



VERKKOKAUPPAYRITYKSEN HIILIJALANJÄLKI JA MAHDOLLISUUDET HIILINEUTRAALISUUTEEN

Case: PlusYkkönen Oy

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2022

Saul Klemola

Tarkastaja: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo

Ohjaaja: Tutkijatohtori, TkT Anna Claudelin

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Energiajärjestelmät

Ympäristötekniikka

Saul Klemola

Verkkokauppayrityksen hiilijalanjälki ja mahdollisuudet hiilineutraalisuuteen

Case: PlusYkkönen Oy

Ympäristötekniikan kandidaatintyö

2022

39 sivua, 3 kuvaa ja 13 taulukkoa

Tarkastajat: Apulaisprofessori, TkT Ville Uusitalo ja Tutkijatohtori, TKT Anna Claudelin

Avainsanat: elinkaarianalyysi, hiilijalanjälki, hiilikompensaatio, hiilineutraalius, verkko-
kauppa

Työn tavoitteena on koota ja selventää verkkokauppayritysten hiilijalanjälkilaskennan vaiheet, mahdollisuudet hiilijalanjäljen pienentämiseen sekä hiilineutraalisuuteen tähtäävän hiilikompensaation edellytykset. Näiden perusteella lasketaan case-yritys PlusYkkönen Oy:n hiilijalanjälki ja selvitetään mahdollisuudet hiilineutraalisuuteen. Case-yrityksen hiilijalanjälkilaskennan perusteella huomataan liikenteen olevan merkittävin päästölähde, sillä se muodostaa yli kaksi kolmasosaa yrityksen 5285 kg CO₂-ekv kokonaispäästöistä. Merkittävimmiksi päästövähennystoimiksi arvioidaan julkiseen liikenteeseen siirtyminen työmatkoilla, lentorahdista luopuminen sekä muovijätteiden lajittelu. Näillä saadaan aikaan noin 1658 kg CO₂-ekv:n päästövähennykset. Vähennysten jälkeinen 3627 kg CO₂-ekv:n hiilijalanjälki voidaan kompensoida, jotta yritys saavuttaa hiilineutraalisuuden. Kompensaatio kustantaisi yritykselle esimerkin mukaisen kotimaisen hankkeen osalta 159 € ja ulkomaisen hankkeen osalta 33 €. Hankkeiden välinen hintaero selittyy niiden käyttämällä menetelmillä, mikä näkyy päästövähennysten tai nielujen luotettavuudessa, pysyvyydessä ja lisäisytydessä.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT

LUT School of Energy Systems

Environmental Technology

Saul Klemola

Carbon footprint of an e-commerce store and opportunities for carbon neutrality

Case: PlusYkkönen Oy

Bachelor's thesis

2022

39 pages, 3 figures and 13 tables

Examiners: Associate Professor, D.Sc. Ville Uusitalo and Post-doctoral researcher, D.Sc. Anna Claudelin

Keywords: carbon footprint, carbon neutrality, carbon offset, e-commerce, life cycle analysis

The aim of this study is to compile and clarify the stages of carbon footprint calculation, potential ways to reduce carbon footprint and preconditions for carbon neutrality of e-commerce companies. On the basis of these, the carbon footprint of the case study company PlusYkkönen Oy is calculated and the possibilities for carbon neutrality are reviewed. In the case study company's carbon footprint calculation, transportation is the most significant source of emissions, accounting for more than two-thirds of the total emissions of 5285 kg CO₂-eq. The most significant emission reduction measures are estimated to be switching to public transport for commuting, switching of air cargo to alternative transportation and the sorting of plastic waste. These result in emission reductions of approximately 1658 kg CO₂-eq. The carbon footprint of 3627 kg CO₂-eq after the reductions can be offset by the company to achieve carbon neutrality. Carbon offsetting would cost the company 159 € for a domestic offset project and 33 € for a foreign offsetting project. The price difference between the projects is explained by the used methods, which reflects the reliability, permanence and additionality of the projects.

SYMBOLIT JA LYHENTEET

Yhdisteet

CO ₂	Hiilidioksidi
CH ₄	Metaani
N ₂ O	Dityppioksidi
SF ₆	Rikkiheksafluoridi

Yksiköt

kg CO ₂ -ekv	Kilogramma Hiilidioksidiekvivalentti
kWh	Kilowattitunti
t	tonni

Lyhenteet

GHG	Greenhouse gases eli kasvihuonekaasut
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
ISO	International Organization for Standardization
LULUCF	Land Use, Land Use Change and Forestry (maankäyttö, maankäytön muutos ja metsätalous)
SFS	Suomen Standardisoimisliitto SFS ry

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

Abstract

Symbolit ja lyhteet

1.	Johdanto.....	5
2.	Hiilijalanjälki ja kompensatio.....	7
2.1.	Hiilijalanjäljen laskentastandardi.....	8
2.1.1.	Kasvihuonekaasut.....	9
2.1.2.	GHG-protokollan mukaiset vaikutusalueääritykset.....	10
2.2.	Hiilikompensatio.....	13
2.2.1.	Edellytykset ja kriteerit hiilikompensatiolle.....	14
2.2.2.	Hiilikompensatiomenetelmät.....	16
2.2.3.	Kritiikki.....	18
3.	PlusYkkönen Oy:n hiilijalanjäljen laskenta.....	20
3.1.	Laskennan vaiheet.....	21
3.1.1.	Scope 2 -hiilijalanjäljen laskenta.....	21
3.1.2.	Scope 3 -hiilijalanjäljen laskenta.....	22
3.2.	Tulokset.....	25
4.	Hiilijalanjäljen pienennys ja kompensointi.....	28
4.1.	Päästövähennystoimet.....	28
4.2.	Kompensointivaihtoehdot.....	31
5.	Yhteenveto ja johtopäätökset.....	33
	Lähteet.....	36

1. Johdanto

Ilmastonmuutos on yksi aikakautemme suurimmista ongelmista ja haasteista. Yritysten tuottamat palvelut ja tuotteet muodostavat valtaosan ihmiskunnan aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä. Yksilöt, yhteisöt ja yhteiskunnat kuluttavat yritysten tarjoamia tuotteita ja palveluita sekä ovat omalta osaltaan vastuussa niistä. Ostovoiman siirtyessä kestävämpään kuluttamiseen tulee yritysten mukautua uuteen markkinatilanteeseen tarjoamalla ympäristöystävällisempiä vaihtoehtoja sekä tuomalla esiin toimiaan ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi.

Vuodesta 2020 verkkokauppojen maailmanlaajuinen vähittäismyynti tulee arvioiden mukaan kasvamaan vuotuisesta 4,2 miljardista 7,4 miljardiin Yhdysvaltain dollariin vuoteen 2025 mennessä (von Abrams 2021). Erityisen nopeaa kasvu on ollut valtioiden rajat ylittävällä myynnillä, jonka kasvu on ollut keskimäärin 31 % vuodessa. Tavaraa toimitetaan jatkuvasti yhä kauempaa yhä enenevässä määrin, ja jo vuonna 2018 rekkaliikenne vastasi 6 % Euroopan kokonaishiilidioksidipäästöistä. (Dieke et al. 2018, 18–20.)

Hiilijalanjälki kuvaa tietyn tuotteen tai palvelun elinkaaren aikana syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. Tämä ilmastovaikutus ilmoitetaan hiilidioksidin (CO₂) tai hiilidioksidiekvivalentin (CO₂-ekv) massayksikkönä. Hiilidioksidiekvivalentit ottavat hiilidioksidin lisäksi huomioon muiden kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttamat vaikutukset niitä vastaavilla päästökertoimilla. Elinkaarella tarkoitetaan koko tuotteen tai palvelun valmistamisen, käytön ja hävittämisen vaiheita aina sen suunnittelusta ja materiaalien hankinnasta sen lopettamiseen tai hävittämiseen saakka. (University of Michigan 2021.)

Hiilineutraalisuudella tarkoitetaan tilannetta, jossa hiiltä sidotaan ilmasta yhtä paljon tai enemmän kuin päästöjä tuotetaan. Tällöin hiilijalanjälki on nolla tai negatiivinen. Hiilineutraalisuus voidaan hiilensidonnan ohella saavuttaa myös kompensoimalla päästöt vähentämällä niitä vastaava määrä muualla. (Euroopan parlamentti 2019.)

Jälleenmyyjät ja erityisesti verkkokaupat mielletään usein vain tuotteiden tai palveluiden välittäjiksi ja vastuu valtaosasta päästöistä kohdistuu valmistus- ja kuljetusyhtiöihin. Hiilijalanjäljen laskentastandardit poikkeavat toisistaan, ja hiilijalanjälkiä lasketaan usein virheellisesti tai eri tavoilla. (Klaaßen 2021.) Suurin osa hiilikompensaatiota tarjoavista yrityksistä ei ole GHG-protokollan eli päästöstandardien mukaisia, ja ne voivat korvata muita toimivampia ympäristötekoja kiihdyttää ilmastonmuutosta entistä huonompaan suuntaan (Broekhoff et al. 2019, 16).

Työssä tarkastellaan verkkokauppayritystä PlusYkkönen Oy (jatkossa: ”PlusYkkönen”) tarkastelemalla tämän hiilijalanjälkeen vaikuttavia tekijöitä, laskemalla yrityksen GHG-protokollan mukainen hiilijalanjälki, tunnistamalla merkittävimmät kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskeinot sekä vertailemalla jäljelle jääneiden päästöjen mahdollisia päästökompensaatiokeinoja.

Vastaavanlaisia elinkaarianalyyskejä on tehty ja tehdään säännöllisesti keskisuurista ja suur yrityksistä. Elinkaaritarkastelut ovat kuitenkin harvinaisempia pien- ja mikroyritystasolla, joten työn tavoitteena on hiilijalanjäljen laskennan lisäksi antaa esimerkki elinkaarianalyysin teon vaiheista ja merkityksestä pienemmän kokoluokan yrityksille. Vain murto-osa pien- ja mikroyrityksistä on tällä hetkellä hiilineutraaleja – tai ilmoittanut olevansa hiilineutraaleja. Näillä pienemmillä yrityksillä ei ole vielä yhtä lailla velvoitteita tai painetta asiakkailtaan ilmastotoimiin kuin suuremmilla yrityksillä. (British Chambers of Commerce 2019.)

PlusYkkönen on vuonna 2021 perustettu varusmiehille suunnattu verkkokauppa. Yrityksessä on neljä osa-aikaista työntekijää, joten kyseessä on mikroyritys. Pääasiassa myynti koostuu käyttö- ja elintarvikkeista, joista on hyötyä varusmiespalveluksessa. Tuotteita hankitaan Suomesta ja ulkomailta tukuista ja suoraan tehtailta, joten laskennassa huomioon otettavia muuttujia on runsaasti.

2. Hiilijalanjälki ja kompensatio

Kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n mukaan ilmastonlämpenemisen pysäyttäminen vaatii tasapainoa ihmisperäisten kasvihuonekaasujen päästöjen ja poistumien välillä. Tätä tilannetta kutsutaan termillä hiilineutraalius ja se voidaan saavuttaa lisäämällä hiilensidontaa ja/tai pienentämällä kasvihuonekaasupäästöjä toisaalla. Ihmisten päästöjen vaikutusta arvioidaan säteilypakotteella eli maasta avaruuteen poistuvan lämpösäteilyn määränä. Positiivisena tämä tarkoittaa ilmakehää lämmittävää ja negatiivisena ilmakehää viilentävää vaikutusta. Hiilineutraalisuuskäsitteeseen vaikuttaa se mitä kaikkia päästölähteitä huomioidaan säteilypakotteessa. Yleisin, ja tässäkin työssä käytetty, menetelmä on GWP-100, joka ottaa huomioon hiilidioksidin, metaanin, dityppioksidin sekä fluorattujen kasvihuonekaasujen lämmittävän vaikutuksen 100 vuoden aikana. (Allan et al. 2021, 37–42.)

Hiilineutraalisuutta tavoiteltaessa hallinnon, yrityksen tai yhdistyksen tulee ensimmäiseksi selvittää hiilijalanjälkensä eli sen toiminnan, tuotteen tai palvelun aiheuttama hiilidioksidiekvivalenttipäästö ilmakehään. Tätä voidaan kutsua myös ilmastovaikutukseksi. Hiilijalanjäljen laskentaa varten on kansainvälisiä elinkaariarviointimenetelmästandardeja kuten ISO-standardit 14040–14044 (2006) sekä 14067 (2018), joka on yksinomaan hiilijalanjäljen laskentaa varten. Standardeja seurataan puolestaan niiden perusteella tehdyistä viitekehyksistä kuten GHG-protokollasta eli Greenhouse Gas Protocol -standardista, joka on suunnattu nimenomaan yritysten elinkaariarviointiin eikä niinkään yksittäisten tuotteiden elinkaariarviointiin. (Suomen ilmastopaneeli 2019, 20–21.)

Määritelmästä riippuen hiilineutraalisuuteen voidaan ottaa huomioon LULUCF-sektorin eli maankäytön ja maankäytön muutoksen – varsinkin maa- ja metsätalouden – nielut ja päästöt. Nämä huomioitaessa tulee laskennassa ottaa huomioon muun muassa metsien hakkuista ja kasvusta aiheutuneet hiilinielun muutokset, maankäytöstä aiheutuneet albeidon eli heijastuskyvyn muutokset sekä kasvillisuuden aerosolihiukkasten säteilypakotevaikutukset. Tämän työn tarkastelussa ei oteta huomioon LULUCF-sektorin nieluja tai päästöjä niiden määrän ollessa lähes merkityksetön ja vaikeasti arvioitavissa verkkokauppa alalla. Nettonieluksi

kutsutaan LULUCF-sektorin tilannetta, jossa nielujen osuus on suurempi kuin päästöjen. (Suomen ilmastopaneeli 2019, 7–9, 16–17.)

Fossiilisten päästöjen vähentäminen tulee aina ensin tehdä niiltä osin kuin mahdollista, ennen kuin voidaan vähentää LULUCF-nettonielua tai kompensoida päästöjä tarkastellun rajauksen ulkopuolelta. Hiilikompensaatiolla tarkoitetaan tarkastellun kasvihuonekaasupäästötaseen ulkopuolelta hankittuja päästövähennysyksiköitä, joita kutsutaan hiilikrediiteiksi. Hiilikrediitit edustavat 1 tCO₂-ekv suuruista hiilensidontaa, joka voidaan saavuttaa tarkastellun ulkopuolisilla päästövähennystoimilla tai hiilinielujen lisäämisellä. Näiden avulla korvataan hiilijalanjälkilaskennassa ylittyneet kasvihuonekaasupäästöt, jolloin saavutetaan hiilineutraalisuus tai hiilinegatiivisuus. Jälkimmäisessä tapauksessa päästöt ovat nieluja pienempiä. (Suomen ilmastopaneeli 2019, 5, 9 ja 15.)

Euroopan Unionin direktiivi (NFR) ei-taloudellisesta raportoinnista (2014/95/EU) velvoittaa eurooppalaiset suuryritykset (>500 työntekijää) raportoimaan vuosittain vastuullisuudestaan viidellä eri osa-alueella:

- ympäristövastuu
- sosiaalinen vastuu
- ihmisoikeuksien kunnioittaminen
- korruption ja lahjonnan torjunta
- monimuotoisuus yritysten hallituksissa.

Tämä merkitsee ympäristövastuun osalta yrityksen hiilijalanjäljen vuosittaista laskemista, missä avuksi tulevat erilaiset standardit laskujen suorittamiseen. (2014/95/EU.)

2.1. Hiilijalanjäljen laskentastandardi

Päästöjen vähennystoimia edeltää lähes poikkeuksetta yrityksen hiilijalanjäljen laskenta sekä eri toimintatasojen päästölähteiden tunnistaminen sekä luokittelu. Näiden avulla

saadaan käsitys siitä, kuinka paljon milläkin toimintatasolla on mahdollisesti vähennettäviä päästöjä. Maailmanlaajuisesti yleisin laskentastandardi yrityksille on Greenhouse Gas Protocol -standardi, jossa yritys jakaa päästölähteensä scopeiksi kutsuttuihin kolmeen luokkaan. (Kuiri 2022.)

2.1.1. Kasvihuonekaasut

Kasvihuoneilmiö ylläpitää ja mahdollistaa elinkelpoisen varsin tasaisen lämpötilan maapallolla estäen osaa auringon lämpösäteilyä karkaamasta takaisin avaruuteen. Ilmiö perustuu auringon tulosäteilyn kaasukehän parempaan läpäisyyn verrattuna lyhyempi aaltoiseen paluusäteilyyn. Pidempiaaltoinen ultraviolettisäteily absorboituu maassa ja ilmassa ja heijastaa takaisin lyhyempiaaltoista infrapuna säteilyä, jonka kaasukehän läpäisykyky on huomattavasti huonompi. Ilman tätä ilmiötä maapallon keskilämpötila olisi pelkällä auringon säteilyllä $-19\text{ }^{\circ}\text{C}$. Verrattuna nykyiseen $14\text{ }^{\circ}\text{C}$ keskilämpötilaan on kasvihuoneilmiön vaikutus noin $33\text{ }^{\circ}\text{C}$. (Darkwah Williams Kweku1, et. al. 2018, 2.)

Kasvihuoneilmiötä maapallon kaasukehässä aiheuttavat kasvihuonekaasut, jotka koostuvat kolmesta tai useammasta atomista. Riittävän heikon sidoksen takia auringon säteily saa ne värähtelemään ja absorboimaan lämpöenergiaa. Tyypillisimpiä tällaisia molekyyliä ilmakehässä ovat vesi (H_2O), hiilidioksidi (CO_2), metaani (CH_4) sekä dityppioksidi (N_2O). Valtaosa ilmakehän ilmasta koostuu kuitenkin typpi- (N_2) ja happimolekyyleistä (O_2), jotka ovat kyllin vahvalla sidoksella yhdessä, jolloin lämpösäteily ei saa niitä värähtelemään ja absorboimaan lämpöenergiaa. (Darkwah Williams Kweku1, et. al. 2018, 3.)

Vaikka kasvihuoneilmiö on täysin luonnollinen ilmiö ja välttämättömyys elämälle maapallolla, on ihmiskunta aiheuttanut siihen toimillaan muutoksia. Fossiilisten polttoaineiden käyttö on lisännyt huomattavasti kasvihuonekaasujen pitoisuuksia ilmakehässä 1800-luvun teollisesta ajasta lähtien. Tämä on johtanut ilmastonmuutokseen ja -lämpenemiseen kestävämmällä vauhdilla. Esimerkiksi ilmakehän CO_2 -pitoisuus on lisääntynyt 280 ppm:stä nykyiseen lähes 420 ppm:n. (Darkwah Williams Kweku1, et. al. 2018, 4–6.)

Kasvihuonekaasujen vaikutuksen mittaamiseksi täytyy olla määritettynä mittaristo, joka määrittää päästöjen suuruuden absoluuttisesti tai suhteellisesti. Absoluuttisia yksiköitä ovat esimerkiksi K/kg CO₂. Suhteelliset yksiköt ovat puolestaan eri kasvihuonekaasujen vertailuyksiköitä, joista yleisimpänä tunnetaan hiilidioksidiekvivalentti, joka suhteuttaa muiden kasvihuonekaasupäästöjen vaikutuksen niitä vastaavaan määrään hiilidioksidipäästöjä. Jokaisella kasvihuonekaasulla on erilaiset fysikaaliset ominaisuudet, minkä vuoksi vaikutukset eivät ole vertailtavia olosuhteiden ja vertailtavan ajanjakson muuttuessa. Valittu mittaristo antaa tarkimmat arvot vain tarkastelun mukaan valitulle ilmastonmuutoksen osa-alueelle. Tarkastelua voidaan suorittaa esimerkiksi säteilypakkotteen, lämpötilan muutoksen tai merenpinnan nousun suhteen tietyllä aikavälillä. Valittu osa-alue ja aikaväli vääristävät siis tuloksia, mikäli niitä käytetään muiden osa-alueiden arvioimiseen. (Gunnar, et al., 2014, 710.)

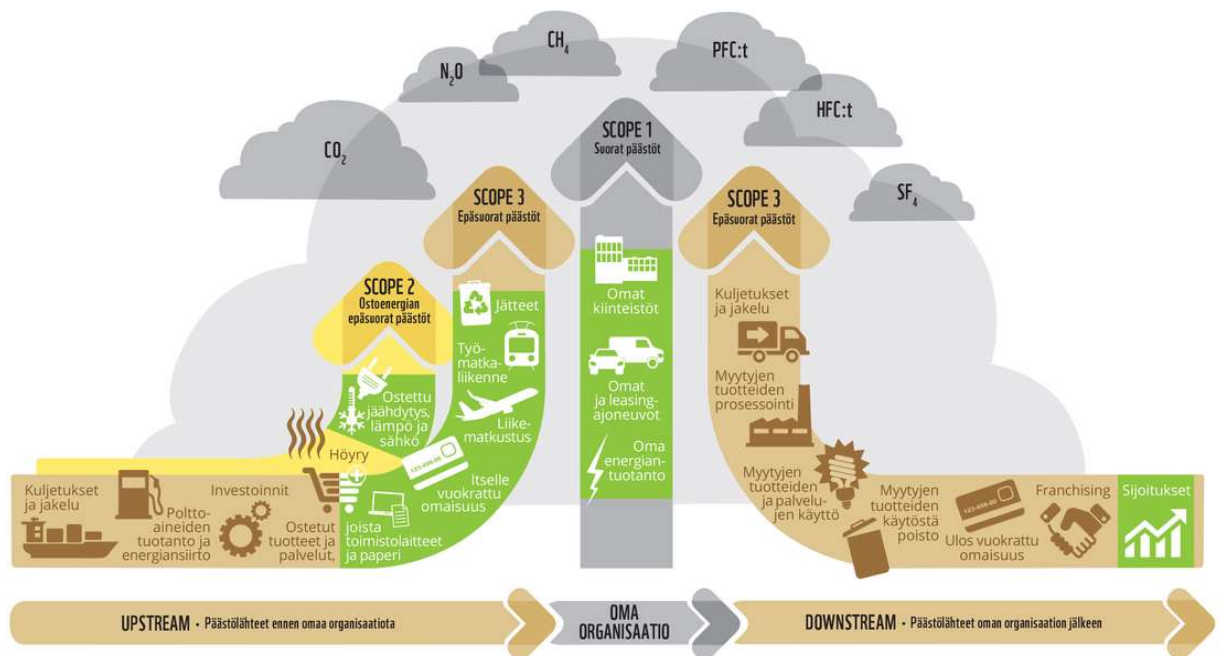
Vaikutusten arvioimista varten on kehitetty useita mittaristoja, joista yleisesti tunnetuin on lämmityspotentiaali (GWP, global warming potential), joka ilmaisee, kuinka paljon kukin kasvihuonekaasu sitoo lämpöenergiaa itseensä suhteessa hiilidioksidiin. Tämä ei johda suoriin ilmastonmuutosta kuvaaviin arvoihin, vaan se toimii eri päästöjen vaikutuksen suhteuttajana. Lämmityspotentiaalın arvoihin vaikuttaa merkittävästi tarkasteltu ajanjakso, ja lämmityspotentiaali voidaankin määrittää mille tahansa ajanjaksolle. Yleisimmät arvot ovat GWP₂₀, GWP₁₀₀ sekä GWP₅₀₀, jotka ilmaisevat suhteen 20, 100 ja 500 vuoden aikavälillä. Vakioituneeksi laskentastandardiksi on sittemmin muodostunut GWP₁₀₀, vaikka tälle ei ole tieteellistä perustetta verrattuna muihin GWP-arvoihin. (Gunnar, et al., 2014, 710–712.)

2.1.2. GHG-protokollan mukaiset vaikutusalue-määrittelyt

Päästöjen rajaaminen ja luokittelu alkaa organisaatorajan määrittämisestä. Tämä määrittää sen, minkä osuuden yritys joutuu vastaamaan sen kustakin toiminnasta raportoinnissaan. Organisaatorajat jaetaan kahteen pääluokkaan: omistusosuus- ja hallintaluokitteluun. Omistusosuusluokittelussa yritys vastaa tuottamiensa toimintojen päästöistä siltä osin kuin mikä sen omistusosuus kyseisessä toiminnossa on. Hallintaluokittelussa puolestaan yritys valitsee vastaako se päästöistään taloudellisen hallinnan osuuden vai toimintojen hallinnan osuuden

mukaan. Organisaatorajan määrittämisellä on suuri merkitys raportoituihin kokonaispäästöihin, koska yrityksen omistusosuus sen toiminnoista saattaa olla huomattavasti eri kuin sen taloudellisen tai toimintojen hallinnan osuus. (Ranganathan 2004, 16–22.)

Organisaatorajan määrittämisen jälkeen yritys erittelee toimintansa vaikutusalueäärityksen luokkien eli scopejen mukaan. Scopet helpottavat luokittelemaan päästöt suorien ja epäsuorien välillä, mikä puolestaan hyödyttää läpinäkyvyydessä, päästövähennyssuunnitelman teossa sekä tavoitteiden asettamisessa. Scopet jaotellaan kuvan 1 mukaisesti 3 laajuusalaan sen mukaisesti mistä toiminnoista päästöt syntyvät. Scope 1 kuvaa suoria päästöjä, scope 2 ostoenergiasta aiheutuvia epäsuoria päästöjä ja scope 3 kaikkia muita syntyneitä epäsuoria päästöjä. Hiilijalanjälkeä laskettaessa täytyy vähintään scope 1 ja 2 -päästöt sisällyttää laskentaan, scope 3 perustuen enemmän vapaaehtoisuuteen. (Ranganathan 2004, 25–26.)



Muokattu. Alkuperäinen kuva Greenhouse Gas Protocol

Kuva 1. GHG-protokollan mukainen scope-luokittelu päästölähteittäin. Alkuperäinen kuva Greenhouse Gas Protocol (Mukautettu. Kuiri 2022.)

Scope 1 -päästöihin luetaan yrityksen omistamien tai kontrolloimien laitteiden aiheuttamat suorat päästöt. Tällaisia päästöjä syntyy yrityksen prosesseissa ja toiminnoista, joissa poltetaan fossiilisia polttoaineita. Näitä ovat muun muassa yrityksen hallinnoimien lämpökattiloiden sekä kulkuneuvojen päästöt. Muita scope 1 -päästöjä ovat kemikaalien ja materiaalien käytöstä syntyvät suorat päästöt sekä hajapäästöt, joita voi aiheutua esimerkiksi vuodoista tai kylmälaitteiden käytöstä. (Ranganathan 2004, 27.) Kaikki nämä päästöt ovat yrityksen toiminnan seurauksia, minkä vuoksi niihin voi vaikuttaa scope 2 ja 3 -päästöjä helpommin (Kuiri 2022.)

Scope 2 -päästöjä ovat yrityksen ostamasta sähköstä, lämmityksestä, jäähdytyksestä ja höyrystä aiheutuneet päästöt. Nämä epäsuorat päästöt on eroteltu muista epäsuorista päästöistä (scope 3), koska ne ovat usein yksi suurimmista yksittäisistä päästöistä yrityksissä sekä helppoin päästövähennysmahdollisuus. Scope 2 -päästöjä laskettaessa ei energiaa ostavan yrityksen tarvitse huomioida sähkön ja lämmön siirrosta ja jakelusta aiheutuvia päästöjä, koska laskentastandardien mukaan siirtoverkon omistavat tai hallitsevat tahot vastaavat näistä päästöistä. Mikäli nämä päästöt halutaan kuitenkin ottaa mukaan, tulee ne ilmoittaa scope 3:ssa. Täten scope 2 -laskennasta on tehty mahdollisimman helppoa ja riittää kun lasketaan kulutetun sähkön, lämmön, höyryn tai jäähdytyksen tuotannosta aiheutuneet suorat päästöt. Mikäli sähkön tai lämmön tuotannon epäsuoria päästöjä kuten öljyn porausta tai kuljetusta halutaan huomioida, tulee ne laskea scope 3:ssa. (Ranganathan 2004, 27–28.)

Scope 3 -päästöjä ovat kaikki ne muut epäsuorat päästöt, joita yritys toiminnallaan tuottaa. Näiden päästöjen sisällyttäminen laskentaan on vapaaehtoista, mutta suotavaa. Tästä johtuen scope 3 -päästöt eivät ole juuri vertailtavissa keskenään eri yritysten välillä. Yleisimpiä scope 3 -laskennassa huomioon otettavia päästölähteitä ovat:

- liikkumiseen liittyvät toiminnot, kuten työmatka- ja tavaraliikenne
- materiaalien louhinta ja tuotanto
- kulutetun sähkön tuotantoon ja siirtoon liittyvät päästöt
- myytyjen tuotteiden käytöstä aiheutuvat päästöt

-ostettujen sekä myytyjen materiaalien ja tuotteiden hävittämisestä aiheutuvat päästöt

-ulkoistetut toiminnot riippuen valitusta organisaatorajasta.

(Ranganathan 2004, 29.)

Scope 3 -laskennassa on tärkeää esittää yrityksen arvoketju ja siihen liittyvät päästölähteet. Tämä auttaa läpinäkyvyydessä sekä yrityksen tärkeimpien toimintojen päästölähteiden tunnistamisessa. Tunnistettuaan tärkeät päästölähteet yrityksen on helpompi valita, mitä kaikkia niistä ottaa mukaan scope 3 -laskentaansa. Laskennassa käytettyjen arvojen ei täydy olla absoluuttisia, vaan niitä voidaan tarpeen mukaan myös arvioida, kunhan arviot suoritetaan avoimesti. On usein tärkeämpää ymmärtää päästöjen keskinäistä suuruusluokkaa, kuin vain rajata laskenta niihin päästöihin, joihin on saatavilla tarkkaa dataa. (Ranganathan 2004, 29–30.)

Useimmat monikansalliset yritykset ovat mukana scopejen 1 ja 2 laskennassa. Hongkongin Teknillisen yliopiston tutkijan Patchell Jerryn mukaan GHG-protokolla tekee kuitenkin scope 3:n suhteen liian suuren harppauksen. Hänen mukaansa scope 3:n standardi ei ole käytännöllinen ja vaatii yrityksiltä aivan liikaa korkealaatuista dataa monimutkaisista systeemeistä. Tämä vie yritysten määrärahoja tärkeämmistä ilmastotoimista ja vain harvat suur-yritykset pystyvät sisällyttämään kaikkia GHG-protokollan nykyisellään vaatimia scope 3 -standardien yksityiskohtia raportointiinsa. (Patchell, Jerry 2018.)

2.2. Hiilikompensaatio

Hiilikompensaatio, joka tunnetaan myös nimellä päästökompensaatio, on lähes poikkeuksetta ainoa keino hyvittää yrityksen tuottamat päästöt, joita se ei voi itse vähentää. Kompensaatiomenetelmien avulla yritykset voivat saavuttaa ilmastotavoitteensa, mitä yritykset puolestaan voivat käyttää hyödykseen omassa markkinoinnissaan. Ilmakehään päästöistä levinneiden kasvihuonekaasujen voidaan katsoa jakautuvaa tasaisesti ilmakehään, joten sillä ei ole väliä missä päin maailmaa yrityksessä syntyneet päästöt kompensoidaan.

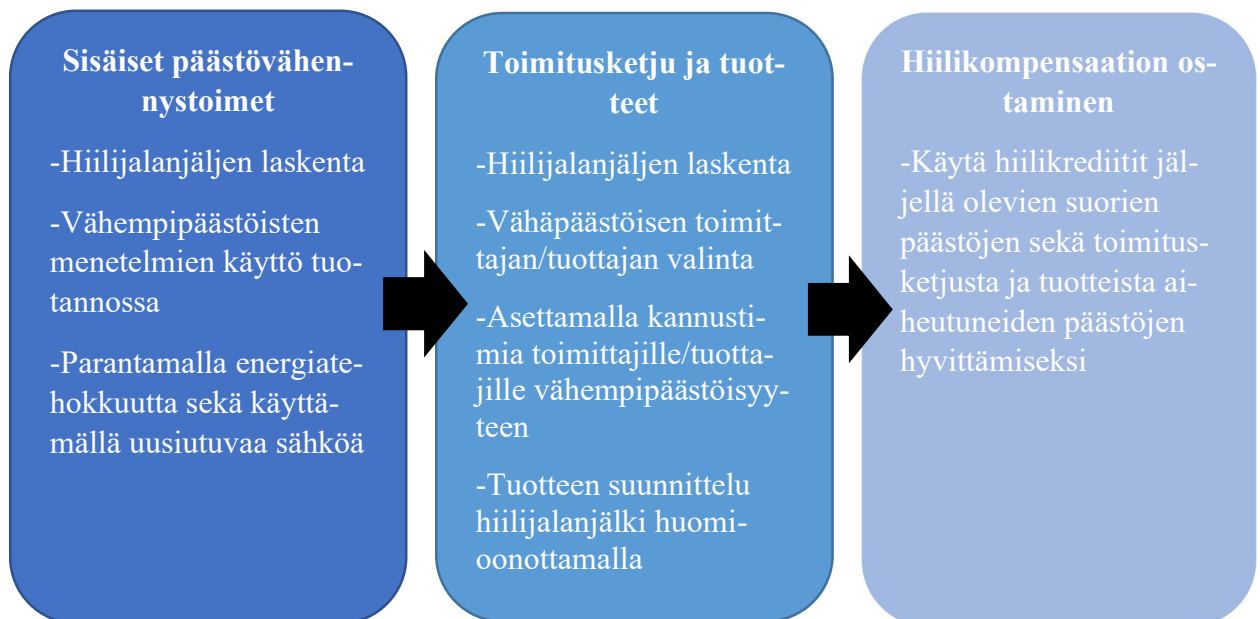
Kompensaatiota kutsutaan vapaaehtoisuuteen perustavaksi, kun ilmastotavoitteita ei ole asetettu lainvaltaisen tahon puolesta. Vapaaehtoinen päästökompensaatio toimii kuten muutkin markkinat, joissa kummatkin kaupan osapuolet ovat voittoa tavoittelevia yrityksiä. Hankkeita toimii ympäri maailman erilaisilla menetelmillä, minkä takia kompensaation hinnat ja luotettavuus vaihtelevat huomattavasti. (Finnwatch 2020, 4–5, 8–9.)

2.2.1. Edellytykset ja kriteerit hiilikompensaatiolle

Suomalainen yritystoiminnan globaaleja vaikutuksia tutkiva kansalaisjärjestö Finnwatch koostaa raportissaan ”Anekauppaa vai ilmastotekoja?” yhteen erilaiset kriteerit, joita tulisi ottaa huomioon valittaessa kompensaation tuottavaa hanketta. Hankkeissa tulee soveltaa tarkkoja kriteerejä, jotta todellisia ilmastonmuutosta hillitseviä päästövähennyksiä tai hiilensidontaa tapahtuu. Kriteeristö sekä niiden termistö ei ole vielä vakiintunutta ja jokaisella sertifiointijärjestelmällä on omat kriteerinsä ja terminsä. Yleisesti kaikki kriteeristöt määrittelevät ilmastovaikutuksen lisäisyyden ja mitattavuuden. Lisäisyydellä tarkoitetaan sellaisen vaikutuksen toteutumista, jota ei ilman kompensaatiota olisi tapahtunut. Mitattavuudella puolestaan tarkoitetaan syntyvän ilmastovaikutuksen suuruuden arviointia. Tätä arvioidaan sillä, millainen perusura eli päästöjen kehitys olisi ollut ilman toteutettua kompensaatiota. (Finnwatch 2020, 12–13.)

Sertifiointijärjestelmät määrittävät usein myös lukuisia muita kriteerejä kuten, ajoitus, pysyvyys, vuodon välittyminen, kaksoislaskennan välttäminen, valvonta, läpinäkyvyys, vastuu ihmisoikeuksista ja vastuu ympäristöstä. Mitä useampaa näistä kriteereistä kompensaatiohanke seuraa uskottavasti, sitä laadukkaammasta kompensaatiohankkeesta on kyse. Ajoituksella kuvataan sitä, miten kompensaatio ajoittuu suhteessa kompensoitavaan toimintaan. Yleensä kompensaatio on toteutettu jo ennen krediittien myyntiä, mutta tässä voi olla suuria eroavaisuuksia eri menetelmien välillä. Pysyvyydellä tarkoitetaan sitä, että päästövähennysten tai hiilensidonnan tulisi olla yhtä lailla pysyviä kuin päästöistä aiheutuneiden kasvihuonekaasujen ilmakehässä. Pysyvyyttä voidaan parantaa niin kutsutuilla puskurivaroilla eli ylimääräisellä kompensaatiovarastolla, joka voidaan ottaa käyttöön, mikäli aikaisempi kompensaatiohanke menettää tehonsa tai tuhoutuu. (Broekhoff et al. 2019, 18–26.)

Kompensaatiomenetelmiä tulisi hiilineutraalisuustavoitetta varten käyttää vasta kun yritys on tehnyt muut mahdolliset päästövähennystoimet sisäisesti, toimitusketjuissaan ja tuotteissaan. Kuva 2 esittää strategian, jonka mukaisesti yritysten tulisi menetellä tavoitellessaan hiilineutraalisuutta (Broekhoff et al. 2019, 14). Lainsäädännöllisesti ei kompensatiota ostaville yrityksille ole asetettu rajoitteita, mutta esimerkiksi Suomen luonnonsuojeluliitto on luonut yleiset periaatteet ja reunaehdot päästökompensaatiolle. Reunaehdoiksi eli vaatimuksiksi se asettaa kuvan 2 toimien lisäksi muun muassa sen, että kompensatiolla tulisi korvata saman kategorian päästöjä eikä esimerkiksi hiilinieluilla tulisi korvata fossiilisten polttoaineiden poltosta syntyviä päästöjä. Kompensatio ei periaatteiden mukaan myöskään saa lykätä tarvetta luopua fossiilisten polttoaineiden käytöstä. (Suomen luonnonsuojeluliitto 2020.)



Kuva 2. Hiilineutraalisuuden saavuttaminen (Mukaiiltu. Broekhoff et al. 2019, 14)

2.2.2. Hiilikompensaatiomenetelmät

Hiilikompensatio voidaan toteuttaa joko vähentämällä syntyviä päästöjä tai lisäämällä hiilensidontaa. Käytännössä mikä vain menetelmä, joka vähentää päästöjä tai sitoo hiilidioksidia ilmasta missä päin maailmaa tahansa, voidaan luokitella kompensatiomenetelmäksi. (Broekhoff et al. 2019.) Menetelmänä päästövähennykset ovat noin kymmenen kertaa hiilensidontamenetelmiä yleisempiä ja kustannuksiltaan noin viisi kertaa halvempia. Tämä käy ilmi Ecosystem Markets:n vuoden 2021 vapaaehtoisten päästömarkkinoiden raportista, jossa taulukon 1 mukaisesti esitetään kyselyn perusteella selvitetty vuoden 2020 hiilensidonnan ja päästövähennysten määrät sekä keskimääräiset hinnat. (Donofrio et al. 2021, 15–16.) Taulukon 1 hinnat ovat alhaisia verrattuna nykyisiin markkinoilla oleviin vaihtoehtoihin. Tämä selittyy osin kompensatiomarkkinoiden voimakkaalla hinnannousulla muutaman vuoden sisällä sekä sillä, että kyselytutkimuksessa vastaajat ovat voineet jättää osaan kysymyksistä vastaamatta. Tässä kappaleessa perehdytään erilaisiin tarjolla oleviin kompensatiomenetelmiin.

Taulukko 1. Vuoden 2020 hiilensidonnan ja päästövähennysten vertailu (Mukaiilu. Ecosystem marketplace 2021, 22)

	Myytyjä yksiköitä (milj. tonnia CO ₂ -ekv)	Hiilikrediitin (CO ₂ - päästötonnin) hinta (euroa)
Hiilensidonta	9	7,14
Päästövähennys	84,4	1,44

Yleisin hanketyyppi tähän asti Ecosystem Marketplacen taulukon 2 mukaan on ollut metsä- ja maankäyttöhankkeet, joiden kompensatio perustuu metsien ja maiden sitomaan hiileen. Valtaosa näistä toimii päästövähennyksenä metsiä ja maita suojehtaessa mahdollisilta hakkuilta. Pienempi osa toimii hiilensidontana, kun esimerkiksi metsiä uudelleenmetsetetään tai soita ennallistetaan. (Donofrio et al. marketplace 2021, 12)

Toiseksi suurimpana hankemuotona Ecosystem Marketplacen taulukon 2 mukaan on uusiutuvan energian lisääminen. Kun millä tahansa uusiutuvan energian muodolla korvataan aikaisempia fossiilisia energiamuotoja, voidaan tämä katsoa kompensatioksi. Hyvitetty

määrä lasketaan aikaisemman korvatus energianlähteen päästöjen perusteella. (Broekhoff et al. 2019, 45.)

Energiatohokkuuden parantaminen ja polttoaineen vaihto vähäpäästöisempään on Ecosystem Marketplacen taulukon 2 mukaan yksi halvimmista kompensatiomenetelmistä. Näitä hankkeita toteutetaan usein sähköistämällä aikaisempia fossiilisen energian ratkaisuja. Energiatohokkuutta voidaan parantaa myös kodin energiaratkaisuja edistämällä. Tähän kategoriaan kuuluvat hankkeet toteutetaan yleensä kehitysmaissa, joissa esimerkiksi puunpoltto korvataan energiatohokkaammilla helloilla. (Finnwatch 2020, 32.)

Muita pienempiä kompensatioratkaisuja ovat liikenteen vähäpäästöisemmät ratkaisut, maatalouden ratkaisut kuten vähäpäästöisemmät lannoitteet sekä jätteiden vähäpäästöisempi käsittely kuten kompostointi tai palmuöljyjätteen hyödyntäminen. (Broekhoff et al. 2019, 39–52.) Taulukon 1 ja 2 erot vuoden 2020 myytyjen yksikköjen määrässä johtunevat siitä, etteivät kaikki vastaajat ole ilmoittaneet ovatko toimet hiiltä sitovia vai päästöjä vähentäviä.

Taulukko 2. CO₂-ekv-hiilikrediittien keskihinta ja myyty määrä hanketyypeittäin (Mukaiu. Donofrio et al. 2021, 17)

Hanketyyppi	2019		2020		2021 (-elokuu)	
	Yksiköiden keskihinta (euroa per tonni)	Myytyjä yksiköitä (milj. tonnia)	Yksiköiden keskihinta (euroa per tonni)	Myytyjä yksiköitä (milj. tonnia)	Yksiköiden keskihinta (euroa per tonni)	Myytyjä yksiköitä (milj. tonnia)
Metsät ja muu maankäyttö	3,6	36,7	5,0	48,1	4,0	115
Energiatehokkuus ja polttoaineen vaihto vähäpäästöisempään teollisuudessa	3,1	3,1	0,9	31,4	1,3	16,1
Kodin energiaratkaisuja edistävät ohjelmat (kuten hellat)	3,1	6,4	4,5	3,5	4,9	1,8
Jätteen käsittely	2,1	7,3	2,5	8,3	3,3	2,7
Teollisuuskaasujen talteenotto	1,6	4,1	1,7	1,3	2,7	1,1
Liikenne	1,4	0,4	0,6	1,1	0,8	2,1
Uusiutuva energia	1,2	42,4	0,8	80,3	0,9	80
Maatalous	-	-	8,3	0,3	1,2	3,4
Keskimäärin/yhteensä	2,3	100,4	2,2	174,3	2,6	222,2

2.2.3. Kritiikki

Eri kompensatiomenetelmiin liittyy paljon epävarmuuksia ja kritiikkiä. Kritiikki jakautuu yleisesti kahteen osa-alueeseen: kompensatiomenetelmien laatuun ja toimivuuteen sekä siihen mitä päästöjä kompensatiolla korvataan. Päästökompensatiolla saatetaan korvata myös sellaisia päästöjä, joita yritys voisi itse vähentää. Tämän seurauksena yritykset voivat pahimmillaan jopa lisätä omia päästöjään. Päästökompensatio nähdäänkin ilmastopolitiikan näkökulmasta vain väliaikaisena ratkaisuna, joka kiihdyttää ilmastotoimia siihen asti, kunnes pysyvämpi ratkaisu löydetään. (Broekhoff et al. 2019, 16.)

Osassa päästökompensatiohankkeita on huomattu olevan merkittäviä laadullisia ongelmia. Laadullinen kritiikki koskee sitä, millaisia vaikutuksia hankkeilla on paikallisiin väestöihin sekä sitä, ovatko toteutuneet päästövähennykset todella luvattun suuruisia. Kahta suurinta kompensatio-ohjelmaa tarkastellut tutkimus osoittaakin, että 60–70 % hyvityksistä ei välttämättä ole kelvollisia. Yleisimmät ongelmat liittyvät maankäytön kuten metsittämisen ja

puiden istutusten pysyvyyteen, josta ei usein ole takuita. Samoin energiansäästötoimenpiteitä ja uusiutuviin energioihin siirtymistä voidaan usein tehdä muutenkin taloudellisesti järkevinä, eivätkä niiden silloin tulisi olla lisäyksellisiä. (Broekhoff et al. 2019, 17.)

3. PlusYkkönen Oy:n hiilijalanjäljen laskenta

PlusYkkönen on toiminut vuoden 2021 heinäkuusta lähtien myyden pääasiassa varusmiehille käyttö- ja elintarvikkeita. Tilauksia voi tehdä varuskuntiin sekä yritys- ja kotiosoitteisiin Suomen sisällä. Postituspalveluista vastaa yksinomaan Posti Oy. Yrityksen varasto ja samalla ainoa toimitila sijaitsee Helsingin Lauttasaassa hyvien kulkuyhteyksien lähellä. Varaston koko on noin 35 neliometriä.

PlusYkkösen hiilijalanjälkilaskennassa seurataan GHG Protocol -laskentastandardin ohjeita. Organisaatoraja laskennalle määritetään hallintaluokittelun toimintojen hallinnan mukaan. Tällä rajauksella mahdollistetaan vuokratun varastotilan päästöjen sisällyttäminen laskentaan, mikä ei kuuluisi omistajuusluokittelun mukaan laskentaan, koska PlusYkkönen ei omista varastoaan. Yrityksen lyhyen toimintahistorian vuoksi hiilijalanjälki määritetään puolen vuoden toiminnan perusteella, mikä kerrotaan kahdella, jolloin saadaan vuoden toimintaa vastaavat arvot. Tarkasteluajanjaksona toimii 1.9.2021-28.2.2022, lukuun ottamatta lämmityskustannuksia, jotka ovat saatavilla kokonaiselta vuodelta.

Laskennasta rajataan pois tietokantakantapalvelinten ja asiakkaiden päätelaitteiden käytön aiheuttamat päästöt ja vedenkulutuksen, -lämmityksen ja -käsittelyn aiheuttamat päästöt. Tietokantakantapalvelinten ja asiakkaiden päätelaitteiden päästöjä syntyy laitteiden kuluttaman energian käytön johdosta ja ne laskettaisiin osaksi scopea 3. Kun arvioidaan näiden päästöjen olevan pieniä ja vähennyskeinojen ollevan vähäisiä, voidaan tämä osa-alue rajata laskennasta pois. Samoin vedenkäytöstä aiheutuvat päästöt rajataan pois, koska toimitilassa ei ole hanoja tai muita vesilaitteita ja ainoa suora vedenkäyttö tapahtuu yhteisissä tiloissa sijaitsevan WC:n käytöstä, mikä sekin on erittäin vähäistä.

3.1. Laskennan vaiheet

Hiilijalanjälki lasketaan scopejen mukaisesti. Scope 1 -hiilijalanjälkeä ei lasketa, koska Plus-Ykkösellä ei ole suoria päästöjä aiheuttavia koneita tai toimia kuten generaattoreita tai kuluneuvoja.

3.1.1. Scope 2 -hiilijalanjäljen laskenta

Scope 2:n mukaista energiankulutusta aiheutuu vuokratun varastotilan normaalista käytöstä ja lämmityksestä. Sähköntoimittaja on Fortum, joka myy yritysasiakkailleen ilman erillistä sopimusta vain sähköä, jonka tuotannosta ei synny hiilidioksidipäästöjä. Fortum ilmoittaa energijakauman olevan 40,5 % uusiutuvaa energiaa ja 59,5 % ydinvoimaa. Uusiutuvan energian ja ydinvoiman tuotannolla ei ole suoria hiilidioksidipäästöjä (Fortum), joten sitä ei lasketa osaksi scope 2:sta. Uusiutuvalla energialla ja ydinvoimalla on kuitenkin muita elinkaaren vaiheen ja sähkön siirrosta aiheutuvia päästöjä. Nämä lasketaan osaksi scopea 3.

Varaston lämmitys toimii Helsingin kaukolämmöllä, jonka päästö- ja kulutustiedot löytyvät HSY avoimen datan palvelusta (HSY 2020). Näiden perusteella saadaan taulukon 3 mukaisesti laskettua kaukolämmöntuotannon päästökerroin viimeisimmän vuoden 2020 datan perusteella jakamalla päästöt kulutuksella.

Taulukko 3. HSY:n datan mukaan laskettu kaukolämmön päästökerroin vuodelle 2020

Kaukolämmön päästöt 2020	Kaukolämmön kulutus 2020	Kaukolämmöntuotannon päästökerroin 2020
1000 t CO ₂ -e	GWh	g CO ₂ -ekv/kWh
1779	9232	192,70

Kaukolämmön päästökertoimen avulla saadaan laskettua vuotuiset lämmityksestä aiheutuneet päästöt, kun lämmityksentarve tunnetaan. Tarkkoja tietoja tilan todellisesta lämmityskulutuksesta ei ollut saatavilla, joten sen arvioidaan olevan eteläsuomalaisten asuntojen

keskimääräisen 99,2 kWh/m²/a kulutuksen mukainen (Jylhä et al. 2015). Kun myös pinta-ala tunnetaan, saadaan tauluko 4 mukaisesti laskettua vuotuiseksi kaukolämmönkulutuksen päästöiksi 669 kg CO₂-ek. Tämä on samalla koko scope 2:n hiilijalanjälki vuodessa.

Taulukko 4. Kaukolämmönkulutuksesta aiheutuvat päästöt vuodessa

Kaukolämmöntuotannon päästökerroin	Lämmitystarve vuodessa	Varaston pinta-ala	Kaukolämmönkulutuksen päästöt vuodessa
g/kWh	kWh/m ²	m ²	kg CO ₂ -ekv
192,70	99,2	35	669

3.1.2. Scope 3 -hiilijalanjäljen laskenta

Pakkausmateriaalien hiilijalanjäljen laskennassa otetaan huomioon pahvilaatikoiden ja täytemateriaalina toimivan voimapaperin käytöstä aiheutuvat päästöt. Teipin ja kynien hiilijalanjälki oletetaan merkityksettömän pieneksi. Pahvilaatikon päästökertoimenä käytetään Consumer Ecology -sivuston mukaista arvoa 940 kg CO₂ /t (Consumer Ecology). Voimapaperille puolestaan Emily Thomaksen tutkimuksen mukaista arvoa 455 CO₂ kg/t (Emily Thomas 2021). Näiden tietojen sekä arvioitujen vuotuisten pahvilaatikoiden ja voimapaperin kulutuksen perusteella voimme laskea taulukon 5 mukaisesti hiilijalanjäljen pakkausmateriaaleille.

Taulukko 5. Pakkausmateriaalien hiilijalanjälki

	Paketteja viikossa	Keskimääräinen paino	Kulutus vuodessa
	per/vk	g	kg/a
Aaltopahvilaatikko	50	250	652
Voimapaperi	50	40	104

Vaikka uusiutuva energia ja ydinvoima ovat tuotannoltaan päästöttömiä, syntyy niiden elinkaaren aikana muita päästöjä muun muassa rakentamisen, huollon ja sähkönsiirron takia. Nämä on haluttu laskea osaksi scope 3 -päästöjä todenmukaisten päästöjen osoittamiseksi.

Sähköntuotannon päästökerroin on laskettu Fortumin ilmoittaman energiajakauman sekä kutakin energiamuotoa vastaavan IPCC-raportin mukaisten päästökertoimien avulla (Schlömer et al. 2014, 7). Näin saamme sähköntuotannon keskimääräiseksi päästökertoimeksi 20,32 g CO₂-ekv/kWh olettaen ydinvoiman osuudeksi 59,5 %, vesivoiman osuudeksi 25 %, tuuli-voiman osuudeksi 5 %, aurinkoenergian osuudeksi 0,5 % sekä CHP sähkön tuotannon osuudeksi 10 %. Mukaan lasketaan myös sähkönsiirron ja rikkiheksafluoridin (SF₆), jota käytetään eristekaasuna suurjännitesähkönsiirrossa, aiheuttamat päästöt. SF₆-päästökerroin lasketaan StatFin-tilastotietokannan vuoden 2019 kokonaissähkökulutuksen sekä SF₆-teollisuuspäästöjen perusteella (StatFin 2019). Sähkönsiirron häviöt puolestaan saadaan energiateollisuus ry:n tilastoista (Energiateollisuus ry 2022). Näillä edellä mainituilla suureilla sekä arvioidulla 1500 kWh:n vuosikulutuksella saadaan taulukon 6 mukaisesti laskettua sähköntuotannosta ja -siirrosta aiheutunut hiilijalanjälki.

Taulukko 6. PlusYkkösen käyttämän sähkön tuotannon ja siirron hiilijalanjälki

Sähköntuotannon päästökerroin	SF ₆ -päästöt sähkönsiirrossa	Sähkökulutus vuodessa	Sähkönsiirron häviöt	Sähkön tuotannon ja siirron päästöt vuodessa
g CO ₂ -ekv/kWh	g CO ₂ -ekv/kWh	kWh	3,24 % (kWh)	kg CO ₂ -ekv
20,32	0,15	1500	49	32

Työmatkaliikenteen hiilijalanjäljen laskennassa käytetään VTT Lipaston kulkuvälinekohtaisia päästökertoimia polttoaineiden poltosta syntyville päästöille sekä Euroopan Komission polttoaineiden todellisten päästöjen tutkimuksen mukaisia päästökertoimia polttoaineiden valmistukselle porauksesta tankkiin (Euroopan Komissio 2015, 313). Työntekijä 1 kulkee työmatkansa vuoden 2017 bensiinikäyttöisellä henkilöautolla ja työntekijä 2 vuoden 2017 dieselikäyttöisellä henkilöautolla. Työntekijä 3 puolestaan kulkee metrolla. WWF:n ilmasto-laskurin mukaan metro on ajettaessa päästötön sen toimiessa uusiutuvalla sähköllä. Otamme kuitenkin mukaan koko sähkön elinkaaren kuten edellä lasketussa PlusYkkösen kuluttaman sähkön hiilijalanjäljessä. Arvioiduilla vuosittaisilla työmatkakilometreillä ja kulkuneuvoja vastaavilla päästökertoimilla saadaan laskettua taulukon 7 mukaisesti työmatkaliikenteestä muodostuva hiilijalanjälki.

Taulukko 7. Työmatkaliikenteen hiilijalanjälki

		Työmatkat vuodessa	Polton päästökerroin	Tuotannon pääs- tökerroin	Hiilijalanjälki vuodessa
		km	CO ₂ -ekv g/km	CO ₂ -ekv kg/km	CO ₂ -ekv kg
Työntekijä 1 (Henkilöauto)	bensiini	3000	176	45,2	664
Työntekijä 2 (Henkilöauto)	diesel	4500	184	42,2	1018
	Sähkön- kulutus	Työmatkat vuodessa	Sähkön siirron häviöt	Sähkön elinkaaren Päästökerroin	Hiilijalanjälki vuodessa
	kWh/hkm	hkm	3,24 % (kWh)	CO ₂ -ekv g/kWh	CO ₂ -ekv kg
Työntekijä 3 (Metro)	0,18	4000	23	20,46	15,2

Tavaraliikenteen hiilijalanjälki lasketaan työmatkaliikennettä vastaavalla tavalla hyödyntämällä VTT Lipaston päästökertoimia polttoaineiden poltolle, Euroopan Komission tutkimat polttoaineiden tuotannon päästökertoimet sekä arvioituja tonnakilometrejä eli yksikköä, joka kuvaa tavaratonnin kilometrin pituisia kuljettua matkaa. Polttoaineiden tuotannon päästökertoimet suhteutetaan vastaamaan käytettyjä VTT:n päästökertoimien mukaisia tavarakuormia. Asiakkaille postituksen oletetaan koostuvan keskimäärin 200 kilometrin pituisista kuljetuksista, joista puolet oletetaan tapahtuvan pakettiautolla ja puolet jakelukuorma-autolla. Mukaan lasketaan myös saapuvan tavaran toimitukset, jotka koostuvat Aasiasta saapuvasta lentorahdista sekä junarahdista ja ulko- sekä kotimaasta saapuvasta rekkarahdista. Lentorahdin kaikki kuljetukset oletetaan tapahtuvan osakuormalla täyden sijasta. Näillä tiedoilla saamme taulukon 8 mukaisesti laskettua tavaraliikenteen hiilijalanjäljen.

Monet posti- ja rahtipalvelut, mukaan lukien PlusYkkösen käyttämät Posti Oy sekä UPS (United Parcel Service, Inc), ilmoittavat kompensoineensa päästöt. Näistä palveluista aiheutuneet päästöt lasketaan kuitenkin varmuuden vuoksi mukaan PlusYkkösen hiilijalanjälkeen, koska ei voida olla varmoja kuljetuspalveluiden kompensatiomenetelmien toimivuudesta, ja jotta ymmärretään tavaraliikenteen merkitys hiilijalanjälkeen. Esimerkiksi Posti Oy:n päästöt kompensoidaan osallistumalla sertifioituihin ilmastoprojekteihin, kuten tuulivoiman ja biomassan käytön tukemiseen (Jägerhorn 2019, 56.) Nämä ovat menetelmiä, jotka ovat

lisäyksellisyyden näkökulmasta epäselviä, sillä ne saatettaisiin toteuttaa ilman kompensaa-
tion tuomaa tukeakin.

Taulukko 8. Tavaraliikenteen hiilijalanjälki

	Polton päästökerroin	Tuotannon pääs- tökerroin	Tonnikilometriä	Hiilijalanjälki
	CO ₂ -ekv g/tkm	CO ₂ -ekv g/tkm	tkm	CO ₂ -ekv kg
Pakettiauto	396	70,4	2600	1213
Pieni jakelu- kuorma-auto	168	25,8	2600	437
Puoliperä- vaunu-yhdistel- mät	49	3,3	1600	78
Kaukolennot	600	124,7	665	399
Sekatavarajuna	25,5	0,1	525	13

PlusYkkösellä syntyy päästöjä jätteistä ja kierrätyksestä. Saapuvan tavaran toimituksien pakkauksista aiheutuu pahvin osalta kierrätystä sekä muovin osalta energiajätettä. Kiinteis-
tössä ei ole muovin kierrätystä, minkä takia muovit sijoitetaan energiajätteeseen. Päästöker-
toimet energiajätteelle sekä pahvin kierrätykselle saadaan WWF Green officen ilmastolas-
kurista (WWF Green office 2018). Päästökertoimien sekä arvioidun vuotuisen jätelajikoh-
taisen jätemäärän avulla saadaan laskettua taulukon 9 mukaisesti jätteiden hiilijalanjälki.

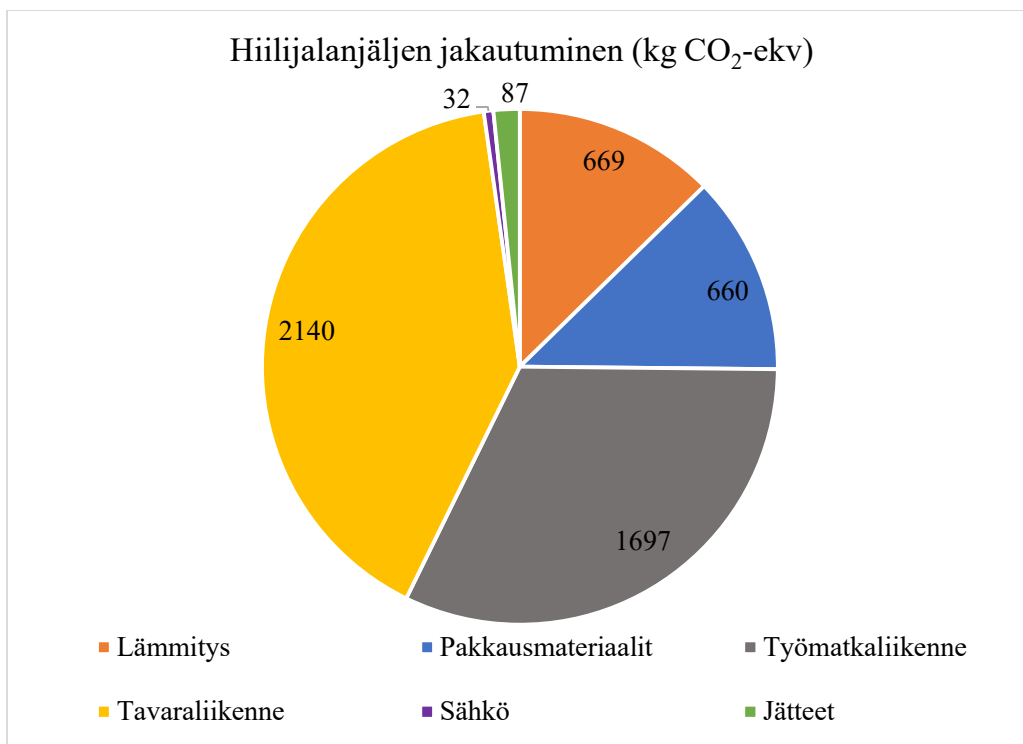
Taulukko 9. Jätehuollon hiilijalanjälki

Jätelaji	Päästökerroin	Määrä vuodessa	Hiilijalanjälki
	gCO ₂ -ekv/kg	kg	kgCO ₂ -ekv
Energiajäte	410	200	82
Kartonki ja pahvi	60	80	5

3.2. Tulokset

PlusYkkösen GHG protocol -standardin toimintojenhallintaperiaatteen mukaisesti laskettu
hiilijalanjälki on yhteensä 5285 kg CO₂-ekv. Tämä muodostuu 669 kg CO₂-ekv lämmityk-
sen, 660 kg CO₂-ekv pakkausmateriaalien 1698 kg CO₂-ekv työmatkaliikenteen, 2140 kg

CO₂-ekv tavaraliikenteen, 32 kg CO₂-ekv sähkönkulutuksen sekä 87 kg CO₂-ekv jätehuollon päästöistä. Tulokset on esitetty kuvassa 3, josta voidaan huomata liikenteen aiheuttamien päästöjen olevan yli kaksikolmasosaa yrityksen hiilijalanjäljestä. Voidaan myös huomata, että vain murto-osa, noin kahdeksasosa, yrityksen hiilijalanjäljestä muodostuu scope 2 -päästöistä. Kokonaishiilijalanjälki vastaa noin puolta keskimääräisestä suomalaisen hiilijalanjäljestä, joka on noin 10,3 tonnia CO₂-ekv. (Malinen 2021.)



Kuva 3. PlusYkkösen hiilijalanjäljen muodostuminen

Tulosta voidaan vertailla suomalaisen hävikkiruokaverkkokauppa Fiksuruoka Oy:n vuoden 2019 hiilijalanjälkilaskelmaan. Fiksuruoan myynti koostuu pääosin elintarvikkeista kuten myös PlusYkkösellä, joten yritys on hyvä vertailukohde. Fiksuruoan hiilijalanjälki vuonna 2019 oli 73635 kg CO₂-ekv ja liikevaihto noin 30 kertaa suurempi. Hiilijalanjälki on hieman yli 10 kertaa suurempi kuin PlusYkkösellä. Tähän suhteutettuna PlusYkkösen hiilijalanjälki on huomattavasti suurempi kokoon nähden kuin Fiksuruoalla. Vertailu ei kuitenkaan ole aivan yksiselitteistä johtuen eri scope 3 -päästöjen huomioimisesta. Fiksuruoka ei esimerkiksi laske normaalia työmatkaliikennettä osaksi hiilijalanjälkeä. Toinen suuri ero yritysten välillä

on tuotteiden ostaminen ulkomailta. PlusYkkösen ulkomaisen tuonnin osuus on huomattavasti fiksuruokaa suurempi, mistä johtuen myös tavarantoimituksen päästöt ovat suhteessa suuremmat. Näitä eroja lukuun ottamatta yritysten hiilijalanjälki muilla osa-alueilla on suhteellisen samansuuruinen. (Fiksuruoka Oy 2019.)

4. Hiilijalanjäljen pienennys ja kompensointi

Hiilineutraalisuus ja ympäristöystävällinen imago ovat yhä kasvavia trendejä kaupanalalla. Hiilineutraalisuudella ei tällä hetkellä olisi todennäköisesti suurta merkitystä PlusYkkösen asiakasryhmän koostuessa pääosin varusmiehistä, jotka eivät kuluttajakuntana ole PlusYkkösen selvityksen mukaan kovinkaan ympäristötietoisia. Hiilineutraalisuudesta ja ilmastotavoitteista voi olla kuitenkin tulevaisuudessa huomattavasti suurempi hyöty kuluttajakunnan laajentuessa yrityksen strategian mukaisesti.

Valtaosa standardeista asettaa reunaehdot päästökompensaation toteuttamiselle. PlusYkkösen tapauksessa reunaehdoiksi asetetaan kaikkien taloudellisesti järkevien päästövähennystoimien toteuttamisen ennen kompensointia.

4.1. Päästövähennystoimet

Päästövähennystoimia, joita PlusYkkösen tulisi tehdä, ovat työmatkaliikenteen pääpainon siirtämistä julkiseen liikenteeseen, muovijätteen kierrättäminen sekä lentorahdista luopuminen.

Työntekijöistä kaksi kolmesta kulkee työmatkansa tällä hetkellä henkilöautolla. Työmatkan kulkemisen vaihtaminen metroon on kummallakin työntekijöistä mahdollista. Tavarankuljetuksen tukeminen sekä muut liiketoimet vaativat kuitenkin osana päivistä henkilöauton käyttöä. Taulukossa 10 on määritelty mahdolliset vähennystoimien jälkeiset työmatkojen jakautumiset.

Taulukko 10. Työmatkaliikenteen hiilijalanjäljen vähennystoimet

	Työmatka ennen (km)	Työmatka jälkeen (km)
Työntekijä 1 (Henkilöauto)	3000	0
Työntekijä 2 (Henkilöauto)	4500	2000
Työntekijä 1 (Metro)	0	3000
Työntekijä 2 (Metro)	0	2500
Työntekijä 3 (Metro)	4000	4000

Näillä muutoksilla työmatkojen kokonaishiilijalanjälki laskee aiemmasta 1697 kg CO₂-ekv arvosta 489 kg CO₂-ekv:iin taulukon 11 laskujen mukaisesti.

Taulukko 11. Työmatkaliikenteen hiilijalanjälki vähennystoimien jälkeen

		Työmatkat vuodessa	Polton päästökerroin	Tuotannon päästökerroin	Hiilijalanjälki vuodessa
		km	CO ₂ -ekv g/km	CO ₂ -ekv g/km	kg CO ₂ -ekv
Työntekijä 2 (Henkilöauto)	diesel	2000	184	42,2	452
	Sähkön- kulutus	Työmatkat vuodessa	Sähkön siirron häviöt	Sähkön elin- kaaren päästökerroin	Hiilijalanjälki vuodessa
	kWh/hkm	hkm	3,24 % (kWh)	CO ₂ -ekv g/kWh	CO ₂ -ekv kg
Työntekijä 1 (Metro)	0,18	3000	17	20,46	11,4
Työntekijä 2 (Metro)	0,18	2500	15	20,46	9,5
Työntekijä 3 (Metro)	0,18	4000	23	20,46	15,2

Muovijätettä ei tällä hetkellä kierrätetä, vaan se sijoitetaan sekajätteeseen. Kierrättäminen olisi mahdollista läheisessä kierrätyspisteessä, joten muovijäte tulisi jatkossa sijoittaa sinne. Muovin erilliskeräyksen WWF:n ilmastolaskurin mukaisen päästökertoimen avulla saadaan vähennystoimien jälkeiseksi jätehuollon hiilijalanjäljeksi 19 kg CO₂-ekv aikaisemman 87 kg CO₂-ekv:n sijasta taulukon 12 mukaisesti.

Taulukko 12. Jätehuollon hiilijalanjälki ennen ja jälkeen vähennystoimien

Jätelaji	Päästökerroin	Määrä vuodessa ennen	Määrä vuodessa jälkeen	Hiilijalanjälki ennen	Hiilijalanjälki jälkeen
	gCO ₂ -ekv/kg	kg	kg	kgCO ₂ -ekv	kgCO ₂ -ekv
Energiajäte	410	200	0	82	0
Muovijäte	70	0	200	0	14
Kartonki ja pahvi	60	80	80	5	5
			Yhteensä	87	19

Aasiasta saapuu tällä hetkellä säännöllisesti tuotteita lentorahtina. Tästä seuraa merkittäviä päästöjä, jotka tulisi vähentää siirtymällä junarahtiin ennen mahdollisuutta kompensatioon. Korvaamalla lentorahti sekatarajunalla saadaan taulukon 13 mukaisesti tavarakuljetusten hiilijalanjäljeksi 1758 kg CO₂-ekv aikaisemman 2140 kg CO₂-ekv:n sijasta. Venäjän pakotteiden takia junarahdin kulkeminen Siperian halki Suomeen ei välttämättä ole mahdollista. Tämän vuoksi voidaan lentorahti vaihtaa myös vaihtolaivarahtiin.

Taulukko 13. Tavaraliikenteen hiilijalanjälki vähennystoimien jälkeen

	Polton päästökerroin	Tuotannon päästökerroin	Tonnikilometriä	Hiilijalanjälki
	CO ₂ -ekv g/tkm	CO ₂ -ekv g/tkm	tkm	CO ₂ -ekv kg
Pakettiauto	396	70,4	2600	1213
Pieni jakelu-kuorma-auto	168	25,8	2600	437
Puoliperävaunu-yhdistelmät	49	3,3	1600	78
Sekatarajuna	25,5	0,1	1190	30
			Yhteensä	1758

Yhteensä näillä työmatkaliikenteen, tavaraliikenteen ja jätehuollon päästövähennystoimilla saavutetaan arviolta noin 1658 kg CO₂-ekv:n päästövähennykset tämänhetkiseen toimintaan verrattuna.

Pahvilaatikoiden ja voimapaperien korvaaminen olisi myös mahdollista, sillä markkinoilla on päästöttömiä vaihtoehtoja. Näiden hiilijalanjälki on valmistavan yrityksen osalta

valmiiksi kompensoitu. Mutta koska ei voida olla varmoja suoritettun kompensoinnin laadusta, ei tätä aseteta PlusYkkösen kompensoinnin reunaehdoksi.

4.2. Kompensointivaihtoehdot

Suoritettuaan edellisessä kappaleessa määritetyt päästövähennystoimet on PlusYkkösen reunaehtojen osalta valmis ostamaan hiilikompensaatiota. Lopulliseksi kompensoitavaksi osuudeksi jää 3627 kg CO₂-ekv. Kompensatio voidaan suorittaa missä päin maailmaa tahansa, koska kasvihuonekaasupäästöt leviävät ilmakehään pääosin tasaisesti. Ulkomaisia ja kotimaisia kompensointitoimijoita on lukuisia ja pelkästään Suomessa on reilusti yli 20 eri toimijaa.

Kotimaisen kompensointitoimijan esimerkiksi valitaan Hiilipörssi Oy, joka kompensoi päästöt lisäämällä suomalaisten soiden hiilensidontaa ennallistamalla niitä. Soiden turve kuivana hajoaa hiilidioksidiksi hitaasti ja hajoaminen jatkuu, ellei soita ennallisteta ojia tukkimalla eli nostamalla veden pintaa. Hiilipörssi laskee kompensointikseen vain ensimmäisen 15 vuoden suoturpeen hiilidioksidiksi hajoamisen estämisen. Todellisuudessa soiden ennallistamisella on huomattavasti 15 vuotta pidempi hyöty, joten hankkeessa on suuri varmuuskerroin – sadan vuoden ajanjaksolla varmuuskerroin on 6,7. Hiilipörssissä yhden hiilikreditin eli sidotun hiilidioksiditonin hinta on 43,90 € (sis. alv.). PlusYkkösen kompensoitavien 3627 kg CO₂-ekv päästöjen hinnaksi tulisi 159 €.

Ulkomaiseksi kompensointivaihtoehdoksi voidaan valita esimerkiksi Golden Standard (GS) -sertifioitu vesivoimalaitosprojekti Sri Lankassa. Tämä hanke kompensoi päästöjä rakennettun vesivoimalaitoksen uusiutuvan sähkön tuotannolla. Hankkeen hiilikreditin hinta on noin 9 €/t CO₂-ekv. Tämä tarkoittaisi kompensoinnin hinnaksi PlusYkköselle 33 €.

Esimerkin kotimaisella ja ulkomaisella hankkeella on huomattava hintaero. Hankkeiden luotettavuudessa ja toimivuudessa on kuitenkin hintaeroa selittäviä tekijöitä. Pysyvyyden kannalta Hiilipörssin soiden ennallistaminen on pysyvämpää toimintaa kuin vesivoimalaitoksen

rakentaminen, joka vähentää päästöjä vain sen toimintaikänsä ajan. Lisäisyyden kannalta Hiilipörssi on myös vesivoimalaitosta uskottavampi, sillä soiden ennallistamista ei tapahtuisi alueilla, mikäli hiilipörssi ei ostaisi niitä, kun taas vesivoimalaitos on Sri Lankassa jo rakennettuna ennen itse hiilikrediittien ostoa. Tämä viittaa siihen, että sama vesivoimalaitos olisi rakennettu alueelle ilman hiilikompensaatiohankettakin. Toisaalta vesivoimalaitoksen rakentaminen jo etukäteen voi olla myös hyvä asia, mikäli se rakennetaan velkarahalla. Tässä tapauksessa päästökompensointi tapahtuisi hiilikrediittien oston yhteydessä eikä vasta tulevaisuudessa, mikä on yleisesti toivottavaa kompensatiomenetelmiä valittaessa.

5. Yhteenveto ja johtopäätökset

Hiilineutraalisuus ja ilmastotoimet ovat yritysten keskuudessa kasvavia trendejä. Hiilineutraalisuuden saavuttaakseen tulee yrityksen nettopäästöjen eli hiilensidonnan ja päästöjen olla vähintään yhtä suuret. Tämä edellyttää lähes poikkeuksetta yrityksen hiilijalanjäljen kompensoimista ulkoisilla hankkeilla.

Ennen kompensointiä yrityksen tulee laskea hiilijalanjälkensä. Hiilijalanjäljen laskentaan on useita työkaluja ja standardeja. Näistä käytetyin on GHG-protocol -standardi, joka toimii viitekehyksenä yrityksen hiilijalanjäljen laskentaan. GHG-protokollan keskeisimpiä vaiheita ovat organisaatorajojen ja vaikutusalueäärittelyn eli scopejen asettaminen. Näiden avulla rajataan, mitä päästöjä otetaan huomioon laskennassa ja mitkä niiden lähteet ovat. Scopet auttavat yrityksiä myös tunnistamaan eri toimintojensa päästöjen keskinäisiä suhteita ja mahdollisia vaikuttavimpia päästövähennyskohteita.

Laskettaessa hiilijalanjälkensä tulee yrityksen usein suorittaa päästövähennystoimia kompensoivan hankkeen tai standardin reunaehtojen mukaan. Kun yritys on suorittanut mahdolliset päästövähennystoimensa, se voi hyvittää lopun hiilijalanjälkensä ostamalla hiilikrediittejä hiilikompensointiä tarjoavilta toimijoilta. Hiilikompensointia voidaan suorittaa joko lisäämällä hiilensidontaa tai vähentämällä päästöjä yrityksen toiminnan ulkopuolella. Yleisiä kompensointimenetelmiä ovat metsittäminen, uusiutuvan energiantuotannon lisääminen ja energiatehokkuuden parantaminen.

Työssä laskettiin verkkokauppayritys PlusYkkönen Oy:n hiilijalanjälki sekä tarkasteltiin mahdollisuuksia hiilineutraalisuuteen päästökompensaation avulla. PlusYkkösen kokonaishiilijalanjäljeksi laskettiin 5285 kg CO₂-ekv, joka muodostui enimmäkseen työmatka- ja tavara-liikenteen päästöistä. Niiden osuus päästöistä oli 3837 kg CO₂-ekv. Muita merkittäviä päästölähteitä olivat varaston lämmitys, 669 kg CO₂-ekv, ja pakkausmateriaalien käyttö, 660 kg CO₂-ekv. Jätehuollon, 87 kg CO₂-ekv, ja sähkön, 32 kg CO₂-ekv, päästöt jäivät muihin verrattuina erittäin mataliksi. Laskennasta rajattiin pois tietokantapalvelinten, asiakkaiden

päätelaitteiden käytön ja vedenkäytön aiheuttamat päästöt näiden ollessa varsin vähäisiä ja niistä päästövähennysten tekeminen haastavaa.

Hiilikompensaation reunaehdoiksi määriteltiin julkisen liikenteen hyödyntämisen lisääminen työmatkaliikenteessä, lentorahdista luopuminen ja muovijätteen lajittelu. Nämä valittiin reunaehdoiksi niiden helpon toteutettavuuden ja/tai suuren päästövähennysvaikutuksen takia. PlusYkkösen päästövähennysten jälkeisen 3627 kg CO₂-ekv hiilijalanjäljen kompensaaation hinta kotimaisella kompensatiotoimija Hiilipörssi Oy:llä oli 159 € ja ulkomaisella vesivoimalaitostoimijalla puolestaan 33 €. Hankkeiden välinen hintaero selittyy niiden eri kompensatiomenetelmillä, mikä puolestaan heijastuu niiden luotettavuuteen, päästövähennysten tai nielujen pysyvyyteen ja lisäisyyteen. Singaporessa vesivoimalaitoksen rakentaminen on huomattavasti halvempaa verrattuna Suomessa tehtävään soiden ennallistamiseen työvoiman kustannusten ja soiden ennallistamiseen vaadittavan soiden hankinnan takia.

Kiinasta hankittavien tuotteiden hankinnan siirtoa Kiinasta Eurooppaan ei otettu päästövähennystoimeksi, koska tämä olisi nostanut kuluttajahintoja kohtuuttomasti. Kuljetusten osalta Kiinan rahdista aiheutunut hiilijalanjälki pystyttiin pienentämään noin sadasosaan vaihtamalla se raiderahdiksi. Tämän työn hiilijalanjäljen laskennassa ei otettu huomioon tuotteiden valmistuksesta aiheutuvia päästöjä. Mikäli nämä huomioitaisiin, olisi lähellä tuotetuilla tuotteilla huomattavasti pienempi hiilijalanjälki verrattuna Kiinassa pääasiassa fossiilisella energialla tuotettuihin tuotteisiin. Tämän takia yritysten olisi hyödyllistä laskea myös tuotteidensa tuotannon aiheuttamia päästöjä ymmärtääkseen todellisen hiilijalanjälkensä.

Kokonaisuudessaan työn tavoitteessa osoittaa hiilijalanlaskennan vaiheet sekä hiilineutraalisuuden edellytykset case-yritykselle onnistuttiin. Tämän työn perusteella vastaavanlaiset pienet verkkokaupparytykset voivat soveltaa tässä työssä käytettyjä menetelmiä sekä verrata hiilijalanjälkiään case-yritys PlusYkköseen. Etenkin scope 3 -laskennassa on paljon valinnan varaa eri päästölähteiden sisällyttämiseen. Tämä antaa yhden esimerkin millä perusteilla rajauksia ja oletuksia voidaan tehdä. Verkkokauppojen moninaisuuden puolesta niiden

toiminnot vaihtelevat ja näin ollen toisen verkkokaupan hiilijalanjälkilaskentaan ja päästö-
vähennyksiin voidaan valita monelta osin eri elementtejä tähän työhön verrattuna.

Lähteet

2014/95/EU. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/95/EU, neuvoston direktiivin 2013/34/EU muuttamisesta tietyiltä suurilta yrityksiltä ja konserneilta edellytettävien muiden kuin taloudellisten tietojen ja monimuotoisuutta koskevien tietojen julkistamisen osalta. Euroopan unionin virallinen lehti.

Allan P., Richard, et al. 2021. Climate Change 2021 The Physical Science Basis. [verkkodokumentti]. IPCC. [viitattu 25.3.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Full_Report_smaller.pdf

British Chambers of Commerce. 2019. Net zero survey. [verkkodokumentti]. British Chambers of Commerce ja O2 Business. [viitattu 12.4.2022]. Saatavissa: <https://www.britishchambers.org.uk/media/get/Net%20Zero%20Survey%20August%202021%20v3.pdf>

Broekhoff, D., Gillenwater, M., Colbert-Sangare, T., ja Cage, P. 2019. Securing Climate Benefit: A Guide to Using Carbon Offsets. [verkkodokumentti]. Stockholm Environment Institute ja Greenhouse Gas Management Institute. [viitattu 26.3.2022]. Saatavissa: <https://Offsetguide.org/pdf-download/>

Consumer Ecology. Carbon Footprint of a Cardboard Box. [verkkosivu]. [viitattu 1.4.2022]. Saatavissa: <https://consumerecology.com/carbon-footprint-of-a-cardboard-box/>

Darkwah, Williams Kweku1, et. al. 2018. Greenhouse Effect: Greenhouse Gases and Their Impact on Global Warming. [verkkodokumentti]. Journal of Scientific Research and Reports. 17(6): 1–9, 2017; Artikkele nro no.JSRR.39630. [viitattu 26.3.2022]. Saatavissa: https://www.researchgate.net/profile/Maxwell-Addae/publication/323223192_Greenhouse_Effect_Greenhouse_Gases_and_Their_Impact_on_Global_Warming/links/5ab29e670f7e9b4897c5933b/Greenhouse-Effect-Greenhouse-Gases-and-Their-Impact-on-Global-Warming.pdf

Donofrio, Stephen, et al. 2021. State of the Voluntary Carbon Markets 2021. [verkkodokumentti]. Ecosystem marketplace. [viitattu 1.4.2022]. Saatavissa: <https://www.forest-trends.org/publications/state-of-the-voluntary-carbon-markets-2021/>

Fiksuruoka Oy. 2019. Hiilijalanjälki- ja päästöhyvityslaskelma 2019. [verkkodokumentti]. [viitattu 12.4.2022]. Saatavissa: https://www.fiksuruoka.fi/files/Fiksuruoka_hiilikompen-saatoraportti.pdf

Finnwatch. 2020. Anekauppaa vai ilmastotekoja? Vapaaehtoisen päästökompensaation kysyntä, tarjonta ja laatu Suomessa. [verkkodokumentti]. Helsinki. [viitattu 29.3.2022]. Saatavissa: https://finnwatch.org/images/reports_pdf/Anekauppaa_vai_ilmastotekoja_small_size.pdf

Fortum. Yritys-asiakkaan sähkön alkuperä. [Verkkosivu]. [viitattu 3.4.2022]. Saatavissa. <https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/sahkosopimus/ymparisto/yritysassiakkaan-sahkon-alkupera>

Gunnar, Myhre, et al. 2014. AR5, Chapter 7, Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. [verkkodokumentti]. IPCC. [viitattu 29.3.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf

Emily, Thomas. 2021. The European kraft paper and paper sack industry makes efforts to improve its carbon footprint. [Verkkodokumentti]. World Cement. [viitattu 5.4.2022]. Saatavissa: <https://www.worldcement.com/europe-cis/02032021/the-european-kraft-paper-and-paper-sack-industry-makes-efforts-to-improve-its-carbon-footprint/>

Energiateollisuus ry. 2022. Energiavuosi 2021 Sähkö. [verkkodokumentti]. [viitattu 5.4.2022]. Saatavissa: https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2021_netti.pdf

Dieke, Alex Kalevi, et al. 2018. Development of Cross-border E-commerce through Parcel Delivery. [verkkodokumentti]. Euroopan Komissio. Brysseli. [viitattu 28.3.2022]. Saatavissa: <http://doi.org/10.2873/931558>

Euroopan Komissio. 2015. Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. [verkkodokumentti]. Euroopan Komissio. Brysseli. [viitattu 27.5.2022]. Saatavissa: <https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/Study%20on%20Actual%20GHG%20Data%20Oil%20Gas%20Final%20Report.pdf8>

Euroopan parlamentti. 2021. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä? [sähköinen kausijulkaisu]. [viitattu 9.4.2022]. Saatavissa: <https://www.europarl.europa.eu/news/fi/headlines/society/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-menessa>

HSY. 2020. Kaukolämpö pääkaupunkiseudulla. [online-tietokanta]. HSY. [viitattu 2.4.2022]. Saatavissa: <https://www.hsy.fi/ymparistotieto/avoindata/avoindata---sivut/kaukolampo-paakaupunkiseudulla/>

Jylhä K., et al. 2015. Energy demand for the heating and cooling of residential houses in Finland in a changing climate. Energy and Buildings. [verkkodokumentti]. IPCC. [viitattu 29.3.2022]. Saatavissa: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378778815002777>

Jägerhorn, Noomi. 2019. Kohti kestäväää verkkokauppaa – yhteenveto selvityksen tuloksista. [verkkodokumentti]. Posti Group. [viitattu 12.4.2022]. Saatavissa: https://my.posti.fi/hubfs/Sustainable%20ecom/Yhteenveto%20tuloksista_verkkokaupan%20ilmastovaikutukset_Posti_4-6-2019_v2.pdf

Kuiri Mikko. 2022. Greenhouse gas protokolla auttaa organisaatioita merkittävimpien päästölähteiden tunnistamisessa EEF Green Officen työkaluilla lasket ja seuraat päästöjä. [sähköinen kausijulkaisu]. WWF Green Office. [viitattu 3.4.2022]. Saatavissa: <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/greenhouse-gas-protokolla-auttaa-organisaatioita-merkittävimpien-paastolahteiden-tunnistamisessa-wwf-green-officen-tyokaluilla-lasket-ja-seuraat-paastoja%E2%80%AF/>

Malinen, Johanna. 2021. Suomalaiset kuluttavat yhä enemmän, vaikka koti-talouksien päästöjen pitäisi pienentyä valtavasti hiili-neutraaliuden saavuttamiseksi. [sähköinen kausijulkaisu]. [viitattu 6.4.2022]. Helsingin Sanomat. Saatavissa: <https://www.hs.fi/kotimaa/art-2000008091829.html>

Patchell, Jerry. 2018. Can the implications of the GHG Protocol's scope 3 standard be realized? [verkkodokumentti]. Journal of Cleaner Production. [viitattu 25.3.2022]. Saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.003>

Schlömer, S., et al. 2014. Annex III: Technology-specific cost and performance parameters. In: Climate Change 2014: Mitigation of Climate. [verkkodokumentti]. IPCC. [viitattu 7.4.2022]. Saatavissa: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_annex-iii.pdf#page=7

Sepäälä, Jyri, et al. 2019. Suomen ilmastopaneeli Raportti 5/2019. [verkkodokumentti]. Suomen ilmastopaneeli. [viitattu 2.4.2022]. Saatavissa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/09/Hiilineutraalius_ilmastopaneeli_2019_FINAL.pdf

StatFin. 2019. 11ig -- Ilmapäästöt toimialoittain, 2008–2019. [online-tietokanta]. Tilastokeskus. [viitattu 10.4.2022]. Saatavissa: https://pxnet2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin_ymp_tilma/statfin_tilma_pxt_11ig.px/table/tableViewLayout1/

Suomen luonnonsuojeluliitto. 2020. Luonnonsuojeluliiton linjaus päästökompensaatioista ja hiilimarkkinoista. [verkkodokumentti]. Helsinki. [viitattu 24.3.2022]. Saatavissa: https://www.sll.fi/app/uploads/2020/05/SLL_n-linjaus-p%C3%A4st%C3%B6kompensaatioista_hallituksen-hyv%C3%A4ksym%C3%A4-25042020_verkko.pdf

Ranganathan, Janet, et al. 2004. A Corporate Accounting and Reporting Standard. [verkkodokumentti]. The Greenhouse Gas Protocol. [viitattu 24.3.2022]. Saatavissa: <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.2.34895.33443>

University of Michigan. 2021. Carbon Footprint Factsheet. [verkkodokumentti]. Julkaisunumero. CSS09-05. Michigan. [viitattu 21.3.2022]. Saatavissa: <https://css.umich.edu/factsheets/carbon-footprint-factsheet>

von Abrams, Karin. 2021. Global Ecommerce Forecast 2021. [sähköinen kausijulkaisu]. eMarketer. [viitattu 19.3.2022]. Saatavissa: <https://www.emarketer.com/content/global-ecommerce-forecast-2021>

WWF Green office. 2018. WWF ilmastolaskuri laskentaperusteet 2018. [online-tietokanta]. WWF Suomi. [viitattu 8.4.2022]. Saatavissa: https://wwf.fi/ilmastolaskuri_laskentaperusteet/