

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Laura Saarelainen

ABLOY OY:N JOENSUUN TEHTAIDEN HIILIJALANJÄLKI

Opinnäytetyö
Maaliskuu 2017



OPINNÄYTETYÖ
Kevät 2017
Ympäristötekniikan
koulutus
Karjalankatu 3
80200 Joensuu
Puh. 013 260 6800

Tekijä

Laura Saarelainen

Nimeke

Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilijalanjälki

Toimeksiantaja

Abloy Oy

Tiivistelmä

Yritysten kiinnostus ilmastonmuutoksen torjuntaa kohtaan on kasvussa. Yritykset pyrkivät vaikuttamaan ilmastonmuutokseen toimimalla kestävä kehityksen periaatteiden mukaisesti ja toteuttamalla yhteiskuntavastuuta. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli määrittää Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilijalanjälki ja arvioida mahdollisuutta hiilineutraalin toiminnan saavuttamisesta. Hiilijalanjälkilaskennassa huomioitiin kaikki päästöt, jotka syntyivät tehtaalla aitojen sisäpuolella tapahtuvissa toiminnoissa. Laskenta suoritettiin vuoden 2015 tietojen perusteella.

Tutkimuksen pohjana käytettiin PAS 2060 -standardin ohjeistusta ja laskentamenetelmäksi valittiin ominaispäästölaskenta. Laskennassa käytetyt päästökertoimet hankittiin joko asianomaisilta sidosryhmiltä tai valmiista aineistoista. Abloy Oy:n toiminnasta vuonna 2015 aiheutuneet päästöt määritettiin hiilidioksidiekvivalenteina. Sähkön ja kaukolämmön hiilijalanjälki laskettiin vertailun vuoksi myös toista menetelmää käyttäen.

Abloy Oy:n päästöt vuonna 2015 vaihtelivat välillä 3,2–365,2 t CO₂-e. Tarkkaa laskentatulosta ei voitu saada, koska kaukolämmöstä aiheutuvat päästöt vaihtelivat tarkastelun ajanjakson aikana. Hiilijalanjälkilaskennan varsinainen tulos jäi melko alhaiseksi, mutta vertailulaskelmissa se kasvoi huomattavasti suuremmaksi.

Lopuksi laadittiin toimenpide-ehdotuksia hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Suurin osa toimenpiteistä koski kaukolämpöä. Lisäksi vertailtiin päästöjen kompensointimahdollisuuksia.

Kieli Suomi

Sivuja 42

Asiasanat

hiilijalanjälki, hiilineutraalisuus, kasvihuonekaasupäästöt, kompensointi, päästökerroin



THESIS
Spring 2017
Degree Programme in
Environmental Technology
Karjalankatu 3
FIN 80200 Joensuu
Tel. 358-013-260 6800

Author

Laura Saarelainen

Title

Carbon Footprint of Abloy Ltd. factories in Joensuu

Commissioned by

Abloy Ltd.

Abstract

The interest of companies in the prevention of climate change is increasing. Companies tend to affect climate change by operating according to the principles of sustainable development and by implementing social responsibility. The purpose of this thesis was to quantify the carbon footprint of Abloy Ltd. and to estimate the possibility to reach carbon neutrality in their activities. Carbon footprint calculation took into account all the emissions which came from activities inside the factory fences. The quantification was made on the basis of the data from the year 2015.

The principles of the PAS 2060 standard were used as the basis of the research and specific emission factors were chosen to be the calculation method. The emission factors used in calculation were obtained either from the interest groups concerned or the available data. The emissions induced by the activities of the Abloy Ltd. in 2015 were defined as CO₂ equivalents. Due to comparison, the carbon footprint of electricity and district heating was calculated by using another method as well.

The emissions of Abloy Ltd. in 2015 varied between 3.2 and 365.2 tons of CO₂ equivalent. It was not possible to achieve a precise calculation result because the emissions from district heating varied during the period considered. The actual result of carbon footprint calculation remained quite low, but in comparative calculations it was significantly higher.

Finally, proposals for action were established to decrease the carbon footprint. Most of the measures concerned district heating. In addition, compensation possibilities were compared.

Language Finnish

Pages 42

Key words

Carbon footprint, carbon neutrality, greenhouse gas emissions, compensating, emission factor

Sisällys

1	Johdanto	6
1.1	Taustaa	6
1.2	Toimeksiantaja	7
1.3	Keskeiset käsitteet	7
2	Ilmastonmuutos	9
2.1	Ilmastonmuutos	9
2.2	Yritykset ja ilmastomyönteinen toiminta.....	11
3	Hiilijalanjälki ja hiilineutraalisuus	13
3.1	Hiilijalanjäljen tarkoitus	14
3.2	Hiilijalanjäljen laskentaperiaatteet	15
3.3	PAS 2060	17
3.3.1	Kohteen rajaus	18
3.3.2	Hiilijalanjäljen määrittäminen.....	18
3.3.3	Hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma.....	19
3.4	Hiilineutraalisuus	19
4	Tutkimuksen tarkoitus ja aiheen rajaus.....	22
4.1	Tarkoitus ja tavoitteet	22
4.2	Aiheen rajaus	22
5	Tutkimuksen aineistot ja menetelmät.....	23
5.1	Kohde	23
5.2	Tutkimusmenetelmät	24
5.2.1	Ominaispäästölaskenta.....	25
5.2.2	Hyödynjakomenetelmä.....	26
5.2.3	Ilmastopaneelin menetelmä	26
5.2.4	Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitusesimerkki	27
5.3	Aineiston käsittely ja analyysi	27
6	Tulokset ja niiden tulkinta.....	29
6.1	Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilijalanjälki.....	29
6.2	Sähkön hiilijalanjälki	30
6.3	Kaukolämmön hiilijalanjälki.....	31
7	Pohdinta.....	33
7.1	Tulosten tarkastelu	33
7.2	Tutkimuksen luotettavuus.....	34
7.3	Toimenpide-ehdotukset ja hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma.....	36
7.3.1	Sähkö.....	36
7.3.2	Dieseltrukki	36
7.3.3	Kaukolämpö	37
7.3.4	Kompensointi	39
	Lähteet.....	41

Kuvat

Kuva 1. Hiilineutraalisuuden saavuttaminen

Kuviot

Kuvio 1. Sähkönkulutuksen jakauma vuonna 2014

Kuvio 2. Sähkön päästökertoimen vaikutukset hiilijalanjälkeen

Kuvio 3. Kaukolämmön päästökertoimen vaikutukset hiilijalanjälkeen

Taulukot

- Taulukko 1. Abloyn toiminnoille käytetyt päästökertoimet
- Taulukko 2. Kaukolämmön tuotantomuotojen päästökertoimet
- Taulukko 3. Abloyn hiilijalanjälki toiminnoittain 2015
- Taulukko 4. Kaukolämmön polttoainejakauma
- Taulukko 5. Kaukolämmön hiilijalanjälki ilman hyödynjakomenetelmää

Lyhenteet

CO ₂	hiilidioksidi
t CO ₂ -e	tonnia hiilidioksidi ekvivalenttia
g CO ₂ /kWh	grammaa hiilidioksidia per kilowattitunti
g CO ₂ /MJ	grammaa hiilidioksidia per megajoule
g CO ₂ ekv/l	grammaa hiilidioksidiekvivalenttia per litra
kW	kilowatti
kWh	kilowattitunti
MWh	megawattitunti
GWP	Global Warming Potential, vaikutus ilmaston lämpenemiseen.
CHP	yhdistetty lämmön- ja sähköntuotanto

1 Johdanto

1.1 Taustaa

Hiilineutraalisuuden tavoittelu on yksi tärkeimmistä keinoista ilmastonmuutoksen hillitsemisessä. Jotta jokin kokonaisuus on hiilineutraali, sen tulee tuottaa vain sen verran kasvihuonekaasuja kuin se pystyy sitomaan. Tällä tavoin eri organisaatiot voivat osaltaan vaikuttaa tavoitteeseen, jossa pyritään rajoittamaan maapallon keskilämpötilan nousu kahteen asteeseen. Korkeintaan kahden asteen nousulla pyritään pitämään ilmastonmuutos siedettävällä tasolla.

Hiilineutraalisuutta tavoittelevat suomalaiset yritykset kohdistavat toimenpiteet usein hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Joissakin tapauksissa muita kasvihuonekaasupäästöjä jätetään huomioimatta, koska päästöjen mittaaminen ja raportointi on monimutkaisempaa. Hiilineutraaliuden käsitteelle on olemassa useita eri määritelmiä, mikä on johtanut siihen, että yritykset määrittävät rajansa itse ja lähestyvät asiaa omasta näkökulmastaan. Perustan muodostavat kuitenkin aina päästöjen mittaaminen, vähentäminen ja kompensointi, joiden laskennassa noudatetaan usein standardia. (Ahola & Seppälä 2014.)

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on määrittää Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilijalanjälki PAS 2060 -standardin mukaisesti, jotta yritys voisi tulevaisuudessa hakea sertifikaattia hiilineutraalista toiminnasta. Standardissa on määritetty vaatimukset, jotka valitun kokonaisuuden tulisi saavuttaa ollakseen hiilineutraali. Opinnäytetyössä selvitetään kaikki hiilijalanjälkeen vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöt, jotka muunnetaan yhtäläiseen yksikköön t CO₂-e. Standardin mukaisen selvityksen päävaiheet ovat kasvihuonekaasupäästöjen määrittäminen, vähentäminen ja kompensointi. Hiilijalanjälkilaskennan perusteella yritykselle laaditaan hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma, jossa esitetään toimenpiteet hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi.

1.2 Toimeksiantaja

Opinnäytetyön toimeksiantaja on Abloy Oy (myöhemmin Abloy), joka lukeutuu maailman johtaviin turvallisuusalan tuotteiden valmistajiin. Abloy kuuluu osana Tukholman pörssissä listattuun ASSA ABLOY -konserniin. Abloyn toimialaan kuuluvat rakennus- ja laitelukitus, sähkölukot, elektroniset ovi- ja tunnistejärjestelmät sekä rakennushelat. Abloy toimitti vuonna 2014 noin 36 000 tonnia turvallisuusalan tuotteita, joista noin puolet meni vientiin ulkomaille. Joensuuhun vuonna 1968 perustettu yhtiön päätoimipaikka koostuu kahdesta erillisestä tehdasrakennuksesta, ja hiilijalanjäljen määrittämisessä huomioidaan sekä päätehdas että ovensuljintehdas. Toinen yhtiön tehtaista sijaitsee Kemiönsaaren kunnassa Björkbodassa, ja Suomen myyntikonttorit sijaitsevat Oulussa, Espoossa, Tampereella, Kaarinassa sekä Joensuussa. Abloyn henkilöstömäärä Suomessa oli vuonna 2014 noin 800. (Varis 2015b, 3.)

Abloy sitoutuu toiminnassaan kestävään kehitykseen taatakseen hyvän elämän myös tuleville sukupolville. Abloyn tärkeimpiä ympäristömyötäisempään toimintaan johtavia kehityskohteita ovat energiatehokkuus, jätteen määrän ja vaarallisuuden vähentäminen, vedenkäytön tehokkuus ja kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen. Tuotteissa ilmeneville merkittäville ympäristönäkökohdille toteutetaan jatkuvan parantamisen menettelyä. Lisäksi Abloy on sitoutunut noudattamaan kaikkia lakisääteisiä ja muita viranomaisten asettamia vaatimuksia. Abloylla on käytössään laatu-, ympäristö- ja turvallisuusjärjestelmä, joka koskee kaikkia tuotteen, palvelun, ympäristönsuojelun ja turvallisuuden kannalta merkittäviä toimintoja. Järjestelmä sisältää SFS-EN ISO 14001:2004 mukaisen ja standardivaatimukset täyttävän ympäristöjärjestelmän. (Varis 2015a, 2.)

1.3 Keskeiset käsitteet

Epäsuorat päästöt ovat jonkin toiminnon välillisesti aiheuttamia, mutta eivät ole peräisin toiminnon omista prosesseista.

Hiilidioksidiekvivalentti on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jossa päästöt muunnetaan ekvivalenteiksi hiilidioksidiksi päästökerrointen avulla.

Hiilijalanjäljen hallintasuunnitelmassa määritellään vaatimukset ja tavoitteet, jotta kokonaisuus saavuttaa ja säilyttää hiilineutraalin tason.

Hiilijalanjälki kuvaa tietyn tuotteen, toiminnan tai palvelun aiheuttamia kasvi-huonekaasupäästöjä.

Hiilineutraali toiminto tuottaa vain sen verran päästöjä, kuin niitä pystytään sitomaan.

Ilmastonmuutos johtuu luonnollisen kasvihuoneilmiön voimistumisesta kasvi-huonekaasujen lisääntyessä ilmakehässä.

Kasvihuoneilmiössä ilmakehän kaasut estävät lämpöä karkaamasta maapal-lolta avaruuteen.

Kasvihuonekaasuja ovat aineet, jotka aiheuttavat kasvihuoneilmiötä. Ilmas-tonmuutokseen eniten vaikuttavat mm. hiilidioksidi, metaani ja dityppioksidi.

Kompensoinnilla voidaan vähentää jäljelle jääviä päästöjä osallistumalla il-mastomyötäisiin hankkeisiin, jotka saavat aikaan päästövähennyksiä toisaalla.

PAS 2060 on Britannian standardoimisinstituutin laatima hiilijalanjälkistandardi, jossa on määritetty vaatimukset hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi.

Suorat päästöt syntyvät jonkin kokonaisuuden omista tai sen hallinnoimista lähteistä.

2 Ilmastonmuutos

2.1 Ilmastonmuutos

Ilmastonmuutoksessa maapallolla elämän mahdollistava luonnollinen kasvihuoneilmiö on voimistunut. Tutkimukset osoittavat, että ihmiskunnan toiminta ja etenkin fossiilisten polttoaineiden kulutus on keskeinen syy ilmastonmuutoksen kehittymiseen. Ihmisten toiminnan myötä hiilidioksidin sekä mm. metaanin ja dioksidin määrä ilmakehässä on lisääntynyt. Ilmakehään päätyneet kasvihuonekaasupäästöt estävät lämpösäteilyn pääsyn avaruuteen, mikä saa aikaan maapallolla lämpötilojen kohoamisen ja muita ilmastollisia vaikutuksia. (Berninger 2012.)

Ilmastonmuutos on maailmanlaajuinen uhka, jonka hillitseminen vaatii voimakkaita toimenpiteitä. Ilmastonmuutoksella on suuria vaikutuksia luonnonoloihin, monimuotoisuuteen ja eliölajien selviytymiseen. Ihmisten elämässä ilmastonmuutoksen vaikutukset näkyvät puhtaan veden ja ravinnon puutteen pahenemisena, tartuntatautien leviämisenä ja elinympäristöjen muutoksina sekä sään ääri-ilmiöiden kuten myrskyjen, tulvien, kuivuusjaksojen ja helleaaltojen yleistymisenä. Vaikutukset ylettyvät myös globaaliin talouteen, jossa ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi on keskityttävä panostamaan ja sijoittamaan ilmastovastuulliseen liiketoimintaan ja energiatehokkaan teknologian kehittämiseen. Ilmaston lämpenemistä tulisi ennakoida ja kehittää sopeutumistoimia sen aiheuttamiin muutoksiin. (Berninger 2012.)

Hallitustenvälisen ilmastonmuutospaneelin eli IPCC:n viidennessä arviointiraportissa todetaan, että maapallon ilmasto on lämpenemässä ja ilmastonmuutos tapahtuu väistämättä. Kolmen viimeisintä kulunutta vuosikymmentä ovat olleet toinen toistaan lämpimämpiä ja lämpimämpiä kuin yksikään vuosikymmen 1800-luvun puolivälin jälkeen. (Ruosteenoja 2014, 4.) Maailmalla ei vallitse täyttä yksimielisyyttä vaarallisen ilmastonmuutoksen rajasta, mutta mmm. IPCC on raporteissaan todennut alle 2 asteen lämpötilan nousun aiheuttavan jo merkittäviä muutoksia. Lämpötilan kohoamiseen kahdella asteella ehdittäisiin kuitenkin varautua ja ennakoida sopeutumistoimia. IPCC:n viidennen arviointiraportin va-

kavin skenaario esittää keskilämpötilan kohoavan pahimmillaan 3–5 astetta, jos kasvihuonekaasujen määrä lisääntyy nykytahdilla. (Ruosteenoja 2014, 26.)

Maapallolla tapahtuvaa keskilämpötilan muutosta tulee kuitenkin tarkastella pitkällä aikavälillä. Lämpötila voi vaihdella suuresti luonnollisen vaihtelun takia, ja osa muutoksista, kuten muutokset merten lämpötiloissa ja vedenkorkeuksissa, tulevat esille vasta pitkän ajan kuluttua. Vaikka ilmakehään päästettyjen kasvihuonekaasujen määrää laskettaisiin nopeasti ja radikaalisti, maapallon ilmasto jatkaisi edelleen lämpenemistään. Ne muutokset, jotka ilmastossa tapahtuvat tänä päivänä näkyvät vielä vuosisatojen kuluttua. Nopeaa kasvihuonekaasujen määrän vähentämistä pidetään myös lähes mahdottomana, koska ongelmaksi nousevat lyhyen aikavälin taloudelliset huolenaiheet, poliittiset ja institutionaaliset rajoitteet sekä yleinen tietämättömyys asiasta. Laajamittainen ilmastonsuojelu vaatiikin globaalia yhteistyötä ja toimivan ilmastopolitiikan kehittämistä. (Virtanen 2011, 21–29.)

Ilmastopolitiikaksi kutsutaan globaaleja sekä kansallisia toimenpiteitä, joita ilmastomuutoksen hillitsemiseksi ja siihen sopeutumiseksi on suunniteltu ja aloitettu toteuttamaan. Ilmastomuutoksen koetaan olevan keskeinen uhka kestäväälle taloudelliselle ja sosiaaliselle kehitykselle. (Virtanen 2011, 43.) Jotta ilmastopolitiikka pystyttäisiin toteuttamaan onnistuneesti, tulisi kestävän kehityksen tavoitteisiin yhdistää kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet. Tämä edellyttää vihreään talouskasvuun siirtymistä, jossa taloudellisen kasvun tulisi tapahtua suosimalla vähäpäästöistä ja hiilineutraalia teknologiaa, tuotantoa ja kulutusta.

Suomalaista ilmastopolitiikkaa ohjaavat etenkin Euroopan unionin asettamat linjaukset, tavoitteet ja toimenpiteet. Vuonna 2002 Euroopan yhteisö ja EU:n jäsenvaltiot ratifioivat YK:n ilmastosopimusta täydentävän Kioton sopimuksen, joka velvoittaa vähentämään ilmastolle haitallisia kasvihuonekaasupäästöjä. (Virtanen 2011, 57.) Kioton sopimuksen jälkeiselle ajalle EU:n laatimassa ilmasto- ja energiapaketissa Suomelle on asetettu tavoitteeksi vuoteen 2020 mennessä 16 %:n päästövähennykset vuoden 2005 tasosta päästökaupan ulkopuolisilla toimialoilla. Lisäksi uusiutuvan energian osuuden tulisi nousta 38 %:iin ja liikenteen biopolttoaineiden osuuden 10 %:iin. (Valtioneuvosto 2013, 11.) Vuosille

2021–2030 Euroopan unionin komissio on julkaissut ehdotuksen, jossa Suomen päästövähennystavoitteet olisivat 39 % (Mykkänen 2016). Suomen omassa kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa linjataan kokonaisvaltaisesti poliittikkatoimia, joiden avulla kansalliset ja EU-tasolla asetetut tavoitteet saavutetaan. Hallitus hyväksyi vuoden 2016 marraskuussa uusimman energia- ja ilmastostrategian, jossa on määritetty päästövähennystavoitteet vuoteen 2030 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017.)

2.2 Yritykset ja ilmastomyönteinen toiminta

Poliittisten keinojen lisäksi ilmastonmuutoksen kielteisten taloudellisten vaikutusten minimoimiseksi tarvitaan myös yksittäisten yritysten ilmastomyönteisiä toimia. Yritykset voivat omalta osaltaan vaikuttaa kestävään kehitykseen toimimalla vastuullisesti ja lähestymällä ilmastonmuutosta yhteiskuntavastuun näkökulmasta. Vastuullisesti toimiva yritys huomioi toiminnassaan ekologisen, taloudellisen ja sosiaalisen kestävyuden osa-alueet. Yhteiskuntavastuullinen toiminta vaatii yritykseltä eettisten toimintaperiaatteiden laatimista ja johtohenkilöstön tulee olla valmiita ottamaan vastuullisuus osaksi yrityksen toiminnan ohjausta. Yrityksille on olemassa monenlaisia keinoja vastuulliseen ja ilmastomyönteiseen toimintaan, joista tulee valita kyseiseen yrityksen tavoitteisiin parhaiten sopivat. (Rohweder & Virtanen 2011, 296.)

Ilmastonmuutos voi saada yrityksille aikaan joko taloudellista tappiota tai tuottoa. Kaikista edullisin tilanne on se, että saadaan samanaikaisesti hillittyä ilmastonmuutosta sekä mahdollistettua yrityksen taloudellinen kasvu. Ilmastonmuutos tulisi huomioida kasvua edistävänä tekijänä pitkän aikavälin suunnitelmissa. Tämä edellyttää uudenlaisen yrityskulttuurin kehittämistä, koska normaalisti liiketoiminnan tulosta mitataan useimmiten neljä kertaa vuodessa. Ekologiseen kestävyteen pyrkivässä yritystoiminnassa taloudellinen hyöty kuitenkin arvioidaan vasta pidemmän ajan kuluttua. (Rohweder ym. 2011, 296-297.)

Yrityksen ympäristöasioiden hallinnan minimitaso on lainsäädännön noudattaminen. Yleensä pelkästään tämä ei riitä, vaan yrityksen tulee kehittää toimintaansa sidosryhmien tarpeiden ja vaatimusten mukaisesti. Tuotteiden ja palveluiden hiilijalanjälki ja toiminnan ympäristövastuullisuus kiinnostaa sidosryhmiä

nykyisin yhä enemmän. Ilmastonmuutoksen hillintään ja päästöjen vähentämiseen panostaneet yritykset voivat esimerkiksi kiinnittää sijoittajien huomion paremmin tai vaikuttaa kuluttajan ostopäätökseen. Sidosryhmien vaatimukseen vastaaminen luo yrityksille tärkeää hyvää imagoa. Yritys voikin ottaa ilmastonmuutoksen hillinnän liiketoiminnan strategiseksi lähtökohdaksi ja kehittää siitä itselleen kilpailuvaltin. Tällöin ekotehokkaasti toimiva yritys sekä kehittää uusia ilmasto-innovaatioita että viestittää vastuullisuudestaan kuluttajille. Onnistunut strategia edistää vähäpäästöisten tuotteiden ja palvelujen leviämistä. (Rohweder ym. 2011, 297–298.)

Ilmastomyönteinen toiminta ja hyvä imago eivät muunnu kilpailuvaltiksi itsensä, vaan tueksi tarvitaan toimivaa johtamisjärjestelmää. Johtamisjärjestelmässä ilmastonmuutoksen hillintä tulee määritellä strategiseksi lähtökohdaksi, kehittää hallintajärjestelmä toimintojen ja tuotannon ohjaukseen sekä käyttää henkilöstöjohtamisessa motivoivia ja osaamista jakavia käytäntöjä. Ilmastovastuullinen toiminta vaatii yritykseltä ymmärrystä ilmastonmuutoksesta ja keinoista sen hillitsemiseksi. Tärkeää on, että yritys ymmärtää oman toimintansa ilmasto-vaikutukset. Pääasiassa tämä tarkoittaa hiilidioksidipäästöjen laskemista yrityksen eri toimintamuodoille, kuten tuotannolle, lämmitykselle, sähkönkulutukselle, logistiikalle ja jätteille. Koko yrityksen henkilöstön tulee sitoutua ilmastomyönteisen toiminnan toteuttamiseen ja yrityksellä tulee olla käytettävissään välineitä ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. (Rohweder ym. 2011, 298–302.)

3 Hiilijalanjälki ja hiilineutraalisuus

Hiilijalanjäljen avulla voidaan kuvata yksittäisen ihmisen, organisaation, tapahtuman tai tuotteen vaikutusta ilmaston lämpenemiseen. Vaikutusten yksikkönä käytetään tonnia hiilidioksidiekvivalenttia. Hiilijalanjälkilaskennan avulla voidaan tunnistaa merkittävimmät ilmastovaikutusten lähteet ja kehittää keinoja päästöjen minimoimiseksi. (Rinne 2011, 315.) Yrityksen toiminnasta laskettu hiilijalanjälki ilmoittaa hiilidioksidiekvivalentin päästömäärän, joka liiketoiminnasta aiheutuu (Pohjola 2011, 332).

Valitun kohteen hiilijalanjälki saadaan laskemalla yhteen kaikki sen aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt, jotka on muunnettu yhteiseen hiilidioksidiekvivalentin yksikköön. Hiilidioksidiekvivalentti kuvaa sitä hiilidioksidipäästömäärää, jolla on yhtä suuri vaikutus ilmaston lämpenemiseen kuin millä tahansa muulla kasvihuonekaasulla ja sen määrällä. Kasvihuonekaasupäästöt muunnetaan hiilidioksidiekvivalenteiksi kertomalla kunkin kasvihuonekaasun päästöt sitä vastaavalla GWP (Global Warming Potential) –kertoimella eli lämmityspotentiaalikerroimella. Lämmitysvaikutuksia mitataan tietyltä aikaväliltä, joka on yleensä 100 vuotta. (Nissinen & Seppälä 2008, 14.)

Hiilidioksidiekvivalentti on hyödyllinen yksikkö useista eri syistä. Sen avulla voidaan ilmoittaa eri kasvihuonekaasujen aiheuttamia päästökokonaisuuksia yhdellä numerolla. Yhteinen yksikkö myös helpottaa kasvihuonekaasujen lämmitysvaikutusten vertailua. (Brander 2012, 2–3.) Hiilidioksidin ohella ilmastomuutoksen edistymiseen vaikuttavia kasvihuonekaasuja ovat mm. metaani, typpioksiduuli ja erilaiset halogeenit. Koska muita kasvihuonekaasupäästöjä verrataan hiilidioksidiin, sen kertoimeksi tulee 1, mutta esimerkiksi metaanin kertoimeksi tulee 25 (Ekholm, Lindroos & Savolainen 2012, 16).

Perinteisesti kasvihuonekaasut jaotellaan suoriin eli välittömiin, epäsuoriin eli välillisiin ja vältettyihin päästöihin. Suorat kasvihuonekaasupäästöt syntyvät yrityksen omista tai sen hallinnoimista lähteistä, kuten jätehuollosta, yrityksen kuluneuvoista ja polttoaineen kulutuksesta. Epäsuorat päästöt ovat välillisesti yrityksen toiminnan aiheuttamia, mutta ne eivät ole peräisin yrityksen omista prosesseista. Välillisiä päästöjä aiheutuu esimerkiksi sähkön tai kaukolämmön os-

tamisesta. Vältettyjä päästöjä syntyy, kun esimerkiksi uusiutuvalla energialla korvataan fossiilisia polttoaineita tai toiminnan energiatehokkuutta parannetaan. (Kontiokorpi 2011, 34.)

Hiilijalanjätkilaskenta, jossa huomioidaan kaikki eri päästölähteet voi olla monimutkainen prosessi. Aiemmin julkaistujen hiilijalanjälkien ymmärtämistä monimutkaistaa se, että ne ovat harvoin verrattavissa toisiinsa. Vaikka laskenta olisi toteutettu kansainvälisen standardin pohjalta, yritykset ovat voineet lähestyä asiaa omasta näkökulmastaan ja luokitella päästönsä eri tavalla. Osa hiilijalanjäljistä on määritetty tietyille aikavälille, kuten yrityksen aiheuttamat päästöt vuodessa. Osa taas on lähestynyt asiaa määrittämällä päästöt yksikköä kohden, esimerkiksi per tuote tai tapahtuma. Vertailua vaikeuttaa myös se, että tyypillisesti hiilijalanjälki huomioi kaikki kasvihuonekaasupäästöt. Kuitenkin osa ottaa laskennassaan huomioon pelkästään hiilidioksidipäästöt. Lähestymistavan valintaan vaikuttaa se, mihin tarkoitukseen hiilijalanjälkeä tullaan käyttämään. Jossakin tapauksessa yksinkertainen hiilijalanjälki voi olla riittävä, mutta toisessa taas on tehtävä perusteellisempi tutkimus. (The Carbon Trust 2007, 2.)

3.1 Hiilijalanjäljen tarkoitus

Hiilijalanjätkilaskennalla pyritään tyypillisesti hallitsemaan hiilijalanjälkeä ja vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä tulevaisuudessa. Laskennasta voi tulla merkittävä lisä yrityksessä harjoitettavaan energia- ja ympäristöpolitiikkaan. Mikäli päästöjen hallitseminen on pääsyynä hiilijalanjäljen laskemiselle, yleensä riittää, että yritys ymmärtää ja määrittää tärkeimmät päästölähteet. Määrittäminen voi olla yksinkertainen prosessi, joka on melko nopeasti ja suoraviivaisesti toteutettavissa. Yrityksen selvitettävät päästöt tulevat tällöin tyypillisesti fossiilisten polttoaineiden kulutuksesta, sähköstä ja kuljetuksista. Laskennan tulosten perusteella voidaan tunnistaa ja priorisoida mahdolliset päästövähennyskohteet. Tulosten avulla yritys voi keskittyä vähentämään päästöjä siltä osa-alueelta, missä on eniten potentiaalia. (The Carbon Trust 2007, 3.)

Toinen yleinen syy hiilijalanjäljen määrittämiselle on tarve raportoida jalanjäljestä tarkasti kolmannelle osapuolelle. Yhä useampi yritys on kiinnostunut määrittämään yksityiskohtaisen julkiseksi tiedoksi tarkoitetun hiilijalanjälkensä. Hiilija-

lanjäljen määrittämisellä yritys voi pyrkiä viestimään omasta panostuksestaan yhteiskuntavastuulliseen toimintaan. Laskentaa voidaan käyttää myös markkinoititarkoituksiin ja täyttämään sidosryhmien vaatimukset. Virheetöntä ja täsmällistä hiilijalanjälkilaskentaa tarvitaan, kun yritys haluaa varmistaa, millä tasolla päästöjen tulisi olla, jotta se saavuttaisi hiilineutraalin toiminnan tason. Kaikkien kolmannelle osapuolelle tarkoitettujen laskentojen tulee olla paikkansapitäviä ja kattaa kaikki päästöt, joista yritys on vastuussa. Lisäksi olisi suotavaa, että laskentaprosessi olisi osoitettu oikeaksi puolueettoman tahon toimesta. Tällä varmistetaan, että laskentamenetelmän vaatimukset on täytetty ja tuloksista tulee tarkkoja. (The Carbon Trust 2007, 3.)

3.2 Hiilijalanjäljen laskentaperiaatteet

Yritykset voivat valita kasvihuonekaasulaskentaan joko yksinkertaisen hiilijalanjäljen tai tarkemman koko kokonaisuuden kattavan hiilijalanjäljen. Yksinkertaisen hiilijalanjäljen laskeminen on yrityksille usein melko nopea ja mutkaton prosessi. Laskennassa tulisi huomioida tavallisimpia isoja päästöjä aiheuttavia suoria päästölähteitä, kuten polttoaineiden kulutus, sähkönkulutus ja yrityksen kuluneuvojen käyttö. Joitakin epäsuoria päästöjä voidaan sulkea laskennan ulkopuolelle, koska niiden selvittäminen on monimutkaisempaa ja yritys itse ei ole vastuussa niiden hallinnoimisesta. Tällaisia ovat esimerkiksi jätteistä, toimitusketjuista ja työmatkoista syntyvät päästöt. (The Carbon Trust 2007, 4.)

Yksinkertaisenkin hiilijalanjäljen tuloksista on apua päästöjen hallinnassa. Sen avulla voidaan asettaa päästövähennystavoitteita kaikkein kannattavimpiin kohteisiin ja sopia toiminnassa tavoiteltavan tehokkuuden tasosta. Hiilijalanjäljen avulla yrityksen on helpompi priorisoida mahdollisia toimenpiteitä ympäristön ja taloudellisuuden kannattavuuden kannalta. Toimenpiteiden toimivuutta säännöllisesti seuraamalla yritys voi parantaa ja kehittää päästöjen hallintaa tulevaisuudessa entisestään. (The Carbon Trust 2007, 4.)

Mikäli yksinkertainen hiilijalanjälki ei ole yrityksen tarpeisiin riittävän tarkka, tulee yrityksen laatia kattava hiilijalanjälki. Tarkan hiilijalanjäljen määrittämisessä laskentaprosessin tulee edetä suunnitelmallisesti. Tämän takia on tärkeää määrittää, mitä menetelmää laskennassa tullaan käyttämään. Osa yrityksistä haluaa

itse valita oman lähestymistapansa, mutta usein prosessia helpottaa, mikäli valitaan yleisesti tunnettu ja vahvistettu standardi. Standardin avulla tuloksista voi tulla luotettavampia, ja niitä on helpompi verrata toisiin, samalla menetelmällä saatuihin tuloksiin. (The Carbon Trust 2007, 4.)

Kohteelle, jolle hiilijalanjälki halutaan määrittää, tulee asettaa selkeät rajat. Rajaus kertoo, mitkä päästölähteet laskennassa huomioidaan. Yleensä rajauksen sisäpuolelle kuuluvat kaikki päästöt, joita yritys itse hallitsee. Rajauksessa määritellään myös, minkä tyyppisiä päästöjä laskentaan sisältyy. Yrityksen tulee esimerkiksi päättää, sisällyttääkö se laskentaan vain hiilidioksidipäästöt vai kaikki kasvihuonekaasut sekä mitä suoria ja epäsuoria päästölähteitä laskennassa huomioidaan. Vaikeimpia määritettäviä ovat sidosryhmistä aiheutuvat epäsuorat päästöt, kuten ulkoistetut toiminnot tai raaka-aineiden toimitus. Niiden huomioiminen laskennassa on usein vapaaehtoista. (The Carbon Trust 2007, 5.)

Hiilijalanjäljen tulosten tarkkuus riippuu laskennassa käytettyjen arvojen tarkkuudesta. Ennen tietojen keräämistä yrityksen on päätettävä, mille tasolle laskennan tarkkuuden on yletyttävä. Yrityksen tulee selvittää laskentaa varten mm. erilaisia kulutustietoja ja tuotantoprosessien aiheuttamia päästöjä. Kulutustietojen erilaiset yksiköt, kuten megawattitunnit tai megajoulet, pystytään muuntaamaan yhtäläiseksi hiilidioksidipäästö määräksi niille ominaisilla kertoimilla. Myös muut kasvihuonekaasut tulee muuntaa yhteiseen yksikköön tonnia hiilidioksidiekvivalenttia käyttäen standardin mukaisia päästökertoimia. (The Carbon Trust 2007, 5.)

Hiilijalanjälkilaskennan tulokset voi halutessaan varmistaa kolmannen osapuolen tekemänä. Tulosten osoittaminen oikeaksi voi lisätä tulosten luotettavuutta myös esimerkiksi kuluttajien silmissä. Verifioinnissa analysoidaan määrittelyn eri vaiheet, minkä takia on tärkeää, että kaikki tieto on esitetty läpinäkyvästi ja selkeästi. (The Carbon Trust 2007, 5.)

3.3 PAS 2060

Tämän opinnäytetyön hiilijalanjäljen määrittäminen toteutetaan PAS 2060 -standardin ohjeiden mukaisesti. PAS 2060 -standardissa on määritetty vaatimukset, jotka yrityksen tulee saavuttaa tullakseen hiilineutraaliksi. Standardin on laatinut Britannian standardoimisinstituutti BSI. BSI on itsenäisesti toimiva kansallinen elin, jonka vastuulla on tuottaa britannialaisia standardeja sekä niiden oheismateriaalia.

PAS 2060 -standardin ohjeet ovat sovellettavissa useille eri kokonaisuuksille, kuten hallituksille, yhteisöille, yrityksille tai yksittäisille henkilöille. Ohjeiden avulla voidaan määrittää hiilijalanjälki esimerkiksi kohteen toiminnoille, palveluille, tuotteille tai tapahtumille. Standardi asettaa periaatteet, joiden perusteella valitaan sopiva laskentamenetelmä kasvihuonekaasujen määrittämiseksi ja kompensoimiseksi. Standardissa on lueteltu joitakin tunnettuja menetelmiä ja standardeja, joiden voidaan olettaa täyttävän samat periaatteet.

Prosessi hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi on jaettu kolmeen päätarkastelujaksoon. Ensimmäisellä tarkastelujaksolla suoritetaan hiilijalanjäljen määrittämisen eri vaiheet. Laskennan tuloksissa voidaan ensimmäisellä tarkastelujaksolla huomioida mahdollisesti myös päästövähennyksiä, jotka ovat toteutuneet juuri ennen ajanjakson alkua. Toinen tarkastelujakso keskittyy päästövähennyskohteiden tunnistamiseen ja vähennysten toteuttamiseen. Yrityksen tulee olla sitoutunut päästövähennyksiin ja laatia hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma. Kolmannessa ja kaikissa muissa tulevilla jaksoilla yrityksellä on mahdollisuus päivittää ja muunnella hiilijalanjäljen hallintasuunnitelmaa ja siten toteuttaa uusia päästövähennyksiä. Jokaisen tarkastelujakson jälkeen yrityksellä on mahdollisuus ilmoittaa saavutuksistaan. (PAS 2060 2014, 6.)

Opinnäytetyössä toteutetaan hiilijalanjäljen määrittämiseksi standardin kolme vaihetta, jotka ovat kohteen rajaaminen, hiilijalanjäljen määrittäminen ja hiilijalanjäljen hallintasuunnitelman laatiminen. Yritykselle itselleen jää tulevaisuudessa tehtäväksi päästövähennysten toteuttaminen, mahdollisten jäljelle jäävien päästöjen kompensointi sekä hiilijalanjäljen uudelleen määrittäminen, jonka jälkeen

yritys voi ilmoittaa saavuttaneensa hiilineutraalin tason. Seuraavissa kappaleissa on esitelty tarkemmin prosessin eri vaiheita.

3.3.1 Kohteen rajaus

Hiilijalanjätkilaskentaa varten yrityksen on määritettävä ja vahvistettava laskennan kohteena oleva kokonaisuus ja todentaa kaikki siihen liittyvät kokonaisuudet. On tärkeää, että rajaus säilyy täysin muuttumattomana koko prosessin läpi. Yrityksen tulee kirjata ylös perustelut käytetylle rajaukselle ja ilmoittaa syyt jonkin olennaisen päästölähteen poissulkemiselle. Merkittävimpiä hiilidioksidipäästöjä ei saa jättää tarkoituksella huomioimatta. Yritykset voivat määrittää hiilidioksidipäästönsä osakepääoman osuuksien mukaan tai yrityksen hallinnan alaisena olevien osuuksien perusteella. Rajaukseen kuuluu tarvittaessa tytäryhtiöiden huomioiminen. Kohteeksi voi rajata myös jonkin tietyn yrityksen osan, alueen tai sijainnin. (PAS 2060 2014, 7.)

Määrittäksessä tulee huomioida kaikki yrityksen aiheuttamat suorat päästöt ja energiankulutuksen epäsuorat päästöt. Mikäli laskennassa joudutaan käyttämään arvioita esimerkiksi muista epäsuorista päästöistä, tulee ne määrittää tavalla, joka estää aliarvioinnin. Hiilijalanjäljen tulisi kattaa vähintään 95 prosenttia yrityksen päästöistä. Kaikki pienet päästöt, jotka ovat yli yhden prosentin kokonaishiilijalanjäljestä, tulee huomioida, jos niiden selvittäminen on teknisesti mahdollista ja kustannustehokasta. (PAS 2060 2014, 7–8.)

3.3.2 Hiilijalanjäljen määrittäminen

Yrityksen tulee määrittää hiilijalanjälki laskennan kohteeksi rajatulle kokonaisuudelle. Laskennan tulee perustua ensisijaisesti suoraan kohteesta saatavaan tietoon. Mikäli yritys pystyy todistamaan, ettei se joissakin tapauksissa ole mahdollista, voidaan käyttää myös kohteesta saatavilla olevaa keskimääräistä tietoa. Laskentaa varten valitun metodin tulisi minimoida epävarmuudet ja tuottaa täsmällisiä ja yhdenmukaisia tuloksia, joiden laskeminen voidaan tarvittaessa toistaa. Laskennassa tulee käyttää kansallisia tai kansainvälisiä virallisia päästökertoimia. Kaikki saadut hiilijalanjälkitulokset tulee ilmoittaa yksikössä t CO₂-e.

Yrityksen tulee laatia dokumentointeja vahvistamaan hiilijalanjäljen määrittämistä ja helpottamaan sen todentamista. Dokumentoinnista tulee käydä ilmi, mitä laskentatapaa hiilijalanjäljen laskennassa on käytetty ja perustelut valinnalle. Kaikki tehdyt oletukset ja laskelmat tulee olla kirjattuna ylös ja niiden tulee sisältää tiedot ensisijaisista ja toissijaisista päästötiedoista, käytetystä ajanjaksosta ja laskennan perusteella saadun hiilijalanjäljen koosta. Mahdollinen epävarmuus ja vaihtelevuus laskennassa on selvitettävä. Epävarmuuden laajuus ja taustalla olevat oletukset tulee tuoda dokumentoinnissa esille. (PAS 2060 2014, 9.)

3.3.3 Hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma

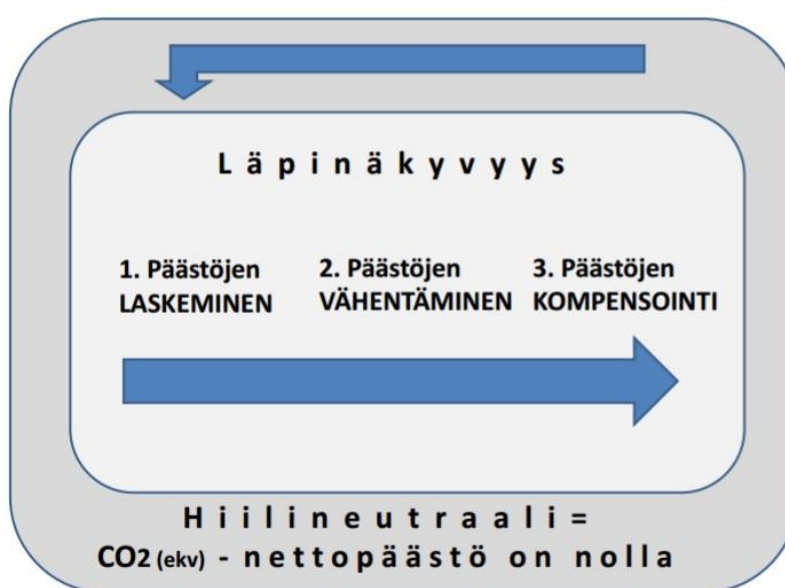
Yrityksen tulee sitoutua hiilineutraalin toiminnan saavuttamiseksi vaadittaviin toimenpiteisiin ja hiilineutraalisuuden säilyttämiseen. Tavoitteiden saavuttamisen avuksi laaditaan hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma. Suunnitelmassa laaditaan aikataulu, jonka mukaisesti yritys pyrkii saavuttamaan hiilineutraalin tilan. Yrityksen tulee määrittää kohteet kasvihuonekaasupäästöjen vähennyksille aikataulun mukaisesti. Suunnitelmassa kuvataan mahdollisia oletuksia ja perustellaan tapoja ja toimenpiteitä, joita kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen tullaan käyttämään. Mikäli kompensointia tullaan käyttämään päästöjen vähentämiseen, yrityksen tulee ilmoittaa arvio kompensoitavien päästöjen määrästä, kompensoinnin luonteesta ja todennäköisen hyvityksen määrä ja tyyppi. Jotta yritys pystyy tulevaisuudessa säilyttämään hiilineutraalin tason, sen tulee päivittää hiilijalanjäljen hallintasuunnitelmaa vähintään kerran vuodessa. (PAS 2060 2014, 10.)

3.4 Hiilineutraalisuus

Abloy pyrkii hiilijalanjälkilaskennan avulla saavuttamaan hiilineutraalin tason Joensuun tehtaiden aitojen sisäpuolella tapahtuville toiminnoille. Hiilineutraalisuuden saavuttamista pidetään tärkeänä viestinnällisenä keinona hillitä ilmastonmuutosta. Pääasiassa hiilineutraalisuudella tarkoitetaan sitä, että jokin toiminto tuottaa vain sen verran päästöjä kuin niitä pystytään sitomaan. Vaikka hiilineutraalisuus käsitteenä on laajasti käytössä, sille ei ole olemassa yhtä yhtenäistä

määritelmää. Määritelmä voi vaihdella suurestikin sisällön, rajauksen, mittaamisen ja todentamisen osalta. (Ahola ym. 2014, 8.)

Hiilineutraalisuus voidaan saavuttaa kolmivaiheisen prosessin avulla. Prosessin vaiheet ovat toiminnan aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen laskeminen, ympäristötehokkuuden lisääminen ja päästöjen vähentäminen sekä jäljelle jäävien päästöjen kompensointi. Myös tässä opinnäytetyössä laskennan pohjana käytetty PAS 2060 -standardi noudattaa samankaltaista prosessia hiilineutraalisuuden saavuttamiseksi. (Ahola ym. 2014, 12.)



Kuva 1. Hiilineutraalisuuden saavuttaminen (Ahola & Seppälä 2014, 12)

Hiilineutraalisuus-käsitettä käytetään laajasti monissa eri yhteyksissä, vaikka sillä ei ole yhtä tiettyä määritelmää tai standardia. Käsite sinänsä on helppo ymmärtää ja ilmaista, mutta sisällössä voi olla tapauskohtaisesti paljonkin eroja. Erilaiset toimijat määrittävät hiilineutraalisuuden usein perustuen omiin lähtökohtiinsa ja käsitteen käyttötarkoituksen mukaisesti. Päästöjen mittaaminen, vähentäminen ja kompensointi luovat perustan hiilineutraalisuuden käsitteelle. Toimijat kuitenkin itse valitsevat asiaan oman näkökulman, rajauksen ja ajanjakson. Standardeja ja ohjelmia kehittämällä pyritään lisäämään luotettavuutta ja läpinäkyvyyttä hiilineutraalisuuden tulkinnassa. (Ahola ym. 2014, 13.)

Yleisesti hiilineutraalisuus määritellään tilaksi, jossa kasvihuonekaasujen nettopäästö on nolla. Hiilineutraalisuus on siten tila, jossa päästöjä voi syntyä vielä

päästövähennystoimenpiteiden jälkeen. Päästöjen määrä on kuitenkin huomattavasti pienempi alkutilanteeseen nähden, ja näin ollen jäljelle jäävien päästöjen kompensointi on vaivattomampaa. Hiilineutraalisuus ei siis tarkoita samaa kuin nollapäästötaso, jossa päästöjä ei synny systeemin ulkopuolella ollenkaan. (Ahola ym. 2014, 11–12.) Kompensointi nähdään tärkeänä osana hiilineutraalisuuden saavuttamisessa, koska vain harvassa tapauksessa organisaatiot pysyvät pelkällä oman toiminnan tehostamisella saavuttamaan tavoitteen.

Yritystasolla yleistä on, että jokin yrityksen toiminnoista, tuotteista tai palveluista määritellään hiilineutraaliksi. Harvempi yritys pyrkii täysin hiilineutraaliin toimintaan, koska muiden kasvihuonekaasupäästöjen mittaaminen ja raportointi on hankalampaa ja selkeää ohjeistusta ei välttämättä ole. Hiilijalanjäljen ajatellaan syntyvän etenkin fossiilisten polttoaineiden kulutuksesta, joten fossiilisista polttoaineista riippumattomuus nähdään keinona saavuttaa hiilineutraali taso. Katavamman hiilineutraalisuuden saavuttaminen vaatii kuitenkin myös muihin kasvihuonekaasuihin perehtymistä. (Ahola ym. 2014, 24–26.)

Yrityksen ilmoittaessa jonkin toiminnon, tuotteen tai palvelun hiilineutraalisuudesta sen tulee huolehtia, että kuluttajalle ei synny harhaanjohtavia käsityksiä. Olennaista on se, että onko hiilineutraalisuuteen päästy panostamalla omaan toimintaan vai onko kompensoitu vastaava määrä päästöjä tekemättä ollenkaan omia ympäristötehokkuutta parantavia toimia. (Ahola ym. 2014, 29–30.)

4 Tutkimuksen tarkoitus ja aiheen rajaus

4.1 Tarkoitus ja tavoitteet

Opinnäytetyön tarkoituksena on määrittää Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilidioksidipäästöt yleisesti hyväksytyyn metodin avulla. Opinnäytetyössä selvitetään kaikki hiilijalanjälkeen vaikuttavat kasvihuonekaasupäästöt ja muunnetaan ne yhtäläiseen yksikköön, t CO₂-e. Tulosten pohjalta laaditaan toimintasuunnitelma hiilidioksidipäästöjen kontrolloimiseksi.

Opinnäytetyön tavoitteena on tuottaa aineisto, jota Abloy Oy voi hyödyntää omassa toiminnassaan. Abloy Oy:n tavoitteena on arvioida mahdollisuutta hakea sertifikaattia hiilineutraalille toiminnanharjoittamiselle. Abloy Oy haluaa osallistaa toteuttaa yhteiskuntavastuuta. Lisäksi opiskelija laajentaa opinnäytetyön avulla oman alan osaamistaan.

4.2 Aiheen rajaus

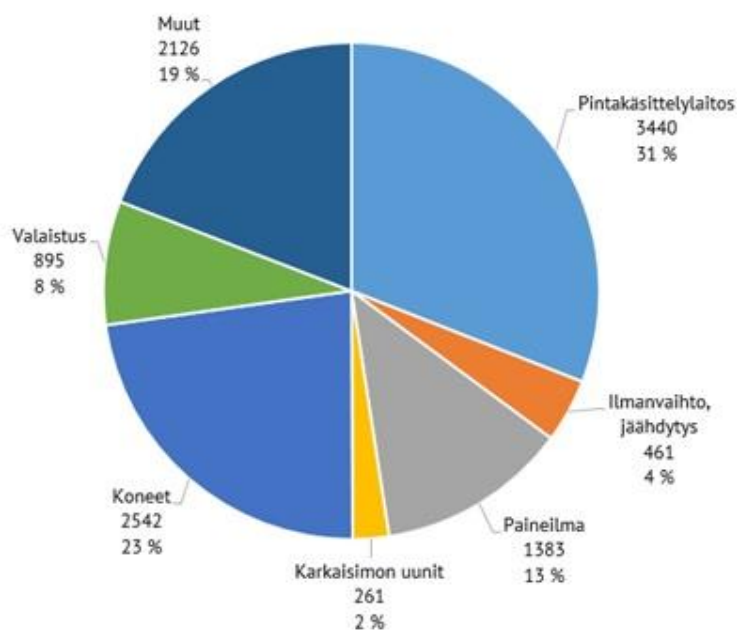
Opinnäytetyössä hiilijalanjälkilaskenta toteutetaan maantieteelliselle alueelle, joka on rajattu Abloyn Joensuun tehtaan aitojen sisäpuolelle. Näin ollen osaa rajauksen ulkopuolella syntyvistä kasvihuonekaasupäästöistä ei huomioida. PAS 2060 -standardissa kasvihuonekaasupäästöt on jaettu kolmeen eri luokkaan, jotka ovat suorat päästöt, energiankulutuksen epäsuorat päästöt sekä muut epäsuorat päästöt. Abloyn hiilijalanjäljen määrittämisessä huomioidaan suorat päästöt ja energiankulutuksesta aiheutuvat päästöt. Rajojen ulkopuolelle jäävät kolmannen luokan päästöt käsittävät mm. kuljetukset sekä jäte- ja vesihuollon. Toimeksiantajan toiveiden mukaisesti tässä laskennassa huomioidaan vain merkittävimmät päästölähteet.

5 Tutkimuksen aineistot ja menetelmät

5.1 Kohde

Abloy Oy:n Joensuun tehdas toimii yrityksen päätoimipaikkana. Tehdas sijaitsee osoitteessa Wahlforssinkatu 20. Tehdasalue koostuu kahdesta erillisestä tehdasrakennuksesta, päätehtaasta sekä ovensuljintehtaasta. Päätehtaan tilat jakautuvat konttoritiloihin, osavalmistukseen, kokoonpanoon, lukkotehtaaseen ja pintakäsittelylaitokseen. Päätehtaan tiloissa sijaitsee myös henkilöstöravintola. (Varis 2015b, 3.)

Kaukolämmön toimittaa tehtaalle Fortum Oy (myöhemmin Fortum). Kaukolämpö tulee kiinteistön lämmönjakohuoneeseen, jossa on myös päätehtaan lämmönvaihdin. Sähkön siirrosta vastaa Caruna Oy ja sähkön tuottaa Savon Voima Oyj (myöhemmin Savon Voima). Sähkösyöttöjä tulee tehtaalle kaksi 20 kilovoltin syöttöä, jotka tulevat eri suunnista. Tarpeen tullen tulosuuntaa voidaan muuttaa. Muuntajia on tehtaalla viisi kappaletta. Sekä sähkön että lämmön kulutusta seurataan kuukausittain. (Varis 2015b, 6.) Vuonna 2015 sähköä kului 13 661 MWh ja kaukolämpöä 6033,2 MWh (Koponen & Varis 2015).



Kuvio 1. Sähkönkulutuksen jakauma vuonna 2014 (Varis 2015a, 12)

Abloylla on sähkön osalta käytössään VihreäVoima-tuote. VihreäVoima-sähkösopimusasiakkaille myytävä sähkö tuotetaan uusiutuvilla energialähteillä. Kaikki Abloyn käyttämä sähkö on alkuperätakuilla varmennettua ja sertifioitua sähköenergiaa. Näin ollen hiilineutraalisuuden todentaminen on tarvittaessa helposti toteutettavissa VihreäVoima-tuotteelle. (Anttalainen 2016.)

Polttoainekäyttöisistä moottoriajoneuvoista Joensuun tehtaalla on käytössään dieselkäyttöinen trucki, kaksi pakettiautoa ja työsuhdeautoja (Varis 2015b, 7). Näistä ajoneuvoista huomioitiin opinnäytetyön rajauksen mukaisesti vain dieselkäyttöisen trukin aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Trukin polttoaineenkulutus vuonna 2015 oli 1 200 litraa (Mertanen 2016).

5.2 Tutkimusmenetelmät

Opinnäytetyö toteutettiin pääosin kvantitatiivisena tutkimuksena, koska työssä käytettiin laskennallisia menetelmiä ja tilastotietoa. Kaiken pohjana toimi PAS 2060 -standardi, jonka tukena käytettiin valmista kirjallista aineistoa. Aineistoa tarvittiin mm. aiheeseen liittyvien käsitteiden selvittämiseen ja ymmärtämiseen. Lisäksi tarvittiin kirjallista ja todennettavissa olevaa tietoa hiilidioksidipäästöjen suuruuksista, jotta hiilijalanjälki saatiin määritettyä mahdollisimman todenmukaisesti. Tietoja hiilidioksidipäästöistä hankittiin mm. sidosryhmiin kohdistuvilla haastatteluilla, jotka koskivat päästökertoimia. Lopuksi laadittiin mahdollisia keinoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi.

Hiilijalanjälkeä laskettaessa huomioitiin kaikki rajauksen sisäpuoliset kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasujen määrät muunnettiin yhteiseen suureen, joka on tonnia hiilidioksidiekvivalenteja. Osa kasvihuonekaasupäästöjä koskevista tiedoista oli saatavissa suoraan toimeksiantajalta. Vuoden 2015 sähkön- ja lämmönkulutustiedot sekä polttoainekäyttöisen trukin polttoaineen kulutustiedot saatiin Abloyn omista seurantatiedoista. Kaukolämmön päästökerroin selvitettiin Fortumin Joensuun CHP-laitokselta (Ahonen 2016) ja käytössä olevan sähkön päästökerroin Savon Voimalta (Anttalainen 2016). Trukin osalta päästökertoimena käytettiin keskimääräistä kerrointa, joka oli saatavilla VTT:n LIPASTO-järjestelmästä. Järjestelmän tietokannasta löytyy tietoja useiden liikennemuotojen päästöistä. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2012.)

Taulukko 1. Abloyn toiminnoille käytetyt päästökertoimet

Toiminto	Päästökerroin	Yksikkö
Kaukolämpö	0–60	g CO ₂ /kWh
Sähkö	0	g CO ₂ /kWh
Dieseltrukki	2 630	g CO ₂ -e/l

5.2.1 Ominaispäästölaskenta

Opinnäytetyössä Abloyn hiilijalanjälki määritettiin ominaispäästölaskennalla. Menetelmässä käytettiin pohjana sekä kansainvälisen ilmastopaneelin IPCC:n oletuskertoimia sekä kansallisia päästökertoimia. Ominaispäästölaskennalla pystytään laskemaan kasvihuonekaasupäästöt useille eri toiminnoille, kuten energian- ja vedenkulutukselle, jätehuollolle ja kuljetuksille. Ominaispäästökerroimilla pystytään muuntamaan prosessikohtaista aineistoa hiilidioksidiekvivalenteiksi esimerkiksi kulutetun polttoaineen tai kuljetukseen käytettyjen kilometrien mukaisesti. (AEA 2012, 2.)

Kaukolämmön hiilijalanjälki määritettiin kahdella eri laskentamenetelmällä. Toista menetelmää varten kaukolämmön eri tuotantomuodoille haettiin ominaispäästökertoimet, jotka on esitelty seuraavassa taulukossa. Biopolttoaineella ja turpeella on tuotettu kaukolämpöä sähköntuotannon yhteydessä. Raskaalla polttoöljyllä on tuotettu kaukolämpöä pääasiassa ilman sähkön tuotantoa. (Ahonen 2016.)

Taulukko 2. Kaukolämmön tuotantomuotojen päästökertoimet (Tilastokeskus 2016)

Tuotantomuoto	Päästökerroin (g CO ₂ /MJ)
Biopolttoaine	0
Raskas polttoöljy	77
Turve	107

5.2.2 Hyödynjakomenetelmä

Kaukolämmön hiilijalanjätkilaskennassa käytettiin vertailun vuoksi useampia eri laskentamenetelmiä. Yksi niistä oli hyödynjakomenetelmä, jossa kohdistetaan yhteistuotannolla tuotetun lämmön ja sähkön päästöt molemmille tuotteille. Tämä tekee siitä kaukolämmön kannalta edullisen laskentamenetelmän. Menetelmässä energiantuotannossa syntyvät päästöt jaetaan vaihtoehdoisen tuotannon mukaan. Kun yhteistuotannon hyöty saadaan kohdistettua molemmille tuotteille, molemmat saavat paremman hyötysuhteen verrattuna erillistuotantoon. (Bruce, Pasanen & Sipari 2013, 23.) Fortumilta saatu kaukolämmön ominaispäästökerroin perustuu tähän laskentamenetelmään.

Hyödynjakomenetelmässä lämmön ja sähkön päästöt jaetaan perustuen oletukseen siitä, miten energia tuotettaisiin ilman yhteistuotantoa. Vaihtoehtoina käytetään sähkölle lauhdetuotantoa ja lämmölle vesikattilaa. Menetelmässä käytetään tilanteeseen sopivia hyötysuhteita, jotka yleisesti ovat lauhdetuotannolla 39 prosenttia ja vesikattilalla 90 prosenttia. Hyötysuhteilla on laskennassa tärkeä rooli, koska päästöt kohdistetaan tuotetun energian ja hyötysuhteiden mukaisesti painotettuina. (Bruce ym. 2013, 23.)

5.2.3 Ilmastopaneelin menetelmä

Mikäli kaukolämmön hiilijalanjälkeä olisi haluttu selvittää tarkemmin, laskenta olisi voitu toteuttaa ilmastopaneelin menetelmää hyödyntäen. Ilmastopaneelin menetelmässä suoritetaan tarkempi hyödynjako, jolle ei tämän opinnäytetyön puitteissa ollut tarvetta. Fortumin ilmoittama kaukolämmön päästökerroin itsessään perustui riittävän tarkkaan hyödynjakomenetelmään.

Menetelmässä keskitytään selvittämään, mikä on sähkön marginaalituotantomuoto ja mitä sähköntuotantoa yhteistuotannolla korvataan. Laskentaa varten tarvitaan tieto siitä, mitä energiantuotantomuotoja kuuluu säätövoimaan. Korvattavan sähkön päästöt tulee huomioida säätövoiman osalta. Sähkön marginaalituotanto pyritään ratkaisemaan tarkastelemalla sähköpörssin hintaa. Sähkön pörssihinnan ylittäessä lauhdesähkön muuttuvat kustannukset marginaalituotannon voidaan olettaa olevan lauhdesähköä. Mikäli sähkön hinta on alle lauh-

desähkön muuttuvan kustannuksen, mutta yli CHP-tuotannon muuttuvan kustannuksen, marginaalituotantomuotona toimii CHP-tuotanto. Vesi-, ydin- tai tuulivoimaa pidetään säätävänä voimana, kun sähkön hinta jää alle CHP-tuotannon muuttuvan kustannuksen. (Bruce ym. 2013, 24.)

Menetelmää käytettäessä marginaalisähkön päästöt nousevat korkeiksi, mutta jäävät kuitenkin pienemmiksi kuin pelkällä hiililauhdetuotannolla tuotetun energian päästöt. CHP-tuotannolla tuotetun kaukolämmön ympäristövaikutukset jäävät vähäisiksi, kun päästöt saadaan vähentämällä kokonaispäästöistä korvattun sähkön laskennalliset tuotantopäästöt. Ilmastopaneelin menetelmällä on mahdollista saada jopa negatiivinen päästölaskentatulot sellaisilla CHP-laitoksilla, joissa on korkea sähköntuotannon hyötysuhde tai käytetään paljon biomassaa. (Bruce ym. 2013, 24.)

5.2.4 Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitusesimerkki

Kaukolämmön kulutuksen ja päästöjen vähentämiseksi laadittiin toimenpideehdotus aurinkolämpöjärjestelmän hyödyntämisestä. Aurinkokeräimiä pystytettiin hyödyntämään lämpimän käyttöveden tuotannossa. Abloyn lämpimän käyttöveden kulutus on noin 6 800 litraa vuorokaudessa ja käyttölämpötila 60 astetta. Mitoitusesimerkissä jouduttiin käyttämään vuorokausikulutuksena 6 200 litraa, koska laskennassa käytetyn ohjelmiston kapasiteetti ei riittänyt laskemaan suurempaa järjestelmää. Aurinkolämpöjärjestelmälle laadittiin suuntaa antava mitoitusesimerkki käyttäen GetSolar-ohjelmistoa. Järjestelmä mitoitettiin sen pohjalta, että sillä pystyttäisiin kattamaan lämpimän käyttöveden kesäaikainen kulutus. Ohjelmisto laskee, kuinka paljon järjestelmällä pystyttäisiin tuottamaan lämmitysenergiaa vuodessa. Tulosten avulla pystyttiin laskemaan myös, kuinka paljon päästövähennyksiä saadaan aikaan, kun aurinkolämmöllä korvataan kaukolämpöä.

5.3 Aineiston käsittely ja analyysi

Hiilijalanjäljen laskentapohjana ja mallintamisen apuna käytettiin Excel-taulukkolaskentaohjelmaa. Abloyn toimintojen hiilijalanjälki laskettiin kertomalla prosessikohtainen aineisto selvitettyllä päästökertoimella. Kerätty aineisto jaettiin

päästölähteittäin omiin taulukoihin, joissa on esitetty kulutustiedot, tietolähteet sekä hiilijalanjälkilaskennan lopputulokset. Käytetyt päästökertoimet ja kerrointen tietolähteet sijoitettiin erilliseen taulukkoon, johon pystyttiin viittaamaan hiilijalanjälkeä laskettaessa.

Hiilijalanjälkeä selvittäessä ei ollut tarvetta suorittaa uusia päästömittauksia. Jokaiselle päästölähteelle oli saatavilla oma päästökerroin. Sähkön ja kaukolämmön osalta päästökertoimet olivat luotettavista lähteistä suoraan toimittajilta. Trukin osalta päädyttiin käyttämään keskimääräistä päästökerrointa, koska kertoimen suuruudella on hyvin vähäiset vaikutukset laskennan lopputulokseen.

Yksi merkittävimmistä kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttajista oli kaukolämpö. Hiilijalanjäljen suuruus voi vaihdella laskentamenetelmästä riippuen, joten kaukolämmölle oli sopivaa suorittaa vertailulaskelma myös toista menetelmää käyttäen. Laskelmia varten hankitut kaukolämmön tuotantomuotojen päästökertoimet (taulukko 1, s. 22) ja Abloyn kaukolämmön kulutustiedot tuli muuntaa yhteiseen yksikköön. Wattituntien muuntamiseksi jouleiksi käytettiin muuntokerrointa 3,6.

6 Tulokset ja niiden tulkinta

Tässä kappaleessa esitellään hiilijalanjälkilaskennan tulokset. Sähkön ja kaukolämmön hiilijalanjäljen laskentaan käytettiin vertailun vuoksi useampia eri laskentamenetelmiä. Nämä tulokset on esitelty omina alalukuinaan.

6.1 Abloy Oy:n Joensuun tehtaiden hiilijalanjälki

Abloyn hiilijalanjälkilaskennan tulokseksi saatiin vaihteluväli, johon hiilijalanjälki sijoittuu. Tulokseksi ei saatu tiettyä täsmällistä tulosta, koska Fortumin kaukolämmön päästökerroin vaihtelee. Alla olevassa taulukossa on esitelty Abloyn vuoden 2015 hiilijalanjälki toiminnoittain.

Taulukko 3. Abloyn hiilijalanjälki toiminnoittain 2015

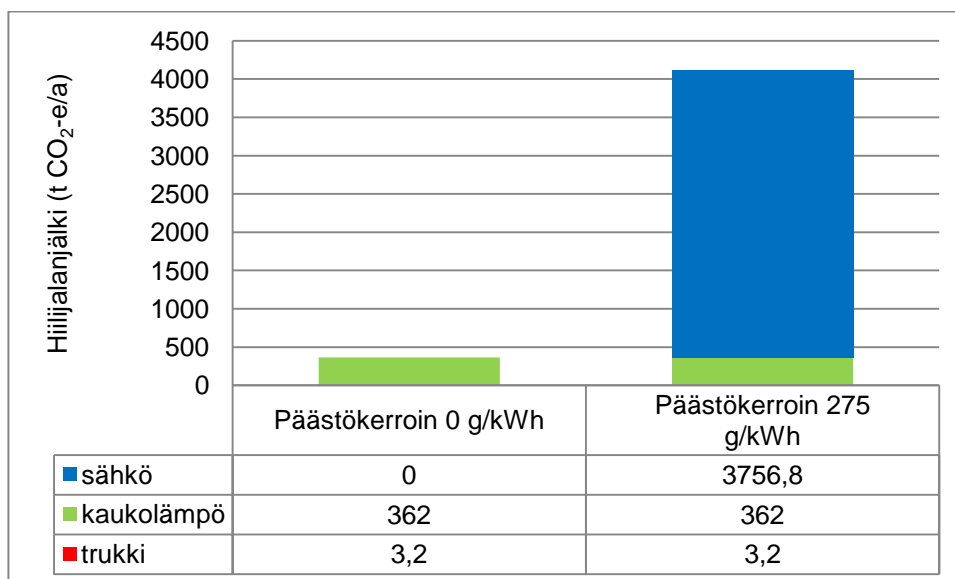
Toiminto	Hiilijalanjälki (t CO ₂ -e/a)
Kaukolämpö	0,0–362,0
Sähkö	0,0
Dieseltrukki	3,2
Yhteensä	3,2–365,2

Abloyn hiilijalanjälki jäi laskennassa suhteellisen pieneksi. Suuruuteen vaikuttaa hyvin merkittävästi se, ettei sähkön kulutuksesta aiheudu VihreäVoima-tuotteen ansiosta ollenkaan päästöjä.

Dieseltrukin aiheuttamat päästöt olivat alhaiset. Abloylla on tehtaillaan käytössä useita trukkeja, mutta kaikki muut trukit ovat sähkökäyttöisiä. Näin ollen niistä ei synny polttoaineen kulutuksesta aiheutuvia päästöjä. Muut trukit saadaan toimimaan hiilineutraalisti, kun tehtaille toimitettu sähkö on tuotettu pelkästään uusiutuvilla energianlähteillä. Myös rajauksella oli vaikutuksia siihen, että polttoainekäyttöisistä ajoneuvoista aiheutuvat päästöt jäivät alhaisiksi. Dieseltrukki oli ainoa ajoneuvo, joka sopi asetettuun rajaukseen. Ajoneuvojen aiheuttamat päästöt olisivat olleet suuremmat, mikäli laskennassa olisi huomioitu myös muita kuljetuksia ja työmatkaliikennettä.

6.2 Sähkön hiilijalanjälki

Opinnäytetyössä tutkittiin myös sähkön päästökertoimen vaikutusta hiilijalanjäljen suuruuteen. Mikäli Abloylla ei olisi käytössään Savon Voiman hiilineutraaliksi sertifioitua sähköä, toimitetun sähkön päästökerroin olisi ollut 275 g CO₂/kWh. Seuraava kuvio esittää sähkön päästökertoimen vaikutuksia hiilijalanjäljen suuruuteen.



Kuvio 2. Sähkön päästökertoimen vaikutukset hiilijalanjälkeen

Päästökertoimen muuttaminen sai hiilijalanjäljen kohoamaan yli kymmenkertaiseksi. Alkuperäisissä laskelmissa hiilijalanjäljen maksimiarvo oli 365,2 t CO₂-e vuodessa, kun taas Savon Voiman normaalilla sähkön päästökertoimella maksimiarvoksi saatiin 4 121 t CO₂-e vuodessa. Savon Voiman myymän sähkön tuottamiseen oli vuonna 2015 käytetty 21,3 % uusiutuvia energialähteitä, 41,6 % turvetta ja fossiilisia polttoaineita ja 37,1 % ydinvoimaa. VihreäVoima-sähkön osalta ylläpidetään tasetta, jonka avulla Savon Voima voi osoittaa asiakkaille hankkineensa uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä vähintään sen verran, kuin Abloy ja muut VihreäVoima-tuotteen kuluttajat sitä käyttävät. (Savon Voima 2016.)

Keskimääräisen suomalaisen sähkön päästökerroin on Tilastokeskuksen tietojen mukaan 209 g CO₂/kWh (Tilastokeskus 2015). Päästökerroin on jonkin verran pienempi kuin Savon Voiman normaalisti toimittaman sähkön päästökerroin.

Keskimääräisellä sähköntuotannon päästökertoimella laskettuna Abloyn sähkönkulutuksen hiilijalanjäljeksi saatiin 2 855 t CO₂-e vuodessa, kun se Savon Voiman päästökertoimella oli 3 756,8 t CO₂-e vuodessa. Käyttäessään Vihreä-Voima-sähköä Abloy on siis pystynyt vuonna 2015 välttämään 3 756,8 t CO₂-e lisäpäästöt.

6.3 Kaukolämmön hiilijalanjälki

Kaukolämmön hiilijalanjälki laskettiin vertailun vuoksi kahdella eri tavalla. Ensimmäinen tulos saatiin Fortumin ilmoittamalla päästökertoimella, jonka laskennassa oli käytetty hyödynjakomenetelmää. Tällöin tulokseksi saatiin 0–362 t CO₂-e vuodessa. Toisessa laskentamenetelmässä ei huomioitu hyödynjakoa, vaan hiilijalanjälki laskettiin kaukolämmön tuotantomuotojen ja niiden osuuksien mukaan. Seuraavassa taulukossa (4) on esitelty kaukolämmön tuottamiseen käytettyjen polttoaineiden jakauma.

Taulukko 4. Kaukolämmön polttoainejakauma

Polttoaine	Osuus tuotannosta (%)
Biopolttoaine	69,4
Raskas polttoöljy	6,6
Turve	24,0

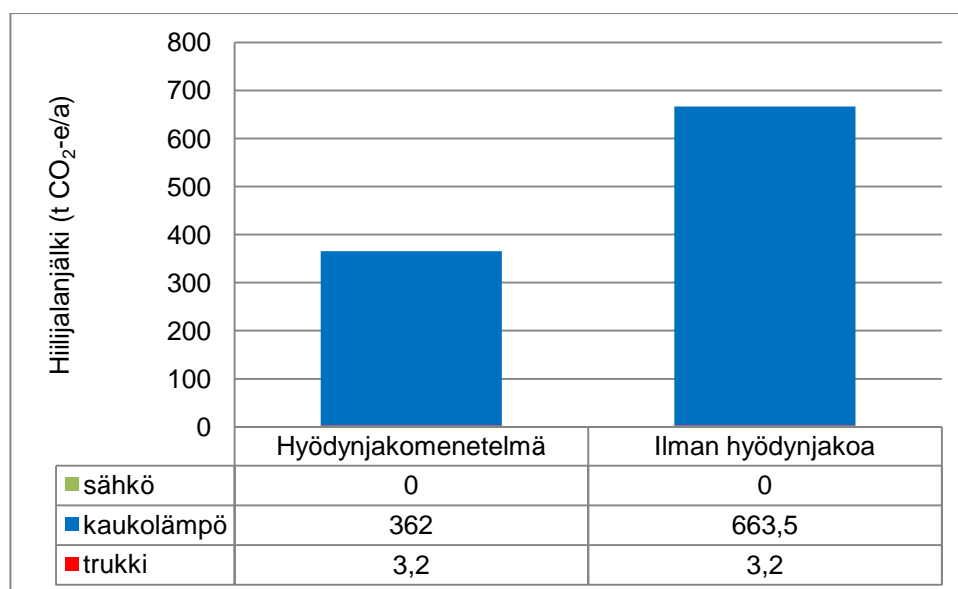
Polttoaineiden ominaispäästökertoimilla saatiin laskettua kaukolämmön aiheuttama hiilijalanjälki ilman hyödynjakoa (taulukko 5).

Taulukko 5. Kaukolämmön hiilijalanjälki ilman hyödynjakomenetelmää

Polttoaine	Hiilijalanjälki (t CO ₂ -e/a)
Biopolttoaine	0,0
Raskas polttoöljy	557,8
Turve	110,4
Yhteensä	668,1

Kaukolämmön päästökerroin ilman hyödynjakomenetelmää saatiin selvitettyä jakamalla polttoainejakauman perusteella saatu hiilijalanjälki Abloyn kuluttaman kaukolämmön määrällä. Tällöin kaukolämmön päästökertoimeksi saatiin 110,7 g CO₂/kWh. Päästökerroin on lähes kaksinkertainen verrattuna Fortumin hyödynjakomenetelmällä laskettuun päästökertoimen maksimiarvoon.

Seuraavassa kuviossa (3) verrattiin Abloyn hiilijalanjäljen suuruutta kaukolämmön hiilijalanjäljen vaihdellessa.



Kuvio 3. Kaukolämmön päästökertoimen vaikutukset hiilijalanjälkeen

7 Pohdinta

Hiilijalanjälkilaskennan avulla saatiin tietoja, joita yritys voi hyödyntää sisäiseen ja tarvittaessa myös ulkoiseen käyttöön. Sisäisessä käytössä Abloy voi hyödyntää tuloksia kasvihuonekaasujen minimoimisessa ja prosessien ympäristötehokkuuden parantamisessa. Abloy voi ottaa laskennan tulokset huomioon myös jo olemassa olevassa yrityksen ympäristöjärjestelmässä. Ulkoisessa käytössä hiilijalanjälkeä voi hyödyntää, kun Abloy tiedottaa kuluttajille ja sidosryhmille yrityksen ympäristöystävällisyydestä. Hiilijalanjäljestä on apua vertailtaessa Abloyta muihin alalla toimiviin yrityksiin.

Abloylla oli tarkoituksena pohtia mahdollisuutta hakea sertifikaattia hiilineutraalista toiminnasta. Tässä opinnäytetyössä toteutetut laskelmat tulisi kuitenkin varmentaa sertifiointia varten toisen osapuolen toimesta. Opinnäytetyöhön valittu rajaus kattoi vain merkittävimmät päästöt, joten laskennan ulkopuolelle jäi toiminnasta aiheutuvia epäsuoria päästöjä. Tulevaisuudessa tai mahdollisesti jo sertifiointivaiheessa voi olla tarpeen määrittää myös tämän laskennan ulkopuolelle jääneet kasvihuonekaasupäästöt.

Hiilijalanjälkilaskenta auttoi tunnistamaan ja paikantamaan Abloyn toiminnasta syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Kasvihuonekaasupäästöjen tunnistaminen ja paikantaminen helpottavat kohdistamaan toimenpiteitä syntyvien päästöjen vähentämiseksi. On myös mahdollista, että päästöjen vähentämisen ohella pystytään tunnistamaan toimintoja, joissa on potentiaalia saada aikaan taloudellisia säästöjä. Joitakin toimintoja voi olla mahdollista muunnella siten, että lisätään toiminnon ympäristöystävällisyyttä, ja samalla yritys säästää rahaa.

7.1 Tulosten tarkastelu

Hiilijalanjälkilaskennan tulos Abloyn Joensuun tehtaille oli melko pieni, vaikka kyseessä on suuren kokoluokan yritys. Laskennasta ei myöskään saatu vakiota tulosta, vaan Abloyn hiilijalanjälki vaihtelee. Vaihtelu johtuu siitä, että myös kaukolämmön aiheuttamat päästöt, ja näin ollen myös sen päästökerroin, vaihtelee.

Kaukolämmön hiilijalanjäljen suuruuteen vaikuttavat useat eri asiat. Laskentamenetelmiä kaukolämmön hiilijalanjäljelle on useita, joten myös tulokset voivat vaihdella. Tämän opinnäytetyön varsinaisessa hiilijalanjätkilaskennassa käytettiin Fortumin ilmoittamaa päästökerrointa. Kertoimen käyttäminen mahdollistaa mm. hiilijalanjäljen vertailun eri organisaatioiden välillä, kun laskennan perusteet ovat olleet samat. Vertailulaskelmien avulla haluttiin selvittää, millaisia eroja laskentamenetelmän valinnalla voi syntyä.

Abloy on jo tehnyt ympäristön kannalta hyvän valinnan valitessaan päästöttömän uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön. Savon Voiman VihreäVoima-tuotteen päästöt ovat helposti todennettavissa, koska tuotettu sähköenergia on sertifioitua. Sähkön tuotantoon on tälle tuotteelle käytetty vain uusiutuville energialähteillä tuotettua alkuperätakuilla varmennettua sähköä. Päästötöntä sähköenergiaa käyttämällä Abloy on pystynyt säästämään useita tuhansia tonneja kasvihuonekaasupäästöjä vuonna 2015.

Oli odotettavissa, että Abloyn hiilijalanjätkilaskennan tulos jää melko pieneksi. Tämä johtui siitä, että tarkasteltavana ei ollut kovinkaan montaa kohdetta, joista kasvihuonekaasupäästöjä syntyisi. Hiilijalanjälkeä pienensi entisestään se, että yksi suurimmista mahdollisista päästöjen aiheuttajista oli Abloyn toiminnassa päästötön. Mikäli sähköenergia ei olisi tuotettu uusiutuvalla energialla, olisi Abloyn hiilijalanjälki täysin eri suuruusluokkaa. Hyödynjakomenetelmän käyttäminen ja uusiutuvan energian suosiminen pienentävät myös kaukolämmöstä aiheutuvaa hiilijalanjälkeä merkittävästi.

7.2 Tutkimuksen luotettavuus

Hiilijalanjätkilaskennassa käytetyt laskentakaavat ovat itsessään suhteellisen yksinkertaisia kertolaskuja. Laskentakaavoissa virhemahdollisuudet pysyvät suhteellisen pieninä, koska laskennassa käytettiin lähinnä vain yhtä kaavaa, jossa toimintotieto kerrottiin päästökertoimella. Laskennassa täytyi kuitenkin varmistaa, että käytettyjen arvojen yksiköt muunnettiin tarvittaessa oikein ja yhtäläiseen muotoon. Väärien arvojen käyttämisellä voi olla merkittäviä vaikutuksia hiilijalanjäljen suuruuteen ja siksi on tärkeää varmistaa, että käytetään oikeita arvoja oikealta ajanjaksolta.

Väärien arvojen käyttäminen laskennassa voi vaikuttaa hiilijalanjäljen suuruuteen positiivisesti tai negatiivisesti. Myös standardien tarjoamat sovellusmahdollisuudet voivat vaikuttaa tulosten suuruuteen ja vertailtavuuteen. Tässä laskelmassa saatu hiilijalanjälki on suuntaa antava, mutta se antaa selkeän kuvan siitä, millä tasolla Abloyn kasvihuonekaasupäästöt liikkuvat ja mistä lähteistä ne muodostuvat. Tulosten luotettavuutta ja vertailukelpoisuutta saataisiin lisättyä, jos Abloy toteuttaisi laskentaa vuosittain ja varmentaisi tulokset toisella osapuolella.

Abloyn hiilijalanjälkilaskennassa tuli luottaa sidosryhmiltä saatuun tietoon ja osittain myös keskimääräiseen saatavilla olevaan tietoon. Sekä Fortumin että Savon Voiman päästökertoimet saatiin suoraan yritysten edustajilta. Fortumin päästökerroin ilmaisi keskimääräistä kasvihuonekaasupäästöjen vaihteluväliä. Savon Voiman sähkölle on kuitenkin tarvittaessa saatavilla alkuperätakuutodistukset.

Sähkön markkinoiminen uusiutuvalla energialla tai tehokkaalla yhteistuotannolla tuotettuna energiana on mahdollista vain, jos sille on myönnetty alkuperätakuu. Alkuperätakuut toimivat sertifikaatteina, joiden avulla on mahdollista varmentaa sähkön alkuperä. Varmentaminen suoritetaan peruuttamalla uusiutuvilla energialähteillä tuotettuna markkinoidun sähkön määrää vastaava määrä alkuperätakuita. Suomessa alkuperätakuita myöntää Finextra Oy. Finextran alkuperätakuurekisteristä jokainen alkuperätakuu on jäljitettävissä tuotantolähteeseen ja tuotannon ajankohtaan. Rekisterinpidon valvonnasta vastaa Energiavirasto. Alkuperätakuita myönnetään tuotantojaksoille, jotka ovat yleisesti yhden kuukauden jaksoja. Jaksoja on mahdollista myöntää myös kolmen tai kuuden kuukauden jaksoissa. (Fingrid Oyj.)

Dieseltrukin osalta ei ollut käytettävissä mallille ominaista päästökerrointa, vaan laskennassa käytettiin keskimääräistä kerrointa. Abloylla käytössä oleva trukki on teholtaan 60 kW, mutta laskennassa käytettiin 33 kW:n trukin päästökerrointa. Seuraava olemassa oleva päästötieto löytyi 88 kW:n trukista, mutta ero sen ja 33 kW:n trukin välillä oli erittäin pieni. Tehokkaamman trukin päästöt olivat litraa kohden vain 2 g suuremmat, joten laskentaan valittiin pienemmän tehon

omaava trukki. Laskennasta tekisi luotettavamman se, että trukille selvitetäisiin mallikohtainen ominaispäästökerroin litraa kohden.

7.3 Toimenpide-ehdotukset ja hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma

PAS 2060 -standardin mukaiseen hiilijalanjäljen hallintasuunnitelmaan kirjataan toimenpiteitä, joita kokonaisuuden tulee tehdä saavuttaakseen hiilineutraalin tason. Suunnitelmaan laaditaan myös aikataulu, jonka mukaisesti tavoite halutaan saavuttaa. Tämän opinnäytetyön puitteissa laadittiin alustava hiilijalanjäljen hallintasuunnitelma, johon on kerätty mahdollisia toimenpiteitä hiilijalanjäljen pienentämiseksi. Suurin osa toimenpiteistä kohdistuu kaukolämpöön ja siitä aiheutuvaan hiilijalanjälkeen.

7.3.1 Sähkö

Sähkönkulutuksen osalta ei ole välttämätöntä tehdä erityisiä toimenpiteitä hiilijalanjälkeen liittyen. Uusiutuvalla energialla tuotetun VihreäVoima-sähkön käyttäminen Abloyn tehtailla takaa sen, että kulutettu sähkö ei kasvata toiminnan hiilijalanjälkeä. Sähkön päästöttömyys on tarvittaessa todennettavissa Savon Voiman alkuperätakuutodistusten avulla. Abloy toteuttaa sähkön osalta energiänsäästötoimenpiteitä, joista voi syntyä taloudellista hyötyä. Toimenpiteissä huomio keskittyy esimerkiksi valaistukseen, koneiden tyhjäkäyntiin, paineilma-voitojen poistamisen systematiikkaan ja yleisesti teknologian uudistamiseen. (Koponen ym. 2015.)

7.3.2 Dieseltrukki

Dieselkäyttöinen trukki aiheutti vuonna 2015 päästöjä 3,2 t CO₂-e. Trukin hiilijalanjäljen pienentäminen on mahdollista toteuttaa useilla eri toimenpiteillä. Yksi vaihtoehto on vaihtaa trukki sähkökäyttöiseksi, kuten muut Abloyn käytössä olevat trukit. Tällöin trukin käytöstä ei aiheutuisi hiilidioksidipäästöjä. Se kuitenkin vastaavasti lisäisi sähkönkulutusta, mikä nostaisi sähkön kustannuksia.

Toinen vaihtoehto on vaihtaa polttoaineeksi ympäristöystävällisempi vaihtoehto kuten biometaani tai vety. Biometaani on jalostettu biokaasusta ja se ei poltet-

tuna lisää nettohiilidioksidipäästöjä. Trukkien osalta biometaanin vastaa käytössä normaalia maakaasua. (Aalto 2011.) Vedyn käyttäminen trukin polttoaineena on uudempaa teknologiaa. Ensimmäinen vetytrukki otettiin Suomessa käyttöön vuonna 2015. (Oy Woikoski Ab 2015.) Näiden vaihtoehtojen toimivuutta todennäköisesti hankaloittaisi polttoaineiden saatavuus.

7.3.3 Kaukolämpö

Kaukolämmön hiilijalanjäljen pienentäminen vaatii eniten toimenpiteitä. Hiilijalanjälki vaihteli vuonna 2015 välillä 0–362 t CO₂-e. Päästöjen merkittävän vaihtelun takia on suositeltavaa suunnitella päästövähennystoimenpiteitä hiilijalanjäljen maksimiarvon mukaisesti. Tällöin Abloy pystyy varmistamaan, että toimenpiteitä on joka tapauksessa toteutettu riittävässä määrin. On mahdollista, että Fortumin ilmoittama kaukolämmön päästökerroin tarkentuu tulevaisuudessa, mikä helpottaa vaadittavien päästövähennystoimenpiteiden suunnittelua.

Abloy on vuoden 2015 kohdekatselmuksessaan määritellyt energiansäästötoimenpiteitä, joilla tulisi olemaan vaikutusta myös kaukolämmön kulutukseen ja näin ollen myös kaukolämmön aiheuttamaan hiilijalanjälkeen. Mikäli Abloy toteuttaa kaikki kohdekatselmuksessa luetellut toimenpiteet, hiilijalanjälki pienenee 191–194 t CO₂-e/a. Joensuun päätehtaalla on osittain toteutettu paineilmapressorin lämmön talteenotto. Uuden lämmönsiirtimen avulla lämpöenergiaa saadaan kerättyä talteen noin 220 MWh vuodessa. Jos järjestelmään hankitaan myös lisälämmönsiirrin, lämpöenergiaa saadaan kerättyä noin 265 MWh vuodessa. Muutosten odotetaan tuottavan vuodessa 11 460–13 845 euron kokonaissäästöt. (Varis 2015b, 20–21.) Hiilijalanjäljen osalta säästöjä syntyisi 13,2–15,9 t CO₂-e/a.

Abloylla on Joensuun tehtaallaan niin sanottu maisemakonttori, jonka 92 entistä ikkunaa ovat kaksilasiset. Maisemakonttorissa on käynnissä projekti, jossa ikkunat vaihdetaan uusiin lämmitysenergiaa säästäviin kolmikerrosikkunoihin. Vanhojen ikkunoiden lämpöhäviö oli 149,60 MWh, kun se uusilla ikkunoilla on 30,35 MWh. Ikkunoiden vaihdolla saadaan vuodessa aikaan noin 6320 euron säästöt kaukolämmön ostossa (Varis 2015b, 21.) ja 7,2 t CO₂-e/a säästöt hiilijalanjäljessä.

Yksi merkittävimmistä suunnitteilla olevista toimenpiteistä on lämmön talteenotto tehtaan poistoilmasta. Lämpö olisi tarkoitus ottaa talteen tehdashallin katolla sijaitsevasta poistoputken poistoilmasta. Lämmön talteenottojärjestelmällä tulisi olemaan suuri vaikutus kulutetun kaukolämmön määrään ja hiilijalanjäljen suuruuteen. Energiansäästöä syntyisi kaukolämmönosalta 2 850 MWh vuodessa, mikä on reilu kolmannes tehtaiden kokonaiskulutuksesta. Toimenpiteen toteutuksella saataisiin aikaan myös merkittävät 151 000 euron kokonaissäästöt vuodessa. (Varis 2015b, 20.) Hiilijalanjäljen osalta säästöjä syntyisi 171 t CO₂-e/a.

Lämmön talteenotto on mahdollista toteuttaa myös pintakäsittelyn alaiden poistoilmasta. Tällä hetkellä pintakäsittelylaitoksen tuloilma lämmitetään kaukolämmöllä. Lämmön talteenoton tehostamisella pystytään säästämään lämmittämiseen kuluva kaukolämpöä ja pienentämään lämmityskustannuksia. Abloyn tulee toteuttaa lisäselvityksiä muodostuvien säästöjen määrittämiseksi. (Varis 2015b, 21.)

Täysin uutena toimenpide-ehdotuksena on aurinkokeräinjärjestelmän hyödyntäminen lämpimän käyttöveden tuotannossa. Järjestelmällä saadaan korvattua kaukolämmön energiankulutusta ja aikaansaadaan hiilidioksidipäästöjen vähentymistä. Auringosta saatavaa lämpöenergiaa voidaan hyödyntää myös tehdasrakennuksen lämmitykseen, jos lämmitys tapahtuu vesikiertoisella järjestelmällä. Aurinkolämpöjärjestelmä vaatii ison alkuinvestoinnin, minkä jälkeen on kuitenkin mahdollista hyödyntää päästötöntä energiaa ilman polttoainekustannuksia. Mitoitus- ja kannattavuuslaskelmat olisi hyödyllistä pyytää Abloyn kohteelle useammalta eri toimittajalta.

Abloyn tehtailla suurin kaukolämmön ja lämpimän käyttöveden tarve on talvisin. Suomen olosuhteissa aurinkoenergian hyödyntäminen on kuitenkin tehokkainta vain kesäkuukausina, jolloin aurinkolämpöä voitaisiin Abloylla käyttää lämpimän käyttöveden lämmitykseen. Kaukolämmön hinta Abloyn suorittamissa kannattavuuslaskelmissa on ollut 53 €/MWh (Varis 2015b). Suurissa 100–1 000 keräin-neliön järjestelmissä aurinkolämmöllä tuotantohinta vaihtelee 28–44 €/MWh vä-

lillä. Tuotantohintojen esimerkeissä ei ole huomioitu korkoja ja tukia. (Auvinen 2016.)

Aurinkolämpöjärjestelmän mitoitusesimerkki laadittiin GetSolar-ohjelmistolla. Lämpimän käyttöveden vuorokausikulutuksen arvona jouduttiin käyttämään 6 200 litraa Abloyn 6 800 litran kulutuksen sijasta. Tuloksista saatiin kuitenkin suuntaa antava esimerkki tämän kokoluokan järjestelmästä. Kesäaikaisen lämpimän käyttöveden kulutuksen kattamiseksi tarvittaisiin pinta-alaltaan 254,2 m² kokoinen järjestelmä. Järjestelmällä pystyttäisiin tuottamaan vuodessa 76,2 MWh lämmitysenergiaa, jolloin kateaste olisi 56,4 % lämpimän käyttöveden kulutuksesta. Aurinkolämpöjärjestelmän voi toteuttaa yhdellä tai useammalla käyttövesivaraajalla, joiden yhteistilavuuden tulisi olla 12 600 litraa. Hiilidioksidipäästöjä syntyisi vuoden aikana 7,9 t CO₂-e vähemmän, jos aurinkolämmöllä korvattaisiin kaukolämpöä. Aurinkolämpöjärjestelmällä saataisiin katettua vain hyvin pieni osa Abloyn kaukolämmön kokonaiskulutuksesta. Järjestelmän hyödyt jäävät melko pieniksi suhteessa sen vaatimiin investointeihin.

7.3.4 Kompensointi

Päästövähennystoimenpiteiden jälkeen jäljelle jäävän hiilijalanjäljen pienentämiseen voidaan käyttää kompensointia eli hyvittämistä. Kompensoinnin voi toteuttaa joko EU:n päästökaupalla tai yksityisille ihmisille ja yrityksille tarkoitetulla vapaaehtoisella päästökaupalla. EU:n päästökauppajärjestelmän on tarkoitus toimia siten, että päästökaupassa mukana olevien toimialojen päästöt pysyvät ennalta määritellyn kokonaispäästömäärän rajoissa. Suomessa Energiavirasto myöntää päästöluvat sekä valvoo niiden noudattamista. Päästöoikeuden hinta liikkuu tällä hetkellä noin viidessä eurossa hiilidioksiditonnilta. Alhainen hinta ei välttämättä kannusta yrityksiä tekemään suuria investointeja päästövähennystoimenpiteisiin. (Ollikainen 2015.) EU:n päästökaupan nykyisillä hinnoilla Abloyn koko hiilijalanjäljen kompensointi vaatisi noin 2 000 euron suuruisen päästöoikeuksien hankinnan.

Vapaaehtoisessa päästökaupassa Abloyn päästöjen kompensointi tapahtuisi ostamalla kaupallisia päästövähennyksiä vapaaehtoisilta päästökauppamarkkinoilta. Ideana on maksaa omia päästöjä vastaava summa kompensointia hoita-

valle yritykselle, joka välittää rahoituksen päästöjä vähentäviin projekteihin toisaalla. Projekteja toteutetaan usein kehittyvissä maissa, joissa ei ole määrättyjä päästövähennystavoitteita. Mahdollisia projekteja ovat esimerkiksi uusiutuvan energian lisäämiseen tai energiatehokkuuden parantamiseen keskittyvät hankkeet.

Vapaaehtoista päästökompensointia myyvät useat yritykset. Suomalainen päästöjen kompensointia tarjoava yritys on Nordic Offset Oy (myöhemmin Nordic Offset), jonka toteuttamat päästövähennykset ovat Gold Standard -sertifioituja. Vapaaehtoisten päästöoikeuksien hinta voi vaihdella hyvinkin paljon. Lopullinen hinta sisältää myös välittäjänä toimivan yrityksen kulut ja katteet.

Tällä hetkellä Nordic Offset tarjoaa kompensointiprojektia Ugandasta. Projektissa parannetaan energiatehokkuutta tarjoamalla Ugandan asukkaille kehittyneempiä puuhelloja. Samalla pystytään vähentämään metsien tuhoutumista, kun uudet tehokkaammat hellat kuluttavat vähemmän biomassaa polttoaineena. Jokaisen uuden hellan odotetaan välttävän 2,8 t CO₂-päästöt. Vuoden aikana projektin odotetaan vähentävän päästöjä yhteensä 450 000 t CO₂-e. (Nordic Offset 2017.)

Nordic Offsetin kompensaation hinta riippuu ostettavien päästöoikeuksien määrästä. Mikäli Abloy kompensoi yhden vuoden hiilidioksidipäästöt kerrallaan, tulisi päästöoikeuden hinnaksi 10,50 euroa hiilidioksiditonnilta. Abloyn hiilijalanjäljen kompensoiminen yhdeltä vuodelta tulisi tällöin kustantamaan noin 4 200 euroa. Hankkimalla kerralla yli 1 000 tonnin hiilidioksidikompensaatiot useammalle vuodelle, päästöoikeuden hinnaksi tulisi 9,50 euroa hiilidioksiditonnilta. Yhden vuoden päästöoikeuksille saataisiin silloin hinnaksi 3 800 euroa. Hinnoissa ei ole vielä huomioitu arvonlisäveron vaikutusta. (Saijonmaa, M. 2017.)

Lähteet

- Aalto, M. 2011. Biokaasu liikennepolttoaineena. BioG: Biokaasun tuotannon lii-
ketoimintamallien kehittäminen Pohjois-Pohjanmaalla.
- AEA. 2012. Guidelines to Defra / DECC's GHG Conversion Factors for Compa-
ny Reporting, 2.
- Ahola, K. & Seppälä, J. 2014. Osa 1: Hiilineutraalisuus käsitteenä. Teoksessa
Seppälä, J. (toim.) Suomen ilmastopaneeli. Kohti hiilineutraalia yh-
teiskuntaa, 8–30.
- Ahonen, T. 2016. VS: Abloyn hiilijalanjälki - kaukolämmön CO₂-kerroin. Lau-
ra.M.Saarelainen@edu.karelia.fi. 18.10.2016.
- Anttalainen, J. 2016. Vihreän Sähkön päästökerroin Abloyn hiilijalanjälkilasken-
taan. Laura.M.Saarelainen@edu.karelia.fi. 18.10.2016.
- Anttalainen, J. 2017. Vihreän sähkön päästökerroin Abloyn hiilijalanjälkilasken-
taan. Laura.M.Saarelainen@edu.karelia.fi. 22.2.2017.
- Auvinen, K. 2016. FinSolar: Aurinkolämpöjärjestelmien hintatasot ja kannatta-
vuus.
[http://www.finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-
hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/](http://www.finsolar.net/kannattavuus/aurinkolampojarjestelmien-hintatasot-ja-kannattavuus-suomessa/). 21.2.2017.
- Berninger, K. 2012. Hiilineutraali Suomi. Helsinki: Gaudeamus.
- Brander, M. 2012. Greenhouse gases, CO₂, CO₂e, and Carbon: What do all
these terms mean, 2–3.
- Bruce, T., Pasanen, P. & Sipari, A. 2013. Kaukolämmön CO₂-päästöjen lasken-
tamenetelmät päätöksenteon työkaluina, 23–24.
- Ekholm, T., Lindroos, T. & Savolainen, I. 2012. Common metrics: lämpenemi-
seen vaikuttavien päästöjen suhteellinen painotus ilmastopolitiikas-
sa. Espoo: VTT.
- Fingrid Oyj. Alkuperätakuujärjestelmä.
<http://www.fingrid.fi/fi/asiakkaat/Alkuperatakuu/Sivut/default.aspx>.
22.2.2017.
- Guide to PAS 2050. 2011. How to carbon footprint your products, identify hot-
spots and reduce emissions in your supply chain. Lontoo: The British
Standards Institution.
- Konttiokorpi, A. 2011. Energia- ja ilmastotoimenpiteiden käynnistäminen pk-
yrityksissä, 34.
- Koponen, A. & Varis, A. 2015. Ympäristöasioiden vuosiraportti 2015. Abloy Oy
Joensuun tehdas.
- Mertanen, M. 2016. Abloyn polttoainekäyttöisen trukin kulutustiedot hiilijalanjäl-
kilaskentaa varten. Laura.M.Saarelainen@edu.karelia.fi.
18.10.2016.
- Mykkänen, P. 2016. EU julkaisi päästöesityksensä: Suomelle erittäin kovat ta-
voitteet – vain kahdelta maalta odotetaan suurempia leikkauksia.
Helsingin Sanomat. [http://www.hs.fi/talous/art-
200002911821.html](http://www.hs.fi/talous/art-200002911821.html). 20.7.2016.
- Nordic Offset. 2017. Uganda-GS VER -kompensointiprojekti.
- Ollikainen, M. 2015. 10 vuotta EU:n päästökauppaa: kokemuksia ja luotausta
tulevaan.
- Oy Woikoski Ab. 2015. Euroopan ensiesittely: Toyotan vetytrukki tositoimissa.
[http://www.woikoski.fi/fi/articles/euroopan-ensiesittely-toyotan-
vetytrukki-tositoimissa](http://www.woikoski.fi/fi/articles/euroopan-ensiesittely-toyotan-vetytrukki-tositoimissa). 21.2.2017.

- PAS 2060. 2014. Specification for the demonstration of carbon neutrality. Lontoo: The British Standards Institution.
- Pohjola, T. 2011. Maanrakennusyrityksen ekotehokkuus strategian kulmakivenä. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä. Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus, 332.
- Rinne, P. 2011. Gaian näkökulma: Ilmastonmuutoksen hillintä kannattaa. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä. Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus, 315.
- Rohweder, L. & Virtanen, A. 2011. Yritykset ja ilmastomyönteinen toiminta. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä. Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus, 296–302.
- Ruosteenoja, K. 2014. Ilmatieteenlaitos. Ilmastonmuutos v. 2013: Luonnontieteellinen perusta. Yhteenveto päätöksentekijöille suomeksi, 4–26.
- Saijonmaa, M. 2017. Nordic Offset päästökompensointiprojektit. Laura.M.Saarelainen@edu.karelia.fi. 23.2.2017.
- Savon Voima Oyj. 2016. VihreäVoima on maailman paras. 10/2016.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy. 2012. Työkoneiden keskimääräinen päästö polttoainelitraa kohden Suomessa vuonna 2011. http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/muut/tyokoneet/diesel_a_k.htm. 25.10.2016.
- The Carbon Trust. 2007. Carbon footprinting. An introduction for organisations, 2–5.
- Tilastokeskus. 2015. Energia ja päästöt. Sähkön ja lämmön tuotannon CO₂-päästöt. http://pxweb2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2015/html/suom0011.htm. 12.1.2017.
- Tilastokeskus. 2016. Polttoaineluokitus 2016. http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html. 12.1.2017.
- Työ- ja elinkeinoministeriö. 2017. Taustaraportti kansalliselle energia- ja ilmastostrategialle vuoteen 2030.
- Varis, A. 2015a. Abloy Oy Energiakatselmus.
- Varis, A. 2015b. Abloy Oy Kohdekatselmus.
- Virtanen, A. 2011. Ilmasto- ja energiapoliittiset tavoitteet Suomessa, Euroopan unionissa ja globaalisti. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä. Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus, 43–57.
- Virtanen, A. 2011. Mitä ilmastonmuutos merkitsee ja mitä tulisi tehdä. Teoksessa Rohweder, L. & Virtanen, A. (toim.) Ilmastonmuutos käytännössä. Hillinnän ja sopeutumisen keinoja. Helsinki: Gaudeamus, 21–29.