuuteen**

Laskentatoimen ja rahoituksen  
akateeminen yksikkö  
Laskentatoimen ja tilintarkas-  
tuksen pro gradu -tutkielma  
Laskentatoimen ja tilintarkas-  
tuksen maisteriohjelma

Vaasa 2021

---

**VAASAN YLIOPISTO****Laskentatoimen ja rahoituksen akateeminen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Eemeli Hakkala		
<b>Tutkielman nimi:</b>	Koon ja toimialan vaikutus pörssiyrityksen hiilidioksiditehokkuuteen		
<b>Tutkinto:</b>	Kauppatieteiden maisteri		
<b>Oppiaine:</b>	Laskentatoimen ja rahoituksen maisteriohjelma		
<b>Työn ohjaaja:</b>	Tuukka Järvinen		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2021	<b>Sivumäärä:</b>	77

---

**TIIVISTELMÄ:**

Kulutamme jatkuvasti luonnonvaroja yli maapallon kantokyvyn, ja yritykset aiheuttavat suuren osa tästä kulutuksesta. Ekotehokkuus on kestävä kehityksen arviontiin kehitetty keskeinen mittari, joka sopii hyvin yritysten päätöksenteon tueksi. Se yhdistää taloudellisen ja ympäristöllisen näkökulman toisiinsa. Ekotehokkuus mittaa kuinka paljon luodaan taloudellista lisäarvoa kulutetuille ympäristöresursseille. Tässä pro gradu -tutkielmassa yritysten ekotehokkuutta tutkitaan hiilidioksiditehokkuudella, joka mittaa taloudellisen tuoton ja sen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen välistä suhdetta. Hiilidioksiditehokkuus muodostuu taloudellisesta ja ympäristöllisestä suoriutumisesta.

Tutkimuksen päätavoitteena on selvittää vaikuttavatko yrityksen koko ja toimiala sen hiilidioksiditehokkuuteen. Lisäksi selvitetään yrityksen koon ja toimialan vaikutusta sen taloudelliseen ja ympäristölliseen suoriutumiseen. Saatujen tulosten perusteella tulkitaan osatekijöiden yhteyttä hiilidioksiditehokkuuteen. Tutkimus on ajankohtainen, sillä yrityksen koon ja toimialan vaikutusta sen hiilidioksiditehokkuuteen ei ole tutkittu. Se tuo uutta tietoa ottamalla taloudellisen ja ympäristöllisen näkökulman tarkasteluun erikseen. Tuloksia voidaan hyödyntää hiilidioksiditehokkuustutkimuksissa ja yritysten arvioissa hiilidioksiditehokkuuttaan. Ne auttavat arvioitaessa taloudellista ja ympäristöllistä suoriutumista sekä niiden vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen.

Tutkimus on kvantitatiivinen ja se toteutetaan lineaarisella regressioanalyysillä. Aineisto on kerätty vuodelta 2019 Helsingin, Kööpenhaminan ja Tukholman pörsseistä. Yritykset toimivat perusteellisuuden, teollisuustuotteiden ja -palveluiden sekä peruskulutustuotteiden toimialoilla. Tutkimuksessa havaittiin perusteellisuuden toimialalla olevan muita toimialoja heikompi hiilidioksiditehokkuus ja ympäristöllinen suoriutuminen. Toimialojen välillä ei havaittu eroja taloudellisessa suoriutumisessa. Yrityksen koon ei huomattu vaikuttavan sen hiilidioksiditehokkuuteen eikä sen ympäristölliseen tai taloudelliseen suoriutumiseen. Tämän tutkimuksen perusteella todetaan toimialan vaikuttavan hiilidioksiditehokkuuteen ja sen päätellään johtuvan toimialan vaikutuksesta ympäristölliseen suoriutumiseen.

---

**AVAINSANAT:** Ekotehokkuus, Hiilidioksiditehokkuus, Kestävä kehitys, Ympäristölaskenta-toimi

## Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Ekotehokkuus yrityksen päätöksenteossa	7
1.2	Tavoitteet ja rakenne	9
2	Ekotehokkuuden mittaaminen	12
2.1	Ekotehokkuuden mittarit	14
2.2	Ekotehokkuuden vahva ja heikko kehittyminen	17
2.3	Vertailuluvut	19
2.4	Kritiikkiä ja sivuvaikutukset	21
2.4.1	Tuplavoittoefekti	22
2.4.2	Takaiskuefekti	23
3	Ekotehokkuuden ja hiilidioksiditehokkuuden arvokomponentit	24
3.1	Arvoajurit	29
3.2	Hiilidioksiditehokkuus	30
3.3	Hypoteesit	31
4	Aineisto ja metodologia	36
4.1	Aineisto ja sen keräys	37
4.2	Tutkimuksen muuttujat	39
4.2.1	Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana	41
4.2.2	Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana	42
4.2.3	Pääoman tuottokertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana	43
4.2.4	Liikevaihdon luonnollinen logaritmi selittävänä muuttujana	43
4.2.5	Pörssiyrityksen toimiala-dummy selittävänä muuttujana	44
4.3	Aineiston rajaus	45
4.4	Aineiston kuvailu	46

4.5	Selitettyjen muuttujien ja selittävän muuttujan välinen korrelaatio	47
4.6	Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti	48
4.7	Metodologia	49
5	Regressioanalyysien tulokset	51
5.1	Regressioanalyysien johtopäätöksiä	56
5.2	Tutkimuksen yritykset hiilidioksiditehokkuuskoordinaatistossa	58
6	Yhteenveto	61
	Lähteet	64
	Liitteet	75
	Liite 1. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakauma.	75
	Liite 2. Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakauma.	76
	Liite 3. Pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakauma.	77

## Kuviot

Kuvio 1. Ekotehokkuustietojen järjestelmällinen kerääminen (Burritt & Saka, 2006; Schaltegger & Burritt, 2000).	17
Kuvio 2. Heikot vastaan vahvat kehittymiset yrityksen ekotehokkuudessa (perustuen Schaltegger & Burritt, 2000) (Hahn ja muut, 2010).	18
Kuvio 3. Tehokkuus ja kimmutusefekti (täydelliset substituuutit) (Figge ja muut, 2014).	22
Kuvio 4. Tehokkuus ja kimmutusefekti (täydelliset komplementit) (Figge ja muut, 2014).	23
Kuvio 5. Arvokomponentit markkinoiden suorituskyvyn kertoimina (C=yritys, B=vertailuarvo) (Figge & Hahn, 2013).	26
Kuvio 6. Taloudellisen ja ympäristöllisen pääoman arvoa luova käyttö (Figge & Hahn, 2013).	27
Kuvio 7. Hiilidioksiditehokkuuskertoimet pohjautuen kaavaan 7 ja kuvioon 5 (Figge & Hahn, 2013).	40
Kuvio 8. Tutkimuksen yritykset toimialoittain hiilidioksiditehokkuuskoordinaatistossa. Pohjautuen kuvioon 6 (Figge ja Hahn, 2013).	59

## Taulukot

Taulukko 1. Taloudellisen arvon ja kestävän arvon arvoajurit (Figge & Hahn, 2013).	29
Taulukko 2. Kolmogorov-Smirnovin testi numeerisille muuttujille.	46
Taulukko 3. Selitettävien ja selittävien muuttujien tilastollisia lukuja.	47
Taulukko 4. Selitettävien muuttujien ja selittävän muuttujan välinen korrelaatiokerroin.	48
Taulukko 5. Regressioanalyysien tulokset.	51
Taulukko 6. Kolmogorov-Smirnovin testi regressioanalyysien standardoiduille residuaaleille.	54

# 1 Johdanto

Ympäristöasiat ovat muuttuneet erittäin ajankohtaisiksi maailmassa, joka elää jatkuvasti yli luonnonvarojensa. Tutkimusten mukaan kulutuksen pitäisi olla vain alle viidennes tämänhetkisestä, jotta toimisimme kestävällä pohjalla (von Weizsäcker, Lovins & Lovins, 1997). Maailmanlaajuisesti on havaittu, että yritysten täytyy muuttaa toimintaansa selviytyäksemme kestävä kehityksen haasteista (Pujari, 2006). Yritysten tulee löytää tasapaino taloudellisten, sosiaalisten ja ympäristöllisten tekijöiden välillä saavuttaakseen kestävä kehityksen, jotta emme kuluttaisi luonnonvaroja yli maapallon kantokyvyn (Elkington, 1998). Ekotehokkuus on kestävä kehityksen saavuttamiseen kehitetty keskeinen mittari, joka ottaa huomioon sekä taloudellisen että ympäristöllisen tehokkuuden (Callens & Tyteca, 1999; Ciroth, 2009; Huppés & Ishikawa, 2005a; Huppés & Ishikawa, 2005b; Huppés & Ishikawa, 2009; Lamberton, 2005; Schaltegger, Müller & Hindrichsen, 1996). Yleensä ekotehokkuudella tarkoitetaan taloudellisen hyödyn ja ympäristöllisten haittojen välistä suhdetta (Huppés & Ishikawa, 2005a; Huppés & Ishikawa, 2005b; Schaltegger & Burritt, 2000).

Taloustieteessä on jatkuva väittely kahden koulukunnan välillä siitä, onko yritysten sosiaalinen ja ympäristöllinen vastuu kasvattaa voittoja tehokkaasti (Friedman, 1970) vai pitääkö toimia kohdistaa suoraan sosiaaliseen ja ympäristölliseen vastuuseen (Dyllick & Hockerts, 2002; Welford, 1997). Keskittymistä liiketoiminnan taloudelliseen tehokkuuteen on arvosteltu. Perinteisessä johdon laskentatoimessa ja ympäristölaskentatoimessa on kuitenkin taloudellisen tehokkuuden ohella tarkasteltu myös muun muassa sukupolvien välistä tasa-arvoa ja sosiaalista oikeudenmukaisuutta (Burritt & Saka, 2006).

Kestävä kehityksen kysymysten kasvava merkitys vaatii ympäristönäkökohtien tuomista yritysten päätöksentekoon (Figge & Hahn, 2013). Tätä voidaan verrata johdon laskentatoimessa taloudellisten sekä ei-taloudellisten mittarien ja raporttien antaman informaation yhdistämiseen kokonaisuudeksi, joka ohjaa johtajia päätöksenteossa (Horngren, Foster & Datar, 2000, s. 888). Ympäristölaskentatoimi tulisi siis integroida systemaattisesti johdon laskentatoimen järjestelmiin (Bennett & James, 1997; Burritt, Hahn &

Schaltegger, 2002; Milne, 1996). Johdon laskentatoimen kirjallisuus on kuitenkin vain harvakseltaan omaksunut kestävän kehityksen kysymyksiä (Thomson, 2007). Jopa laajalti yleistynyt ekotehokkuuden käsite on saanut vain rajatusti huomiota johdon laskentatoimen tutkimuksissa (Figge & Hahn, 2013). On väitetty myös, että laskentatoimen tutkimus on täynnä implisiittisiä oletuksia tavanomaisen liiketoiminta-agendan ensisijaisuudesta ja tavoiteltavuudesta (Gray & Bebbington, 2000, s. 1) siten, että se systemaattisesti dominoi ympäristölliset näkökulmat (Figge & Hahn, 2013).

Ekotehokkuutta on käytetty tärkeänä osana kestävää kehitystä, sillä sen avulla voidaan linkittää yritysten päätöksenteko ja määrällisesti mitattavat ympäristöasiat. Ekotehokkuuden kannattajat vaativat ympäristöressurssien tehokasta käyttöä, koska ne nähdään rajallisina. Ekotehokkuusmittarit onkin kehitetty kuvaamaan, kuinka tehokkaasti yritykset käyttävät niukkoja luonnonvaroja. Tutkijat ja ammattilaiset ovat esitelleet useita ekotehokkuuden mittareita, jotka yhdistävät tavoiteltavat taloudelliset tulokset ja epätoivotavat ympäristövaikutukset tai luonnonvarojen kuluttamisen (DeSimone & Popoff, 1998; Hahn, Figge, Liesen & Barkemeyer, 2010; Huppel & Ishikawa, 2005a; Huppel & Ishikawa, 2005b; Reijnders, 1998; Saling, Kicherer, Dittrich-Krämer, Wittlinger, Zombik, Schmidt, Schrott & Schmidt, 2002). Ekotehokkuus on myös usein nähty tärkeänä osana yritysten osallistumista kestävään kehitykseen. Ekotehokkuus ei kuitenkaan ole käsitteenä yhtä laaja kuin kestävä kehitys (Gladwin, Krause & Kennelly, 2005). Ekotehokkuuden suppeus aiheutuu vaikeasti mitattavista asioista. Sosiaalisen näkökulman ja biodiversiteetin mittaaminen määrällisin menetelmin on haasteellista. (Figge & Hahn, 2013)

## **1.1 Ekotehokkuus yrityksen päätöksenteossa**

Arvoperusteisen johtamisen saralla tehokas suorittaminen kertoo arvon luomisesta (Martin & Petty, 2000; Stewart, 1991). Tehokkuutta käytetään myös taloushallinnossa ja talouden tunnusluvuissa, eikä se näin ollen rajoitu pelkästään ympäristöön liittyviin asioihin (Figge & Hahn, 2013). Käyttämällä taloudellisen pääomansa kilpailijoita tehokkaammin, yritykset luovat lisäarvoa osakkeenomistajille (Rappaport, 1986). Kun tätä

arvoperusteisen johtamisen tuottomallia sovelletaan ekotehokkuuteen, saadaan päätelmä, jonka perusteella syntyy kestävä kehitys, kun yritykset käyttävät kilpailijoitaan tehokkaammin luonnonvaroja (Figge, 2001; Figge & Hahn, 2004; Figge & Hahn, 2005).

Ekotehokkuus yhdistää ympäristöasiat perinteisempiin tehokkuuden näkökulmiin yritysten päätöksenteossa, minkä vuoksi siitä on tullut trendikäs aihe keskustellussa yritysten ympäristöllisestä suoriutumisesta (Figge & Hahn, 2013). Usein oletetaan, että ekotehokkuus antaa tietoa toimista, jotka ovat hyödyksi niin ympäristöllisesti kuin taloudellisestikin (Burritt & Saka, 2006). Näin ollen ajatellaan pääoman tehokkaan käytön ja ympäristöressurssien tehokkaan hyödyntämisen olevan positiivisesti korreloivia eli toista lisäämällä toinenkin kasvaa (DeSimone & Popoff, 1998; Orsato, 2006; Porter & van der Linde, 1995). Ympäristöressurssien tehokkaan hyödyntämisen ja pääoman tehokkaan käytön korrelaatio ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton ja kiistaton (Figge & Hahn, 2013). Keskustelu on pääasiallisesti ajautunut kysymyksiin osakkeenomistajien arvo-orientoitumisen vaikutuksista esimerkiksi työntekijöiden oikeuksien ja ympäristön hyvinvoinnin toteutumiseen (McSweeney, 2007, s. 325).

Ei ole selvää näyttöä siitä, että ekotehokkuus olisi laajalti otettu käyttöön osana ydinliiketoiminnan päätöksiä (Côté, Booth & Louis, 2006; Marshall & Brown, 2003), mutta se on kuitenkin saanut merkittävää huomiota yritysten kommunikoinnissa ja raportoinnissa (Kolk & Mauser, 2002). Ekotehokkuus on terminä sopeutunut yrityssektorin käyttöön, koska tehokkuuden käsite on käytössä yritysten päätöksenteossa ja strategisoinnissa (Hahn ja muut, 2010). Tuotannon ympäristöllisen suorittamisen mittaamisessa ja johtamisessa ekotehokkuus näyttelee olennaista roolia (de Burgos Jiménez & Céspedes Lórente, 2001; de Ron, 1998; Kleindorfer, Singhai & Van Wassenhove, 2005; Sarkis, 2001). Ekotehokkuus on tärkeä tekijä yritysten hiilidioksidisuorituskyvyn mittaamisessa (Hoffmann & Busch, 2008). Samaan aikaan se on nähty myös merkittävässä asemassa yritysten strategisessa tarkastelussa toimintaprosessien ympäristövaikutuksista (Orsato, 2006).

Ympäristöraportointi on ainakin osittain ollut menestys, sillä ekotehokkuuden parantamisella on ollut vaikutusta niin ympäristöryhmiin kuin yrityksiinkin (Burritt & Saka, 2006). Se on lisännyt yritysten kiinnostusta johdon ympäristölaskentatoimesta etsiessään parannuskeinoja ympäristöllisiin, rahallisiin ja sosiaalisiin vaikutuksiin (Schaltegger & Burritt, 2000; Burritt & Schaltegger, 2001). Johdon työskentely ekotehokkuuden parantamiseksi on vaikuttanut merkittävästi ympäristötietojen keräämiseen liiketoiminnassa ja peruuttamattomaan kehitykseen kohti parempaa ympäristötehokkuutta yrityksissä (Burritt & Saka, 2006). Esimerkiksi Japanissa on ehdotettu ekotehokkuuden raportointia pakolliseksi (MOE, 2004).

## 1.2 Tavoitteet ja rakenne

Tutkimuksen päätutkimusongelmana on, vaikuttavatko yrityksen koko ja toimiala sen hiilidioksiditehokkuuteen. Hiilidioksiditehokkuus määritellään usein yrityksen taloudellisen tuoton ja aiheutettujen hiilidioksidipäästöjen välisenä suhteena. Päätutkimusongelmaa tulkitaan tarkemmin osatutkimusongelman avulla: johtuvatko erot yritysten hiilidioksiditehokkuudessa koon ja toimialan suhteen niiden taloudellisesta tai ympäristöllisestä suoriutumista. Tutkimuksen aihe on ajankohtainen, sillä ekotehokkuus, jota mitataan usein hiilidioksiditehokkuudella, on noussut merkittävimmäksi tavaksi tutkia taloudellisten ja ympäristöllisten tekijöiden välistä suhdetta. Maailmassa on jatkuvasti kasvava tarve vähentää yritysten aiheuttamia ympäristöhaittoja, mutta yritysten pääasiallinen tavoite on tehdä voittoa omistajilleen kasvattamalla taloudellista tuottoaan. Taloudellisten ja ympäristöllisten tekijöiden tutkiminen yhdessä on siis erittäin tärkeää, jotta yritykset pystyvät suoriutumaan mahdollisimman hyvin molemmilla tekijöillä mitattuna. Tutkimus pohjautuu hiilidioksiditehokkuuden määrittelyn osalta Figgen ja Hahnin (2013) tutkimukseen. Tiedossa ei kuitenkaan ole tutkimuksia, joissa selvitetään yrityksen koon ja toimialan vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen selvittäen samalla taloudellisen ja ympäristöllisen näkökulman eroavaisuuksia, joten tutkimuksen hypoteesit ja metodologia on johdettu usean ekotehokkuutta ja taloudellista tehokkuutta käsittelevän tutkimuksen pohjalta. Tutkimus tuo uutta tietoa ja näkökulmaa hiilidioksiditehokkuudesta ja näin

myös ekotehokkuudesta. On tärkeää perehtyä yrityksen koon ja toimialan vaikutukseen hiilidioksiditehokkuudessa, sillä näin saamme tietää, skaalautuuko hiilidioksiditehokkuus koon suhteen ja vaikuttavatko toimialakohtaiset tekijät hiilidioksiditehokkuuteen. Tutkimuksen avulla tulevissa hiilidioksiditehokkuustutkimuksissa voidaan huomioida paremmin koon ja toimialan vaikutus. Myös yritysjohto voi hyödyntää tätä tietoa verratessaan hiilidioksiditehokkuuttaan markkinoihin ja muihin yrityksiin. Osatutkimusongelman avulla yritykset voivat saada selville pitäisikö niiden parantaa suoriutumistaan ympäristöllisesti vai taloudellisesti tavoitellessaan parempaa hiilidioksiditehokkuutta.

Tutkimuksessa yrityksen hiilidioksiditehokkuutta mitataan liikevoiton suhteen tuotettuihin hiilidioksidipäästöihin. Ympäristöllistä suoriutumista mitataan hiilidioksidivipuvaiikutuksella eli taseen loppusumman suhteen tuotettuihin hiilidioksidipäästöihin. Taloudellista suoriutumista mitataan pääoman tuotolla eli liikevoiton suhteen taseen loppusummaan. Koon ja toimialan vaikutusta näihin tutkitaan lineaarisella regressioanalyysillä. Yrityksen kokoa mitataan tutkimuksessa liikevaihdolla. Tutkimuksen muuttujat määritellään tarkemmin aineistosta ja metodologiasta kertovassa luvussa. On mahdollista, että suuret yritykset ovat hiilidioksiditehokkaampia kuin pienet yritykset, koska skaalautuvat hyödyt ovat erittäin yleisiä yritysmaailmassa. Useissa tutkimuksissa on todistettu suurempien yritysten parempi tuottavuus taloudellisesti (Niresh & Velnampy, 2014, s. 57), mutta on myös tutkimuksia, joissa on todettu koon olevan negatiivisesti korreloiva taloudellisen tuottavuuden kanssa (Kartikasari & Merianti, 2016). Jové-Llopis ja Segarra-Blasco (2018) selvittivät parempien ekotehokkuustoimien vaikuttavan positiivisesti yrityksen kasvuun. Toimialan suhteen on myös hyvin mahdollista löytää eroavaisuuksia, sillä toiset toimialat keskittyvät enemmän ympäristöhaittoja aiheuttavien tuotteiden ja palveluiden tuottamiseen kuin toiset. Wang, Ding ja Liu (2019) huomasivat eroavaisuuksia ekotehokkuudessa toimialojen välillä.

Tutkielmassa pyritään antamaan mahdollisimman kattava kuva ekotehokkuuden teoriasta, ekotehokkuuteen ja hiilidioksiditehokkuuteen vaikuttavista tekijöistä sekä niiden mittaamisesta empiirisessä tutkimuksessa. Tutkielmassa ekotehokkuutta ja

hiilidioksiditehokkuutta käsitellään yritysten ja yritysjohton päätöksiä tukevasta näkökulmasta. Tarkoituksena on selkeyttää yrityksen hiilidioksiditehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä, joiden avulla yritysjohto pystyy hyödyntämään ekotehokkuutta ja hiilidioksiditehokkuutta paremmin päätöksenteossaan tavoitellessaan parempaa ympäristöllistä ja taloudellista suoriutumista.

Tämä tutkielma koostuu johdannon lisäksi viidestä luvusta. Toisessa luvussa esitellään ekotehokkuuden mittaamista, ekotehokkuuden kohtaamaa kritiikkiä ja ekotehokkuuden tutkimisen kannalta olennaisia vertailuarvoja. Kolmas luku syventyy tarkemmin ekotehokkuuskaavaan, ekotehokkuuden rakenteeseen ja hiilidioksiditehokkuuteen. Luvussa esitellään tutkimuksen hypoteesit, joilla haetaan vastausta päätutkimusongelmaan ja kerrotaan tarkemmin osatutkimusongelman selvittämisestä. Neljännessä luvussa perehdytään tutkimuksen aineistoon ja metodologiaan, joilla haetaan vastausta hypoteeseihin ja tutkimusongelmiin. Viidennessä luvussa kerrotaan tutkimuksen tuloksista. Tutkielman viimeisessä luvussa kerrotaan tutkimuksen johtopäätökset ja esitellään mahdollisia jatkotutkimuksia.

## 2 Ekotehokkuuden mittaaminen

Suurin osa ekotehokkuuden tutkimuksista on toistaiseksi keskittynyt melko tuoreen käsitteen määrittämiseen (Nath, Hens, Compton & Devuyt, 1998; Huppel & Ishikawa, 2005a), tutkimusmenetelmien löytämiseen (Huppel & Ishikawa, 2005b; Huppel & Ishikawa, 2009) ja teorioiden kehittämiseen (Nath ja muut, 1998; Hahn, Figge, Liesen & Barkemeyer, 2010; Figge & Hahn, 2013). Tutkimuksia on tehty niin isojen yritysten (Passetti & Tenucci, 2016) kuin pienten ja keskisuurten yritysten (pk-yritys) näkökulmasta (Côté ja muut, 2006). Tutkimuskohteet ovat jakautuneet laajalle myös maantieteellisesti (Côté ja muut, 2006; Burritt & Saka, 2006; Figge & Hahn, 2013; Passetti & Tenucci, 2016).

Ympäristötehokkuuden käsite taloustieteessä ja johtamisessa on ollut akateemisessa kirjallisuudessa jo 70-luvulta asti (Freeman, Haveman & Kneese, 1973; McIntyre & Thornton, 1978), mutta Schaltegger ja Sturm (1990) esittelivät ensimmäisen kerran ekotehokkuuden käsitteen ja World Business Council for Sustainable Development -järjestö (WBCSD) teki ekotehokkuuden käsitteen tunnetuksi 90-luvun alkupuolella (Schmidheiny, 1992). DeSimonon ja Popoffin (1998) mukaan ekotehokkuuden kehittyessä myös yritysten ympäristöllinen kestävyys paranee. He päättelivät ekotehokkuuden parantamisen tarpeelliseksi. Valtiot voivat merkittävästi edistää ekotehokkuutta verottamalla ja säätelemällä yritysten toimintaa.

Leibenstein (1966) määritteli x-tehokkuuden, joka mittaa parhaan mahdollisen tehokkuuden ja toteutuneen tehokkuuden välistä suhdetta. Sitä ei ole sidottu mihinkään näkökulmaan tai muuttujiin ja näin ollen x-tehokkuutta voidaan soveltaa myös ekotehokkuuteen. X-tehokkuus on osoittanut, että yritykset usein jäljittelevät kilpailijoitaan sekä noudattavat toimialan normeja ja tavoitteita eivätkä saavuta esimerkiksi tehokkaimpia kustannussäästöjä käyttämällä uusinta teknologiaa. (Nath ja muut, 1998, s. 273)

Nath ja muut (1998) puhuivat ekologisesta tehokkuudesta ja määrittelivät sille erilaisia mittareita. Ekologinen tehokkuus voidaan ilmaista tuotoksen ja ympäristövaikutuksen välisenä suhteena (Schaltegger & Sturm, 1992):

$$\text{Ekologinen tehokkuus} = \frac{\text{Tuotos}}{\text{Ympäristövaikutusten lisäys}} \quad (1)$$

Ympäristövaikutusten lisäys on mitta, joka arvioi suhteellisia ympäristövaikutuksia (Schaltegger & Müller, 1996). Ekologisesta tehokkuudesta voidaan tunnistaa kaksi erilaista mallia: ekologinen tuotetehokkuus, joka mittaa tuotetun yksikkömäärän ja luodun ympäristövaikutuksen suhdetta sekä ekologinen tuotantotehokkuus, joka mittaa ympäristövaikutuksen määrää jollakin toiminnolla tietyn ajan suhteen (Schaltegger & Burritt, 2000; Schaltegger & Müller, 1996). Nathin ja muiden (1998) mukaan ekologisessa tuotetehokkuudessa tuotetta tarkastellaan koko sen elinkaaren ajalta tai tietyllä elinkaaren jaksolla. He esittivät, että tuotetehokkuutta pystytään parantamaan kehittämällä tekniikoita, jotka vähentävät saastuttavuutta, vähentämällä tuottamiseen tarvittavia resursseja tai löytämällä korvaavia vähemmän saastuttavia resursseja. Ekologisen tuotetehokkuuden he määrittivät:

$$\text{Ekologinen tuotetehokkuus} = \frac{\text{Tuotettu määrä}}{\text{Luotu ympäristövaikutus}} \quad (2)$$

Nathin ja muiden (1998) mukaan ekologinen tuotantotehokkuus on laaja-alaisempi näkökulma. Se voi liittyä esimerkiksi tuotteelle tai henkilölle suoritetusta toiminnosta syntyneisiin ympäristövaikutuksiin. Ekologista tuotantotehokkuutta voidaan parantaa vaihtamalla matalan tuotetehokkuuden tuotteita korkean tuotetehokkuuden tuotteisiin, vähentämällä toimintoon tarvittavia resursseja, pidentämällä tuotteiden elinikää ja parantamalla tuotetehokkuutta:

$$\text{Ekologinen tuotantotehokkuus} = \frac{\text{Suoritettu toiminto}}{\text{Luotu ympäristövaikutus}} \quad (3)$$

Ekologista tuotantotehokkuutta tarkasteltaessa on hyvä ottaa huomioon kokonaistuotanto ja absoluuttiset ympäristövaikutukset. Burritin ja Sakan (2006) mukaan pieni

määrä ekologisesti epätehokkaita tuotteita saattaa aiheuttaa pienemmät ympäristöhaitat kuin suuri määrä ekologisesti tehokkaita tuotteita.

Huppes ja Ishikawa (2005a) kertoivat artikkelissaan ekotehokkuuden eri tyypeistä ja terminologiasta. Samana vuonna he (2005b) loivat viitekehyksiä ekotehokkuuden määrälliselle tutkimukselle. Hahn ja muut (2010) veivät ekotehokkuuden teoriaa pidemmälle tutkiessaan vaihtoehtokustannusten tekijöitä ja löysivät mallit, jotka määrittävät ekotehokkuuden kehittymistä. Osittain tätä tutkimusta jatkaen Figge ja Hahn (2013) löysivät arvokomponentit ja arvoajurit, jotka vaikuttavat yrityksen ekotehokkuuteen ja sovelsivat tutkimuksessaan arvokomponentteja hiilidioksiditehokkuuteen (CO<sub>2</sub>-tehokkuus, CO<sub>2</sub>-efficiency) autoalalla. Hiilidioksidipäästöistä johtuva ilmastonmuutos on globaalisti yksi merkittävimmistä ympäristöhaasteista (Cha, Lim & Hur, 2008; Guest, 2010; Stern, 2006; Stern, 2008). Hiilidioksiditehokkuus onkin usein ollut tutkimuksen kohteena yritysten ekotehokkuutta mitattaessa (Burritt & Saka, 2006; Hahn, Figge & Barkemeyer, 2007; Hahn ja muut, 2010; Figge & Hahn, 2013).

Côté ja muut (2006) havaitsivat pk-yrityksillä alhaisia ekotehokkuustasoja, joita kehittämällä yritykset saisivat niin taloudellista kuin ympäristöllistäkin hyötyä. Samaan tulokseen pääsivät Alves ja Dumke de Medeiros (2015) todetessaan ekotehokkuuden olevan kilpailukykyinen väline kehitysmaiden pk-yrityksille. Wang ja muut (2019) huomasivat tutkimuksessaan ekotehokkuuden vaihtelevan teollisuudenalan mukaan. Jové-Llopis ja Segarra-Blasco (2018) löysivät tutkimuksessaan parempien ekotehokkuustoimien vaikuttavan positiivisesti yrityksen kasvuun.

## **2.1 Ekotehokkuuden mittarit**

Ekotehokkuuden mittaaminen on monen eri osa-alueen yhteistyötä. Se pitää sisällään ympäristöjohtamista, operatiivista ja tuotannollista suunnittelua sekä kirjanpitoa (Schaltegger & Synnestvedt, 2002). Euroopan unionin (EU) toimesta ekotehokkuus on asetettu prioriteetiksi yrityksille hiilijalanjäljen pienentämiseksi ja taloudellisen sekä

ympäristöllisen tehokkuuden mittauksen integroimiseksi (Nilsson, Varnäs, Kehler Siebert, Nilsson, Nykvist & Ericsson, 2009; OECD, 2008). Ekotehokkuuden seuraamiselle on yrityksissä monia syitä. Se auttaa selvittämään ja dokumentoimaan ympäristöllistä suoritamista ja sen kehitystä sekä tunnistamaan ja löytämään uusia tuote- ja tuotantomahdollisuuksia ja kustannussäästöjä (Figge & Hahn, 2005). Ekotehokkuuden parantamisella voidaan vähentää materiaali- ja energiaintensiteettiä sekä myrkyllisiä aineita, parantaa kierrätettävyyttä, lisätä uusiutuvien luonnonvarojen käyttöä, pidentää tuotteen elinkaarta ja maksimoida käyttöhyötyä (WBCSD, 2000).

Ekotehokkuutta on tutkittu erilaisista näkökulmista ja termille löytyy lukuisia toisistaan poikkeavia määritelmiä (Huppés & Ishikawa, 2005a; Huppés & Ishikawa, 2005b). Yleisenä yhteisenä nimittäjänä tutkimuksissa on kuitenkin, että ekotehokkuus liittyy taloudellisiin toimiin ja niistä aiheutuneisiin ympäristöllisiin vaikutuksiin (Brattemø, 2005). Taloudelliset toimet ovat usein tuloksen, kuten arvonlisäyksen tai voiton, mittaamista ja ympäristövaikutukset taas voidaan mitata kulutuksessa, päästöissä tai ympäristölle aiheutuneissa haitoissa (Hahn ja muut, 2010). Yleensä puhutaan näiden välisestä suhteesta, joka on aiheutunut operatiivisesta toiminnasta (Helminen, 2000; Schaltegger & Sturm, 1992).

Taloudellisen ja ympäristöllisen näkökulman yhdistelmää voidaan käyttää kuvaamaan taloudellisen arvon muutosta suhteessa ympäristövaikutuksen muutokseen. Tästä suhteesta muodostuu ekotehokkuus:

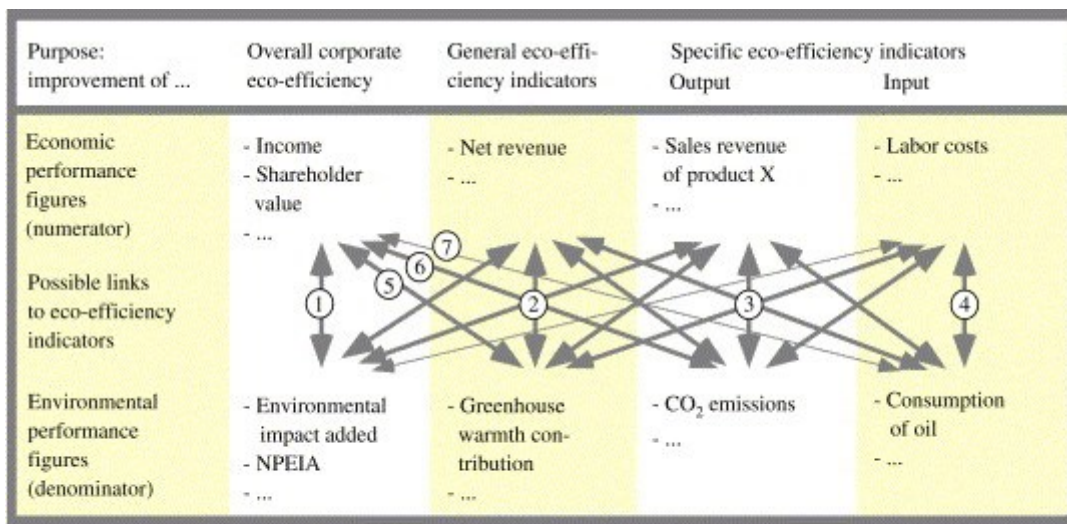
$$Ekotehokkuus = \frac{Rahallisen\ arvon\ lisäys}{Ympäristövaikutusten\ lisäys} \quad (4)$$

Ekotehokkuuden mittaamiseen kaavan 4 mukaan tarvitaan taloudellista informaatiota osoittajaan ja ympäristöllistä informaatiota nimittäjään. Taloudellisen ja ympäristöllisen tiedon yhdistämiseksi on tärkeää, että yrityksen kirjanpito ja taloushallinto on integroitu ympäristölliseen informaatioon, joka saadaan esimerkiksi ympäristökirjanpidosta. (Schaltegger & Burritt, 2000; Schaltegger & Sturm 1992)

WBCSD (2000) tunnisti kaksi yleistä mittarityyppiä ekotehokkuudelle, jotka perustuvat tuotetun arvon jakamisella ympäristövaikutuksilla: yleiskäytännölliset mittarit ja liiketoiminta-alaan spesifioidut mittarit. Nimensä mukaan ensimmäiset mittarit sopivat kaikille yrityksille ja toimialoille, vaikka niiden arvo ja merkitys eivät välttämättä ole samoja kaikille. Näiden mittarien tulee keskittyä maailmanlaajuisiin ympäristöasioihin ja yleisiin liiketoiminta näkökulmiin. Liiketoiminta-alaan spesifioidut mittarit ovat tiettyyn yritykseen tai toimialaan sopivia mittareita. Niissä voi olla paljonkin keskinäisiä eroja, eikä toisen toimialan mittarista ole välttämättä hyötyä toiselle. Yritys voi hyötyä molempien tyyppien mittareista. (Pasetti & Tenucci, 2016)

Koska ekotehokkuutta terminä on käytetty useissa eri merkityksissä, sen täsmällisyys on ollut puutteellista (Schaltegger & Burritt, 2000). Tämän takia Burritt ja Saka (2006) kokivat tärkeäksi selkeyttää ekotehokkuuden käsitettä ja määritteitä, sillä niillä on suora vaikutus johdon ympäristölaskentatoimen informaatioon. Tehokkuuden nähdään yleensä mittaavan tuottojen ja panosten välistä suhdetta. Eli mitä enemmän yritys saa tuotettua mitä pienemmillä panoksilla, sitä tehokkaammin se toimii. Yleisesti resurssit nähdään niukkoina ja johdon on tarkoitus löytää tehokkaita ratkaisuja.

Burritt ja Saka (2006) esittelevät mahdollisia ekotehokkuusmittareita kuvion 1 avulla, joka perustuu Schalteggerin ja Burritin (2000) luomaan kuvioon. Nuolien paksuus kuviossa 1 osoittaa kuinka todennäköisesti ne kuvaavat hyödyllistä mittaria. Ekotehokkuusmittaukset, jotka perustuvat tiettyihin toimiin tietyllä johdon tasolla voidaan linkittää tiettyihin vertailuarvoihin. Rivit vasemmalta oikealle kertovat eri yhdistelmätasoista niin, että vasemmalla on ylimmän johdon kiinnostuksen kohteet ja oikealle liikuttaessa menään kiinnostuksen kohteissa yrityshierarkiassa alaspäin. Esimerkiksi yrityksen tulojen ja aiheutettujen ympäristöhaittojen välinen suhde kertoo yritysjohdolla, kuinka kestäväällä pohjalla yritys toimii. Tietyn tuotteen liikevaihdon ja sen tuottamisesta aiheutuneiden hiilidioksidipäästöjen suhde kertoo tuotteesta vastaavalle henkilölle, kuinka ympäristöllisesti kestävästi yritys tekee tuotteelle taloudellista tulosta.



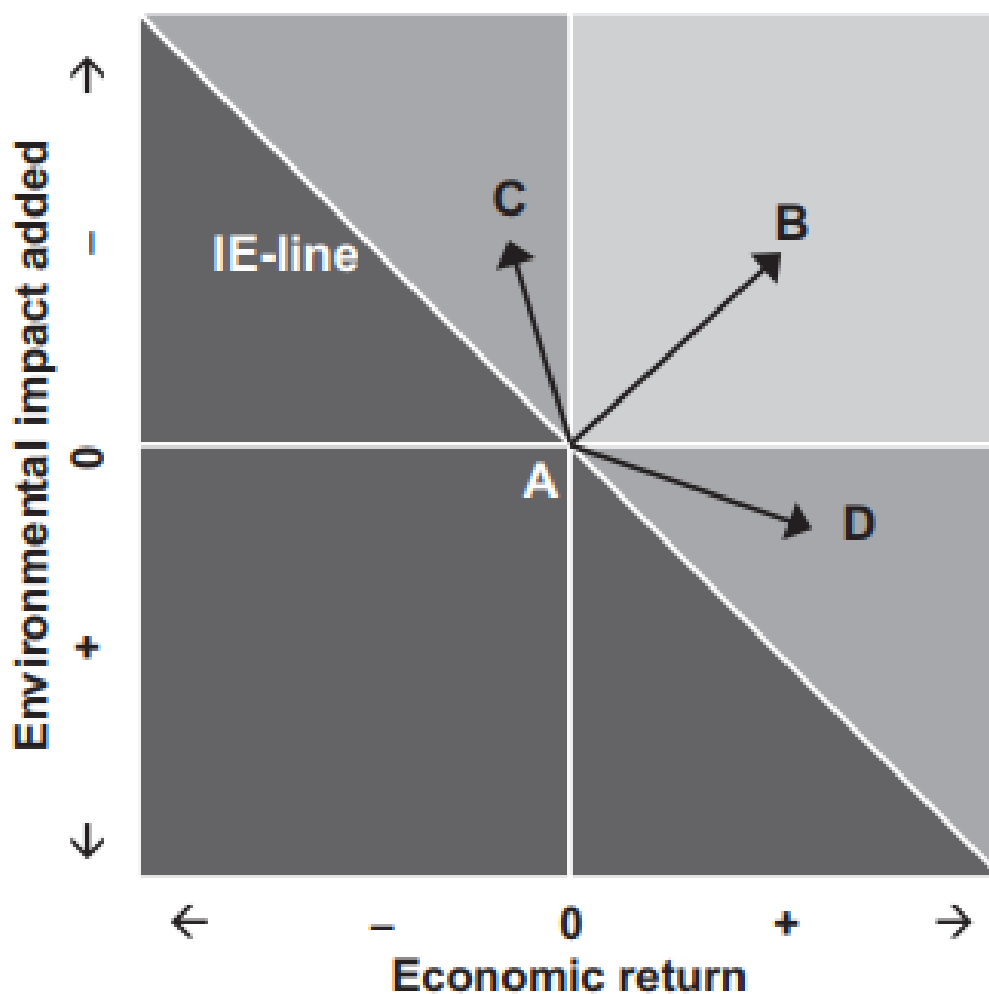
Source: [1] Examples of absolute figures. NPEIA = net present environmental impact added, arrows show possible links for deriving eco-efficiency indicators, the width of the arrows suggesting the extent of the plausibility that the given combination will produce a useful indicator.

**Kuvio 1.** Ekotehokkuustietojen järjestelmällinen kerääminen (Burritt & Saka, 2006; Schalteggeri & Burritt, 2000).

## 2.2 Ekotehokkuuden vahva ja heikko kehittyminen

Schaltegger ja Burritt (2000) määrittelemiä ekotehokkuuden kehittymisen osa-alueita havainnollistetaan kuviossa 2. Kuviossa y-akseli mittaa yrityksen aiheuttamia ympäristöhaittoja eli kuinka ympäristöllisesti kestävästi se toimii ja x-akseli mittaa taloudellista tuottoa eli kuinka taloudellisesti tehokkaasti se toimii. Tässä kuviossa A kuvaa yrityksen nykytilaa. Näemme ylävasemmalta oikeaan alakulmaan kulkevan yhtäläisyys-suoran (ie-line, iso-efficiency line). Tämän suoran mukaisesti liikkuminen tarkoittaa muuttumattomuutta yrityksen ekotehokkuudessa. Taloudellisten tulosten kasvaessa myös ympäristöhaitat kasvavat ja ympäristöhaittojen vähentyessä taloudellinen tulos heikkenee samassa suhteessa. Suoran yläpuolella olevat pisteet tarkoittavat kehittymistä ekotehokkuudessa ja suoran alapuolella olevat pisteet tarkoittavat ekotehokkuuden heikentymistä. Sektorin B:n (vaaleanharmaa) suuntaan liikkuminen nykytilasta tarkoittaa taloudellisen tuottavuuden kasvamista ja ympäristöhaittojen vähenemistä ja on ekotehokkuuden kehittymisessä tavoiteltavin tilanne. Kyseiselle alueelle liikkuminen on vahvaa kehittymistä. Sektorien C ja D (keskiharmaa) nähdään ekotehokkaiksi verrattuna nykytilaan,

mutta niiden suuntaan liikkuminen aiheuttaa negatiivisia vaikutuksia joko taloudellisesti (C) tai ympäristöllisesti (D). Yrityksen ekotehokkuuden näkökulmasta näille alueille siirtyminen on nykytilannetta parempi, vaikka se tarkoittaakin taloudellisen tai ympäristöllisen mittarin heikentymistä. Sektoreita C ja D kutsutaan heikoksi kehittymiseksi. Tummanharmaalle alueelle liikkuminen tarkoittaa yrityksen ekotehokkuuden heikentymistä. (Hahn ja muut, 2010)



**Kuvio 2.** Heikot vastaan vahvat kehittymiset yrityksen ekotehokkuudessa (perustuen Schaltegger & Burritt, 2000) (Hahn ja muut, 2010).

Yritysjohdolla voi hyödyntää ekotehokkuuden kehittymisen osa-alueita analysoidessaan yrityksen ekotehokkuuden kehittymistä. Sen avulla voidaan saada selville, mihin suuntaan

ekotehokkuus on kehittynyt kokonaisuudessaan sekä onko kehitystä ollut parempaa ympäristöllisestä vai taloudellisesta näkökulmasta. Ekotehokkuuden kehittymisen osa-alueiden avulla voidaan nähdä paremmin, kumman näkökulman kehittämiseen tarvitaan lisää huomiota ja kumpaan näkökulmaan tulee keskittyä enemmän, jotta saavutetaan parhaiten tavoiteltu ekotehokkuus.

### 2.3 Vertailuluvut

Vaikka vaihtoehtoiskustannuksen käsite ympäristöasioissa on vanha (Green, 1894), on se vasta hiljattain otettu käyttöön yritysten ympäristöllistä ja kestävyysellistä suoriutumista mitattaessa (Figge, 2001; Figge & Hahn, 2004; Figge & Hahn, 2005). Vaihtoehtoiskustannus on hyöty, mistä joudutaan luopumaan valittaessa toinen vaihtoehto (Pohjola, 2012). Perinteisesti vaihtoehtoiskustannus on ajateltu vain taloudellisessa mielessä pääoman vaihtoehtoisen sijoittamisen tuottona (Hahn ja muut, 2010), kun vaihtoehtoisen kohteen riski oletetaan olevan sama (Modigliani & Miller, 1958). Yritys käyttää ympäristöresursseja tehokkaasti, kun se kattaa näiden vaihtoehtoiskustannukset (Hahn ja muut, 2010). Figge ja Hahn (2004; 2005; 2008; 2009) määrittivät yrityksen ympäristöllisten ja sosiaalisten resurssien vaihtoehtoiskustannusten vertailuarvon olevan markkinoiden keskiarvo. Ekotehokkuutta laskettaessa vertailuarvon valinnalla on suuri merkitys. Vaihtoehtoiskustannusperusteisen ekotehokkuuden tulokset voivat vaihdella paljon vertailuarvosta riippuen. Toiset vertailuarvot voivat asettaa yritykset paljon huonompaan valoon kuin toiset. On tärkeää, että vertailuarvo on olennainen tutkittavan asian osalta, jotta tutkimustulokset eivät vääristy. Muuttujien tulee myös olla relevantteja ekotehokkuuden muutosten arvioimisen takia (Huppel & Ishikawa, 2005b). (Hahn ja muut, 2010)

Hahn ja muut (2010) käyttävät saksalaisen lääketeknologia-yhtiön vaihtoehtoiskustannuksia tutkiessaan vertailuarvona Saksan kansantalouden ekotehokkuutta. Taloudellisina lukuina toimivat yrityksen puolelta nettoarvonlisäys ja kansantaloudelta nettokansantuote. Hiilidioksidipäästöt toimivat taas ympäristöresursseina. Valitsemalla kansantalouden vertailuarvoksi tulee näkyviin myös teollisuudenalan vaikutus. Tätä tietoa pystytään

hyödyntämään kestävän kehityksen rakennemuutoksiin liittyvissä tutkimuksissa (Jung, La Rovere, Gaj, Shukla & Zhou, 2000; López, Anríquez & Gulati, 2007) Menetelmän ongelmana he näkivät alakohtaisten erityispiirteiden ja vaikutusten huomiotta jättäminen.

Tutkimus voi myös keskittyä tarkemmin tietyn alan taloudelliseen suoriutumiseen, jos kyseessä on esimerkiksi valtio, jonka teollisuudenalat ovat epätasaisen kehityksen takia vaikeasti toisiinsa verrattavia (Hahn ja muut, 2010) tai vertailukohteena on teollisuudenala ylikansallisesti (Figge & Hahn, 2013). Tällöin yrityksen suoriutumista voidaan verrata omaan teollisuudenalaansa. Näin ollen vertailun parhaat yritykset toimivat alallansa ekotehokkaimmin, mutta voivat toimia huomattavasti tehottomammin verrattuna toisen alan yrityksiin. Tällaista vertailua alansa parhaista käytetäänkin nykyään useissa tutkimuksissa (Figge & Hahn, 2008; Figge & Hahn, 2013; Koellner, Weber, Fenchel & Scholz, 2005). Menetelmän rajoitteena on vertailukyvyttömyys muiden toimialojen kanssa (Hahn ja muut, 2010). Tätä menetelmää käyttäen Figge ja Hahn (2013) vertailivat yrityksiä alansa parhaisiin tutkiessaan ekotehokkuuden arvoajureita. Tutkimuksessa käytettiin aineistona autonvalmistajia ylikansallisesti. Taloudellisena muuttujana he käyttivät yritysten liikevoittoa ja ympäristöllisenä muuttujana hiilidioksidipäästöjä, sillä hiilidioksidipäästöjen voidaan katsoa olevan yksi merkittävimmistä globaaleista ympäristöhaasteista (Stern, 2008). Konsernien hiilidioksidipäästöjä tutkittaessa on otettava huomioon, että päästöjen tarkastelun kohteena on sama konsolidoitu tilinpäätös kuin taloudellisilla luvuilla, jotta tehokkuusindikaattorit eivät vääristy (Sturm, Müller & Upasena, 2003).

Yksi tapa on myös tutkia muuttujia poliittisten tavoitteiden mukaan asettamalla poliittiset tavoitteet kuvaamaan vertailuarvoa. Näin tekivät Hahn ja muut (2007) asettamalla tavoitehiilidioksiditehokkuudeksi EU15-maiden vuoden 2010 tehokkuuden perustuen Lissabonin strategiaan (taloudellinen kasvu) ja Kioton pöytäkirjaan (päästöjen vähentäminen). Tavoitearvo voidaan määrittää myös parhaista mahdollisista käytettävissä olevista tekniikan standardeista. Menetelmän etuna aikaisempiin on sen tulevaisuuteen suuntautuneisuus. Tavoitteet eivät kuitenkaan aina kuvaa tarpeellista ympäristöresurssien kulutuksen määrää kestävyysden kannalta. (Hahn ja muut, 2010)

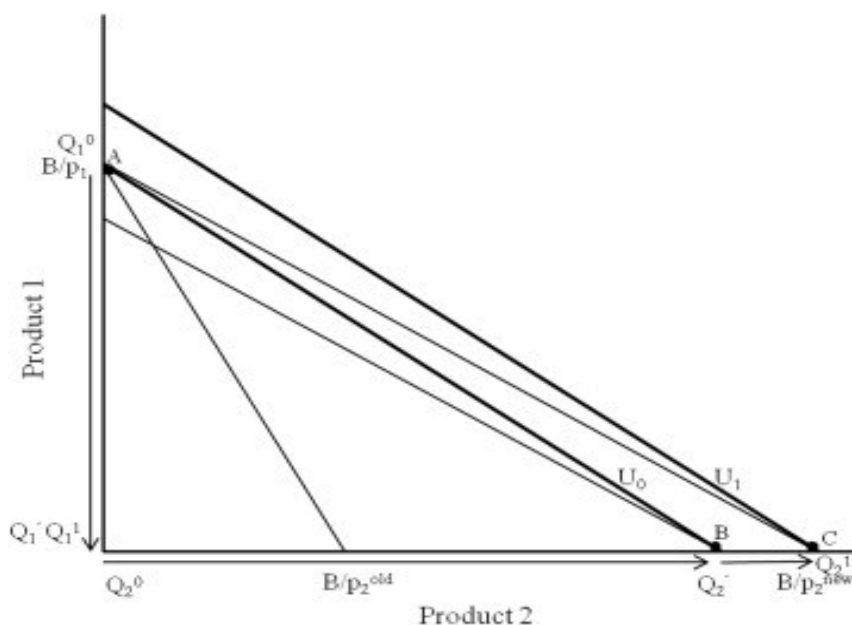
## 2.4 Kritiikkiä ja sivuvaikutukset

Yleensä nähdään yritysten ympäristölliseen kestävyyskehittävään samalla kuin ekotehokkuus paranee (DeSimone & Popoff, 1998). Ekotehokkuus paranee, kun yritykset kasvattavat enemmän taloudellista tuottoaan suhteessa aiheutettuihin ympäristöhaittoihin, vähentävät enemmän ympäristöhaittoja suhteessa taloudelliseen tuottoon tai näiden yhdistelmällä, jossa taloudellinen tuotto kasvaa ja ympäristöhaitat vähenevät (Hahn ja muut, 2010). Ekotehokkuuden paraneminen ei siis välttämättä vähennä ympäristöhaittoja. Kyse on niin kutsutusta kimmutusefektistä (rebound effect), kun yritysten ekotehokkuuden paranemiseen liittyvät kasvaneet ympäristöhaitat (Abukhader, 2008; Berkhout, Muskens & Velthuijsen, 2000; Brattebø, 2005; Young & Tilley, 2006). Koska ekotehokkuuden lopullisena tavoitteena on vähentää päästöjä ja luonnonvarojen käyttöä (Figge, Young & Barkemeyer, 2014), se on joutunut kritiikin kohteeksi toisinaan ilmenevästä kyvyttömyydestään vähentää päästöjä ja luonnonvarojen käyttöä kimmutusefektin takia (Berkhout ja muut, 2000; Greening, Greene & Dfiglio, 2000; Binswanger, 2001; Herring & Roy, 2007; Herring & Roy, 2002). Ekotehokkuus on myös saanut kritiikkiä popularisoituna muotiterminä (McDonough & Braungart, 1998).

Kimmutusefektissä parantunut ekotehokkuus lisää ympäristöressurssien käyttöä, sillä niiden käyttö nähdään aikaisempaa tehokkaammaksi ja näin ollen lisääntynyt resurssien käyttö ylittää ekotehokkuuden avulla saavutetut säästöt resurssien käytössä. Vaikutusta on kutsuttu myös Jevonsin paradoksiksi. Jevonsin (1866) osoitti höyrykoneen parantuneen tehokkuuden lisäävän sen käyttöä. Asiaa ei kuitenkaan Jevonsin aikana nähty ongelmaksi, vaan kehitykseksi. Kimmutusefektin syyksi on arveltu ekotehokkuuden myötä vähentyneitä tuotantokustannuksia, mikä lisää kysyntää ja tätä myöten ympäristöressurssien käyttöä. On väitetty tarvittavan vaihtoehtoisia malleja ekotehokkuudelle, jotta ympäristöressurssien käyttöä saadaan vähennettyä. Ekotehokkuuden sivuvaikutusten käsittely on usein rajautunut vain kimmutusefektin käsittelyyn, vaikka molemmilla käsitteillä on muitakin sivuvaikutuksia. (Figge ja muut, 2014)

### 2.4.1 Tuplavoittoaefekti

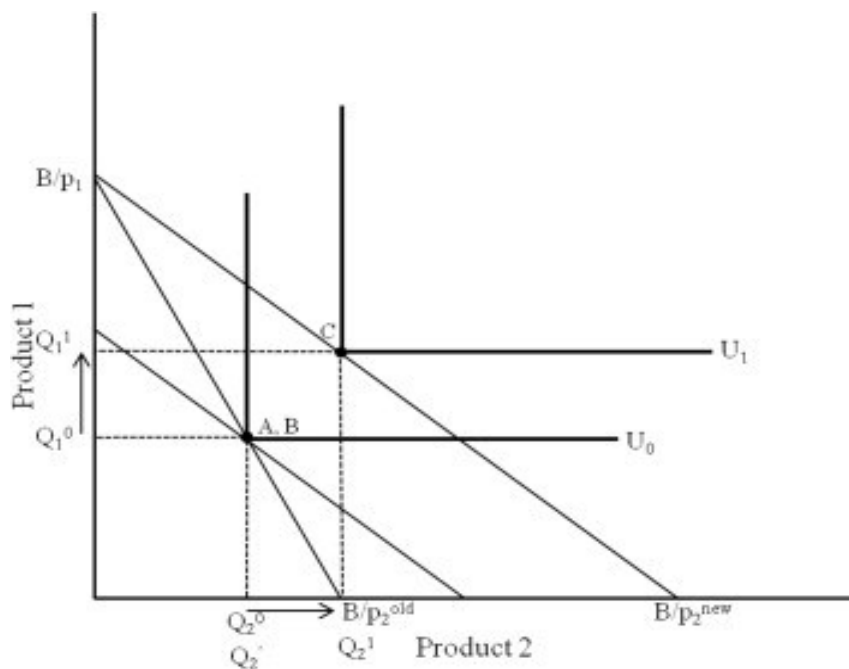
Täydelliset substituuutit ovat tuotteita joiden kuluttaminen tarjoaa kuluttajalle saman hyödyn (kuvio 3). Tällaisia voisivat olla esimerkiksi kivihieillä tuotettu sähkö, tuote 1 (product 1) ja uusiutuvilla luonnonvaroilla tuotettu sähkö, tuote 2 (product 2). Kuviossa 3 alkuperäisenä pisteenä on A, jossa käytetään pelkkää kivihieitä, sillä sen tuottaminen on taloudellisesti tehokkaampaa eli tuote 1 on halvempi. Kun tehokkuus muuttuu uusiutuvien luonnonvarojen hyväksi, siirrytään substituuutiovaikutuksen takia pisteeseen B, jossa kulutetaan vain tuulivoimaa. Tästä kulutus siirtyy pisteeseen C tulovaikutuksen vuoksi. Mikäli tapahtunut muutos A:sta B:hen johtuu pelkästään ympäristöressurssien tehokkaammasta käytöstä, on tapahtunut muutos ennen tulovaikutusta ympäristölle positiivinen tuotteen 2 paremman ympäristöystävällisyyden takia. Tulovaikutuksen jälkeinen kokonaisvaikutus on positiivinen, jos ympäristöystävällisempään tuotteeseen siirtyminen aiheuttaa suuremman hyödyn, kuin tulovaikutuksen kautta lisääntynyt kulutus haitan. Tämä sivuvaikutus, tuplavoittoaefekti (double-dividend effect), luo suuremman tehokkuuden kautta paremman ympäristöllisen suorittamisen molemmille tuotteille. (Figge ja muut, 2014)



**Kuvio 3.** Tehokkuus ja kimmotusefekti (täydelliset substituuutit) (Figge ja muut, 2014).

### 2.4.2 Takaiskuefekti

Kuviossa 4 ovat täydelliset komplementit tuote 1, kerosiini ja tuote 2, lentokoneet. Oletetaan lentokoneiden valmistuksen olevan kerosiinin valmistusta ympäristöystävällisempää. Kuvio 4 kuvaa näiden tuotteiden indifferenssikäyriä, eikä kummankaan tuotteen lisäkulutus lisää hyötyä, ellei myös toisen tuotteen kulutusta lisätä. Lentokoneiden valmistuksen tehokkuuden kasvaessa ja niiden kulutuksen lisääntyessä lisääntyy myös kerosiinin kulutus. Vaikka lentokoneiden valmistuksen tehokkuuden kasvu on johtunut paremmasta ympäristöresurssien käytöstä, tulee kokonaisvaikutuksesta silti negatiivinen tulo-vaikutuksen takia. Tämä sivuvaikutus on niin kutsuttu takaiskuefekti (backfire effect). (Figge ja muut, 2014)



**Kuvio 4.** Tehokkuus ja kimmutusefekti (täydelliset komplementit) (Figge ja muut, 2014).

Mainituista esimerkeistä selviää, että ekotehokkuuden kasvamisella voi olla vaihtelevia vaikutuksia kulutuksen ja päästöjen muutoksissa. Luonnollisesti tuplavoittoaefekti ja takaiskuefekti ovat vain ääripäitä, ja näiden välille mahtuu monenlaisia yhdistelmiä. (Figge ja muut, 2014)

### 3 Ekotehokkuuden ja hiilidioksiditehokkuuden arvokomponentit

Pääoman tehokkuudella arvioidaan usein yritysten taloudellista arvoa (Rappaport, 1986; Stern, Stewart & Chew, 1995). Kun tehokkuutta halutaan parantaa, on olennaista tietää mitkä tekijät vaikuttavat siihen (Figge & Hahn, 2013). Pääoman tehokkuuden voi jakaa kolmeen tekijään DuPontin kaavalla (Keown, Martin, Petty & Scott, 2007):

$$\text{Pääoman Tehokkuus} = \frac{\text{Tuotto}}{\text{Oma Pääoma}} = \frac{\text{Tuotto}}{\text{Liikevaihto}} \times \frac{\text{Liikevaihto}}{\text{Pääoma}} \times \frac{\text{Pääoma}}{\text{Oma Pääoma}}. \quad (5)$$

Nämä tekijät ovat: myyntikate, pääoman kierto nopeus ja rahoituksen vipuvaikutus. Kaavasta näemme suuremman pääoman tehokkuuden olevan riippuvainen liikevaihdon tuottavuudesta (myyntikate), liikevaihdon määrästä suhteessa pääomaan (pääoman kierto nopeus) ja oman pääoman suhteesta koko pääomaan (rahoituksen vipuvaikutus). Rahoituksen vipuvaikutus kuvaa lainatun pääoman kasvattavan oman pääoman tuottoa. Mitä suurempi koko pääoman ja oman pääoman välinen suhde on, sitä suurempi on vipuvaikutus. Perustana tässä on, että lainatun pääoman kustannus on oman pääoman odotettua tuottoa pienempi. (Figge & Hahn, 2013)

Ekotehokkuutta laskettaessa tuottoa ei suhteuteta omaan pääomaan vaan ympäristöresursseihin kaavan 6 mukaisesti. Tämäkin kaava pystytään jakamaan kolmeen tekijään, jotka ovat myyntikate, pääoman kierto nopeus ja kestävyden vipuvaikutus (sustainability leverage). Ensimmäiset kaksi tekijää ovat samat kuin DuPontin kaavassa ja mittaavat vain taloudellisia muuttujia. Näiden kahden muuttujan tulo mittaa pääoman tuottoa. Kolmas tekijä, kestävyden vipuvaikutus yhdistää taloudelliset ja ympäristölliset luvut. Tämä tekijä ottaa huomioon sen, että yritykset eivät käytä vain taloudellista pääomaa vaan myös ympäristöresursseja. Kestävyden vipuvaikutus on sitä korkeampi, mitä vähemmän yritykset käyttävät luonnonvaroja suhteessa taloudelliseen pääomaansa. Kaavasta näemme yritysten ekotehokkuuden kasvavan pienemmällä ympäristöresurssien käytöllä suhteessa pääomaan, kun muut tekijät eivät muutu: (Figge & Hahn, 2013)

$$Ekotehokkuus = \frac{Tuotto}{Ympäristöresurssit} = \frac{Tuotto}{Liikevaihto} \times \frac{Liikevaihto}{Pääoma} \times \frac{Pääoma}{Ympäristöresurssit} \quad (6)$$

Yritykset luovat kestäväää arvoa käyttäessään ympäristöresursseja tehokkaammin, kun mikä olisi näiden vaihtoehtoinen käyttö (vrt. osakkeenomistajien arvo). Kestäväää arvoa tutkittaessa vertailulukuna käytetään yleensä markkinoiden keskimääräistä tehokkuutta. Hahn ja muut (2010) ehdottavat ekotehokkuuden ilmoitettavaksi suhteessa ekotehokkuuden vertailuarvoon, mutta Figge ja Hahn (2013) vievät ekotehokkuuden tutkimusta yksityiskohtaisemmaksi tutkiessaan ajureita ja syitä ekotehokkuuden taustalla. He suhteuttavat yrityksen ekotehokkuuden tekijät markkinoiden vastaaviin tekijöihin (kuvio 5). Kuviossa vertailu tehdään eri tekijöiden välillä niin, että osoittajassa on yritys C:n luvut ja nimittäjässä vertailuarvo B:n luvut, jotka tulevat markkinoiden keskiarvosta. Näistä tekijöiden vertailuista saamme kolme kerrointa, jotka kertovat miten yritys suoriutuu suhteessa markkinoihin. Ensimmäinen kerroin (myyntikate<sup>C</sup> / myyntikate<sup>B</sup>) on myyntikatekerroin (sales margin multiple), joka kertoo, miten hyvin yritys C:n myyntikate menestyi suhteessa markkinoiden B myyntikatteeseen. Toinen kerroin on pääoman kiertonopeuskerroin (capital turnover multiple) (pääoman kiertonopeus<sup>C</sup> / pääoman kiertonopeus<sup>B</sup>). Se kuvaa, kuinka paljon yritys C on tuottanut liikevaihtoa pääomaa kohti suhteessa markkinoiden B vastaavaan lukuun. Viimeinen kerroin, kestävyuden vipuvaikutuskerroin (sustainability leverage multiple) (kestävyuden vipuvaikutus<sup>C</sup> / kestävyuden vipuvaikutus<sup>B</sup>) kuvaa yrityksen C pääoman ja ympäristöresurssien käytön suhdetta siihen, miten markkinoilla B oli tämä suhde. (Figge & Hahn, 2013)

$$\text{Eco-efficiency}^C = \frac{\text{Return}^C}{\text{Sales}^C} \cdot \frac{\text{Sales}^C}{\text{Economic capital}^C} \cdot \frac{\text{Economic capital}^C}{\text{Environmental resources}^C}$$

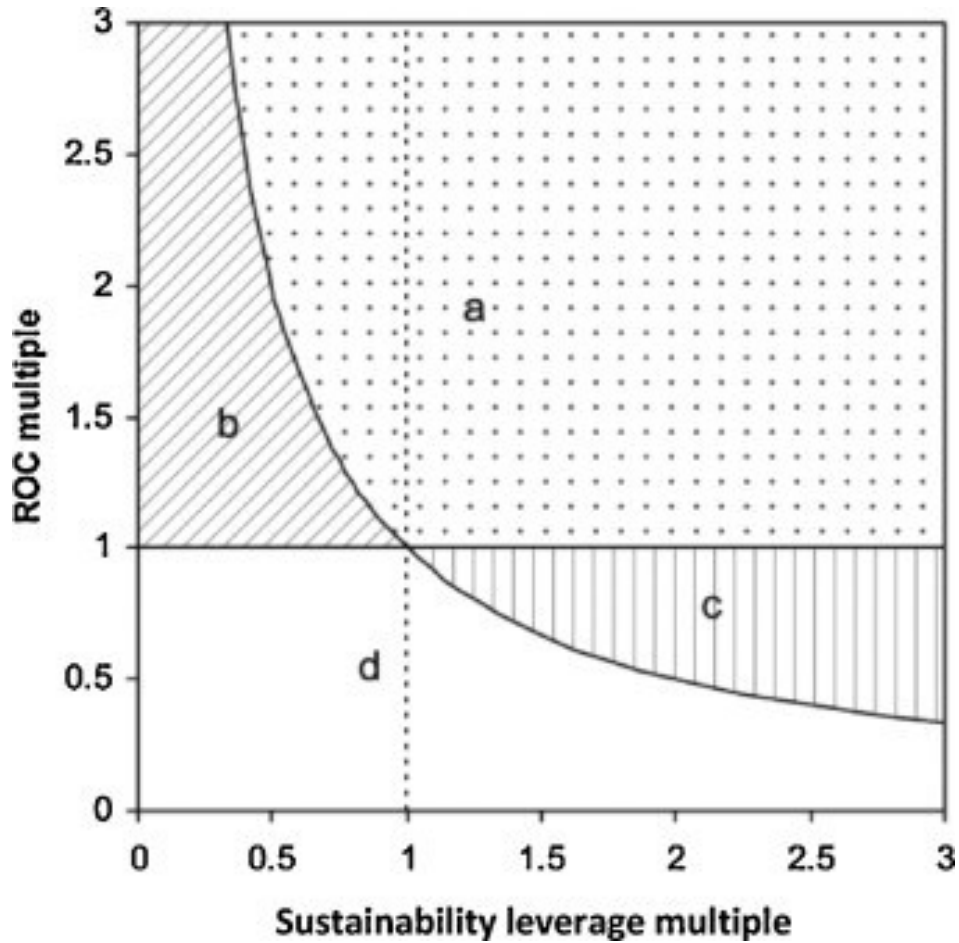
$$\text{Eco-efficiency}^B = \frac{\text{Return}^B}{\text{Sales}^B} \cdot \frac{\text{Sales}^B}{\text{Economic capital}^B} \cdot \frac{\text{Economic capital}^B}{\text{Environmental resources}^B}$$

Eco-  
efficiency  
multiple
Sales margin  
multiple  
(comp. I)
Capital  
turnover  
multiple  
(comp. II)
Sustainability  
leverage  
multiple  
(comp. III)

**Kuvio 5.** Arvokomponentit markkinoiden suorituskyvyn kertoimina (C=yritys, B=vertailuarvo) (Figge & Hahn, 2013).

Kuviosta 5 saamme pääoman tuottokertoimen kertomalla kaksi ensimmäistä kerrointa (myyntikatekerroin ja pääoman kiertonopeuskerroin) keskenään, joka kuvaa yrityksen suoriutumista pääoman tuotolla suhteessa markkinoiden pääoman tuottoon. Pääoman tuottokerroin mittaa yrityksen taloudellista suoriutumista ja kestävyiden vipuvaikutuskerroin mittaa yrityksen ympäristöllistä suoriutumista. Pelkkä hyvä taloudellinen suoriutuminen ei riitä yritysten tähdätessä ekotehokkuuteen. Pyrittäessä ekotehokkuuteen yrityksen pääoman tuottokertoimen pitää olla suuri, mikäli yritys tarvitsee paljon ympäristöresursseja suhteessa pääomaansa eli kestävyiden vipuvaikutuskerroin on pieni. Yritykset joutuvat siis tarkastelemaan toimintaansa laaja-alaisemmin, kuin vain taloudelliselta näkökannalta. (Figge & Hahn, 2013)

Figge ja Hahn (2013) loivat ekotehokkuudesta koordinaatiston kuvaamaan yritysten ekotehokkuutta suhteessa markkinoihin ja toisiin yrityksiin (kuvio 6). Se on hyvin samantyyppinen kuin Schalteggerin ja Burritin (2000) kuvio 2 heikoista ja vahvoista ekotehokkuuksista. Koordinaatistossa x-akseli kuvaa yritysten menestymistä kestävyiden vipuvaikutuskertoimella (ympäristöllisesti) ja y-akseli yritysten suoriutumista pääoman tuottokertoimella (taloudellisesti).



**Kuvio 6.** Taloudellisen ja ympäristöllisen pääoman arvoa luova käyttö (Figge & Hahn, 2013).

Kuviossa 6 kaikki nollan yläpuolella olevat pisteet y-akselin suhteen tarkoittavat yrityksen tekevän taloudellista tulosta pääomalleen. Yhden ylittävät yritykset y-akselilla luovat vertailuarvoa parempaa taloudellista tuottoa. X-akselilla taas yli nollan olevilla täytyy olla pääomaa sekä niiden täytyy kuluttaa ympäristöresursseja. Yli yhden olevat pisteet taas kertovat yritysten pärjäävän ympäristöllisesti vertailuarvoa paremmin. (Figge & Hahn, 2013)

Käyrä koordinaatistossa kuvaa vertailuarvon ekotehokkuutta. Se jakaa alueet ekotehokkaihin ja ekotehottomiin, sillä vertailuarvo nähdään ekotehokkuuden vaihtoehtokustannukseksi. Kaikki pisteet käyrän oikealla yläpuolella ovat ekotehokkaita ja kaikki pisteet taas käyrän alavasemmalla ovat tehottomia. Jos yritys toimii käyrällä, se on yhtä ekotehokas kuin markkinat. Koordinaatisto on jaettu osin käyrän avulla neljään alueeseen: a,

b, c ja d. Koordinaatiston alue d kuvaa tilannetta, jossa yritys häviää vertailuarvolle niin taloudellisesti kuin ympäristöllisestikin ja näin ollen yrityksen vaihtoehtokustannukset ovat siis markkinoihin verrattuna pienemmät molemmilla mittareilla. B-alueella oleva yritys on taloudellisesti vertailuarvoa parempi, mutta jää ympäristöresurssien käytössä liian paljon jälkeen eikä näin toimi ekotehokkaasti. Alueella c ja a toimivat yritykset ovat ekotehokkaita ja a-alueen yritykset päihittävät vertailuarvon myös taloudellisesti toisin kuin c-alueen yritykset. A-alueella katkopisteviivan vasemmalla puolella olevat yritykset jäävät vertailuarvoa jälkeen kestävyuden vipuvaikutuskertoimessa, mutta suoriutuvat ekotehokkaasti vahvan pääoman tuottokertoimen takia. (Figge & Hahn, 2013)

Figge ja Hahn (2013) löysivät tutkimuksissaan kolme ekotehokkuuden arvokomponenttia (value component): myyntikatteen, pääoman kiertonopeuden ja kestävyuden vipuvaikutuksen. He osoittivat kahden ensimmäisen arvokomponentin (myyntikate ja pääoman kiertonopeus) tulon eli pääoman tuoton ja pääoman määrän suhteessa käytettyihin ympäristöresursseihin (kestävyyden vipuvaikutus) vaikuttavan ekotehokkuuteen. Näin ollen taloudelliset ja ympäristölliset resurssit ovat osa arvonluontia.

Useat ympäristöjohtamisen menetelmät osakkeenomistajien arvonlisäyksestä nojaavat pääoman tuoton kasvuun (Figge, 2005; Hart & Milstein, 2003), mutta Figge ja Hahn (2013) tutkivat muiden resurssien tuottoa pääoman ohella. Heidän mukaansa ekotehokkuuden arvoajurit kuvaavat ympäristöllisten ja taloudellisten resurssien tuottoa, mikä näkyy arvokomponenttien näkökulmien kattavuudessa. Analysoimalla ekotehokkuuden arvokomponentteja yritys pystyy parantamaan kilpailuasemaansa ja määrittelemään tarvitsemaansa strategiaa taloudelliseen ja ympäristölliseen arvonluomiseen. Arvokomponentteja analysoimalla yritys pystyy tunnistamaan osa-alueet, joita kehittämällä päästäisiin parempaan ekotehokkuuteen. Ottamalla huomioon taloudellinen ja ympäristöllinen näkökulma pystytään välttämään yksipuoliset strategiat ja yrityksen johtajat pystyvät helpommin havaitsemaan, vastaako yrityksen taloudellinen ja ympäristöllinen tilanne tavoiteltua. (Figge & Hahn, 2013)

### 3.1 Arvoajurit

Ne taloudelliset ja ympäristölliset muuttujat, jotka vaikuttavat arvon luomiseen ovat arvoajureita. Taulukko 1 kuvaa ekotehokkuuden arvoajureiden taloudellisen ja kestävän arvon. Taloudelliset arvot muodostuvat ekotehokkuuskaavan (6) kahdesta ensimmäisestä tekijästä ja kestävä arvo koko ekotehokkuudesta. Taloudelliset muuttujien arvoajurit tulevat perinteisen osakkeenomistajien arvonluomisen kirjallisuudesta (Rappaport, 1986; Stewart, 1991) ja ympäristöllisten muuttujien arvoajurit ekotehokkuuskaavan (6) mukaisesti ekotehokkuutta kasvattavista muuttujista. Myyntikate ja myynnin kasvu vaikuttavat positiivisesti molempiin arvoihin. Mitä parempi myyntikate sekä myynnin kasvu yrityksellä on, sitä enemmän yritys luo kestäväää ja taloudellista arvoa, sillä tuotot kasvavat. (Figge & Hahn, 2013)

**Taulukko 1.** Taloudellisen arvon ja kestävän arvon arvoajurit (Figge & Hahn, 2013).

Arvoajurit	Taloudellinen arvo	Kestävä arvo
Myyntikate	+	+
Myynnin kasvu	+	+
Taloudellisen pääoman sijoittaminen	-	+/-
Taloudellisen pääoman kustannus	-	-
Luonnonvarojen käyttö	Ei oteta huomioon	-
Luonnonvarojen kustannus	-	-

+ = Positiivinen vaikutus

- = Negatiivinen vaikutus

Pääoman sijoittaminen on taloudellisessa arvossa negatiivinen tekijä, mutta sen rooli on kaksijakoinen kestävien arvojen näkökulmasta. Pääoman kasvaminen vähentää ekotehokkuutta taloudellisesta näkökulmasta 2. komponentin (pääoman kierto nopeus) pienentyessä, mutta kasvattaa ekotehokkuutta 3. komponentin (kestävyyden vipuvaikutus) kasvaessa. Näin ollen, mikäli pääomaa sijoitetaan vähentämään päästöjä, paranee ekotehokkuus, jos kestävyyden vipuvaikutus on suurempi kuin negatiiviset taloudelliset

vaikutukset. Pääoman kustannukset ja luonnonvarojen kustannukset vaikuttavat negatiivisesti niin kestävä arvon luomiseen kuin taloudelliseen arvoonkin, sillä kustannusten kasvaessa taloudellinen tehokkuus ja tätä myötä ekotehokkuus pienenee. Luonnonvarojen käytöllä ei taas ole taloudellista arvoa, mutta sen lisääntyminen pienentää kestävyden vipuvaikutusta, jolloin ekotehokkuus luonnollisesti vähenee. Arvoajureiden analysoiminen auttaa yritysjohtoa näkemään tekijät, joita pitää tehostaa ekotehokkuuden parantamiseksi. (Figge & Hahn, 2013)

Yrityksillä on haastetta luoda samalla arvoa osakkeenomistajille ja parantaa ekotehokkuuttaan. Figgen ja Hahnin (2013) löytämät komponentit ja niihin liittyvät arvoajurit auttavat yritysjohtoa analysoimaan, miten yritys menestyy markkinoilla taloudellisesti ja ympäristöllisesti samalla kun kertoimet paljastavat arvoa luovat tekijät taloudellisen ja ympäristöllisen pääoman käytössä. He osoittivat, että komponenttien avulla pystytään selvittämään syitä yritysten vaihtelevien ekotehokkuuksien välillä, kun tuloksia verrataan markkinoihin. Johtajien, jotka yrittävät luoda kestävä kehitystä ja lisätä taloudellista arvoa, täytyy ottaa huomioon ekotehokkuuden arvoajurit ja kolme arvokomponenttia. Näin he voivat suunnitella tarvittavia toimia ekotehokkuuden parantamiseksi. Arvokomponenttien avulla yritysjohto pystyy analysoimaan, täytyykö ympäristöllistä vai taloudellista suoriutumista parantaa, jotta päästäisiin tavoiteltuun ekotehokkuuteen. Arvoajurit auttavat heitä löytämään konkreettiset toimet tavoitteiden saavuttamiseksi.

### **3.2 Hiilidioksiditehokkuus**

Tutkimuksissa ekotehokkuutta mitataan usein hiilidioksiditehokkuudella. Tutkimuksessaan autonvalmistajien ekotehokkuudesta Figge ja Hahn (2013) käyttivät ekotehokkuuden mittarina hiilidioksiditehokkuutta. He mittasivat myyntikatetta liikevoiton ja liikevaihdon suhteena, pääoman kiertonopeutta liikevaihdon ja taseen loppusumman suhteena sekä hiilidioksidivipuvaikutusta taseen loppusumman ja hiilidioksidipäästöjen suhteena. Ekotehokkuuskaavaan (6) verrattuna arvokomponenttien tekijät on siis määritelty tarkemmin ja kestävyden vipuvaikutuksen tilalle on tullut hiilidioksidivipuvaikutus.

Nämä arvokomponentit kerrotaan yhteen samalla tavalla kuin ekotehokkuuskaavasta ja tulosta muodostuu hiilidioksiditehokkuus eli liikevoitto jaettuna hiilidioksidipäästöillä. Hiilidioksiditehokkuus mittaa yrityksen tekemää rahallista tuottoa suhteessa sen aiheuttamiin hiilidioksidipäästöihin. Figgen ja Hahnin (2013) kehittämä hiilidioksiditehokkuuskaava on:

$$\text{Hiilidioksiditehokkuus} = \frac{\text{Liikevoitto}}{\text{Hiilidioksidipäästöt}} = \frac{\text{Liikevoitto}}{\text{Liikevaihto}} \times \frac{\text{Liikevaihto}}{\text{Taseen loppusumma}} \times \frac{\text{Taseen loppusumma}}{\text{Hiilidioksidipäästöt}} \quad (7)$$

Myyntikatteen (liikevoitto jaettuna liikevaihdolla) ja pääoman kiertonopeuden (liikevaihto jaettuna taseen loppusummalla) tulosta syntyy hiilidioksiditehokkuuden ensimmäinen osatekijä, pääoman tuotto, joka on liikevoitto jaettuna taseen loppusummalla. Hiilidioksiditehokkuuden toinen osatekijä on hiilidioksidivipuvaikutus on taseen loppusumma jaettuna hiilidioksidipäästöillä. Hiilidioksiditehokkuudessa pääoman tuotto mittaa yrityksen suoriutumista taloudellisesti ja hiilidioksidivipuvaikutus yrityksen suoriutumista ympäristöllisesti. Yrityksen on mahdollista olla hiilidioksiditehokas, vaikka se suoriutuisi toisella mittarilla heikosti, jos se pystyy suoriutumaan toisella mittarilla erittäin vahvasti.

### 3.3 Hypoteesit

Aikaisemmat tutkimukset ekotehokkuudesta yritysten välillä ovat pitkälti keskittyneet muuttujiin, joihin yritys voi tietoisesti vaikuttaa suhteellisen nopealla aikavälillä, kuten strategia tai ympäristölaskentatoimen käyttö (ks. Passetti & Tenucci 2016; Caiado, de Freitas Dias, Mattos, Quelhas & Filho, 2017). Tässä tutkimuksessa selvitetään yrityksen koon ja toimialan vaikutusta sen ekotehokkuuteen hiilidioksiditehokkuudella mitattuna. Koko ja toimiala valittiin muuttujiksi sillä, niiden vaikutusta yrityksen taloudelliseen tehokkuuteen on tutkittu paljon (esim. Hawawini, Subramanian & Verdin 2002; Salman & Yazdanfarin, 2012). Näihin muuttujiin yritys ei voi vaikuttaa lyhyellä aikavälillä.

Seuraavaksi esitetyillä hypoteeseilla etsitään vastausta tutkimuksen päätutkimusongelmaan: vaikuttaako yrityksen koko ja toimiala sen hiilidioksiditehokkuuteen. Hypoteesien muodostamisessa on käytetty apuna esimerkiksi Figgen ja Hahnin (2013) hiilidioksiditehokkuuskaavaa sekä Salmanin ja Yazdanfarin (2012) tutkimusta mikroyritysten koon ja toimialan vaikutuksesta tuottavuuteen. Koska ekotehokkuuden tutkimus on kauppatieteissä vielä tuore ilmiö, jouduttiin hypoteesit johtamaan pitkälti taloudellista tehokkuutta käsittelevistä tutkimuksista. Ekotehokkuutta on tutkittu Suomessa suhteellisen paljon (Caiado ja muut, 2017). Tiedossa ei kuitenkaan ole tutkimuksia, joissa verrataan yrityksen koon ja toimialan vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen käyttäen Figgen ja Hahnin (2013) hiilidioksiditehokkuuskaavaa.

Wang ja muut (2019) huomasivat tutkimuksessaan vaihtelevuutta ekotehokkuuksissa teollisuudenalojen välillä. Useissa tutkimuksissa on myös huomattu toimialan vaikuttavan yrityksen taloudelliseen tehokkuuteen. Buckley, Dunning ja Fearce (1984) löysivät osasta aineistoaan merkkejä toimialan vaikutuksesta taloudelliseen kasvuun ja tuottavuuteen. Yazdanfar (2013) sekä Short, McKelvie, Ketchen ja Chalndler (2009) selvittivät toimialan vaikuttavan yrityksen kannattavuuteen. Toimialan ja hiilidioksiditehokkuuden (tai ekotehokkuuden) välisen suhteen tutkiminen on ollut erittäin vähäistä eikä tiedossa ole yhtään suomalaista tutkimusta, jossa tätä suhdetta olisi tutkittu. Toimialan ja taloudellisen tehokkuuden välistä suhdetta on kuitenkin tutkittu paljon. Näin ollen ensimmäinen hypoteesi on johdettu taloudellista kannattavuutta käsittelevistä tutkimuksista. Ekotehokkuuden kasvava merkitys lisää tarpeellisuutta tutkia ekotehokkuuteen ja hiilidioksiditehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä samalla tavalla, kun niitä on tutkittu taloudellisen tehokkuuden osalta. Näin saamme laajemmin tietoa, mitkä tekijät ovat olennaista ottaa huomioon hiilidioksiditehokkuutta mitatessa, vertaillessa ja tutkiessa. Ensimmäisessä hypoteesissa selvitetään, onko toimialalla vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen:

*H1<sub>1</sub>: Toimialalla on vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen.*

*H1<sub>0</sub>: Toimialalla ei ole vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen.*

Yrityksen koon vaikutusta taloudelliseen tehokkuuteen ja kannattavuuteen on käsitelty paljon tutkimuksissa. Buckley ja muut (1984) löysivät osasta aineistiaan yrityksen koon vaikuttavan positiivisesti taloudelliseen tuottavuuteen. Yazdanfar (2013) taas huomasi negatiivisen korrelaation yrityksen koon ja kannattavuuden välillä. Jové-Llopis ja Segarra-Blasco (2018) huomasivat parempien ekotehokkuustoimien vaikuttavan positiivisesti yrityksen taloudelliseen kasvuun. Näin ollen on mahdollista, että yrityksen koolla on vaikutusta ekotehokkuuteen ja hiilidioksiditehokkuuteen. Ei ole kuitenkaan tiedossa, että tätä näkökulmaa olisi tutkittu aikaisemmin. Kuten ensimmäisen hypoteesin kohdalla on perusteltu, ajankohtaista selvittää tämä yhteys ekotehokkuuden kasvavan merkityksen vuoksi. Näin saamme tietää, skaalautuuko hiilidioksiditehokkuus yrityksen koon suhteen ja pitääkö tämä ottaa huomioon tutkittaessa ja vertailtaessa yritysten hiilidioksiditehokkuutta. Koska aikaisempia vastaavia ekotehokkuus- tai hiilidioksiditehokkuustutkimuksia ei ole tiedossa, toinen hypoteesi on johdettu taloudellista kannattavuutta käsittelevistä tutkimuksista. Toisessa hypoteesissa selvitetään yrityksen koon vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen:

*H2<sub>1</sub>. Yrityksen koolla on vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen.*

*H2<sub>0</sub>. Yrityksen koolla ei ole vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen.*

Figgen ja Hahnin (2013) hiilidioksiditehokkuuskaavan mukaan hiilidioksiditehokkuus jakautuu kahteen osatekijään, pääoman tuottoon ja hiilidioksidivipuvaikutukseen. Tutkimuksen hypoteesien kannalta on olennaista selvittää, löytyykö hiilidioksiditehokkuuden osatekijöistä syitä mahdollisille eroavaisuuksille yritysten hiilidioksiditehokkuudessa koon tai toimialan suhteen. Näin saadaan vastaus tutkimuksen osatutkimusongelmaan: johtuvatko erot yritysten hiilidioksiditehokkuudessa koon ja toimialan suhteen niiden taloudellisesta tai ympäristöllisestä suoriutumisesta.

Tutkimalla toimialan vaikutusta hiilidioksidivipuvaikutukseen saamme tietoa mahdollisista eroista toimialojen välillä ympäristöllisestä näkökulmasta. Nämä erot voivat avata

syitä mahdollisiin löydettyihin hiilidioksiditehokkuuden eroavaisuuksiin toimialojen välillä. Ei ole tiedossa tutkimuksia hiilidioksiditehokkuudesta, joissa olisi tutkittu toimialan vaikutusta hiilidioksidivipuvaikutukseen. Kuten toisen hypoteesin kohdalla mainittiin, yrityksen koolla on löydetty olevan vaikutusta taloudelliseen suoriutumiseen. Hiilidioksiditehokkuutta tutkittaessa yrityksen koon suhteen on siis olennaista selvittää myös yrityksen koon vaikutus hiilidioksidivipuvaikutukseen. Näin saamme tietää johtuvatko mahdolliset yrityksen koosta aiheutuvat erot hiilidioksiditehokkuudessa hiilidioksidivipuvaikutuksesta eli vaikuttaako yrityksen koko sen ympäristölliseen suoriutumiseen. Tiedossa ei ole aikaisempia tutkimuksia, joissa olisi selvitetty hiilidioksidivipuvaikutuksen ja yrityksen koon välistä suhdetta.

Damodaran (2007) huomasi pienemmillä ja suurimmilla yrityksillä olevan huonompi sijoitetun pääoman tuotto kuin kooltaan näiden väliin jäävillä yrityksillä. Jónsson (2007) ei löytänyt yhteyttä yrityksen koon ja pääoman tuoton väliltä. Koska aikaisemmista tutkimuksista on saatu ristiriitaista tietoa, on olennaista selvittää tämän tutkimuksen aineiston avulla yrityksen koon vaikutusta pääoman tuottoon. Näin saamme selville aikaisemmin kuvatulla tavalla, aiheutuvatko mahdolliset erot hiilidioksiditehokkuudessa koon suhteen yritysten erilaisesta pääoman tuotosta. Tutkimuksessa selvitetään siis yrityksen koon vaikutus sen taloudelliseen suoriutumiseen. Tiedossa ei ole aikaisempia tutkimuksia hiilidioksiditehokkuudesta, joissa olisi vertailtu yrityksen koon vaikutusta pääoman tuottoon. Damodaran (2007) löysi tutkimuksessaan vaihtelua pääoman tuotossa toimialojen välillä. Pääoman tuotto voi siis selittää mahdollisia vaihtelevuuksia hiilidioksiditehokkuudessa toimialojen välillä. Tiedossa ei kuitenkaan ole aikaisempia ekotehokkuuden tutkimuksia, joissa olisi tutkittu toimialan vaikutusta pääoman tuottoon. Koska pääoman tuotto on toinen osatekijä hiilidioksiditehokkuudesta, on siis olennaista tietää, onko sillä vaikutusta mahdollisiin muutoksiin hiilidioksiditehokkuudessa. Näin saamme tietää vaikuttavatko toimialojen väliset erot taloudellisessa suoriutumisessa hiilidioksiditehokkuuteen.

Esiteltyjen hypoteesien avulla selvitetään, onko yrityksen koolla ja toimialalla vaikutusta sen hiilidioksiditehokkuuteen. Tutkimuksella saadaan lisää tietoa siitä, pitääkö yrityksen toimialan ja koon vaikutus ottaa huomioon hiilidioksiditehokkuustutkimuksissa sekä yritysjohdon analysoidessa omaa hiilidioksiditehokkuuttaan markkinoihin ja muihin yrityksiin. Hypoteesien lisäksi selvitetään hiilidioksiditehokkuuden osatekijöiden vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen. Näin saadaan tietoa yrityksen taloudellisen ja ympäristöllisen näkökulman vaikutuksesta sen hiilidioksiditehokkuuteen. Yritysjohdo voi käyttää tätä tietoa tavoitellessaan parempaa hiilidioksiditehokkuutta.

## 4 Aineisto ja metodologia

Tutkimuksen hypoteeseja ja osatutkimusongelmaa tutkitaan lineaarisella regressioanalyysillä. Lineaarinen regressioanalyysi kertoo selitettävien muuttujien yhteyden selitettävään muuttujaan. Regressioanalyysistä syntyy regressiosuora, joka kertoo muuttujien välisen yhteyden suunnan ja voimakkuuden. Menetelmänä tutkia muuttujien välistä suhdetta regressioanalyysi on monipuolinen ja joustava. Sen tehokkuus perustuu kykyyn tulkita selittävien muuttujien yhteys selitettävään muuttujaan ottamalla huomioon mallin muut muuttujat. Näiden syiden ja aikaisempien tutkimusten perusteella lineaarinen regressioanalyysi valittiin tutkimuksen metodiksi. Regressioanalyysissä muuttujien pitää olla vähintään välimatka-asteikollisia. Jos muuttuja on luokitteluasteikollinen, kuten toimiala tässä tutkimuksessa, täytyy mahdollisista luokista tehdä dummy-muuttujat. Dummy-muuttuja voi saada vain kaksi arvoa nollan tai yksi. Arvon yksi se saa, jos se kuuluu tarkasteltuun ryhmään ja arvon nolla, jos se ei kuulu tähän ryhmään. Dummy-muuttujia on aina yksi vähemmän kuin ryhmiä, sillä yksi ryhmistä toimii vertailukohtana. Useamman muuttujan lineaarisen regressiomallin yleinen muoto on:

$$y = \alpha + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \dots + \beta_n x_n + \varepsilon. \quad (8)$$

Linearisessa regressiomallissa  $y$  on selitettävän muuttujan arvoa,  $\alpha$  on vakiotekijä,  $\beta$  on regressiokerroin,  $x$  on selittävän muuttujan arvo ja  $\varepsilon$  on residuaali. Vakiotekijä kertoo selitettävän muuttujan arvon, kun selittävien muuttujien arvo on 0. Regressiokerroin kertoo regressiosuoran kulmakertoimen. Residuaali kertoo, kuinka paljon havainto poikkeaa ennustetusta arvosta. Regressioanalyysissä on tärkeää perustella regressiomallin rakenne perustuen aikaisempiin tutkimuksiin. Koska täysin vastaavia aikaisempia tutkimuksia ei ole tiedossa, on tämän tutkimuksen myöhempänä esitelty regressiomallit johdettu aikaisemmista tutkimuksista hiilidioksiditehokkuudesta ja taloudellisesta tehokkuudesta. (Bhattacharjee, 2012, s. 130–132; Kaakinen, Ellonen & Mattila, 2021a)

## 4.1 Aineisto ja sen keräys

Tutkimuksen aineistoksi valikoitui 62 yritystä Helsingin, Kööpenhaminan ja Tukholman pörseistä. Yritysten tiedot on kerätty vuodelta 2019, joka oli tutkimuksen tekohetkellä viimeisin vuosi, josta oli saatavilla riittävästi aineistoa. Vain pieni osa pörssiyrityksistä julkaisee hiilidioksidipäästönsä ja siten pelkkä kotimainen aineisto olisi jäänyt liian suppeaksi. Tämän vuoksi tutkimusta laajennettiin ottamalla mukaan Kööpenhaminan ja Tukholman pörssit. Koska yritysten taloudelliset tiedot olivat useilla eri valuutoilla niiden koti- ja paikasta johtuen, kaikki valuutat muutettiin euroiksi Euroopan keskuspankin 31.12.2019 valuuttakursseilla.

Tutkimuksen yritykset on valittu kolmelta toimialalta, jotka ovat: perusteollisuus (basic materials), teollisuustuotteet ja -palvelut (industrials) sekä peruskulutustuotteet (consumer staples). Toimialat on jaoteltu pohjoismaiden pörseissä käytetyn Industry Classification Benchmark -luokituksen (ICB) mukaan (FTSE Russell, 2020). Toimialojen valintaan vaikutti niiden liittyminen tuotantoon ja valmistukseen, sillä Figgen ja Hahnin (2013) esimerkkinä ollut tutkimus liittyy autoalaan, jossa valmistuksen päästöt ovat merkittävässä roolissa. Toinen toimialojen valintaan vaikuttava tekijä oli saatavan aineiston määrä hiilidioksidipäästöjen osalta. Valituista toimialoista oli saatavilla suhteellisen paljon aineistoa. Aineiston mahdollisimman suuri koko on tärkeää, jotta tutkimuksen tuloksista saadaan luotettavampia.

Hiilidioksidipäästöt ovat kerätty yritysten omilta verkkosivuilta, vuosikertomuksista ja ympäristöraporteista sekä Thomson Reuters -tietokannasta. Tutkimuksessa käytetty taloudellinen data eli liikevaihto, liikevoitto ja tase on kerätty Thomson Reuters -tietokannasta. Hiilidioksidipäästöjen ilmoittaminen on EU:ssa ohjeistettu vain suurimmille yrityksille (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU; Euroopan komission tiedoksianto 2019/C 209). Täten valituilta toimialoilta aineistoon otettiin pohjoismaisista EU-maista vain ne pörssiyritykset, joiden hiilidioksidipäästöt löytyivät Thomson Reuters -tietokannasta 24.09.2020 ja lisäksi suomalaisista pörssiyrityksistä ne, jotka ovat julkaisseet hiilidioksidipäästönsä.

Yrityksen hiilidioksidipäästöihin lasketaan tutkimuksessa suorat päästöt (scope 1) ja epäsuorat päästöt (scope 2). Scope 1 -päästöt syntyvät yrityksen omistamista tai kontrolloimista lähteistä. Scope 1 -päästöiksi lasketaan yrityksen suorat omat hiilidioksidipäästöt, jotka syntyvät tuotannossa käytetyssä itse tuotetusta energiasta sekä ajoneuvojen käyttämän polttoaineen päästöistä. (The Greenhouse Gas Protocol, 2004, s. 25–26)

Scope 2 -päästöt ovat epäsuoria yrityksen ostamasta sähköenergiasta syntyviä päästöjä. Epäsuorat päästöt eivät tapahdu yrityksen omistamista tai hallitsemista lähteistä, mutta ne lasketaan yrityksen päästöiksi, koska hiilidioksidia on tuotettu vain kyseisen yrityksen tarpeita varten. Epäsuorat päästöt voidaan laskea kahdella tavalla, joko hankintaperusteisesti tai sijaintiperusteisesti. Sijaintiperusteiset päästöt lasketaan käytetyn sähköverkon keskimääräisillä päästöillä eli käytetyn energian määrä kerrotaan sähköverkon keskimääräisillä päästöillä. Hankintaperusteiset päästöt lasketaan yrityksen sähköntuottajan kanssa tekemän sopimuksen mukaan. Tällä menetelmällä hiilidioksidipäästöjen ilmoittamisessa huomioidaan sähköntuottajan päästöt tarkemmin tuottajan generaattorien aiheuttamien päästöjen mukaan. Hankintaperusteisiin päästöihin lasketaan vain ostosopimuksen mukaisten generaattorien päästöt eikä koko energiantuottajayrityksen keskimääräisiä päästöjä. Hankintaperusteiset päästöt ovat siis pienemmät kuin sijaintiperusteiset, jos sähköntuottaja käyttää sähköverkon keskiarvoa matalapäästöisempiä energiantuotantomenetelmiä. Jos sähköntuottaja käyttää sähköverkkoa keskimääräisesti enemmän päästöjä aiheuttavia energiantuotantomenetelmiä, hankintaperusteiset päästöt ovat sijaintiperusteisia päästöjä suuremmat. Tutkimuksessa on pääsääntöisesti pyritty käyttämään hankintaperusteisia päästöjä, koska ne kuvaavat paremmin yrityksen kykyä vaikuttaa päästöihinsä sähkösopimusten kautta. Kun hankintaperusteisia päästöjä ei ole ollut saatavilla, on käytetty sijaintiperusteisia päästöjä. (The Greenhouse Gas Protocol, 2004; Sotos, 2015, s. 8–9, 104)

Scope 3 -päästöt ovat muita epäsuoria päästöjä, jotka eivät kuulu scope 2 -päästöjen alaisuuteen. Näitä voivat olla esimerkiksi ostettujen materiaalien tuottamisen ja

valmistamisen, ostettujen polttoaineiden kuljettamisen sekä myytyjen tuotteiden ja palveluiden käyttämisen aiheuttavat päästöt. Scope 3 -päästöt ovat rajattu ulos tutkimuksesta, sillä niitä ei ole ohjeistettu ilmoittamaan samalla tavalla EU-standardeissa kuin scope 1 ja scope 2 -päästöjä (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU; Euroopan komission tiedoksianto 2019/C 209). Tästä johtuen niistä ei ollut tarpeeksi aineisto saatavilla. Scope 3 -päästöt olisivat voineet vääristää tutkimuksessa käytettyä vertailuarvoa, sillä ne saattavat samanaikaisesti lisätä useamman eri yrityksen hiilidioksidipäästöjä. Näin tapahtuu, jos esimerkiksi yritys B ostaa yritykseltä A tuotteen, jolloin yritys A laskee tuotteen tuottamisen scope 1 -päästöihinsä kuuluvaksi ja yritys B laskee tuotteen tuottamisen scope 3 -päästöihinsä kuuluvaksi. Toisaalta jotkut yritykset aiheuttavat suurimmat hiilidioksidipäästönsä scope 3 -päästöinä ja näin scope 3 -päästöjen rajaaminen pois saa ne näyttämään ympäristöllisesti kestävämmiltä kuin todellisuudessa. (The Greenhouse Gas Protocol, 2004)

Hiilidioksidipäästöt voidaan ilmoittaa pelkinä hiilidioksidipäästöinä tai ne voidaan ilmoittaa hiilidioksidiekvivalenteina (CO<sub>2</sub>-e). Hiilidioksidiekvivalenteissa huomioidaan hiilidioksidipäästöjen lisäksi metaanin, dityppioksidin, fluorihilivetyjen, hiilifluoridien ja rikkiheksafluoridien päästöjen vaikutus ilmaston lämpenemiseen suhteessa hiilidioksidiin. Nämä kaasut muutetaan siis hiilidioksidipäästöiksi sen mukaan, millä kertoimella ne lämmittävät ilmastoa suhteessa hiilidioksidiin. Tutkimuksessa käytetään hiilidioksidiekvivalenteja. (The Green House Gas Protocol, 2004)

## 4.2 Tutkimuksen muuttajat

Figgen ja Hahnin (2013) hiilidioksiditehokkuuskaavaa (7) käytetään tutkimuksessa pohjana yritysten hiilidioksiditehokkuuden mittaamiseen. Jotta saatiin tietää, miten hiilidioksiditehokas yritys on markkinoihin verrattuna, laskettiin yritysten hiilidioksiditehokkuuskertoimet ja kertoimet yritysten arvokomponenteille sekä yritysten hiilidioksiditehokkuuskertoimien osatekijöille. Tämä tehtiin kuviossa 7 soveltamalla kaavaa 7 ja kuviota 5 (Figge ja Hahn, 2013).

$$\frac{\text{Hiilidioksiditehokkuus}^C}{\text{Hiilidioksiditehokkuus}^B} = \frac{\text{Liikevoitto}^C}{\text{Liikevaihto}^C} \cdot \frac{\text{Liikevaihto}^C}{\text{Taseen loppusumma}^C} \cdot \frac{\text{Taseen loppusumma}^C}{\text{Hiilidioksidipäästöt}^C}$$

$$\frac{\text{Hiilidioksiditehokkuus}^B}{\text{Hiilidioksiditehokkuus}^B} = \frac{\text{Liikevoitto}^B}{\text{Liikevaihto}^B} \cdot \frac{\text{Liikevaihto}^B}{\text{Taseen loppusumma}^B} \cdot \frac{\text{Taseen loppusumma}^B}{\text{Hiilidioksidipäästöt}^B}$$

↓
↓
↓
↓

Hiilidioksidi-  
tehokkuus-  
kerroin
Myyntikate-  
kerroin
Pääoman  
kiertonopeus-  
kerroin
Hiilidioksidi-  
vipuvaikutus-  
kerroin

**Kuvio 7.** Hiilidioksiditehokkuuskertoimet pohjautuen kaavaan 7 ja kuvioon 5 (Figge & Hahn, 2013).

Kuviossa 7 c-kirjain kuvaa yrityksen lukua ja b-kirjain vertailuarvon lukua. Tutkimuksessa käytetty vertailuarvo on keskiarvo kaikista tutkimuksen aineistoon valituista yrityksistä. Hiilidioksiditehokkuuskerroin ( $\text{hiilidioksiditehokkuus}^C / \text{hiilidioksiditehokkuus}^B$ ) mittaa kuinka hiilidioksiditehokas yritys on vertailuarvon suhteen. Kuviossa 7 esitetyllä tavalla kaikille yrityksille laskettiin hiilidioksiditehokkuuskertoimen lisäksi kolme kerrointa arvo-komponenteille, jotka ovat myyntikatekerroin ( $\text{myyntikate}^C / \text{myyntikate}^B$ ), pääoman kiertonopeuskerroin ( $\text{pääoman kiertonopeus}^C / \text{pääomankiertonopeus}^B$ ) ja hiilidioksidivipuvaikutuskerroin ( $\text{hiilidioksidivipuvaikutus}^C / \text{hiilidioksidivipuvaikutus}^B$ ). Kertomalla myyntikatekertoimen ja pääoman kiertonopeuskertoimen saamme pääoman tuottokerroin, joka on hiilidioksiditehokkuuskertoimen ensimmäinen osatekijä. Pääoman tuottokerroin kertoo yrityksen pääoman tuoton suhteessa vertailuarvoon eli kuinka yritys suoriutuu taloudellisesti muihin yrityksiin verrattuna. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen toinen osatekijä, hiilidioksidivipuvaikutuskerroin muodostuu kuvion 7 kolmannen arvo-komponentin kertoimesta. Hiilidioksidivipuvaikutuskerroin mittaa yrityksen hiilidioksidivipuvaikutusta vertailuarvon suhteen. Se kertoo yrityksen ympäristöllisen suoriutumisen muihin yrityksiin verrattuna. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen osatekijöiden kertoimet mahdollistavat tutkimisen yrityksen taloudellisen ja ympäristöllisen suoriutumisen

vaikutuksista hiilidioksiditehokkuuskertoimeen. Voidaan siis nähdä johtuvatko mahdolliset erot hiilidioksiditehokkuuskertoimessa vain taloudellisesta tai ympäristöllisestä näkökulmasta vai molemmista.

Tutkimuksessaan autonvalmistajien hiilidioksiditehokkuudesta Figge ja Hahn (2013) käyttivät vertailuarvona autoalan keskiarvoa. Koska tähän tutkimukseen valittiin useampi toimiala eikä tiedossa ole aikaisempia vastaavia tutkimuksia, vertailuarvoksi otettiin tutkimuksen aineiston keskiarvo. Näin saadaan tietää, miten valitut yritykset pärjäävät markkinoihin verrattuna. Koska tutkimuksen aineistoon ei saatu kaikkia pörssi- ja toimialarajauksiin sopivia yrityksiä hiilidioksidipäästötietojen vähäisyyden vuoksi, valittujen yritysten keskiarvoa käsitellään markkinoiden keskiarvona. Seuraavaksi esiteltävien muuttujien kohdalla hiilidioksidipäästöistä puhuttaessa tarkoitetaan hiilidioksidiekvivalenttipäästöjä.

#### **4.2.1 Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana**

Ensimmäisenä selitettävänä muuttujana tutkimuksessa on Figgen ja Hahnin (2013) hiilidioksiditehokkuuskaavan (7) pohjalta luotu hiilidioksiditehokkuuskerroin. Kuviossa 7 esitelly hiilidioksiditehokkuuskerroin muodostuu yrityksen hiilidioksiditehokkuuden (yrityksen liikevoitto jaettuna yrityksen hiilidioksidipäästöillä) suhteesta vertailuarvoon eli tutkimuksen kaikkien yritysten hiilidioksiditehokkuuden keskiarvoon (aineiston kaikkien yritysten liikevoiton summa jaettuna aineiston kaikkien yritysten hiilidioksidipäästöjen summalla jaettuna aineiston yritysten lukumäärällä). Hiilidioksiditehokkuuskerroin mittaa, kuinka paljon yritys tekee liikevoittoa suhteessa tuottamiinsa hiilidioksidipäästöihin vertailuarvoon verrattuna. Hiilidioksiditehokkuuskerroin valittiin tutkimuksen tarkastelukohteeksi sen aikaisemmin esitellyn taloudellisen ja ympäristöllisen merkityksen takia. Mittari, joka mittaa taloudellista ja ympäristöllistä suoriutumista, kertoo laajemmin yritysten vaikutuksesta sidosryhmiinsä kuin vain taloudellinen tai ympäristöllinen mittari. Positiivisten muuttujien ehdollisen jakautumisen heteroskedastisuutta tai vinoutta

saadaan korjattua luonnollisella logaritmilla (Wooldridge, 2012, s. 193). Aineiston normaalijakautuneisuuden parantamiseksi kaikkien yritysten hiilidioksiditehokkuuskertoimesta laskettiin luonnollinen logaritmi. Kansantalouden hiilidioksiditehokkuuden luonnollista logaritmia käyttivät esimerkiksi Liu, Song ja Song (2014) tutkimuksessaan kaupunkitiheydestä ja hiilidioksiditehokkuudesta. Myös Gudipudi, Fluschnik, Ros, Walther ja Kropp (2016) käyttivät hiilidioksiditehokkuuden luonnollista logaritmia tutkimuksessaan hiilidioksiditehokkuudesta väestön suhteen. Näin ollen tutkimuksen ensimmäiseksi selitettäväksi muuttujaksi muodostuu hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollinen logaritmi.

#### **4.2.2 Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana**

Aiemmin tutkielmassa avattiin kaavan 7 avulla hiilidioksiditehokkuuden jakautuvan kolmeen arvokomponenttiin, myyntikatteeseen, pääoman kiertonopeuteen ja hiilidioksidivipuvaikutukseen. Hiilidioksidivipuvaikutuksen arvokomponentti on hiilidioksiditehokkuuden toisen osatekijän. Hiilidioksidivipuvaikutus mittaa yrityksen suoriutumista ympäristöllisesti. Kuviossa 7 havainnollistetulla tavalla kaikille yrityksille laskettiin hiilidioksidivipuvaikutuskerroin. Yrityksen hiilidioksidivipuvaikutuskerroin muodostuu yrityksen hiilidioksidivipuvaikutuksen (yrityksen taseen loppusumma jaettuna yrityksen hiilidioksidipäästöillä) suhteesta vertailuarvoon, joka on tutkimuksen kaikkien yritysten hiilidioksidivipuvaikutuksen keskiarvoon (aineiston kaikkien yritysten taseen loppusumman summa jaettuna aineiston kaikkien yritysten hiilidioksidipäästöjen summalla jaettuna aineiston yritysten lukumäärällä). Hiilidioksidivipuvaikutuskerroin mittaa, miten yritys suoriutuu ympäristöllisesti suhteessa tutkimuksen muihin yrityksiin. Sen avulla selvitetään johtuvatko eroavaisuudet yritysten hiilidioksiditehokkuuskertoimissa niiden hiilidioksidivipuvaikutuskertoimista. Kuten edellisen selitettävän muuttujan kohdalla tehtiin, myös kaikkien yritysten hiilidioksidivipuvaikutuskertoimesta laskettiin luonnollinen logaritmi normaalijakauman parantamiseksi. Näin tulokset ovat paremmin verrattavissa muihin selitettäviin muuttujiin. Tutkimuksen toiseksi selitettäväksi muuttujaksi valittiin siis

hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollinen logaritmi, jotta saadaan selville ympäristöllisen näkökulman vaikutus yrityksen hiilidioksiditehokkuuteen.

#### **4.2.3 Pääoman tuottokertoimen luonnollinen logaritmi selitettävänä muuttujana**

Hiilidioksiditehokkuuskaavan (7) kahden ensimmäisen arvokomponentin (myyntikate ja pääoman kiertonopeus) tulosta muodostuu hiilidioksiditehokkuuden ensimmäinen osatekijä, pääoman tuotto. Pääoman tuotto, mittaa yrityksen suoriutumista taloudellisesti. Kuviossa 7 esitetyllä tavalla yrityksille muodostettiin pääoman tuottokerroin. Pääoman tuottokerroin muodostuu yrityksen pääoman tuoton (yrityksen liikevoitto jaettuna yrityksen taseen loppusummalla) suhteesta vertailuarvoon eli aineiston kaikkien yritysten pääoman tuoton keskiarvoon (aineiston kaikkien yritysten liikevoiton summa jaettuna aineiston kaikkien yritysten taseen loppusumman summalla jaettuna aineiston yritysten lukumäärällä). Pääoman tuottokerroin mittaa yrityksen taloudellista suoriutumista suhteessa vertailuarvoon. Kuten kahdessa edellisessä selitettävässä muuttujassa, pääoman tuottokertoimesta laskettiin luonnollinen logaritmi normaalijakautuneisuuden parantamiseksi sekä tulosten tulkittavuuden parantamiseksi vertailtaessa kahteen edelliseen selitettävään muuttujaan. Tutkimuksen kolmas selitettävä muuttuja on siis pääoman tuottokertoimen luonnollinen logaritmi. Sen avulla tulkitaan yritykseen taloudellisen suoriutumisen vaikutusta yrityksen hiilidioksiditehokkuuteen.

#### **4.2.4 Liikevaihdon luonnollinen logaritmi selittävänä muuttujana**

Yrityksen kokoa käytetään usein selittävänä muuttujana tutkittaessa taloudellista tehokkuutta. Usein kokoa mitataan yrityksen liikevaihdolla. Tiedossa ei ole tutkimuksia, jossa kokoa olisi käytetty hiilidioksiditehokkuuden selittävänä muuttujana. Liikevaihtoa käytetään yleisesti mittarina yrityksen koosta. Hypoteeseja käsittelevässä alaluvussa avattiin tarkemmin, miten yrityksen koolla on huomattu olevan vaikutusta yrityksen taloudelliseen kannattavuuteen ja miten parempien ekotehokkuustoimien on huomattu

korreloivan positiivisesti yrityksen taloudellisen kasvun kanssa. Näin ollen nähtiin olennaiseksi tutkia yrityksen koon suhdetta selitettäviin muuttujiin. Tässä tutkimuksessa koon selittäväksi muuttujaksi valikoitui liikevaihdon luonnollinen logaritmi. Liikevaihdosta laskettiin luonnollinen logaritmi, jotta aineisto olisi normaalijakautuneempaa. Liikevaihdon luonnollista logaritmia selittävänä muuttujana käyttivät esimerkiksi Asimakopoulos, Samitas ja Papadogonas (2009) tutkiessaan pörssiyritysten tuottavuuteen vaikuttavia tekijöitä.

#### **4.2.5 Pörssiyrityksen toimiala-dummy selittävänä muuttujana**

Toimiala valittiin tutkimukseen selittäväksi muuttujaksi. Toimialan vaikutusta taloudelliseen tehokkuuteen on tutkittu paljon (esim. Claver, Molina & Tarí, 2002) ja myös ekotehokkuudessa on huomattu vaihtelua toimialojen välillä (Wang ja muut, 2019). On siis olennaista selvittää toimialan vaikutus tutkimuksen selitettäviin muuttujiin. Toimialoja on tutkimuksessa kolme: perusteollisuus, teollisuustuotteet ja -palvelut sekä peruskulutustuotteet. Näihin toimialoihin päädyttiin niistä saatavan riittävän aineiston sekä niiden tuotantoon liittyvän luonteensa vuoksi. Kaikkien toimialojen liittyminen tuotantoon tekee niistä hyvin vertailtavia. Myös autonvalmistajat, joita Figgen ja Hahn (2013) käyttivät tutkimuksen esikuvana olevassa tutkimuksessa, liittyvät vahvasti tuotantoon. Toimialat ovat tutkimuksessa dummy-muuttujia. Dummy-muuttujia on myöhemmin esitellyissä regressiomalleissa kaksi, peruskulutustuotteet-dummy sekä teollisuustuotteet ja -palvelut -dummy. Nämä dummy-muuttujat voivat saada arvon 0 tai 1. Arvo 0 tarkoittaa, ettei yritys kuulu toimialaan ja arvo 1 tarkoittaa yrityksen kuuluvan toimialaan. Peruskulutustuotteiden toimiala ei saanut alkuperäisissä regressiomalleissa dummy-muuttujaa, sillä se on tutkimuksen vertailukohta, johon dummy-muuttujia verrataan. Tiedossa ei ole suomalaisia tutkimuksia, joissa verataan toimialan vaikutusta ekotehokkuuteen tai hiilidioksiditehokkuuteen.

### 4.3 Aineiston rajaus

Aineistossa oli alun perin 74 havaintoa. Havainnoista poistettiin ensin viisi liiketappiolista yritystä, sillä ne kuluttavat varojaan ja ympäristöä ilman rahallista tulosta. Tämän jälkeen 69 yrityksen liikevaihdosta, hiilidioksiditehokkuuskertoimesta, pääoman tuotto-kertoimesta ja hiilidioksidivipuvaikutuskertoimesta laskettiin luonnolliset logaritmit, jotta aineistosta saatiin normaalijakautuneempaa. Lopuksi havainnoista poistettiin poikkeavat arvot kaavassa 9 esitetyn Tukeyn laatikkokuvion avulla (Tukey, 1977):

$$[Q_1 - 1,5(Q_3 - Q_1), Q_3 + 1,5(Q_3 - Q_1)], \quad (9)$$

jossa  $Q_1$  on alakvartiili ja  $Q_3$  on yläkvartiili. Kaavassa ensimmäisen yhtälön alittavat tai toisen yhtälön ylittävät arvot katsotaan poikkeaviksi arvoiksi. Poikkeavien arvojen poistamiseen päädyttiin, koska aineisto ei alun perinkään vastaa kokonaisvaltaisesti markkinoita hiilidioksidiaineiston heikon saatavuuden takia. Toiset yritykset aiheuttivat suurimman osan päästöistään tutkimuksesta pois rajattuina scope 3 -päästöinä, joten niiden päästöt näyttävät pienemmiltä kuin todellisuudessa. Myös suuret yritykset ovat velvoitetumpia julkaisemaan hiilidioksidipäästöjään kuin pienet yritykset (Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU; Euroopan komission tiedoksianto 2019/C 209) ja vähemmän päästöjä aiheuttavat yritykset saattavat olla halukkaampia julkaisemaan hiilidioksidipäästönsä. Poikkeavien havaintojen poistamisella yritetään korjata näiden epäkohtien aiheuttamia virheitä aineiston normaalijakautuneisuudessa.

Havaintoja jäi poikkeavien arvojen poistamisen jälkeen 62. Jäljelle jääneistä havainnoista testattiin selittävän ja selitettävien muuttujien normaalijakaumaa Kolmogorov-Smirnovin testillä, joka sopii hyvin yli 50 havainnon aineistolle (Tähtinen, Laakkonen & Broberg, 2020, s. 98). Testien tulokset näkyvät taulukossa 2. Kaikki testit antoivat p-arvoksi yli 0,05, joten tehtyjen rajauksien jälkeen aineisto on normaalijakautunut. Taulukossa 2 ja kaikissa tätä seuraavissa taulukoissa  $\ln\text{CO}_2\text{TEH}$  tarkoittaa hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollista logaritmia,  $\ln\text{CO}_2\text{VV}$  hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollista

logaritmia, LnPOT Pääoman tuottokertoimen luonnollista logaritmia ja LnKOKO liikevaihdon luonnollista logaritmia.

**Taulukko 2.** Kolmogorov-Smirnovin testi numeerisille muuttujille.

	Kolmogorov-Smirnov Lillieforsin korjauksella		
	Testisuure	N	p-arvo
LnCO <sub>2</sub> TEH	0,108	62	0,07
LnCO <sub>2</sub> VV	0,080	62	≥0,200
LnPOT	0,084	62	≥0,200
LnKOKO	0,087	62	≥0,200

#### 4.4 Aineiston kuvailu

Taulukossa 3 esitetään selitettävien ja selittävien muuttujien tilastollisia lukuja kokonaisuudessaan ja selittäville toimialoilla jaoteltuna. Koko aineistossa mediaani ja keskiarvo ovat suhteellisen lähellä toisiaan, joten aineisto on normaalijakautunut niin kuin taulukossa 2 esitetyt testit todistivat. Aineiston toimialoista 10 yritystä toimii perusteollisuudessa, 12 yritystä peruskulutustuotteissa ja 40 yritystä teollisuustuotteissa ja -palveluissa. Yrityksistä 33 toimii Tukholman pörssissä, 20 Helsingin pörssissä ja 9 Kööpenhaminan pörssissä.

**Taulukko 3.** Selitettävien ja selittävien muuttujien tilastollisia lukuja.

Toimiala		LnCO <sub>2</sub> TEH	LnCO <sub>2</sub> VV	LnPOT	LnKOKO
Perusteollisuus	N	10	10	10	10
	Minimi	-3,893	-2,710	-1,182	12,07
	Maksimi	0,577	0,339	0,384	16,142
	Keskiarvo	-1,159	-0,884	-0,275	14,814
	Mediaani	-1,37	-0,884	-0,210	14,729
	Keskihajonta	1,273	0,861	0,507	1,214
Peruskulutustuotteet	N	12	12	12	12
	Minimi	-1,33	-0,721	-1,020	12,373
	Maksimi	2,954	2,948	0,686	16,329
	Keskiarvo	0,703	0,863	-0,161	14,356
	Mediaani	0,737	0,939	-0,089	14,016
	Keskihajonta	1,424	1,269	0,441	1,378
Teollisuustuotteet ja -palvelut	N	40	40	40	40
	Minimi	-2,693	-2,045	-1,247	11,927
	Maksimi	3,925	3,568	0,896	17,538
	Keskiarvo	1,106	1,220	-0,114	14,761
	Mediaani	1,259	1,426	-0,116	14,925
	Keskihajonta	1,443	1,318	0,484	1,309
Kaikki	N	62	62	62	62
	Minimi	-3,893	-2,710	-1,247	11,927
	Maksimi	3,925	3,568	0,896	17,538
	Keskiarvo	0,663	0,812	-0,149	14,691
	Mediaani	0,902	1,028	-0,121	14,806
	Keskihajonta	1,616	1,446	0,475	1,298

#### 4.5 Selitettävien muuttujien ja selittävän muuttujan välinen korrelaatio

Taulukosta 4 nähdään ettei selitettävillä muuttujilla tai numeraalisella selittäväällä muuttujalla ole multikollineaarisuusongelmaa, sillä Pearsonin korrelaatiokerroin on itseisarvoltaan alle 0,8. Itseisarvoltaan 0,8 ylittävät arvojen nähdään yleensä kertovan multikollineaarisuusongelmasta (Senaviratna & Cooray, 2019). Toisaalta muuttujien väliltä ei löydy merkitsevää korrelaatiota, sillä p-arvo on yli 0,05 kaikkien muuttujien välillä. Pieni

otoskoko saattaa vaikuttaa siihen, ettei merkitsevää korrelaatiota löydy. Pearsonin korrelaatiokertoimen ollessa alle 0,3 riippuvuus nähdään heikoksi tai olemattomaksi. Toisaalta myös 0,1 rajasta on puhuttu heikolle riippuvuudelle (Cohen, 1988, s. 83). (Tähtinen ja muut, 2020, s.186)

**Taulukko 4.** Selitettävien muuttujien ja selittävän muuttujan välinen korrelaatiokerroin.

		LnCO <sub>2</sub> TEH	LnPOT	LnCO <sub>2</sub> VV
LnKOKO	Pearsonin korrelaatiokerroin	0,118	0,201	0,066
	p-arvo	0,359	0,117	0,609
	N	62	62	62

#### 4.6 Tutkimuksen validiteetti ja reliabiliteetti

Validiteetilla tarkoitetaan tutkimuksen tarkoituksenmukaisuutta, mitataanko niitä asioita, joita tutkimuksessa on tarkoitus mitata. Näin ollen on olennaista valita validit muuttujat, jotta mitataan haluttuja asioita. Tässä tutkimuksessa toiseksi selittäväksi muuttujaksi valittiin liikevaihdon luonnollinen logaritmi, sillä se kertoo suoraan yrityksen toiminnan koon parantaen aineiston normaalijakaumaa. Toiseksi selittäväksi muuttujaksi valittiin toimiala. Toimialat jaoteltiin pohjoismaiden pörssien käyttämän jaon mukaan, jotta tuloksesta saadaan myös mahdollisimman vertailukelpoinen suhteessa muihin tutkimuksiin listatuista yrityksistä. (Eskola, 1981; Heale & Twycross, 2015)

Reliabiliteetti tarkoittaa tutkimuksen luotettavuutta. Onko sama tutkimus mahdollista toteuttaa uudestaan niin, että tulokset eivät muutu sattumanvaraisesti. Tilinpäätöskäytännöt ovat erittäin vakiintuneita ja tarkasti säänneltyjä pörseissä, joten taloudelliset luvut ovat hyviä reliabiliteetiltaan. Hiilidioksidipäästöt ovat myös tarkasti säänneltyjä, joten niiden muuttuvuuteen ei voida merkittävästi vaikuttaa. Pieniä muutoksia on mahdollista esiintyä edellä mainittujen scope 2 -päästöjen mittaustapojen erosta. Se valitaanko hankintaperusteinen vai sijaintiperusteinen mittaustapa voi vaikuttaa tulokseen vähän. Tutkimuksen reliabiliteettia heikentää hieman, ettei siihen saatu mukaan scope 3

-päästöjä eikä toimialojen kaikkia yrityksiä. Tulokseen voi vaikuttaa se, että hiilidioksidipäästöjen ilmoittaminen pohjoismaissa on isoja pörssiyrityksiä lukuun ottamatta vapaaehtoista. Näin ollen on teoriassa mahdollista, että mainehaitan pelossa eniten päästöjä aiheuttavat yritykset eivät julkaise tietojaan ja vain vähäpäästöisimmät yritykset julkaisevat hiilidioksidipäästönsä. Näiden lisäksi aineiston pieni koko saattaa huonontaa tutkimuksen luotettavuutta, mutta tutkimus antaa mallin tuleville eko- ja hiilidioksiditehokkuutta käsitteleville tutkimuksille. Vaikka tutkimuksessa on sen reliabiliteettia heikentäviä tekijöitä, tulokset kertovat ainakin löydettyjen vaikutusten suunnasta. (Heale & Twycross, 2015)

#### 4.7 Metodologia

Tutkimuksessa käytetään regressioanalyysiä hypoteesien ja osatutkimusongelman selvittämiseksi. Kahden jälkimmäisen regressioanalyysin avulla on tarkoitus analysoida hiilidioksiditehokkuuskertoimen regressioanalyysistä saatuja tuloksia. Menetelmä valittiin, sillä sitä on käytetty useissa ekotehokkuuden ja taloudellisen tehokkuuden tutkimuksissa. Esimerkiksi Gudipudi ja muut (2016) käyttivät lineaarista regressioanalyysiä, tutkiessaan asukastiheyden ja väestön hiilidioksiditehokkuuden välistä suhdetta. Lineaarisen regressioanalyysin avulla saadaan selville selitettävien ja selittävien muuttujien välinen yhteys. Kaava 10 on regressiomalli, jolla tutkitaan yrityksen liikevaihdon luonnollisen logaritmin, ja toimialan vaikutusta yrityksen hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnolliseen logaritmiin:

$$\ln CO_2 TEH_i = \alpha + \beta_1 \ln KOKO_i + \beta_2 PERT_i + \beta_3 TTJP_i + \varepsilon_i. \quad (10)$$

Kaavalla 11 tutkitaan yrityksen liikevaihdon luonnollisen logaritmin ja toimialan vaikutusta yrityksen hiilidioksidivuovaikutuskertoimen luonnolliseen logaritmiin:

$$\ln CO_2 VV_i = \alpha + \beta_1 \ln KOKO_i + \beta_2 PERT_i + \beta_3 TTJP_i + \varepsilon_i. \quad (11)$$

Kaavalla 12 tutkitaan yrityksen liikevaihdon luonnollisen logaritmin ja toimialan vaikutusta yrityksen pääoman tuottokertoimen luonnolliseen logaritmiin:

$$\text{LnPOT}_i = \alpha + \beta_1 \text{LnKOKO}_i + \beta_2 \text{PERT}_i + \beta_3 \text{TTJP}_i + \varepsilon_i. \quad (12)$$

Kaavoissa muuttujat ovat:

$\text{LnCO}_2\text{TEH}_i$	=	Yrityksen hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollinen logaritmi
$\text{LnCO}_2\text{VV}_i$	=	Yrityksen hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollinen logaritmi
$\text{LnPOT}_i$	=	Yrityksen pääoman tuottokertoimen luonnollinen logaritmi,
$\alpha$	=	Vakiotekijä
$\beta_n$	=	Regressiokerroin
$\text{LnKOKO}_i$	=	Yrityksen liikevaihdon luonnollinen logaritmi
$\text{PERT}_i$	=	Perusteollisuus-dummy
$\text{TTJP}_i$	=	Teollisuustuotteet ja -palvelut -dummy
$\varepsilon$	=	Residuaali.

Regressioanalyysit toteutetaan näiden kaavojen mukaan 62 havainnon aineistolla. Regressioanalyysistä saaduilla tuloksilla hylätään tai hyväksytään tutkimuksen hypoteesit sekä tulkitaan yrityksen koon ja toimialan vaikutusta sen taloudelliseen ja ympäristölliseen suoriutumiseen. Nollahypoteesi hyväksytään, jos sitä ei pystytä kumoamaan. Regressioanalyysit toteutetaan 5 % merkitsevyystasolla. Jos nollahypoteesi pystytään kumoamaan eli regressiokerroin eroaa nolasta tilastollisesti merkitsevästi (p-arvo on alle 0,05), hyväksytään vastahypoteesi. F-arvon ja sen p-arvon avulla selvitetään regressiomallien selityskykyä. Jos p-arvo on alle 0,05 ja F-arvo ylittää kriittisen arvon, voidaan todeta mallin olevan tilastollisesti merkitsevä (Wooldridge, 2012).

## 5 Regressioanalyysien tulokset

Kaikkien regressiomallien tulokset ovat taulukossa 5. Näiden tuloksien avulla tulkitaan hypoteeseja yrityksen koon ja toimialan vaikutuksesta hiilidioksiditehokkuuteen. Tuloksilla tarkastellaan myös yrityksen koon ja toimialan vaikutusta pääoman tuottoon.

**Taulukko 5.** Regressioanalyysien tulokset.

Regressioanalyysi	LnCO <sub>2</sub> TEH	LnCO <sub>2</sub> VV	LnPOT
N	62	62	62
R <sup>2</sup>	0,274	0,284	0,056
Adj. R <sup>2</sup>	0,237	0,247	0,008
F	7,314 (0,000)***	7,661 (0,000)***	1,157 (0,334)
VAKIO	-1,614 (0,436)	-0,377 (0,833)	-1,237 (0,078)
LnKOKO	0,161 (0,255)	0,086 (0,492)	0,075 (0,117)
Perusteollisuus	-1,936 (0,002)**	-1,787 (0,002)**	-0,149 (0,469)
Teollisuustuotteet ja -palvelut	0,338 (0,473)	0,322 (0,443)	0,017 (0,917)
*P-arvo on alle 0,05. Tulos on melkein merkitsevä.			
**P-arvo on alle 0,01. Tulos on tilastollisesti merkitsevä.			
***P-arvo on alle 0,001. Tulos on tilastollisesti erittäin merkitsevä.			

R<sup>2</sup>-luku kertoo regressiomallin hyvydestä, kuinka suuren osan selitettävän muuttujien vaihtelusta selitettävät muuttujat selittävät (Hagquist & Stenbeck, 1998). Taulukon 5 toisesta sarakkeesta näemme hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysillä olevan matala selitysaste, sillä R<sup>2</sup>-luku on 0,274 ja korjattu R<sup>2</sup>-luku on 0,237. 27,4 % hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin muutoksista pystytään selittämään kyseisen regressiomallin avulla. Vaikka R<sup>2</sup>-luku on matala, poikkeaa

se kuitenkin huomattavasti nolasta. Näin voimme olettaa mallin tukevan löydettyjä havaintoja. Esimerkiksi Tatsuo (2010) puhui tutkimuksessaan ekotehokkuuden vaikutuksesta pääoman tuottoon vahvasta yhteydestä lineaariselle regressiomallilleen  $R^2$ -luvun ollessa 0,360 ja korjatun  $R^2$ -luvun ollessa 0,309. Toisaalta Gudipudi ja muut (2016) saivat  $R^2$ -lukuja 0,36 ja 0,71 väliltä tutkimuksessaan hiilidioksiditehokkuudesta asukastiheyden suhteen. Tämän tutkimuksen  $R^2$ -luvut ovat edellä mainittuja tutkimuksia matalampia. Edellä mainitut tutkimukset ja tämä tutkimus eroavat kuitenkin käytettyjen muuttujien osalta. Koska tiedossa ei ole lineaarisella regressioanalyysillä tehtyjä tutkimuksia, joissa käytetään samanlaista aineistoa ei saaduista  $R^2$ -luvuista voida tehdä varmoja päätelmiä regressiomallien hyvydestä. Mallin F-arvo on 7,314 tilastollisesti erittäin merkittävästi (\*\*\*) . F-arvo ylittää kriittisen arvon, joten Wooldridgen (2012) mukaan regressiomallin selittävät muuttujat pystyvät selittämään selitettävän muuttujan vaihtelua. Regressiomallin ainoa tilastollisesti merkitsevä selittävä muuttuja on perusteollisuus-dummy arvolla -1,936. Tämä tarkoittaa, että perusteollisuuden toimialan yrityksillä hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollinen logaritmi on 1,936 heikompi kuin koko aineiston yrityksillä. Muuttujan p-arvo on alle 0,01, joten se selittää muutosta tilastollisesti merkitsevästi (\*\*).

Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressiomalli saa  $R^2$ -luvuksi 0,284 ja korjatuksi  $R^2$ -luvuksi 0,247. Malli selittää siis 28,4 % hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisesta logaritmistä. Vaikka  $R^2$ -luku ja korjattu  $R^2$ -luku ovat matalia, poikkeavat ne huomattavasti nolasta ja tukevat näin löydettyjä havaintoja.  $R^2$ -lukujen arviointia vaikeuttaa samat tekijät, kuin edellisen regressioanalyysin kohdalla. F-arvo on mallissa 7,661 tilastollisesti erittäin merkitsevästi (\*\*\*) ja ylittäen kriittisen arvon, joten regressiomallin selittävät muuttujat pystyvät selittämään hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin vaihtelua (Wooldridgen 2012). Regressiomallissa ainoa merkitsevä muuttuja on perusteollisuus-dummy arvolla -1,787 ja tilastollisesti merkitsevällä p-arvolla 0,002 (\*\*). Perusteollisuuden toimialan yrityksillä on 1,787 pienempi hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollinen logaritmi, kun tutkimuksen muilla yrityksillä.

Viimeisen regressiomallin, pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin, selitysasteet jäivät erittäin alhaisiksi  $R^2$ -luvulla 0,056 ja korjatulla  $R^2$ -luvulla 0,008. Luvut ovat niin lähellä nollaa, ettei mallin selittävät voida katsoa vaikuttavan mallin selitettävään muuttujaan. Myöskään F-testi ei ole merkitsevä eikä yksikään selittävä muuttuja ole p-arvoltaan merkitsevä. Näin ollen yksikään selittävä muuttuja ei vaikuta merkittävästi pääoman tuottokertoimen luonnolliseen logaritmiin. Tämän regressiomallin syvemmät tulkinnat jätetään tekemättä, koska malli todetaan suoraan kelpaamattomaksi mittaamaan selitettävää muuttujaa.

Perusteollisuus-dummy on regressioanalyysissä ainoa tilastollisesti merkitsevä selittäjä. Tämän takia selvitettiin myös perusteollisuuden sekä teollisuustuotteiden ja palveluiden eroa käytetyillä regressiomalleilla. Kaavoihin 10, 11 ja 12 teollisuustuotteet ja -palvelut -dummin tilalle luotiin uusi muuttuja, peruskulutustuotteet-dummy, peruskulutustuotteiden toimialan yrityksistä. Teollisuustuotteiden ja -palveluiden toimialan yritykset siirrettiin vertailukohdaksi näihin regressiomalleihin. Peruskulutustuotteissa toimivat yritykset olivat aikaisemmissa regressiomalleissa vertailukohtana. Tulokset olivat samansuuntaisia kuin perusteollisuuden ja peruskulutustuotteiden väliset regressioanalyysit. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin ja hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin ollessa selitettäviä muuttujia perusteollisuus oli erittäin merkitsevällä p-arvolla 0,000 (\*\*\*) huomattavasti molempia selitettäviä muuttujia pienentävä tekijä. Pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin ollessa selitettävä muuttuja ei löytynyt merkittävää yhteyttä.

Regressioanalyysin edellytyksenä on, että yksittäisen havaintoarvon etäisyyttä regressioanalyysin ennusteesta mittaavat residuaalit noudattavat normaalijakaumaa (Tähtinen ja muut, 2020, s. 201–202). Standardoitujen residuaalien normaalijakaumaa testattiin Kolmogorov-Smirnovin testillä Lillieforsin korjauksella. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin ja pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysien residuaalit saivat testissä p-arvoksi vähintään 0,2 ja ylittivät merkitsevyyden ylärajan 0,05, joten ne ovat testin mukaan selvästi normaalijakautuneita.

Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalit saivat testissä p-arvoksi 0,06. Arvo ylittää merkitsevyyden ylärajan, joten testin mukaan residuaalit nähdään normaalijakautuneiksi. Näin lievä ylitys voi kuitenkin indikoida poikkeavista havainnoista ja normaalijakautuneisuuden epätäydellisyydestä.

**Taulukko 6.** Kolmogorov-Smirnovin testi regressioanalyysien standardoiduille residuaaleille.

Standardoidut residuaalit	Kolmogorov-Smirnov Lillieforsin korjauksella		
	Testisuure	N	p-arvo
LnCO <sub>2</sub> TEH	0,099	62	≥0,200
LnCO <sub>2</sub> VV	0,11	62	0,06
LnPOT	0,076	62	≥0,200

Liite 2 esittää hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakaumaa histogrammilla ja kvantiilikuviolla, joka vertaa residuaalien jakaumaa teoreettiseen normaalijakaumaan (Kaakinen, Ellonen & Mattila, 2021b). Histogrammista näemme residuaalien noudattavan kohtalaisesti normaalijakaumaa lukuun ottamatta kolmea havaintoa, joiden arvo on alle miinus kaksi. Myös kvantiilikuviosta näemme residuaalien sijoittuvan teoreettisen normaalijakauman lähelle pois lukien mainitut kolme havaintoa, jotka ovat kvantiilikuviota vasenmaisimmat havainnot. Nämä havainnot havaittiin poikkeaviksi arvoiksi Tukeyn laatikkokuvion (9) avulla ja ne todennäköisesti heikentävät Kolmogorov-Smirnovin testistä saatua p-arvoa. Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin edellytykset voidaan kuitenkin todeta täytetyiksi, sillä Kolmogorov-Smirnovin testin tulos sekä histogrammin ja kvantiilikuviota muoto viittaavat residuaalien normaalijakautuneisuuteen.

Liite 1 havainnollistaa hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakaumaa histogrammilla ja kvantiilikuviolla. Histogrammista näemme kaksi havaintoa, joiden arvo on alle miinus kaksi. Nämä havainnot osoittautuivat poikkeaviksi arvoiksi Tukeyn laatikkokuvion (9) avulla ja ovat samoja havaintoja, jotka poikkeavat hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin

residuaaleissa. Ne erottuvat myös kvantiilikuviossa vasenmaisimpina havaintona poikkeamalla teoreettisesta normaalijakaumasta. Myös kaksi näitä seuraavaa havaintoa ja muutama havainto miinus yhden ja nollan välissä poikkeavat hieman teoreettisesta normaalijakaumasta. Muuten havainnot sijoittuvat lähelle teoreettista normaalijakaumaa. Näin ollen Kolmogorov-Smirnovin testin tuloksen osoittamalla tavalla voidaan todeta hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin edellytysten täyttyvän residuaalien normaalijakautuneisuudesta.

Liite 3 esittää pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakaumaa histogrammilla ja kvantiilikuviolla. Histogrammista näemme residuaalien noudattavan suhteellisen hyvin normaalijakaumaa. Myöskään Tukeyn laatiokkuvion (9) avulla ei löytynyt poikkeavia arvoja. Residuaalit noudattavat asettuvat kvantiilikuviossa pääsääntöisesti lähelle teoreettista normaalijakaumaa. Kaksi havaintoa kvantiilikuvion vasemmassa päässä, yksi havainto keskellä ja yksi havainto oikeassa päässä poikkeavat hieman teoreettisesta normaalijakaumasta. Liitteen 3 analysointi tukee Kolmogorov-Smirnovin testistä saatua tulosta, joten pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin voidaan todeta täyttävän regressioanalyysin edellytykset residuaalien osalta.

Regressioanalyysejä testattiin poistamalla kolme poikkeavaa residuaalia. Tulokset vahvistavat alkuperäisistä regressioanalyysistä saatuja selitysteiteitä samansuuntaisilla selittävien muuttujien tuloksilla. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin  $R^2$ -luku nousi 0,384:ään ja korjattu  $R^2$ -luku nousi 0,35:een. Hiilidioksidivuivaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin  $R^2$ -luku kasvoi 0,427:ään ja korjattu  $R^2$ -luku kasvoi 0,395:een. Pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin  $R^2$ -luku laski 0,051:een ja korjattu  $R^2$ -luku laski nollaan.

Regressioanalyysejä testattiin myös ilman poikkeavien arvojen poistamista. Tulokset ovat samansuuntaisia toimialojen vaikutuksesta hiilidioksiditehokkuuskertoimen ja hiilidioksidivuivaikutuskertoimen luonnollisiin logaritmeihin kuin tutkimuksen varsinaisissa

regressioanalyysissä.  $R^2$ -luku, korjattu  $R^2$ -luku ja F-arvo ovat hieman pienempiä, joten poikkeavien arvojen kanssa regressioanalyysi ei selitä vaihtelua yhtä paljon. Huomattavaa on, että perusteellisuuden toimialan yritykset olivat melkein merkitsevästi (p-arvo = 0,025) heikompia pääoman tuottokertoimen luonnollisella logaritmillä mitattuna. Liikevaihdon luonnollisella logaritmillä ei havaittu olevan yhteyttä selitettäviin muuttujiin.

## 5.1 Regressioanalyysien johtopäätöksiä

Regressioanalyysissä havaittiin perusteellisuus-dummin olevan tilastollisesti merkitsevästi hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollista logaritmia heikentävä selittävä muuttuja. Perusteellisuuden toimialan yrityksillä on siis matalampi hiilidioksiditehokkuus, verrattuna peruskulutustuotteiden sekä teollisuustuotteiden ja -palveluiden toimialojen yrityksiin. Teollisuustuotteiden ja -palveluiden sekä peruskulutustuotteiden toimialojen välillä ei ollut tilastollisesti merkitseviä eroja hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin suhteen. Tutkituista kolmesta toimialasta siis vain perusteellisuuden toimialan hiilidioksiditehokkuus eroaa muista toimialoista. Näin ollen voidaan hyväksyä  $H_{11}$ , toimialalla on vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen. Kaikki toimialat eivät siis tee yhtä hyvää taloudellista tulosta suhteessa tuottamiinsa hiilidioksidipäästöihin. Vertailtaessa tutkimuksen muihin yrityksiin perusteellisuudessa toimivat yritykset aiheuttavat enemmän hiilidioksidipäästöjä, jokaista liikevoitolla mitattua tuottamaansa euroa kohden. Tulos tukee Wangin ja muiden (2019) tekemiä havaintoja ekotehokkuuden vaihteluudesta toimialojen välillä.

Yrityksen koolla liikevaihdon luonnollisella logaritmillä mitattuna ei havaittu olevan tilastollisesti merkitsevää vaikutusta hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnolliseen logaritmiin. Täten voidaan hyväksyä  $H_{20}$ , yrityksen koolla ei ole vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen. Tämä tarkoittaa, että yritykset eivät saa koostaan etua hiilidioksiditehokkuuteen. Pienempi yritys pystyy tekemään samoilla hiilidioksidipäästöillä yhtä hyvää taloudellista tulosta kuin suurempi yritys. Vaikka Jové-Llopis ja Segarra-Blasco (2018) huomasivat pienillä ja keskisuurilla yrityksillä parempien ekotehokkuustoimien vaikuttavan

positiivisesti yrityksen taloudelliseen kasvuun, korrelaatiota ei kuitenkaan löytynyt pörs-  
siyrityksen koon ja hiilidioksiditehokkuuden väliltä. On siis mahdollisesti löydettävissä  
raja, jossa yrityksen koon ja ekotehokkuuden välinen korrelaatio pysähtyy.

Regressioanalyseissä hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin havait-  
tiin muuttuvan toimialojen välillä. Peruskulutustuotteiden sekä teollisuustuotteiden ja -  
palveluiden toimialojen väliltä ei löytynyt merkitseviä eroavaisuuksia, mutta perusteolli-  
suuden toimialan todettiin vaikuttavan negatiivisesti hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen  
luonnolliseen logaritmiin. Perusteollisuuden toimialan yritykset operoivat siis pie-  
nemällä taseella suhteessa hiilidioksidipäästöihinsä. Figgen ja Hahnin (2013) ekotehok-  
kuuskaavan mukaisesti voidaan todeta perusteollisuuden toimialan yritysten suoriutu-  
van heikosti ympäristöllisestä näkökulmasta muihin yrityksiin verrattuna. Pääoman tuot-  
tokertoimen luonnollisen logaritmin suhteen regressioanalyseissä ei löydetty tätä eroa.  
Kaikki toimialat toimivat siis taloudellisesta näkökulmasta yhtä tehokkaasti. Näin ollen  
erot hiilidioksiditehokkuudessa toimialojen välillä johtuvat eroista toimialojen ympäris-  
töllisessä suoriutumisessa. Taloudellinen suoriutuminen ei vaikuta hiilidioksiditehokkuu-  
den eroihin näiden toimialojen välillä. Jos perusteollisuuden toimialan yritykset haluavat  
saavuttaa saman hiilidioksiditehokkuuden kuin muut toimialat, eikä niiden ole mahdol-  
lista parantaa hiilidioksidivipuvaikutustaan, tulee niiden suoriutua huomattavasti parem-  
min taloudellisesti. Perusteollisuuden toimialan yritykset voivat parantaa hiilidioksidite-  
hokkuuttaan ja hiilidioksidivipuvaikutustaan Figgen ja Hahnin (2013) löytämien ekote-  
hokkuuden arvoajureiden avulla. Keskittymällä toimiin, jolla ne saavat parannettua  
myyntikatettaan ja myynninkasvuun saavat ne parannettua ympäristöllistä ja taloudel-  
lista suoriutumistaan. Myöskin sijoittamalla pääomaa toimiin, joilla saadaan pienennet-  
tyä hiilidioksidipäästöjään perusteollisuuden yritykset voivat parantaa hiilidioksiditehok-  
kuuttaan.

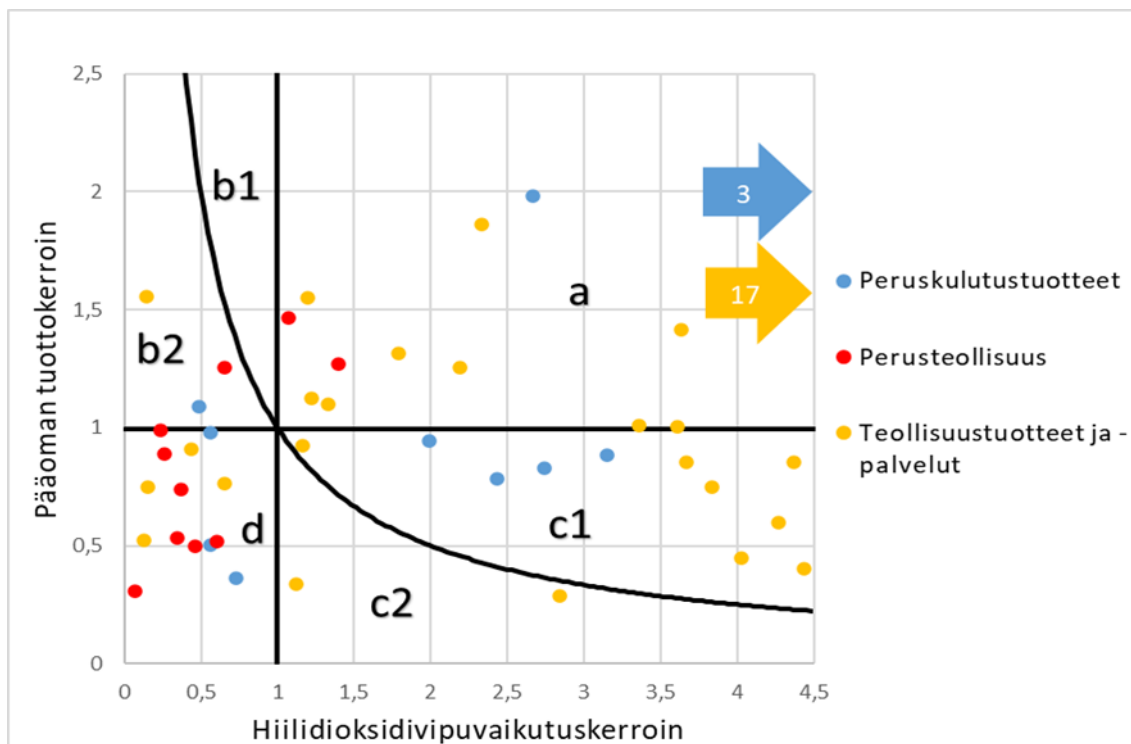
Yrityksen koolla liikevaihdon luonnollisella logaritmilla mitattuna ei havaittu olevan vai-  
kutusta hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnolliseen logaritmiin tai pääoman

tuottokertoimen luonnollisen logaritmiin. Tämä tukee hyväksyttyä hypoteesia  $H_2$ , jonka mukaan yrityksen koko ei vaikuta hiilidioksiditehokkuuteen.

Tutkimuksen päätutkimusongelmana on vaikuttaako yrityksen koko ja toimiala sen hiilidioksiditehokkuuteen. Regressioanalyysien pohjalta voidaan todeta, että yrityksen toimiala vaikuttaa sen hiilidioksiditehokkuuteen, mutta koko ei vaikuta. Tutkimuksen osatutkimusongelmana on: johtuvatko erot yritysten hiilidioksiditehokkuudessa koon ja toimialan suhteen niiden taloudellisesta tai ympäristöllisestä suoriutumisesta. Regressioanalyysien tuloksia tulkitsemalla ja vertailemalla voidaan todeta yritysten välisten hiilidioksiditehokkuuserojen johtuvan niiden ympäristöllisestä suoriutumisesta.

## 5.2 Tutkimuksen yritykset hiilidioksiditehokkuuskoordinaatistossa

Kuviossa 8 on tutkimuksen yritykset toimialoittain hiilidioksiditehokkuuskoordinaatistossa. Kuvio pohjautuu Figgen ja Hahnin (2013) esittelemään koordinaatistoon (kuvio 6). Kuviossa y-akseli kertoo yrityksen pääoman tuottokertoimen eli taloudellisen suoriutumisen ja x-akseli yrityksen hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen eli ympäristöllisen suoriutumisen. Siniset pisteet ovat yrityksiä, jotka toimivat peruskulutustuotteiden toimialalla, punaiset perusteollisuuden toimialalla ja keltaiset teollisuustuotteiden ja palveluiden toimialalla. Pystysuoran käyrän oikealla puolella olevat yritykset menestyvät vertailuarvoa paremmin ympäristöllisesti ja vaakasuoran käyrän yläpuolella olevat yritykset menestyvät vertailuarvoa paremmin taloudellisesti. Vasemmasta yläkulmasta oikeaan alakulmaan kulkeva käyrä kuvaa vertailuarvon hiilidioksiditehokkuutta ja sen yläoikealla puolella olevat yritykset toimivat hiilidioksiditehokkaammin kuin tutkimuksen yritykset keskimäärin ja ne nähdään hiilidioksiditehokkaiksi. Ne luovat enemmän liikevoittoa suhteessa tuottamiinsa hiilidioksidipäästöihin.



**Kuvio 8.** Tutkimuksen yritykset toimialoittain hiilidioksiditehokkuuskoordinaatistossa. Pohjautuen kuvioon 6 (Figge ja Hahn, 2013).

Kuvio 8 on jaettu käyrien avulla kuuteen alueeseen: a, b1, b2, c1, c2 ja d. Alueet noudattavat Figgen ja Hahnin (2013) koordinaatistoa, sillä poikkeuksella, että a-alueesta lohkaistiin b1-alue ja b-alue nimettiin b2:ksi sekä d-alueesta erottiin c2-alue ja c-alue nimettiin c1:ksi. A-alueella sijoittuvat yritykset suoriutuvat tutkimuksen muita yrityksiä tehokammin ympäristöllisesti ja taloudellisesti. B1-alueelle ei sijoittunut yrityksiä, mutta tällä alue on keskiarvoa hiilidioksiditehokkaampi. Alue jää keskiarvoa jälkeen hiilidioksidivipuvaikutuskertoimella, mutta toimii hiilidioksiditehokkaasti vahvan pääoman tuotto-kertoimen ansioista. C1-alueen yritykset jäävät muita yrityksiä jälkeen taloudellisessa suoriutumisessa, mutta toimivat hiilidioksiditehokkaasti muita yrityksiä paremman hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen avulla. Yritykset, jotka sijoittuvat b2-alueelle eivät ole hiilidioksiditehokkaita heikon ympäristöllisen suoriutumisen takia, mutta ne suoriutuvat taloudellisesti muita yrityksiä paremmin. C2-alueen yritykset häviävät hiilidioksiditehokkuudessa heikon taloudellisen suoriutumisen takia, mutta suoriutuvat ympäristöllisesti vertailuarvoa paremmin. Yritykset d-alueella ovat suoriutuvat muita yrityksiä heikommin

ympäristöllisestä ja taloudellisesta näkökulmasta ja ovat hiilidioksiditehokkuudeltaan tutkimuksen heikoimpia yrityksiä. Nuolet ilmaisevat niiden yritysten lukumäärää, jotka eivät mahtuneet kuvioon 8 erittäin vahvasta hiilidioksidivipuvaikutuskertoimestaan johtuen. Peruskulutustuotteiden toimialalla oli 3 tällaista yritystä sekä teollisuustuotteiden ja -palveluiden toimialalla 17 tällaista yritystä. Koordinaatistosta näemme perusteellisuuden toimialan yritysten sijoittuvan pääasiallisesti vertailuarvon hiilidioksiditehokkuuden alapuolelle johtuen niiden heikosta ympäristöllisestä suoriutumisesta. Kahden muun toimialan yritykset sijoittuvat pääsääntöisesti vertailuarvon hiilidioksiditehokkuuden yläpuolelle vahvan ympäristöllisen suoriutumisensa takia. Pääoman tuottokertoimella mitattuna yritykset jakautuvat tasaisemmin koordinaatistoon. Koordinaatiston havainnot tukevat regressioanalyysien tuloksia.

## 6 Yhteenveto

Ekotehokkuutta on tutkittu paljon, mutta tutkimukset ovat usein rajautuneet koskemaan vain tiettyä toimialaa ja eroavaisuuksia on tutkittu vain toimialan sisällä yritysten välillä. Tutkimukset pohjautuvat usein ekotehokkuuteen suoraan vaikuttaviin tekijöihin. Tässä tutkimuksessa haluttiin selvittää voiko tekijöillä, jotka eivät suoraan kerro ekotehokkuudesta olla vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää vaikuttaako yrityksen koko ja toimiala yrityksen hiilidioksiditehokkuuteen ja hiilidioksiditehokkuuden osatekijöihin, pääoman tuottoon ja hiilidioksidivipuvaikutukseen. Näitä mitattiin tutkimuksessa hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisella logaritmillä, pääomantuottokertoimen luonnollisella logaritmillä ja hiilidioksidivipuvaikutuksen luonnollisella logaritmillä. Yrityksen kokoa mitattiin tutkimuksessa liikevaihdon luonnollisella logaritmillä ja tutkittaviksi toimialoiksi valikoituivat perusteollisuus, teollisuustuotteet ja -palvelut sekä peruskulutustuotteet. Aineistona tutkimuksessa oli 62 yritystä Helsingin, Kööpenhaminan ja Tukholman pörseistä. Yritysten tiedot kerättiin vuodelta 2019.

Ensimmäisessä luvussa esitellään aihealueen taustaa ja merkitystä, minkä takia tutkimus on ajankohtainen sekä lopuksi kerrotaan tutkimuksen tavoitteista ja rakenteesta. Toisessa luvussa perehdytään tarkemmin ekotehokkuuteen, mahdollisiin tapoihin mitata ja tulkita ekotehokkuutta sekä vertailuarvojen merkitystä tulosten tulkinnalle. Luvussa kerrotaan ekotehokkuuden kohtaamista kritiikistä ja ekotehokkuuden mahdollistamista positiivisista ja negatiivisista vaikutuksista. Kolmannessa luvussa esitellään ekotehokkuuden ja hiilidioksiditehokkuuden arvokomponentit, osatekijät ja arvoajurit. Näiden pohjalta luvussa esitellään tutkimuksen hypoteesit sekä osatutkimusongelma laajemmin. Neljännessä luvussa kerrotaan tutkimuksen aineistosta, käytetyistä metodeista ja muuttujista sekä tutkimuksen validiteettista ja reliabiliteetista. Viides luku keskittyy tutkimustuloksiin ja niiden tulkitsemiseen.

Tutkimuksessa huomattiin toimialan vaikuttavan yrityksen hiilidioksiditehokkuuteen ja hiilidioksidivipuvaikutukseen. Perusteollisuuden toimiala pärjäsikin näillä muuttujilla huomattavasti heikommin kuin teollisuustuotteiden ja -palveluiden sekä

peruskulutustuotteiden toimialat. Perusteollisuuden toimiala suoriutuu siis ympäristöllisesti näitä kahta muuta toimialaa heikommin. Yrityksen koolla ei havaittu olevan vaikutusta yhteenkään selitettävistä muuttujista, eikä pääoman tuottoon vaikuttanut yksikään selittävä muuttuja. Näiden tulosten pohjalta tutkimusongelmaan voidaan todeta: yrityksen toimialalla on vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen, mutta yrityksen koolla ei ole vaikutusta siihen. Koska toimialalla ei ollut vaikutusta yrityksen taloudelliseen suoriutumiseen, mutta sillä oli samanlainen vaikutus ympäristölliseen suoriutumiseen ja hiilidioksiditehokkuuteen, tulkitaan hiilidioksiditehokkuuserojen johtuvan ympäristöllisestä suoriutumisesta. Näin osatutkimusongelmaan saatiin vastaus: erot hiilidioksiditehokkuudessa toimialan suhteen johtuvat ympäristöllisestä suoriutumisesta. Tulokset antavat merkittävää uutta tietoa hiilidioksiditehokkuudesta. Tiedossa ei ole aikaisempia tutkimuksia, joissa tutkitaan yrityksen koon ja toimialan vaikutusta hiilidioksiditehokkuuteen sekä niiden vaikutusta hiilidioksiditehokkuuden taloudelliseen ja ympäristölliseen näkökulmaan erikseen.

Koska, perusteollisuuden yritysten heikompi hiilidioksiditehokkuus ei johdu heikommasta pääoman tuotosta vaan heikommasta hiilidioksidivipuvaikutuksesta. Tämä kertoo mahdollisesti siitä, että perusteollisuudessa hiilidioksidipäästöjä ei pidetä yhtä merkittävänä tekijänä kuin taloudellisia muuttujia, sillä pääoman tuotto on yhtä tehokasta, mutta hiilidioksidipäästöjä aiheutetaan huomattavasti enemmän jokaista tuotettua euroa kohden. Itseisarvoltaan on jo merkitsevää, jos yritykset pystyvät toimimaan pienemmillä hiilidioksidipäästöillä, sillä hiilidioksidipäästöjen aiheuttama ilmastonmuutos on merkittävimpiä kohtaamistamme ympäristöhaasteista (Cha ja muut, 2008; Guest, 2010; Stern, 2006; Stern, 2008). Suurista päästöistä voi olla haittaa myös taloudellisesti, esimerkiksi päästökaupan tai rahoituksen kannalta. Jos päästöoikeuksien määrää vähennetään tai niiden hinta nousee, vaikuttaa tämä eniten tutkituista toimialoista perusteollisuuden liikevoittoon suhteellisesti suurempien hiilidioksidipäästöjen takia. Rahastoissa on ruvettu kiinnittämään huomiota niiden hiilijalanjäljen pienentämiseen. Esimerkiksi Suomen suurimpia rahastoja hallitseva Nordea ilmoitti alkuvuodesta 2021 pienentävänsä salkkujensa hiilidioksidipäästöjä reilusti seuraavan kymmenen vuoden aikana (Nordea

Bank Oyj, 2020). Tämä voi vaikuttaa tulevaisuudessa suurempia päästöjä aiheuttavien yritysten ja toimialojen kannattavuuteen rahoituksen vaikeutuessa, jos saastuttavampia yrityksiä huolitaan harvemmin mukaan rahastojen sijoituskohteiksi. Tämä voi myös vaikuttaa negatiivisesti näiden yritysten tuottavuuteen sijoituskohteena, sillä saastuttavampien yritysten osakkeiden vaihdanta voi vähentyä ja arvo laskea, jos potentiaalisia ostajia on markkinoilla vähemmän.

Tutkimusten tuloksien pohjalta voidaan todeta, että tulevaisuudessa tutkimuksissa sekä yritysjohdon analyysissä hiilidioksiditehokkuudesta tulee ottaa huomioon toimiala. Toimialan huomioon ottaminen on tärkeää toimialojen välisen ympäristöllisen suoriutumisen vaihtelevuuden takia. Tutkimus on toteutettu kolmella tuotantoon liittyvällä toimialalla ja pohjoismaisilla pörssiyrityksillä. Se ei ole siis vielä yleispätevä selittämään hiilidioksiditehokkuutta kaikilla toimialoilla ympäri maailman pienimmistä yrityksistä lähtien. Tulokset antavat kuitenkin viittaa mahdollisista löydettävistä havainnoista tuleviin tutkimuksiin. Näin ollen jatkotutkimukseksi sopisi laajemmalla aineistolla ja suuremmalla määrällä toimialoja toteutettu tutkimus, jossa käytettäisiin samoja selitettäviä muuttujia. Myös selittävien tekijöiden joukkoa voisi laajentaa. Esimerkiksi yrityksen ympäristöstrategian laatu ja laajuus, yrityksen maantieteellinen sijainti, tuotannossa käytetyt menetelmät sekä päästöjen raportointi ja sen pakollisuus, voisivat toimia hiilidioksiditehokkuutta selittävinä tekijöinä. Siten kartoitettaisiin yhä enemmän tekijöitä, joihin yritykset ja lainsäädäntö voivat vaikuttaa pyrkiessään ekotehokkuuteen ja hiilidioksiditehokkuuteen. Havaittujen erojen pohjalta olisi myös hyödyllistä lähteä kehittämään kaavoja, joiden avulla voidaan pyrkiä minimoimaan toimialan aiheuttamat vaikutukset ekotehokkuuden tutkimuksissa.

## Lähteet

- Abukhader, S. M. (2008). Eco-efficiency in the era of electronic commerce – should ‘Eco-Effectiveness’ approach be adopted? *Journal of Cleaner Production*, 16(7), 801–808. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2007.04.001>
- Alves, J.L.S. & Dumke De Medeiros, D. (2015). Eco-efficiency in micro-enterprises and small firms: a case study in the automotive services sector. *Journal of Cleaner Production*, 108, 595–602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.07.063>
- Asimakopoulou, I., Samitas, A. & Papadogonas, T. (2009). Firm-specific and economy wide determinants of firm profitability. *Managerial Finance*, 35(11), 930–939. <https://doi.org/10.1108/03074350910993818>
- Bennett, M. & James, P. (1997). Environment-related management accounting: current practice and future trends. *Greener Management International*, 17, 32–51.
- Berkhout, P. H., Muskens, J. C. & Velthuisen, J.W. (2000). Defining the rebound effect. *Energy Policy*, 28(6–7), 425–432. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(00\)00022-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(00)00022-7)
- Bhattacharjee, A. (2012). *Social Science Research: Principles, Methods, and Practices* (2nd edition). CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Binswanger, M. (2001). Technological progress and sustainable development: what about the rebound effect? *Ecological Economics*, 36(1), 119–132. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(00\)00214-7](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(00)00214-7)
- Brattebø, H. (2005). Toward a Methods Framework for Eco-efficiency Analysis? *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 9–11. <https://doi.org/10.1162/108819805775247837>
- Buckley, P. J., Dunning, J. H. & Fearce, R. D. (1984). An Analysis of the Growth and Profitability of the World’s Largest Firms 1972 to 1977. *Kyklos*, 37(1), 3–26. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6435.1984.tb00738.x>
- Burritt, R. L., Hahn, T. & Schaltegger, S. (2002). Towards a Comprehensive Framework for Environmental Management Accounting - Links Between Business Actors and Environmental Management Accounting Tools. *Australian Accounting Review*, 12(28), 39–50. <https://doi.org/10.1111/j.1835-2561.2002.tb00202.x>

- Burritt, R. L. & Saka, C. (2006). Environmental management accounting applications and eco-efficiency: case studies from Japan. *Journal of Cleaner Production*, 14(14), 1262–1275. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.08.012>
- Burritt, R. & Schaltegger, S. (2001). Eco-efficiency in corporate budgeting. *Environmental Management and Health*, 12(2), 158–174. <https://doi.org/10.1108/09566160110389924>
- Caiado, R. G. G., de Freitas Dias, R., Mattos, L. V., Quelhas, O. L. G. & Leal Filho, W. (2017). Towards sustainable development through the perspective of eco-efficiency - A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 165, 890–904. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.166>
- Callens, I. & Tyteca, D. (1999). Towards indicators of sustainable development for firms. *Ecological Economics*, 28(1), 41–53. [https://doi.org/10.1016/s0921-8009\(98\)00035-4](https://doi.org/10.1016/s0921-8009(98)00035-4)
- Cha, K., Lim, S. & Hur, T. (2008). Eco-efficiency approach for global warming in the context of Kyoto Mechanism. *Ecological Economics*, 67(2), 274–280. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2007.09.016>
- Ciroth, A. (2009). Cost data quality considerations for eco-efficiency measures. *Ecological Economics*, 68(6), 1583–1590. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2008.08.005>
- Claver, E., Molina, J. & Tarí, J. (2002). Firm and Industry Effects on Firm Profitability: *European Management Journal*, 20(3), 321–328. [https://doi.org/10.1016/s0263-2373\(02\)00048-8](https://doi.org/10.1016/s0263-2373(02)00048-8)
- Cohen, J. (1988). *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences* (2nd ed.). Routledge.
- Côté, R., Booth, A. & Louis, B. (2006). Eco-efficiency and SMEs in Nova Scotia, Canada. *Journal of Cleaner Production*, 14(6–7), 542–550. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2005.07.004>
- Damodaran, A. (2007). Return on Capital (ROC), Return on Invested Capital (ROIC) and Return on Equity (ROE): Measurement and Implications. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.1105499>

- de Burgos Jiménez, J. & Céspedes Lorente, J. J. (2001). Environmental performance as an operations objective. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(12), 1553–1572. <https://doi.org/10.1108/01443570110410900>
- de Ron, A. J. (1998). Sustainable production: The ultimate result of a continuous improvement. *International Journal of Production Economics*, 56–57, 99–110. [https://doi.org/10.1016/s0925-5273\(98\)00005-x](https://doi.org/10.1016/s0925-5273(98)00005-x)
- DeSimone, L.D. & Popoff, F. (1998). *Eco-efficiency. The Business Link to Sustainable Development*. MIT Press.
- Dyllick, T. & Hockerts, K. (2002). Beyond the business case for corporate sustainability. *Business Strategy and the Environment*, 11(2), 130–141. <https://doi.org/10.1002/bse.323>
- Elkington, J. (1998). Partnership from cannibals with forks: the triple bottom line of 21st century business. *Environmental Quality Management*, 8(1), 37–51. <https://doi.org/10.1002/tqem.3310080106>
- Eskola, A. (1981). *Sosiologian tutkimusmenetelmät I*. WSOY.
- Euroopan komission tiedoksianto 2019/C 209
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU
- Figge, F. (2001). Environmental Value Added—Ein neues Maß zur Messung der Öko-Effizienz. *Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung*, 14, 184–197.
- Figge, F. (2005). Value-based environmental management. From environmental shareholder value to environmental option value. *Corporate Social Responsibility and Environmental Management*, 12(1), 19–30. <https://doi.org/10.1002/csr.74>
- Figge, F. & Hahn, T. (2004). Sustainable Value Added—measuring corporate contributions to sustainability beyond eco-efficiency. *Ecological Economics*, 48(2), 173–187. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2003.08.005>
- Figge, F. & Hahn, T. (2005). The Cost of Sustainability Capital and the Creation of Sustainable Value by Companies. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 47–58. <https://doi.org/10.1162/108819805775247936>
- Figge, F. & Hahn, T. (2008). Sustainable investment analysis with the sustainable value approach a plea and a methodology to overcome the instrumental bias in socially

- responsible investment research. *Progress in Industrial Ecology, An International Journal*, 5(3), 255. <https://doi.org/10.1504/pie.2008.019128>
- Figge, F. & Hahn, T. (2009). Not measuring sustainable value at all: A response to Kuosmanen and Kuosmanen. *Ecological Economics*, 69(2), 244–249. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.08.003>
- Figge, F. & Hahn, T. (2013). Value drivers of corporate eco-efficiency: Management accounting information for the efficient use of environmental resources. *Management Accounting Research*, 24(4), 387–400. <https://doi.org/10.1016/j.mar.2013.06.009>
- Figge, F., Young, W. & Barkemeyer, R. (2014). Sufficiency or efficiency to achieve lower resource consumption and emissions? The role of the rebound effect. *Journal of Cleaner Production*, 69, 216–224. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.01.031>
- Freeman, M.A., Haveman, R.H. & Kneese, A.V. (1973). *The Economics of Environmental Policy*. John Wiley & Sons.
- Friedman M. (1970). The social responsibility of business is to increase profits. *The New York Times Magazine*, 13.
- FTSE Russell. (2020). *Industry Classification Benchmark (Equity) (v3.6)*. Noudettu 2021-03-03 osoitteesta: [https://research.ftserussell.com/products/downloads/ICB\\_Rules\\_new.pdf](https://research.ftserussell.com/products/downloads/ICB_Rules_new.pdf)
- Gladwin, T. N., Krause, T. S. & Kennelly, J. J. (1995). Beyond eco-efficiency: Towards socially sustainable business. *Sustainable Development*, 3(1), 35–43. <https://doi.org/10.1002/sd.3460030105>
- Green, D. I. (1894). Pain-Cost and Opportunity-Cost. *The Quarterly Journal of Economics*, 8(2), 218. <https://doi.org/10.2307/1883711>
- Greening, L. A., Greene, D. L. & Difiglio, C. (2000). Energy efficiency and consumption — the rebound effect — a survey. *Energy Policy*, 28(6–7), 389–401. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(00\)00021-5](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(00)00021-5)
- Gudipudi, R., Fluschnik, T., Ros, A. G. C., Walther, C. & Kropp, J. P. (2016). City density and CO2 efficiency. *Energy Policy*, 91, 352–361. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2016.01.015>

- Guest, R. (2010). The economics of sustainability in the context of climate change: An overview. *Journal of World Business*, 45(4), 326–335. <https://doi.org/10.1016/j.jwb.2009.08.008>
- Hagquist, C. & Stenbeck, M. (1998). Goodness of Fit in Regression Analysis –R<sup>2</sup> and G<sup>2</sup> Reconsidered. *Quality and Quantity*, 32(3), 229–245. <https://doi.org/10.1023/a:1004328601205>
- Hahn, T., Figge, F. & Barkemeyer, R. (2007). Sustainable Value creation among companies in the manufacturing sector. *International Journal of Environmental Technology and Management*, 7(5–6), 496. <https://doi.org/10.1504/ijetm.2007.015627>
- Hahn, T., Figge, F., Liesen, A. & Barkemeyer, R. (2010). Opportunity cost based analysis of corporate eco-efficiency: A methodology and its application to the CO<sub>2</sub>-efficiency of German companies. *Journal of Environmental Management*, 91(10), 1997–2007. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.05.004>
- Hart, S. & Milstein, M. (2003). Creating sustainable value. *Academy of Management Executive* 17(2), 56–67. <https://doi.org/10.5465/ame.2003.10025194>
- Hawawini, G., Subramanian, V. & Verdin, P. (2002). Is performance driven by industry- or firm-specific factors? A new look at the evidence. *Strategic Management Journal*, 24(1), 1–16. <https://doi.org/10.1002/smj.278>
- Heale, R. & Twycross, A. (2015). Validity and reliability in quantitative studies. *Evidence Based Nursing*, 18(3), 66–67. <https://doi.org/10.1136/eb-2015-102129>
- Helminen, R.-R. (2000). Developing tangible measures for eco-efficiency: the case of the Finnish and Swedish pulp and paper industry. *Business Strategy and the Environment* 9(3), 196–210. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0836\(200005/06\)9:3<196::AID-BSE240>3.0.CO;2-O](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0836(200005/06)9:3<196::AID-BSE240>3.0.CO;2-O)
- Herring, H. & Roy, R. (2002). Sustainable services, electronic education and the rebound effect. *Environmental Impact Assessment Review*, 22(5), 525–542. [https://doi.org/10.1016/s0195-9255\(02\)00026-4](https://doi.org/10.1016/s0195-9255(02)00026-4)

- Herring, H. & Roy, R. (2007). Technological innovation, energy efficient design and the rebound effect. *Technovation*, 27(4), 194–203. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2006.11.004>
- Hoffmann, V. H. & Busch, T. (2008). Corporate Carbon Performance Indicators. *Journal of Industrial Ecology*, 12(4), 505–520. <https://doi.org/10.1111/j.1530-9290.2008.00066.x>
- Horngren, C.T., Foster, G. & Datar, S.M. (2000). *Cost Accounting: A Managerial Emphasis* (2nd Canadian). Prentice-Hall.
- Huppes, G. & Ishikawa, M. (2005a). Eco-efficiency and Its Terminology. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 43–46. <https://doi.org/10.1162/108819805775247891>
- Huppes, G. & Ishikawa, M. (2005a). A Framework for Quantified Eco-efficiency Analysis. *Journal of Industrial Ecology*, 9(4), 25–41. <https://doi.org/10.1162/108819805775247882>
- Huppes, G. & Ishikawa, M. (2009). Eco-efficiency guiding micro-level actions towards sustainability: Ten basic steps for analysis. *Ecological Economics*, 68(6), 1687–1700. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.01.007>
- Jevons, W.S. (1866). *The Coal Question* (2nd edition). Macmillan.
- Jónsson, B. (2007). Does the size matter? The relationship between size and profitability of Icelandic firms. *Bifröst Journal of Social Science*, 1, 43–55.
- Jové-Llopis, E. & Segarra-Blasco, A. (2018). Eco-Efficiency Actions and Firm Growth in European SMEs. *Sustainability*, 10(1), 281. <https://doi.org/10.3390/su10010281>
- Jung, T. Y., La Rovere, E. L., Gaj, H., Shukla, P. & Zhou, D. (2000). Structural Changes in Developing Countries and Their Implication for Energy-Related CO<sub>2</sub> Emissions. *Technological Forecasting and Social Change*, 63(2–3), 111–136. [https://doi.org/10.1016/s0040-1625\(99\)00052-9](https://doi.org/10.1016/s0040-1625(99)00052-9)
- Kaakinen, M., Ellonen, N. & Mattila, M. (2021a). *Regressioanalyysi*. Kvantitatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Noudettu 2021-05-01 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/regressio/analyysi/>

- Kaakinen, M., Ellonen, N. & Mattila, M. (2021b). *Regressiomallin arviointi*. Kvanti-tatiivisen tutkimuksen verkkokäsikirja. Noudettu 2021-05-01 osoitteesta <https://www.fsd.tuni.fi/fi/palvelut/menetelmaopetus/kvanti/regressio/arviointi/>
- Kartikasari, D. & Merianti, M. (2016). The Effect of Leverage and Firm Size to Profitability of Public Manufacturing Companies in Indonesia. *International Journal of Economics and Financial Issues*, 6(2), 409–413.
- Keown, A. J., Martin, J. D. & Petty, W. J. (2007). *Foundations of Finance: The Logic and Practice of Financial Management* (6th ed.). Pearson College Div.
- Kleindorfer, P. R., Singhal, K. & Wassenhove, L. N. (2009). Sustainable Operations Management. *Production and Operations Management*, 14(4), 482–492. <https://doi.org/10.1111/j.1937-5956.2005.tb00235.x>
- Koellner, T., Weber, O., Fenchel, M. & Scholz, R. (2005). Principles for sustainability rating of investment funds. *Business Strategy and the Environment*, 14(1), 54–70. <https://doi.org/10.1002/bse.423>
- Kolk, A. & Mauser, A. (2002). The evolution of environmental management: from stage models to performance evaluation. *Business Strategy and the Environment*, 11(1), 14–31. <https://doi.org/10.1002/bse.316>
- Lamberton, G. (2005). Sustainability accounting—a brief history and conceptual framework. *Accounting Forum*, 29(1), 7–26. <https://doi.org/10.1016/j.acfor.2004.11.001>
- Leibenstein, H. (1966). Allocative Efficiency vs. X-Efficiency. *American Economic Review*, 56(3), 392–415.
- Liu, Y., Song, Y. & Song, X. (2014). An empirical study on the relationship between urban compactness and CO2 efficiency in China. *Habitat International*, 41, 92–98. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2013.07.005>
- López, R. E., Anríquez, G. & Gulati, S. (2007). Structural change and sustainable development. *Journal of Environmental Economics and Management*, 53(3), 307–322. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2006.10.003>

- Marshall, R. S. & Brown, D. (2003). Corporate environmental reporting: what's in a metric? *Business Strategy and the Environment*, 12(2), 87–106. <https://doi.org/10.1002/bse.354>
- Martin, J.D. & Petty, J.W. (2000). *Value Based Management: The Corporate Response to the Shareholder Revolution*. Oxford University Press.
- McIntyre, R. J. & Thornton, J. R. (1978). On the environmental efficiency of economic systems. *Soviet Studies*, 30(2), 173–192. <https://doi.org/10.1080/09668137808411179>
- McSweeney, B. (2007). The pursuit of maximum shareholder value: Vampire or Viagra? *Accounting Forum*, 31(4), 325–331. <https://doi.org/10.1016/j.acfor.2007.09.001>
- Milne, M. J. (1996). On sustainability; the environment and management accounting. *Management Accounting Research*, 7(1), 135–161. <https://doi.org/10.1006/mare.1996.0007>
- Modigliani, F. & Miller, M.H. (1958). The cost of capital, corporation finance and the theory of investment. *American Economic Review*, 48(3), 261-297.
- MOE (2004). *Environmental reporting guideline 2003*. Japan Ministry of Environment.
- Nath, B., Hens, L., Compton, P. & Devuyt D. (1998). *Environmental Management In Practise: Volume I*. Routledge
- Nilsson, M., Varnäs, A., Kehler Siebert, C., Nilsson, L.J., Nykvist, B. & Ericsson, K. (2009). *A European Eco-efficient Economy: Governing Climate, Energy and Competitiveness: Report for the 2009 Swedish Presidency of the Council of the European Union*. SEI. Noudettu 2017-11-19 osoitteesta <http://www.sei-international.org/publications?pid=1241>
- Niresh, J. A. & Velnampy, T. (2014). Firm Size and Profitability: A Study of Listed Manufacturing Firms ed Manufacturing Firms in Sri Lanka. *International Journal of Business and Management*, 9(4). <https://doi.org/10.5539/ijbm.v9n4p57>
- Nordea Bank Oyj. (2020). *Fourth quarter and full-year results 2020*. Noudettu 27.2.2021 osoitteesta <https://www.nordea.com/Images/35-392009/investor-presentation-q4-2020.pdf>

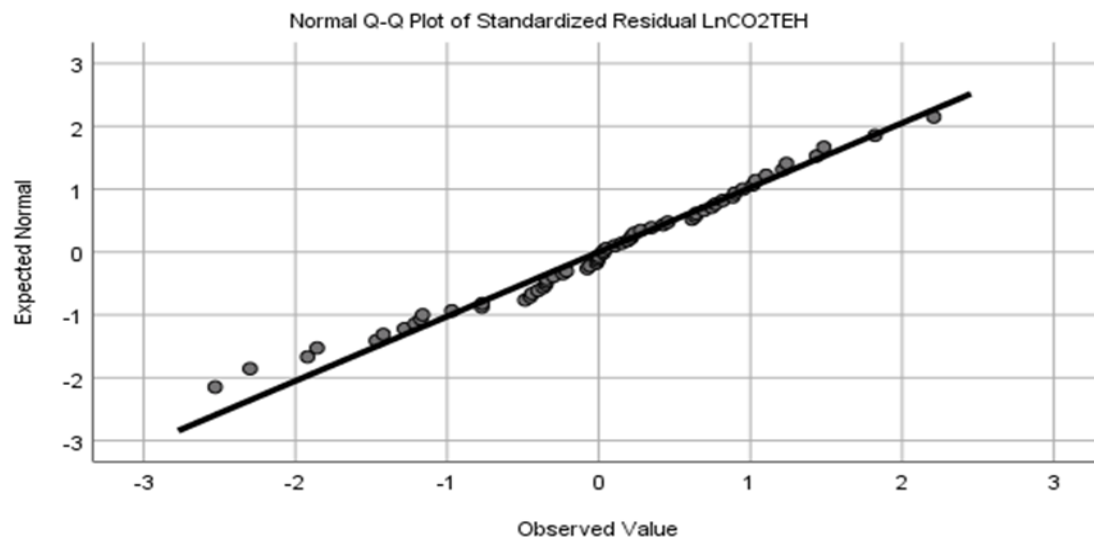
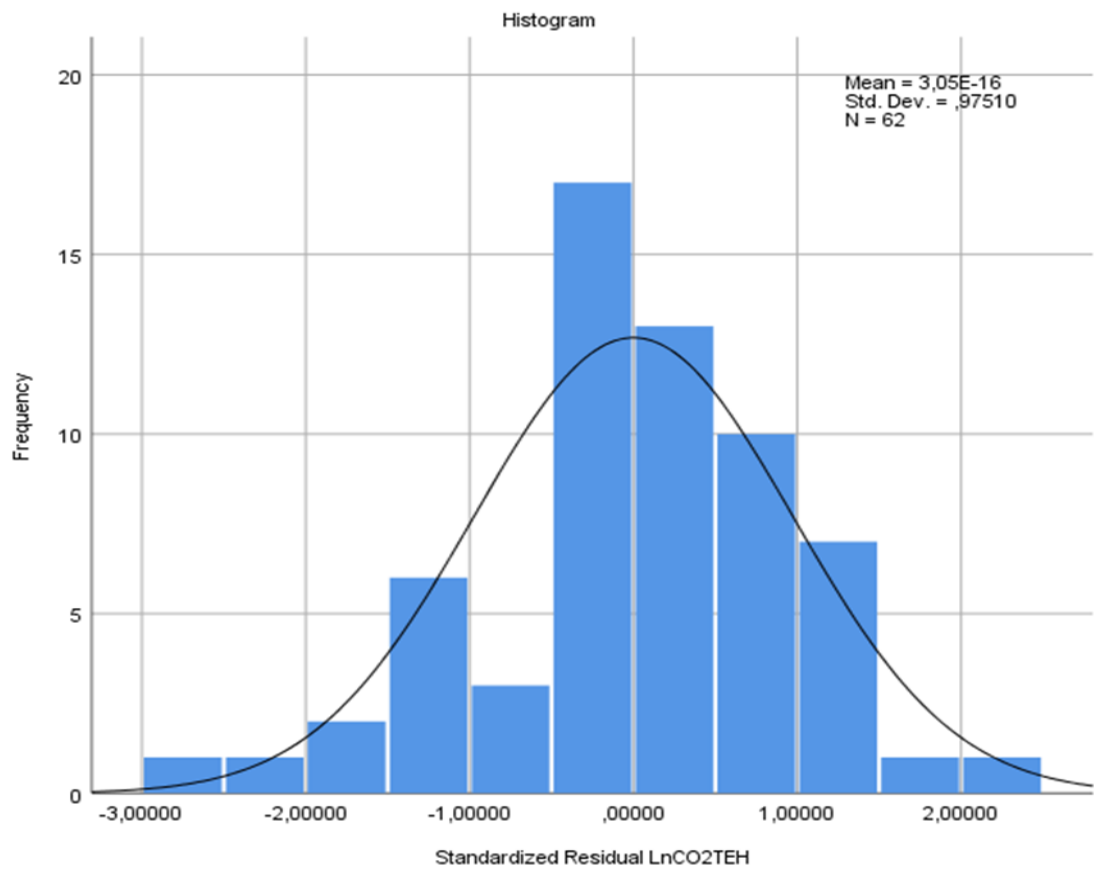
- OECD (2008). *Eco-efficiency*. OECD Publishing.
- Orsato, R. (2006). Competitive environmental strategies: when does it pay to be green? *Strategic Direction*, 22(8). <https://doi.org/10.1108/sd.2006.05622had.003>
- Passetti, E. & Tenucci, A. (2016). Eco-efficiency measurement and the influence of organisational factors: evidence from large Italian companies. *Journal of Cleaner Production*, 122, 228–239. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.035>
- Pohjola, M. (2012). *Taloustieteen Oppikirja*. (7. uudistettu painos) Sanoma Pro Oy.
- Porter, M.E. & van der Linde, C. (1995). Green and competitive: ending the stalemate. *Harvard Business Review* 73 (5), 120–134.
- Pujari, D. (2006). Eco-innovation and new product development: understanding the influences on market performance. *Technovation*, 26(1), 76–85. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2004.07.006>
- Rappaport, A. (1986). *Creating Shareholder Value. The New Standard For Business Performance*. The Free Press.
- Reijnders, L. (1998). The Factor X Debate: Setting Targets for Eco-Efficiency. *Journal of Industrial Ecology*, 2(1), 13–22. <https://doi.org/10.1162/jiec.1998.2.1.13>
- Saling, P., Kicherer, A., Dittrich-Krämer, B., Wittlinger, R., Zombik, W., Schmidt, I., Schrott, W. & Schmidt, S. (2002). Eco-efficiency analysis by basf: the method. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 7(4), 203–218. <https://doi.org/10.1007/bf02978875>
- Salman, A. K. & Yazdanfar, D. (2012). Profitability in Swedish Micro Firms: A Quantile Regression Approach. *International Business Research*, 5(8). <https://doi.org/10.5539/ibr.v5n8p94>
- Sarkis, J. (2001). Manufacturing's role in corporate environmental sustainability - Concerns for the new millennium. *International Journal of Operations & Production Management*, 21(5/6), 666–686. <https://doi.org/10.1108/01443570110390390>
- Schaltegger, S. & Burritt, R. (2000). *Contemporary Environmental Accounting: Issues, Concepts and Practice*. Greenleaf.
- Schaltegger, S., Müller, K. & Hindrichsen, H. (1996). *Corporate Environmental Accounting*. John Wiley & Sons.

- Schaltegger, S. & Sturm, A. (1992). *Ökologieorientierte Entscheidungen in Unternehmen: ökologisches Rechnungswesen statt Ökobilanzierung; Notwendigkeit, Kriterien, Konzepte*. Haupt.
- Schaltegger, S. & Synnestvedt, T. (2002). The link between 'green' and economic success: environmental management as the crucial trigger between environmental and economic performance. *Journal of Environmental Management*, 65(4), 339–346. <https://doi.org/10.1006/jema.2002.0555>
- Schmidheiny, S. (1992). *Changing Course: A Global Business Perspective on Development and the Environment*. MIT Press.
- Senaviratna, N. A. M. R. & Cooray, T. M. J. A. (2019). Diagnosing Multicollinearity of Logistic Regression Model. *Asian Journal of Probability and Statistics*, 5(2), 1–9. <https://doi.org/10.9734/ajpas/2019/v5i230132>
- Short, J. C., McKelvie, A., Ketchen, D. J. & Chandler, G. N. (2009). Firm and industry effects on firm performance: A generalization and extension for new ventures. *Strategic Entrepreneurship Journal*, 3(1), 47–65. <https://doi.org/10.1002/sej.53>
- Sotos, M. (2015). *GHG Protocol Scope 2 Guidance*. World Resources Institute.
- Stern, J. M., Stewart, G. B. & Chew, D. H. (1996). Eva<sup>®</sup>: An integrated financial management system. *European Financial Management*, 2(2), 223–245. <https://doi.org/10.1111/j.1468-036x.1996.tb00039.x>
- Stern, N. (2006). *Review on the economics of climate change*. HM Treasury.
- Stern, N. (2008). The economics of climate change. *American Economic Review* 98(2), 1–37. <https://doi.org/10.1257/aer.98.2.1>
- Stewart, G.B. (1991). *The Quest For Value. The EVA Management Guide*. HarperBusiness.
- Sturm, A., Müller, K. & Upasena, S. (2003). *A Manual for Preparers and Users of Eco-efficiency Indicators: Conceptual Framework and Guidelines*. United Nations Conference on Trade and Development.
- Tatsuo, K. (2010). An analysis of the eco-efficiency and economic performance of Japanese companies. *Asian Business & Management*, 9(2), 209–222. <https://doi.org/10.1057/abm.2010.3>

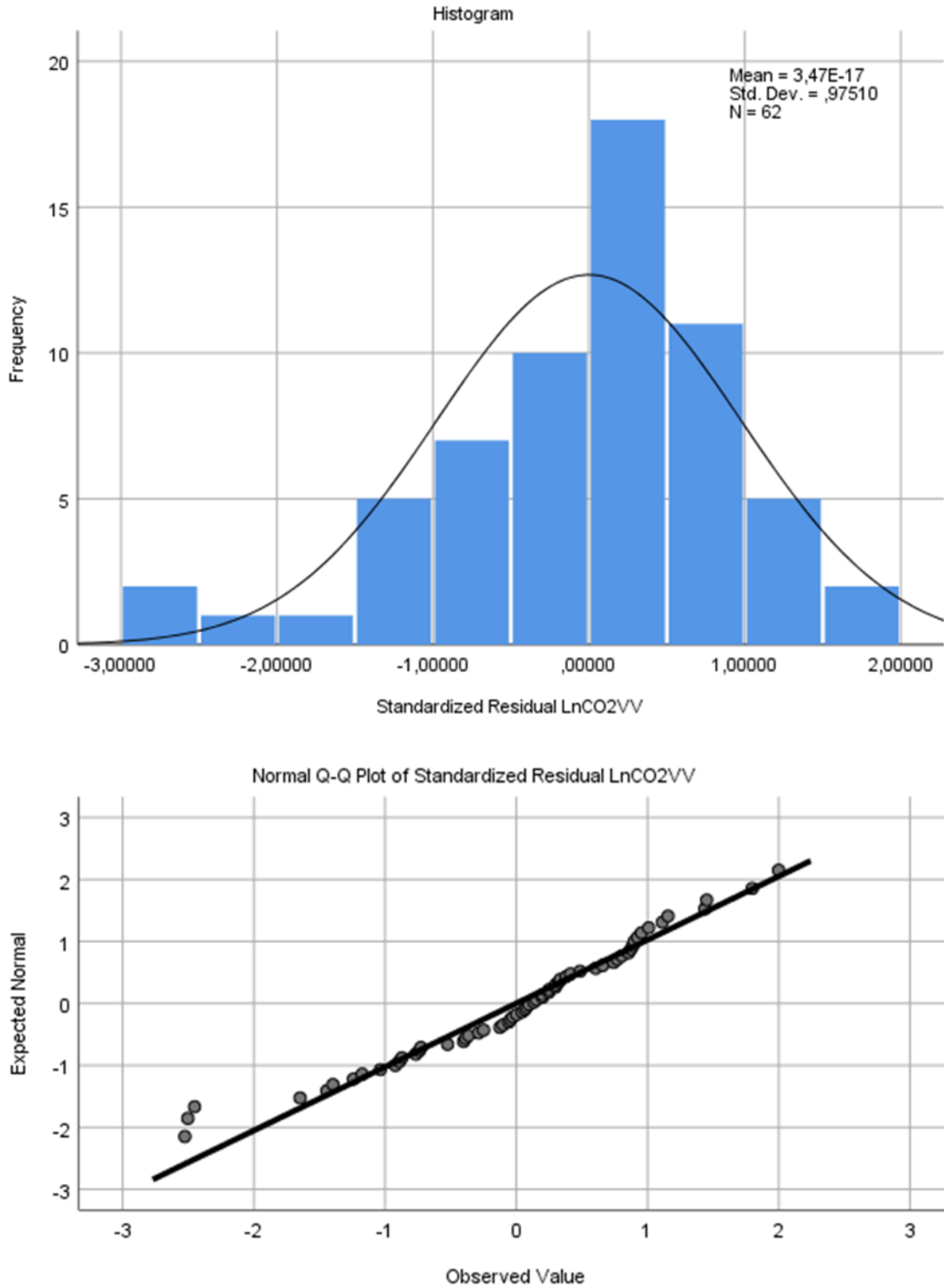
- The Greenhouse Gas Protocol (2004). *A Corporate Accounting and Reporting* (Standard Revised Edition). World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development.
- Tukey, J. W. (1977). *Exploratory Data Analysis* (1st edition). Addison-Wesley Pub. Co.
- Tähtinen, J., Laakkonen, E. & Broberg, M. (2020). *Tilastollisen aineiston käsittelyn ja tulkinnan perusteita* (2. uudistettu painos.). Turun yliopiston kasvatustieteiden laitos. Noudettu 2021-04-21 osoitteesta: [https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/149687/Tilastollisen\\_aineiston\\_k%C3%A4sittelyn\\_ja\\_tulkinnan\\_perusteita\\_2020.pdf](https://www.utupub.fi/bitstream/handle/10024/149687/Tilastollisen_aineiston_k%C3%A4sittelyn_ja_tulkinnan_perusteita_2020.pdf)
- von Weizsäcker, E., Lovins, A. & Lovins, L. (1997). *Factor Four Doubling Wealth, Halving Resource Use*. Earthscan Publications Limited.
- Wang, X., Ding, H. & Liu, L. (2019). Eco-efficiency measurement of industrial sectors in China: A hybrid super-efficiency DEA analysis. *Journal of Cleaner Production*, 229, 53–64. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.014>
- World Business Council for Sustainable Development (2000). *Measuring Ecoefficiency: a Guide to Reporting Company Performance*. World Business Council for Sustainable Development.
- Welford R. (1997). *Hijacking environmentalism. Corporate responses to sustainable development*. Earthscan.
- Wooldridge, J. M. (2012). *Introductory Econometrics: A Modern Approach* (5th edition). Cengage Learning.
- Yazdanfar, D. (2013). Profitability determinants among micro firms: evidence from Swedish data. *International Journal of Managerial Finance*, 9(2), 151–160. <https://doi.org/10.1108/17439131311307565>
- Young, W. & Tilley, F. (2006). Can businesses move beyond efficiency? The shift toward effectiveness and equity in the corporate sustainability debate. *Business Strategy and the Environment*, 15(6), 402–415. <https://doi.org/10.1002/bse.510>

## Liitteet

### Liite 1. Hiilidioksiditehokkuuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakauma



## Liite 2. Hiilidioksidivipuvaikutuskertoimen luonnollisen logaritmin regressioanalyysin residuaalien jakauma



### Liite 3. Pääoman tuottokertoimen luonnollisen logaritmin regressio- analyysin residuaalien jakauma

