

Opinnäytetyö

Tradenomi

Liiketoiminnan logistiikka

2019

Heikki Haapala

TUONTIKULJETUSTEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖ- JEN ALENTAMISEN MAHDOLLISUUDET

– Case: NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü

Heikki Haapala

TUONTIKULJETUSTEN KASVIHUONEKAASUPÄÄSTÖJEN ALENTAMISEN MAHDOLLISUUDET

- Case: NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü

Tämän opinnäytetyön aihe päätettiin yhdessä toimeksiantajan NCAB Group Finland Oy:n/Estonia Oü:n kanssa. Tavoitteena oli toimeksiantajan tuontikuljetuksista aiheutuneiden kasvihuonekaasupäästöjen selvittäminen vuodelta 2018 sekä kehitysehdotuksien antaminen päästöjen pienentämiseksi. Nykyisin suurin osa tuonnista tulee Kiinasta lentorahtina. Tämän ajankohtaisen tutkimuksen toteutusta tukivat toimeksiantajan asiakkailta tulleet kyselyt vaihtoehtoisista toimitusmuodoista, sekä NCAB:n ja minun henkilökohtainen mielenkiinto päästöjen pienentämiseen. Edellä mainittujen syiden taustalla on yhteisesti tämän hetkinen globaali ilmastokriisi.

Tässä opinnäytetyöraportissa olen kuvaillut NCAB:n harjoittamaa liiketoimintaa sekä tämänhetkistä toimitusketjua, selittänyt ilmastonmuutosta ja kasvihuonekaasuja yleisellä tasolla, sekä selvittänyt, millä tavoin globaali henkilö- ja rahtiliikenne vaikuttavat ilmaston lämpiämiseen. Tutkimus on tehty käytössä olleella datalla toimeksiantajan aiheuttamista päästöistä vuodelta 2018 sekä EcoTransIT World-päästölaskurilla.

Laskelmissa keskityin materiaalivirtaan Etelä-Kiinan Jiangmenissa sijaitsevan piirilevytehtaan ja Ruotsin Arlandassa sijaitsevan varaston välillä. Kuluja ei ole huomioitu tutkimuksessa. Meri- ja raiderahtiskenaariot on laskelmoitu Kiinan ja varaston välillä, myös sillä oletuksella, että varasto siirrettäisiin Ruotsista Suomeen. Lentorahdista kokonaan luopuminen on käytännössä mahdotonta – parhaiten NCAB:n bisnesmalliin sopisi junarahdin kehittäminen ja käyttöönotto tulevaisuudessa.

ASIASANAT:

Vihreä logistiikka, kasvihuonekaasupäästöt, kuljetukset, kestävä kehitys.

Heikki Haapala

POSSIBILITIES ON REDUCING GREENHOUSE GAS EMISSIONS FROM IMPORT FREIGHT

- Case: NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü

The topic of this thesis was set in co-operation with employer NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü. Target was to calculate employer's greenhouse gas emissions caused by import cargo from year 2018 and suggest improvements how to reduce these emissions caused. Currently most of the imports are coming from China with air freight. There has been inquiries from employer's customers about alternative transport methods, and in addition my personal and NCAB's interest on reducing emissions supported the topical need of this research to be made. The driver above all these interests is the on-going climate crisis.

On this report, before the actual research, I have described the character of the NCAB's business and its current supply chain, explained the climate change and greenhouse gases in general, and accounted how global passenger and freight transport boosts the climate warming. The research was made with available data on NCAB's last year's emissions, and calculations made with EcoTransIT World emission calculator.

While calculating alternative transport methods, I focused on freight between PCB (Printed circuit board) factory located in Jiangmen, Southern China and employer's warehouse located in Arlanda, Sweden. Expenses has not been considered in this research. I have calculated rail and sea freight scenarios between PCB factory and warehouse - also with scenario that warehouse would be moved from Sweden to Finland. It is basically impossible to abandon air freight totally. Regarding NCAB's business model, rail freight would be the best alternative to start developing further.

KEYWORDS:

Green logistics, Greenhouse gas emissions, Transportation, Sustainability

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 NCAB GROUP	3
2.1 Organisaatio	3
2.2 Sertifikaatit ja kestävä kehitys	4
2.3 NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü	5
2.4 Toimitusketju	6
3 KULJETUKSISTA AIHEUTUVAT PÄÄSTÖT JA NIIDEN MITTAAMINEN	9
3.1 Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut	9
3.1.1 Hiilidioksidi CO ₂	11
3.1.2 Metaani CH ₄	12
3.1.3 Dityppioksidi N ₂ O	13
3.1.4 F-kaasut	13
3.2 Liikenteen päästöt	14
3.2.1 Kansainvälisen kaupan aiheuttamat liikenteen päästöt	15
3.3 Hiilidioksidipäästöjen laskentamenetelmiä	17
3.3.1 GHG Protocol	18
3.3.2 EN 16258 standardi	19
3.3.3 EcoTransIT World	21
3.3.4 LIPASTO	21
4 PÄÄSTÖLASKELMAT	22
4.1 Tutkimuksen taustaa ja laskelmissa käytetyt oletusarvot	22
4.2 Toimeksiantajan tuontikuljetuksista aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2018	23
4.3 Vaihtoehtoiset logistiikkaskenaariot	24
4.3.1 Maantie-raiderahti Jiangmen-Chengdu-Hampuri-Arlanda	24
4.3.2 Merirahti Jiangmen-Göteborg-Arlanda	25
4.3.3 Varasto Suomessa	26
5 ARVIOINTI	28
LÄHTEET	30

KUVAT

Kuva 1. Lentokuljetuksen reitti Jiangmen-Hong-Kong-Kööpenhamina-Arlanda.	24
Kuva 2. DHL:n raideverkosto Kiinan ja Euroopan välillä.	25
Kuva 3. Raidekuljetuksen reitti Jiangmen-Chengdu-Hampur-Arlanda.	25
Kuva 4. Merikuljetuksen Jiangmen-Göteborg-Arlanda reitti.	26

KUVIOT

Kuvio 1. NCAB Groupin organisaatorakenne	3
Kuvio 2. Normaalityöajan reititys, *TP=työpäivä, **P=päivä (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018).	7
Kuvio 3. Hiilidioksidiekvivalenttikertoimet eri kasvihuonekaasuille (Our World In Data, CO2 and Other Greenhouse Gas Emissions, 2018).	10
Kuvio 4. Globaalit kasvihuonekaasupäästöt miljoonina hiilidioksidiekvivalenttonneina (Gt CO2e) 1970–2012 (The World Bank, 2017).	11
Kuvio 5. Prosentuaaliset hiilidioksidipäästöt teollisuudenaloittain vuonna 2016 (IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2018).	12
Kuvio 6. Globaalit luonnolliset ja ihmisen aiheuttamat metaanin päästölähteet prosentuaalisesti (IEA, Methane, 2019).	13
Kuvio 7. Liikenteen aiheuttamat päästöt (CO _{2e}) kuljetusmuodoittain (IPCC 2014).	14
Kuvio 8. Globaalien vientien kehitys 1930–2014 rahallisen arvon perusteella (Our World in Data, Trade and Globalization, 2018).	16
Kuvio 9. Hintojen kehitys merirahdille, matkustajalennolle sekä kansainvälisille puheluille (Our World in Data, Trade and Globalization, 2018).	16
Kuvio 10. Alku-, väli-, ja lopputuotteiden viennin kehitys 1962–2006 (UN World Development Report, 2009).	17
Kuvio 11. GHG Protocol, Product Standard (GHG Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, 2011).	18
Kuvio 12. Well-To-Wheels-analyysi (EU Science Hub, Well-to-Wheels Analyses, 2016).	19
Kuvio 13. EN 16258-standardin mukaisen kasvihuonekaasupäästöjen laskennan vaiheet.	20
Kuvio 14. Eri kuljetuskenaarioiden CO _{2e} päästöt.	27

KÄYTETYT LYHENTEET TAI SANASTO

CO_{2e}

Hiilidioksidiekvivalentti

Gt

Gigatonni

1 JOHDANTO

Vuonna 2017 ihmisen aiheuttama maapallon keskilämpötilan nousu saavutti keskimääräisen 1 °C:n rajan verrattuna esiteolliseen aikaan 1800-luvun loppupuoliskolla. Maapallon keskilämpötila on noussut voimakkaasti 1900- ja 2000-luvuilla. Johtuen lämmenestä ilmastosta, maapallolla on jo koettu sääolosuhteiden ääri-ilmiöitä, kuten kuivuutta ja tulvia, merenpinnan nousua sekä luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä. Mikäli keskilämpötilan nousua ei saada rajoitettua, ääri-ilmiöt ja luonnon monimuotoisuuden tuho tulevat hyvin todennäköisesti kasvamaan tulevaisuudessa. (IPCC 2018, 51).

Vuonna 2010 liikenteen osuus vuotuisista kokonaispäästöistä (49 Gt CO_{2e}) oli 14 %. (IPCC 2014, 9). Kansainvälisen kaupan osuus tästä oli vajaa 30 %, mikä vastasi noin 4,3 % globaaleista kokonaispäästöistä (ITF, The Carbon Footprint of Global Trade, 2015). Kasvavat matkustaja- ja rahtimäärät ovat suuri haaste niistä aiheutuvien päästöjen pienentämiseen. Ilman aggressiivisia liikenteen päästöjen vähentämiskeinoja päästöjen on ennustettu kasvavan voimakkaimmin kaikista energian loppukäytön aloista tulevina vuosikymmeninä. (IPCC 2014, 603).

Noin puolen vuosisadan ajan logistiikka on mielletty pelkän menoeran sijasta yhdeksi kilpailutekijäksi yritysten toiminnoissa. Logististen järjestelyiden pääasiallisina tavoitteina ovat kuitenkin olleet vain kaupalliset näkökulmat, joilla tuotto on pyritty maksimoimaan. Tuottavuuden maksimoinnin laskemisessa on otettu huomioon vain suorat rahalliset kulut. Laajempaa näkökulmaa sosiaalisista sekä ympäristöllisistä kuluista on alettu ottaa huomioon vasta 2000-luvulla. Tähän on vaikuttanut muun muassa yleisen tietoisuuden lisääntyminen ympäristön tilasta, sekä julkisen sektorin tavoitteet päästöjen vähenemisestä. (McKinnon 2010, 3).

Tämän työn tarkoituksena on toimeksiantajan, NCAB Group Finland Oy:n/Estonia Oü:n, tuontikuljetuksista aiheutuneiden kasvihuonekaasupäästöjen selvittäminen tarkasteluvuonna 2018, sekä kehitysehdotuksien antaminen, millä tavoin näitä päästöjä voitaisiin vähentää logistisilla ratkaisuilla. Laskennat perustuvat tarkasteluvuoden toteutuneisiin rahtikilometriin, jotka on jaettu viikkotasolle keskimääräisesti. Kausivaihteluita rahtimäärissä ei siis ole huomioitu, jotka tosin eivät ole kovin voimakkaitakaan. Laskennoissa on otettu huomioon kuljetuksissa käytetyn polttoaineen tuotannosta sekä käytöstä aiheutuneet suorat kasvihuonekaasupäästöt, osittain keskiarvallisesti tai oletusarvoin, koska tar-

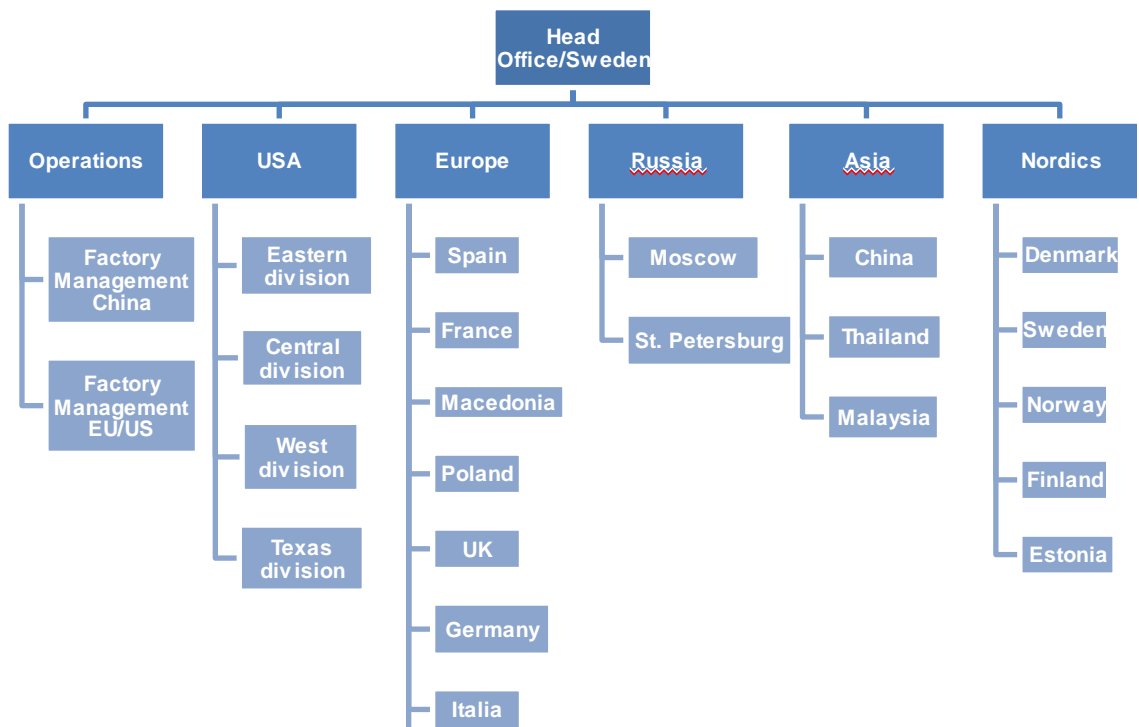
peeksi yksityiskohtaista dataa esimerkiksi toteutuneesta polttoainekulutuksesta ei ollut saatavilla. Tutkielmassa on keskitytty ainoastaan kuljetuksista aiheutuneisiin kasvihuonekaasupäästöihin, joten varastoinnista aiheutuneita päästöjä ei ole huomioitu. Päästölaskelmat perustuvat saatavilla olleeseen dataan, sekä EcoTransIT World-päästölaskurilla suoritettuihin laskelmiin.

2 NCAB GROUP

Jotta yrityksen kuljetusten kasvihuonekaasupäästöjä ja päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia voidaan arvioida, on oleellista ymmärtää yrityksen organisoituminen, keskeiset tuotteet/palvelut sekä toimitusketju. Tässä luvussa esittelen aluksi lyhyesti NCAB Group organisaatiota, minkä jälkeen keskityn erityisesti työn päästölaskennan tarkastelun kohteena olevan NCAB Group Finland Oyn:n/Estonia Oü:n ja sen Kiinasta Suomeen ja Viroon suuntautuvan toimitusketjun kuvaamiseen.

2.1 Organisaatio

NCAB Group on Ruotsissa vuonna 1993 perustettu elektroniikka-alan yritys, joka toimittaa piirilevyjä. Yhtiöllä on yhteensä 18 maayhtiötä Aasiassa, Amerikassa sekä Euroopassa. Työntekijöitä vuoden 2018 lopussa oli yhteensä 378. Asiakkaita oli 1725 yhteensä 45 eri maassa. Liikevaihto oli 186 miljoonaa Yhdysvaltain dollaria. (NCAB vuosikertomus, 2018).



Kuvio 1. NCAB Groupin organisaatorakenne

Organisaatio koostuu Ruotsissa sijaitsevasta pääkonttorista, tehdashallinnosta Aasiassa sekä Euroopassa, sekä 18 maakohtaisesta myyntiyhtiöstä (kuvio 1). Pääkonttori vastaa yhtiön strategisista toiminnoista, tehdashallinto piirilevyjen tuotannosta sekä lähtölogistiikasta, ja maayhtiöt asiakkaistaan sekä logistiikasta yhdessä tehdashallinnon kanssa.

NCAB Group ei omista yhtään piirilevytehdasta, vaan on sopinut kumppanuussuhteita tehtaiden kanssa. Pääosa kumppanitehtaista sijaitsee Kaakkois-Kiinassa Guangdongin maakunnan alueella, muutamia on myös Euroopassa sekä USA:ssa. Kiinassa sijaitsevan tehdashallinnon (Factory Management China, kuvio 1) pääasiallinen tehtävä on kumppanitehtaiden ja maayhtiöiden välisen yhteistyön takaaminen. Lisäksi tehdashallinnon tehtäviin kuuluu muun muassa lähtölogistiikka, laadun valvonta, sekä uusien potentiaalisten kumppanitehtaiden etsintä. Itse kumppanitehtaissakin on NCAB:n laadunvalvontatyöntekijöitä. Tämä helpottaa ja nopeuttaa entisestään NCAB:n ja tehtaiden kommunikointia, kitkemällä esimerkiksi murteiden aiheuttamat kieliongelmat. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018).

2.2 Sertifikaatit ja kestävä kehitys

Vihreä logistiikka kuuluu NCAB Groupin kestäväen kehityksen strategiaan. Toimitusketjun kaikkien osa-alueiden kestävyuden parantaminen sekä jatkuva hiilijalanjäljen pienentäminen on luokiteltu tavoitteeksi, joita mitataan vuosittain. (NCAB Sustainability Report, 2018.)

NCAB Groupilla on ISO 9001, ISO 14001 ja ISO 26000 sertifikaatit. ISO 9001 ja ISO 14001 sertifikaatteihin yhtiö sitoutui vuonna 2003, ja vuodesta 2007 alkaen myös kumppanustehtailta on vaadittu ISO 14001 sertifikaatti, joka auditoidaan vuosittain. ISO 26000 sertifikaattiin sitouduttiin vuonna 2015. (NCAB Sustainability Report, 2018.) ISO 9001 on laadunhallinnan sertifikaatti, jolla varmistetaan yhtiön tuottavan tuotteita tai palveluita asiakkaan odotusten mukaisesti (SFS, ISO 9000-sarjan valinta ja käyttö, 2019). ISO 14001 on ympäristöjohtamisen standardi, joka velvoittaa yhtiön toimimaan sekä raportoimaan kokonaisvaltaisen vastuullisesti ympäristön kannalta (SFS, Ympäristöjohtamisen Standardisarja ISO 14000, 2018). ISO 26000 standardi on yhteiskuntavastuun standardi, joka osoittaa yhtiön toimivan kestävästi eri sidosryhmien, kuten asiakkaiden, sijoittajien, työntekijöiden, yhteistyökumppaneiden ja ympäristön kannalta (SFS, ISO 26000 Yhteiskuntavastuu, 2019).

2.3 NCAB Group Finland Oy/Estonia Oü

NCAB Group Finland Oy:n henkilökuntaan kuuluu 15 henkilöä; toimitusjohtaja, 3 avainasiakaspäällikköä, 6 myyntiassistenttia, 3 teknistä henkilöä sekä 2 finanssihenkilöä. Asiakkuudet on jaettu avainasiakaspäälliköille ja myyntiassistentit ovat pääasiassa vastuussa tietyistä asiakkuuksista. Tekniset henkilöt hoitavat kaikkien asiakkuuksien teknisiä ongelmia, muun muassa reklamaatioita ja tuotannon aloitusvaiheessa teknisiä kysymyksiä, sekä antavat myös teknistä tukea asiakkaille esimerkiksi piirilevyjen suunnitteluun.

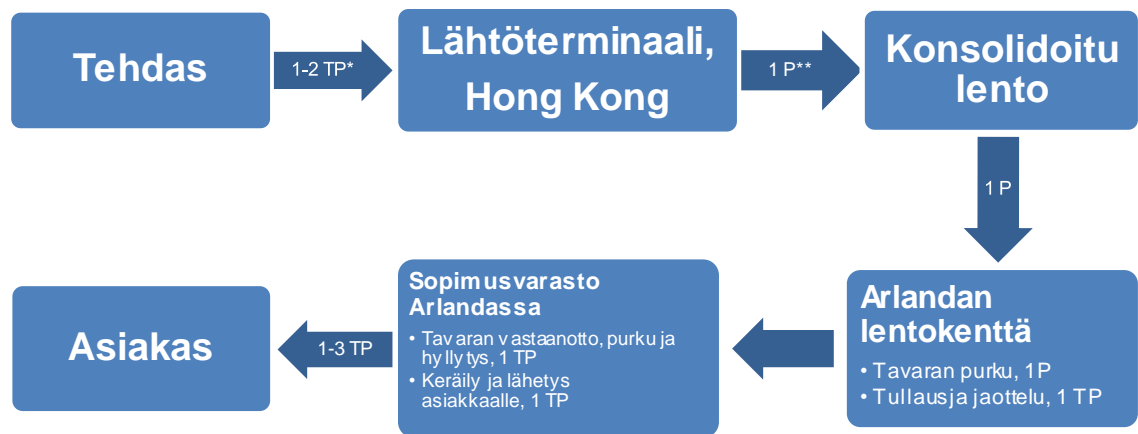
Viron maayhtiö, NCAB Group Estonia Oü, on Suomen maayhtiön henkilökunnan hallinnoima. Se perustettiin verotussyistä vuonna 2017, koska Suomen maayhtiöllä oli suuria asiakkaita Virossa.

NCAB:n Suomen ja Viron maayhtiöiden asiakaskanta koostuu noin 150 asiakkaasta. Suurimmat asiakkaat ovat elektroniikan sopimusvalistajia, eli EMS-yrityksiä (Electronic Manufacturing Services). Myös muunlaisia, kuten oman tuotteensa suunnittelun ja tuotannon toteuttavia OEM (Original equipment manufacturer) ja vain tuotteen suunnittelun hallinnoimia ODM (Original design manufacturer) asiakkuuksia löytyy, mutta suurimmat toimitukset suuntautuvat yleensä EMS-asiakkaille. Suomessa asiakkaita on käytännössä joka puolella maata, mutta määrällisesti eniten asiakkaita on Turun ja Oulun alueilla. Virossa asiakkaat ovat pääasiassa keskittyneet Tallinnaan ja Pärnuun. Myös muualla Euroopassa, muun muassa Romaniassa, Puolassa, Latviassa ja Liettuassa on yksittäisiä asiakkaita.

Suurin osa toimitetuista tuotteista päättyy tuotannonohjauksen järjestelmiin, lääketieteellisuuden laitteisiin sekä telecom-sektorille. NCAB keskittyy ns. High-mix/low-volume-tuotteisiin, joka tarkoittaa pieniä erilaisia tuotantomikkejä ja -sarjoja, sekä paljon erilaisia tuotteita ja tuoteversioita. Piirilevyt tehdään tyypillisesti jokaiseen tuotteeseen erikseen. Yhteen tuotteeseen suunniteltuja ja valmistettuja piirilevyjä ei voida käyttää muissa tuotteissa. Piirilevyjä voidaan täten verrata räätälin tekemiin vaatteisiin - ne eivät sovi muille kuin tilaajalle. Tuotteiden yleisesti ottaen lyhyt elinkaari, asiakkaiden hajaantunut sijainti, suhteellisen pienet eräkoot sekä kilpailulliset toimitusaikapaineet aiheuttavat haasteita logistiikan suunnitteluun. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018.)

2.4 Toimitusketju

NCAB Group Finland Oy:n ja Estonia Oü:n tuontilogistiikka Kiinasta on ulkoistettu DHL Global Forwardingille. Toimitukset toteutetaan 1-2 kertaa viikossa konsolidoidulla lennolla Ruotsin Arlandassa sijaitsevaan varastoon, joka myös on ulkoistettu varastointipalveluja tarjoavalle yritykselle Terminal & Transportjänst AB:lle. Tehtaat toimittavat lähetykset perjantai-iltaan mennessä Hong Kongissa sijaitsevaan DHL:n terminaaliin maantiekuljetuksena. Kuljetusaika tehtaalta Hong Kongin terminaaliin kestää 1-2 työpäivää, tehtaan sijainnista sekä tullin ruuhkaisuudesta riippuen. Tavara tullataan Manner-Kiinan ja Hong Kongin rajalla. Hong Kongissa kaikki lähetykset yhdistetään päälentorahtikirjan alle. Lento Hong Kongista lähtee lauantai-iltana paikallista aikaa kohti Arlandaa, jonne se saapuu lauantain aikana. Nykyisin useimmin käytetty lentoreitti Hong Kongista Arlandaan kulkee Kööpenhaminan kautta. Rahti puretaan heti lennon laskeuduttua, mutta tullaus odottaa maanantaihin. Lentokentältä tavara liikkuu maantiekuljetuksena varastolle, joka sijaitsee lentokentän lähetyvillä Arlandassa. Tavara saapuu varastolle maanantaina tai tiistai-iltana, riippuen taas tullin ruuhkaisuudesta. Tiistain aikana tavara puretaan ja otetaan sisään varastoon, ja keskiviikkona se on valmis lähetettäväksi kohti loppuasiakasta. Välillä tavara jää myös varastoon odottamaan myöhempää toimintaa. Tavara kuljetetaan Suomeen sekä Viroon kumipyörillä, ro-ro-aluksella (Roll-on – Roll-off) Tukholma-Turku tai Tukholma-Tallinna välin. Roll-on – Roll-off-alus on laiva, jonne voi ajaa ajoneuvolla sisään ramppia pitkin, sekä myös ramppia pitkin ulos laivasta (Logistiikan Maailma, Ro-ro ja Sto-ro alukset). Matka jatkuu maanteitä pitkin, päättyen lopulta asiakkaalle sovittuna päivänä, useimmin perjantaina tai maanantaina. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto 27.11.2018.)



Kuvio 2. Normaali toimituksen reititys, *TP=työpäivä, **P=päivä (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018).

Toimitusaika tehtaalta asiakkaalle on 9-12 työpäivää. Tarkasteluvuoden 2018 kokonaislentorahtimäärä reitillä Hong Kong-Arlanda oli 146 667 kg, jakaantuen 78 eri lennolle (DHL:n data). Suomen asiakkaille lähetettiin tavaraa kumipyörillä Arlandan varastosta yhteensä 79 381 kg, ja Viron asiakkaille 57 530 kg. Tavaraa on mahdollisuus lähettää varastolta asiakkaille jokaisena arkipäivänä, mutta käytännössä lähetykset ovat keskityneet keskiviikolle ja torstaille. (NCAB, Henkilökohtainen tiedonanto, 25.11.2019.)

Myös pikatoimituksia suoraan asiakkaalle käytetään tarvittaessa, jolloin toimitusaika lyhenee noin 4 työpäivään. Tällöin tavara tulee Hong Kongista suoraan kohdemaahan, välillä tosin myös välilaskujen kautta. Saksan Leipzigissä on usein käytetty välilaskupaikka. Tullaus tapahtuu kohdemaassa, ja loppukuljetukset asiakkaalle tapahtuvat pääasiassa maantiekuljetuksena. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018.) Tarkasteluvuonna pikatoimituksia lähetettiin Kiinasta suoraan asiakkaille yhteensä 773 kappaletta, kokonaiskilomäärän ollen 8584 kg (DHL:n data).

Terminal & Transporttjänst AB hoitaa varaston tulo- ja lähtölogistiikan sekä tavaran varastoinnin. Tulologistiikalla tarkoitetaan tavaran vastaanottoa, purkamista ja varastoon sijoittamista. Lähtölogistiikalla tarkoitetaan tavaran keräilyä, pakkaamista ja lähettämistä. (Inkiläinen ym. 2011, 21.) Kuljetukset varastolta loppuasiakkaille on pääasiassa keskitetty kahdelle eri kuljetusyhtiölle. Yleisin toimitusehto on DDP (Delivery Duty Paid), eli NCAB hoitaa tuontimuodollisuudet määrämaassa sekä toimituksen asiakkaalle sovittuun toimituspaikkaan (Logistiikan Maailma, Incoterms 2010). (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018.)

Yhteensä lavapaikkoja Suomen ja Viron maayhtiöillä on noin 90. Piirilevyjen varastokierto on suhteellisen nopeaa, johtuen muun muassa siitä, että ostot ovat pääosin kysyntälähtöisiä ja toimituspäivä asiakkaalle sovitaan usein myyntitilauksen yhteydessä. Joillekin asiakkaille pidetään myös kaupinta- ja VMI-varastoja. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto, 27.11.2018.) Kaupintavarastolla tarkoitetaan sitä, että tuotteet ovat fyysisesti asiakkaan tiloissa, mutta toimittajan omistuksessa niin kauan kunnes asiakas ottaa tuotteen käyttöönsä. Tällöin asiakkaan ei siis tarvitse sitouttaa omaa pääomaansa tuotteeseen, mutta tuote on saatavilla nopeasti. VMI-varasto (Vendor Managed Inventory; suom. toimittajan hallinnoima varasto) eroaa kaupintavarastosta siten, että toimittaja myös hallinnoi varastosaldoja sekä huolehtii varastotäydennyksistä. (Logistiikan Maailma, Varastonohjauksen ulkoistaminen.) Piirilevyjen varastointiaika on pidettävä verrattain lyhyenä siitä syystä, että niiden käyttövarmuus laskee ajan kuluessa jos niihin ei ole asennettu komponentteja paikalleen. Riippuen piirilevyn materiaalista, komponentit tulisi latoa paikalleen 6-12 kuukauden kuluessa levyjen valmistuksesta. (NCAB Group, henkilökohtainen tiedonanto 27.11.2018.)

3 KULJETUKSISTA AIHEUTUVAT PÄÄSTÖT JA NIIDEN MITTAAMINEN

3.1 Kasvihuoneilmiö ja kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuja esiintyy maan ilmakehässä luonnollisesti. Ilmakehässä olevat kasvihuonekaasut päästävät auringon säteet läpi, mutta säteilyn heijastuessa vesistöistä ja maan pinnasta takaisin kohti avaruutta, kaasut sitovat osan säteilystä osaksi itseensä. Tätä kutsutaan kasvihuoneilmiöksi, ja se mahdollistaa ihmisten elinolosuhteet maapallolla. Ilman kasvihuonekaasuja maan keskilämpötilan on arvioitu olevan -18 celsiusastetta. Ihmisen toiminnan myötä kasvihuonekaasujen määrä ilmakehässä on kuitenkin kasvanut valtavasti teollisella aikakaudella. Merkittävimmät tekijät kasvihuonekaasujen lisääntymiselle ovat fossiilisten polttoaineiden poltto ja metsien väheneminen. (NASA, Greenhouse Gases, 1998.)

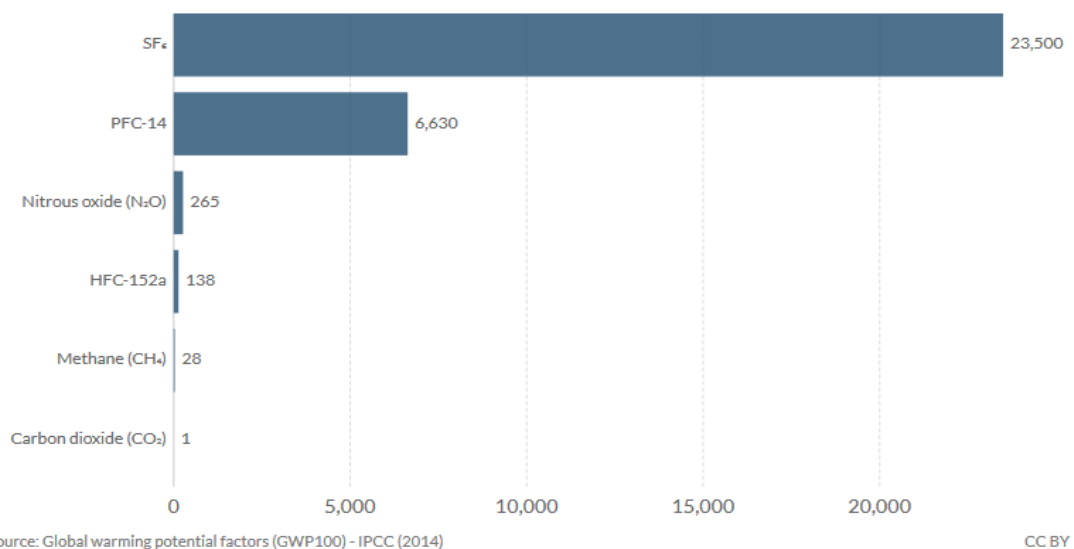
Valtaosan ilmakehän kaasuista muodostavat typpi ja happi. Ne eivät kuitenkaan aiheuta kasvihuoneilmiötä, ja siksi ne eivät kuulu kasvihuonekaasuihin. Luonnollisesti ilmakehässä esiintyvistä kasvihuonekaasuista tärkeimmät ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi ja otsoni. Merkittävin kasvihuoneilmiöön vaikuttava kaasu on vesihöyry, jota esiintyy suurimmaksi osaksi ilmakehän alaosissa. Se yksin aiheuttaa yli 50 % kasvihuoneilmiön lämmittävästä vaikutuksesta. Ihmisen toimista aiheutuneilla vesihöyrypäästöillä ei ole kuitenkaan käytännössä mitään vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. (Ilmasto-opas, kasvihuoneilmiö).

Globaalisti on määritelty yhteensä 27 ihmisen toiminnasta syntyvää kasvihuonekaasua tai – yhdistettä, jotka ovat ilmastollemme haitallisimpia. Kaasut on edelleen jaoteltu kuuheen kategoriaan seuraavasti: (Kioton pöytäkirja 1997; Cullinane & Edwards 2010, 34.)

- Hiilidioksidi, CO₂
- Metaani, CH₄
- Dityppioksidi, N₂O
- Fluorihiiivedyt, HFC
- Perfluorihiiivedyt, PFC
- Rikkiheksafluoridi, SF₆

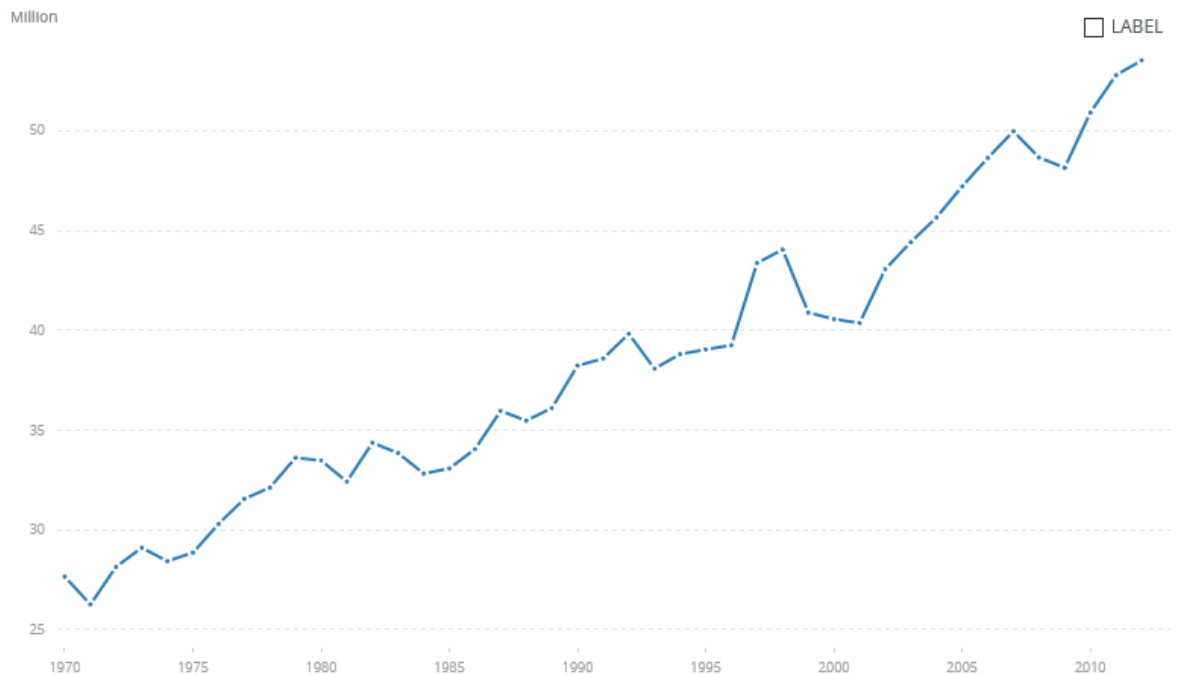
HFC, PFC ja SF₆ muodostavat ryhmän, jota yleisesti kutsutaan "F-kaasuiksi". (Our World in data, CO₂ and Other Greenhouse Gas Emissions, 2018).

Eri kasvihuonekaasut vaikuttavat ilmakehässä kasvihuoneilmiöön eri tavoin. Muuntaamalla määrät hiilidioksidiekvivalenteiksi, pystytään kasvihuonekaasupäästöjä mittaamaan yhtenäisesti. Vakiintuneeksi mittaustavaksi on muodostunut suhteuttaa tietyn kasvihuonekaasun aiheuttama ilmastoa lämmittävä vaikutus siihen määrään hiilidioksidia, joka lämmittäisi ilmastoa yhtä paljon 100 vuoden aikana. Kuviossa 3 on IPCC:n (The Intergovernmental Panel on Climate Change, suom. Hallitustenvälinen Ilmastonmuutospaneeli) määrittelemät ekvivalenttikertoimet eri kasvihuonekaasuille; esimerkiksi tonni metaania (CH₄) lämmittää ilmakehää 28 kertaisesti tonniin hiilidioksidia verrattuna 100 vuoden aikavälillä. Dityppioksidin (N₂O) vaikutus on jo 265 kertainen. (Our World in Data, CO₂ and Other Greenhouse Gas Emissions, 2018.)



Kuvio 3. Hiilidioksidiekvivalenttikertoimet eri kasvihuonekaasuille (Our World In Data, CO₂ and Other Greenhouse Gas Emissions, 2018).

Globaalit kasvihuonekaasupäästöt ovat kasvaneet vuodesta 1970 alkaen suhteellisen tasaisesti. Vuosikohtaisia notkahduksia on nähty, mutta trendi on ollut koko ajan kasvava (kuvio 4). Vuonna 2017 maapallon kasvihuonekaasupäästöt olivat 53,5 Gt CO₂e, maankäytön muutokset mukaan luettuna. (UN, Emission Gap Report 2018, 15.)



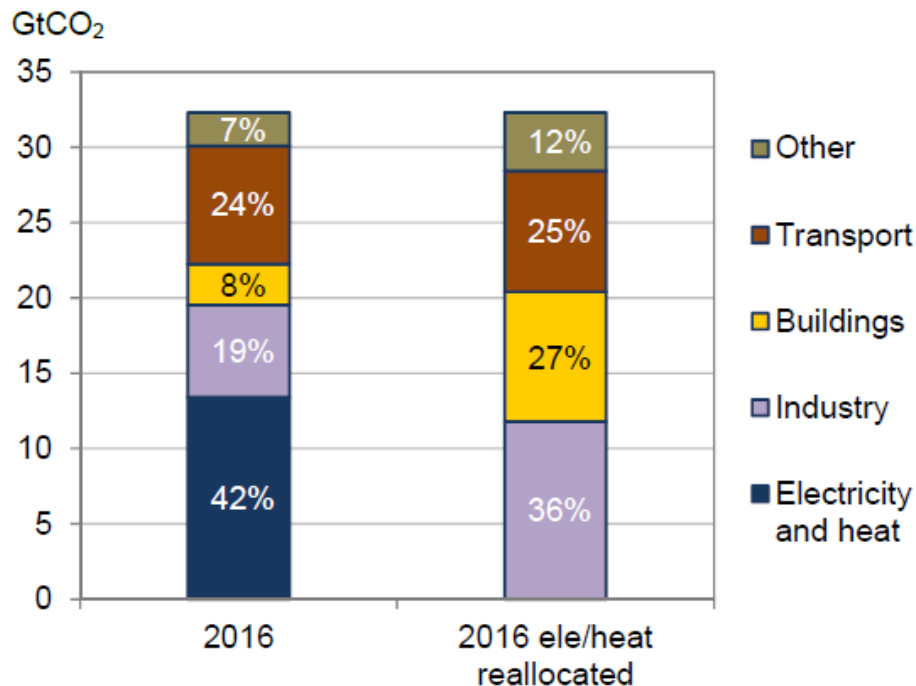
Kuvio 4. Globaalit kasvihuonekaasupäästöt miljoonina hiilidioksidiekvivalenttitonneina (Gt CO₂e) 1970–2012 (The World Bank, 2017).

3.1.1 Hiilidioksidi CO₂

Hiilidioksidi on ihmisen aiheuttamista kasvihuonekaasuista merkittävin – sen osuus ilmakehässä olevista kasvihuonekaasuista on noin 85 % (Cullinane & Edwards 2010, 35). Ihmisen toiminnasta johtuva merkittävin hiilidioksidin päästölähde on fossiilisten polttoaineiden (kivihiili, maakaasu ja öljy) käyttö. (Ilmasto-opas, Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku.) Vuonna 2016 globaalit hiilidioksidipäästöt fossiilisten polttoaineiden käytöstä olivat 32,31 Gt (IEA, CO₂ Emissions from Fuel Combustion, 2018). Kasvikunta ja meret sitovat hiilidioksidia osana hiilen luonnollista kiertokulkua, ja täten metsien hävitys ja muiden maa-alueiden muokkaus vähentävät hiilinielua lisäten hiilidioksidin määrää ilmakehässä. (Ilmasto-opas, Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku).

Kuviossa 5 esitetään hiilidioksidipäästöjen jakautuminen teollisuudenaloittain; 42 % päästöjä aiheutui lämmön- ja sähköntuotannosta, 24 % liikenteestä, 19 % teollisuudesta ja 8 % rakentamisesta. Jäljelle jäävää 7 %:a ei ole kategorisoitu. Oikeanpuoleisessa pylväessä sähkön- ja lämmöntuotannon päästöt on sisällytetty eri alojen käyttämään sähkön ja lämpöön. Tästä voidaan nähdä, että liikenteen käyttämä energia on vahvasti

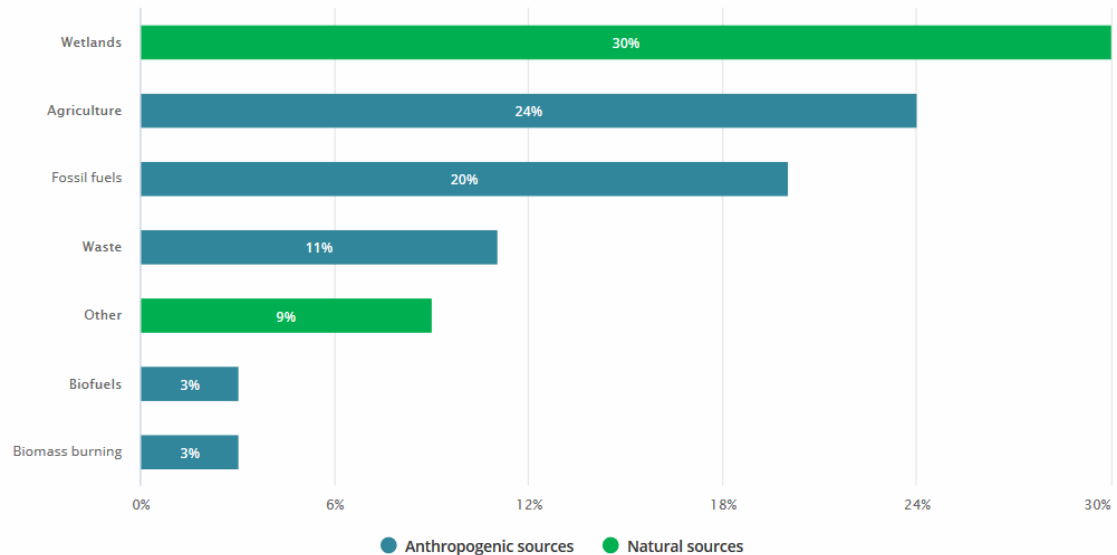
pohjautunut fossiilisiin polttoaineisiin, sillä prosentuaalinen osuus hiilidioksidipäästöistä kasvaa vain yhden prosenttiyksikön, vaikka tuotettu sähköenergia lasketaan mukaan.



Kuvio 5. Prosentuaaliset hiilidioksidipäästöt teollisuudenaloittain vuonna 2016 (IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2018).

3.1.2 Metaani CH₄

Metaani on ilmakehässä toiseksi eniten esiintyvä kasvihuonekaasu. Se vaikuttaa ilmakehässä vain noin 12 vuotta, joten sitä kutsutaan usein lyhyen aikavälin kasvihuonekaasuksi. (IEA, Methane, 2019.) Suurimmat metaanilähteet ovat luonnollisia - esimerkiksi soilla muodostuu hapettomassa tilassa paljon metaania. Samalla luonnontilaiset suot myös nielevät hiilidioksidia, joten niiden kokonaisvaikutus ilmastonmuutokseen voi olla negatiivinen. (Luonnonvarakeskus, 2016.) Ihmisen aiheuttamista metaanipäästöistä suurin osa, noin neljännes, muodostuu maatalouden päästöistä. Esimerkiksi karja aiheuttaa metaanipäästöjä märehtiessään. Myös hiilen, öljyn ja biokaasun tuotanto on suuri päästöjen aiheuttaja. (IEA, Methane, 2019.) Biokaasun tuotannon, ja biokaasulla toimivien ajoneuvojen tankkauksen yhteydessä tapahtuu myös paljon metaanivuotoja (IPCC 2014, 611).



Kuvio 6. Globaalit luonnolliset ja ihmisen aiheuttamat metaanin päästölähteet prosentuaalisesti (IEA, Methane, 2019).

3.1.3 Dityppioksidi N_2O

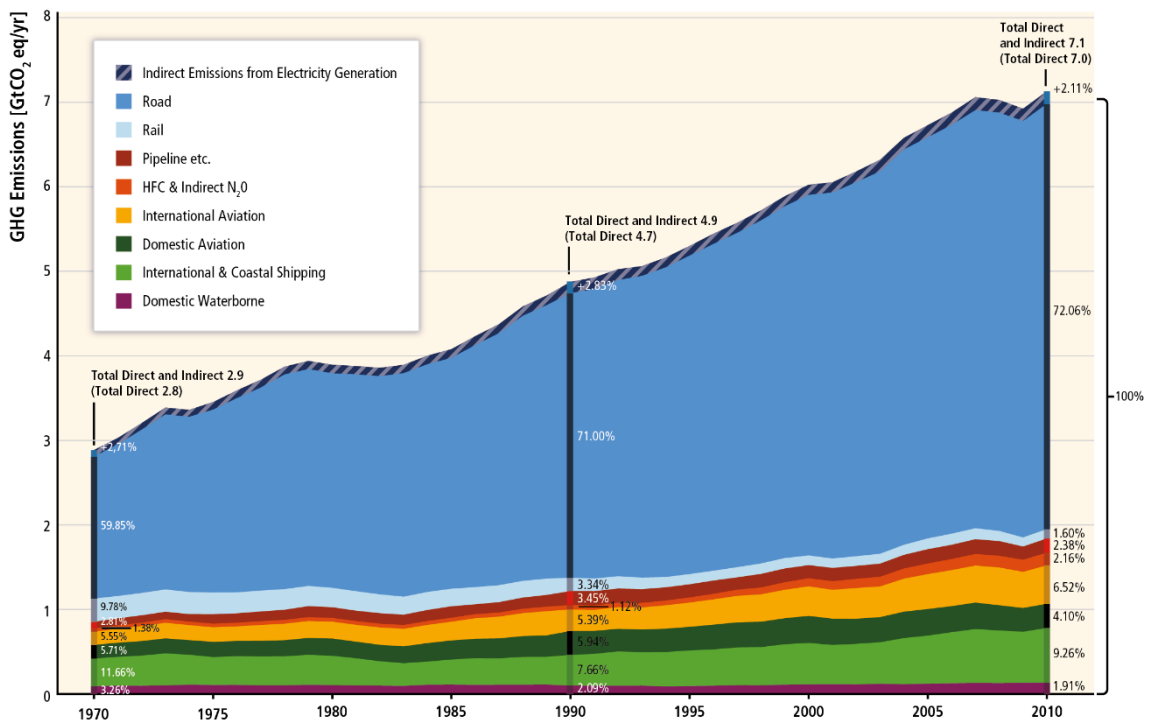
Dityppioksidiakin esiintyy maaperässä ja ilmakehässä luonnollisesti. Pääosa luonnollisista dityppioksidipäästöistä (1/3 osa dityppioksidin kokonaispäästöistä) syntyy merien ja maaperän mikrobitoiminnasta. Suurin osa ihmisen aiheuttamista päästöistä (2/3 dityppioksidin kokonaispäästöistä) syntyy maataloudesta muun muassa typpilannoitteiden käytöstä. Dityppioksidin hajoamisreaktio voi tapahtua vain ilmakehän ylemmissä kerroksissa, joten siksi sen elinikä ilmakehässä on pitkä, noin 110 vuotta. (Ilmasto-opas, Dityppioksidi).

3.1.4 F-kaasut

F-kaasuja, eli HFC-, PFC- ja SF_6 -yhdisteitä ei esiinny luonnollisesti ilmakehässä, joten niitä muodostuu ainoastaan ihmisen toiminnasta. Näiden yhdisteiden elinikä ilmakehässä on hyvin pitkä, sillä ne ovat hyvin hienojakoisia, levittyen täten laajalle ilmakehään, sekä ne hajoavat pääasiassa vain ilmakehän ylimmissä kerroksissa. HFC-yhdisteiden elinikä on suurimmillaan 270 vuotta, SF_6 -yhdisteiden noin 3200 vuotta ja PFC-yhdisteiden jopa 50 000 vuotta. Suurin osa F-kaasuista syntyy jäähdytinaineista, liikenteen käytössä esimerkiksi jäähdytys- ja ilmastointilaitteista. (EPA, Overview of Greenhouse Gases, 2019.)

3.2 Liikenteen päästöt

IPCC:n laskelmien mukaan vuoden 2010 maapallon kokonaispäästöt olivat 49 Gt CO₂e (IPCC 2014, 9). Liikenteen osuus tästä oli 14 % teollisuudenaloittain mitattuna, päästöjen ollen 7,1 Gt CO₂e. Tähän on laskettu kaikki matkustaja- ja rahtiliikenne sekä myös epäsuorat päästöt. Maiden väliset erot ovat suuria – kehittyneemmissä maissa liikenteen aiheuttamat päästöt voivat olla yli 30 % valtion kokonaispäästöistä, kun vähemmän kehittyneissä maissa osuus voi olla alle 3 %. Globaalin matkustaja- ja rahtiliikenteen päästölähteitä tarkasteltaessa selvästi suurin osuus, 72,06 %, aiheutui maantiiliikenteen päästöistä. Lentoliikenne aiheutti yhteensä 10,62 % päästöistä, kansainvälinen meriliikenne 9,26 % ja raideliikenne 1,60 % (kuvio 7). Vuonna 2010 reilu puolet tuotetusta raakaöljystä kului liikenteen käyttöön, kattaen 94 % koko liikenteen energiatarpeesta. Biopolttoaineet kattoivat noin 2 %, sähkö yhden prosentin ja maakaasu sekä muut polttoaineet 3 % liikenteen energiasta. (IPCC 2014, 605–608, 610.)



Kuvio 7. Liikenteen aiheuttamat päästöt (CO₂e) kuljetusmuodoittain (IPCC 2014).

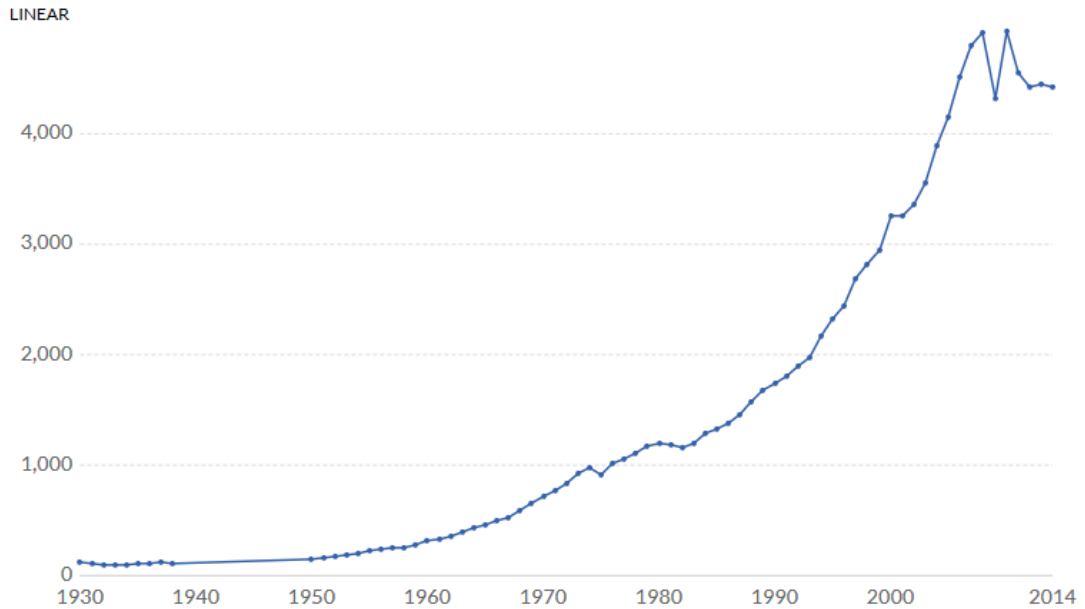
Fossiliilisten polttoaineiden käytön suuresta osuudesta johtuen liikenne synnyttää tällä hetkellä erityisesti hiilidioksidipäästöjä. Esimerkiksi vuonna 2017 Yhdysvalloissa liiken-

teen aiheuttamista kasvihuonekaasupäästöistä 97 % muodosti hiilidioksidi, 0,8 % dityppioksidi, 0,1 % metaani ja 2,1 % F-kaasut (EPA, Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions 2017).

3.2.1 Kansainvälisen kaupan aiheuttamat liikenteen päästöt

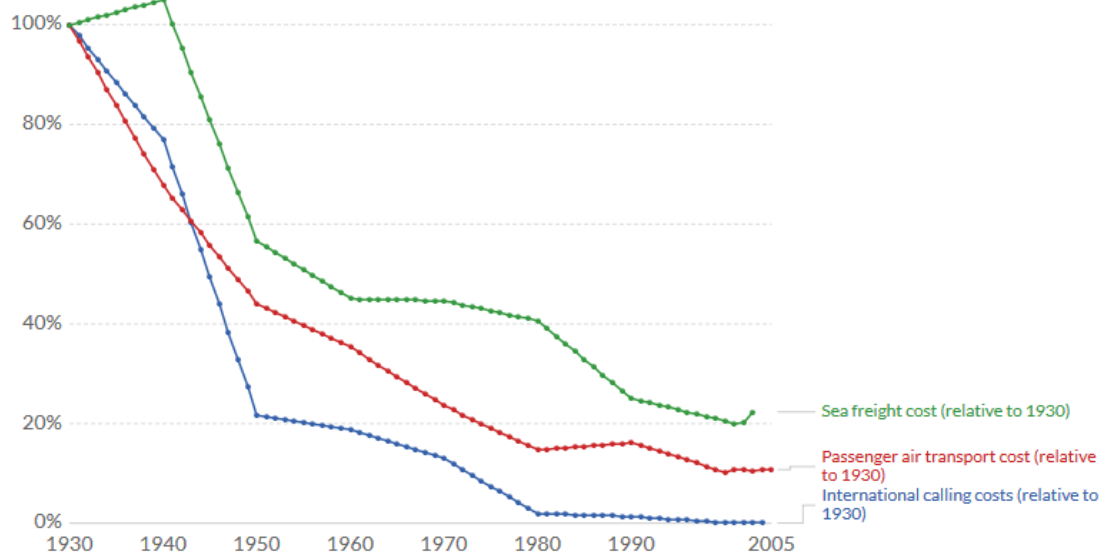
Kansainvälisen kaupan aiheuttamat liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat 2,1 Gt CO₂ vuonna 2010. Osuus oli vajaa 30 % koko liikenteen, ja noin 7 % koko maapallon hiilidioksidipäästöistä. Rahtivolymien sekä päästöjen on arvioitu kasvavan tulevaisuudessa. Nykyskenaarioiden mukaan rahtiliikenteen aiheuttamat hiilidioksidipäästöt voivat jopa nelinkertaistua vuoteen 2050 mennessä. Vuonna 2010 kansainvälisen kaupan hiilidioksidipäästöt jakautuivat kuljetusmuodoittain seuraavasti: tieliikenne aiheutti 53 %, meriliikenne 37 %, lentoliikenne 7 % ja rautaliikenne 3 %. Rahtiliikennekalusto käyttää ympäri maailman edelleen pääasiassa fossiilisia polttoaineita, joten vähäpäästöisempiin energiamuotoihin siirtyminen on haastavaa kovin lyhyellä aikavälillä. Asiaa ei helpota se, että suurimpia liikenteen ja rahtimäärien kasvua on ennustettu vähemmän kehittyneisiin maihin, joissa liikennekalusto on vanhempaa ja energiatehottomampaa. (ITF, The Carbon Footprint of Global Trade, 2015.)

Globaali vienti on kasvanut räjähdysmäisesti viime vuosikymmenten aikana. Globalisaatio on lisännyt maiden välistä kauppaa, ja viennit ovat kasvaneet yli 40 kertaiseksi verrattuna vuoteen 1913. Kuviossa 8 on osoitettu globaalit vientimäärät niiden arvon perusteella, suhteutettuna vuoden 1913 rahan arvoon.



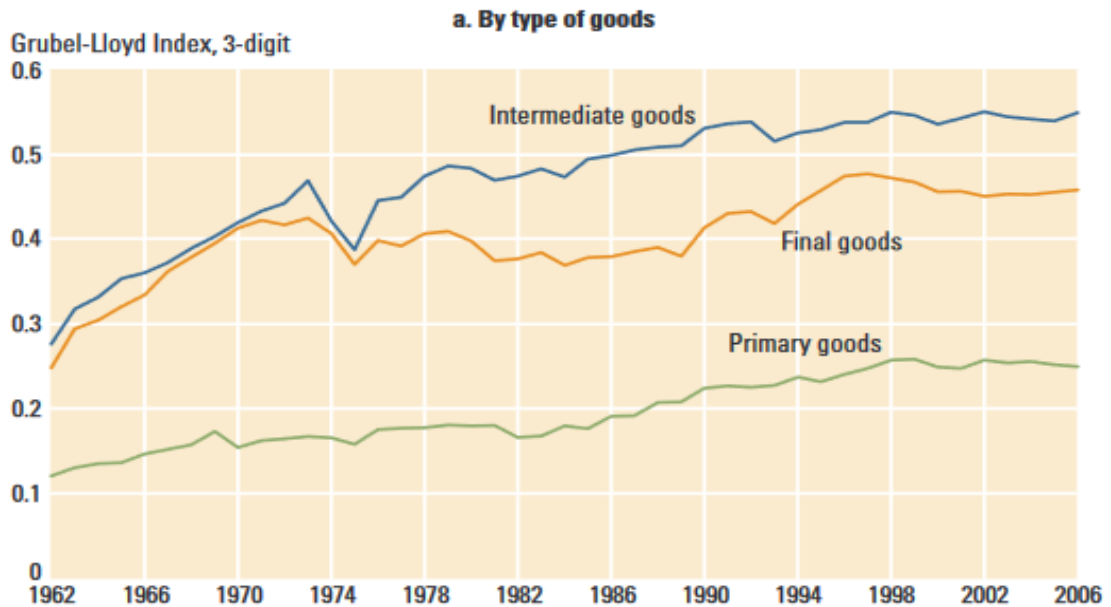
Kuvio 8. Globaalien vientien kehitys 1930–2014 rahallisen arvon perusteella (Our World in Data, Trade and Globalization, 2018).

Rahtihinnat ovat tippuneet globalisaation ja rahtimäärien kasvun myötä. Tämä johtuu pitkälti teknologian kehityksestä, esimerkiksi suurempien ja energiatehokkaampien rahtilaivojen sekä lentokoneiden myötä. Kuvio 9 näyttää hintojen kehityksen vuosina 1930–2005 merirahdille, matkustajalennoilta sekä maidenvälisille puheluille.



Kuvio 9. Hintojen kehitys merirahdille, matkustajalennoilta sekä kansainvälisille puheluille (Our World in Data, Trade and Globalization, 2018).

Rahtihintojen aleneminen viime vuosikymmeninä on muokannut kansainvälisen kaupan luonnetta muun muassa siten, että alku- ja välituotteita viedään ja tuodaan maasta toiseen paljon enemmän kuin ennen. Tämä taas lisää globaaleja rahtimääriä, sekä samalla kansainvälisen kaupan arvon rahallista määrää. (Our World in Data, Trade and Globalization, 2018). Kuvio 10 osoittaa alku- väli- ja lopputuotteiden viennin kehitystä.



Kuvio 10. Alku-, väli-, ja lopputuotteiden viennin kehitys 1962–2006 (UN World Development Report, 2009).

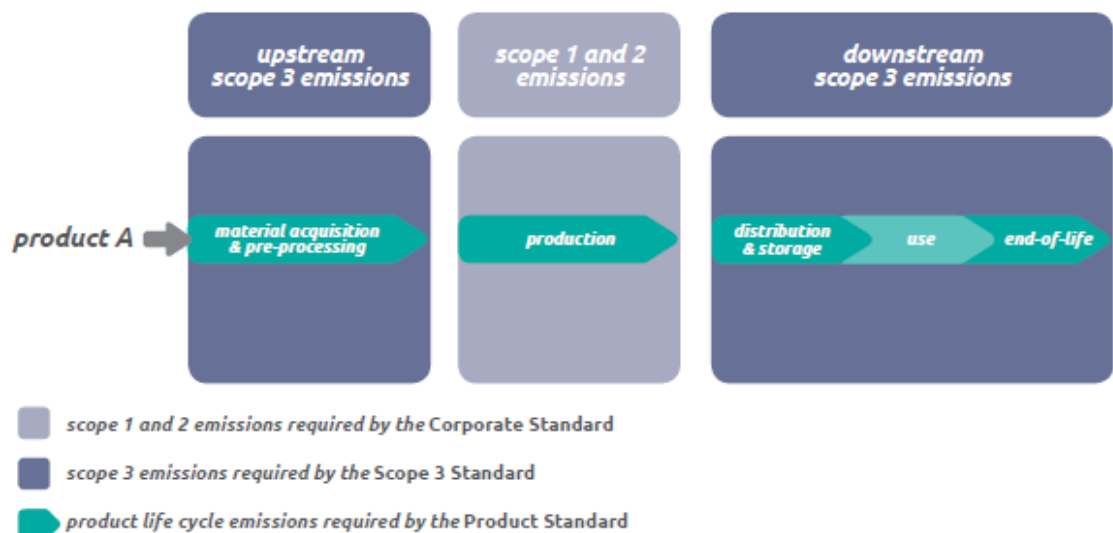
3.3 Hiilidioksidipäästöjen laskentamenetelmiä

Kasvihuonekaasupäästöjen laskemista varten on kehitetty useampia laskureita, mutta yhtä, kansainvälisesti vakiintunutta laskentatapaa ei ole vielä määritelty. Erilaisten laskentatapojen ja laskureiden joukosta on mahdollisuus valita omaa käyttötarkoitusta parhaiten tukeva menetelmä. Valinta täytyy arvioida perustuen siihen, miten laajalti päästöjä tarkalleen ottaen halutaan selvittää. Esimerkiksi halutaanko selvittää tuotteen koko elinkaaren aikaiset päästöt, vai keskittyäkö vain logistiikan aiheuttamiin päästöihin. Tämän lisäksi tiedossa olevien taustatietojen määrällä on merkittävä vaikutus siihen, millaisia laskelmia voidaan tehdä. Seuraavissa alaluvuissa on kerrottu erilaisista päästöjen laskentamenetelmistä ja –standardeista.

3.3.1 GHG Protocol

GHG Protocol on WRI:n (World Resources Institute) ja WBCSD:n (World Business Council for Sustainable Development) vuonna 1998 perustama organisaatio, joka kehittää ja tuottaa erilaisia kasvihuonekaasupäästöjen laskentastandardeja ja – työkaluja. WRI:n ja WBCSD:n tavoitteena on luoda maailmanlaajuinen, yhtenäinen standardi organisaatioille kasvihuonekaasupäästöjen raportoimista varten. Käyttäjäkuntaa ovat mm. valtiot, kaupungit, toimialajärjestöt, yritykset sekä muut organisaatiot. Tällä hetkellä standardeja on seitsemän, kehitettynä eri käyttötarkoituksiin, esimerkiksi mittaamaan kaupunkien, yritysten tai tuotekohtaisia päästöjä.

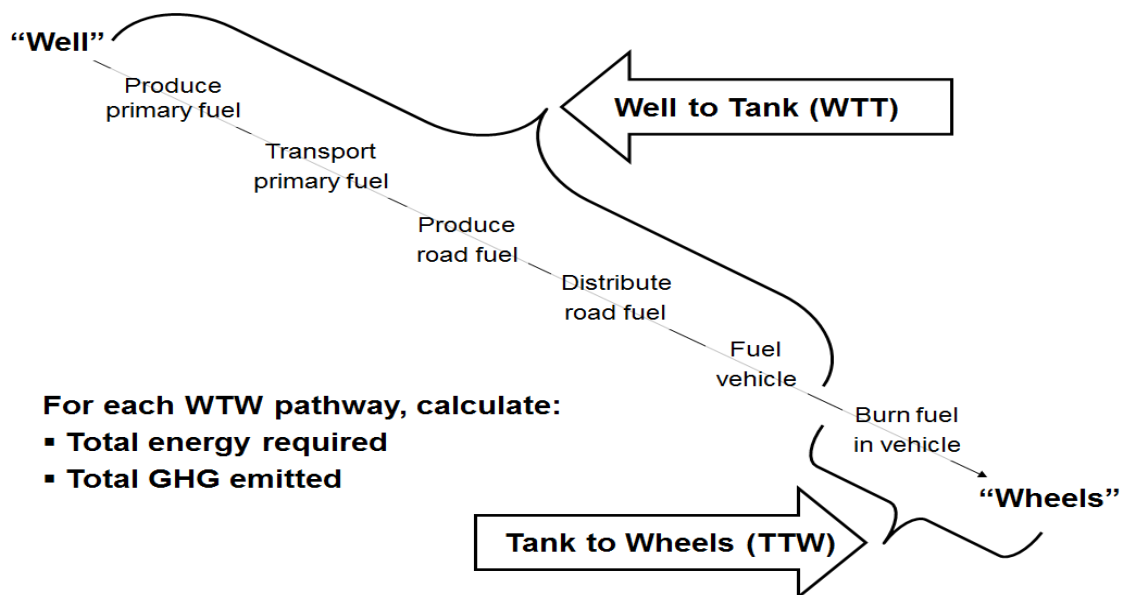
Tuote- tai palvelukohtaisia päästöjä mittaamaan kehitetty ”Product Standard” julkaistiin vuonna 2008. Sen avulla pystytään mittaamaan ja raportoimaan tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaisia päästöjä, ottaen huomioon päästöt tuotteen materiaalin hankinnasta ja esiprosessoinnista, tuotannosta, kuljetuksista, varastoinnista, jakelusta, käytöstä sekä myös tuotteen hävityksestä tai muusta käsitteystä (kuvio 11). (GHG Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, 2011, 4-7.)



Kuvio 11. GHG Protocol, Product Standard (GHG Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, 2011).

3.3.2 EN 16258 standardi

EN 16258 on eurooppalainen standardi, joka on kehitetty henkilö- ja rahtikuljetuksista aiheutuneiden päästöjen laskentaan ja raportoimiseen. Sen avulla pystytään laskemaan kuljetuspalvelun päästöt ja energiankulutus koko sen elinkaaren ajalta, eli laskennassa otetaan huomioon energianlähteen tuotannosta sekä kuljetussuoritteesta aiheutuneet suorat kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. Energianlähteen tuotannosta aiheutuneiden päästöjen laskentamenetelmää kutsutaan WTW-, eli "Well-to-Wheels"-analyysiksi (kuvio 12). (LIPASTO, Standardi EN 16258). WTW-analyysi on elinkaarianalyysia (LCA, Life Cycle Analysis) suppeampi siltä osin, että siinä ei oteta huomioon tarvittavan kaluston, laitteiden, tilojen ym. rakennuksesta aiheutuneita ympäristön rasitteita, eikä analyysi ota myöskään kantaa energiankäytön jälkeisistä epäsuorista päästöistä (EU Science Hub, Well-to-Wheels Analyses, 2016).



Kuvio 12. Well-To-Wheels–analyysi (EU Science Hub, Well-to-Wheels Analyses, 2016).

EN 16258 standardi kohdentaa päästöt kyseessä olevalle hyötykuormalle. Kuljetussuoritteiden yksikkönä on henkilökuljetuksissa henkilökilometri ja rahtikuljetuksissa tonnikilometri, eli päästö määrä kohdistetaan per henkilö/per 1000 kg rahtia yhden kilometrin matkalta. Tapauskohtaisesti myös muita yksiköitä on mahdollista käyttää. Tämän lisäksi ajettut matkat ajoneuvon ollessa tyhjänä rahdista huomioidaan laskennassa

Laskenta perustuu mahdollisimman tarkoilte lähtöarvoille, esimerkiksi toteutuneista matkojen etäisyyksistä ja kuljetuskaluston polttoainenkäytöstä. Standardi on määritellyt myös erilaisia oletusarvoja, mikäli toteutunutta dataa ei ole saatavissa. Tarkimmat tulokset saadaan toki kuitenkin jos toteutunutta dataa on saatavilla.

Kuvio 13 osoittaa laskennan vaiheet. Ensimmäinen vaihe on määrittellä kuljetussuorite osamatkoihin. Toisessa vaiheessa lasketaan kunkin osamatkan energiankulutus ja kasvihuonekaasupäästöt, jolloin tiedossa on oltava osamatkan pituus, käytössä ollut ajoneuvo, polttoaine sekä sen kulutus. Laskelmat toteutetaan määrittelyillä energia- ja kasvihuonekaasupäästökertoimilla. Tämän jälkeen tulokset kohdennetaan kuljetussuoritteen yksikköön, eli yleisimmin henkilö- tai tonnikipometriin. Lopuksi kaikilta osamatkoilta aiheutuneet energiankulutukset tai kasvihuonekaasupäästöt summataan. (LIPASTO, Standardi EN 16258).



Kuvio 13. EN 16258-standardin mukaisen kasvihuonekaasupäästöjen laskennan vaiheet.

3.3.3 EcoTransIT World

”Ecological Transport Information Tool – Worldwide”, lyhennettynä EcoTransIT World tai ETW, on maailmanlaajuinen sovellus rahtiliikenteen kasvihuonekaasupäästöjen ja energiankulutuksen mittaamiseen. Toteutuneiden päästöjen laskemisen lisäksi sovellus on kehitetty laskemaan vähäpäästöisimmän reittivaihtoehdon, joten sitä voidaan hyödyntää myös reittien suunnitteluvaiheessa. ETW:n partnereina on tällä hetkellä 24 logistiikkayhtiötä ympäri maailmaa, sekä kolme tieteellistä järjestöä, jotka yhdessä kehittävät sovellusta jatkuvasti. Suomalaisista logistiikkayhtiöistä ETW:ssä on mukana Posti. Ensimmäinen versio, joka oli vain Euroopan sisäinen, julkaistiin vuonna 2003. Vuonna 2010 julkaistiin sovelluksen uudistettu versio, joka on maailmanlaajuinen.

Sovelluksen tekemät laskelmat perustuvat täysin EN 16258 standardiin, mukaan lukien muuntokertoimet ja oletusarvot. Laskelmat voidaan perustaa painon mukaan tonnikipometreihin tai TEU-kilometreihin. (EcoTransIT World: Methodology and Data, 2018, 5-9). ETW laskurilla voidaan määrittää tarkasti käytössä oleva kalusto – esimerkiksi eri lentokonetyppejä, reikkoja ja laivoja on valittavissa useaa eri tyyppiä ja kokoa. Käyttäjä voi määrittää myös mm. käytetyn polttoaineen, päästöluokituksen, täyttöasteen sekä tyhjat, ilman rahtia ajatut kilometrit. (EcoTransIT World, Calculation).

3.3.4 LIPASTO

LIPASTO on Suomen henkilö- ja tavaraliikenteen päästöjä mittaamaan kehitetty laskentajärjestelmä. Sitä ylläpitää ja on toteuttanut Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy. Järjestelmällä voidaan laskea tie-, raide-, vesi- ja ilmaliikenteen sekä työkoneiden aiheuttamia kuljetuskohtaisia tai vuotuisia päästöjä Suomessa. (LIPASTO, Liikenteen päästöt). Vesi- ja ilmaliikenteen päästöt voidaan laskea myös Suomesta lähteville tai saapuville kansainvälisille reiteille. LIPASTO:lla on omat, kaikille avoimet yksikköpäästökerrointietokannat sekä laskentakaaviot erityyppisille päästölaskelmille. (LIPASTO, Yksikköpäästöt.)

4 PÄÄSTÖLASKELMAT

Tässä luvussa on laskettu toteutuneet kuljetuksista aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt vuodelta 2018 käyttäen saatavilla ollutta dataa niin paljon kuin mahdollista. Luvussa 4.3 on ehdotettu erilaisia logistiikkaskenaarioita kasvihuonekaasupäästöjen alentamiseksi Kiinan tehtaalta Arlandan varastolle saakka. Kasvihuonekaasupäästöjä jotka aiheutuvat jakeluista asiakkaille ei siis ole huomioitu, mutta ne on esitetty kappaleessa 4.2. Koska tutkimuksessa on keskitytty kansainvälisten kuljetusten aiheuttamiin kasvihuonekaasupäästöihin, ja määräävä muuttuja on rahdin massa, on laskelmat toteutettu EcoTransIT World -laskurilla.

4.1 Tutkimuksen taustaa ja laskelmissa käytetyt oletusarvot

Koska tutkimuksen aiheena olleen kuljetusten kasvihuonekaasujen mittaamiseen tarvittavaa dataa ei ollut saatavilla toimitusketjun jokaisesta osuudesta, sekä piirilevytehtaiden ja asiakkaiden sijainteja on useita, olen käyttänyt laskennoissa seuraavia oletuksia; tehdas sijaitsee Guangdongin maakunnassa, Jiangmenin kaupungissa Kiinassa, koska sinne on keskittynyt useampi sopimustehdas. Asiakas sijaitsee oletetusti Suomessa Tampereella ja Virossa Pärnussa, koska nämä ovat maantieteellisesti keskeisiä sijainteja asiakkaiden sijainteihin nähden. Lähetyskertoja varastolta asiakkaalle sekä Suomeen että Viroon tapahtuu kaksi kertaa viikossa. Tällöin varastolta Suomeen toimitettiin 104 kertaa 763,28 kg painoista toimitusta vuosikilomäärän ollen 79 381 kg. Viroon toimitettiin varastolta 104 kertaa 553,17 kg painoista toimitusta, vuosikilomäärän ollen 57 530 kg. Sekä Kiinassa että Euroopassa rekan täyttöaste on 60 %, massa 26–40 tonnia, tyhjänä ajettujen rahtikilometrien osuus 20 % ja käyttövoima diesel. Lentokoneen oletus on Boeing 747-400F täyttöasteella 80 %. Oletettu juna Kiinasta Eurooppaan olisi massaltaan maksimissaan 1000t, ja sen käyttövoima olisi diesel. Merimatkoille Kiinasta Ruotsiin on skenaarioissa käytetty 4,7-7k TEU kokoista alusta täyttöasteella 70 %. Itämerellä operoivan aluksen koko olisi 0,5-2k TEU. Meriliikenteen polttoaineen oletuksena on MDO (Marine Diesel Oil) tai HFO (Heavy Fuel Oil).

4.2 Toimeksiantajan tuontikuljetuksista aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt vuonna 2018

NCAB Group Finland Oy:n/Estonia Oü:n Hong Kongista Arlandaan tuodun lentorahdin (yhteensä 146 667 kg) päästöt olivat DHL:n dataan perustuen yhteensä 1 334 459 kg CO_{2e}, eli 0,001332459 Gt CO_{2e} tarkasteluvuoden 2018 aikana. Laskelmat on toteutettu GHG Protocollan "Product Standard":iin ja EN 16258-standardiin perustuen. Tuontimäärä jakaantui yhteensä 78 eri toimitukseen, jolloin keskimääräinen kilo määrä per lento oli 1880,35 kg ($146667/78=1880,35$).

Pikatoimituksia Kiinasta lähetettiin 773 kappaletta tarkasteluvuonna kokonaiskilomäärällä 8584 kg. Jos kokonaiskilomäärä jaetaan lähetysten lukumäärällä, on keskiarvoinen lähetyskohtainen paino 11,1 kg. Kuljetuskohtainen päästömäärä oli EWT-laskurilla laskettuna 64,17 kg CO_{2e}, ja vuosimäärä 49 603 kg CO_{2e}.

ETW-laskurilla laskettuna vuotuiset päästöt 78:lle 1880,35 kg toimitukselle Hong-Kong - Arlanda välille olivat 620 646 kg CO_{2e}. DHL:n laskelma on kuitenkin huomattavasti todenmukaisempi, koska siinä on käytetty lentokohtaista toteutunutta dataa täyttökapasiteetista, kilomääristä, polttoaineen kulutuksesta sekä välilaskuista.

Lentorahdin päästöjen lisäksi on laskettava maantiekuljetusten aiheuttamat päästöt Jiangmen-Hong-Kong reitille, sekä jakelut Arlandan varastolta asiakkaalle Suomeen ja Viroon. Kuljetuksia tehtaalta Hong-Kongiin oli 78 kappaletta tarkasteluvuonna. Yhden 1880,35 kg toimituksen päästöt olivat 20 kg CO_{2e} ja koko vuoden kertymä oli 1560 kg CO_{2e}. Varastolta Tampereelle kulkeutuneen 763,28 kg painoisen toimituksen päästöt olivat lähetyskohtaisesti 90 kg CO_{2e} ja koko vuoden aikana 9360 kg CO_{2e}. Varaston ja Viron välisen yhden 553,17 kg toimituksen päästöt olivat 84 kg CO_{2e}, koko vuoden kertymän ollen 8736 kg CO_{2e}. Näin ollen koko vuoden kasvihuonekaasupäästöt Arlandan varaston kautta kulkeneille normaalitoimituksille olivat 1 354 115 kg CO_{2e}. Jos pikarहितoimitukset lasketaan mukaan, olivat kuljetuksista aiheutuneet kasvihuonekaasupäästöt kokonaisuudessaan **1 403 718 kg CO_{2e}**.

4.3 Vaihtoehtoiset logistiikkaskenaariot

Seuraavissa alaluvuissa on laskettu skenaarioita, miten toimeksiantajan tuontilogistiikan Jiangmenin ja Arlandan välillä voisi järjestää siten, että kasvihuonekaasupäästöjä saataisiin pienennettyä nykytilanteesta. Verrokkina vertailussa on käytetty vuoden 2018 toteutunutta tuontikilomäärää 146 667 kg, joka on jaettu viikkotasolle ($146\,667\text{ kg}/52=2820,52\text{ kg}$) nykyisen logistiikkakuvion mukaan siten, että tavara tuodaan lentorahdilla. ETW-laskurin mukaan tällöin kuljetuskohtainen päästömäärä olisi 14 061 kg CO₂e ja vuotuinen summa **731 172 kg CO₂e**.



Kuva 1. Lentokuljetuksen reitti Jiangmen-Hong-Kong-Kööpenhamina-Arlanda.

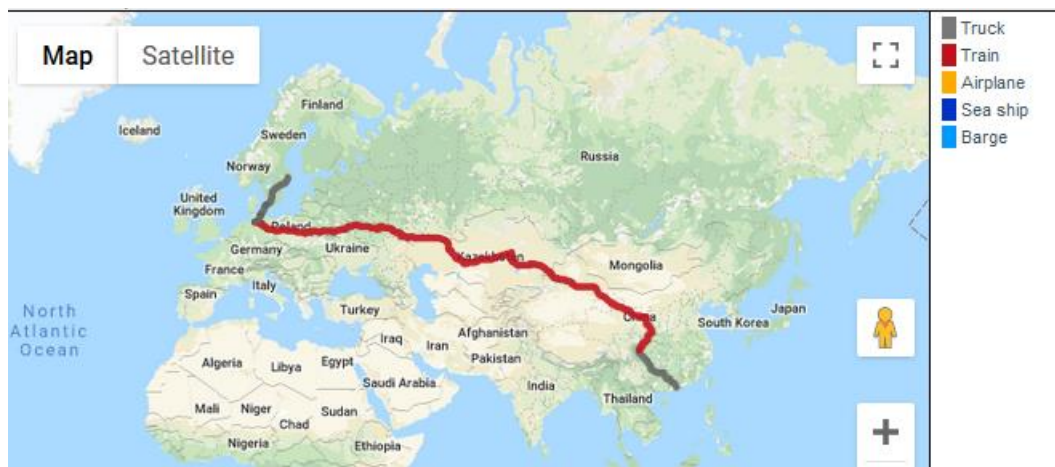
4.3.1 Maantie-raiderahti Jiangmen-Chengdu-Hampuri-Arlanda

DHL tarjoaa junarahtipalvelua Kiinasta Eurooppaan. Kiinassa Jiangmenia lähimpänä oleva raidereitin lähtöpiste on Chengdu. (DHL, henkilökohtainen tiedonanto, 19.7.2018.) Junaraide kulkee Kiinan, Kazakstanin ja Venäjän kautta Keski-Eurooppaan (kuva 1). Jiangmenista rahti kuljetettaisiin maantiekuljetuksena Chengduun, josta matka jatkuisi raidekuljetuksena Hampuriin. Hampurista Arlandaan rahti kuljetettaisiin taas maantiekuljetuksena. Tällaiselle reititykselle yhden 2820,52 kg toimituksen kasvihuonekaasupäästöt olisivat 2190 kg CO₂e, ja vuotuiset päästöt olisivat **113 880 kg CO₂e**. Toimitusaikarvio tälle reititykselle olisi 6 viikkoa (DHL, henkilökohtainen tiedonanto, 19.7.2018).

DHL RAILLINE: EASTBOUND CONNECTIONS AND DHL HUBS



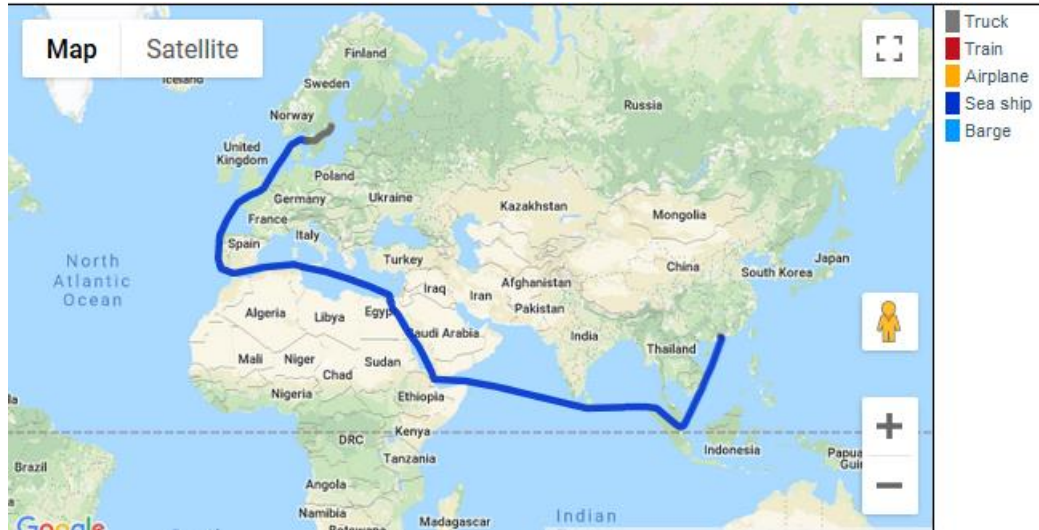
Kuva 2. DHL:n raideverkosto Kiinan ja Euroopan välillä.



Kuva 3. Raidekuljetuksen reitti Jiangmen-Chengdu-Hampur-Arlanda.

4.3.2 Merirahti Jiangmen-Göteborg-Arlanda

Jos tavaraa lähetettäisiin kerran viikossa merikuljetuksena Jiangmenista Göteborgiin, ja maantiekuljetuksena Göteborgista Arlandaan, olisivat toimituskohtaiset päästöt 1410 kg CO_{2e}. Vuotuiset kokonaispäästöt olisivat **73 320 kg CO_{2e}**. Toimitusaika-arvio merirahdille on 10 viikkoa (DHL, henkilökohtainen tiedonanto, 19.7.2018).

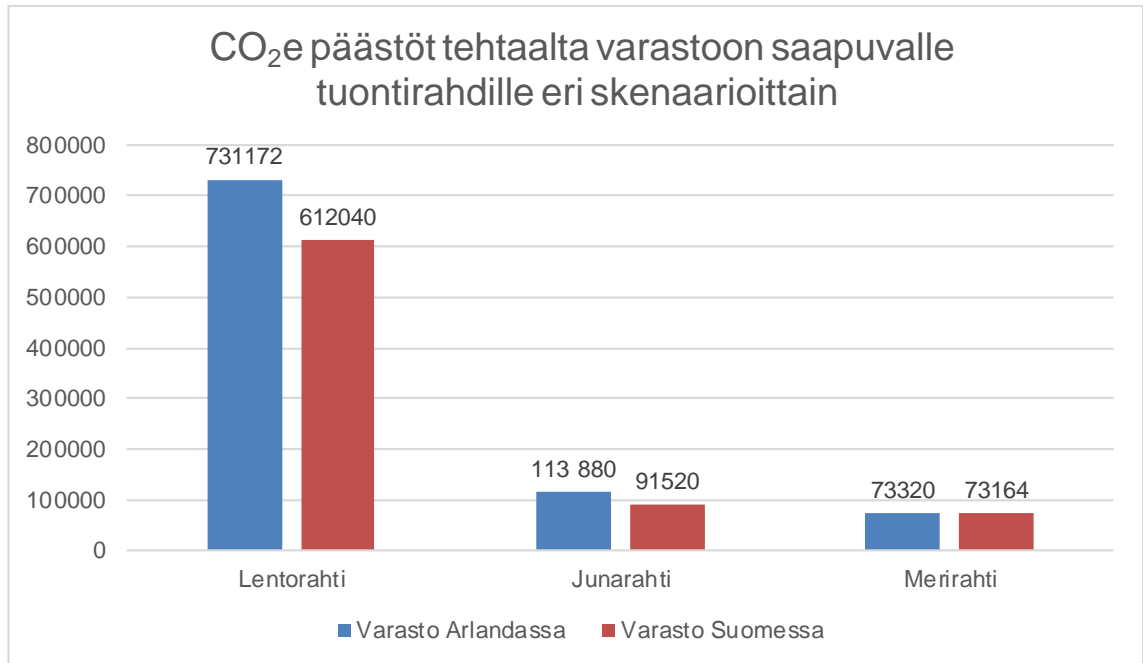


Kuva 4. Merikuljetuksen Jiangmen-Göteborg-Arlanda reitti.

4.3.3 Varasto Suomessa

Jos varasto siirrettäisiin Arlandasta Suomeen Helsinki-Vantaan lentokentän läheisyyteen, olisi yhden 2820,52 kg:n lähetyksen päästöt lentorahtina 11 770 kg CO₂e. Vuositaitiset tuontiliikenteen päästöt lentorahdille olisivat **612 040 kg CO₂e**, oletuksena että välilaskuja Hong-Kongin ja Helsinki-Vantaan välillä ei tarvitsisi tehdä. Tällöin myös jakelumatkat asiakkaille lyhenisivät, joten päästövähennyksiä aiheutuisi myös näiden kuljetusten osalta.

Jos tavara tuotaisiin raiderahdina suoraan Suomeen, esimerkiksi Chengdu-Moskova-Kouvola reittiä, olisi sen päästöt toimituskohtaisesti 1760 kg CO₂e ja vuodessa **91 520 kg CO₂e**. Merirahtina suoraan Suomeen tuotuna kuljetuskohtaiset päästöt olisivat 1407 kg CO₂e ja vuosipäästöt **73 164 kg CO₂e**. Laskennassa on oletettu rahtilaivan olevan 4,7-7k TEU kokoinen konttialus Jiangmen-Hampuri välillä, mutta Itämerellä pienempi 0,5-2k TEU kokoinen alus.



Kuvio 14. Eri kuljetusskenaarioiden CO₂e päästöt.

5 ARVIOINTI

Tutkimuksen tarkoituksena ollut seurantavuoden kuljetusten päästöjen selvittäminen toteutettiin DHL:n tarjoamien päästölaskelmien avulla, sekä ETW-laskurin laskelmilla keskiarvoisin rahtikilomäärin. Lennoista aiheutuneet raportoidut kokonaispäästöt 1 384 152 kg CO₂e ja laskelmoidut kokonaispäästöt maantiekuljetukset huomioituna **1 403 718 kg CO₂e** osoittavat hyvin, miten suuren osuuden (noin 98,6 %) päästöistä lentokuljetus aiheuttaa koko toimitusketjuun nähden. Varastolta asiakkaille suuntautuvien kuljetusten päästömääristä ei kuitenkaan saatu täysin luotettavaa tulosta, koska tätä dataa ei ollut saatavilla toteutuneista matkoista. Samoin, pikakuljetuksista saatavilla ollut data kattoi vain kilomäärät ja lähetyskerrat.

Logistiikkaskenaarioiden tulokset osoittavat päästöjen suuruusluokat eri kuljetusmuodoille (kuvio 14). Lentokuljetus on ylivoimaisesti eniten kasvihuonekaasupäästöjä aiheuttava kuljetusmuoto. Näistä skenaarioista voidaan todeta, että siirtymällä lentokuljetuksista rautatiekuljetuksiin olisi kasvihuonekaasupäästöjä mahdollisuus vähentää jopa noin 85 %. Siirtymällä lentokuljetuksista merikuljetuksiin päästöt voisivat pienentyä jopa 90 %. Varaston sijainnin vaikutus päästöihin ei näy merirahdille yhtä selvästi kuin lentoraiderahdille, koska merimatka ei lyhene merkittävästi varaston sijainnista riippuen. Toki tällöin kuitenkin kuljetukset asiakkaille olisivat lyhempiä ja täten vähäpäästöisempiä. Kuten jo mainittu, tarkat päästöluvut olisi mahdollista kuitenkin saada vain toteutuneista matkoista. Joka tapauksessa selvää on, että lentokuljetus on huomattavasti ympäristölle haitallisempaa kuin juna- tai merirahti.

Lentorahdista kokonaan luopuminen on kuitenkin mahdottomuus NCAB:n bisneksen luonteesta johtuen. Toimitusaika on suuri kilpailutekijä elektroniikka-alalla ja ostot ovat usein kysyntälähtöisiä. Toimeksiantajan suurimmat asiakkaat ovat sopimusvalmistajia, ja heidänkin hankinnat määräytyvät usein loppuasiakkaan tarpeista. Toisaalta sopimusvalmistajilla on osissa projekteista hyvät ennusteet, joiden pohjalta kuljetuksia voitaisiin suunnitella raide- ja merikuljetuksina – joka tapauksessa toimitustapa täytyy sopia jo tuotteen tarjousvaiheessa asiakkaan kanssa. Piirilevyjen toimitusajat ovat usein lyhempiä kuin muiden komponenttien, ja siitä syystä ne myös yleensä tilataan viimeisenä. Tämä aiheuttaa usein suuria aikataulupaineita. Useimmat yksittäiset ostot ovat myös kilomäärältään sen verran pieniä, etteivät pitkän toimitusajan kuljetusmuodot ole välttämättä järkevimpiä ratkaisuja. En ole tutkimuksessa ottanut kantaa kuljetuskustannuksiin, mutta

meri- ja raiderahdille on usein toimituskohtaiset korkeahkot minimiarvot ja –volyymit. Yksittäisten toimitusten täytyisi siis olla tarpeeksi suuria, jotta meri- tai raiderahti on rahallisesti kannattavaa. Konsolidoinnilla tämä on toki kuitenkin ratkaistavissa, vaikka se taas toisaalta pidentää kokonaistoimitusaikaa. Loppupeleissä päätös on kuitenkin asiakkaalla, miten hän haluaa tuotteensa kuljetettavan perille.

Varastolta asiakkaille tapahtuvan jakelun tarkempi seuranta ja datan keräys on ehdoton kehitysehdotus toimeksiantajan ulkoistetulle logistiikkapartnerille. Tällöin kuljetusten ympäristöpäästöjä pystyttäisiin seuraamaan realistisemmin. Toinen kehitysehdotus on organisoida konsolidoitu meri- tai raidekuljetus Kiinasta Eurooppaan. Tähän konsolidointiin voisi osallistua muitakin NCAB:n maayhtiöitä, jolloin suurempiakin määriä saataisiin tuotua raiteita pitkin.

LÄHTEET

Browne, M., Cullinane, S., McKinnon, A. & Whiteing, A. 2010. Green Logistics; Improving the Environmental Sustainability of Logistics. Replika Press Pvt Ltd, India 2010.

Inkiläinen, A., Ritvanen, V., Santala, J. & von Bell, A. 2011. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Saarijärven offset OY, Saarijärvi 2011.

EcoTransIT World, Calculation. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla: <https://www.ecotransit.org/calculation.en.html>

EcoTransIT World: Methodology and Data, 2018. Saatavilla: <https://www.ecotransit.org/methodology.en.html>.

EPA, Fast Facts on Transportation Greenhouse Gas Emissions 2017. Viitattu 12.11.2019. Saatavilla: <https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions>

EPA, Overview of Greenhouse Gases, 2019. Viitattu 24.11.2019. Saatavilla: <https://www.epa.gov/ghgemissions/overview-greenhouse-gases>

EU Science Hub, Well-to-Wheels Analyses, 2016. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla: <https://ec.europa.eu/jrc/en/jec/activities/wtw>

GHG Protocol, Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard, 2011. Saatavilla: <http://ghgprotocol.org/product-standard>

IEA, CO2 Emissions from Fuel Combustion, 2018. Saatavilla: <https://webstore.iea.org/co2-emissions-from-fuel-combustion-2018-highlights>

IEA, Methane. 2019. Viitattu 14.11.2019. <https://www.iea.org/weo/methane/>

Ilmasto-opas, Dityppioksidi. Viitattu 24.11.2019. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/8de2c2ef-71c1-41b4-90d7-d61125c3a3a6/dityppioksidi.html>

Ilmasto-opas, Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. Viitattu 24.11.2019. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/1e92115d-8938-48f2-8687-dc4e3068bdbd/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku.html>

Ilmasto-opas, Kasvihuoneilmiö. Viitattu 24.11.2019. Saatavilla: <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>

IPCC 2014. AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Saatavilla: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/>

IPCC 2018. Global Warming of 1.5 °C. Saatavilla: <https://www.ipcc.ch/sr15/>

ITF, The Carbon Footprint of Global Trade, 2015. Saatavilla: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/cop-pdf-06.pdf>

LIPASTO, Liikenteen päästöt. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

LIPASTO, Standardi EN 16258. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/yksikopaastot/standardi.htm>

LIPASTO, Yksikköpäästöt. Viitattu 29.11.2019. Saatavilla: <http://lipasto.vtt.fi/yksikko-paastot/index.htm>

Logistiikan Maailma, Incoterms 2010. Viitattu 22.11.2019. Saatavilla: <http://www.logistiikanmaailma.fi/sopimukset/toimituslausekkeet/incoterms-2010/>

Logistiikan Maailma, Ro-ro ja Sto-ro alukset. Viitattu 22.11.2019. Saatavilla: <http://www.logistiikanmaailma.fi/kuljetus/merikuljetus/alustyyppit/ro-ro-ja-sto-ro-alukset/>

Logistiikan Maailma, Varastonohjauksen ulkoistaminen. Viitattu 22.11.2019. Saatavilla: <http://www.logistiikanmaailma.fi/huolinta-terminaalit/varastointi/varastonohjaus/varastonohjauksen-ulkoistaminen/>

Luonnonvarakeskus, Suot ja Ilmasto, 2016. Viitattu 14.11.2019. <https://www.luke.fi/tieto-luonnonvaroista/metsa/metsat-ja-ilmastonmuutos/soiden-erityinen-kasvihuonevakuutus/>

NASA, Greenhouse Gases: Refining the Role of Carbon Dioxide, 1998. Viitattu 21.11.2018. Saatavilla: https://www.giss.nasa.gov/research/briefs/ma_01/

NCAB Sustainability Report, 2018. Saatavilla: <https://www.ncabgroup.com/downloads/>

NCAB vuosikertomus, 2018. Saatavilla: <https://corporate.ncabgroup.com/annual-reports/annual-report-2018/>

Our World In Data, CO2 and Other Greenhouse Gas Emissions, 2018. Viitattu 30.10.2019. <https://ourworldindata.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions>

Our World in Data, Trade and Globalization, 2018. Viitattu 7.11.2019. <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5991>

SFS, Ympäristöjohtamisen Standardisarja ISO 14000, 2019. Saatavilla: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_14000_ymparistojohtaminen

SFS, ISO 9000 –sarjan valinta ja käyttö, 2019. Saatavilla: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_9000_laadunhallinta

SFS, ISO 26000 Yhteiskuntavastuu, 2019. Saatavilla: https://www.sfs.fi/julkaisut_ja_palvelut/tuotteet_valokeilassa/iso_26000_yhteiskuntavastuu

The World Bank 2017. Viitattu 30.10.2019. <https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.GHGT.KT.CE>

UN World Development Report, 2009. Saatavilla: <https://openknowledge.worldbank.org/handle/10986/5991>

UN, Emission Gap report 2018. Viitattu 29.10.2019. Saatavilla: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2018>