

Mikä selittää Suomen teollisuuden kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen?



Natalia Kuosmanen

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
natalia.kuosmanen@etla.fi

Terhi Maczulskij

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos
terhi.maczulskij@etla.fi

Suosittelava lähdeviittaus:

Kuosmanen, Natalia & Maczulskij, Terhi (13.12.2022). ”Mikä selittää Suomen teollisuuden kasvihuonekaasupäästöjen vähenemisen?”.

ETLA Muistio No 117.

<https://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-117.pdf>

Tiivistelmä

Energiaintensiivinen teollisuus on yksi suurimmista kasvihuonekaasupäästöjen lähteistä Suomessa: sen osuus kokonaispäästöistä oli 23 prosenttia vuonna 2020. Viimeisen 20 vuoden aikana teollisuuden päästöt vähenivät 18 miljoonasta tonnista 11 miljoonaan tonniin, eli keskimäärin noin 2 prosenttia vuodessa. Mitkä olivat keskeisimmät selittävät tekijät päästöjen kehityksessä? Ovatko teollisuuden rakennemuutos ja yritysten uudistuminen vaikuttaneet kasvihuonekaasupäästöjen vähentymiseen ja siten ilmastomuutoksen hillitsemiseen? Vastataksemme näihin kysymyksiin analysoimme teollisuuden hiilituottavuuden kasvua ja eri osatekijöiden vaikutusta.

Tulosten perusteella toimintaansa jatkaneet yritykset olivat hiilituottavuuden kasvun tärkein veturi vuosina 2000–2019. Yritysten syntyminen ja lopettaminen on osa toimialojen rakennemuutosta. Niiden vaikutus teollisuuden hiilituottavuuden kasvuun oli kuitenkin negatiivinen. Tämä viittaa siihen, että osa tehokkaimmista yrityksistä oli jostain syystä kannattamattomia ja poistui markkinoilta. Lisäksi kasvihuonekaasupäästöjen kohdentuminen yritysten kesken näyttää olevan tehotonta. Päästöjen kohdentumisen vaikutus hiilituottavuuden kasvuun oli negatiivinen. Se tarkoittaa, että päästöt kohdentuivat saastuttavimpiin yrityksiin ja päästöjen vähentäminen tapahtui jo ennestään vähäpäästöisten yritysten toimesta. Lisäksi hiilituottavuus kulkee käsi kädessä työn tuottavuuden kanssa, mutta suhde kilpailukykyyn on päinvastainen.

Abstract

What Explains the Reduction of Greenhouse Gas Emissions of the Finland's Manufacturing Sector?

Energy-intensive industry is one of the largest sources of greenhouse gas emissions in Finland: its share in the total emissions was 23 percent in 2020. During the last 20 years, industrial emissions decreased from 18 million tons to 11 million tons, or on average approximately 2 percent per year. Which characteristics explain the evolution of emissions? Does the structural change in manufacturing sector and the renewal of companies affect the reduction of greenhouse gas emissions, and thus the mitigation of climate change? To answer these questions, we analyze the carbon productivity growth and the impacts of its components.

Based on our results, continuing manufacturing firms were the main drivers of carbon productivity growth of the manufacturing sector in the period 2000–2019. The entry of new firms and exit of unproductive firms (creative destruction) is part of structural change of industries. Its effect on carbon productivity growth was, however, negative. This suggests that some of the most efficient companies in terms of the use of greenhouse gas emissions, for some reason, were unprofitable and exited the market. In addition, the allocation of greenhouse gas emissions across manufacturing firms seems to be inefficient. Its impact on carbon productivity growth was negative. It means that emissions were allocated towards the most polluting companies and the reduction of emissions was due to companies with low emissions. Accordingly, there is a positive relationship between labour productivity and carbon productivity, whereas firm's competitiveness is negatively associated with carbon productivity growth.

MMT **Natalia Kuosmanen** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkimuspäällikkö.

KTT, FM, dosentti **Terhi Maczulskij** on Elinkeinoelämän tutkimuslaitoksen tutkimuspäällikkö.

Ph.D. **Natalia Kuosmanen** is a Chief Research Scientist at ETLA Economic Research.

Ph.D. **Terhi Maczulskij** is a Chief Research Scientist at ETLA Economic Research.

Kiitokset: Tämä muistio pohjautuu julkaisuun ETLA Working Paper no 99 *The role of firm dynamics in the green transition: Carbon productivity decomposition in Finnish manufacturing*. Haluamme kiittää hanketta rahoittanutta Teollisuuden ja Työnantajain Keskusliiton (TT) -säätiötä.

Acknowledgements: This brief is based on the ETLA Working Paper no 99 *The role of firm dynamics in the green transition: Carbon productivity decomposition in Finnish manufacturing*. We gratefully acknowledge research funding of the TT Foundation.

Avainsanat: Hiilivuottavuus, Kasvihuonekaasupäästöt, Rakennemuutos, Teollisuus

Key words: Carbon productivity, Greenhouse gas emissions, Manufacturing, Structural change

JEL: D24, L60, Q54

Tausta

Suomen hallitus on asettanut tavoitteen, jonka perusteella Suomen tulisi olla hiilineutraali vuonna 2035. Teollisuuden päästöt ratkaisevat pitkälti sen, kykeneekö Suomi saavuttamaan päästövähennystavoitteen ja millaisin kustannuksin. Toimialakohtaiset vähähiiliset tiekartat¹ korostavat energiaintensiivisen teollisuuden sitoutumista vähähiilisyyteen. Tiekartat myös kuvaavat sitä, miten teollisuuden toimiala pystyisi vähentämään päästöjään, sekä näyttävät suuntaa teollisuuden uudistumiselle. Tulevaisuuteen katsovien tiekarttojen ohella on myös tärkeää seurata, kuinka päästöjen vähentäminen on edistynyt ja millaiset rakenteelliset tekijät ovat vaikuttaneet kehitykseen.

Tämän muistion tarkoituksena on luoda yleiskatsaus teollisuuden kasvihuonekaasupäästöjen (KHK-päästöt) tilanteesta ja hiilituottavuuden kehityksestä Suomen teollisuudessa sekä keskittyä arvioimaan alan päästöjen vähentämisen taustalla olevia tekijöitä. Esitämme uusia tuloksia rakennemuutoksen ja KHK-päästöjen kohdentumisen vaikutuksista teollisuuden hiilituottavuuteen. Muistion tulokset pohjautuvat tutkimusartikkelimme (Kuosmanen & Maczulskij, 2022), joka käsittelee aihetta laajemmin.

Laskelmat perustuvat ainutlaatuisiin yritystason hiilidioksidipäästötietoihin yhdistettynä muihin Tilastokeskuksen ylläpitämiin rekisteritietoihin kaikista suomalaisista teollisuuden yrityksistä. Päästöaineisto kattaa hiilidioksidipäästöt energiaintensiivisestä teollisuudesta ja sisältää päästökauppajärjestelmään kuuluvia yrityksiä. Euroopan unionin päästökauppa kattaa merkittävän osan hiilidioksidipäästöjä tuottavista yrityksistä. Verrattaessa KHK-päästötietojamme Eurostatin aggregaattilukuihin yritystason aineistomme kattaa noin 99 prosenttia Eurostatin aineistoista. Päästötietomme edustavat siis koko Suomen teollisuutta.

Teollisuuden hiilituottavuus

Suomen KHK-kokonaispäästöt olivat 48 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttonnia (milj. CO₂-ekv. t) vuonna 2020. Teollisuuden KHK-päästöjen osuus Suomen ko-

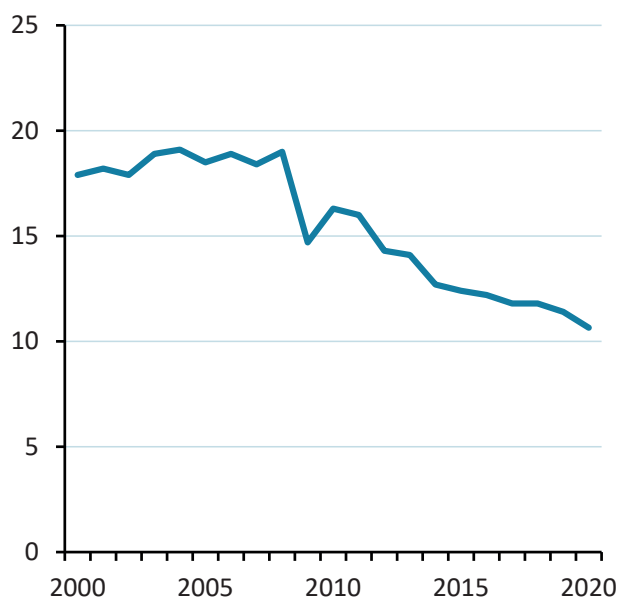
konaispäästöistä oli 23 prosenttia (Tilastokeskus). Vuodesta 2000 vuoteen 2020 teollisuuden päästöt vähenivät 18 miljoonasta CO₂-ekv. tonnista 11 miljoonaan tonniin, eli noin 2 prosenttia vuodessa (kuvio 1). Teollisuuden toimialat, joilla on suurimmat KHK-päästöt vuosina 2000–2019, on kuvattu liitteessä 1.

Hiilituottavuudessa on havaittavissa U-muotoinen trendi

Hiilituottavuus on arvonlisäys per tonni kasvihuonekaasupäästöjä, eli se on osittaistuottavuuden mittari samoin kuin työn tuottavuus. Hiilituottavuuden ydinajatus on kasvattaa jokaisesta käytetystä hiilidioksidipäästöyksiköstä syntyvää lisäarvoa. Hiilituottavuuden laskemiseksi yhdistämme kaksi Tilastokeskuksen ylläpitämää yritystason tutkimusaineistoa, nimittäin päästöaineiston ja tilinpäätöspaneelin.

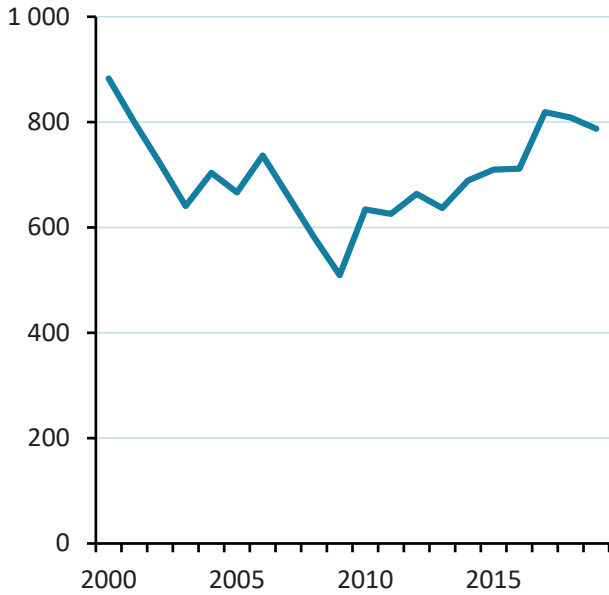
Hiilituottavuudessa on havaittavissa U-muotoinen trendi (kuvio 2), jonka mukaan hiilituottavuus laski huomattavasti vuodesta 2000 vuoteen 2009, jonka jälkeen se kääntyi kasvuun. Hiilituottavuuden keskimääräinen muutos oli -4,8 prosenttia vuodessa vuosina 2000–2009

Kuvio 1 Teollisuuden kasvihuonekaasupäästöt vuodesta 2000 vuoteen 2020, milj. CO₂-ekv. tonnia



Lähde: Päästöaineisto.

Kuvio 2 Teollisuuden hiilituottavuus vuosina 2000–2019, euroa CO2-ekv. tonnia kohden, vuoden 2015 hinnoin



Lähde: Kirjoittajien laskelmat käyttäen aineistolähteenä Tilastokeskuksen yritystason tietoja.

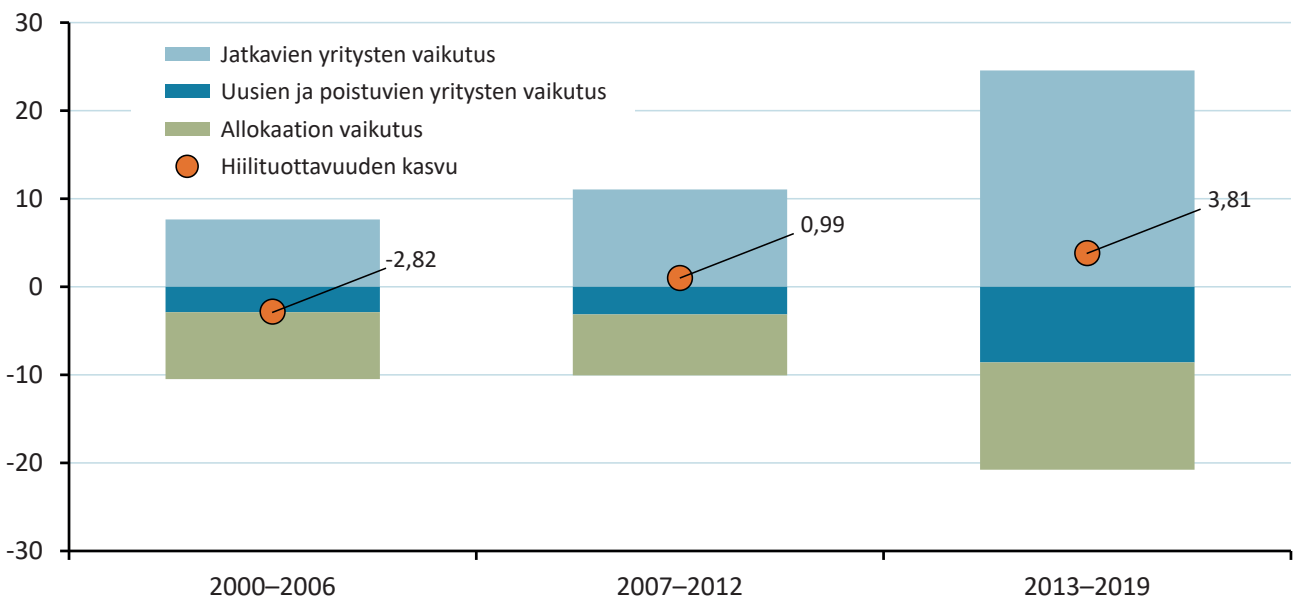
ja 2,7 prosenttia vuodessa vuosina 2010–2019. Jälkimmäisestä positiivisesta kehityksestä huolimatta hiilituottavuus ei ole saavuttanut vuoden 2000 korkeinta arvoaan (890 euroa kasvihuonekaasupäästötonnia kohden vuoden 2015 hinnoin).

Hiilituottavuuden kasvu ja sen lähteet

Jatkavien yritysten vahva kasvu 2000–2019

Seuraavaksi tarkastelemme rakennemuutoksen vaikutuksia hiilituottavuuden kasvuun. Kuosmanen ja Kuosmanen (2021) ovat esittäneet suoraviivaisen lähestymistavan, jolla sektorin tuottavuuden kasvu voidaan jakaa useisiin osatekijöihin. Tätä niin kutsuttua hajotelmamenetelmää voidaan soveltaa myös hiilituottavuuteen (ks. Kuosmanen ym., 2022).

Kuvio 3 Hiilituottavuuden kasvu ja sen kolme osatekijää, %



Lähde: Kirjoittajien laskelmat käyttäen aineistolähteenä Tilastokeskuksen yritystason tietoja.

Hiilituottavuuden kehitys voidaan jakaa kolmeen osaan: keskimääräisen jatkavien yrityksen hiilituottavuuden muutokseen, uusien ja poistuvien yritysten kontribuutioon sekä kasvihuonekaasupäästöjen kohdentumiseen yritysten kesken. Jälkimmäinen on allokaation tehokkuuden mitta, joka kasvaa, jos tuottavammat yritykset saavat suuremman osuuden kasvihuonekaasupäästöistä.

Sektorin hiilituottavuus

- = *Jatkavien yritysten keskimääräinen tuottavuus*
- + *Uusien ja poistuvien yritysten vaikutus*
- + *Allokaation vaikutus*

Kuviossa 3 on esitetty hiilituottavuuden kasvu vuosien 2000 ja 2019 välillä Suomen teollisuudessa. Se oli negatiivinen osakaudella 2000–2006 (noin 3 prosenttia vuodessa) mutta parani ajan kanssa. Viimeisimmällä osakaudella (2013–2019) keskimääräinen kasvu oli lähes 4 prosenttia vuodessa. Mikä oli eri osatekijöiden rooli tässä kehityksessä?

Jatkavien yritysten hiilituottavuuden kehitys on ollut positiivista vuodesta 2000 vuoteen 2019 (merkitty vaaleansinisellä pylväällä kuviossa 3). Poikkeuksena oli viimeinen ajanjakso, jolloin keskimääräinen jatkavien yritysten hiilituottavuuden kasvu oli jopa 25 prosenttia vuodessa. Uusien ja poistuvien yritysten negatiivinen vaikutus (merkitty tummansinisellä pylväällä) sekä heikentynyt päästöjen allokaatio yritysten kesken (merkitty vihreällä pylväällä) ovat kuitenkin hidastaneet hiilituottavuuden kasvua sektoritasolla.

Uusien ja poistuvien yritysten vaikutus sektorin hiilituottavuuteen oli negatiivinen kaikilla tutkituilla ajanjaksoilla. Se heikkeni erityisesti viimeisellä ajanjaksolla (2013–2019), jolloin sen kontribuutio oli keskimäärin 9 prosenttia vuodessa. Tämä johtuu siitä, että markkinoilta poistuvien yritysten hiilituottavuus oli keskimäärin korkeampi kuin uusien yritysten keskimääräinen hiilituottavuus. Aineistojen tarkempi tarkastelu osoitti, että tämä tulos johtuu erityisesti yritysten poistumisesta suhteellisen vähäpäästöisiltä toimialoilta (esim. elintarvikkeiden valmistus), mikä näkyy korkeampana hiilituottavuutena.

Tilanne näyttää vieläkin huonommalta päästöjen kohdentumisen kannalta. Se vaikutti negatiivisesti teollisuuden hiilituottavuuden kasvuun, erityisesti viimeisellä ajanjaksolla (2013–2019). Kun kahdella ensimmäisellä ajan-

jaksolla osuus oli keskimäärin noin -7 (2000–2006) ja -8 (2007–2012) prosenttia vuodessa, niin viimeisellä jaksolla päästöjen huonon allokaation vaikutus oli -12 prosenttia vuodessa. Nämä tulokset viittaavat siihen, että suuret saastuttajat ostavat päästöoikeuksia markkinoilta ja saastuttavat sen sijaan, että vähentäisivät päästöjään esimerkiksi vaihtamalla polttoainetta tai vaikkapa hyödyntämällä jotakin uutta teknologiaa.

Hiilituottavuus kulkee käsi kädessä työn tuottavuuden kanssa, mutta suhde kilpailukykyyn on päinvastainen

Edellisen hajotelmatarkastelun perusteella jatkavien yritysten kontribuutio hiilituottavuuden kasvussa on ilmeinen. Seuraavaksi keskitymmekin jatkaviin yrityksiin, ja testaamme hiilituottavuuden yhteyttä yrityskohtaisten muuttujien kanssa regressioanalyysin avulla. Analyysissä huomioimme samanaikaisesti eri taustatekijöiden mahdollisen yhteyden Tilastokeskuksen yritystason yhdistetyillä aineistolla. Selitettävänä muuttujana on hiilituottavuuden logaritmi. Riippumattomat muuttujat on mitattu edellisenä vuonna suhteessa hiilituottavuuteen. Keskeisinä muuttujina käytettiin työn tuottavuutta, henkilöstön määrää, yrityksen liikevaihtoa, yrityksen ikää, markkinaosuutta mitattuna liikevaihdon osuudella sekä mittaria yrityksen maksuvalmiudelle (ns. current ratio). Markkinaosuutta voidaan pitää yrityksen kilpailukykyyn mittarina: kun yritys kasvaa kannattavasti markkinaa nopeammin, sen markkinaosuus nousee. Kasvava markkinaosuuden kehitys osoittaa hyvää kannattavuutta. Lisäksi mallissa on vakioitu yrityksen toimiala ja vuosi.²

Tulokset on esitetty seuraavan sivun taulukossa 1. Tulosten mukaan työn tuottavuus ja henkilöstön määrä saivat positiivisen etumerkin, ja kyseinen osittaiskorrelaatio on tilastollisesti merkitsevä. Yhden prosentin kasvu työn tuottavuudessa on kytköksissä 0,3 prosentin kasvuun hiilituottavuudessa. Tulokset viittaavat myös siihen, että työvoimavaltaisemmilla yrityksillä on keskimäärin korkeampi hiilituottavuus. Työpanoksen yhden prosentin lisääminen on yhteydessä 0,7 prosentin kasvuun hiilituottavuudessa.

Muista taustatekijöistä liikevaihto ja markkinaosuus korreloivat negatiivisesti hiilituottavuuden kanssa. Yhden

Taulukko 1 Hiilituottavuuden osatekijät

Muuttuja	Kerroin
Log(Työn tuottavuus)	0,313 ** (0,127)
Log(Henkilöstön määrä)	0,709 *** (0,142)
Log(Liikevaihto)	-0,374 *** (0,125)
Markkinaosuus	-6,905 *** (1,775)
Ikä	0,007 * (0,004)
Current ratio	0,001 (0,001)
Vakio	7,190 *** (0,442)
Vuosi-dummyt (19)	Kyllä
Toimiala-dummyt (13)	Kyllä
R ²	0,241
Havaintojen lkm.	4 962

Huom. *** p < 0,01, ** p < 0,05, * p < 0,1.
Keskivirheet on raportoitu sulkujen sisällä.

prosentin kasvu liikevaihdossa on yhteydessä 0,4 prosentin laskuun hiilituottavuudessa, kun taas yhden prosenttiyksikön lisäys markkinaosuudessa on yhteydessä jopa noin 7 prosentin laskuun hiilituottavuudessa. Tuloksen tulkinta on se, että kilpailukykyisimmissä yrityksissä on keskimääräistä alhaisempi hiilituottavuus. Yrityksen ikä korreloi marginaalisesti yrityksen hiilituottavuuden kanssa, kun taas yrityksen maksuvalmiudella ei ole havaittavaa yhteyttä hiilituottavuuteen.

Lopuksi

Energiaintensiivinen teollisuus Suomessa on yksi suurimmista kasvihuonekaasupäästöjen lähteistä. Teollisuuden päästöt ratkaisevat pitkälti sen, kykeneekö Suomi saavuttamaan päästövähennystavoitteensa ja millaisin kustannuksin. Teollisuuden omien päästöjen vähennyskeinot liittyvät pääasiassa energian ja materiaalien käyttöön (Pöyry, 2020). Kuten tiekartoissa todetaan, teollisuuden arvioitu päästöjen vähennystavoite on tarkoitus saavut-

taa pääsääntöisesti sähköistämällä teollisuusprosesseja ja käyttämällä vähähiilisiä teknologioita.

Energiaintensiivisessä teollisuudessa suuri osa todella merkittävistä teknisistä keinoista nojaa sähköistämiseen. Siten vähähiilisen sähkön hinta ja saatavuus määrittävät sen, toteutuvatko suuret päästövähennykset vai eivät. Vähähiilinen sähkö voi tulevaisuudessa olla yhä merkittävämpi vetovoimatekijä teollisuuden sijoittautumiselle.

On huomattava, että koko teollisuudelle ei voida esittää yhtä ratkaisua yritysten erilaisuuden vuoksi, mutta uudenlaisten materiaalien (esim. vähäpäästöinen sähkö, raaka-aineet) ja tuotantoprosessien (esim. vetypelkistys ja CO₂ talteenotto metallinjalostuksessa) tarve on selkeä, koska niillä on vaikutusta globaaliin kilpailukykyyn. Globaalin markkinan vuoksi kokonaisuutta on myös ajateltava globaalista näkökulmasta. Suomalaiset yritykset kilpailevat globaalisti ja teknologiateollisuuden tarjoamien vähäpäästöisten ratkaisujen kysyntä on myös globaalia. Tämä tarkoittaa, että varsinkin alkuvaiheessa tarvitaan merkittäviä investointeja kalliimpiin, vähäpäästöisiin teknologioihin.

Tulevaisuuteen katsovien tiekarttojen ohella on myös tärkeää seurata, kuinka päästöjen vähentäminen on edistynyt tähän saakka, millaiset rakenteelliset tekijät ovat vaikuttaneet kehitykseen ja minkälaiset yritykset ovat käyttäneet päästöjä tehokkaimmin.

Teollisuuden päästöt ovat vähentyneet vuosina 2000–2019, mutta tulosten perusteella voidaan päätellä, että teollisuuden sektorilla on vielä valtavat mahdollisuudet vähentää kasvihuonekaasupäästöjä edelleen. Tulosten mukaan toimintaansa jatkaneet yritykset olivat hiilituottavuuden kasvun tärkein veturi. Niiden hiilituottavuuden kasvu on nopeutunut ja olikin suurinta, lähes 25 prosenttia vuodessa viimeisimmällä ajanjaksolla 2013–2019. Uusien ja poistuvien yritysten vaikutus teollisuuden hiilituottavuuden kasvuun oli negatiivinen, mutta tämä johtuu siitä, että vertailussa oli yrityksiä hyvin erilaisilta teollisuudenaloilta. Kasvihuonekaasupäästöjen kohdentumisella yritysten kesken oli negatiivinen yhteys teollisuuden hiilituottavuuden kasvuun. Tämä tulos viittaa siihen, että kasvihuonekaasupäästöjen allokaatio teollisuuden sektorilla näyttää olevan tehotonta ja tarkoittaa siitä, että päästöt kohdentuivat saastuttaviin yrityksiin. Päästöjen vähentäminen teollisuus-

tasolla tapahtui ennestään vähäpäästöisten yritysten toimesta.

Lisäksi havaitsemme, että korkeamman työn tuottavuuden yritykset näyttävät olevan myös hiilituottavampia, mutta kilpailukykyisemmät yritykset (eli yritykset, joilla on suurempi markkinaosuus) ovat yleensä vähemmän tehokkaita hiilidioksidipäästöjen käytössä.

Teollisuusprosessien sähköistämisen lisäksi hiili-intensiivisten yritysten on siirryttävä vähähiilisiin teknologioi-

hin saavuttaakseen KHK-päästöjen vähentämistavoitteet. Siksi Suomessa on tärkeää panostaa vihreän siirtymän nopeuttamiseen liittyviin innovaatioihin ja investointitoimintaan. Toiseksi, jotta yrityksiä kannustetaan siirtymään saastuttavammasta tuotannosta ympäristölle ystävällisempään tuotantoon, kasvihuonekaasupäästöjen hinnan pitäisi olla kohtuullisen korkea. Tutkimuksemme mukaan kilpailukykyisemmät yritykset näyttävät saastuttavan enemmän. Päästöjen vähentämiseksi, mutta myös yritysten kilpailukyvyn heikkenemisen välttämiseksi, voidaan hyödyntää vihreän tuotannon tukia.

Liite 1

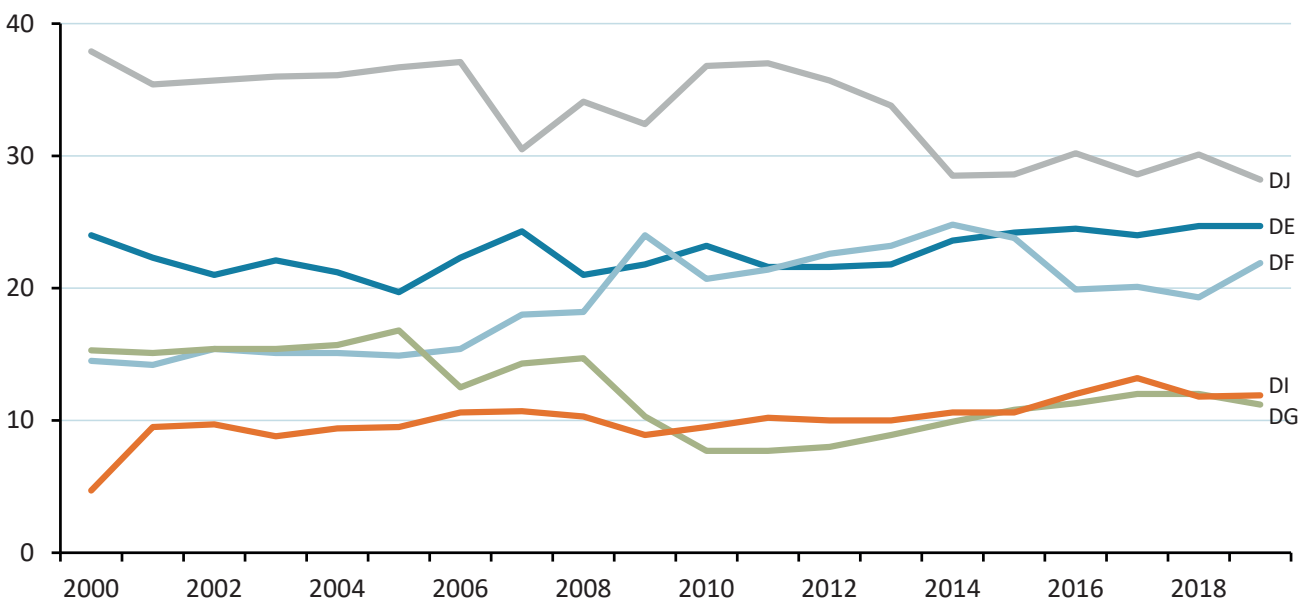
Viisi suurinta teollisuuden päästöjen tuottajaa vuosina 2000–2019

Tilastokeskuksen yritysten päästöaineisto paljastaa, että suurimmat teollisuuden päästöjen aiheuttajat olivat viisi teollisuuden toimialaa:³

- Massan, paperin ja paperituotteiden valmistus; kustantaminen ja painaminen (DE)
- Kaksin, öljytuotteiden ja ydinpolttoaineen valmistus (DF)
- Kemikaalien, kemiallisten tuotteiden ja tekokuutiujen valmistus (DG)
- Ei-metallisten mineraalituotteiden valmistus (DI)
- Metallien jalostus ja metallituotteiden valmistus (DJ)

Noin kolmasosa teollisuuden kokonaispäästöistä tulee metalliteollisuudesta (DJ). Joidenkin toimialojen päästöosuudet teollisuuden kokonaispäästöistä kasvoivat jonkin verran (esim. kaksin, öljytuotteiden ja ydinpolttoaineen valmistuksessa ja ei-metallisten mineraalituotteiden valmistuksessa), kun taas toisten laskivat vuosina 2000–2019. Vuonna 2019 teollisuuden 11 miljoonan tonnin kokonaiskasvihuonekaasupäästöistä 2,8 Mt syntyi DE-teollisuudesta, 2,5 Mt DF-teollisuudesta, 1,3 Mt teollisuuden pääosastosta, 1,3 Mt DI-teollisuudesta ja 3,2 Mt DJ-teollisuudesta.

Liitekuvio A.1 Viiden toimialan KHK-päästöjen osuudet teollisuuden kokonaispäästöistä, %



Lähde: Kirjoittajien laskelmat käyttäen aineistolähteenä Tilastokeskuksen yritystason tietoja.

Viitteet

- ¹ Työ- ja elinkeinoministeriö, Vähähiiliset tiekartat 2035, <https://tem.fi/tiekartat>.
- ² Mallin keskivirheet on klusteroitu yritystasolla. Lisäksi liikevaihto ja arvonlisäys on deflatoitu vuoden 2015 hintoihin.
- ³ Huom. analyysissä on käytetty vanhaa toimialaluokitusta 2002 (TOL 2002), joka perustuu Euroopan unionin toimialaluokitukseen NACE Rev. 2:een.

Kirjallisuus

Kuosmanen, N. & Maczulskij, T. (2022). The role of firm dynamics in the green transition: Carbon productivity decomposition in Finnish manufacturing. Etna Working Papers no 99.

Kuosmanen, N., Maczulskij, T. & Kuosmanen, T. (2022). Carbon productivity and structural change in electricity generation, Ch. 3 in Kuosmanen, T. (Ed.): *Misallocation of labor and capital in Finland's business sector*, 32–40, the Finnish Government.

Kuosmanen, T. & Kuosmanen, N. (2021). Structural change decomposition of productivity without share weights. *Structural Change and Economic Dynamics* 59, 120–127.

Pöyry (2020). Teknologiateollisuuden Vähähiilitiekartta, Raportti – Vaihe 1.

ETLA



Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

ETLA Economic Research

ISSN-L 2323-2463
ISSN 2323-2463

Kustantaja: Taloustieto Oy

Puh. 09-609 900
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

Arkadiankatu 23 B
00100 Helsinki
