
KAUKOLÄMMÖN HIILIJALANJÄLKI



Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Visamäki, 7.5.2010

Antti Hieta



Ympäristötekniikan koulutusohjelma
Hämeenlinna

Työn nimi Kaukolämmön hiilijalanjälki

Tekijä Antti Hieta

Ohjaava opettaja Ari Vänskä

Hyväksytty _____._____.20____

Hyväksyjä

VISAMÄKI

Ympäristötekniikan koulutusohjelma

Ympäristöjohtamisen suuntautumisvaihtoehto

Tekijä	Antti Hieta	Vuosi 2010
Työn nimi	Kaukolämmön hiilijalanjälki	

TIIVISTELMÄ

Hiilijalanjälki on entistä enemmän nyky-yhteiskunnassa käytetty termi, jolla kuvataan jonkin tuotteen tai palvelun ilmastolle aiheuttamaa kuormitusta. Yritykselle on tärkeää tietää oman tuotteen ilmastokuormituksen suuruus ja mahdolliset vähennyskohteet. Tämän työn aihe on laadittu ja rajattu yhdessä Vattenfall Lämmön asiakas- ja ympäristöosaajien kanssa, jotta työn tulokset olisivat yrityksen hyödynnettävissä.

Työn päätavoitteena oli tunnistaa kaukolämmön elinkaaren eri vaiheissa syntyvät päästöt ilmaan ja laskea Vattenfall Lämmön omistamien viiden kaukolämpöverkon hiilijalanjälki. Saatuja tuloksia voidaan hyödyntää yrityksen ilmastokuormituksen vähentämisessä sekä asiakkaiden tiedon lisäämisessä omien lämmitysratkaisujensa ilmastokuormituksesta.

Työn suorittamiseen käytettiin Greenhouse Gas Protocol Initiativen laatimaa standardia, jonka avulla suoritettiin työn rajaus, inventaarion laadinta, tulosten kirjaaminen ja analysointi. Apuna oli myös ISO 14040 -standardi, joka käsittelee elinkaariarvioinnin periaatteita ja pääpiirteitä. Työn aineisto kerättiin prosessikohtaisesti eri lähteistä.

Merkittävin osa kaukolämmön hiilijalanjälkeä on tuotannon polttoaineiden poltosta syntyvät kasvihuonekaasut. Lisäksi päästöjä syntyy biopolttoaineiden valmistuksesta ja varastoinnista, kuljetuksista, maakaasun siirrosta, tuotantoautojen ajosta, sähkönkulutuksesta ja hallinnosta. Merkittävä epävarmuustekijä laskennoissa on varastoitujen biopolttoainekasojen anaerobisesta käymisestä syntyvät kasvihuonekaasut. Kaukolämmön ilmasto- muutosvaikutusta pystytään helpoimmin pienentämään käyttämällä enemmän biopolttoaineita. Samalla tulee kuitenkin kiinnittää huomiota biopolttoaineen varastointiin, jotta se ei lisää hiilijalanjälkeä. Myös verkostohäviötä pienentämällä saadaan myydyn lämmön hiilikuormaa pienemmäksi. Hallinnon osalta tulee kiinnittää huomiota energiatehokkuuteen ja lentomat kustamisen tehostamiseen.

Avainsanat hiilijalanjälki, kaukolämmitys, ilmastovaikutukset, elinkaarianalyysi

Sivut 72 s. + liitteet 22 s.

VISAMÄKI

Environmental technology

Author

Antti Hieta

Year 2010

Subject of Bachelor's thesis Carbon footprint of district heating

ABSTRACT

Carbon footprint is a modern term, which describes how big an impact a product or service has on the climate. It is important for companies to recognize the climate impact of their products and find possible reduction opportunities. The subject of this thesis was drafted in co-operation with Vattenfall Heat Finland to identify greenhouse gas sources from their operations and to increase customers' awareness of the impact of their heating choices.

The main objective of the thesis was to identify the different emissions of district heating to the air during the whole life cycle and to calculate the carbon footprint of Vattenfall Heat Finland's chosen heating networks. The results of this thesis can be used to decrease the company's impact on climate and to increase customer awareness.

The main tool used to achieve the objects was the standard from Greenhouse Gas Protocol Initiative. This standard was used to outline the subject, carry out the greenhouse gas inventory, to document the results and to analyze the documentation. Another standard used was SFS-EN ISO14040, which deals with the life cycle assessment principles and main features. Data was collected process-specifically from different sources.

The most significant part of the carbon footprint of district heating is the greenhouse gases from fuels used for heat production. Other emission sources are biofuel production and storage, transportation, transfer losses from natural gas usage, car usage in production, electricity consumption and management. Emissions from anaerobic decomposition of stored biofuels are one big uncertainty factor in carbon footprint calculation. The best way to reduce the carbon footprint of district heating is to use more biofuels in production. At the same time, too long storing times of biofuels should be avoided to prevent emissions. Another way to reduce the carbon load is to decrease network losses. In regard to administration, the carbon load can be minimized by paying attention to energy efficiency and air traveling.

Keywords carbon footprint, district heating, climate impact, life cycle assessment

Pages 72 p. + appendices 22 p.

MÄÄRITELMIÄ

Biopolttoaine

Biopolttoaineella tarkoitetaan eloperäistä hiilipitoista ainetta eli biomassaa, jota käytetään energian tuottamiseen. Tällaisia polttoaineita ovat muun muassa puu ja puuhake, puujäte sekä metsäteollisuuden sivutuotteet. (Hellgren, Heikkinen, Suomalainen & Kala 1999, 30.) Biopolttoaineet ovat uusiutuvia, ja niitä pidetään hiilidioksidineutraaleina polttoaineina. Tämä johtuu siitä, että kasvaessaan ne sitovat itseensä saman määrän hiilidioksidia, kuin mitä niiden poltossa vapautuu.

CH₄ Metaani, jonka kemiallinen merkki on CH₄, on väritön ja hajuton kaasu, jota käytetään myös polttoaineena. Tämä fossiiliseksi polttoaineeksi luokiteltava hiilivety kuuluu kolmen merkittävimmän kasvihuonekaasun joukkoon. Metaanin ilmastoa lämmittävä vaikutus on 25 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi (Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. & Miller, H.L. 2007).

CHP Yhdistetty sähkön- ja lämmöntuotanto (Combined heat and power) CHP -tuotannossa kattilassa tuotettu höyry johdetaan turbiiniin, joka pyörittää generaattoria ja tuottaa sähköä. Turbiinilta höyry johdetaan kaukolämpövaihtimille, joissa höyryn lämpöenergia siirretään kaukolämpöverkoston veteen. Tällaisen laitoksen hyötysuhde on hyvä verrattuna lauhdevoimalaitokseen, koska lämpöenergia hyödynnetään tehokkaammin. (Hellgren ym. 1999, 73.)

CO Hiilimonoksidi eli häkä
Energiateollisuudessa epätäydellisestä palamisesta syntyvä kaasu, joka hapettuessaan ilmakehässä muodostaa hiilidioksidia ja toimii näin välillisesti kasvihuonekaasuna (Päästötietojen tuottamismenetelmät - Energian tuotanto 2005).

CO₂ Hiilidioksidi
Yleisin ihmisen toiminnasta aiheutuva kasvihuonekaasu, joka kuuluu YK:n ilmastopöytäkirjan mukaisesti raportoitaviin kasvihuonekaasuihin (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009). Hiilidioksidi osallistuu merkittävästi kasvihuoneilmiön muodostumiseen, koska auringosta tuleva näkyvä valo pääsee kulkemaan hiilidioksidin läpi, mutta maasta tuleva infrapunasäteily taas absorboituu siihen.

Ei Kioto -kaasut

Kioto sopimuksessa tarkkailtavaksi ja raportoitavaksi velvoitettuja kaasuja ovat hiilidioksidi [CO₂], metaani [CH₄], dityppioksiduuli [N₂O], fluorihiilivedyt [HFC], perfluorihiilivedyt [PFC] ja rikkiheksafluoridi [SF₆] (Kyoto Protocol Reference Manual on accounting of emissions and assigned amount n.d.). Termillä ei Kioto -kaasut viitataan muihin kuin näihin kaasuihin.

EU Euroopan Unioni
EU on taloudellinen ja poliittinen 27 demokraattisen Euroopan valtion yhteistyökumppanuus.

Fossiilinen polttoaine

Fossiilisiksi polttoaineiksi kutsutaan polttoaineita, jotka ovat syntyneet miljoonien vuosien aikana kerrostuneista kasvi- ja eläinjäänteistä. Tällaisia polttoaineita ovat muun muassa kivishiili, öljy ja maakaasu. Koska tällaisten polttoaineiden uusiutumismopeus on erittäin hidas, luokitellaan fossiiliset polttoaineet uusiutumattomiksi. Valtaosa maailman energiataloudesta pohjautuu fossiilisiin polttoaineisiin. (Hellgren ym. 1999, 15–21.)

GHG Protocol

Greenhouse Gas Protocol Initiative on useiden eri tahojen perustama ja tukema kasvihuonekaasupäästöjen raportoimiseen keskittynyt säätiö. (Katsoluku 2.3.3.)

GWP Global Warming Potential
GWP -kerroin kuvaa kunkin kasvihuonekaasun kykyä vaikuttaa ilmastomuutokseen verrattuna hiilidioksidikaasuun (Solomon ym. 2007).

HFC -yhdisteet

Fluorihilivedyt, eli vetyä, fluoria ja/tai hiiltä sisältävät yhdisteet, jotka kuuluvat YK:n ilmastopimuksen ja Kioton pöytäkirjan mukaisesti raportoitaviin kasvihuonekaasuihin (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009). Näillä yhdisteillä on suuria GWP -kertoimia ja osa HFC -yhdisteistä vaikuttavat myös otsonikerroksen ohenemiseen (Solomon ym. 2007, 947).

ISO International Organization for Standardization, on 159 kansallisen standardointijärjestön maailmanliitto.

Kasvihuonekaasu

Kasvihuonekaasut ovat kaasuja, jotka aiheuttavat ilmakehässä ilmaston lämpenemistä eli voimistavat niin sanottua kasvihuoneilmiötä. Yleisesti tunnetut kasvihuonekaasut on lueteltu taulukossa 1.

Kioton sopimus

YK:n ilmastopimuksen UNFCC:n (United Nations Framework on Climate Change) alainen sitä täsmentävä pöytäkirja, joka on laadittu ilmastopimuksen ylimmän päättävän elimen COP:n (Conference of the Parties) kokouksessa Kiotossa Japanissa 1997. Kioton pöytäkirjassa mainitaan kehittyneiden maiden kasvihuonekaasujen vähennysveloitteet ja kunkin maan maakohtaiset veloitteet. (Kioton pöytäkirja n.d.)

Leijupetipoltto

Polttotekniikka, jossa palamistilaan syötetään ilmaa hiekkapedin läpi. Tällöin hiekka alkaa joko kuplia tai leijua. Riippuen käytetystä tekniikasta hiekka joko laskeutuu takaisin palamistilassa tai se otetaan talteen palo-kaasuista syklonin avulla. Leijupetipoltto mahdollistaa polttoaineen ja ilman hyvän sekoittumisen ja muodostaa näin ollen tasaiset palamisolosuhteet. (Koskenkorva 2008)

LIPASTO Suomen liikenteen päästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, joka on VTT:n toteuttama. Laskentajärjestelmä löytyy verkosta osoitteesta <http://lipasto.vtt.fi/>.

NO_x Typen oksidit, eli NO ja NO₂, ovat kaasuja, jotka edistävät maaperän happamoitumista, koska niistä muodostuu ilmakehässä typpihappoa. Yhdessä hiilivetyradikaalien kanssa typen oksidit osallistuvat myös maanpinnan otsonin muodostumiseen. Energiantuotannossa typen oksideja syntyy poltettaessa tyyppiä sisältäviä polttoaineita. (Päästötietojen tuottamismenetelmät - Energiantuotanto 2005.)

N₂O Dityppioksidi eli ilokaasu

298 kertaa (Solomon ym. 2007) hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu, joka kuuluu YK:n ilmastopöytäkirjan mukaisesti raportoitaviin kasvihuonekaasuihin (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009). Ilmatieteenlaitoksen mukaan ilokaasua syntyy lähinnä maa- ja metsätalouden prosesseista.

PFC -yhdisteet

Perfluorihiilivedyt ovat teflonin kaltaisia fluorattuja hiilivetyjä, jotka ovat YK:n ilmastopöytäkirjan mukaisesti raportoitavia kasvihuonekaasuja (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009). Tällaisia yhdisteitä syntyy ja käytetään muun muassa alumiinin ja magnesiumin valmistuksessa ja sähköteollisuudessa (Päästötietojen tuottamismenetelmät. 2005).

PM

Particulate matter

Kirjainyhdistelmällä PM tarkoitetaan ilmansuojelussa hiukkaspäästöjä, joita syntyy energiantuotannossa kiinteiden polttoaineiden poltossa. Alaindeksi kirjainyhdistelmän perässä kuvaa käsiteltävien hiukkasten enimmäiskokoa mikrometreissä. Esimerkiksi PM₁₀ hiukkaset, jotka ovat maksimissaan 10 µm halkaisijaltaan, kulkeutuvat helposti hengitysilman mukana keuhkoihin. Hiukkasten vaarallisuus ihmiselle perustuu niiden mukana kulkeviin epäpuhtauksiin.

Päästökauppa

Päästökaupalla tarkoitetaan mekanismia, missä päästöjä tuottaville laitoksille myönnetään päästöoikeuksia ja nämä oikeudet alittamalla yritys voi myydä päästöoikeuksia luvat ylittäneille laitoksille markkinahintaan. EU:n

vuonna 2005 alkaneella päästökaupalla pyritään seuraamaan EU:n kasvi-
huonekaasupäästöjä sekä saavuttamaan Kioton sopimuksen mukaiset vä-
hennystavoitteet mahdollisimman kustannustehokkaasti. (Yleistä päästö-
kaupasta. n.d.)

SF₆ Rikkiheksafluoridi
Kaikkein voimakkain YK:n ilmastopöytäkirjan ja Kioton pöytäkirjan mu-
kainen raportoitava kasvihuonekaasu (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut.
2009). SF₆ on 22800 kertaa hiilidioksidia voimakkaampi kasvihuonekaasu
taulukon 1 mukaisesti. Kaasua käytetään lähinnä sähkölaitoksissa eriste-
kaasuna (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005).

SNCR ja SCR tekniikka

SNCR (Selective Non-Catalytic Reduction) ja SCR (Selective Catalytic
Reduction)

Ei katalyyttinen tai katalyyttinen typen oksidien selektiivinen pelkistys.
Savukaasun sekaan syötetään ammoniakkia tai ureaa. Ammoniakki reagoi
katalyytin läsnäollessa savukaasun NO_xien kanssa hajottaen ne vedeksi ja
typpikaasuksi. Ilman katalyyttiä tarvitaan huomattavasti korkeampi läm-
pötila, mutta hyväksi voidaan käyttää myös ureaa. (Vesanto 2006, 58.)

SO_x Rikin oksidit SO₂ ja SO₃ ovat typenoksidien tavoin happamoitumista ai-
heuttavia kaasuja, jotka muodostavat veteen liuetessaan rikkihappoa.
Energiantuotannossa rikin oksideja syntyy poltettaessa rikkipitoista poltto-
ainetta. (Päästötietojen tuottamismenetelmät - Energiantuotanto 2005.)

tCO₂-ekv. Hiilidioksidiekvivalenttonni
Yksi tonni kasvihuonekaasuja, jotka on kerrottu GWP -kertoimella. Esi-
merkiksi yksi tonni metaania kerrottuna GWP -kertoimella, joka metaanil-
le on 25 (Solomon ym. 2007), on 25 tCO₂-ekv. Tällöin yksi tonni metaa-
nia vastaa vaikutukseltaan 25 tonnia hiilidioksidia.

UNEP United Nations Environment Program, YK:n alainen ohjelma liittyen ih-
misten asuin- ja elinympäristön ongelmiin, alan kansainvälisen yhteistyön
kehittämiseen sekä maapallon kestäväan kehitykseen.

WMO World Meteorological Organization, Maailman ilmatieteen järjestö.

YK Yhdistyneet kansakunnat, maailmanlaajuinen hallitusten välinen yhteis-
työjärjestö.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	1
1.1	Työn taustat ja tavoitteet	1
1.2	Tutkimusmenetelmät.....	3
1.3	Aiheen rajaus.....	3
2	KIRJALLISUUSTUTKIMUS.....	4
2.1	Kaukolämmön ilmastovaikutukset.....	4
2.2	Elinkaariarviointi.....	5
2.2.1	Elinkaaren käsite	6
2.2.2	Elinkaariajattelun merkitys nyky-yhteiskunnassa.....	6
2.2.3	Elinkaaren arviointimenetelmiä	7
2.3	Hiilijalanjälki.....	7
2.3.1	Käsite.....	7
2.3.2	Hiilijalanjäljen määrityksen ja elinkaariarvioinnin merkitys yritykselle	10
2.3.3	Tunnettuja menetelmiä yritysten ja yhteisöjen hiilijalanjäljen määrittämiseen.....	12
2.3.4	Hiilijalanjälki yksityisille	13
2.4	Samankaltaisia ympäristömittareita	15
2.4.1	Ekologinen jalanjälki	15
2.4.2	Ekologinen selkäreppu	16
2.4.3	MIPS	16
2.4.4	Ympäristömerkit	17
3	KÄYTÄNNÖN TUTKIMUS.....	19
3.1	Tutkimusprosessi.....	19
3.1.1	Peruseriaatteet	19
3.1.2	Rajauksen valinta	20
3.1.3	Kasvihuonekaasupäästöjen laskeminen	23
3.1.4	Muut ilmapäästöt.....	23
3.2	Vattenfall Lämmön toimintojen esittely	25
3.3	Kaukolämmön toimintaperiaate	26
3.3.1	Käytetyt menetelmät tutkimuksen suorittamiseen	26
3.3.2	Päästöjen allokointi sähkön ja lämmön välillä.....	27
3.4	Kaukolämmön elinkaarenaikaiset ilmapäästöt.....	27
3.4.1	Hämeenlinnan verkko	27
3.4.2	Heinolan verkko	31
3.4.3	Palokan verkko.....	33
3.4.4	Vaajakosken verkko	34
3.4.5	Oulaisten verkko	36
3.4.6	Hallinnon ilmapäästöt	38
4	TUTKIMUSTULOKSET.....	41
4.1	Kaukolämmön hiilijalanjälki.....	41
4.1.1	Hämeenlinnan verkko	42
4.1.2	Heinolan verkko	44
4.1.3	Palokan verkko.....	46
4.1.4	Vaajakosken verkko	46

4.1.5	Oulaisten verkko	47
4.1.6	Hallinto.....	49
4.2	Luotettavuuden arviointi	51
4.2.1	Aineisto	51
4.2.2	Metodit	54
4.2.3	Dokumentaatio	54
4.2.4	Prosessi.....	54
5	TULOSTEN TULKINTA	56
5.1	Kaukolämmön hiilijalanjälki.....	56
5.2	Hiilijalanjäljen hyödyntäminen	57
5.3	Kaukolämmön vertaaminen muihin lämmitysmuotoihin.....	58
5.3.1	Energialähteiden ilmastovaikutuksia	62
5.3.2	Mietintä vertailujen vaikeudesta	63
6	JOHTOPÄÄTÖKSET	64
	LÄHTEET	67

Liite 1	Luettelo elinkaariarviointiohjelmista
Liite 2	Vanajan päästöjen allokointi
Liite 3	Jyväskylän Energian päästöjen allokointi
Liite 4	Hämeenlinnan verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 5	Sähkön alkuperä 2008
Liite 6	Vattenfall öljytoimitusten päästöt 2008
Liite 7	Heinolan verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 8	Palokan verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 9	Vaajakosken verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 10	Oulaisten verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 11	Hallinnon prosessikaavio ja inventaariotaulukko
Liite 12	Oulaisten ostolämmön päästöt 2008

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustat ja tavoitteet

Yhdistyneiden kansakuntien (YK) alaisten organisaatioiden WMO:n (Maailman ilmatieteellinen järjestö) ja UNEPin (YK:n ympäristöohjelma) perustama Intergovernmental Panel on Climate Change (myöhemmin IPCC) kokoaa tietoa ilmaston lämpenemisestä. IPCC:n viimeisimmässä arviointiraportissa AR4 vuodelta 2007 todetaan, että ilmaston lämpeneminen on kiistaton tosiasia. Ihmiskunnan toiminnan synnyttämiä kasvihuonekaasuja pidetään hyvin todennäköisenä syynä 1900-luvun puolivälin jälkeiseen maapallon keskilämpötilan nousuun. Nousun seurauksena ihmiskunnalla on odotettavissaan useita elinympäristön muutoksia, kuten merenpinnan nousua, biodiversiteetin muutoksia ja maanviljelyyn soveltuvien alueiden vähentymistä. (IPCC 2007.)

YK:n ilmastosopimus vuodelta 1994 ja sitä tarkentava Kioton pöytäkirja vuodelta 2005 pyrkivät luomaan kansainväliset pelisäännöt ilmastonmuutoksen torjuntaan ja tätä kautta vakiinnuttamaan kasvihuonekaasujen määrän ilmakehässä vaarattomalle tasolle. Suomi on ratifioinut Kioton pöytäkirjan osana EU:ta ja se toteuttaa pöytäkirjan velvoitteita EU:n energia- ja ilmastopaketin kautta. (Ilmastonmuutoksen hillitseminen 2010.) Tämä paketti on laaja lainsäädäntöpaketti, jonka tärkeimmät pyrkimykset ovat vähentää EU:n kasvihuonekaasupäästöjä 20 prosenttia, lisätä energiatehokkuutta 20 prosenttia ja lisätä uusiutuvien energialähteiden käyttöä 20 prosenttia vuoteen 2020 mennessä (Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990–2007, 2009). Suomessa EU:n energia- ja ilmastopaketti on konkretisoitu valtioneuvoston 6.11.2008 hyväksymässä ilmasto- ja energiastrategiassa. Tässä strategiassa pyritään nostamaan uusiutuvan energian osuus 38 prosenttiin ja samalla laskemaan fossiilisten polttoaineiden osuutta. (Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategia 2008.)

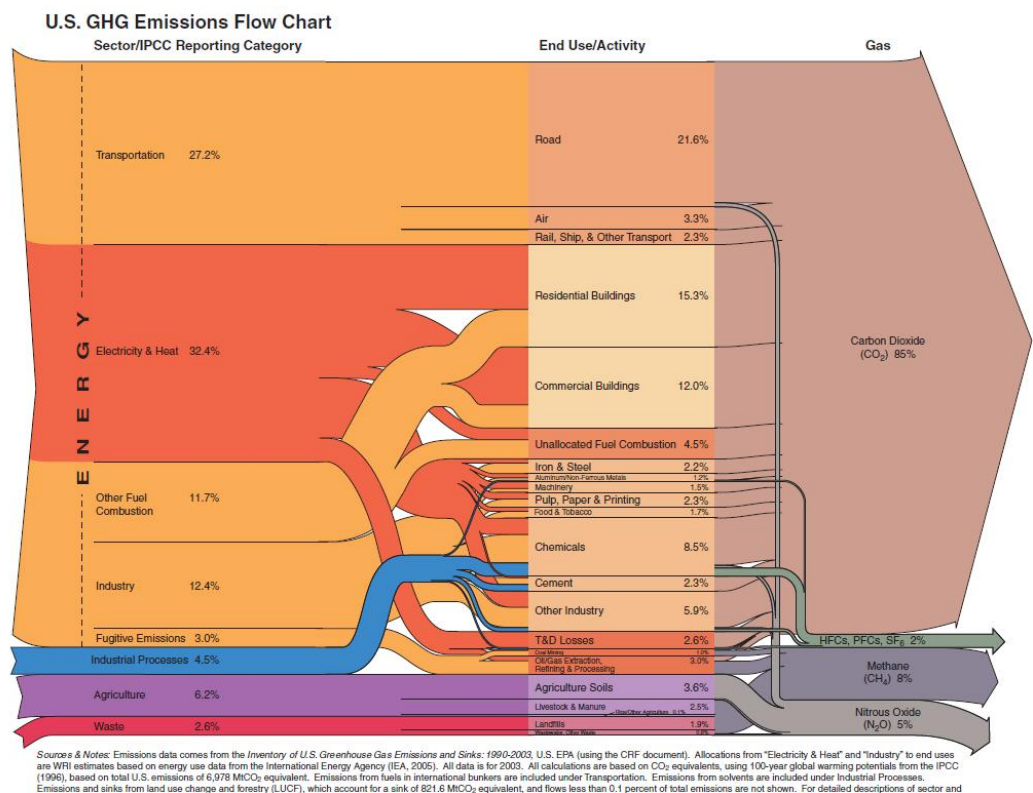
Tilastokeskuksen mukaan (2009) Suomessa energiasektori on ehdottomasti suurin kasvihuonekaasupäästöjen aiheuttaja. Vuonna 2007 Suomen kaikista kasvihuonekaasuista 81 prosenttia syntyi energiasektorin alaisista toiminnoista. Samalla pelkän energiantuotannon osuus kaikista kasvihuonekaasuista oli noin 40 prosenttia. Tämän johdosta onkin luonnollista, että monet kansalliset ja kansainväliset ilmastonmuutoksen ehkäisyn ohjaukset kohdistuvat juuri energiateollisuuteen. Energian tuotannosta syntyvä merkittävin kasvihuonekaasupäästö on hiilidioksidi, mutta tuotantomuodosta ja volyyymista riippuen saattaa syntyä myös metaani- ja dityppioksidipäästöjä.

EU:n päästökaupan ja kansallisten ilmasto- ja energiaohjaukskeinojen johdosta energiateollisuudelle edullisinta on vähentää tuotannossa syntyviä kasvihuonekaasupäästöjä. EU:n päästökaupassa hiilidioksidipäästölle muodostuu hinta. Suomessa Energiamarkkinavirasto antaa päästökaupassa

mukana oleville laitoksille päästöoikeuksia, ja niiden alittaminen antaa laitoksen omistavalle yritykselle mahdollisuuden myydä oikeuksia muille tai säilyttää oikeudet tulevalle vuodelle. Näin ollen päästöjen vähentäminen luo yritykselle selviä säästöjä, kun taas niiden lisääminen kasvattaa kuluja. Elinkaaritarkastelu on yksi apukeino yritykselle löytää helpoimmat tavat vähentää kasvihuonekaasuja ja saavuttaa näin säästöjä.

Tämän työn päätavoite oli tunnistaa kaukolämmön elinkaaren eri vaiheissa syntyvät päästöt ilmaan ja laskea Vattenfall Lämmön omistamien viiden kaukolämpöverkon hiilijalanjälki.

Kasvihuonekaasut ovat kaasuja, jotka aiheuttavat kasvihuoneilmiötä. Ilmatieteenlaitoksen mukaan (Kasvihuonekaasut n.d.) tärkeimpiä kasvihuonekaasuja ilmastonmuutoksen kannalta ovat vesihöyry, hiilidioksidi, metaani, otsoni ja dityppioksidi. Voimakkaita kasvihuonekaasuja ovat myös kloorifluoratut hiilivedyt, fluoriyhdisteet sekä bromiyhdisteet. Eniten ilmastonmuutoksen yhteydessä keskustellaan hiilidioksidipäästöistä. Vaikka hiilidioksidi ei ole voimakkain kasvihuonekaasu, se on merkittävin ihmisen toiminnasta syntyvä ilmapäästö, kuten kuvassa 1 kuvatuista Yhdysvaltojen kasvihuonekaasupäästöistäkin selviää. Koska ihmisen vaikutuksesta syntyy hiilidioksidia paljon suurempia määriä kuin muita kasvihuonekaasuja, on hiilidioksidipäästöihin puuttuminen tehokkainta ja ilmastonmuutoksen torjunnan kannalta tärkeintä.



KUVA 1 Yhdysvaltojen kasvihuonekaasupäästöjen virtauskaavio (U.S. Greenhouse Gas Emissions Flow Chart n.d.).

1.2 Tutkimusmenetelmät

Kirjallisuustutkimus ja tiedonhankinta tehtiin Hämeen ammattikorkeakoulun VANAICAT- kirjastotietokannan ja NELLI -tiedonhakuportaalin kautta löytyneiden tietokantojen ja teosten avulla. Aineistoa kerättiin paljon myös suoraan aiheeseen liittyviltä internet -sivustoilta.

Elinkaariarviointi tehtiin Greenhouse Gas Protocolin Corporate Accounting and Reporting Standardin (2004) avulla. Työssä pyrittiin noudattamaan myös standardin SFS-EN ISO 14040 periaatteita. Tuotteen hiilijalanjälki on kasvihuonekaasuinventaarion pohjalta tehty laskenta kaikkien kasvihuonekaasujen yhteisvaikutuksesta toiminnallista yksikköä kohden.

Tuotteiden hiilijalanjälkien vertailuun ei käytetty mitään tieteellistä metodia luvussa 5.3.2 kerrottujen vertailuun liittyvien ongelmien vuoksi. Mielipiteet eri menetelmien suhteen ovat opinnäytetyöntekijän oman pohdinnan tulos.

Ilmapäästöinventaarion aineisto koottiin Vattenfallin omien päästöraporttien pohjalta. Hiilidioksidin päästöraportointi on akkreditoitua tietoa päästökaupan piiriin kuuluvien laitosten osalta, ja muiden laitosten päästöraportoinnissa on noudatettu laitosten ympäristölupapäätösten ja/tai konsernin päästöseurannan mukaista raportointimenetelmää.

Yrityksen sisäistä tietoa täydennettiin asiantuntijoiden henkilökohtaisilla tiedonannoilla.

1.3 Aiheen rajaus

Tämän työn aihe rajattiin koskemaan Vattenfall Lämmön kaukolämmön ilmapäästöjä ja hiilijalanjälkeä. Työ rajautuu ainoastaan Vattenfall Lämpö Oy:n toimintoihin, koska yleisellä tasolla kaukolämmön hiilijalanjäljen määrittäminen olisi hyvin vaikeaa ja asiakkaiden kannalta merkityksetöntä. Ilmapäästöjen osalta työssä tarkasteltiin pääosin hiilidioksidia, metaania ja dityppioksidia. Lisäksi tietoa kerättiin hiilimonoksidin, typenoksidien, rikkioksidien ja hiukkasten osalta.

Työn tarkempi rajaus perustuu GHG Protocolin antamaan ohjeistukseen GHG Protocol; A Corporate Accounting and Reporting Standard revised edition (myöhemmin GHG standardi). Aiheen rajaus on kuvattu tarkemmin kohdassa 3.1.2.

2 KIRJALLISUUSTUTKIMUS

2.1 Kaukolämmön ilmastovaikutukset

Kaukolämmitystä pidetään yleisesti energiatehokkaana ja ympäristöä vähemmän kuormittavana lämmitysmuotona. Oletukset kaukolämmön energiatehokkuudesta ja ympäristöystävällisyydestä perustuvat monesti kaukolämmön ja sähkön yhteistuotannon (CHP -tuotanto) suureen hyötysuhteeseen. Vaikka tilastokeskuksen (Sähkön ja lämmön tuotanto 2008, 2009) mukaan Suomessa vuonna 2008 tuotetusta kaukolämmöstä 76 prosenttia tuotetaan CHP -laitoksissa, monilla pienillä paikkakunnilla kaukolämpö tehdään edelleen pienemmissä yksittäisissä lämpölaitoksissa. Tilanteen ei oleteta tästä myöskään tulevaisuudessa muuttuvan, koska yhteistuotantolaitokset ovat kannattavia ainoastaan suurilla markkina-alueilla ja tällaiset laitokset on jo pääosin rakennettu (Salokoski & Äijälä 1996, 9).

Kaukolämpöä tuottavien laitosten ympäristökuormittavuuden aste riippuu useista eri tekijöistä, kuten laitoksen polttoainevalinnoista, kattilan kokoluokasta ja puhdistustekniikoista. Jos lämpölaitoksella poltettavalla biopolttoaineella pystytään korvaamaan loppukäyttäjien omissa lämmitysjärjestelmissä mahdollisesti käytettäviä fossiilisia polttoaineita, saadaan keskitetystä lämmöntuotannosta suurin etu. Usein myös isommat kattilakoot tuovat mukanaan tehokkaamman polton ja teknisesti paremmat ratkaisut kuin kotitalouksilla on käytössään. Tällaisissa isommissa laitoksissa on myös ympäristövaatimusten mukaisesti korkeammat piiput, jotka mahdollistavat savukaasujen tehokkaamman sekoittumisen korkeammalla olevan ilmamassan kanssa (Kukko 2008). Tämä vähentää savukaasujen paikallista vaikutusta, vaikka se ei vaikutakaan ilmapäästöjen määrään. Etuna erillisillä lämpölaitoksilla on myös niiden sijainti, joka on tarkkaan harkittu ja kaavoituksen mukainen. Laitokset sijoitetaan usein kaupungin laidolle teollisuusalueille, jolloin niiden häiriö asutukselle jää pieneksi. Tällaiset laitokset ovat myös aina viranomaisen hyväksymiä. Lämpölaitosten ympäristöystävällisyyttä voidaankin pitää tapauskohtaisena asiana.

Tärkeä asia tuotetun kaukolämmön ympäristökuormituksen suuruudessa on myös tuotannossa käytetty polttoaine. Eri polttoaineilla on erilainen lämpöarvo painoarvoa kohden ja niiden palamisesta muodostuu myös eri määriä hiilidioksidikaasua samaa energiayksikköä kohden. Biopolttoaineiden hiilidioksidikuormituksen katsotaan olevan nolla, koska ne uusiutuvat ja uusiutuessaan sitovat vastaavan määrän hiilidioksidia itseensä kuin niiden polttamisessa vapautuu. Fossiilisissa (=uusiutumattomissa) polttoaineissa päästökertoimet taas huomioidaan kokonaisuudessaan. Tilastokeskuksen (2009, 6) mukaan vuonna 2008 kolme suurinta käytettyä polttoainetta Suomessa kaukolämmön ja siihen liittyvän sähkön tuotannossa olivat metsäteollisuuden jäteliemet, maakaasu ja kivihiili, joista maakaasu ja kivihiili ovat fossiilisia polttoaineita. Saman tilaston mukaan samana vuonna puulla tuotettiin vain noin 16 prosenttia lämmöstä.

Polttoaineen ympäristökuormittavuuteen päästökertoimien lisäksi vaikuttaa myös sen alkuperä ja sen tuottamiseen käytetyt menetelmät. Etenkin lähialueelta helposti hankittavaa biopolttoainetta, kuten haketta, käyttävät lämpölaitokset voivat hyödyntää paikallisia toimijoita. Metsä- ja paperiteollisuuden sivuvirtoja, kuten purua ja kuorta, käyttävät laitokset taas ovat kaikille osapuolille edullinen ja järkevä ratkaisu. CHP -laitoksissa usein käytössä oleva leijupetipolttotekniikka mahdollistaa myös laajemman polttoainevalikoiman, jolloin polttoainetta voidaan myös helpommin vaihtaa ympäristöystävällisempään ja/tai taloudellisempaan vaihtoehtoon kuin yksityistalouksissa (Lehtilä, Savolainen, & Tuhkanen 1997).

Kaukolämmön yhteydessä puhutaan usein myös päästöjen helposta puhdistettavuudesta. Monilla laitoksilla savukaasujen puhdistusta ei kuitenkaan ole. Tähän vaikuttavat laitosten pieni koko ja pienet päästömäärät sekä puhdistuslaitteiden kustannukset verrattuna saavutettuihin hyötyihin. Tosin vaikka puhdistuslaitteistoja ei laitoksella olisikaan, on yritys veloitettu lupamenettelyjen kautta seuraamaan yli 5MW laitoksilla toimintansa päästöjä ja pitämään ne sovitulla tasolla. Tällaista veloitetta ei pienemmillä laitoksilla, kuten yksityisten omistamilla laitoksilla, useinkaan ole. Päästöjen hallintaa monissa isommissa yrityksissä ohjaa myös usein standardoitu ympäristöjohtamisjärjestelmä. Tällaisissa yrityksissä on usein myös ympäristöasioista erikseen vastaava työntekijä. Isompien yritysten toiminnan turvaamiseen liittyy myös huolehtiminen sosiaalisista vastuukysymyksistä sekä brändistä, mikä tarkoittaa myös ympäristökysymysten tarkempaa huomioimista toiminnassa.

2.2 Elinkaariarviointi

Tutkittaessa tuotetta tai palvelua sen valmistamisesta käytön kautta aina loppukäsittelyyn puhutaan elinkaariarvioinnista. Tällaisten tutkimusten aikaisimmat kehitysvaiheet ovat 1960-luvun alusta. Yhdysvalloissa tehtiin 1960- ja 1970-lukujen vaihteessa energia-analyysien pohjalta elinkaarianalyyssejä, mistä menetelmä levisi melko nopeasti myös Eurooppaan. Alussa monet elinkaaritutkimukset keskittyivät nimenomaan pakkauksiin ja myöhemminkin vuonna 1985 Euroopassa annettu juomapakkausdirektiivi antoi uutta pontta tämänkaltaisille tutkimuksille. Tämän seurauksena elinkaaritutkimus pääsi yleistymään ja käytetyt menetelmät yhtenäistymään. (Loikkanen, Mälkki, Virtanen, Katajajuuri, Seppälä, Leivonen & Reinikainen 1999, 15–16.)

Nykyään elinkaariarviointi on yksi yrityksen tai yhteisön ympäristöhallinnan menetelmistä, jolla voidaan tutkia ja ymmärtää tuotteen ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia. Arvioinnissa tutkitaan kulloisenkin tuotteen tai palvelun ympäristönäkökohtia ja niistä aiheutuvia ympäristövaikutuksia aina raaka-aineen hankinnasta tuotannon ja käytön kautta jätteenkäsittelyyn ja loppusijoitukseen, niin sanotusti 'kehdestä hautaan'. Elinkaariarviointi kohdennetaan aina vastaamaan kulloisenkin arvioinnin tavoitteita, joten usein erilaisten elinkaariarviointien keskinäinen vertailu suoraan keskenään voi olla hankalaa. (SFS-EN ISO 14040 2006.)

2.2.1 Elinkaaren käsite

Standardin SFS ISO 14040 mukaan tuotteen elinkaari on ”tuotejärjestelmän peräkkäiset tai vuorovaikuttavat vaiheet raaka-aineiden hankinnasta tai tuottamisesta luonnonvaroista loppusijoitukseen”. Hyvään elinkaariajatteluun kuuluu ottaa huomioon kaikki tuotteen vaiheista syntyvät välittömät ja välilliset päästölähteet (Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit 2008, 14). Elinkaariajattelussa ei yleensä huomioida sosiaalisia tai eettisiä näkökulmia, jolloin arvioinnin tuloksista voidaan tulkita ainoastaan tuotteen ympäristölle aiheuttamia vaikutuksia (Pohjoismainen ympäristömerkintä: Ympäristöfilosofia 2006, 20).

2.2.2 Elinkaariajattelun merkitys nyky-yhteiskunnassa

Tuotteen ympäristövaikutuksiin keskittyvä elinkaariajattelu on pitkälle vietyyn ympäristöajatteluun pohjautuva lähestymistapa. Etenkin yrityksille kokonaisten tuotantoprosessien tunnistaminen ja käsitteleminen antavat helpomman lähtökohdan niiden hallinnoimiseen ja parantamiseen. Tämän johdosta elinkaariajattelusta on tullut yrityksille entistä tärkeämpi työväline. Yksityisten ihmisten valvutuneisuus ympäristöasioissa on taas tuonut mukanaan tarpeen yrityksille ja yhteisöille kertoa tuotteiden ympäristövaikutuksista entistä seikkaperäisemmin.

Ympäristönsuojelua on lähdetty kehittämään alun perin sektorikohtaisen ajattelun tavoin, jolloin eri ympäristönhallinnan osa-alueille on kehitetty oma lainsäädäntönsä (vesilaki, jätelaki, ilmansuojelulaki, jne.). Nyky-yhteiskunnassa, missä eri valtioiden välinen yhteistyökin on merkittävämpää kuin aikaisemmin, on ympäristöasioita ruvettu käsittelemään laajempaan kokonaisuutena. Tämä ympäristöasioiden kokonaisvaltainen hallinta näkyy yhä useammassa yrityksessäkin elinkaariajattelun käyttämisenä yhtenä yrityksen ympäristönsuojelun työkaluna. (Loikkanen ym. 1999.) Myös EU-komissio on tukenut elinkaariarviointiin tarvittavien työvälineiden ja tietopankkien kehitystyötä, jotta yrityksillä olisi paremmat mahdollisuudet elinkaariajattelun lisäämiselle toiminnassaan (Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit 2008).

Ympäristönsuojelu on alkuajoista kehittynyt myös enemmän itseohjautuvaan suuntaan. Yritykset ja yksityiset ovat lisänneet oma-aloitteisuuttaan ympäristöasioiden huomioimisessa. Monet yritykset ovat ymmärtäneet ympäristöasiat yhtenä toiminnan reunaehtona, ja samalla kuluttajat ovat alkaneet suosia ympäristön kannalta parempia valintoja. Tämä on tuonut mukanaan myös useita ympäristömerkkejä, joilla kuluttajan valintoja pyritään helpottamaan. (Loikkanen ym. 1999.) Tällaisen itseohjautuvuuden ongelmaksi on kuitenkin noussut se, että monet ympäristöasioista kertovat mittarit eivät ole saaneet yhteisesti hyväksyttyä standardointia. Tämän seurauksena useilla eri tahoilla on samankaltaisia, mutta keskenään kuitenkin vaikeasti vertailtavia menetelmiä esittää tuotteensa tai palvelunsa ympäristövaikutuksia.

Loikkasen ym. (1999) mukaan elinkaariarviointi on yksi yrityksen ympäristöhallintaa ja -johtamista tukeva työkalu, ja se yhdistyy hyvin yritysten ympäristöjärjestelmiin sekä toiminnan ympäristöraportointiin. Työkalujen avulla yritys voi hankkia tietoa oman ympäristötyönsä pohjaksi ja saavuttaa tätä kautta oman toimintansa ympäristötavoitteita. Elinkaariarviointi toimii työkaluna myös ympäristöhallinnon, kuluttajajärjestöjen ja muiden intressiryhmien tiedonhankinnassa sekä tarvittaessa päästökaupan apuvälineenä.

2.2.3 Elinkaaren arviointimenetelmiä

Elinkaaren arviointiin on olemassa useita erilaisia ja eritasoisia menetelmiä. SETAC EUROPE:n elinkaariarvioinnin työryhmä (Christiansen 1997) on määritellyt elinkaariarvioinnille kolme tasoa: elinkaariajattelun, yksinkertaistetun elinkaariarvioinnin ja yksityiskohtaisen elinkaariarvioinnin tason. Kullekin tasolle on olemassa omat käyttökohteensa riippuen tutkittavasta asiasta. Samoin eri menetelmiä on kehitetty eri tavoitteisiin sopivaksi. (Loikkanen ym. 1999, 17.)

Suomen standardoimisliiton SFS ry:n SFS-EN ISO 14000 ympäristöstandardisarja käsittelee ympäristöasioiden hallintaa. Maailmanlaajuisesti käytössä oleva standardisarja antaa työkaluja ympäristöjärjestelmän ylläpitämiseen monelta eri näkökannalta. Yksi osa ISO 14000 sarjaa on standardit 14040 ja 14044, jotka käsittelevät elinkaariarvioinnin periaatteita, pääpiirteitä, vaatimuksia ja suuntaviivoja. (ISO 14000 esite n.d.) Nämä standardit eivät suoraan kerro, miten elinkaariarviointi tehdään, koska arvioinnin toteutus riippuu täysin työn tavoitteista.

Helpoimmin elinkaariarvioinnin saa tehtyä valmiiden ohjelmistojen avulla. Euroopan komission DG Joint Research Centre - Institute for Environment and Sustainability on listannut yleisimpiä elinkaariarvioinnissa käytettävistä ohjelmistoista (List of tools 2009), jotka on esitetty liitteessä 1. Cooperin ja Favan (2006) tekemän tutkimuksen mukaan näistä yleisimmin käytössä olevia ohjelmia ovat PE Interantional GmbH:n GaBi -ohjelmisto sekä PRÉ Consultants B.V:n SimaPro- ohjelmisto. Molemmat näistä ohjelmista sisältävät muun muassa seuraavat työkalut: elinkaaren hallinta (LCM), arviointi (LCA), inventaario (LCI), tuotevastuu (Product stewardship), hankintaketjun hallinta (Supply chain management), vaikutusten arviointi (LCIA) sekä kestävä kehityksen arviointi (LCS).

2.3 Hiilijalanjälki

2.3.1 Käsite

Hiilijalanjäljellä kuvataan kulloisenkin tuotteen tai palvelun aiheuttamaa kuormitusta ilmastolle. Käsitteenä termi hiilijalanjälki on melko uusi, ja sen merkitys eri yhteyksissä käytettynä saattaa olla vielä nykyään hiukan kirjavaa. Usein hiilijalanjälki sekoitetaan muihin ympäristökuormitusta

kuvaaviin termeihin ja suureisiin, kuten ekologinen jalanjälki, ekologinen selkäreppu, kasvihuonekaasupäästö, ilmastomuutosvaikutukset tai ilmastovaikutukset.

Henkilön, yrityksen, tuotteen tai toiminnon aiheuttamien suorien ja epäsuorien kasvihuonekaasujen summaa kutsutaan hiilijalanjäljeksi. Mitä suurempi hiilijalanjälki on, sitä enemmän tarkastellusta asiasta syntyy kasvihuonekaasuja. Hiilijalanjälki ei siis varsinaisesti kuvaa maapinta-alaa vaikka puhutaankin jalanjäljestä. Termi kuvaakin enemmän yrityksen toiminnan tai tuotteen ilmastokuormitusta.

Hiilijalanjäljen laskennassa pyritään selvittämään tuotteen kaikki kasvihuonekaasupäästöt ja kunkin päästön määrä muunnetaan kertoimien avulla vertailukelpoiseksi hiilidioksidiekvivalenttiyksiköiksi [kg/CO₂-ekv]. Hiilidioksidiekvivalentti [CO₂-ekv.] tarkoittaa sitä määrää CO₂ -päästöjä, jotka aiheuttaisivat saman säteilypakotteen kuin hiilidioksidi tai muiden kasvihuonekaasujen päästöt kerrottuna kunkin kaasun Global Warming Potential -kertoimella (Solomon ym. 2007, 945). Tällä tavoin saadaan suhteutettua kaikkien kasvihuonekaasujen määrä hiilidioksidipäästöjen kanssa. Ekvivalenttiarvo saadaan kertomalla todettu päästö GWP -kertoimella, joka kuvaa kunkin kasvihuonekaasupäästön vaikutuksen suuruutta ilmastonmuutokseen. IPCC (Solomon ym. 2007) on julkaissut GWP -kertoimien suuruudet ja ne ovat osa uusinta neljättä IPCC:n julkaisemaa arviointiraporttia. Kertoimet on esitetty taulukossa 1. Kertoimet muuttuvat aja myötä, koska niiden vaikutus on riippuvainen ilmakehässä jo olevien kasvihuonekaasujen konsentraatiosta (Emission Factors Guide 2007, 54), joka muuttuu jatkuvasti. Aikaisemmissa IPCC:n raporteissa on julkaistu erilaisia kertoimia, joita tarkennetaan aina seuraavissa raporteissa. Raportit antavat myös erilaiset kertoimet riippuen tarkasteltavan ajanjakson pituudesta. Tämä johtuu eri kasvihuonekaasujen eripituisista elinkaarista ilmakehässä, jolloin lyhyemmällä ajanjaksolla kaasujen vaikutus on erilainen kuin pitkällä ajanjaksolla. Yleisimmin on käytetty 100 vuoden aikajaksolle annettuja GWP -kertoimia.

TAULUKKO 1 Kasvihuonekaasujen eliniät, säteilypakotteet ja suorat GWP -kertoimet verrattuna hiilidioksiidiin. (Solomon ym. 2007, 212–213)

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	Global Warming Potential for Given Time Horizon			
				SAR ^a (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO ₂	See below ^a	^b 1.4x10 ⁻⁶	1	1	1	1
Methane ^c	CH ₄	12 ^c	3.7x10 ⁻⁴	21	72	25	7.6
Nitrous oxide	N ₂ O	114	3.03x10 ⁻⁸	310	289	298	153
Substances controlled by the Montreal Protocol							
CFC-11	CCl ₃ F	45	0.25	3,800	6,730	4,750	1,620
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	0.32	8,100	11,000	10,900	5,200
CFC-13	CClF ₃	640	0.25		10,800	14,400	16,400
CFC-113	CCl ₂ FCClF ₂	85	0.3	4,800	6,540	6,130	2,700
CFC-114	CClF ₂ CClF ₂	300	0.31		8,040	10,000	8,730
CFC-115	CClF ₂ CF ₃	1,700	0.18		5,310	7,370	9,990
Halon-1301	CBrF ₃	65	0.32	5,400	8,480	7,140	2,760
Halon-1211	CBrClF ₂	16	0.3		4,750	1,890	575
Halon-2402	CBrF ₂ CBrF ₂	20	0.33		3,680	1,640	503
Carbon tetrachloride	CCl ₄	26	0.13	1,400	2,700	1,400	435
Methyl bromide	CH ₃ Br	0.7	0.01		17	5	1
Methyl chloroform	CH ₃ CCl ₃	5	0.06		506	146	45
HCFC-22	CHClF ₂	12	0.2	1,500	5,160	1,810	549
HCFC-123	CHCl ₂ CF ₃	1.3	0.14	90	273	77	24
HCFC-124	CHClFCF ₃	5.8	0.22	470	2,070	609	185
HCFC-141b	CH ₂ CCl ₂ F	9.3	0.14		2,250	725	220
HCFC-142b	CH ₂ CClF ₂	17.9	0.2	1,800	5,490	2,310	705
HCFC-225ca	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃	1.9	0.2		429	122	37
HCFC-225cb	CHClFCF ₂ CClF ₂	5.8	0.32		2,030	595	181
Hydrofluorocarbons							
HFC-23	CHF ₃	270	0.19	11,700	12,000	14,800	12,200
HFC-32	CH ₂ F ₂	4.9	0.11	650	2,330	675	205
HFC-125	CHF ₂ CF ₃	29	0.23	2,800	6,350	3,500	1,100
HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	14	0.16	1,300	3,830	1,430	435
HFC-143a	CH ₃ CF ₃	52	0.13	3,800	5,890	4,470	1,590
HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	1.4	0.09	140	437	124	38
HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	34.2	0.26	2,900	5,310	3,220	1,040
HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	240	0.28	6,300	8,100	9,810	7,660
HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	7.6	0.28		3,380	1030	314
HFC-365mfc	CH ₃ CF ₂ CH ₂ CF ₃	8.6	0.21		2,520	794	241
HFC-43-10mee	CF ₃ CHFCFCF ₂ CF ₃	15.9	0.4	1,300	4,140	1,640	500
Perfluorinated compounds							
Sulphur hexafluoride	SF ₆	3,200	0.52	23,900	16,300	22,800	32,600
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	0.21		12,300	17,200	20,700
PFC-14	CF ₄	50,000	0.10	6,500	5,210	7,390	11,200
PFC-116	C ₂ F ₆	10,000	0.26	9,200	8,630	12,200	18,200

Industrial Designation or Common Name (years)	Chemical Formula	Lifetime (years)	Radiative Efficiency (W m ⁻² ppb ⁻¹)	Global Warming Potential for Given Time Horizon				
				SAR ^a (100-yr)	20-yr	100-yr	500-yr	
Perfluorinated compounds (continued)								
PFC-218	C ₃ F ₈	2,600	0.26	7,000	6,310	8,830	12,500	
PFC-318	c-C ₄ F ₈	3,200	0.32	8,700	7,310	10,300	14,700	
PFC-3-1-10	C ₄ F ₁₀	2,600	0.33	7,000	6,330	8,860	12,500	
PFC-4-1-12	C ₅ F ₁₂	4,100	0.41		6,510	9,160	13,300	
PFC-5-1-14	C ₆ F ₁₄	3,200	0.49	7,400	6,600	9,300	13,300	
PFC-9-1-18	C ₁₀ F ₁₈	>1,000 ^d	0.56		>5,500	>7,500	>9,500	
trifluoromethyl sulphur pentafluoride	SF ₅ CF ₃	800	0.57		13,200	17,700	21,200	
Fluorinated ethers								
HFE-125	CHF ₂ OCF ₃	136	0.44		13,800	14,900	8,490	
HFE-134	CHF ₂ OCHF ₂	26	0.45		12,200	6,320	1,960	
HFE-143a	CH ₃ OCF ₃	4.3	0.27		2,630	756	230	
HCFE-235da2	CHF ₂ OCHClCF ₃	2.6	0.38		1,230	350	106	
HFE-245cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂	5.1	0.32		2,440	708	215	
HFE-245fa2	CHF ₂ OCH ₂ CF ₃	4.9	0.31		2,280	659	200	
HFE-254cb2	CH ₃ OCF ₂ CHF ₂	2.6	0.28		1,260	359	109	
HFE-347mcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CF ₃	5.2	0.34		1,980	575	175	
HFE-347pcf2	CHF ₂ CF ₂ OCH ₂ CF ₃	7.1	0.25		1,900	580	175	
HFE-356pcc3	CH ₃ OCF ₂ CF ₂ CHF ₂	0.33	0.93		386	110	33	
HFE-449sl (HFE-7100)	C ₄ F ₉ OCH ₃	3.8	0.31		1,040	297	90	
HFE-569sf2 (HFE-7200)	C ₄ F ₉ OCH ₂ H ₅	0.77	0.3		207	59	18	
HFE-43-10pccc124 (H-Galden 1040x)	CHF ₂ OCF ₂ OC ₂ F ₄ OCHF ₂	6.3	1.37		6,320	1,870	569	
HFE-236ca12 (HG-10)	CHF ₂ OCF ₂ OCHF ₂	12.1	0.66		8,000	2,800	860	
HFE-338pcc13 (HG-01)	CHF ₂ OCF ₂ CF ₂ OCHF ₂	6.2	0.87		5,100	1,500	460	
Perfluoropolyethers								
PFPME	CF ₃ OCF(CF ₃)CF ₂ OCF ₂ OCF ₃	800	0.65		7,620	10,300	12,400	
Hydrocarbons and other compounds – Direct Effects								
Dimethylether	CH ₃ OCH ₃	0.015	0.02			1	1	<<1
Methylene chloride	CH ₂ Cl ₂	0.38	0.03			31	8.7	2.7
Methyl chloride	CH ₃ Cl	1.0	0.01			45	13	4

2.3.2 Hiilijalanjäljen määrittämisen ja elinkaariarvioinnin merkitys yritykselle

Ilmastonmuutos on ollut viime vuosina kuuma aihe päätöksentekoelemisissä. Ilmaston lämpeneminen ja yleinen ympäristötietoisuuden lisääntyminen on lisännyt paineita säätää lakeja ja rajoittaa yritysten ympäristövaikutuksia erilaisin ohjauskeinoin. Myös osakkeenomistajat sekä yhteistyökumppanit ovat alkaneet arvostaa niin sanottuja vihreitä arvoja yrityksen toiminnassa. Nyky-yhteiskunnassa yrityksen pitkäjänteisen toiminnan edellytyksenä onkin tunnistaa ja hallita oman toimintansa ympäristövaikutukset mahdollisimman hyvin (A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised edition 2004).

Aikaisemmin kuvattujen käsitteiden mukaisesti elinkaariarviointi on monipuolisempi ja moniulotteisempi menetelmä tuotteen kaikkien ympäristövaikutusten tutkimiseen, kun taas hiilijalanjäljen määrittämisellä pyritään selvittämään vain tuotteen ilmastovaikutuksia. Molemmissa menetelmissä suoritetaan inventaario, joka hiilijalanjäljen osalta keskittyy pelkästään kasvihuonekaasuihin, kun taas elinkaariarvioinnin inventaario ottaa huomioon kaikki päästöt. Tästä huolimatta elinkaariarvioinnin inventaario soveltuu yhtä hyvin yrityksen hiilidioksidipäästölähteiden tunnistamiseen ja

yritys voi hyödyntää tuloksia mahdollisten vähennyskohteiden etsimisessä. (SFS-EN ISO 14040 2006.)

Elinkaariarvioinnin avulla yritys voi tunnistaa toimintansa hiilidioksidipäästölähteet ja mahdollisesti pienentää niitä (SFS-EN ISO 14040 2006). Kasvihuonekaasuinventaarior, joka on osa elinkaariarviointia, palvelee yritystä useissa eri tavoitteissa. Greenhouse Gas Protocolin Corporate Accounting and Reporting Standardin (2004) mukaisesti kasvihuonekaasuinventariolla voidaan palvella ainakin seuraavia tavoitteita:

- Tehdyn tutkimuksen avulla yritys voi hallinnoida kasvihuonekaasuihin liittyviä riskejä ja tunnistaa vähennyspotentiaalin sekä kustannustehokkaimmat tavat toteuttaa ne.
- Analyysin pohjalta voidaan myös osallistua vapaaehtoiseihin projekteihin kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi ja tuottaa aineistoa yhteiskunnallista raportointia ajatellen, tai ympäristömerkkien vaatimusten todentamista varten.
- Inventaarioanalyysin tuloksista saadaan tuotettua aineistoa myös yritykseltä vaadittuihin pakollisiin raportointeihin ja voidaan osallistua sisäisille ja ulkoisille kasvihuonekaasumarkkinoille.
- Analyysi tukee myös yrityksen ympäristöimagoa tehtäessä ennakoivaa vapaaehtoisesta työtä ympäristövaikutusten tiedostamiseksi ja vähentämiseksi.

Ympäristötietoisten kuluttajien ostopäätöksiin vaikuttaa mielikuva tuotteen ympäristöystävällisyydestä. Yritykselle onkin tärkeää tietää oman tuotteen ympäristökuormituksen aste ja kertoa siitä myös kuluttajille ymmärrettävällä tavalla. Inventaarion pohjalta voidaan antaa kuluttajille tarkkaa tietoa heidän omien valintojensa ympäristövaikutuksista (SFS-EN ISO 14040 2006).

Koska monet ympäristöystävällisyydestä kertovat menetelmät ovat vielä melko uusia, niiden yleinen tunnettavuus ja hyväksyttävyyys voi olla monessa tapauksessa vielä heikko. Tähän liittyen myös menetelmien luotettavuutta ei voida useinkaan pitää riittävän hyvänä, jotta menetelmällä pyritäisiin tavoitteisiin, kuten raportointitiedon hankintaan, päästäisiin. Ympäristövaikutuksia kuvaavien menetelmien kirjossa ei ole vielä saatu tarkennettua kuhunkin tarpeeseen sopivaa menetelmää, vaan hiilijalanjälkilaskennan tekijästä riippuen käytettävä metodi voi olla mikä tahansa parhaiten sopii hänen omiin tavoitteisiinsa. Tästä syystä eri menetelmillä saadut lopputulokset ovat usein keskenään huonosti vertailtavissa, mutta siitä huolimatta tutkimusten pohjalta tehdään karkeita yleistyksiä, jotka kuluttajat voivat ymmärtää absoluuttisina totuuksina.

Elinkaarianalyysi voi olla yritykselle apuväline ympäristöhallinnan toteuttamisessa. Analyysin avulla yritys pystyy valitsemaan ympäristösuorituskyvyn indikaattoreita ja miettimään niihin sopivia mittausmenetelmiä

(SFS-EN ISO 14040 2006). Oikein valittujen mittareiden ja indikaattoreiden avulla taas yrityksen ympäristökuormituksen todentaminen on helppompaa ja toimintaa pystytään ohjaamaan ympäristöä vähemmän kuormittavaan suuntaan. Elinkaarianalyysi toimii siis näin ollen osana jatkuvan parantamisen kehää, jossa suunnittelu, toteutus, tarkastus ja kehittäminen vuorottelevat yhä uudestaan.

Hiilijalanjäljen määrittämisestä ja elinkaariarvioinnista on päästökaupan ja yleisen ilmastotietoisuuden lisääntymisen myötä tullut myös kauppataava-
raa. Useat yritykset ja konsulttitoimistot tarjoavat toisille yrityksille ja myös yksityisille palveluita kasvihuonekaasujen laskennassa, vähentämisessä, kompensoimisessa ja tiedottamisessa sekä monissa muissa ympäristöhallinnan tehtävissä.

2.3.3 Tunnettuja menetelmiä yritysten ja yhteisöjen hiilijalanjäljen määrittämiseen

Koska hiilijalanjäljen määrittämiselle ei ole olemassa mitään kansainvälisesti sovittua standardia, ovat useat eri tahot kehitelleet menetelmiä raportoida tuotteen tai palvelun aiheuttamia kasvihuonekaasupäästöjä.

World Business Council for Sustainable Development (WBCSD) tarjoaa käytännön oppaan (Measuring Eco-Efficiency: A guide to reporting company performance 2000), jonka avulla yritykset saavat apua ekotehokkuusindikaattoreiden valintaan, käyttöön ja raportointiin. Yhtenä osana opasta on myös kasvihuonekaasujen mittaaminen. Opas antaa myös käytännönläheisiä ohjeita mittaustulosten raportoinnin laadintaan.

Yhdysvaltojen viranomaisten Energy Information Administration (EIA) -laitos on tehnyt ohjelman hiilidioksidipäästöjen vapaaehtoiseen raportointiin (US Department of Energy Voluntary Reporting of Greenhouse Gases (1605(b)) Program n.d.). Raportointia varten on olemassa yleiset suuntaviivat ja viranomaisen määrittämät päästökertoimet. EIA on tehnyt myös erilaisia työkaluja päästöraportointia varten, mutta niiden kehitystyö on vielä pääosin käynnissä (vuoden 2009 marraskuun tilanne). Kehitettävät työkalut soveltuvat paremmin Yhdysvaltojen käyttötarkoituksiin, koska käytetyt päästökertoimet ovat erilaiset kuin Euroopan vastaavat.

French Environment & Energy Management Agency (ADEME) on luonut kasvihuonekaasupäästöjen arvioinnille oman työkalunsa ADEME Bilan Carbone. Menetelmä on hyvin verrattavissa Yhdysvaltain vastaavaan menetelmään ja ADEME:n kautta löytyy hyvinkin tarkkoja päästökertoimia erilaisille päästölähteille. Kasvihuonekaasuinventaarion tekeminen tällä työkalulla onnistuu sekä yrityksille että yhteisöille. Menetelmää on pääosin käytetty ranskalaisissa yrityksissä ja yhteisöissä, mutta se soveltuu myös laajempaan käyttöön. Menetelmän käyttö edellyttää joko konsultin palkkaamista tai ADEME:n koulutusta menetelmän käytöstä. (Everything you need to know about Bilan Carbone (BC) n.d.)

California Climate Action Registry:n CARROT, The Climate Action Registry Reporting Online Tool, on vapaaehtoinen kasvihuonekaasujen rapor-

tointiohjelma organisaatioille (Industry specific protocols/power utility 2009). Ohjelman avulla voidaan mitata, verifioida ja raportoida kasvihuonekaasupäästöjä. Tämä Kalifornian viranomaisten tukema ohjelma sisältää omat päästö- ja muuntokertoimet, mikä helpottaa ohjelman tulosten välistä vertailua, mutta asettaa haasteita globaalille käytettävyydelle.

Greenhouse Gas Protocol Initiative on useiden eri tahojen perustama ja tukema kasvihuonekaasupäästöjen raportoimiseen keskittynyt säätiö. Tämä alun perin World Business Council for Sustainable Developmentin (WBCSD) ja World Resources Instituten (WRI) koolle kutsuma säätiö on tehnyt pitkäjänteistä työtä 1990-luvun lopulta lähtien yhteisten pelisääntöjen ja laskentatyökalujen kehittämiseksi. Säätiön tekemästä työstä on ollut osoituksena myös kansainvälisen standardointiorganisaation ISO:n standardin ISO 14064-I pohjaksi adoptoitu GHG Protocol Corporate Standard, joka antaa perustan kasvihuonekaasujen raportoimiselle. (About the GHG Protocol n.d.) GHG Protocol tarjoaa yrityksille ja yhteisöille Corporate Standardin myötä yhteiset pelisäännöt sekä eri toiminnan aloille sopivia laskentatyökaluja. GHG Protocol on monien yritysten ja yhteisöjen hyväksymä ja käyttämä menetelmä.

2.3.4 Hiilijalanjälki yksityisille

Myös yksityishenkilöille on olemassa laskentatyökaluja oman hiilijalanjäljen laskentaan. Nämä laskentamallit ovat usein hyvin pelkistettyjä ja antavat vain karkean kuvan yksittäisen henkilön hiilijalanjäljen suuruudesta. Toisaalta laskentamallit ovat usein hyvin havainnollisia ja antavat käyttäjälleen selkeästi ymmärrettävän tuloksen, jonka pohjalta kuluttaja pystyy ohjaamaan kulutustottumuksiaan vähemmän ilmastoa kuormittavaan suuntaan.

Suomalaisille yksi helpoimmin lähestyttävimmistä hiilijalanjälkilaskureista on Helsingin Sanomien verkkosivuilta löytyvä hiilijalanjälkitesti. Testi laskee viiden eri elämän osa-alueen ruoan, liikenteen, asumisen, jätteiden ja kulutuksen pohjalta kullekin osalle tietyn suuruisen hiilidioksidikuorman. Osa-alueiden summana saadaan henkilön kokonaishiilijalanjälki. Laskuri näyttää tuloksessa yleisen keskiarvon sekä 60 % vähentämistavoitteen vuoden 1990 päästöistä. Oma hiilijalanjälki on havainnollinen ja siitä näkee helposti, mikä elämän osa-alue vaikuttaa eniten hiilijalanjäljen suuruuteen. Laskurin tuloksen voi myös lähettää kaverille ja kannustaa näin muitakin tiedostamaan omia kulutustottumuksiaan. Laskuri löytyy verkko-osoitteesta <http://www.hs.fi/viesti/hiilijalanjalkitesti>.

Omat kasvihuonekaasupäästönsä pystyy kattavasti ja havainnollisesti laskemaan myös ilmastodieetti.fi -verkkosivuston ilmastodieettipuntarin kautta. Laskuri on tehty Suomen ympäristökeskuksen, One did it Oy:n ja Yleisradion yhteistyönä ja se on osa myös hiilineutraalit kunnat -hanketta, jossa viisi kuntaa pyrkii kasvihuonekaasuvähennyksiin (Aloita ilmastodieetti! 2010). Mittarin etuna on selkeä ja havainnollinen ulkoasu sekä mahdollisuus käyttää arvioita, jos omaa tietoa ei ole saatavilla. Laskuri antaa myös mahdollisuuden vertailla omaa tulosta kansalliseen keskiarvoon.

Ongelmana puntarissa on se, että saatu ilmastovaikutus on esitetty yksikössä kg/v, mutta puntarissa ei kerrota mitä tämä tarkoittaa. Tämä rajoittaa tuloksen vertailua muiden mittareiden tulosten kanssa.

The Carbon Neutral Company tarjoaa sekä yksityisille että yritykselle sopivia hiilikuorman kompensointipalveluja. Tähän liittyen yrityksen verkkosivut tarjoavat kuluttajille hiilijalanjälkilaskurin, jossa huomioidaan lentomatkat, ajoneuvot, asuminen sekä yleisesti liikkuminen ajoneuvoilla. Lisäksi kuluttaja voi syöttää jo valmiin hiilijalanjäljen määrän palveluun. Lasketulle hiilijalanjäljelle saa tämän jälkeen kompensointivaihtoehtoja, joista kuluttaja voi valita itselleen sopivimman. Laskuri löytyy verkosta osoitteesta <http://www.carbonneutral.com/carbon-calculators/>.

Carbon Footprint on englantilainen yritys, joka tarjoaa Carbon Neutral Companyn tavoin hiilikuorman kompensointipalveluja. Tätä tarkoitusta varten yrityksellä on hiilijalanjäljenlaskentatyökalu lentomatkojen, auto- ja moottoripyörämatkojen, asumisen, linja-auto- ja junamatkojen sekä toissijaisten päästölähteiden laskentaa varten. Työkalun antaman hiilijalanjäljen voi kompensoida sijoittamalla erilaisiin yrityksen tarjoamiin päästövähennys kohteisiin. Laskuri löytyy verkosta osoitteesta <http://www.carbonfootprint.com/calculator.aspx>.

Amerikkalainen metsien suojeluun ja kasvattamiseen keskittynyt järjestö American Forests on kehittänyt hiilidioksidipäästölaskentatyökalun, joka huomioi energiankulutuksen, jätteet ja liikenteen päästöt. Laskenta antaa tuloksena hiilidioksiditonnit ja lisäksi kertoo, kuinka monta puuta tulokseksi saadun hiilidioksidin määrän sitomiseksi tarvittaisiin. Kuluttaja voi myös tehdä lahjoituksen puiden istuttamiseksi palvelun kautta. Työkalu löytyy verkosta osoitteesta <http://www.americanforests.org/resources/cfc/>.

EU:n ylläpitämä sivusto My Carbon Footprint on suunnattu yksityishenkilöille. Sivuston avulla kävijä pystyy määrittämään ne toimenpiteet, joihin hän on valmis oman hiilidioksidijalanjälkensä pienentämiseksi. Sivusto ei siis laske kävijän hiilijalanjälkeä, vaan ilmoittaa valittujen toimenpiteiden vaikutuksen sen pienentämiseksi. Sivustolla voit myös sitoutua valitsemiisi toimenpiteisiin julkisesti. Sivuston laskentamalli on melko karkea yleistyys eikä ota huomioon kansallisia eroja. Sivut löytyvät osoitteesta <http://www.mycarbonfootprint.eu/index.cfm?language=fi>.

World Resources Instituten (WRI) SafeClimate Carbon Calculator -nettisivusto antaa yksityisille ja organisaatioille hiilijalanjäljen laskentatyökalun, joka antaa liikenteen ja energiankulutuksen lähtötietojen pohjalta hiilijalanjäljen arvon kuukausi- tai vuosiarvolla. Työkalu löytyy verkosta osoitteesta <http://www.safeclimate.net/calculator/>.

Uusiseelantilainen ISO 14065:2007 standardia noudattava The carbonZero -ohjelma tarjoaa laskentatyökaluja kotitalouksille, matkustamiselle sekä pienille yrityksille ja kouluille heidän hiilijalanjälkensä laskemiseksi. Palvelu edellyttää osittain rekisteröitymistä ja löytyy verkosta osoitteesta <http://www.carbonzero.co.nz/calculators/index.asp>.

FORUM Umweltbildung (Environmental education FORUM) on Itävallan ministeriöiden perustama ympäristökoulutusratkaisuja tarjoava palvelu. Forumin verkkosivuilta löytyy CO2 calculator -laskentamalli sekä hiilijalanjäljen että ekologisen jalanjäljen laskentaan. Laskentamallit tarjotaan saksan kielellä. Aineisto löytyy verkosta osoitteesta <http://www.umweltbildung.at/cgi-bin/cms/af.pl?contentid=1499>.

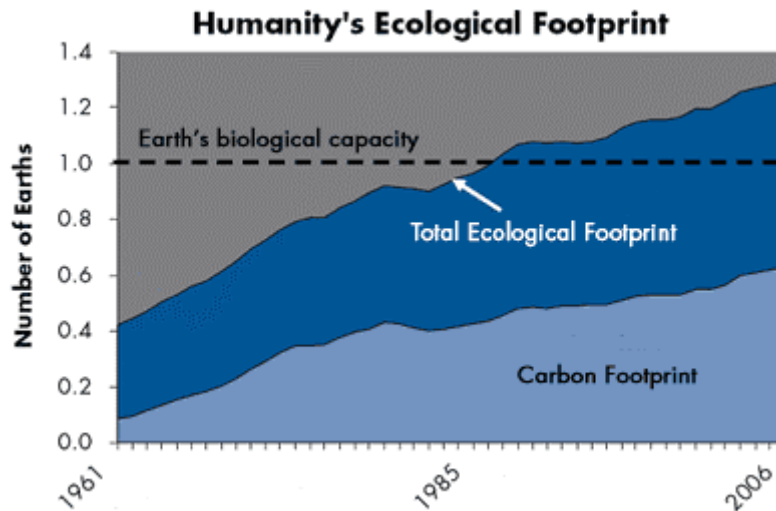
Itävallan maatalous-, metsä-, ympäristö- ja vesiministeriön ylläpitämän ECOCHECK -laskentatyökalun avulla kuluttaja voi laskea omien valintojensa aiheuttaman hiilidioksidikuormituksen ympäristölle. Sivustolla voi myös vertailla omia tuloksiaan muiden laskennan tehneiden tuloksiin ja tutustua erilaisiin keinoihin vähentää omaa hiilidioksidikuormitustaan. Sivuston aineisto on kirjoitettu saksaksi. Laskentatyökalu löytyy osoitteesta <http://ecocheck.lebensministerium.at/>.

CO2-raportti on verkossa ilmestynyt uutislehti, joka ei varsinaisesti tarjoa laskentatyökaluja hiilijalanjäljen laskentaan. Uutislehti näyttää kuitenkin viikoittaisen päästötilanteen sekä koko Suomen päästöt CO₂-ekv. tonneina kartalla ja kuvaajalla. Tämä kasvihuonekaasujen viikkotilasto perustuu Benviroc Oy:n ja GWP Oy:n kehittämään laskentamenetelmään. Viikkotilasto huomioi kuluttajien sähkönkulutuksen, lämmityksen ja tieliikenteen päästöt. Laskennassa ei ole mukana teollisuus, maatalous eikä jätehuolto. Uutislehti löytyy verkosta osoitteesta <http://www.co2-raportti.fi/>.

2.4 Samankaltaisia ympäristömittareita

2.4.1 Ekologinen jalanjälki

Hiilijalanjälkeä laajempi käsite on ekologinen jalanjälki. WWF:n Living Planet 2008 -raportin suomenkielisessä tiivistelmässä (n.d.) ekologinen jalanjälki on määritetty globaalihehtaareiksi maa- tai vesialuetta, jota tarvitaan käyttämiemme varojen tuottamiseen ja päästöjen käsittelyyn. Hiilijalanjäljen osuus ekologisesta jalanjäljestä on noin puolet ja sen osuus kasvaa nopeasti, kuten kuvasta 2 selviää. Ekologisessa jalanjäljessä hiilikomponenttia ei lasketa hiilidioksidiekvivalentteina tonneina, vaan tuloksena on maa- tai merialueen määrä, joka tarvitaan hiilidioksidipäästön sitomiseen. Myös ekologisen jalanjäljen määrittämiseksi on olemassa erilaisia palveluita. Oman jalanjälkensä koon voi mitata esimerkiksi osoitteessa <http://www.bestfootforward.com/carbonlife.htm>.



KUVA 2 Ihmiskunnan ekologinen jalanjälki (Carbon Footprint 2009).

2.4.2 Ekologinen selkäreppu

Ekologisen selkäreppun paino kertoo tuotteen luonnonvarojen käytön sen koko elinkaaren ajalta. Reppuun "laitetaan" kaikki materiaalit, mitä tuotteen valmistamiseen, käyttöön ja loppusijoittamiseen tarvitaan. Mitä painavampi reppu on, sitä enemmän on tuotteen elinkaareen kulutettu luonnonvaroja. Suomalaisen kuluttajan ekologinen selkäreppu voi painaa jopa 1500 kg viikossa.

Ekologisia selkäreppuja voidaan määrittää erilaisia. Abioottinen reppu kertoo tuotteen elinkaaren kaikkien elottomien perusmateriaalien määrään. Bioottinen reppu kertoo vastaavasti elollisten perusmateriaalien, kuten kasvien käytön määrään. Maa-ainesreppulla kuvataan maa- ja metsätalousperäistä maanmuokkauksen määrää. Vesireppu kertoo aktiivisen vedenoton määrään mukaan lukien padotut vesimassat. Ilmareppu kertoo ilman käytön määrään esimerkiksi polttoprosesseissa. (Vähä-Jaakkola 1999, 15.)

2.4.3 MIPS

Material Input Per Service unit eli MIPS on Wuppertal Instituutin kehittämä laskentamalli, jolla voidaan arvioida tuotteen tai palvelun ympäristövaikutusta. Laskennassa verrataan tuotteeseen lisättyjen materiaalien määrää verrattuna sen antamien palvelukertojen eli suoritteiden määrään. MIPS lasketaan keräämällä ensin tietoa tuotteen valmistamiseen tarvittavista materiaaliavirroista ja niiden määristä. Tämä tapahtuu erilaisten MI-kertoimien avulla, jotka kuvaavat yhden raaka-ainekilon tuottamiseen tarvittujen luonnonvarojen kokonaismäärän [kg/kg]. Tämän jälkeen raaka-aineiden määrää verrataan palvelusuoritteisiin (S), kuten käyttökertoihin tai muuhun aikaan saatuun hyötyyn, jakamalla materiaalien määrä palvelusuoritteiden määrällä. (Ritthoff, Rohn, Liedtke & Merten 2002.)

2.4.4 Ympäristömerkit

Tuotteiden ympäristömerkit ovat yksi tapa kertoa tuotteen ympäristö- ja ilmastoystävällisyydestä. Tällaisia merkkejä ovat muun muassa autojen hiilidioksidipäästöjä kuvaavat merkinnät, kulutushyödykkeisiin liitetyt merkit ja esimerkiksi taloihin liitetyt energiatodistukset. Eri merkkien kirjo on kuitenkin laaja ja niiden merkitykset myös vaihtelevat paljon (Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit 2008).

Valtioneuvoston kanslian tekemästä selvityksestä tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovista merkeistä (2008) selviää, että ympäristömerkit voidaan luokitella ainakin neljään eri kategoriaan: lakisääteiset ympäristö- ja energiamerkit, vapaaehtoiset myönteiset ympäristömerkit, vapaaehtoiset ympäristöselosteet sekä omaehtoiset ympäristöväättämät. Lakisääteiset merkit ovat viranomaisten edellyttämiä ja valvomia merkkejä. Tällaisista merkeistä lienevät tutuimmat kodinkoneiden energiamerkit, rakennusten energiatodistukset sekä autojen hiilidioksidipäästöjä ja polttoaineen kulutusta kuvaavat merkit. Vapaaehtoiset myönteiset ympäristömerkit pyrkivät osoittamaan vähiten ympäristöä kuormittavan vaihtoehdon, kuten joutsenmerkki, kun taas vapaaehtoiset ympäristöselosteet vain antavat informaatiota tuotteesta. Omaehtoiset ympäristöväättämät ovat kunkin esittäjätahon omamuotoisia ja -sisältöisiä varmentamattomia lausumia. Tällaisia väättämiä ovat esimerkiksi mainoksissa esiintyvät väitteet tuotteen ympäristöystävällisyydestä ilman perusteluja.

Joissakin tuotteissa käytetään niiden koko elinkaarta kuvaavaa merkkiä. Carbon Trustin hiilijalanjälkimerkki pyrkii kertomaan kuluttajalle tuotteen koko elinkaaren eri vaiheiden aiheuttamien päästöjen suuruudet ja myös neuvomaan, miten niitä voitaisiin vähentää. Tällainen merkki on käytössä ainakin Tesco -tavaratalon tuotteissa. Suomessa edelläkävijänä eräänlaisen elinkaarivaikutuksia kuvaavan merkin käytössä on ollut Elovena -kaurahiutalepakkaus hiilidioksidimerkin kanssa. (Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. 2008.)

Myös ympäristöselosteita on olemassa jonkin verran. Ruotsissa kehitetyn ympäristöselostejärjestelmän pohjalta on kehitetty EPD -ilmastoseloste. Tällaisia ilmastoselosteita on tehty ainakin sähkön tuottamisesta ydinvoimalla, vesivoimalla sekä tuulivoimalla. Lisäksi tämän järjestelmän pohjalta on tehty seloste yhdistetystä sähkön ja lämmön tuotannosta hiilellä. (What is a climate declaration? n.d.)

Suomen luonnonsuojeluliiton myöntämä Ekoenergia -merkki (kuva 3), joka aikaisemmin tunnettiin nimellä Norppaenergiamerkki, on esimerkki ensimmäisen luokan ympäristömerkistä, jota käytetään energia-alalla. Ekoenergiamerkki osoittaa ympäristön kannalta parhaat energiamuodot. Merkin voi saada sellainen lämpö, joka on tuotettu uusiutuvalla bioenergialla, kuten metsähakkeella, biokaasulla tai pelleiteillä. (Ekoenergian kriteerit n.d.) Useille suomalaisille energiantoimittajille on myönnetty ekoenergiamerkki. Merkki kertoo kuluttajalle energian tuotantotavasta ja polttoainevalinnoista.



KUVA 3 Suomen luonnonsuojeluliiton Ekoenergiamerkki (Ekoenergian kriteerit. n.d.)

3 KÄYTÄNNÖN TUTKIMUS

3.1 Tutkimusprosessi

Käytännön tutkimus toteutettiin GHG Protocolin periaatteiden mukaisesti, jotka on määritetty asiakirjassa GHG Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard - revised edition (2004). GHG Protocol tarjoaa myös valmiita laskentatyökaluja hiilijalanjäljen laskentaan, mutta koska monista päästölähteistä oli saatavilla tarkempia päästökertoimia, laskenta suoritettiin osana inventaariolistausta. Periaate laskennoissa on kuitenkin yhtenevä GHG Protocolin työkalujen kanssa.

GHG Protocolin tarjoamaan standardiin päädyttiin sen kattavuuden ja yleisen tunnettavuuden pohjalta. Standardin todettiin tarjoavan parhaat edellytykset saavuttaa kattava ja helposti asiakkaille perusteltavissa oleva hiilijalanjälkilaskenta, mitä pystyttäisiin hyödyntämään kaukolämmön markkinoinnissa. Tämä menetelmä oli siis paras vaihtoehto tämän tutkimuksen tavoitteiden saavuttamiseksi.

Kasvihuonekaasuinventaarion tiedot koottiin yrityksen sisäisen raportoinnin tietojen pohjalta ja tällaisen tiedon puuttuessa ulkoisista lähteistä arvioimalla tai laskemalla. Inventaarion oletuksissa pyrittiin pääsemään mahdollisimman lähelle olemassa olevaa tilannetta. Inventaarioaineisto kerättiin vuoden 2008 osalta.

3.1.1 Peruseriaatteet

GHG Standardin (2004) mukaisesti työssä on noudatettava viittä peruseriaatetta:

Asiaankuuluvuus (Relevance)

Kaikki oleellinen tavoitteen kannalta otettiin mukaan tarkasteluun. Inventaarion rajaus pyrittiin tekemään loogisesti siten, että lopputulos antaisi parhaiten todellisuutta kuvaavan tuloksen.

Ehjyys (Completeness)

Jonkin osa-alueen pois jättäminen tulee perustella. Rajauksen ulkopuolelle jätettyjen toimintojen poisjättäminen on perusteltu kohdassa 3.1.2 Yleisen rajauksen valinta.

Johdonmukaisuus (Consistency)

Tarkkuuteen pyritään johdonmukaisesti. Kaikista päästölähteistä pyrittiin saamaan ensi kädessä mitattua tietoa. Tällaisen tiedon puuttuessa käytet-

tiin vastaavanlaista muusta yhteydestä saatua tietoa. Tällaisen tiedon puuttuessa pyrittiin saamaan tutkimuspohjaista tietoa yleisesti ja vasta viimeisenä vaihtoehtona päästön suuruus arvioitiin.

Läpinäkyvyys (Transparency)

Kaikki esitetyt tiedot tulisi olla jäljitettävissä ja todistettavissa. Kaikkiin inventaarion tietoihin merkittiin tietolähde ja laskentakaavat ovat näkyvisissä inventaariotiedostoissa.

Tarkkuus (Accuracy)

Hiilijalanjäljen laskennassa ei käytetä arvauksia tai pyöristyksiä ilman perusteluja. Arvaukset ja pyöristykset raportoitiin tapauskohtaisesti.

3.1.2 Rajauksen valinta

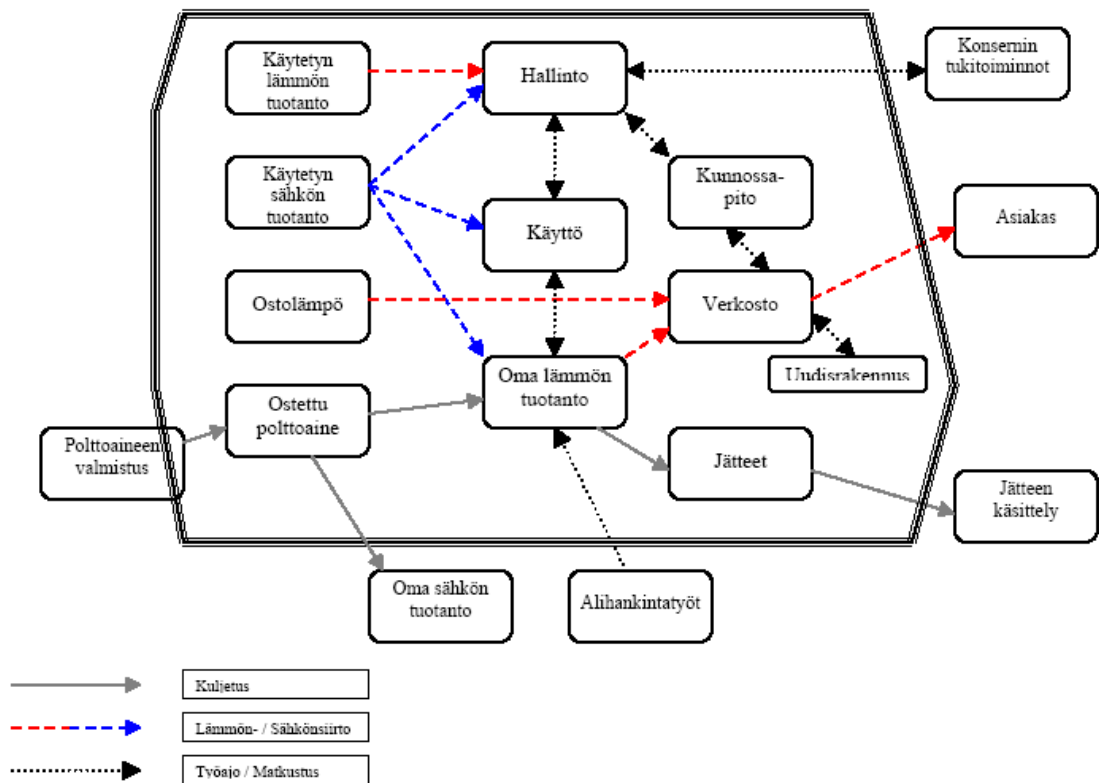
Työn tarkempi rajaus tehtiin yrityksen ympäristöasiantuntijan ja markkinoinnin henkilöstön kanssa. Opinnäytetyön aihe rajattiin Vattenfall Lämmön suurimpiin verkkoihin asiakasmäärän ja myydyin lämpöenergian mukaan. Kullekin verkolle laskettiin oma hiilijalanjälkensä sijainnin ja koon erilaisuuden vuoksi. Tällä haluttiin maksimoida opinnäytetyön tuloksista saatava hyöty mahdollisimman monelle asiakkaalle. Lisäksi tällä jaolla saadaan kaukolämmön hiilijalanjälki jokaiselta Vattenfall Lämmön toimialueelta vähintään yhdestä verkosta sekä monesta ominaisuuksiltaan hyvin erilaisesta verkosta.

Elinkaaren rajaukseen käytettiin GHG -standardin (2004) ohjeistusta. Standardissa rajaus suoritetaan valitsemalla ensin organisatorinen raja, jonka sisältä valitaan operatiivinen raja. Organisatorinen rajaus voidaan tehdä joko yrityksen omistamien omistusosuuksien perusteella tai yrityksen hallinnoimien toimien pohjalta.

Organisatorinen rajaus voidaan muodostaa omistuspohjan mukaisesti tai hallinnollisuuden asteeseen mukaan. Hallinnollisuus voi olla joko taloudellista tai operatiivista hallintaa toiminnoista. Tässä yhteydessä voidaan pohtia sitä, ketä toiminnon edut/haitat eniten koskevat, eli kenen tilauksen seurauksena toiminto on olemassa. Näin ollen myös alihankkijoita, jotka tuottavat tuotetta ainoastaan yhdelle yritykselle, voidaan pitää riippuvaisina tämän yhden yrityksen valinnoista, jolloin myös tämä alihankkija tulisi ottaa mukaan toiminnan rajaukseen. (A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised edition 2004.)

Tässä opinnäytetyössä organisatorinen rajaus tehtiin hallinnollisuuden talousnäkökulman perusteella, eli hiilijalanjäljen määrittämisessä ovat mukana ne toiminnot, joita Vattenfall Lämpö hallinnoi taloudellisesta näkökulmasta. Näitä ovat toiminnot, joiden taloudellinen tulos on riippuvainen Vattenfall Lämpö Oy:stä. Rajauksen piiriin sisältyvät siis kaikki yrityksen täysin omistamat prosessit, mutta myös esimerkiksi hakepolttoaineen valmistuksen päästöt, koska haketta valmistetaan monelta osin nimenomaan Vatten-

fall Lämmön polttolaitosten käyttöön. Rajauksen piiriin kuuluvat samalla tavalla myös polttoainekuljetusten päästöt, koska kerralla ostettavat määrät ovat niin suuria, että ajoneuvon liikkuminen on riippuvainen Vattenfall Lämmön tekemästä tilauksesta. Tutkimuksen yleinen rajaus löytyy kuvasta 4.



KUVA 4 Yleinen aiheen rajaus.

Kun organisatorinen rajaus on saatu valittua, voidaan tehdä operatiivinen rajaus, eli rajataan selkeästi ne toiminnot, jotka kuuluvat tarkastelun piiriin. Operatiivinen rajaus tehdään kolmen näkökulman mukaisesti, joita ovat suorat (soveltamisala 1 [englanniksi *scope*]) ja epäsuorat (soveltamisalat 2 ja 3) lähteet (kuva 5).

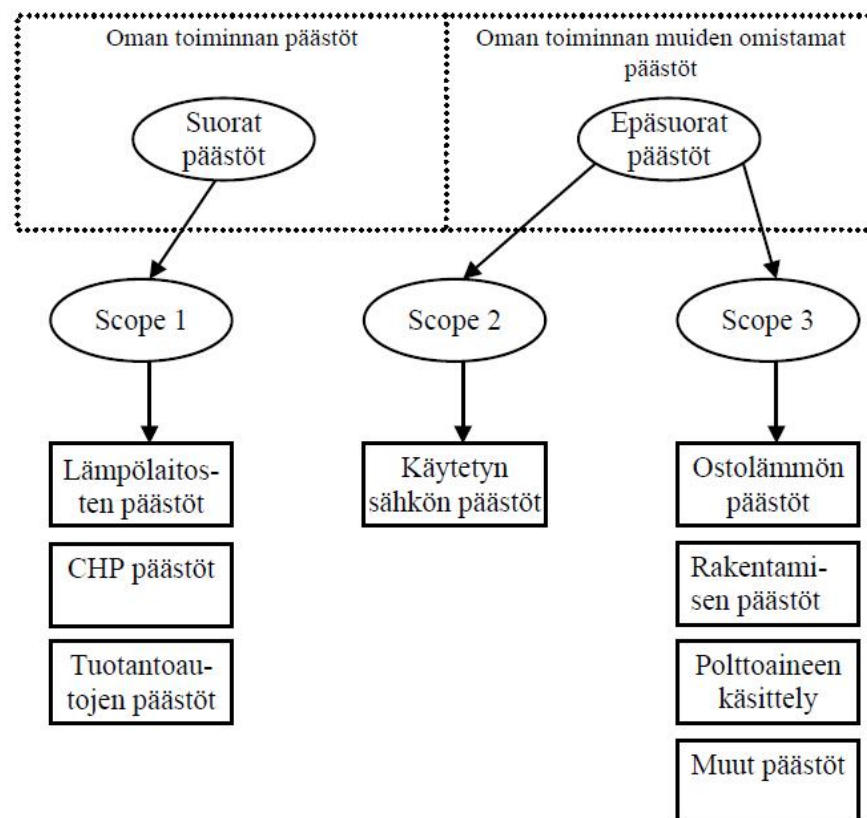
Soveltamisala 1: Sisältää suorat oman toiminnan aiheuttamat päästöt. Tässä yhteydessä ei kuitenkaan huomioida biomassan tai ei Kioto -kaasujen aiheuttamia päästöjä.

Soveltamisala 2: Tämä näkökulma sisältää käytetyn sähkön päästöt.

Soveltamisala 3:

Oleellista kolmannen tason päästöjen valinnassa on valita merkittävimmät lähteet. Kolmannen tason valintoihin vaikuttavat kasvihuonekaasu tarkastelun/-inventaarion tavoitteet. Valintoja voidaan tehdä seuraavien seikkojen pohjalta:

Suorat oman toiminnan päästöt (Soveltamisala 1) ja epäsuorat sähkön tuotannon päästöt (soveltamisala 2) on aina raportoitava. Muut epäsuorat muiden omistamat päästöt (soveltamisala 3), kuten ostolämmön päästöt, ovat vapaaehtoisia raportoinnissa, mutta näiden toimintojen arvoketjut tulee kuitenkin kuvata ja niiden merkittävyys arvioida siten, että tärkeimmät valitaan mukaan tarkasteluun. Periaatteessa kuitenkin yksityiskohtainen arvoketjun tarkastelu ja päästöjen laskeminen johtaa lopputulokseen, jossa päästön poisjättäminen ei ole enää relevanttia, koska päästön suuruus on jo tiedossa. Tämän takia organisatorisen rajauksen kaikki soveltamisala 3:n päästöt myös määritettiin työssä. (A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised edition 2004.)



KUVA 5 Operatiivinen rajaus

Organisatorinen ja operatiivinen rajaus muodostavat yhdessä suoritettavan inventaarion rajauksen. Kaikissa verkoissa tehdyissä ilmapäästöinventaariorissa on käytetty samoja rajauksia. Yhdestä verkosta pois jätetty päästö-

lähde puuttuu kaikista verkoista tai jokin toinen mukaan otettu päästölähde puolestaan on laskettu kaikille verkoille.

Yrityksen sisällä tarkasteluun otettiin Hämeenlinnan, Heinolan, Pappilanvuoren (nykyinen Palokan verkko), Vaajakosken ja Oulaisten verkot.

TAULUKKO 2 *Vattenfall Lämmön suurimmat kaukolämpöverkot 2008 (Lämmön verkot. 2010).*

Kaukolämpöverkko	Sopimusten lukumäärä	Asiakkaiden lukumäärä	Lämpö/Kaasu Energia MWh (laskutettu 2008)
Hämeenlinna	1 994	1 780	406 651,870 MWh
Heinola	530	477	116 803,260 MWh
Vaajakoski	253	209	55 254,840 MWh
Turenki	309	127	47 263,400 MWh
Pappilanvuori	327	282	44 183,820 MWh
Oulainen	240	196	37 750,030 MWh
Kaikki verkot yhteensä	4 772	3 828	904 387,130 MWh

3.1.3 Kasvihuonekaasupäästöjen laskeminen

GHG -standardin (2004) mukaisesti kasvihuonekaasujen inventaariossa noudatetaan viittä eri vaihetta:

1. Tunnistetaan mahdolliset kasvihuonekaasupäästölähteet
2. Valitaan kasvihuonekaasupäästöjen laskennan lähestymistapa
3. Kerätään kvantitatiivista aineistoa ja valitaan päästökertoimet
4. Sovelletaan laskentatyökaluja
5. Kootaan päästötiedot yhtiötasolle

Kioton pöytäkirjan mukaisiin varsinaisiin kasvihuonekaasuihin luokitellaan mukaan hiilidioksidi [CO₂], metaani [CH₄], dityppioksidi [N₂O] sekä erilaiset fluoriyhdisteet [HFC, PFC ja SF₆] (Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009). Lisäksi IPPC:n luokittelun mukaisesti kasvihuonekaasuja ovat erilaiset kloorifluoratut hiilivedyt [CFC- ja HCFC -yhdisteet] sekä eräät halonit ja metyylibromidi. Tarkempi listaus kasvihuonekaasuista on esitetty taulukossa 1.

3.1.4 Muut ilmapäästöt

Muita energiantuotannon ilmapäästöjä ovat ammoniakki, muut haihtuvat orgaaniset hiiliyhdisteet kuin metaani, hiilimonoksidi, hiukkaset, rikin oksidit, typenoksidit, syaanivety (sinihappo) sekä raskasmetallit.

Tässä työssä ilmapäästöinventaarioon otettiin mukaan hiilidioksidi [CO₂], metaani [CH₄], ilokaasu [N₂O], hiilimonoksidi [CO], hiukkaset [PM], rikinoksidit [SO_x] ja typenoksidit [NO_x]. Muita energiantuotannosta syntyviä ilmapäästöjä syntyy yleensä vain hyvin pieniä määriä tai vain tapaus-

kohtaisesti. Osaan muista ilmapäästöistä liittyy myös liian suuria epävarmuustekijöitä, että niitä voitaisiin luotettavasti arvioida (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005). Muut päästöt jätettiin pois alla olevista syistä.

Ammoniakkipäästöjä voi syntyä polttoprosesseissa, joissa käytetään NO_x-vähennystekniikoita, kuten SNCR- tai SCR -tekniikka (Selective Non-Catalytic Reduction, Selective Catalytic Reduction), jossa ammoniakkia käytetään pelkistämään typpiyhdisteitä joko ilman katalyyttia tai sen kanssa (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005). Vattenfall Lämmön tuotantolaitoksissa ei ole käytössä tällaista tekniikkaa.

Dityppioksidi [N₂O] (tunnetaan myös nimellä ilokaasu) on kaasu, jota syntyy energiantuotannossa lähinnä kivihiilen käytön sekä SNCR- ja SCR -tekniikoiden epäoptimaalisessa käytössä. Myös normaalissa palamisessa saattaa syntyä ilokaasupäästöjä, mutta niiden esiintyminen on hyvin tapauskohtaista. (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Työssä ilmoitetut kertoimet ilokaasulle ovat hyvin karkeita ja suuntaa-antavia. Kaikista lähteistä ei ole myöskään saatu tietoa, jotta ilokaasulle olisi voitu esittää mitään arvioita.

Metaania [CH₄] syntyy lämpölaitoksilla lähinnä epätäydellisessä ja vähähappisessa palamisessa sekä biopolttoaineiden poltossa. Myös biopolttoaineiden varastoinnissa syntyy anaerobisen hajoamisen tuotteena metaanipäästöjä (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Metaanipäästöt, kuten myös ilokaasupäästöt, ovat tapauskohtaisesti riippuvaisia käytössä olevasta teknologiasta ja poltto-olosuhteista, kuten myös kattilan ajosta, jonka johdosta näiden päästöjen päästökertoimien määrittämiseen liittyy merkittäviä epävarmuustekijöitä, kuten Tsupari ym. (2006, 71) teoksessaankin toteaa. Molempien kaasujen päästökertoimiin täytyy suhtautua suurella varauksella, ja työssä käytetyt kertoimet ja ilmoitetut päästöt ovatkin vain karkeita arvioita.

Erilaiset fluorihiiilivedyt ja klooratut yhdisteet ovat voimakkaita kasvihuonekaasuja. Fluorihiiilivetyjä energiantuotannossa esiintyy lähinnä vain sähköntuotannon yhteydessä (esim. rikkiheksafluoridi [SF₆] eristekaasuna sähkölaitteistoissa). Vattenfall Lämmön tuotantoprosesseissa ei tunneta fluori- tai kloorattujen yhdisteiden lähteitä, eikä niitä ole sen vuoksi edes mitattu. Vanajan CHP -laitoksen sähköntuotannon yhteydessä tällaisia päästöjä voisi esiintyä, mutta tämä työ koskee ainoastaan kaukolämmön tuotannon ilmapäästöjä ja sähköntuotannon ilmapäästöt eivät kuulu rajauksen piiriin. Tässä työssä ei käsitellä näitä kaasuja.

NMVOC -päästöt eli metaania sisältämättömät haihtuvat orgaaniset hiiliyhdistepäästöt ovat energiantuotannossa yleensä pieniä. Päästöjen määrät riippuvat palamisolosuhteista, kattilan ajotavasta ja polttoainekuormasta. NMVOC -päästöt vaihtelevat tapauskohtaisesti ja niistä ei ole olemassa mitattua tietoa. (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Työssä ei ole käsitelty NMVOC -päästöjä.

Hiilimonoksidi [CO] eli häkä ei ole suora kasvihuonekaasu ja sen merkitys ilmastonmuutokselle syntyy sen hapettuessa hiilidioksidiksi. Merkittävimmät häkäkaasun lähteet ovat liikenne ja epäpuhdas palaminen. Energiantuotannon häkäpäästöt ovat suuresti riippuvaisia kattilan ajotavasta ja kuormituksesta. (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Häkäkertoimia on käsitelty niiltä osin kuin tietoa on ollut saatavilla.

Syaanivety eli sinihappo on myrkyllinen kaasu, jonka muodostuminen energiantuotannossa on lähinnä teoreettista. Joka tapauksessa se hapettuu tai pelkistyy helposti, minkä vuoksi voidaan todeta, että syaanivetyä ei synny energiantuotannossa. (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Nämä päästöt eivät ole mukana inventaariossa.

Raskasmetallit ovat peräisin polttoaineisiin sitoutuneista epäpuhtauksista. Energiantuotannossa nämä raskasmetallit sitoutuvat pääosin lento- ja pohjatuhkaan, joka kerätään talteen ja toimitetaan asianmukaiseen jatkokäsittelyyn. (Päästötietojen tuottamismenetelmät 2005.) Ilmaan pääsevien raskasmetallien osuus on marginaalinen, joten näitä päästöjä ei ole raportoitu tässä työssä.

3.2 Vattenfall Lämmön toimintojen esittely

Vattenfall Lämpö Oy eli Vattenfall Heat Finland on Vattenfall-konserniin kuuluva tytäryhtiö, joka kuuluu hallinnollisesti liiketoimintayksikköön Vattenfall Heat Nordic. Yhtiö toimii Suomessa Kanta-Hämeessä, Päijät-Hämeessä, Keski-Suomessa, Pohjois-Pohjanmaalla sekä Kouvolassa Myllykoskella. Hallinnolliset alueet ovat Häme, Keski-Suomi ja Vamy Oy (Myllykoski).

Yrityksen ydinliiketoimintaa ovat kaukolämmön ja prosessilämmön tuotanto, jakelu ja myynti sekä maakaasun hankinta, jakelu ja myynti. Kaukolämpö tuotetaan pääosin yksittäisissä lämpölaitoksissa, joissa polttoaineina käytetään kevyttä ja raskasta öljyä, maakaasua, turvetta sekä biopolttoainejakeita. Biopolttoaineina näissä laitoksissa käytetään pääosin haketta, purua, kuorta ja puupellettejä.

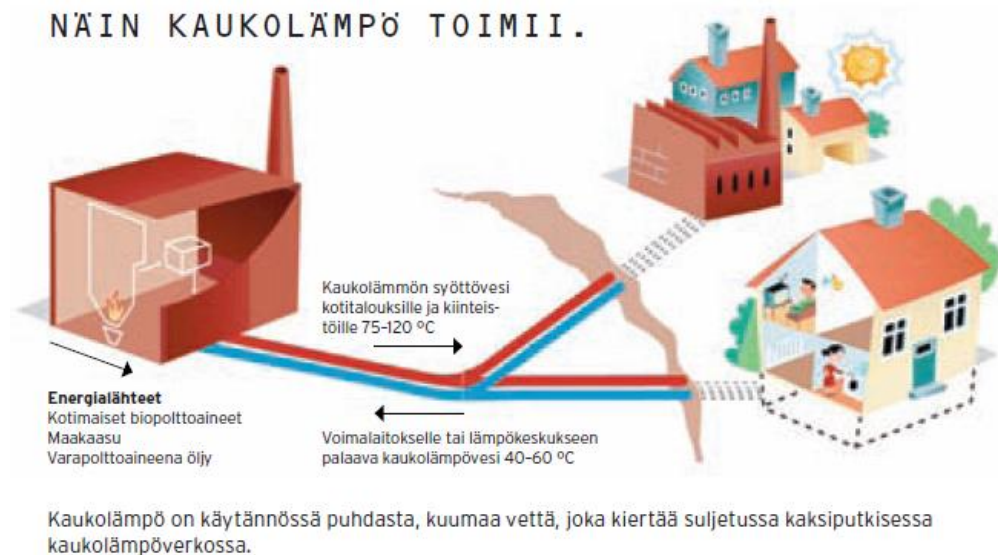
Vattenfall Lämmöllä on kaksi yhteistuotantolaitosta. Myllykosken prosessivoimalaitoksen pääpolttoaineina käytetään maakaasua, öljyä, turvetta ja biopolttoaineita, kuten haketta, kuorta, purua, purkupuuta ja lietettä. Vanajan voimalaitoksessa Hämeenlinnassa sähkö ja lämpö tuotetaan maakaasulla, turpeella ja biopolttoaineilla, kuten hakkeella. Varapolttolaitoksena on kevytpolttoöljy/moottoripolttoöljy.

Vattenfall Lämmön toiminta-alueella on useita erillisiä kaukolämpöverkkoja, joihin on yhdistettynä yksi tai useampia lämpölaitoksia. Yleisimmin lämpö tuotetaan yhdessä peruskuormalaitoksessa ja muut verkossa kiinni olevat laitokset toimivat huippu- ja varalämpölaitoksina. Hämeenlinnan, Turenin, Heinolan, Palokan, Vaajakosken ja Oulaisten verkoissa lämpö ostetaan osittain tai kokonaan ulkopuoliselta toimittajalta ja Vattenfall hallinnoi näiden verkkojen ylläpitoa, varalämpölaitoksia sekä lämmön myyn-

tiä. Verkkojen asiakasmäärät vaihtelevat yhdestä asiakkaasta aina noin 1800 asiakkaaseen asti (Lämmön verkot 2010).

3.3 Kaukolämmön toimintaperiaate

Kaukolämpö on keskitetysti lämpö- tai voimalaitoksella tuotettua lämpöenergiaa, joka siirretään asiakkaalle kaukolämpöverkosta pitkin veden tai höyryn välityksellä. Asiakas liittyy verkostoon oman lämmönvaihtimensa kautta ja kaukolämpöyhtiö mittaa asiakkaalle tulevan ja asiakkaalta lähtevän veden lämpötilaeron sekä vesivirran määrän, josta saadaan asiakkaan käyttämä energia. Asiakkaalta lähtevä vesi johdetaan takaisin uudelleen lämmitettäväksi lämpölaitokselle, josta se palaa verkostoon asiakkaiden käytettäväksi.



KUVA 6 Näin kaukolämpö toimii (Ota ympäristöystävällinen kaukolämpö käyttöösi. n.d.)

3.3.1 Käytetyt menetelmät tutkimuksen suorittamiseen

Laitosten hiilidioksidipäästöt laskettiin mitattujen arvojen tai niiden puuttuessa tilastollisten kertoimien mukaan. Kertoimet ovat samoja, mitä Vattenfall Lämpö käyttää normaalisti tuotantoraportoinnissaan, ja ne ovat laitosten ympäristölupien mukaisia. Tilastolliset kertoimet saatiin Tilastokeskuksen Polttoaineluokituksesta (2006) sekä Jalovaaran, Ahon, Hieta-mäen & Hyytiän (2003) teoksesta ja Päästötiedon tuottamismenetelmät (2005) asiakirjasta. Osa päästökertoimista on Vattenfall Lämmön ympäristöasiantuntijan Meira Saarisen hankkimia Pollutant Release and Transfer Register:stä (alkuperäinen lähde tuntematon). Päästökaupan piirissä olevien laitosten hiilidioksidipäästömäärät ovat ulkopuolisen todentajan akreditoimat.

Tausta-aineiston ja saatujen tutkimustulosten luotettavuuden arviointi suoritettiin sanallisesti pohtimalla mahdollisia virhelähteitä ja niiden vaiku-

tuksia työn lopputulokseen. GHG -standardin (2004) mukaisesti opinnäytetyön laatua arvioitiin neljästä eri näkökulmasta: työhön käytetty aineisto, työssä käytetyt metodit, inventaarioprosessi sekä dokumentaatio. Kohdassa 4.2.1 Aineisto arvioitiin perusinformaatio hankitusta tiedosta, päästökertoimista, prosesseista ja operaatioista ja kohdassa 4.2.2 Metodit päästötiedon keräämiseen käytettyjä metodeita ja laskukaavoja. Dokumentaation osalta arvioitiin, kuinka aineiston, prosessien, työn suorituksen ja arvioiden dokumentointi on tehty. Lisäksi pohdittiin tehtyjä toimenpiteitä sekä työn suoritusta inventaarion laatimiseksi.

3.3.2 Päästöjen allokointi sähkön ja lämmön välillä

Koska työssä tutkitaan ainoastaan kaukolämmön hiilijalanjälkeä, on oleellista allokoida polttoaineiden päästöistä tietty osa tuotetulle sähkölle. Juha Liikasen teoksessa yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon päästöjen jakaminen (1999) esitellään erilaisia allokointimenetelmiä. Menetelminä kuvataan energiamenetelmä, eksergiamenetelmä, työmenetelmä, vaihtoehtoisen hankintatavan menetelmä, suhdemenetelmä, hyödynjakomenetelmä ja hintaperusteinen menetelmä.

Eri menetelmien antama tulos vaihtelee suurestikin. Menetelmän valintaan vaikuttaa tuotantoprosessista saatava informaatio ja muutenkin prosessin luonne. Mitään yksiselitteistä vastausta allokointimetodin valintaan ei ole saatavilla, joten oleellista onkin perustella se miksi mikäkin metodi missäkin tilanteessa valitaan.

Vattenfall Oy käyttää yhdistetyn tuotantonsa päästöjen allokointiin hyödynjakomenetelmää, jossa tuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Suhdelukuna käytettiin konsernin yleisesti määrittämiä kertoimia korvaavalle tuotannolle. Työssä tehdyt allokoinnit on kuvattu liitteissä 2 ja 3.

3.4 Kaukolämmön elinkaarenaikaiset ilmapäästöt

3.4.1 Hämeenlinnan verkko

Hämeenlinnan verkko on suurin Vattenfall Lämmön kaukolämpöverkkoista. Vuonna 2008 verkon piirissä oli 1780 asiakasta, joille toimitettiin yhteensä 406 651,9 MWh kaukolämpöenergiaa.

Pääosin verkon kaukolämpö tuotetaan Vanajan CHP -voimalaitoksella, joka tuottaa sähköä ja lämpöä maakaasulla, turpeella ja biopolttoaineilla. Verkon muissa lämpölaitoksissa käytetään maakaasua sekä öljyä. Verkkoon ostetaan lisäksi lämpöä Rautaruukin Hämeenlinnan tehtailta sekä Hämeenlinnan Seudun Veden mädättämöltä.

Hämeenlinnan verkon merkittävimmät päästölähteet muodostuvat lämmön tuotannosta ja hakkeen varastoinnista. Lisäksi päästöjä syntyy erilaisista

kuljetuksista ja hakkeen tuotannosta. Päästölähteet on kuvattu tarkemmin alla.

Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 4.

3.4.1.1 Hakkeen valmistus

Hake on ainoa polttoaine, jonka valmistuksen voidaan katsoa kuuluvan työn rajauksen piiriin. Haketta valmistetaan pääasiallisesti metsissä suoraan lämpölaitosten käyttöön ja tuotannon voidaan katsoa olevan riippuvainen Vattenfallin tilauksista. Tämän vuoksi tuotanto otettiin mukaan laskentaan.

Hakkeen valmistuksen päästöt laskettiin Wihersaaren (2005, 44) esittelemien viiden eri biopolttoainetuotantoketjun tuotannon polttoaineen kulutuksen keskiarviolla, joka on 1,6 l dieseliä / MWh. Biopolttoainetta Vanajalla on yrityksen oman tilastoinnin mukaan käytetty 124 564,6 MWh, josta suurin osa on ollut haketta, jonka takia samaa laskentaperustetta käytetään koko biopolttoaineen määrälle. Tällöin hakkeen tuotantoon käytetty dieselmäärä on ollut 199 303 litraa. Päästökertoimina käytettiin hakkuukoneen ja metsätraktorin keskimääräisiä päästökertoimia, jotka laskettiin LIPASTO -tietokannan antamista päästökertoimista.

3.4.1.2 Ostolämmön ilmapäästöt Rautaruukilta

Rautaruukin Hämeenlinnan tehtaalta ostettava kaukolämpö on pääosin prosessin jätelämpöä, joka muussa tapauksessa johdettaisiin jäähdytysveden mukana vesistöön. Osittain tiettyinä ajanjaksoina voi olla, että ostettu lämpö on tuotettu nimenomaan kaukolämmön tarpeisiin, mutta koska tätä osuutta ei pystytty selvittämään, oletettiin, että Rautaruukin ostolämpö on täysimääräisesti jätelämpöä, josta ei muodostu päästöjä.

3.4.1.3 Ostosähkön ilmapäästöt

Vattenfall käyttää tuotannossaan Vattenfall Sähkönmyynti Oy:ltä ostettua sähköä ja Vanajan toimipisteessä itse tuotettua sähköä. Sähkön alkuperä on esitetty liitteessä 5. Sähkön tuotannon hiilidioksidipäästökertoimena käytettiin Vattenfall Sähkönmyynnin suositusten mukaisesti yhteispohjoismaista sähköntuotannon ominaispäästölukemaa. Typpi-, rikki- ja hiukkaspäästöihin käytettiin Vattenfall -konsernin vuoden 2008 Corporate Social Responsibility -raportin (2009) ilmoittamien päästökertoimien keskiarvoa Vattenfallin pohjoismaiselle sähköntuotannolle (Suomi, Ruotsi, Tanska). Häkä-, metaani- tai ilokaasupäästöistä ei saatu luotettavaa tietoa, joten niitä ei tältä osin laskettu.

3.4.1.4 Ostolämmön ilmapäästöt mädättämöltä

Hämeenlinnan jätevedenpuhdistamon mädättämöllä lietteen käsittelystä syntyy biokaasua, jonka poltosta syntyvää lämpöä Vattenfall ostaa. Biokaasu luokitellaan biopolttoaineeksi, jonka takia mädättämöltä saadun lämmön aiheuttama hiilidioksidipäästö on nolla.

3.4.1.5 Turpeen kuljetus aumoista polttoon

Turpeen tuotannon katsotaan olevan Vattenfallin toiminnoista riippumattomaa toimintaa, koska turveyrittäjät myyvät turvetta useille eri toimijoille. Tämän vuoksi turvetuotannon osalta huomioitiin ainoastaan päästöt turpeen tuotantopaikalta polttolaitokselle. Turpeenhankintaketjusta ei saatu mitattua tietoa kuljetusetäisyyksistä tai päästökertoimista, joten päästöt laskettiin käyttäen inventaariotaulukossa (liite 4/2) olevia lähtötietoja ja oletuksia.

3.4.1.6 Hakkeen terminaalikäsitteily

Hakkeen terminaalikäsitteilystä syntyy päästöjä käsitteilypaikan koneiston polttoaineenkulutuksesta sekä hakekasoista syntyvistä anaerobisen käymisen kasvihuonekaasuista. Käsitteilypaikan koneistosta ei saatu tietoa, mutta jos otetaan TYKO 2008 Suomen työkoneiden päästölaskentajärjestelmän tuloksista, joka on osa LIPASTO -järjestelmää (n.d.), yhden pyöräkuormaajan vuotuiset päästöt, saadaan terminaalikäsitteilyn koneiston päästömääräksi vuodessa noin 23 tonnia hiilidioksidia. Tämä on lopputuloksen kannalta suuruusluokaltaan kuitenkin niin pieni päästömäärä, ja koska ei voida olla varmoja, onko tällainen pyöräkuormaaja ollut koko ajan hakkeen käsitteilyn kanssa tekemisissä, niin voidaan olettaa, että tämä päästölähte ei ole suuruusluokaltaan lopputuloksen kannalta merkittävä.

Myöskään hakkeen välivarastoinnin päästöistä ei saatu mitattua tietoa. Varastoidut määrät ja varastointiajat vaihtelevat suuresti vuoden aikana, mikä tekee päästöjen arvioimisesta entistä vaikeampaa. Myöskään hakkeen varastoinnin päästöistä ei ole olemassa tarkkaa tietoa. Hakekasoista muodostuvat kasvihuonekaasupäästöt voivat kuitenkin olla hyvin merkittäviä (Wihersaari 2005, 58), joten hakkeen varastoinnille laskettiin hiilidioksidipäästöekvivalenttimäärä sillä oletuksella, että kaikkea käytettyä biopolttoainetta on varastoitu kuusi kuukautta jossain vaiheessa, ja että kasoista muodostuneet päästöt ovat olleet 60 kg CO₂-ekv. MWh kohden. Tämä antaa jonkinlaista suuruusluokkaa sille, millaisia päästömäärät voisivat mahdollisesti olla.

3.4.1.7 Öljynkuljetus lämpölaitoksille

Öljynkuljetuksen tietoja saatiin Neste Oilin ja Teboilin edustajilta. Lisäksi hankittuja öljymääriä selvitettiin yrityksen ostolaskutietokannasta. Neste Oililta saatiin hyvää mitattua tietoa polttoainekuljetuksen päästökertoimista ja etäisyyksistä, joita sovellettiin myös kaikkien muiden yritysten öljy-

toimituksiin. Kaikki kerätty tieto öljytoimitusten päästöistä on esitetty liitteessä 6.

3.4.1.8 Maakaasun siirto laitoksille

Maakaasun siirron päästöt laskettiin siirrosta vastaavan yrityksen Gasumin vuosikertomuksen päästötietojen pohjalta. Ilmoitetut päästöt allokoitiin toimitettu maakaasu MWh kohden ja näin laskettiin Vattenfall Lämmön käyttämän kaasun aiheuttamat ilmapäästöt maakaasun siirron osalta. Tietoa saatiin hiilidioksidi-, metaani- ja typenoksidipäästöistä. Laskutapa ja lähtöarvot on esitetty inventaariotaulukossa liitteessä 4/2.

3.4.1.9 Hakkeen kuljetus polttoon

Hakkeen kuljetuksen päästöt laskettiin Wihersaaren (2005, 44) esittelemien viiden eri biopolttoainetuotantoketjun kaukokuljetuksen polttoaineen kulutuksen keskiarviolla, joka on 0,6 l dieseliä / MWh. Biopolttoainetta Vanajalla on käytetty oman tilastoinnin mukaan 124 564,6 MWh, josta suurin osa on ollut haketta, minkä takia samaa laskenta perustetta käytettiin kaikille biopolttoaineille. Tällöin kuljetukseen käytetty dieselmäärä on ollut 74 739 litraa. Päästökertoimena hakerekalle käytettiin samoja kertoimia kuin öljyntoimituksille.

3.4.1.10 Lämpölaitosten ilmapäästöt

Lämpölaitosten ilmapäästötiedot kerättiin Vattenfall Lämmön EMS-tuotantoraportointijärjestelmästä. Tuotantoraportoinnissa päästöt lasketaan ympäristöluvista määrättyjen periaatteiden mukaisesti luvun 3.3.1 mukaisilla kertoimilla. Osittain käytetään mitattuja päästökertoimia. Nämä arvot edustavat parhaan tietämyksen mukaista käsitystä lämpölaitosten ominaispäästöistä.

Häkäkaasun, metaanin ja ilokaasun päästökertoimet otettiin asiakirjasta Päästötiedon tuottamismenetelmät (2005). Kertoimet otettiin laskentaan mukaan, vaikka niihin liittyvät epävarmuustekijät ovat suuria, jotta voitiin saada edes jonkinlaista arviota tällaisten päästöjen suuruudesta.

3.4.1.11 Tuotantoautojen ajo

Tuotantoautojen ajo pitää sisällään Vattenfallin työkäytössä olevien autojen kilometrit. Työsuhdeautojen ja työajosta laskutettujen kilometrien päästöt otettiin huomioon hallinnon ilmapäästöjä laskettaessa. Kilometritiedot kerättiin Vattenfallin SAP -tietojärjestelmästä. Päästökertoimet laskettiin tiedossa olevan autokannan keskimääräisillä päästökertoimilla LI-PASTO -laskentajärjestelmästä.

3.4.1.12 Verkoston rakentamisen ilmapäästöt

Verkoston rakentamisesta aiheutuneiden ilmapäästöjen tutkimisen lähtökohtana oli selvittää rakentamisessa käytettyjen työkonoiden ja maansiirtoautojen päästöjä. Tuotantoajoneuvojen päästöt huomioitiin edellisessä kohdassa. Tässä kohdassa ei huomioitu Vattenfallin suorittamaa uusien liittymien rakennustyötä. Näiden liittymien rakentamiseen tarvittu työmäärät vaihtelevat liittymästä riippuen ja rakennustöiden suuruus ei vastaa uuden verkon rakentamista. Tässä ei myöskään huomioitu verkoston korjaamisesta aiheutuneita maarakennuksen päästöjä, sillä riippuen korjattavasta kohteesta, sen korjaamiseksi vaadittu työmäärä vaihtelee suuresti.

Päästökertoimina käytettiin LIPASTO -tietokannan (n.d.) päästökertoimia dieselkäyttöiselle pyöräkaivukoneelle ja kokonaismassaltaan 32t maansiirtoautolle ilman perävaunua keskimääräisellä 50 % kuormalla katuajossa. Suoritetut laskennat on kuvattu inventaariotaulukossa liitteessä 4/2.

3.4.1.13 Tuhkan ja jätteiden poiskuljetus

Tuhkan ja jätteiden poiskuljetuksesta syntyvät ilmapäästöt ovat riippuvaisia Vattenfall Lämmön synnyttämän jätteen määrästä, vaikka Vattenfall ei itse hoida kuljetusta. Loppukäsittelyn päästöt kuuluvat rajauksen ulkopuolelle. Lähtötietona poiskuljetuksen päästöjä laskettaessa käytettiin saatua tietoa jätteiden määrästä. Tämän jälkeen arvioitiin, kuinka monta kuljetuskertaa jätemäärien poisvieminen vaatii ja kuinka pitkä matka jätettä on kuljetettu. Jätetiedot kerättiin Vanajan vuoden 2008 ympäristöraportista. Tilavuuspainomuuntokertoimina käytettiin jäteverolain mukaisia muuntokertoimia. Kuljetusetäisyydet arvioitiin saatavilla olleen tiedon puitteissa. Kuljetuskapasiteetin arvioitiin olevan 7m³ ajokertaa kohden tai pakkaavalla jäteautolla 15 m³ ajokertaa kohden. Päästökertoimina jätekuljetuksille käytettiin LIPASTO -tietokannan (n.d.) kokonaismassaltaan 32 t maansiirtoautolle ilman perävaunua keskimääräisellä 50 % kuormalla maantieajossa annettuja päästökertoimia.

3.4.2 Heinolan verkko

Heinolan verkko on toiseksi suurin Vattenfall Lämmön kaukolämpöverkoista. Vuonna 2008 verkon piirissä oli 477 asiakasta, joille toimitettiin yhteensä 116 803,3 MWh kaukolämpöenergiaa.

Pääosin verkon kaukolämpö tuotetaan Stora Enson Heinolan Flutingtehtaalla, josta Vattenfall ostaa sen ja myy asiakkailleen. Verkossa on myös omia tuotantolaitoksia, joita käytetään vara- ja huippukuormalaitoksina. Laitosten pääpolttoaine on kevyt polttoöljy.

Heinolan verkon merkittävin päästölähde on ostolämmön tuotanto. Lisäksi päästöjä syntyy muista samankaltaisista lähteistä kuin Hämeenlinnan verkossakin. Päästölähteet on kuvattu tarkemmin alla.

Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 7.

3.4.2.1 Ostolämmön ilmapäästöt Stora Ensolta

Heinolassa kaukolämpöä ostetaan Stora Ensolta Heinolan Flutingtehtaalta. Tehtaan Vattenfallille myymän kaukolämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt tunnetaan, jotka vuonna 2008 olivat 20 932 tonnia hiilidioksidia. Muista ostolämmön päästöistä ei saatu tietoa, koska niitä ei eritellä Vattenfallin ostamalle lämmölle erikseen.

3.4.2.2 Ostosähkön ilmapäästöt

Vattenfall käyttää myös Heinolassa Vattenfall Sähkönmyynti Oy:ltä ostettua sähköä. Päästöt Heinolan käyttämän sähkön tuotannosta laskettiin samoin kuin Hämeenlinnan verkossa.

3.4.2.3 Öljynkuljetus lämpölaitoksille

Heinolan öljykuljetusten päästöt laskettiin samoin kuin Hämeenlinnan verkon päästöt. Kaikki kerätty tieto öljytoimitusten päästöistä on esitetty liitteessä 6.

3.4.2.4 Lämpölaitosten ilmapäästöt

Vaikka suurin osa Heinolassa myydystä lämmöstä tulee Stora Enson tehtaalta, on Vattenfall Lämmöllä myös omaa tuotantoa polttoöljykäyttöisissä vara- ja huippukuormalaitoksissa. Nämä laitokset ovat mukana yrityksen omassa tuotantoraportointijärjestelmässä ja niiden päästöt ja päästökertoimet otettiin järjestelmästä. Järjestelmään syötetyt päästökertoimet ovat aikaisemmin kuvatuista lähteistä.

3.4.2.5 Verkoston rakentamisen ilmapäästöt

Verkoston rakentamisen ilmapäästöt Heinolan osalta laskettiin samalla periaatteella kuin Hämeenlinnan verkossa. Heinolassa uutta verkkoa rakennettiin vuonna 2008 noin 2000 metriä ja samoilla laskennoilla kuin aikaisemmin saatiin kaivinkoneen työmääräksi 22 528 kWh ja maansiirron kuljetuskilometreiksi 13 160 km.

Päästökertoimina käytettiin samoja LIPASTO -tietokannan (n.d.) päästökertoimia kuin Hämeenlinnan verkossa.

3.4.2.6 Tuotantoautojen ajo

Tuotantoautojen ajo pitää sisällään Vattenfallin työkäytössä olevien autojen kilometrit. Työsuhdeautojen ja työajasta laskettujen kilometrien päästöt otettiin huomioon hallinnon ilmapäästöjä laskettaessa. Tiedot ajo-

kilometreistä kerättiin Vattenfallin SAP -tietojärjestelmästä. Päästökertoimet laskettiin tiedossa olevan autokannan keskimääräisillä päästökertoimilla LIPASTO -tietokannasta (n.d.).

3.4.2.7 Tuhkan ja jätteiden poiskuljetus

Heinolan jätetiedot keräsi Heinolan alueen tiiminvetäjä Pasi Valjakka. Käytetyt päästökertoimet ja perusolettamukset olivat samoja kuin Hämeenlinnan verkon kuljetuksissa. Kuljetusetäisyydet arvioitiin saatavilla olevaan tietoon perustuen.

3.4.3 Palokan verkko

Palokan verkko on Vattenfall Lämmön Keski-Suomen alueen asiakasmäärältään kolmanneksi suurin verkko. Vuonna 2008 kaukolämmön myyntimäärä oli 44 183,8 MWh. Asiakkaita verkossa oli tuolloin 282 kpl.

Tämä Keski-Suomessa sijaitseva verkko on siitä erikoinen, että Vattenfallilla ei ole verkossa yhtään omaa tuotantolaitosta. Kaikki verkon lämpö tulee Jyväskylän Energian tuotantolaitoksista, joissa lämpö tuotetaan pääosin turpeella, puulla ja fossiilisilla polttoaineilla, kuten öljyllä ja hiilellä (Yhteiskuntavastuuraportti 2008). Tämän johdosta merkittävimmät ilmapäästöt aiheutuvat nimenomaan ostolämmön päästöistä. Muita päästölähteitä ovat verkoston rakentaminen ja tuotantoautojen ajo. Koska verkossa ei ole omaa tuotantoa, jätettiin päästölähteistä pois sähkön kulutuksen sekä jätteiden poiskuljetuksen päästöt. Oletuksena oli, että näitä päästöjä syntyy vain hyvin vähän. Päästölähteet on kuvattu tarkemmin alla.

Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 8.

3.4.3.1 Ostolämmön ilmapäästöt Jyväskylän Energialta

Jyväskylän Energialta tulevan ostolämmön tarkkaa päästölähdettä ei tunneta, koska lämpöä tuotetaan verkkoon useista eri tuotantolaitoksista. Tämän vuoksi ostolämmön päästöt laskettiin Jyväskylän Energian vuoden 2008 yhteiskuntavastuuraportin ilmoittamien tuotanto- ja päästöarvojen mukaan allokoituna hyödynjakomenetelmällä osin sähkölle ja lämmölle. Näin saatiin pääosin turpeella ja puulla tuotetun lämmön päästöille ominaispäästökertoimet, joiden mukaan Vattenfallin ostamalle osuudelle laskettiin päästöt. Jyväskylän Energian raportissa ei ollut mitään mainintaa häkä-, metaani- tai ilokaasupäästöistä, joten niiden suuruutta ei voitu määrittää.

Jyväskylän Energian päästöjen allokointi on esitetty liitteessä 3.

3.4.3.2 Verkoston rakentamisen ilmapäästöt

Verkoston rakentamisesta syntyneet ilmapäästöt laskettiin samalla periaatteella kuin muidenkin verkkojen vastaavat päästöt. Palokan verkon tarkeista rakentamisen metrimääristä ei ollut suoraa tietoa, mutta verkon rakentamisen metrimäärät ja maamassojen määrät laskettiin Keski-Suomen alueen käyttöpäälliköltä Timo Piippaselta saadun verkkojen välisen suhteellisen osuuden mukaan, siten että koko Keski-Suomen alueella rakennetusta 10 000 metristä on 55 prosenttia allokoitu Palokan verkon osuudeksi. Samalla prosenttiosuudella jaettiin 55 prosenttia siirretyistä maamassoista Palokan verkon osuudeksi.

3.4.3.3 Tuotantoautojen ajo

Koko Keski-Suomen alueella tuotantoautoilla ajettiin 149 881 kilometriä vuonna 2008. Kun ajettu kilometrimäärä jaettiin eri kohteiden tuotantolukujen suhteessa, ei Palokan verkolle muodostunut yhtään ajokilometrejä, sillä verkolla ei ollut omaa tuotantoa. Todellisuudessa tällaisenkin verkon hallinnointiin liittyy varmasti jonkin verran työajoa, mutta koska sen osuus on hyvin pientä ja liittyy osin hallinnollisen toiminnan ilmapäästöihin, katsottiin että Palokan verkossa ei synny päästöjä tuotantoautojen ajosta.

3.4.4 Vaajakosken verkko

Vaajakosken verkko sijaitsee myös Keski-Suomessa Jyväskylän lähetyvillä ja on osa Vattenfall Lämmön Keski-Suomen aluetta. Verkko on Vattenfall Lämmön kolmanneksi suurin verkko vuotuisella 55 254,8 MWh kaukolämmön myynnillä. Verkossa oli vuonna 2008 209 asiakasta.

Kuten Palokan verkko, myös Vaajakosken verkko saa suurimman osa myymästään lämmöstä Jyväskylän Energialta. Tässä verkossa on kuitenkin yksi öljykäyttöinen tuotantolaitos, jota käytetään vara- ja huippukuormalaitoksena. Merkittävin päästölähde on kuitenkin Jyväskylän Energian tuotanto, vaikka päästöjä syntyy myös verkstorakentamisesta sekä omasta tuotannosta. Päästölähteet on kuvattu tarkemmin alla.

Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 9.

3.4.4.1 Ostolämmön ilmapäästöt Jyväskylän Energialta

Suurin päästölähde myös Vaajakosken verkossa oli Jyväskylän Energian tuotanto. Päästökertoimina Vaajakosken osalta käytettiin samoja lukuja kuin Palokan verkossa, jotka siis laskettiin Jyväskylän Energian yhteiskuntavastuuraportin pohjalta.

3.4.4.2 Ostosähkön ilmapäästöt

Myös ostosähkön päästökertoimet olivat samoja kuin muissa verkoissa, koska kaikki Vattenfall Lämmön käyttämä sähkö on Vattenfall Sähkönmyynniltä ostettua. Käytetyn sähkön määrä katsottiin tuotantoraportointiohjelmasta, koska sähkönmyynniltä saadusta raportista ei pystytty erottelamaan pelkästään Vaajakosken käyttämää osuutta. Tämän johdosta sähkönkäytön osuuden muodosti Vaajakosken verkon polttolaitoksen käyttämä sähkö.

3.4.4.3 Öljynkuljetus lämpölaitokselle

Vaajakosken verkon laitoksen öljytoimituksista ei saatu varmaa tietoa öljyntoimittajilta. Tämän vuoksi öljyntoimituksen päästöt laskettiin käytetyn öljyn määrän mukaan. Olettamuksena oli, että öljyä on kuljetettu vuoden aikana laitokselle yhtä paljon kuin sitä on kulutettu. Koska öljyä oli kulunut vuoden aikana vain vähän, ei tämä arvio muodostanut merkittävää virhettä lopputuloksissa. Päästöjen laskennassa käytettiin samoja kertoimia kuin muiden alueiden öljytoimitusten päästöjen osalta. Olettamuksena oli, että öljyä on kuljetettu laitokselle Porvoosta.

3.4.4.4 Lämpölaitoksen ilmapäästöt

Lämpölaitoksen ilmapäästöt laskettiin samoin kuin muillakin verkoilla. Päästötieto saatiin pääasiallisesti tuotantoraportointijärjestelmästä, ja häkä-, metaani- ja ilokaasupäästöjä varten päästökertoimet saatiin Päästötiedon tuottamismenetelmät (2005) asiakirjasta.

3.4.4.5 Verkoston rakentamisen ilmapäästöt

Verkoston rakentamisen lähtötiedot olivat samat kuin Palokan verkon osalta. Vaajakosken osuudeksi Keski-Suomen alueella rakennetusta verkosta laskettiin Timo Piippasen arvion pohjalta 10 prosenttia, jota käytettiin myös siirrettyjen maamassojen arvioimiseen.

3.4.4.6 Tuotantoautojen ajo

Vaajakosken verkon aiheuttaman tuotantoautojen ajon osuus laskettiin koko Keski-Suomen alueella ajettujen kilometrien määrästä sen mukaan, mikä on Vaajakosken laitoksen tuotannon osuus koko alueen lämmön tuotannosta. Tällä laskutavalla Vaajakosken osuudeksi saatiin 0,2 prosenttia, jolloin ajettujen kilometrien määräksi tulee 300 kilometriä. Päästökerroin määritettiin samalla tavalla kuin edellä.

3.4.4.7 Tuhkan ja jätteiden poiskuljetus.

Koska Vaajakosken verkossa tapahtuva oma tuotanto on hyvin vähäistä ja verkossa ei ole kuin yksi tuotantolaitos, oletettiin että toiminnasta syntyviä jätteitä ei erikseen kuljeteta pois laitokselta. Toiminnasta syntyvät jätteet oletettiin kuljetetun pois tuotantoautoilla, jolloin tämän tyyppisen jätteen kuljetuksen päästöt on laskettu kohdassa tuotantoautojen ajo.

3.4.5 Oulaisten verkko

Oulaisissa sijaitseva Oulaisten kaukolämpöverkko on Vattenfall Jokilaaksojen Lämpö Oy:n omistuksessa. Vattenfall on tämän yrityksen suurin omistaja. Oulaisten verkossa oli vuonna 2008 196 asiakasta, joille toimitettiin yhteensä 37 750,0 MWh kaukolämpöä.

Verkon suurin tuotantolaitos on Konttilan lämpölaitos, mutta paljon lämpöä ostetaan myös Junnikkalan sahoilta. Verkon muissa lämpölaitoksissa käytetään polttoaineena öljyä. Verkon merkittävin päästölähde on kaukolämmön tuotanto, mutta päästöjä syntyy myös hakkeen valmistuksesta, varastoinnista ja polttoaineiden kuljetuksesta, sekä muista kuljetuksista ja kulkemisesta.

Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 10.

3.4.5.1 Hakkeen valmistuksen ilmapäästöt

Oulainen on toinen työn piirissä olevista Vattenfall Lämmön verkoista, missä käytetään biopolttoaineita. Myös tämän verkon osalta hakkeen valmistuksen päästöt otettiin mukaan hiilijalanjäljen laskentaan. Perusoletuksiltaan laskenta on sama kuin Hämeenlinnan verkon osalta. Myös tässä osassa hakkeen valmistuksen päästöt laskettiin koko biopolttoainemäärällä, joka Konttilassa on ollut 9251,9 MWh. Käytetyt päästökertoimet olivat samat kuin Hämeenlinnan verkossa.

3.4.5.2 Ostolämmön ilmapäästöt

Oulaisten verkon ostolämpö tulee Junnikkala Oy:n Oulaisten sahalta, missä lämpö tuotetaan puuperäisillä polttoaineilla. Tämän vuoksi tuotannosta syntyviä hiilidioksidipäästöjä ei laskettu hiilijalanjälkeen mukaan. Metaani- ja ilokaasupäästöistä ei saatu tietoa. Muut päästöt laskettiin liitteen 12 mukaisesti.

3.4.5.3 Ostosähkön ilmapäästöt

Sähkön käytön aiheuttamat päästöt laskettiin samalla periaatteella kuin muillakin alueilla.

3.4.5.4 Turpeen kuljetuksen ilmapäästöt

Turve on Oulaisten verkon pääpolttoaine, jonka johdosta myös turpeen kuljetuksen ilmapäästöt ovat merkittävä päästölähde. Laskentatapa Oulaisten verkon osalta oli sama kuin Hämeenlinnan verkossa. Turpeen määrä Oulaisissa on vuonna 2008 ollut 17 976,9 MWh, ja lämpöarvona käytettiin jyrshinturpeen lämpöarvoa 9,6 MJ/kg (=2,66MWh/t).

3.4.5.5 Terminaalikäsitteily

Oulaisten verkossa käytetään turpeen lisäksi myös paljon haketta, jonka takia hiilijalanjäljen laskennassa huomioitiin myös Oulaisten osalta terminaalikäsitteilyn päästöt. Laskentatapa vastasi täysin Hämeenlinnan verkon vastaavaa, jonka seurauksena koneiston ilmapäästöjä ei huomioitu ja hakkeasojen päästöt laskettiin 6 kuukauden varastointiajalla koko biopolttoainemäärälle.

3.4.5.6 Öljyn kuljetus lämpölaitoksille

Oulaisten verkon öljykuljetusten päästöt laskettiin samoin kuin Hämeenlinnan verkon päästöt. Kaikki kerätty tieto öljytoimitusten päästöistä on esitetty liitteessä 6.

3.4.5.7 Hakkeen kuljetus lämpölaitoksille

Hakkeen kuljetuksen päästöt laskettiin koko poltetulle biopolttoainemäärälle käyttäen samaa polttoaineen kulutusarvoa, kuin Hämeenlinnan verkossa. Käytetyt päästökertoimet olivat samoja kuin öljyntoimituksille.

3.4.5.8 Lämpölaitosten ilmapäästöt

Lämpölaitosten päästöt kerättiin tuotantoraportointijärjestelmästä, johon ne on syötetty aikaisemmin kuvattujen periaatteiden pohjalta. Konttilan päästökertoimet tulevat mittauksen perusteella, jonka takia ne vaihtelevat vuoden ajanjakson sisällä. Häkä-, metaani- ja ilokaasukertoimet ovat turpeen 50–80 % polton kertoimia.

3.4.5.9 Verkoston rakentamisen ilmapäästöt

Verkoston rakentamisen päästöt laskettiin 1 000 metrin uudisrakennus määrän mukaan samoilla perusolettamuksilla kuin aikaisemmin.

3.4.5.10 Tuotantoautojen ajo

Koko Oulaisten alueella ajettiin vuonna 2008 yhteensä 15 982 km. Ajettu kilometrimäärä jaettiin eri verkkojen tuotantolukujen suhteessa. Oulaisten tuotantomäärä (26 216 MWh) suhteessa koko alueen tuotantomäärään (49

176 MWh) on 53,3 %. Tällöin saatiin laskettua Oulaisten osuus kilometreistä (8 521 km).

3.4.5.11 Tuhkan ja jätteiden poiskuljetus

Oulaisten jätetiedot keräsi Vattenfall Jokilaaksojen Lämpö Oy:n toimitusjohtaja Pentti Gallén. Käytetyt päästökertoimet ja perusolettamukset olivat samoja kuin Hämeenlinnan verkon kuljetuksissa. Kuljetusetäisyydet arviointiin saatavilla olevaan tietoon perustuen.

3.4.6 Hallinnon ilmapäästöt

Vattenfall Lämmön alueiden toimintaa hallinnoidaan viidessä eri toimipaikassa: Helsingissä Pasilan toimistossa, Hämeenlinnassa Innoparkin toimistossa, Heinolan toimistossa, Jyväskylässä Palokan toimistossa sekä Oulaisten toimistossa. Näissä toimistoissa työskentelee noin 40 Lämmön työntekijää, mutta myös muita Vattenfall -konsernin työntekijöitä.

Hallinnollisen toiminnan merkittävimmät ilmaston ja ilmastonmuutokseen vaikuttavat tekijät (70–90 %) syntyvät toimiston rakentamisesta, sähkön ja lämmön kulutuksesta sekä toimistossa työskentelevien ihmisten liikkumisesta. Muita päästölähteitä ovat toimistokalusteiden ja -infrastruktuurin valmistus ja käyttö sekä jätehuolto (Auvinen 2004). Työn rajauksen mukaisesti tässä yhteydessä Vattenfallin hiilijalanjäljen laskentaan otettiin mukaan kuitenkin vain sähkön ja lämmön kulutus sekä liike- matkat, joita tehdään liikuttaessa eri toimipaikkojen, asiakkaiden sekä Vattenfall -konsernin muiden toimipisteiden välillä.

Hallinnon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 11.

3.4.6.1 Käytetyn lämmön tuotannosta syntyvät ilmapäästöt

Pääosin Vattenfall Lämmön toimistoissa käytettävä lämpö tulee kauko- lämpöverkosta, joka muissa toimistoissa, paitsi Pasilassa, on Vattenfall Lämmön oma verkko. Tästä johtuen lämmöntuotannosta syntyviä päästöjä ei laskettu toiseen kertaan, koska ne tulivat mukaan hiilijalanjälkeen kuitenkin verkon omien tuotantolaitosten päästöjen kautta.

3.4.6.2 Käytetyn sähkön tuotannosta syntyvät ilmapäästöt

Sähkönkäytöstä saatiin vuotuisia keskiarvoja kullekin toimistolle. Koska toimistoissa työskentelee myös muita Vattenfall -konsernin työntekijöitä, laskettiin sähkönkulutus ensin henkilöä kohden ja kerrottiin sitten Vattenfall Lämmön työntekijöiden paikallisella määrällä. Sähkönkulutuksen arvot vaihtelevat eri toimistojen välillä, koska Palokassa toimisto on osin sähkölämmitteinen ja Heinolassa samassa kiinteistössä sijaitsee sähköasema. Heinolan toimiston sähkönkulutuksesta ei vähennetty sähköaseman aiheuttamaa osuutta ensinnäkin sen takia, että sen erottaminen kokonais-

kulutuksesta oli hankalaa, ja koska sähköasema oli joka tapauksessa Vattenfall -konsernin alainen toiminto. Käytetyt päästökertoimet olivat samoja kuin verkkojen sähkönkulutuksen päästöjä laskettaessa käytettiin.

3.4.6.3 Oulaisten toimiston sähkönkäyttö

Oulaisissa sähkönkulutus kuuluu vuokraan, eikä sitä mitata erikseen. Oulaisten toimistossa on pysyvästi ainoastaan yksi Vattenfall Lämmön työntekijä. Muiden työntekijöiden toimipiste on Konttilan lämpölaitoksella. Tietoa toimiston sähkönkulutuksesta ei saatu selvitettyä, mutta kulutuksen arvona käytettiin Pasilan ja Innoparkin toimistojen keskiarvoa, joka antoi varmastikin hyvän kuvan myös Oulaisten toimiston sähkönkulutuksesta.

3.4.6.4 Helsingin Energian lämmön tuotannon ilmapäästöt

Pasilan toimisto on iso toimistotalo, jossa on vuokralla useita eri yrityksiä. Toimiston lämmönkulutus kuuluu toimitilojen vuokraan, joten siitä ei ollut olemassa yrityskohtaista tietoa. Lämmön kulutuksen selvittämiseksi käytettiin kuitenkin Vattenfallin kiinteistöpäällikön antamia tietoja toimistossa työskennelleiden Vattenfallin työntekijöiden määrästä sekä toimitilojen koosta.

Helsingin toimistossa Vattenfallin käytössä oli 3482 m². Keskimäärin huonekorkeus oli 2,7 m huomioon ottaen alakaton ja holvin välitilan. Laskennallisesti tilaa oli siis käytössä noin 9400m³ 139 henkilöä kohden. Tilaa yhtä henkilöä kohden oli tällöin 67,6 m³, jolloin työssä laskettiin keskimääräisellä 38 kWh/m³ arvolla lämmön kulutukseksi 15 421 kWh. Päästökertoimista ei Helsingin Energialta saatu muuta tietoa, kuin että kaukolämmön hiilidioksidin ominaispäästökerroin oli vuonna 2008 ollut 102 gCO₂/kWh, jonka mukaan laskettiin Pasilan toimiston lämmön kulutuksen aiheuttamat ilmapäästöt.

3.4.6.5 Työajot henkilöautolla

Työajojen kilometrimäärä saatiin selvitettyä SAP -järjestelmän kilometri-seurantatiedoista. Päästökertoimina käytettiin LIPASTO -tietokannasta (n.d.) saatuja Suomen henkilöautojen keskimääräisiä päästö- ja energiankulutuskertoimia matkayksikköä kohden vuonna 2008.

3.4.6.6 Junamatkojen ilmapäästöt

Vattenfall Lämmön työntekijät liikkivat vuonna 2008 junalla 20 655 henkilökilometriä ympäri Suomea. Kaikki kuljetut matkat ovat olleet sähköistetyllä rataverkolla, joten työssä oletettiin, että matkat oli tehty sähkøjunalla. Kaikki VR -konsernin käyttämä sähkö tuotetaan uusiutuvilla energiamuodoilla, kuten vesi- ja tuulivoimalla tai biopolttoaineilla. Koska tällaisessa sähköntuotannossa ei synny hiilidioksidipäästöjä, on Vattenfall Lämmön työntekijöiden kulkemien junamatkojen aiheuttama hiilidioksi-

dipäästö myös nolla. Muut päästöt arvioitiin LIPASTO -tietokannan rautateiden henkilöliikenteen keskimääräisien päästökertoimien mukaan juna- ja henkilökilometriä kohden. Oletusarvona käytettiin Intercity -sähköjunan päästökertoimia [g/hkm].

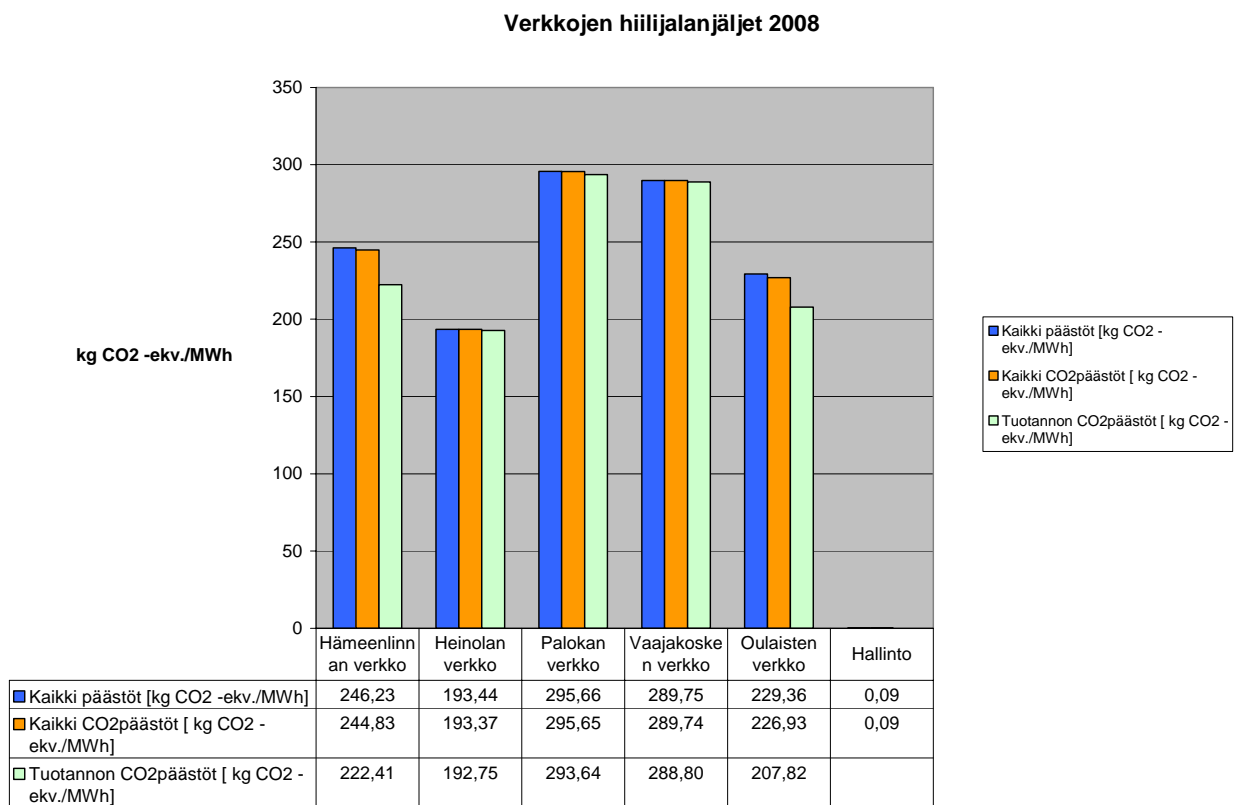
3.4.6.7 Lentomatkojen ilmapäästöt

Lentomatkoja Vattenfall Lämmön työntekijöillä syntyy liikuttaessa Vattenfall -konsernin eri toimipisteiden välillä Suomessa sekä ulkomailla. Vattenfall Lämpö käyttää AREA -matkatoimistoa lentomatkojen hankinnassa, jonka kautta saatiin myös päästöraportti Lämmön työntekijöiden lentämien lentojen päästöistä.

4 TUTKIMUSTULOKSET

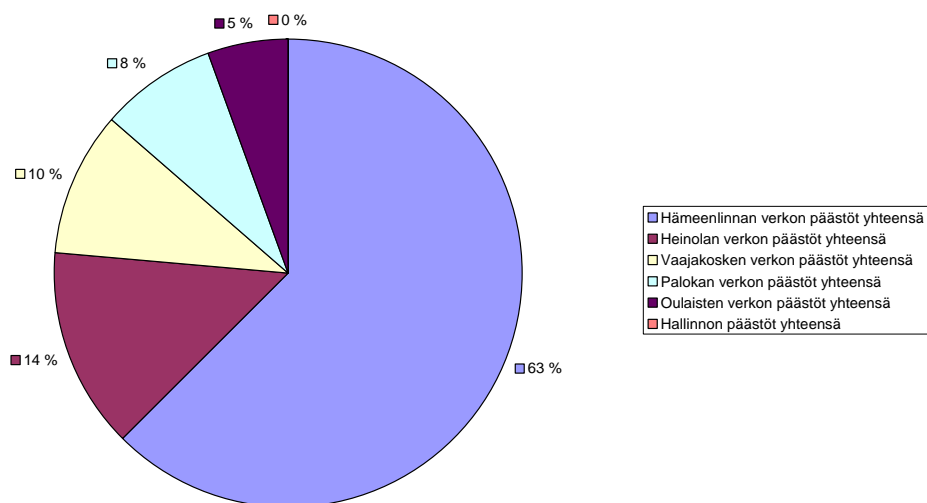
4.1 Kaukolämmön hiilijalanjälki

Verkkojen hiilijalanjäljet jakautuivat vuonna 2008 kuvien 7 ja 8 mukaisesti.



KUVA 7 Verkkojen hiilijalanjäljet 2008

Verkkojen ja hallinnon ekvivalentti kokonaispäästöt 2008



KUVA 8 Verkkojen ja hallinnon ekvivalenttipäästöjen jakautuminen vuonna 2008

4.1.1 Hämeenlinnan verkko

Hämeenlinnan kaukolämpöverkon hiilijalanjälki oli 246,23 kg CO₂-ekv yhtä tuotettua MWh lämpöä kohti vuonna 2008. Jos mukaan otetaan ainoastaan hiilidioksidi, on hiilijalanjälki 244,83 kg CO₂-ekv/MWh. Verkoston häviö vuonna 2008 oli 49237,2 MWh eli noin 10,8 prosenttia tuotannosta.

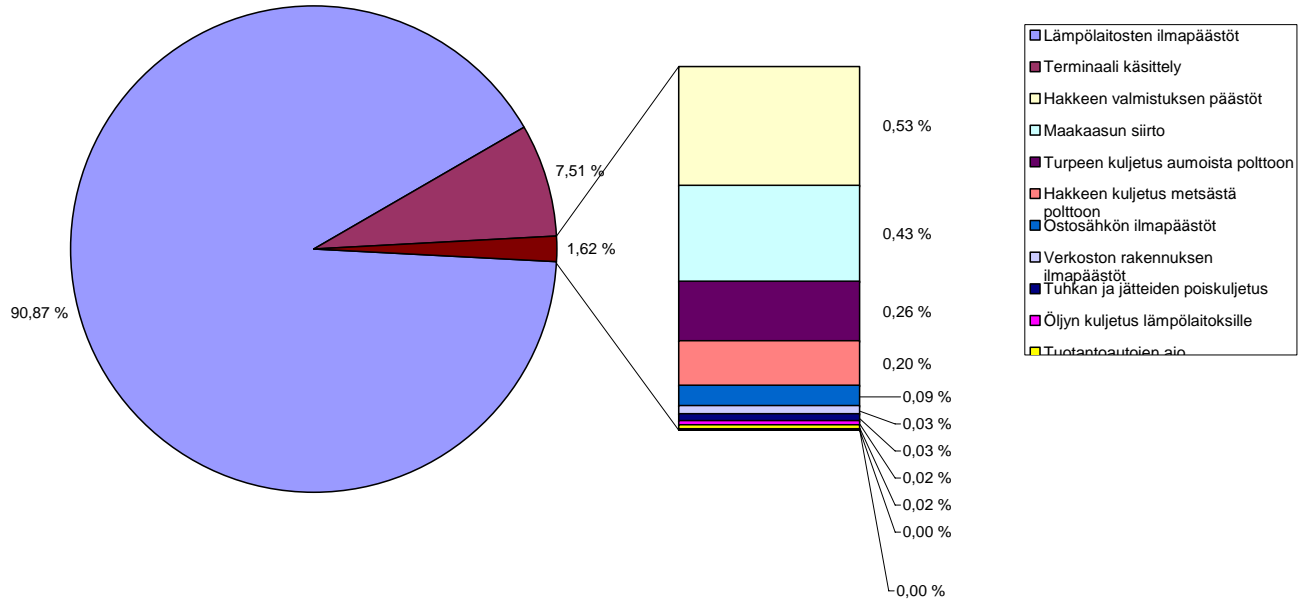
Verkon merkittävimmät päästölähteet ovat Vanajan voimalaitos, Kaurialan ja Ahveniston lämpölaitokset sekä biopolttoainekasat. Vanajan voimalaitos synnyttää 79,05 prosenttia verkon hiilidioksidikaasupäästöistä, yhteensä 78672,95 t CO₂-ekv. Kaurialan osuus on 7,5 prosenttia ja Ahveniston 4,1 prosenttia. Hakekasoista tulevien kasvihuonekaasupäästöjen on arvioitu olevan noin 7474 t CO₂-ekv., joka muodostaa 7,5 prosenttia kokonaismäärästä. Tämä vastaa 2076 ajoneuvon vuotuista päästömäärää (180 g CO₂-ekv./km ja 20 000 km/a). Hakekasoista tulevat päästöt ovat biokaasua eli pääosin metaania ja hiilidioksidia.

Loput noin kaksi prosenttia muodostuu kuljetuksista, sähkön käytöstä, ostolämmön tuotannosta, uuden verkoston rakentamisesta sekä hakkeen valmistuksesta. Nämä päästölähteet yhteensä vastaavat noin 1181 t CO₂-ekv. Maakaasun siirto aiheuttaa myös välillisinä päästöinä 426,8 t CO₂-ekv. hiilidioksidikaasuja. Metaanipäästöt mukaan luettuna kasvihuonekaasupäästöjä tulee maakaasun siirrosta yhteensä 546,6 t CO₂-ekv.

Päästölähteiden jakautuminen on esitetty kuvissa 9 ja 10. Verkon prosessaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 4.

Hämeenlinnan verkon CO₂ päästöt 2008

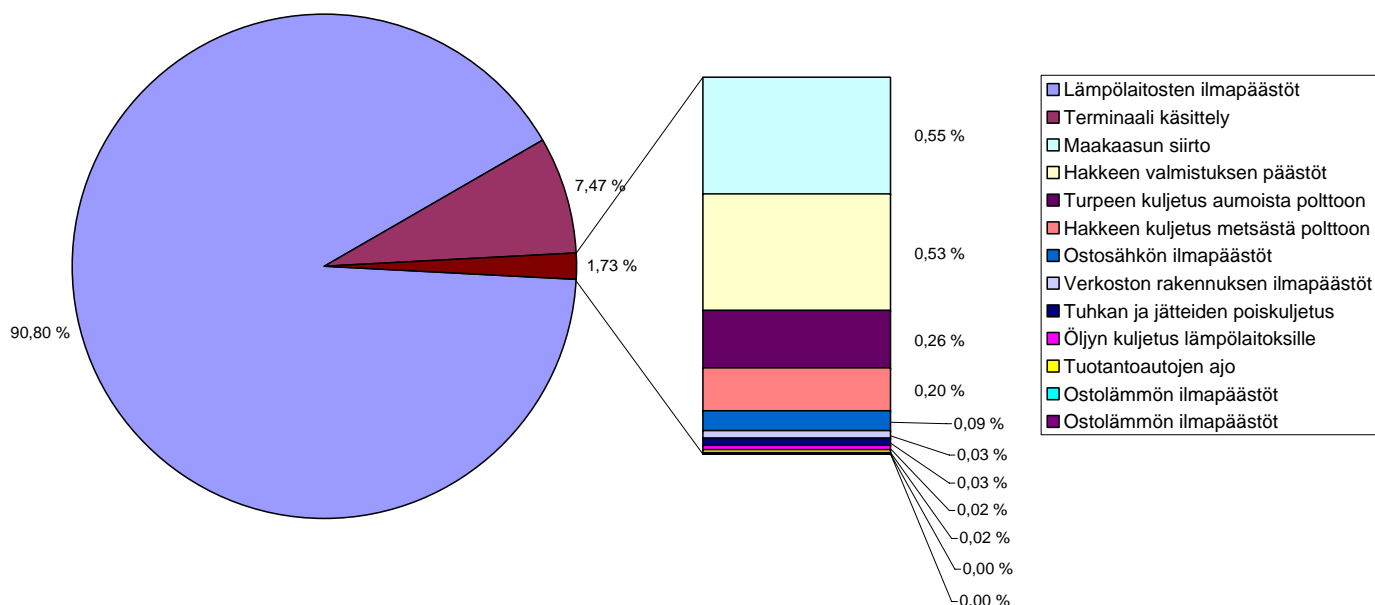
CO₂ päästöt 244,83 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Tuotannon CO₂ päästöt 222,41 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Yhteensä CO₂ päästö 99 523,93 t CO₂-ekv.



KUVA 9 Hämeenlinnan verkon CO₂ päästöt 2008

Hämeenlinnan verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

Ekvivalentti päästöt 246,23 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 CO₂ päästöt 244,83 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Tuotannon CO₂ päästöt 222,41 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Ekvivalentti kokonaispäästö 100 092,72 t CO₂-ekv.



KUVA 10 Hämeenlinnan verkon CO₂-ekv.päästöt 2008

4.1.2 Heinolan verkko

Heinolan kaukolämpöverkon hiilijalanjälki oli 193,44 kg CO₂-ekv yhtä tuotettua MWh lämpöä kohti vuonna 2008. Jos mukaan otetaan ainoastaan hiilidioksidi, on hiilijalanjälki 193,37 kg CO₂-ekv/MWh. Verkoston häviö vuonna 2008 oli 13719,4 MWh eli noin 10,5 prosenttia tuotannosta.

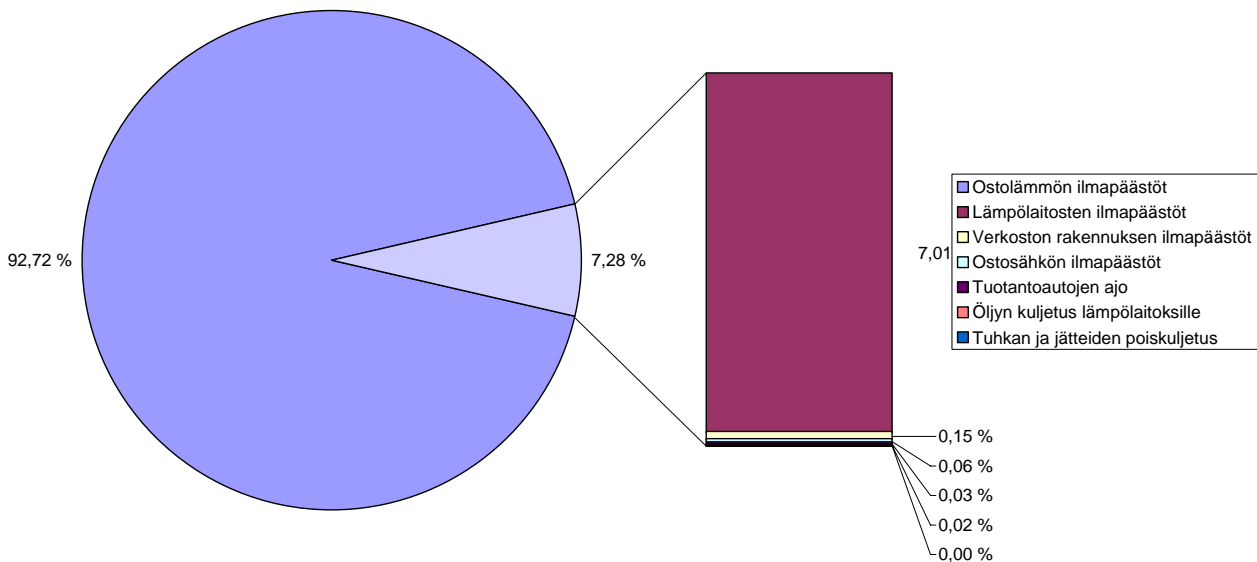
Yli 92 prosenttia kaukolämpöverkon kasvihuonekaasuista tulee ostolämmön tuotannosta. Yhdessä oman tuotannon ilmapäästöjen kanssa syntyy yli 99 prosenttia verkon kasvihuonekaasuista lämmön tuotannosta.

Loput kasvihuonekaasut syntyvät pääosin verkoston rakentamisesta sekä käytetyn sähkön tuotannosta. Kuljetus ja kulkeminen muodostaa vain hiukan yli 0,1 prosenttia osuuden kokonaisuudesta.

Päästölähteiden jakautuminen on esitetty kuvissa 11 ja 12. Verkon prosessaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 7.

Heinolan verkon CO2 päästöt 2008

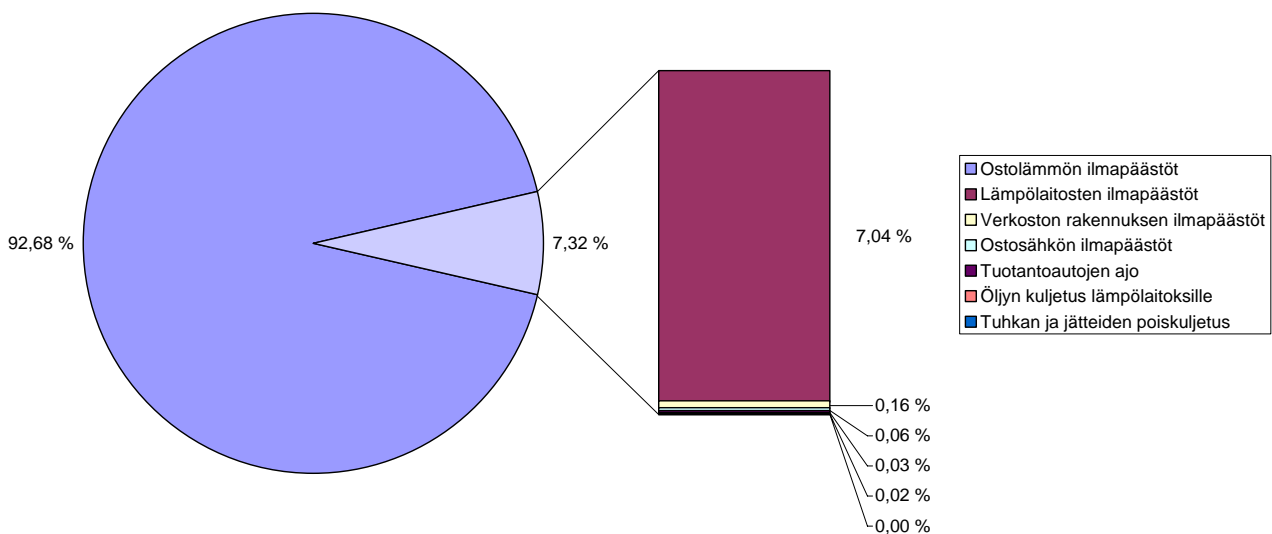
CO2 päästöt 193,37 kg CO2-ekv./myyty MWh
 Tuotannon CO2 päästöt 192,75 kg CO2-ekv./myyty MWh
 Yhteensä CO2 päästö 22 575,47 t CO2-ekv.



KUVA 11 Heinolan verkon CO2 päästöt 2008

Heinolan verkon CO2-ekv. päästöt 2008

Kaikki päästöt 193,44 kg CO2-ekv./myyty MWh
 CO2 päästöt 193,37 kg CO2-ekv./myyty MWh
 Tuotannon päästöt 192,75 kg CO2-ekv./myyty MWh
 Ekvivalentti kokonaispäästö 22 584,21 t CO2-ekv.



KUVA 12 Heinolan verkon CO2-ekv. päästöt 2008

4.1.3 Palokan verkko

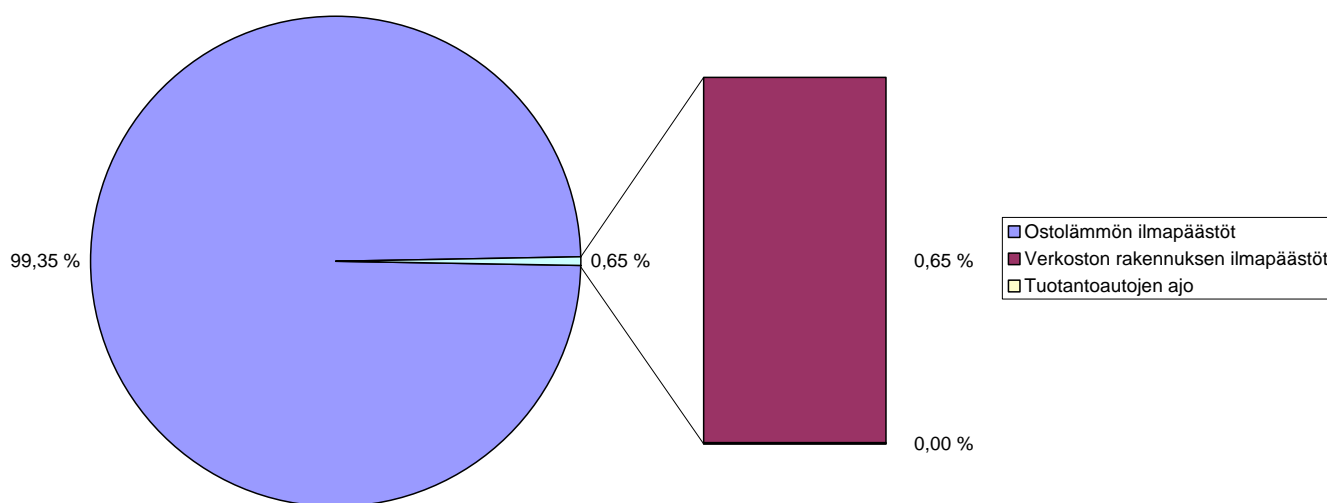
Palokan kaukolämpöverkon hiilijalanjälki oli 295,66 kg CO₂-ekv yhtä tuotettua MWh lämpöä kohti vuonna 2008. Jos mukaan otetaan ainoastaan hiilidioksidi, on hiilijalanjälki 295,65 kg CO₂-ekv/MWh. Verkoston häviö vuonna 2008 oli 9987,8 MWh eli noin 18,4 prosenttia tuotannosta.

Jyväskylässä sijaitsevassa Palokan verkossa merkittävin ja melkein ainoa kasvihuonekaasupäästölähde on ostolämmön tuotanto 99,3 prosentin osuudella koko verkon hiilijalanjäljestä. Koska verkossa ei ole omia tuotantolaitoksia, muita kasvihuonekaasupäästölähteitä on ainoastaan verkon rakentaminen, joka on suuruudeltaan noin 85 t CO₂-ekv.

Päästölähteiden jakautuminen on esitetty kuvassa 13. Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 8.

Palokan verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

Kaikki päästöt 295,66 kg CO₂-ekv./myyty MWh
CO₂ päästöt 295,65 kg CO₂-ekv./myyty MWh
Ostolämmön päästöt 293,64 kg CO₂-ekv./myyty MWh
Ekvivalentti kokonaispäästö 13 059,56 t CO₂-ekv.



KUVA 13 Palokan verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

4.1.4 Vaajakosken verkko

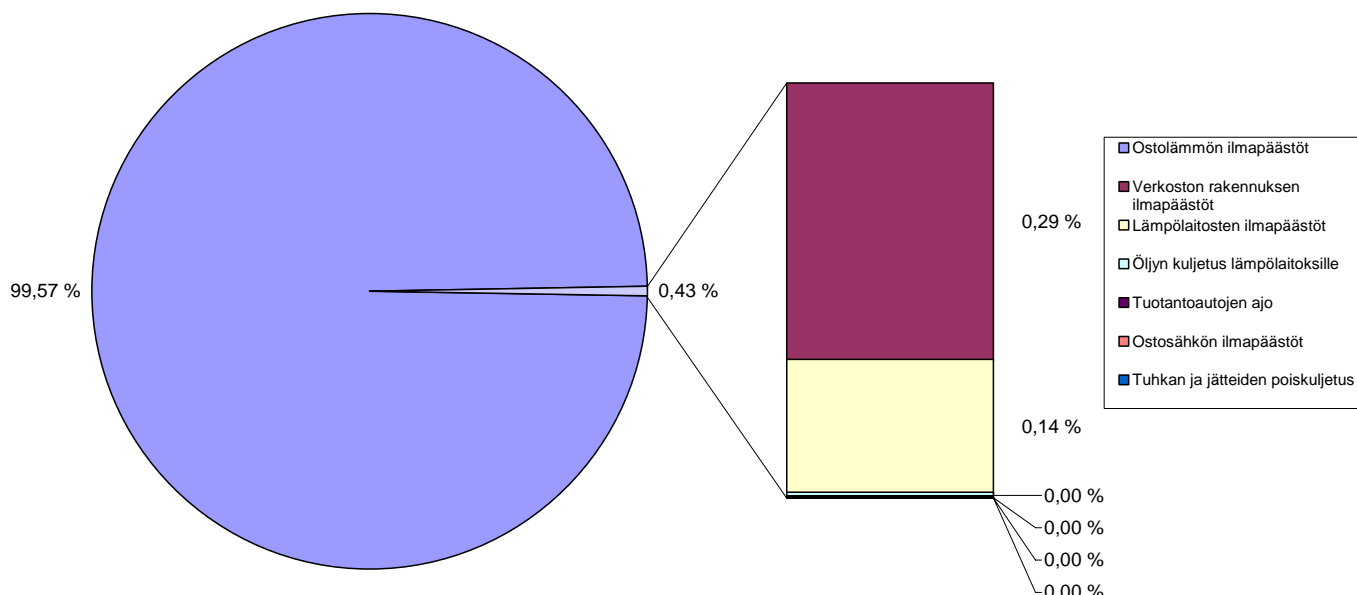
Vaajakosken kaukolämpöverkon hiilijalanjälki oli 289,75 kg CO₂-ekv yhtä tuotettua MWh lämpöä kohti vuonna 2008. Jos mukaan otetaan ainoastaan hiilidioksidi, on hiilijalanjälki 289,74 kg CO₂-ekv/MWh. Verkoston häviö vuonna 2008 oli 11354,5 MWh eli noin 17,1 prosenttia tuotannosta.

Verkossa myydyin kaukolämmön hiilijalanjälki määräytyy lähes kokonaan ostolämmön kasvihuonekaasupäästöjen mukaan. Jyväskylän Energialta ostetun kaukolämmön osuus hiilijalanjäljestä on 99,6 prosenttia. Muita pieniä päästölähteitä ovat verkoston rakentaminen sekä oma lämpölaite, jotka aiheuttavat yhteensä noin 68,4 t CO₂-ekv.

Päästölähteiden jakautuminen on esitetty kuvassa 14. Verkon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 9.

Vaajakosken verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

Kaikki päästöt 289,75 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 CO₂ päästöt 289,74 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Ostolämmön päästöt 288,80 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Ekvivalentti kokonaispäästö 16 004,9 t CO₂-ekv.



KUVA 14 Vaajakosken verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

4.1.5 Oulaisten verkko

Oulaisten kaukolämpöverkon hiilijalanjälki oli 229,36 kg CO₂-ekv yhtä tuotettua MWh lämpöä kohti vuonna 2008. Jos mukaan otetaan ainoastaan hiilidioksidi, on hiilijalanjälki 226,93 kg CO₂-ekv/MWh. Verkoston häviö vuonna 2008 oli 4793,97 MWh eli noin 11,3 prosenttia tuotannosta.

Verkon merkittävin kasvihuonekaasupäästölähde on Konttilan lämpölaite, jonka osuus koko verkon hiilijalanjäljestä on noin 90 prosenttia. Merkittävä päästölähde noin 6,5 prosentin osuudella on myös hakekasoista

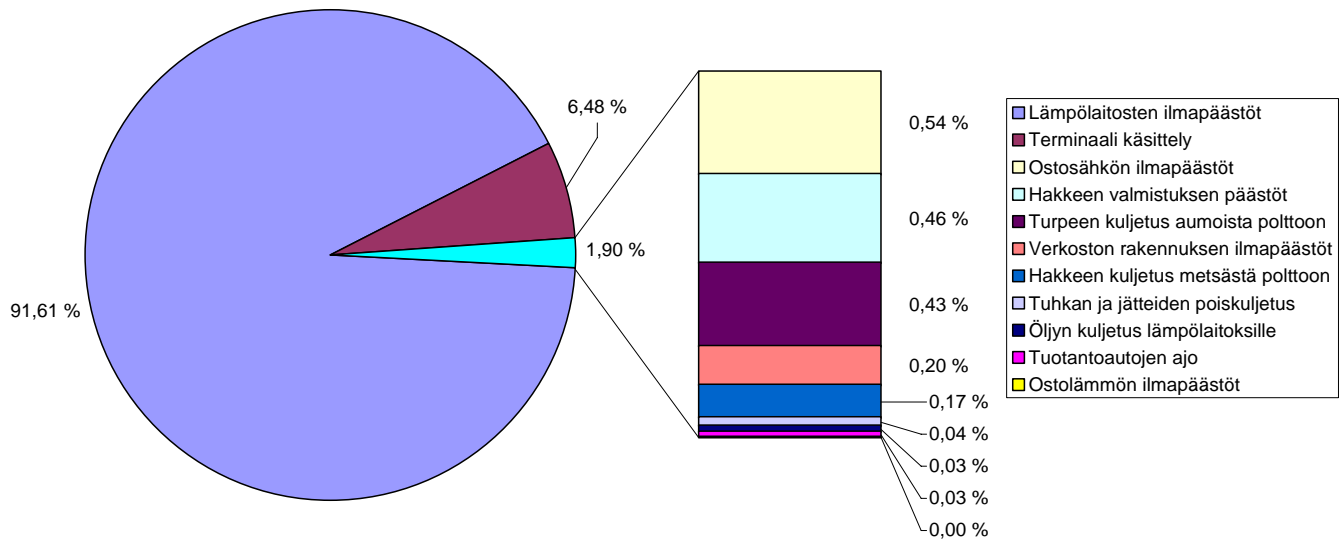
syntyvät ilmapäästöt, jotka arvioitiin työssä noin 555 t CO₂-ekv. suuruisiksi. Tämä vastaa noin 15 kg hiilidioksidipäästöä tuotettua MWh kohden.

Muut päästölähteitä ovat olleet koko hiilijalanjäljen kannalta melko pieniä. Oulaskankaan lämpölaitoksen kasvihuonekaasupäästö oli koko hiilijalanjäljestä 1,1 prosenttia. Samoin kun kaikkien kuljetusten ja ajojen yhteenlaskettu osuus koko hiilijalanjäljestä oli 0,8 prosenttia. Sähkön käyttö ja hakkeen valmistus muodosti 0,5 prosentin osuuden.

Päästölähteiden jakautuminen on esitetty kuvassa 15 ja 16. Verkon prosessaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 10.

Oulaisten verkon CO₂ päästöt 2008

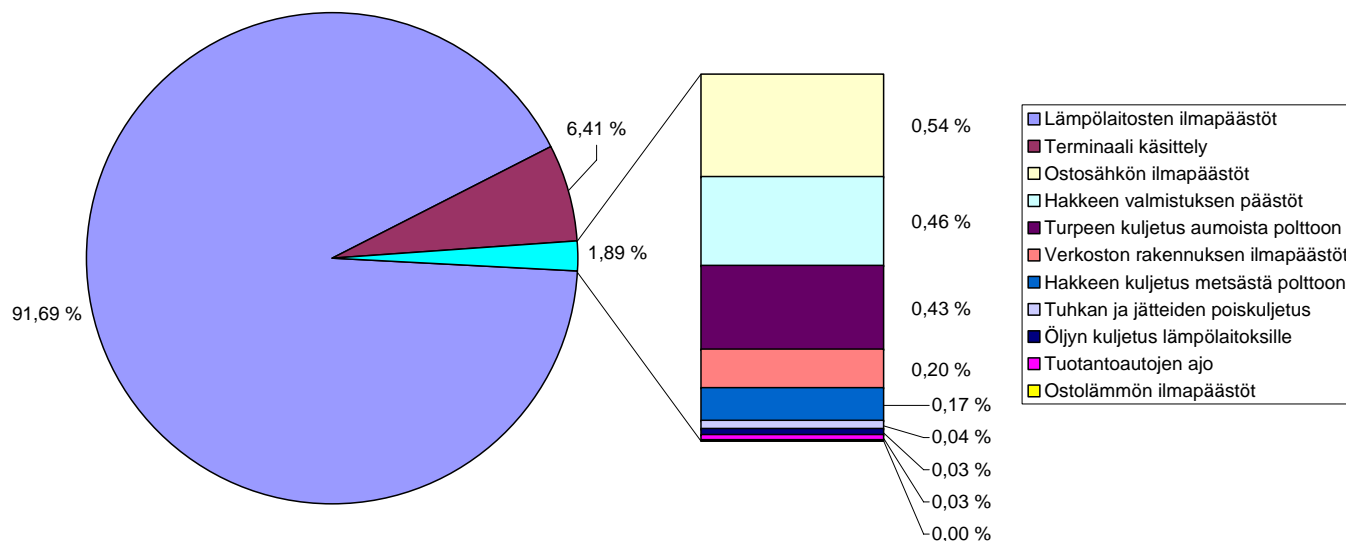
CO₂ päästöt 226,93 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Tuotannon päästöt 207,82 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Yhteensä CO₂ päästöt 8 563,35 t CO₂-ekv.



KUVA 15 Oulaisten verkon CO₂ päästöt 2008

Oulaisten verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

Kaikki päästöt 229,36 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 CO₂ päästöt 226,93 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Tuotannon päästöt 207,82 kg CO₂-ekv./myyty MWh
 Ekvivalentti kokonaispäästö 8 655,1 t CO₂-ekv.



KUVA 16 Oulaisten verkon CO₂-ekv. päästöt 2008

4.1.6 Hallinto

Vattenfall Lämmön hallinnon aiheuttama hiilijalanjälki oli 0,09 kg CO₂-ekv yhtä myytyä MWh lämpöä kohti vuonna 2008.

Hallinnon merkittävin hiilijalanjälki syntyy lentomatkoista yli 55 prosentin osuudella kaikista hallinnon kasvihuonekaasuista. Vuonna 2008 lentomatkustaminen työasioiden puitteissa on synnyttänyt noin 43 t CO₂-ekv. kasvihuonekaasuja. Myös työasioissa autolla ajaminen on synnyttänyt 13 t CO₂-ekv. kasvihuonekaasuja.

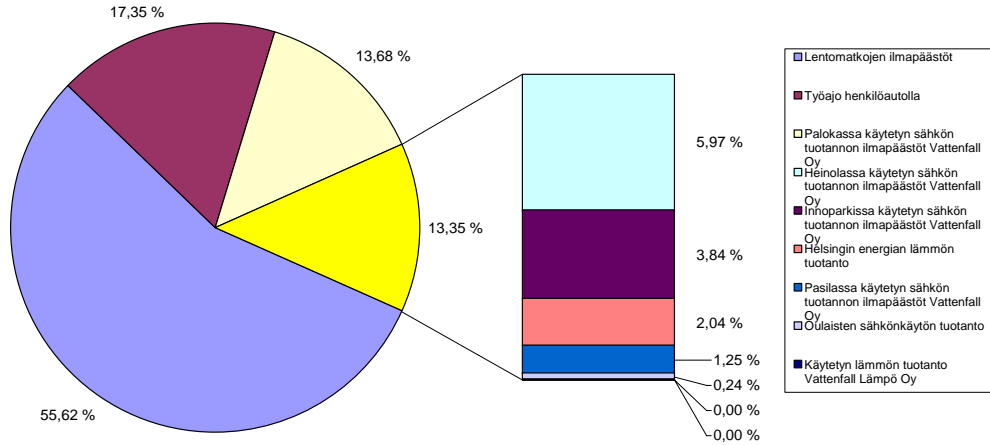
Sähkön käytöstä aiheutunut päästö on ollut absoluuttisesti suurin Palokan toimistossa, mutta eri toimistojen arvot eivät ole keskenään verrattavia, koska Palokassa on osittain käytössä sähkölämmitys. Kaikkien toimistojen sähkönkulutus on vastannut noin 19 t CO₂-ekv. määrää kasvihuonekaasuja.

Pasilan toimiston lämmön käytöstä on syntynyt 1,7 t CO₂-ekv. ja Oulaisten toimiston sähkön käytöstä 0,2 t CO₂-ekv. kasvihuonekaasuja.

Hallinnon päästöjen jakautuminen on esitetty kuvissa 17 ja 18. Hallinnon prosessikaavio ja inventaariotaulukko on kuvattu liitteessä 11.

Hallinnon CO2 päästöt 2008

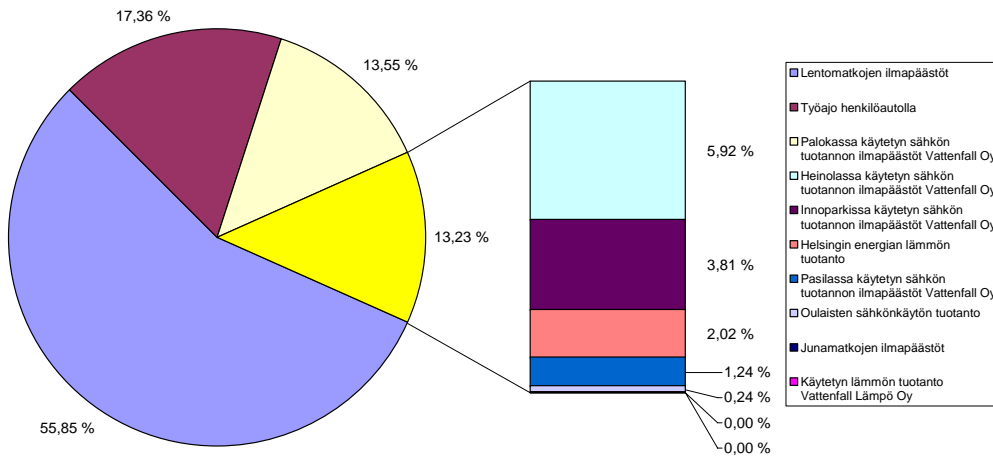
Kaikki päästöt 0,09 kg CO2-ekv./MWh
 CO2 päästöt 0,09 kg CO2-ekv./MWh
 Yhteensä CO2 päästöt 77,05 t CO2-ekv.



KUVA 17 Hallinnon CO2 päästöt 2008

Hallinnon CO2-ekv. päästöt 2008

Kaikki päästöt 0,09 kg CO2-ekv./MWh
 CO2 päästöt 0,09 kg CO2-ekv./MWh
 Ekvivalentti kokonaispäästöt 77,74 t CO2-ekv.



KUVA 18 Hallinnon CO2-ekv. päästöt 2008

4.2 Luotettavuuden arviointi

4.2.1 Aineisto

Ostolämmön tuotantoon liittyvä aineistoa kysyttiin kussakin verkossa olevan toimittajan vastuuhenkilöltä. Helsingin Energialta ei saatu vastausta, mutta heidän verkkosivuillaan oli mainittu kaukolämmön ominaishiilidioksidipäästölukema, jota käytettiin paremman tiedon puuttuessa. Jyväskylän Energian Marjukka Nuutinen ohjasi käyttämään heidän yhteiskuntavastuuraportissaan annettuja lukuja, josta saatiin laskettua Jyväskylän Energian ominaispäästökertoimet tuotetulle lämmölle. Koska Jyväskylän Energia tuottaa sekä lämpöä että sähköä, allokoitiin päästöt samalla metodilla kuin Vattenfall Lämmön oman tuotantolaitoksen, Vanajan voimalaitoksen, tapauksessa. Heinolan päästötiedot oli raportoitu jo aikaisemmin Vattenfall Lämmön aluepäällikölle, jolta tieto hankittiin. Oulaisten ostolämmön päästöjä kysyttiin Junnikkalan sahalta Veikko Kahilalta, jolta saatiin mittauksiin perustuvaa tietoa sahan päästöistä. Hämeenlinnan verkon Rautaruukin ja Mädättämön päästöjä ei tutkittu muuta kuin hiilidioksidin osalta, ja koska molemmilta tuottajilta ostetaan prosessien jätelämpöä, todettiin kasvihuonekaasupäästöjen olevan nolla. Ostolämmön osalta päästökertoimet olivat siis joko laskettuja tai mitattuja kertoimia. Koska päästötietoon liittyvä aineisto kerättiin päästön tuottajan valmistelemista lähteistä, voidaan ostolämmön aineistoa pitää luotettavana ja parhaana saatavilla olevana tietona.

Kaikki Vattenfall Lämmön tuotannossa käyttämä sähkö tulee Vattenfall Sähkönmyynnin kautta, jolta sähkönkulutustiedot saatiin kulutuspaikka-kohtaisesti. Näistä kulutuspaikoista valittiin mukaan ne, jotka kuuluvat tarkasteltavien verkkojen piiriin ja laskettiin sähkönkulutus yhteen. Hallinnon sähkönkulutus saatiin toimistokohtaisesti Vattenfall VBSN Suomen kiinteistöpäällikkö Kari Laineelta, joka ilmoitti toimistokohtaisen sähkönkulutuksen sekä toimistossa yhteensä työskentelevien henkilöiden määrän. Laskemalla sähkönkulutus henkilöä kohden ja kertomalla se Lämmön toimipaikkakohtaisella työntekijöiden määrällä, saatiin Lämmön osuus sähkön kulutuksesta. Oulaisten toimiston sähkönkulutuksesta ei saatu tietoa, joten sen suuruus arvioitiin käyttäen hyväksi Pasilan ja Innoparkin sähkönkulutusten keskiarvoa.

Sähkön alkuperää selvitettiin myös Sähkönmyynnin kautta, josta Matti Nikander ohjeisti käyttämään yhteispohjoismaista sähköntuotannon alkuperäjakaumaa ja päästökerrointa. Typenoksidien, rikinoksidien ja hiukkasten päästökertoimet saatiin Vattenfallin Corporate Social Responsibility 2008 (2009) raportista laskemalla Suomen, Tanskan ja Ruotsin vuotuisien kertoimien keskiarvo. Sähkön käytön määrät perustuvat sähkömittauksiin ja päästökerroin on yhteispohjoismaisesti käytetty pohjoismaissa myydyin sähkön päästökerroin.

Ostosähkön päästöihin liittyvä suurin epävarmuustekijä on sähköntuotannon muut päästöt kuin hiilidioksidi. Yhteispohjoismaiselle sähköntuotannon

nolle on ilmoitettu ainoastaan hiilidioksidipäästökerroin, mikä varmasti onkin merkittävin päästö sähköntuotannosta, mutta tuotannon muista päästöistä ei saatu tietoa. Oulaisten arvioitu sähkönkulutus ei aiheuta merkittävää virhettä laskentoihin, koska sähköä Oulaisten toimistolla käyttää ainoastaan yksi Vattenfall Lämmön työntekijä, jolloin hallinnon ilmapäästöluke ei muutu merkittävästi, vaikka arvio olisikin liian pieni tai suuri.

Oman tuotannon päästöt tunnetaan hyvin. Laitoksien päästöjä seurataan ja niitä raportoidaan vuosittain viranomaistalolle asti. Osa laitoksista kuuluu päästökaupan piiriin, jolloin päästöt ovat myös ulkopuolisen tarkastaja verifioimia. Osalle laitoksista on tehty päästömittauksia, ja lopuille laitoksille päästökertoimina käytetään yleisiä tilastokeskuksen päästökertoimia. Päästötietojen laskenta perustuu käytetyn polttoaineen määrään. Muiden kasvihuonekaasujen kuin hiilidioksidin määriä ei tunneta eikä niitä mitata. On kuitenkin hyvin harvinaista ja tapauskohtaista, että lämmön tuotannosta syntyisi merkittäviä määriä muita kasvihuonekaasupäästöjä kuin hiilidioksidia. Oman tuotannon päästöjä voidaankin pitää hyvin luotettavina tietoina.

Verkoston rakentamisen osalta arvioitiin kaivinkoneiden ja maansiirtokaluston aiheuttamia päästöjä. Päästöaineiston pohjatietona käytettiin tietoa rakennetun verkon määrästä ja rakentamisnopeudesta. Rakennetun verkon määrä kysyttiin Vattenfall Lämmön aluetason työntekijöiltä. Rakennustahti saatiin Heinolan tiiminvetäjältä Pasi Valjakalta. Paikallisesti verkoston rakennustahti samoin kuin rakennuskalusto vaihtelee, mutta näin yksityiskohtaisen tiedon kerääminen osoittautui liian haastavaksi. Myös vertailtavuuden vuoksi kaikille verkoille käytettiin samoja lähtöoletuksia, kuten kaivinkoneen ja maansiirtoon käytetyn auton päästökertoimia LIPASTO -tietokannasta (n.d.), sekä oletettua maansiirtoetäisyyttä. Vaikka verkoston rakentamiseen liittyy paljon arvioituja lähtötietoja ja oletuksia, voidaan laskennan lopputulosta pitää hyvin suuntaa antavana. Verkoston rakentaminen muodostaa vain hyvin pienen osan kaukolämmön hiilijalanjäljestä, ja jotta laskennan tulos vaikuttaisi merkittävästi hiilijalanjäljen lopputulokseen, tulisi verkoston rakentamisen osuus olla moninkertainen. Tehtyjen oletusten ja arvioiden virhemarginaali onkin näin ollen hyväksyttävä.

Biopolttoaineketjuun kuuluvien biopolttoaineen valmistuksen ja varastoinnin päästöjen arvioimiseen jouduttiin tässä työssä käyttämään yleisistä lähteistä saatuja oletuksia ja arvioita. Biopolttoaineketju on hyvin monimutkainen, ulkoistettu ja nopeasti muuttuva logistinen ketju, johon vaikuttaa useat eri muuttujat. Tämän takia mitatun tiedon kerääminen biopolttoaineen valmistuksesta ja varastoinnista ei onnistunut. Sen sijaan käytettiin tutkimustietoa yleisesti hakkeenvalmistuksen päästöistä sekä varastoinnista syntyvien kasvihuonekaasujen määristä. Hakkeenvalmistuksen päästöihin vaikuttaa merkittävästi haketuspaikka sekä käytetty laitteisto. Tämän johdosta haketuksen päästöt laskettiin eri haketustapojen keskiarvoisella polttoaineen kulutuksella sekä LIPASTO -tietokannan päästökertoimilla. Saatu päästö kerrottiin koko käytetyn biopolttoainemäärän kesken, koska muista kuin haketuksen aiheuttamista biopolttoaineen valmistuksen päästöistä ei saatu tietoa. Haketuksen päästöjen katsottiin kuvaavan hyvin yleis-

sesti biopolttoaineiden valmistuksen päästöjä sillä suurin osa käytetystä biopolttoaineesta on haketta. Koska haketuksen päästöjen määrä on kokonaisuuden kannalta melko pieni, on käytetyn aineiston mukanaan tuoma virheen mahdollisuus siedettävä, eikä se vaikuta lopputulokseen suuresti.

Merkittäviä epävarmuustekijöitä liittyi myös biopolttoaineen varastoinnin aiheuttamiin päästöihin. Wihersaaren mukaan (2005) tällaiset päästöt voivat olla merkittäviä, mutta niiden syntyyn vaikuttaa varastointiolosuhteet, polttoaineen kosteus sekä varastointiaika. Kaikki nämä tekijät ovat jatkuvasti muuttuvia tekijöitä. Arvio päästöistä haluttiin kuitenkin ottaa mukaan työhön, sillä vaikka tässä työssä käytettiin 6 kuukauden varastoinnin päästölle annetun vaihteluvälin alinta päästökerrointa, saatiin päästöjen määräksi merkittävä lukema. On vaikea sanoa, kuinka suuri tulokseksi saatujen hakekasoista varastoinnin yhteydessä tulevien kasvihuonekaasupäästöjen virhe on ilman tutkimustuloksia tai tarkempaa tietoa. On kuitenkin hyvin todennäköistä, että tässä työssä varovaisesti arvioitu päästö ei ole kuitenkaan merkittävästi liian suuri.

Polttoaine- ja jätekuljetusten päästöjen laskentaan käytettiin lähtötietona polttoaine- ja jätemääriä. Mitattujen tietojen kerääminen osoittautui kuljetusketjujen monimutkaisuuden takia mahdottomaksi. Eri lähteistä saatujen kuormatilavuuksien avulla laskettiin ajokertoja sekä arvioitiin ajomatkoja. Päästökertoimet saatiin joko kuljetusyrityksiltä tai LIPASTO -tietokannasta (n.d.). Merkittävimmät epävarmuustekijät polttoaine- ja jätekuljetusten osalta liittyvät kuljetusmatkojen pituuksiin. Etenkin biopolttoaineen osalta kuljetusmatkat vaihtelevat paljon, mutta myös öljytoimistusten ja jätteiden kuljetusmatkoja jouduttiin arvioimaan osittain paljonkin. Jälleen kerran kuljetusten osuus koko hiilijalanjäljestä on kuitenkin niin pieni, että saadun tuloksen suuruutta voidaan pitää hyvin suuntaa antavana lopputuloksen kannalta.

Yrityksen omistamien ajoneuvojen ja työajoon käytettyjen omien autojen kilometritiedot saatiin koottua laskutusjärjestelmästä. Tätä kautta kerätyllä aineistolla saatiin totuudenmukainen kuva ajetuista kilometreistä. Päästökertoimina käytettiin LIPASTO -tietokannan (n.d.) päästökertoimia, joista laskettiin keskimääräinen päästökerroin aluekohtaisesti riippuen ajoneuvokaluston tyypistä ja määrästä (henkilöauto, pakettiauto vai kuorma-auto). Koska ajoneuvojen päästökertoimet riippuvat auton tyypistä ja laadusta, voidaan yleisillä päästökertoimilla saada laskettua vain arviot päästöistä. Tästä huolimatta yleiset päästökertoimet antavat riittävän hyvän kuvan ajoneuvojen käytöstä syntyneistä päästöistä ja tuloksia voidaan tältä osin pitää luotettavana.

Aikaisemmin käsitellyn sähkönkulutuksen lisäksi hallinnon ilmapäästöt riippuvat myös lämmön käytöstä, sekä matkustamisesta. Lämmönkäytön osalta jouduttiin Helsingin toimiston kohdalla käyttämään paremman tiedon puuttuessa toimiston tilavuuteen ja keskimääräiseen lämmönkulutukseen liittyvää lähtötietoa. Tällä tavalla lasketulla lämmön kulutuksella saatiin vain karkea arvio lämmönkulutuksen aiheuttamista päästöistä. Päästökertoimina käytettiin Helsingin Energian verkkosivuilla ilmoittamaa omi-

naispäästöä, jolla saatiin laskettua hiilidioksidipäästöt, mutta ei muita kasvihuonekaasupäästöjä. Koska lämmönkulutuksesta ei saatu mittaustietoja, on tilavuuden mukaan laskettu arvo karkea yleistys, mutta silti paras saatavilla oleva. Matkustamisen tiedot selvitettiin matkatoimiston ja Vattenfallin HR -osaston kautta. Saadun aineiston avulla laskettu ja saatu päästötieto kuvaa hyvin matkustamisesta aiheutuneita päästöjä. Etenkin lentomatkustamisen päästöt on laskettu AREA:n soveltamalla menettelyllä, jossa huomioidaan hyvin eri lentomatkustamisen muuttujat.

Kaukolämmön hiilijalanjäljen määrittämisen kannalta oli oleellista tunnistaa kaikki kaukolämmön elinkaareen liittyvät prosessit. Tämä kartoitus tehtiin osin yhdessä Vattenfall Lämmön ympäristöasiantuntijan sekä teknisen johtajan kanssa. Tämän pohjalta voidaan todeta, että työssä on mukana kaikki hiilijalanjäljen kannalta merkitykselliset prosessit tarvittavalla laajuudella.

Tietojen koonnin ja käsittelyn on hoitanut tämän opinnäytetyöntekijä itse, ja niiden kokoamisessa on noudatettu suurta huolellisuutta. Kerätyssä tiedossa ei pitäisi olla siirrosta tai käsittelystä johtuvia virheitä.

4.2.2 Metodit

Työssä käytettyä päästötietoa kerättiin kysymällä kunkin päästölähteen omistavan yrityksen vastuuhenkilöltä. Osa aineistosta oli valmiina saatavilla, mutta osa aineistosta jouduttiin keräämään tai arvioimaan. Työn puitteissa ei suoritettu päästömittauksia minkään päästölähteen osalta, vaan olemassa olevan tiedon puuttuessa käytettiin päästölähteestä saatavilla ollutta tietoa, tai laskemalla arvioitiin päästön suuruus. Työssä lasketut päästöt laskettiin yksinkertaisesti kertomalla prosessikohtainen data selvitettyllä tai lasketulla päästökertoimella. Hapetuskertoimen oletettiin olevan osa päästökerrointa. Laskentapohjana käytettiin Excel -taulukkolaskentaohjelmaa.

4.2.3 Dokumentaatio

Kerätty aineisto koottiin verkostokohtaisesti taulukoihin, joissa on näkyvillä lähtötiedot, tietolähteet sekä laskentojen kautta saadut lopputulokset. Kaukolämmön hiilijalanjälkeen liittyen on kunkin verkoston prosessi kuvattu prosessikaaviossa, joissa jokainen prosessi on numeroitu samalla numerolla kuin päästötaulukossa. Työn suoritus ja arviointi koottiin Hämeen ammattikorkeakoulun opinnäytetyöpohjan mukaisesti Word -tekstinkäsittelyohjelmaan.

4.2.4 Prosessi

Kaukolämmön hiilijalanjäljen laskenta toteutettiin HAMKIn opinnäytetyöoppaan sekä GHG Protocolin antamien ohjeiden mukaisesti. Inventaarion laadinnan teki opinnäytetyön tekijä pääosin itsenäisesti, mutta apuna

käytettiin yrityksen ja alihankkijoiden asiantuntijoita sekä osaamista. Työhön liittyen suoritettiin suunnittelu, tiedonkeräys, laskenta, dokumentointi, arviointi ja raportointi.

5 TULOSTEN TULKINTA

5.1 Kaukolämmön hiilijalanjälki

Yleisesti ottaen voidaan todeta, että kaukolämmön hiilijalanjäljen suuruus on pääosin riippuvainen siitä, miten kaukolämpö tuotetaan. Kaikissa verkoissa tuotannon osuus koko hiilijalanjäljestä oli ehdottomasti merkittävin osa laskentaa. Hämeenlinnan verkon maakaasun ja turpeen korvaaminen uusiutuvilla polttoaineilla vaikuttaisi merkittävästi hiilijalanjäljen pienentämiseen. Myös Oulaisten hiilijalanjäljessä näkyy turpeen polton vaikutukset. Toisaalta Oulaistenkin verkon hiilijalanjälki voisi olla isompi, jos ostolämpöä ei tuotettaisi puuenergialla. Palokan, Vaajakosken ja Heinolan verkkojen jalanjälki on suoraan riippuvainen ostolämmön tuotannosta. Tässä yhteydessä on kuitenkin syytä huomioida myös se, että Vattenfall Lämmön ei olisi, ainakaan nykyisillä laitoksillaan, mahdollista tuottaa kaukolämpöä itse yhtään ilmastoystävällisemmin.

Huomionarvoista tehdyssä tutkimuksessa oli se, kuinka paljon hakekasoisista voi pahimmillaan syntyä kasvihuonekaasuja. Kuuden kuukauden varastointiajalla päästöt ovat luokkaa 60-140 kg CO₂-ekv./MWh (Wihersaari 2005, 44). Tähän päästölähteeseen liittyy paljon epävarmuustekijöitä ja muuttujia, mutta parhaimmassakin tilanteessa voidaan arvioida päästöjä syntyvän merkittäviä määriä.

Mielenkiintoinen huomio tutkimuksessa oli myös se, kuinka paljon metaanipäästöjä syntyy välillisesti maakaasun käytöstä. Ennen kuin maakaasua voidaan käyttää lämpövoimalaitoksella, on siirrossa jo kadonnut päästöjen kannalta merkittäviä määriä metaania. Vaikka siirron häviöt ovat prosentuaalisesti pieniä, tekee metaanin GWP -kerroin päästöstä merkittävän. Periaatteessa nämä päästöt eivät ole Vattenfallin vaikutusmahdollisuuksien piirissä, mutta välillisesti Vattenfallin maakaasun käyttö on osasyynä myös siirron häviöihin

Laskettaessa hiilijalanjälkeä myydylle MWh:lle on häviöiden osuus myös merkittävä lopputuloksen kannalta. Mitä enemmän kaukolämpöä hukataan ennen kuin se saadaan toimitettua asiakkaalle, sitä enemmän hiilikuormaa kasautuu myydylle MWh:lle. Lämmön karatessa verkostohäviöihin joudutaan käyttämään enemmän polttoaineita haluttuun lämmöntuotantoon, joka on myös taloudellinen kysymys.

Monet pienemmät päästölähteet jäävät suhteessa vähäisiksi tuotannon päästöjen rinnalla, mutta tämä ei välttämättä tarkoita sitä, että nämä päästölähteet olisivat merkityksettömiä. Vaikka joidenkin päästölähteiden prosentuaalinen osuus koko hiilijalanjäljestä jäi pieneksi, tulisi kuitenkin muistaa, että näidenkin lähteiden vuotuiset päästöt ovat useita kymmeniä tonneja hiilidioksidiekvivalentteja kasvihuonekaasuja. Sama päästö määrä

syntyisi siitä, jos ajettaisiin bensiinikäyttöisellä henkilöautolla puolitoista kertaa maapallon ympäri (henkilöauton päästön ollessa 172 g CO₂-ekv./km).

Hallinnon osalta hiilijalanjäljen suuruus jää alhaiseksi, kun lopputulos jaetaan yrityksen kokonaisenergianmyynnin kesken. Tämä on kuitenkin helpposti selitettävissä sillä, että toimistoissa käytetään pääosin oman tuotannon lämpöä, jonka päästöt lasketaan mukaan verkkojen omiin laskentoihin. Tämä ei silti tarkoita sitä, ettei hallinnon lämmönkulutusta vähentämällä saavutettaisi kasvihuonekaasuvähennyksiä. Jos lämpöä ostettaisiin muualta, voisi lämmönkulutuskin olla kuitenkin merkittävämpi päästölähde hallinnon osalta kuin mitä se on nyt.

Huomionarvoista hallinnon päästöissä oli myös se, että lentomatkojen osuus on hyvin suuri kaikista hallinnon päästöistä. Korvaamalla lentomat-kustusta vaativia kokouksia muilla neuvottelumenetelmillä, sekä tehostamalla kokousmatkoja, saataisiin koko hallinnon hiilijalanjälkeä pienemmäksi. Monesti henkilökohtainen tapaaminen on kuitenkin tarpeen, joten lentomatkojen päästöjen kompensoiminen on yksi vaihtoehto vähentää matkustamisen hiilikuormaa. Samoin korvaamalla automatkoja mahdollisuuksien mukaan, esimerkiksi junamatkoilla, päästäisiin ilmaston kannalta parempaan lopputulokseen.

5.2 Hiilijalanjäljen hyödyntäminen

Hiilijalanjälki antaa tietoa yrityksen sisäiseen ja ulkoiseen käyttöön ja tarvittaessa myös yhteiskunnan tarpeisiin. Sisäisessä käytössä tuloksia voidaan hyödyntää päästölähteiden minimoimisessa ja prosessien optimoinnissa ilmapäästöjen osalta, kun saadun tiedon pohjalta pystytään asettamaan sopivia ympäristöjohtamisjärjestelmän mukaisia ympäristötavoitteita ja toteuttamaan niitä. Hiilijalanjälki antaa myös vertailupohjan muihin markkinoilla oleviin kilpaileviin tuotteisiin. Ulkoisessa käytössä hiilijalanjäljen avulla yritys voi tiedottaa asiakkailleen ja yhteistyökumppaneilleen oman toimintansa ja tuotteidensa ilmastoystävällisyydestä tai hakea esimerkiksi ympäristömerkintöjä. Tietyissä olosuhteissa hiilijalanjäljen määrittäystä voidaan käyttää myös markkinoinnin apuna. Yhteiskunnallinen käyttö voi tarkoittaa esimerkiksi hiilijalanjäljen käyttöä päätöksenteon tukena. (SFS-EN ISO 14040, 2006, 44)

Hiilijalanjäljen määrittäminen on elinkaariarvioinnin kaltainen tutkimus, jonka hyvänä puolena on se, että se on koko tuotantoketjun kattava monipuolinen selvitys tuotteen ilmastovaikutuksista. Tällaisen tutkimuksen avulla pystytään tunnistamaan suuria päästölähteitä, joihin voidaan tämän jälkeen vaikuttaa paremmin. Tällöin esimerkiksi suurien verkostohäviöiden vähentämisellä saavutetaan myös kustannushyötyjä. Tällainen tutkimus lisää myös tuotteen läpinäkyvyyttä ja yrityksen avoimuutta ilmastoasioiden suhteen. Tutkimus antaa tietoa kommunikoinnille sidosryhmien kanssa.

Tällaisen tutkimuksen ongelmia ovat sen objektiivisuus ja kyseenalainen puolueettomuus. Tutkimuksen tehnyt taho herättää kysymyksiä myös tutkimuksen luotettavuudesta, jos tutkimusmenetelmiä ja tuloksia ei ole avattu riittävästi. Koska tutkimus on yrityksen itsensä laatima, voi sen uskottavuus myös jäädä huonoksi. Tällaisten tutkimusten tulosten tulkinta ja hyödyntäminen sekä tulosten käyttö oikein on myös altis väärinkäytöksille. (Loikkanen ym. 1999.)

Ongelmia tällaisen tutkimuksen hyödyntämiselle asettaa aiheen ja tutkimuksen rajaus, laskentaperusteiden ja kertoimien valinta sekä työssä tehdyt oletukset. Paljon riippuu myös tutkimustiedon laadusta ja saatavuudesta, joka heijastuu myös tutkimuksen oikeellisuuteen. Usein tällaiset tutkimukset ovat myös huonosti keskenään vertailtavia. Kuitenkin, jos yritys laskee tietyn tuotteen hiilijalanjälkeä peräkkäisinä vuosina käyttäen joka kerta samaa menetelmää, voidaan tuloksia vertailla helposti keskenään.

5.3 Kaukolämmön vertaaminen muihin lämmitysmuotoihin

Kaukolämmön vertaaminen muihin lämmitysmuotoihin voidaan tehdä erilaisten näkökohtien kautta. Vertailua voidaan tehdä ainakin ympäristökuormituksen suuruuden, turvallisuuden, taloudellisuuden, käytön helpouden mukaan sekä sosiaalisten näkökulmien pohjalta. Jopa näiden näkökohtien sisällä voidaan vertailla erilaisia tekijöitä.

Eri lämmitysmuotojen ympäristökuormituksesta on olemassa paljon tietoa, mutta tiedot ovat keskenään vaikeasti vertailtavia. Joko tieto on hyvin tapauskohtaista tai suppeaa käsitellen vain jotain tiettyä näkökulmaa. Vertailtaessa esimerkiksi taulukoiden 3, kuvan 19 ja taulukon 4 hiilidioksidiekvivalentteja lukuja keskenään, voidaan todeta vertailun olevan mahdotonta. Taulukoiden 3 ja kuvan 19 näkökulma on polttoainekohtainen, kun taas taulukon 4 lähtökohtana on ollut tuotantotapa. Vain harvoista lämmitysmuodoista on tehty kattavia elinkaariselvityksiä, jolloin kunkin lämmitysmuodon todellista ympäristökuormitusta on vaikea todentaa pelkkien päästöjen osalta. Mahdollista on myös se, että ympäristöä paljon kuormittavien lämmitysmuotojen elinkaariselvityksistä ei haluta pitää kovin suurta ääntä.

Turvallisuustekijä eri lämmitysmuodoissa riippuu lähes aina käytettyjen laitteistojen huoltamisesta. Hyvin hoidettu ja huollettu oikein toimiva lämmityslaitteisto on myös turvallinen. Toisaalta mitä vähemmän laitteistoa tarvitsee huoltaa, sitä helpommin se säilyy turvallisena. Turvallisuuden liittyy myös huoltovarmuuskysymys, jolloin kaukolämpöä voidaan pitää monelta osin kotilämmitystä parempana vaihtoehtona. Kaukolämpövettä on aina saatavilla ja kaukolämpölaitosten polttoainehuolto on usein hyvin turvattu. Kaukolämpöverkossa voi olla myös useita laitoksia, jolloin toisen rikkoontuessa voidaan käyttää varalaitosta.

Taloudellinen vertailu on helppoa lämmityskustannusten pohjalta. Tällaisessa tarkastelussa tulisi huomioida kuitenkin myös niin sanotut piilokulut,

joita muodostuu juuri laitteistojen huoltamisesta, piipun nuohoamisesta, vanhojen laitteiden uusimisesta ja käytetystä työajasta. Tämän vuoksi kotilämmittäjän polttoainekustannuksia ei voidakaan suoraan verrata kaukolämmön hintaan, sillä kaukolämpölaskussa on jo sisällytettynä kaikki nämä piilokulutkin. Talousvertailussa tulisi huomioida myös pidemmän aikavälin trendit. Polttoaineiden hinnat elävät, joten kustannukset eri ajan-kohtina voivat olla hyvinkin erilaiset. Kaukolämmön hinnan kehitystä taas voidaan pitää tasaisena.

Käytön helppous voi olla monesti käyttäjästäkin kiinni. Lämmityslaitteisiin perehtynyt ja teknisesti taitava henkilö voi kokea, että kotilämmityslaitteiston käyttö on helppoa, kun taas paljon lämmityskohteesta poissa oleva taitamaton henkilö arvostaa vaivattomuutta. Juuri vaivattomuudessa parhaimpia vaihtoehtoja ovat varmasti sähkölämmitys ja kaukolämmitys, jolloin lämmittäjän ei tarvitse huolehtia muusta kuin laskujen maksamisesta.

Sosiaalisia näkökulmia verrattaessa voidaan pohtia esimerkiksi eri lämmitysmuotojen työllistäviä vaikutuksia. Paikallista työllistymistä pystyy edistämään parhaiten käyttämällä lämmitykseen polttoaineita, jotka tuotetaan lähellä. Toisaalta myös kauempaa tulevien polttoaineiden, kuten öljyn tai kaasun, käyttäminen edesauttaa työllisyyttä, mutta ei välttämättä paikallisesti.

TAULUKKO 3 *Polttoaineiden tuotannon ja käytön aiheuttamat kasviuonekaasupäästöt (Kupari n.d., 25)*

	Tuotanto [g CO ₂ -ekv/MJ]	Käyttö [g CO ₂ -ekv/MJ]	Yhteensä [g CO ₂ -ekv/MJ]
POR	9,2	79,0	88,2
POK	9,3	75,7	85,0
Palaturve	1,3–1,6	102,7	104,0–104,3
Jyrsinturve	1,3–1,4	106,7	108,0–108,1
Hakkuutähdehake	1,1–1,4	1,8	2,9–3,2
Rankahake	2,4	1,8	4,2



Arvioita eri polttoaineiden tuotannon ja polton kasvihuonekaasupäästöistä

Polttoaine	Päästöt [kg CO ₂ -ekv./MWh _{pa}]
Metsähake	5 – 20
Sahanpuru, kuori	5 – 15
Pelletti	10 – 120
Pyrolyysiöljy	45 – 55
Hiili	340
Turve	400
Kevyt polttoöljy	285
*Fischer-Tropsch-diesel (ruokohelpi)	8
*Ohraetanoli & rypsimetyyliesteri	30

Soimakallio & Wihersaari 2002 VTT Symbiosium 221
*Mäkinen et al. 2006 VTT Tiedotteita 2357



KUVA 19 Arvioita eri polttoaineiden tuotannon ja polton kasvihuonekaasupäästöistä (Soimakallio & Wihersaari 2002)

TAULUKKO 4 Talojen lämmityksen hiilijalanjäljet (Orchard n.d.)

CO2 Footprints for Heat Supply to buildings					
Piped heat serving radiators and electric heating from different sources.					
Central and distributed supplies for different fuel sources.					
Tax signal when displacing CO2 valued at £80 per tonne. (ROC)					
Heat supply options gross (higher) CV basis	kg/CO ₂ /kWh per unit of Energy	Distribution losses		kg/CO ₂ /kWh Energy delivered	Tax signal pence per kWh
		Energy Average loss %	CO ₂ Average loss kg		
Electricity from Coal 36% & CHP	0.837	10	0.084	0.920	7.360
Biogas as a fuel 40% efficient conversion from Biomass (Lund University Maria Berglund Pal Borjesson)	0.850	2	0.017	0.867	6.936
Electricity from Gas 48% & CHP	0.397	10	0.040	0.437	3.496
<i>Biomass (Wood) as a fuel</i>	0.340	NA	NA	0.340	2.720
Air source Heat Pump COP 2.5	0.335	0	0.000	0.335	2.678
Electricity from coal	0.301	NA	NA	0.301	2.408
Coal as fuel	NA	NA	NA	0.255	2.040
Old Gas Boiler	NA	NA	NA	0.222	1.776
New Condensing Gas Boiler	0.212	NA	NA	0.212	1.696
Heat Micro CHP 1kWel 6% (el) 86% overall efficiency	0.191	2	0.004	0.195	1.560
Gas as fuel	0.167	0	0.000	0.167	1.339
Heat Pump good heat source COP 5 electricity from coal	0.103	10	0.010	0.113	0.904
Piped Heat from 500 kWel CHP 34.7 % (el) 86% overall efficiency Gas	0.066	20	0.013	0.079	0.632
<i>Piped Heat from large biomass CHP co fired with coal.</i>	0.066	20	0.013	0.079	0.632
Piped Urban Hot Water Heating from Coal fired CHP COP 12.7	0.033	20	0.007	0.040	0.320
Piped Urban Hot Water heating from Gas fired CCGT CHP COP 12	0.010	10	0.001	0.011	0.088
Electricity from Nuclear	0.010	10	0.001	0.007	0.056
Electricity by Wire from Renewables Wind/Solar Coal fired plant displaced	0.001	20	0.000	0.001	0.010
Piped Urban Hot Water heating from Nuclear fired CHP COP 10					

© William Orchard, Orchard Partners London Ltd william@orchardpartners.co.uk
Note For bio fuels the table separates out CO2 emitted when bio fuel is burnt from CO2 removed when the bio fuel is grown. These signals allow optimal growth and use of biomass to neutralise or displace CO2. WRHO 07-02-2009

5.3.1 Energialähteiden ilmastovaikutuksia

Lämmittäminen maakaasulla edellyttää, että lämmityskohde on maakaasuverkon lähettyvillä ja että kohteessa on maakaasupoltolle sopiva polttokattila. Maakaasulla lämmittämisen ilmastovaikutuksista merkittävimmät ovat poltosta syntyvien kasvihuonekaasujen lisäksi siirron häviöt. Kaukolämpölämmitykseen verrattuna maakaasulämmitys edellyttää polttolaitteiston huoltamista ja piipun nuohoamista. Myös talon sisäinen maakaasuverkko tulee pitää kunnossa. Maakaasu on myös fossiilinen uusitutumaton polttoaine. Maakaasulämmityksen ja kaukolämmön paremmuuden vertailu ilmaston kannalta on vaikeaa, koska kaukolämmön ilmastovaikutus on riippuvainen sen tuotannossa käytetyistä polttoaineista. Poltettaessa maakaasua itse kulutuspaikassa kaukolämpölaitoksen sijasta, vältytään kaukolämmön siirtohäviöiden mukaan tuomalta hiilikuormalta. Toisaalta pienikokoisten kattiloiden hyötysuhteissa ei päästä CHP -laitosten korkeisiin hyötysuhteisiin. Yleisesti voidaan todeta, että kaukolämpö on joka tapauksessa vaivattomampi lämmitysvaihtoehto kuin oma polttokattila.

Polttoöljy on myös fossiilinen polttoaine, joka tuodaan Suomeen ulkomailta. Öljyn tuottaminen, kuljetus ja jalostus tuottavat kasvihuonekaasupäästöjä. Öljyn elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt ovat riippuvaisia myös eri raaka-aineista. Neste Oilin NExBTL biodieselin kasvihuonekaasupäästöt on kuvattu olevan 1,3–2,6 tCO₂-ekv., kun normaalin fossiilisen dieselin vertailulukuna on käytetty 3,8 tCO₂-ekv. (Vuosikertomus 2007, 21).

Sähkölämmityksen elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset ovat paljolti riippuvaisia käytetyn sähkön tuotannon polttoaineista. Fossiilisilla polttoaineilla tuotettu sähkö aiheuttaa luonnollisesti suuremman hiilikuorman kuin uusiutuvilla polttoaineilla tuotettu. Sähkölämmityksen ilmastovaikutuksiin vaikuttaa myös siirron ja käytön tehokkuus, kuten kaukolämmönkin osalta.

Maalämpö on uusiutuva ja ekologinen lämmitysmuoto. Sen käyttöön tarvitaan kuitenkin myös sähköä. Sähkön tarve on kuitenkin vain noin yksi kolmasosa suoran sähkölämmityksen määrästä. (Suoranta 2009.) Tällöin maalämmön elinkaarikustannuksiksi jäävät sähköntuotannon ja maalämpölaitteiston valmistuksesta ja asennuksesta aiheutuvat päästöt. Uusitutuvalla sähköllä tuotettua maalämpöä voidaankin pitää hyvin vähän ympäristöä kuormittavana lämmitysvaihtoehtona.

Aurinkokennoilla kerätyn energian ilmastovaikutukset syntyvät aurinkokennojen sekä sähkölaitteiden valmistuksesta. Ongelmana aurinkoenergiassa on kuitenkin säätilojen vaihtelu ja kerätyn energian varastointi. Etenkin Suomessa, jossa energian tarpeen ajankohta ja auringon säteilylämmön määrä osuvat paljolti eri puolelle vuotta, on aurinkoenergia käytettävissä ainoastaan lisäenergianlähteenä. Tuulienergian käyttämiseen on kehitetty myös kotitalouskokuksen ratkaisuja. Ongelmat tuulienergian kanssa ovat samankaltaisia aurinkoenergian kanssa. Tarjonta ja kysyntä eivät useinkaan kohtaa. Suomessa haasteen asettaa myös maantieteellinen sijainti, jolloin kaikkialla ei tuulienergiaa ole riittävästi saatavilla. Aurinko-

ja tuulienergian hyödyntäminen lämmityksessä on pitkälti suorilta ilmastovaikutuksiltaan neutraalia. Tällaisten energiamuotojen ilmastovaikutukset aiheutuvatkin laitteiden tuotannon ja valmistuksen sekä käytöstä poiston päästöistä.

Suomessa vaikeasti hyödynnettäviä bioenergianlähteitä ovat myös aaltoenergia, vuorovesienergia sekä geoterminen energia. Ongelmana kaikissa näissä on niiden huono alueellinen saatavuus ja kalliit toteuttamisvaihtoehdot. Näiden energiamuotojen ilmastovaikutuksista merkittävin osa on elinkaaren muissa vaiheissa kuin tuotannossa.

5.3.2 Mietintä vertailujen vaikeudesta

Elinkaarien ja hiilijalanjälkien määrittäminen on olemassa useita eri menetelmiä. Vaikka osa niistä onkin standardoituja, antavat nämäkin menetelmät käyttäjälleen monia sovellusmahdollisuuksia.

Ensimmäinen ongelma eri menetelmien vertailussa tulee eri analyysien rajauksista. Kun tuotteiden virtauskaaviot ovat jo valmiiksi erilaisia ja niitä vielä rajataan kunkin analyysin tavoitteiden mukaisesti, voi lopputuloksen suora vertaaminen toiseen analyysiin olla harhaanjohtavaa. Tulosten keskinäinen vertailu tulisi tehdä vasta syvällisemmän analyysin osa-alueiden tutkimisen jälkeen, ja tämänkin jälkeen vertailutuloksien suhteen kannattaa olla terveen skeptinen.

Ehkä edellä mainittujen seikkojen johdosta erilaisia elinkaarianalyysejä ei vielä paljoakaan ole saatavilla ja suuremmat yritykset tyytyvätkin usein vain mainitsemaan joitain analyysin tuloksia suurpiirteisesti. Toisaalta mietittäessä tällaisen analyysin hyötynäkökohtia ja tavoitteita yrityksen näkökohdasta, ei tulosten tarkka julkaiseminen ole tarkoituksenmukaista.

Isoissa verkostoissa elinkaareen mukaan otettaviin prosesseihin vaikuttavat hyvin monenlaiset asiat. Esimerkiksi sähköntuotannon päästöihin vaikuttaa suuresti se, miten sähkö tuotetaan, eli toisin sanoen, keneltä se ostetaan. Vaikka sähkön toimittaja olisikin kaikissa vertailukohteissa sama, voi eri vuosina tuotetun sähkön alkuperä vaihdella sääolosuhteiden tai paikallisten tuotantopoikkeavuuksien mukaan. (Corporate Social Responsibility Report 2008 2009.)

Jos kuitenkin on saatavilla kaksi samasta aiheesta tehtyä hiilijalanjäljen tutkimusta, tuotteiden vertailu täytyy tehdä hyvin huolellisesti. Vertailtaessa eri hiilijalanjälkiä tulee varmistaa ensinnäkin, että vertailtavat tuotteet ovat samanlaisia, eli että toiminnallinen yksikkö on sama. Toiseksi tulee varmistaa, että johdonmukaisesti vertailujen rajaukset, allokoinnit ja prosessien pois jättäminen on tehty samalla tavalla. Kolmanneksi tulee varmistaa, että jalanjälki on raportoitu läpinäkyvästi ja lisäksi on hyvä asennoitua tehtyihin tutkimuksiin epäillen. Hiilijalanjälkien vertailun lisäksi tulisi muistaa, että tuotteen ilmastovaikutukset eivät kerro koko totuutta tuotteen ympäristövaikutuksista. (Framework for the development of Carbon Footprints For Paper & board products. 2007.)

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkittaessa viittä eri Vattenfall Lämmön kaukolämpöverkkoa todettiin että merkittävin kaukolämmön hiilijalanjälkeen vaikuttava tekijä on tuotannossa käytetty polttoaine. Palokan ja Vaajakosken alueiden hiilijalanjälki on isompi kuin Hämeenlinnan tai Oulaisten, koska näiden verkkojen tuotanto ostetaan Jyväskylän Energialta, jonka polttoainevalikoimasta on vuonna 2008 ollut suurin osa turvetta ja fossiilisia polttoaineita. Myös Hämeenlinnassa ja Oulaisissa on fossiilisten polttoaineiden osuus ollut suuri, mutta Hämeenlinnassa on käytetty maakaasua, jonka päästökerroin on turvetta pienempi, ja molemmissa verkoissa on myyty myös hiilidioksidipäästöiltään neutraalia ostolämpöä. Heinolan hiilijalanjälki on vertailuista verkoista pienin, mikä johtuu siellä myytävän lämmön alkuperästä. Stora Enson tehtaalla tuotannon sivuvirtojen hyödyntämisellä päästään pieneen päästökertoimeen.

Kaukolämmön hiilijalanjälkeä pystyttäisiin kaikkein tehokkaimmin pienentämään kaukolämpölaitosten polttoainevalinnoilla eli käyttämällä enemmän uusiutuvia polttoaineita, kuten puuta. Tällä saavutettaisiin myös etuja polttoaineiden kuljetusmatkoissa, jos polttoaine hankittaisiin paikallisilta toimijoilta. Heinolan, Palokan ja Vaajakosken verkossa Vattenfall Lämmön vaikutusmahdollisuudet lämmöntuotantoon käytettyihin polttoaineisiin ovat kuitenkin hyvin rajalliset. Biopolttoaineilla tuotetun energian lisääminen näissä verkoissa edellyttäisi omien tuotantolaitosten rakentamista tai sopimusta lämmöntoimittajien kanssa vain biopolttoaineilla tuotetun osuuden ostamisesta. Tällainen biopolttoaineisuuden ostaminen ei ole kuitenkaan näissä verkoissa vielä mahdollista. Jos taas verkkoihin rakennettaisiin omia tuotantolaitoksia, aiheuttaisi niidenkin rakentaminen kasvihuonekaasupäästöjä. Hämeenlinnan ja Oulaisten verkoissa turpeen korvaaminen biopolttoaineella vaatisi taloudellisia panostuksia. Turpeen korvaaminen kokonaan biopolttoaineilla huonontaisi lisäksi kattilan palamisolosuhteita ja lisäisi kunnossapidon tarvetta.

Lisättäessä puun käyttöä tulisi kuitenkin samalla kiinnittää huomiota biopolttoaineen varastointiin ja siitä syntyviin kasvihuonekaasupäästöihin. Kustaan polttoaineen pitkä, yli kuusi kuukautta kestävä varastointi, aiheuttaa anaerobisen hajoamisen tuloksena jo merkittäviä kasvihuonekaasupäästöjä. Varastoinnin järjestäminen katetuissa tiloissa mahdollistaisi biopolttoainekasoista syntyvän biokaasun keräämisen ja hyödyntämisen. Toisena vaihtoehtona varastoinnille tulisi löytää optimaaliset varastointiajat ja olosuhteet (lämpötila, kosteus ja hapen määrä), jotta varastoinnin kasvihuonekaasupäästöjä pystyttäisiin vähentämään, kuitenkin kärsimättä liikaa polttoaineen toimittavuudessa.

Kaukolämmön hiilijalanjälkeä voitaisiin pienentää myös kiinnittämällä entistä enemmän huomiota verkostohäviöiden pienentämiseen. Mitä vähemmän lämpöä häviää siirron yhteydessä, sitä vähemmän tarvitsee käyttää polttoaineita myydyn lämmön tuottamiseksi. Verkostojen rakentaminen ja dokumentointi tulisi alusta asti tehdä siten, että olemassa olevasta

verkostosta saadaan tarkat tiedot ja se on mahdollisimman tiivis. Kaukolämpöverkon kunnan seurantaan ja tutkimiseen voitaisiin investoida enemmän, jolloin havaittu vuoto löydetäisiin nopeammin ja häviö saataisiin pienemmäksi.

Osa kaukolämmön hiilijalanjäljestä syntyy polttoaine-, jäte- ja maansiirtokuljetuksista sekä työkoneiden aiheuttamana haketuksessa ja verkoston rakentamisessa. Suuri osa tällaisista päästöistä on alihankkijoiden aiheuttamia. Tällaisiin päästölähteisiin on vaikea puuttua muuten kuin suosimalla alihankinnassa ilmastoa vähemmän kuormittavia toimijoita. Ilmastoarvojen huomioiminen tulisikin liittää entistä vahvemmin tilatun työn kilpailuttamiseen ja sopimusehtoihin. Tämän ei välttämättä tarvitse olla ristiriidassa taloudellisuuden kanssa. Vaatimalla esimerkiksi polttoainekuljetusten optimointia saadaan kuljetusmääriä ja etäisyyksiä pienemmiksi ja kustannuksia matalimmiksi.

Vaikka hallinnon hiilijalanjäljen osuus koko hiilijalanjäljestä on pieni, voidaan tältäkin osa-alueelta löytää kasvihuonekaasupäästöjen vähennyskohteita. Kiinnittämällä huomiota toimistojen energiankulutukseen, esimerkiksi tekemällä kullekin toimistolle mittauksiin ja tavoitteisiin pohjautuvia ympäristöohjelmia, saataisiin sähkön ja lämmön kulutusta mahdollisesti laskettua, jolloin toimiston ympäristökuormitus laskee ja kustannukset alenevat. Tässä yhteydessä voitaisiin pohtia myös, onko kaikissa tiloissa tarpeen ylläpitää normaalia huonelämpötilaa vai voitaisiinko joissakin rakennuksissa, joissa ei ole pysyviä työpisteitä, huonelämpötilaa alentaa?

Myös työhön liittyvän matkustamisen entistä tehokkaampi ohjaaminen pienentäisi hallinnon hiilikuormaa. Kaukomatkustamisessa kannustamalla automatkojen korvaamiseen junamatkoilla saataisiin ympäristökuormitusta vähennettyä. Junalla kulkeminen antaisi työntekijöille myös enemmän aikaa sekä perillä kohteessa että työntekoon matka-ajalla. Jos automatkustamista ei pystytä korvaamaan, tulisi kiinnittää entistä enemmän huomiota ajoneuvojen ympäristöystävällisyyteen. Kaupunkialueella tapahtuvien työajojen kulkuvälineeksi voisi valita esimerkiksi sähköauton tai kesäisin sähköskootterin.

Lentomatkustamisen vähentäminen edellyttäisi henkilökohtaisten palaverien ja tapaamisten priorisointia ja tehostamista. Aikataulujen suhteen tulisi pyrkiä yhdistämään eri kokoustarpeet samoille päiville, jolloin samalla matkustamisella saataisiin enemmän asioita hoidettua. Esimerkiksi konferenssipäivien pitäminen työryhmien ja henkilökohtaisten tapaamisten yhdistelmänä vähentäisi matkustustarvetta. Toinen vaihtoehto lentomatkustamisen vähentämiseen on etäkokousmahdollisuuksien kehittäminen entistä paremmaksi. Tällaisten kokousten pitämiseen tulisi järjestää koulutusta, jotta näillä kokouksilla päästäisiin yhtä hyviin tuloksiin kuin henkilökohtaisilla tapaamisilla voidaan saavuttaa. Etäkokouslaitteistojen tekniseen kehittämiseen tulisi myös panostaa, jotta käytössä olisi jatkuvasti paras saatavilla oleva tekniikka.

Yhteistuotannon osalta voidaan todeta, että allokointimetodin valinta on laskennan kannalta merkittävä tekijä. Päästöjen jakamiseen sähkön ja lämmön välille on olemassa useita erilaisia laskentamalleja, ja eri mallien käyttäminen antaa kaukolämmölle erilaisia osuuksia yhteistuotannon ilmastokuormituksesta. Yhteistuotannon ilmastokuormituksen mittaaminen ja vertaaminen olisi helpompaa, jos esimerkiksi kaikille tuotantolaitoksille Suomessa annettaisiin ohjeistus käyttää samaa metodologiaa. Tällöin voitaisiin myös paljon luotettavammin esittää väittämiä yhteistuotannon kautta saadusta sähköstä tai lämmöstä.

Kaukolämmön ilmastokuormituksen suuruudesta on vaikea tehdä pitkälle vietyjä yleistyksiä. Tässäkin työssä käsitellyt viisi erilaista verkkoa antavat kaikki erilaisen päästökertoimen kaukolämmölle. Tämä osoittaa ensinnäkin sen, että paikallisilla olosuhteilla on suuri merkitys ympäristökuormituksen suuruuden kannalta ja lisäksi myös sen, että jos olosuhteet ovat hyvät, pystytään kaukolämpöä tuottamaan ilmaston kannalta tehokkaasti. Käytetyn polttoaineen, polttotekniikan ja verkoston kunnan ollessa kohdallaan on kaukolämpö helppo ja vähän ilmastoja kuormittava lämmitysmuoto.

Vertailtaessa kaukolämpöä muihin lämmitysmuotoihin tulee vastaan ongelma lähtötietojen puutteesta ja vertailtavuuden vaikeudesta. Kaikkien lämmitysmuotojen elinkaaren aikaisia ilmastovaikutuksia ei välttämättä tunneta, tai niiden tulokset ovat ristiriitaisia. Useassa lämmitysmuodossa ilmastokuormituksen suuruuteen vaikuttavat myös kuluttajan tekemät itsenäiset valinnat. Lämmityksessä esim. maalämpöpumpun käyttämä sähkö voidaan ostaa ilmastoja vähän tai paljon kuormittavasta tuotantolähteestä. Käytössä olevia laitteistoja voidaan myös käyttää ja huoltaa oikein tai väärin, jolloin sen toiminta ei ole tarkoitettun mukaista. Kaukolämmön, kuten muidenkin lämmitystapojen ilmastovaikutukset ovat tapauskohtaisia ja ilmastokuormitukseen vaikuttavat myös alueelliset erot ja lämmitettävän kohteen maantieteellinen sijainti.

Kaukolämmön hiilijalanjäljen määrittäminen on suuritöistä, ja lopputuloksena saatava hiilidioksidiekvivalenttipäästö määrä on vaikeasti verrattavissa muihin lämmitysmuotoihin tai kaukolämpöverkkoihin. Hiilijalanjäljen laskenta antaa kuitenkin tekijälleen paljon tietoa tutkittavasta kohteesta ja luo pohjan monille yrityksen toimintaa edistäville toimenpiteille. Työssä laskettujen hiilijalanjälkien vertaaminen mahdollisten uusien laskentojen tuloksiin antaa myös hyvää tietoa yrityksen ympäristötyön vaikutuksista.

Nyt tehdyn laskennan tuloksena voidaan todeta, että Vattenfall Lämmön kaukolämmön hiilijalanjälki vaihtelee verkoittain tuotannosta ja olosuhteista riippuen. Työssä ei havaittu kuitenkaan mitään sellaisia päästölähteitä, joiden pohjalta voisi päätellä Vattenfall Lämmön valittujen kaukolämpöverkkojen päästöjen olevan aikaisemmin oletettua suuresti enemmän tai vähemmän ilmastoja kuormittavaa. Vattenfallin kaukolämmön hiilijalanjälkeä voidaankin pitää tuotanto-olosuhteisiin nähden normaalina.

LÄHTEET

A Corporate Accounting and Reporting Standard Revised edition. 2004. The Greenhouse Gas Protocol. Viitattu 13.8.2009
<http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf>

About the GHG Protocol. n.d. The Greenhouse Gas Protocol Initiative. Viitattu 31.1.2010.
<http://www.ghgprotocol.org/about-ghgp>

Aloita ilmastodieetti! 2010. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 29.3.2010.
<http://ilmastodieetti.fi/>

Auvinen, K. 2004. Hiilidioksidipäästölaskurin kehittäminen toimistoille ja yleisötapahtumille. Lappeenrannan teknillinen yliopisto. Energia- ja ympäristötekniikan osasto. Diplomityö. Viitattu 31.3.2010.
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/IL_diplomityo_auvinen.pdf

Carbon Footprint. 2009. Global Footprint Network. Viitattu 31.3.2010.
http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/carbon_footprint/

Cooper, J.S. & J. Fava. 2006. Life Cycle Assessment Practitioner Survey: Summary of Results. Journal of Industrial Ecology- Viitattu 25.02.2010
http://faculty.washington.edu/cooperjs/Research/lca_survey.htm

Corporate Social Responsibility Report 2008. 2009. Vattenfall Oy. Viitattu 12.12.2009.
http://www.vattenfall.com/en/file/corporate-social-responsibili_100589_8459767.pdf

Ekoenergian kriteerit. n.d. Suomen luonnonsuojeluliitto ry. Viitattu 31.3.2010.
http://www.ekoenergia.fi/merkin-kayttajille/kriteerit_
<http://www.ekoenergia.fi/merkin-kayttajille/logot>

Emission Factors Guide. 2007. French Agency for the Environment Interministerial Mission and Energy Management. Bilan Carbone TM. Emission Factors Calculation and Bibliographical Sources Used. Viitattu 10.1.2010.
<http://prod1-w2ademe.integra.fr/servlet/getBin?name=CD6902D1AAFD8740470C44C136A32C451169215062423.pdf>

Everything you need to know about Bilan Carbone (BC). n.d. Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie. Viitattu 31.1.2010.

<http://prod1-w2ademe.integra.fr/servlet/KBaseShow?sort=-1&cid=23674&m=3&catid=23675>

Framework for the development of Carbon Footprints For Paper & board products. 2007. CEPI - Confederation of European Paper Industries. Viitattu 31.3.2010

<http://www.cepi.org/Content/Default.asp?PageID=558&DocID=13681>

Hellgren, M., Heikkinen, L., Suomalainen, L. & Kala, J. 1999. Energia ja ympäristö. 3. tark. p. Opetushallitus.

Ilmastonmuutoksen hillitseminen. 2010. Ympäristöministeriö. Viitattu 20.8.2009.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=249&lan=fi>

Industry specific protocols/power utility. 2009. California Climate Action Registry. Viitattu 31.1.2010.

<http://www.climateregistry.org/tools/protocols/industry-specific-protocols/power-utility.html>

IPPC. Tiivistelmä päätöksentekijöille. Neljäs arviointiraportti. Ilmastonmuutos 2007: yhteenvetoraportti. 2007. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC). Viitattu 5.12.2009.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=81566&lan=fi>

ISO 14000 esite. n.d. Suomen standardoimisliiton SFS ry. Viitattu 30.03.2010.

<http://www.sfs.fi/files//iso14000esite.pdf>

Jalovaara, J., Aho, J., Hietamäki, E. & Hyytiä, H. 2003. Paras käytettävissä oleva tekniikka (BAT) 5-50 MW:n polttolaitoksissa Suomessa. Suomen ympäristökeskuksen julkaisu SY 649. Helsinki: Suomen ympäristökeskus. Viitattu 31.3.2010.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=3706&lan=fi> &

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=3708&lan=fi>

Kasvihuonekaasut. n.d. Ilmatieteenlaitos. Viitattu 11.8.2009.

http://www.fmi.fi/ilmastonmuutos/miksi_5.html

Kioton pöytäkirja n.d. Ympäristöministeriö. Viitattu 14.4.2010.

<http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=1885&lan=fi>

Koskenkorva, J. 2008. Erilaiset jätteenpolttomenetelmät. LuK -tutkielma. Jyväskylän yliopisto. Kemian laitos. Epäorgaanisen ja analyttisen kemian laitos. Viitattu 14.4.2010.

<http://users.jyu.fi/~jekosken/LuK/KokoLuk.pdf>

Kukko, J. 2008. Näissä maakunnissa on vihrein kaukolämpö. Uusi Suomi/Ympäristö. Verkojulkaisu. Viitattu 30.3.2010.
<http://www.uusisuomi.fi/ymparisto/42546-naissa-maakunnissa-on-vihrein-kaukolampo>

Kupari, J. n.d. Kestävän kehityksen näkökulmat paikallisessa lämmöntuotannossa - tapaustutkimus Enon energiaosuuskunnasta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Diplomityön tiivistelmäteksti. Viitattu 31.3.2010.
http://www.pkamk.fi/bioenergia/nwh/thesis_works/material/Jussi%20Kupari%202005%20Finnish%20summary.pdf

Kyoto Protocol Reference Manual on accounting of emissions and assigned amount. n.d. United Nations Framework Convention on Climate Change. Viitattu 30.3.2010
http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_unfccc_kp_ref_manual.pdf

Lehtilä, A., Savolainen, I. & Tuhkanen, S. 1997. Indicators of CO2 emissions and energy efficiency. Comparison of Finland with other countries. VTT Publications 328. Espoo: VTT. Viitattu 30.3.2010
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/publications/1997/p328.pdf>

Liikanen, J. 1999. Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon päästöjen jakaminen. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 19/1999 Energiaosasto.

List of tools. 2009. Euroopan komissio. LCA Info Hub. Viitattu 20.1.2010. <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm>

Living Planet -raportti 2008. n.d. WWF Suomi. Tiivistelmä. Viitattu 14.11.2009.
http://www.wwf.fi/wwf/www/uploads/pdf/living_planet_tiivistelma_kaanos.pdf

Loikkanen, T., Mälkki, H., Virtanen, Y. & Katajajuuri, J-M. sekä Seppälä, J., leivonen, J., & Reinikainen, A. 1999. Elinkaariarviointi yritysten ja viranomaisten ympäristöhallinnan päätöksenteon tukena, Teknologia katsaus 68/99. Tekes Teknologian kehittämiskeskus.

Laatuseloste: Kasvihuonekaasut. 2009. Tilastokeskus. Viitattu 31.3.2010.
http://www.stat.fi/til/khki/2008/khki_2008_2009-12-04_laa_001_fi.html.

Lämmön verkot. 2010. Vattenfall Lämmön SAP tietokanta.

Measuring Eco-Efficiency: A guide to reporting company performance. 2000. World Business Council for Sustainable Development.
http://www.wbcsd.org/web/publications/measuring_eco_efficiency.pdf:

Orchard, W. n.d. Carbon footprints of various sources of heat – biomass combustion and CHPDH comes out lowest ” – William Orchard. Claverton Energy Research Group. Verkkouutinen. Viitattu 31.3.2010.

<http://www.claverton-energy.com/carbon-footprints-of-various-sources-of-heat-chpdh-comes-out-lowest.html>

Ota ympäristöystävällinen kaukolämpö käyttöösi. n.d. Vattenfall Lämpö Oy. Viitattu 6.5.2010.

http://www.vattenfall.fi/fi/file/kaukolampoositeuusi_10347226.pdf

Pohjoismainen ympäristömerkintä: Ympäristöfilosofia. 2006. Käännös ruotsinkielisestä asiakirjasta: ” Miljöfilosofi”. SFS -Ympäristömerkintä. Viitattu 30.3.2010.

<http://www.joutsenmerkki.fi/files/13/filosofi.pdf>

Polttoaineluokitus. 2006. Tilastokeskus. Viitattu 30.2.2010.

http://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.xls

Päästötietojen tuottamismenetelmät. Energiantuotanto. 2005. Ympäristöhallinto – Energiantuottajat. Viitattu 15.11.2009.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=46599&lan=fi>

Ritthoff, M., Rohn, H., Liedtke, C. & Merten, T. 2002. MIPS -laskenta. Tuotteiden ja palveluiden luonnonvaratuottavuus. Toimittaan suomentaaneet Kinnunen, V., Koski, E. & Lettenmeier, M. Wuppertal Institute for Climate, Environment and Energy. Viitattu 13.9.2009.

http://www.wupperinst.org/uploads/tx_wibeitrag/ws27fi.pdf

Salokoski, P. & Äijälä, M. 1996. Kasvihuonekaasupäästöjä vähentävien energiatekniikoiden tilanne ja kehitysnäkymät Suomessa. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 19/1996.

SFS-EN ISO 14040. 2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Soimakallio & Wihersaari 2002. VTT Symbiosium 221. Viitattu 31.1.2010.

Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K., Tignor, M. & Miller, H.L. 2007. Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Intergovernmental Panel on Climate Change. Viitattu 13.2.2010.

http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_wg1_report_the_physical_science_basis.htm

Suomen kasvihuonekaasupäästöt 1990-2007. 2009. Tilastokeskus. Katsauksia 2009/2. Ympäristö ja luonnonvarat. Viitattu 11.8.2009

http://www.stat.fi/tup/khkinv/suominir_2009.pdf

Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä LIPASTO. n.d. VTT. Viitattu 30.1.2010.

<http://lipasto.vtt.fi/index.htm>

Suoranta, J. 2009. Lämmitysjärjestelmän valinta ympäristönäkökulmasta. Pohjois-Karjalan ammattikorkeakoulu. Rakennustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.

Sähkön ja lämmön tuotanto 2008. 2009. Tilastokeskus. Suomen virallinen tilasto. Viitattu 30.3.2010.

http://www.stat.fi/til/salatuo/2008/salatuo_2008_2009-10-21_fi.pdf

Tsupari, E., Tormonen, K., Monni, S., Vahlman, T., Kolsi, A. & Linna, V. 2006. Dityppioksidin (N₂O) ja metaanin (CH₄) päästökertoimia Suomen voimalaitoksille, lämpökeskuksille ja pienpoltolle. Espoo: VTT. Viitattu 30.3.2010. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W43.pdf>

Tuotteiden ilmastovaikutuksista kertovat merkit. 2008. Selvitys Vanhasen II hallituksen tulevaisuusselontekoa varten Valtioneuvoston kanslian julkaisusarja 11/2008. Viitattu 30.3.2010.

<http://vnk.fi/julkaisukansio/2008/j11-tuotteiden-ilmastovaikutuksista-kertovat-merkit/pdf/fi.pdf>

U.S. Greenhouse Gas Emissions Flow Chart. n.d. World Resources Institute. Viitattu 31.1.2010.

<http://www.wri.org/chart/us-greenhouse-gas-emissions-flow-chart>

Vesanto, P. 2006. Jätteenpolton parhaan käytettävissä olevan tekniikan (BAT) vertailuasiakirjan käyttö suomalaisessa toimintaympäristössä. Jätteenpolton BREF 2006. Suomen ympäristökeskus. Viitattu 9.4.2010.

<http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=54918>

Voluntary Reporting of Greenhouse Gases (1605(b)) Program. n.d. U.S. Energy Information Administration. Viitattu 30.3.2010.

http://www.eia.doe.gov/oiaf/1605/emission_factors.html

Vuoden 2008 ilmasto- ja energiastrategia. 2008. Työ- ja elinkeinoministeriö. Viitattu 11.8.2009.

<http://www.tem.fi/index.phtml?s=2658>

Vuosikertomus. 2007. Neste Oil Oyj. Viitattu 1.4.2010.

<http://2007.nesteoil->

webannualreport.com/web/inc/NesteOilVuosikertomus2007.pdf

Vähä-Jaakkola, K. 1999. Kestävien valintojen taito – ekotehokkuus ja kohtuus koulussa. Helsinki: Suomen luonnonsuojeluliitto ry. Viitattu 25.8.2009.

<http://arkisto.sll.fi/kestava/kvt.pdf>

What is a climate declaration? n.d. The Swedish Environmental Management Council. Viitattu 31.3.2010.

<http://www.climatedec.com/>

Wihersaari, M. 2005. Aspects on bioenergy as a technical measure to reduce energy related greenhouse gas emissions. VTT Publications 564. Espoo: VTT

Yhteiskuntavastuuraportti. 2008. Jyväskylän Energia -yhtiöt. Viitattu 1.8.2009.

https://www.jenergia.fi/files/yhteiskuntavastuuraportti_2008_pieni.pdf

Yleistä päästökaupasta. n.d. Energiamarkkinavirasto. Viitattu 30.3.2010.

<http://www.energiamarkkinavirasto.fi/select.asp?gid=172&pgid>

LUETTTELO ELINKAARIARVIOINTIOHJELMISTA

Tool + version N°	Supplier	Instruments	Languages of Interface
AirConLCA	Centre for Water and Waste Technology		English
AIST-LCA Ver.4	National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA)	Japanese
BEES 3.0d	National Institute of Standards and Technology (NIST)	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC)	English
DPL 1.0	IVAM University of Amsterdam bv		Dutch
e!Sankey 1.0	ifu Hamburg GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
Eco-Bat 2.1	Haute Ecole d'Ingénierie et de Gestion du Canton de Vaud	Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	French, Italian, English
Eco-Quantum	IVAM University of Amsterdam bv		Dutch
ECODESIGN X-Pro v1.0	EcoMundo	Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	English
ecoinvent waste disposal inventory tools v1.0	Doka Life Cycle Assessments (Doka Okobilanzen)	Life cycle inventory (LCI)	English
EcoScan 3.1	TNO Built Environment & Geosciences	Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	Spanish, German, Dutch, English
EIME V2.4	CODDE	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	English
EIME V3.0	CODDE	Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	English
Environmental Impact Estimator V3.0.2	Athena Sustainable Materials Institute	Life cycle assessment (LCA), Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	English
EPD Tools Suit 2007	ITKE Environmental Technology Inc.	Life cycle inventory (LCI)	Chinese
eVerDEE v.1.0	ENEA - Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Design for environment (DfE, DfR)	Spanish, Italian, German, English
eVerDEE v.2.0	ENEA - Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Design for environment (DfE, DfR)	Italian, English
GaBi 4.2	PE International GmbH	Life cycle management (LCM), Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle work environment (LCWE), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	Japanese, Spanish, Portuguese, Danish, Thai, Chinese, German, English
GaBi DfX	PE International GmbH	Life cycle management (LCM), Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle work environment (LCWE), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	Japanese, Spanish, Portuguese, Chinese, German, English
GaBi lite	PE International GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	German, English
GEMIS version 4.4	Oeko-Institut (Institute for applied Ecology), Darmstadt Office		Spanish, Czech, German, English
Green-E, version 1.0	EcoIntsys – Life Cycle Systems	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle work environment (LCWE), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR)	English
JEMAI-LCA Pro ver.2	Japan Environmental Management Association for Industry (JEMAI)	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	Japanese, English
KCL-ECO 4.0	Oy Keskuslaboratorio-Centrallaboratorium Ab, KCL	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
LCA - Evaluator 2.0	GreenDeltaTC GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle impact assessment (LCIA)	English

LEGEP 1.2	LEGEP Software GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle work environment (LCWE), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE)	Italian, German
LTE OGIP: Version 5.0: Build-Number 2092: 2005/12/12	t.h.e. Software GmbH	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR)	German
Modular MSWI Model 1.0	GreenDeltaTC GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
Prototype Demolition Waste Decision Tool 1	IVAM University of Amsterdam bv	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Design for environment (DfE, DfR)	Dutch
REGIS 2.3	sinum AG	Life cycle management (LCM), Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	Japanese, Spanish, German, English
Sabento 1.1	ifu Hamburg GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	German, English
SALCA-animal 1.0	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-biodiversity 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-biodiversity 1.0	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-crop 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-crop 2.02	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-erosion 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-erosion 2.0	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-farm 1.31	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-farm 2.1	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-heavy metals 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-heavy metals 1.0	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-nitrate 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-nitrate 4.0	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI)	German
SALCA-soil quality 061	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SALCA-soil quality 1.1	Agroscope Reckenholz-Tänikon Research Station ART	Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	German
SankeyEditor 3.0	STENUM GmbH		English
SimaPro 7	PRé Consultants B.V.	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle work environment (LCWE), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	Japanese, Spanish, Danish, Greek, French, Italian, German, Dutch, English
STAN 1.1.3 - Software for Substance Flow Analysis	Vienna University of Technology	Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	German, English
TEAM™ 4.5	Ecobilan - PricewaterhouseCoopers	Life cycle management (LCM), Compliance checks, Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
TEAM™ Web Simulator	Ecobilan - PricewaterhouseCoopers	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR)	

TESPI	ENEA - Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment	Design for environment (DfE, DfR)	Italian, English
The Boustead Model 5.0.12	Boustead Consulting Limited	Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA)	English
trainEE	GreenDeltaTC GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC), Design for environment (DfE, DfR), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
Umberto 5.5	ifu Hamburg GmbH	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS), Life cycle costing (LCC), Life cycle engineering (LCE), Substance/material flow analysis (SFA/MFA)	English
USES-LCA	Radboud University Nijmegen	Life cycle impact assessment (LCIA)	English
Verdee	ENEA - Italian National Agency for New Technology, Energy and the Environment	Life cycle management (LCM), Design for environment (DfE, DfR)	Italian
WAMPS. betaversion	IVL Swedish Environmental Research Institute Ltd		English
WISARD 4.0	Ecobilan - PricewaterhouseCoopers	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Product stewardship, supply chain management, Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle costing (LCC)	French, English
WRATE	UK Environment Agency	Life cycle management (LCM), Life cycle assessment (LCA), Life cycle inventory (LCI), Life cycle impact assessment (LCIA), Life cycle sustainability assessment (LCS)	English

Lähde: List of tools. 2009. Euroopan komissio. LCA Info Hub. Viitattu 20.1.2010. <http://lca.jrc.ec.europa.eu/lcainfohub/toolList.vm>

VANAJAN PÄÄSTÖJEN ALLOKOINTI

Vanajan polttoaineiden jakaminen lämmön ja sähkön tuotannon kesken.

Menetelmä: Hyödynjakomenetelmä

Kuvaus: Hyödynjakomenetelmässä CHP tuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Eli verrataan yhteistuotantoa erillistuotantoon.

Yhteenveto: + etu yhteistuotannosta jakautuu molemmille tuotteille
+ periaatteeltaan selkeä
- tulos riippuu käytettävästä vertailukohdasta

Lähde: Yhdistetyn sähkön ja lämmön tuotannon päästöjen jakaminen. 1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön tutkimuksia ja raportteja 19/1999

Käytetyt vertailuarvot:

<i>Table 1, Reference efficiencies</i>		Electricity, %	Heat, %
Solid	Hard coal/coke	44,2	88
	Lignite/lignite briquettes	41,8	86
	Peat/peat briquettes	39	86
	Wood fuels	33	86
	Agricultural biomass	25	80
	Biodegradable (municipal) waste	25	80
	Non-renewable (municipal and industrial) waste	25	80
	Oil shale	39	86
Liquid	Oil (gas oil + residual fuel oil), LPG	44,2	89
	Biofuels	44,2	89
	Biodegradable waste	25	80
	Non-renewable waste	25	80
Gas	Natural gas	52,5	90
	Refinery gas/hydrogen	44,2	89
	Biogas	42	70
	Coke oven gas, blast furnace gas, other waste gases, recovered waste heat	35	80

Laskentakaavat:

$$F'_e = \frac{E_e}{\eta_e}$$

$$F'_h = \frac{E_h}{\eta_h}$$

$$F_e = \frac{F'_e}{F'_e + F'_h} \times F$$

$$F_h = \frac{F'_h}{F'_e + F'_h} \times F$$

F'_e	Vaihtoehtoisen sähköntuotannon polttoainekulutus
F'_h	Vaihtoehtoisen lämmöntuotannon polttoainekulutus
E_e	Tuotettu sähköenergia
E_h	Tuotettu lämpöenergia
η_e	vaihtoehtoisen sähköntuotannon hyötysuhde
η_h	vaihtoehtoisen lämmöntuotannon hyötysuhde
F	Yhteistuotannon polttoaineet yhteensä
F_e	Yhteistuotannon sähkön polttoaineet
F_h	Yhteistuotannon lämmön polttoaineet

E_e	=	209000	MWh	Vanajan ympäristöraportti 2008 (Bruttotuotanto)
E_h	=	396698	MWh	KRS-E 2008
η_e	=	0,525		Maakaasulla tuotettuna
η_h	=	0,9		Maakaasulla tuotettuna
F	=	757033,53	MWh	
Yksikkö=		MWh		

Vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoaineen kulutukset:

$$F'_e = 209000 / 0,525 = 398095 \text{ MWh}$$

$$F'_h = 396698 / 0,9 = 440776 \text{ MWh}$$

$$F_e = 398095,238 / (398095 + 440776) \times 757034 = 359258,4766 \text{ MWh} = 47,46 \%$$

$$F_h = 440775,556 / (398095 + 440776) \times 757034 = 397775,0534 \text{ MWh} = 52,54 \%$$

Vanaja 2008 polttoainejakauma		Sähkön polttoaineet		Lämmön polttoaineet	
Polttoaine	Määrä (MWh)	Osuus	Määrä	Osuus	Määrä
Kevyt polttoöljy	8,97	47,46	4,26	52,54	4,71
Turve	136782,53	47,46	64911,63	52,54	71870,90
Maakaasu	495677,42	47,46	235229,10	52,54	260448,32
Bio	124564,61	47,46	59113,49	52,54	65451,12
Yhteensä	757033,53 MWh		359258,4766 MWh		397775,0534 MWh

Vanaja 2008 päästöjakauma		Sähkön polttoaineet		Lämmön polttoaineet	
Polttoaine	Päästö (t)	Osuus	Päästö (t)	Osuus	Päästö (t)
Rikkidioksidi	68,5	47,46	32,51	52,54	35,99
Pöly	14,6	47,46	6,93	52,54	7,67
Hilidioksidi	149728	47,46	71055,05	52,54	78672,95
Typenoksidit	248,1	47,46	117,74	52,54	130,36
N ₂ O	2,1	47,46	0,98	52,54	1,08
CH ₄	8,1	47,46	3,86	52,54	4,27
CO	117,7	47,46	55,87	52,54	61,86

Päästökerroin g/GJ		
N ₂ O	CH ₄	CO
1	1	20
2	2	30
0,1	3	20
2	4	150



	Polttoaine GJ	Päästö t		
		N ₂ O	CH ₄	CO
POK	32,292	0,000	0,000	0,001
Turve	492417,108	0,985	0,985	14,773
Maakaasu	1784438,712	0,178	5,353	35,689
Bio	448432,596	0,897	1,794	67,265
	Yht.	2,060	8,132	117,727

JYVÄSKYLÄN ENERGIAN PÄÄSTÖJEN ALLOKOINTI

Jyväskylän energian päästöjen jakaminen kaukolämmölle

- Menetelmä:** Hyödynjakomenetelmä (Konserniohjeistuksen mukainen)
Kuvaus: Hyödynjakomenetelmässä CHP tuotannon polttoaineet ja päästöt jaetaan vaihtoehtoisten hankintamuotojen polttoainekulutusten suhteessa. Eli verrataan yhteistuotantoa erillistuotantoon.
Yhteenveto: + etu yhteistuotannosta jakautuu molemmille tuotteille
 + periaatteeltaan selkeä
 - tulos riippuu käytettävästä vertailukohdasta

Käytetyt vertailuarvot:

Fuel type	Table 1, Reference efficiencies	Electricity, %	Heat, %
Solid	Hard coal/coke	44,2	88
	Lignite/lignite briquettes	41,8	86
	Peat/peat briquettes	39	86
	Wood fuels	33	86
	Agricultural biomass	25	80
	Biodegradable (municipal) waste	25	80
	Non-renewable (municipal and industrial) waste	25	80
	Oil shale	39	86
Liquid	Oil (gas oil + residual fuel oil), LPG	44,2	89
	Biofuels	44,2	89
	Biodegradable waste	25	80
	Non-renewable waste	25	80
Gas	Natural gas	52,5	90
	Refinery gas/hydrogen	44,2	89
	Biogas	42	70
	Coke oven gas, blast furnace gas, other waste gases, recovered waste heat	35	80

Esimerkkilaskenta

Selitys	Tunnus	Vanaja	Selitys/kaava	
Vaihtoehtoisen sähköntuotannon polttoainekulutus (MWh)	F'e	1075791,86	Ee/ne	
Vaihtoehtoisen lämmöntuotannon polttoainekulutus (MWh)	F'h	1401011,24	Eh/nh	
Tuotettu sähköenergia (MWh)	Ee	475500,00	tuotantotaulukko	
Tuotettu lämpöenergia (MWh)	Eh	1246900,00	tuotantotaulukko	
Vaihtoehtoisen sähköntuotannon hyötysuhde	ne	0,44	Hiilellä tuotettuna	
Vaihtoehtoisen lämmöntuotannon hyötysuhde	nh	0,89	Öljyllä tuotettuna	
Yhteistuotannon polttoaineet yhteensä (MWh)	F	2204000,00	polttoainetaulukko	
Yhteistuotannon sähkön polttoaineet (MWh)	Fe	957300,67	$F'e/(F'e+F'h)*F$	43,4 %
Yhteistuotannon lämmön polttoaineet (MWh)	Fh	1246699,33	$F'h/(F'e+F'h)*F$	56,6 %

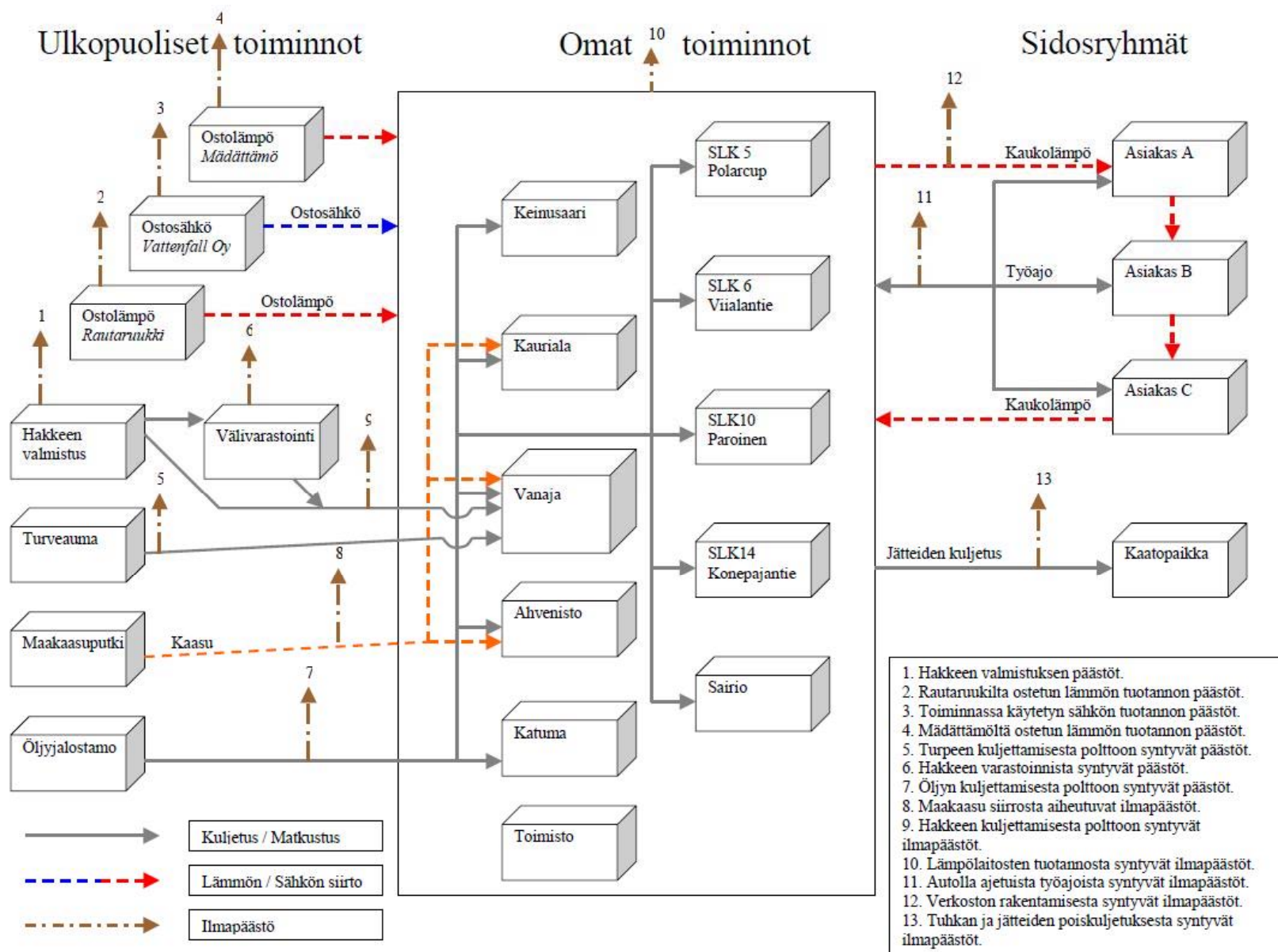
Laskujen pohjalta voidaan todeta että 56,6 prosenttia käytetyistä polttoaineista ja niiden käytöstä syntyneistä päästöistä voidaan allokoida lämmön tuotannolle:

Päästöt	2008	lämmölle	sähkölle
		528000 tCO ₂	298664,81
	1174 tNO _x	664,08	509,92
	1200 tSO ₂	678,78	521,22
	265 tPM	149,90	115,10
Per tuotettu MWh	kgCO ₂	239,526	482,303
	kgNO _x	0,533	1,072
	kgSO ₂	0,544	1,096
	kgPM	0,120	0,242

Jyväskylän energian polttoaineet

Year	Month	Fuel MWh				Production MWh			Fuel Share Heat MWh					
		LFO	Peat	Coal	Biofuel	Heat	Electricity	Bio-osuus Heat	LFO	Peat	Coal	Biofuel	tot	Bio-osuus
2008	1-12	169 000,00	1 115 000,00	191 000,00	729 000,00	1 246 900,00	475 500,00	412 427,45	95 595,37	630 703,16	108 039,73	412 361,08	1 246 699,33	0,33
	Total	169 000,00	1 115 000,00	191 000,00	729 000,00	1 246 900,00	475 500,00	412 427,45	95 595,37	630 703,16	108 039,73	412 361,08	1 246 699,33	0,33

HÄMEENLINNAN VERKON PROSESSIKAAVIO



HÄMEENLINNAN VERKON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

SÄHKÖN ALKUPERÄ 2008

Vattenfall Sähkönmyynnin tuoteseloste 2008

29 % **Fossiilisia energianlähteitä ja turvetta**

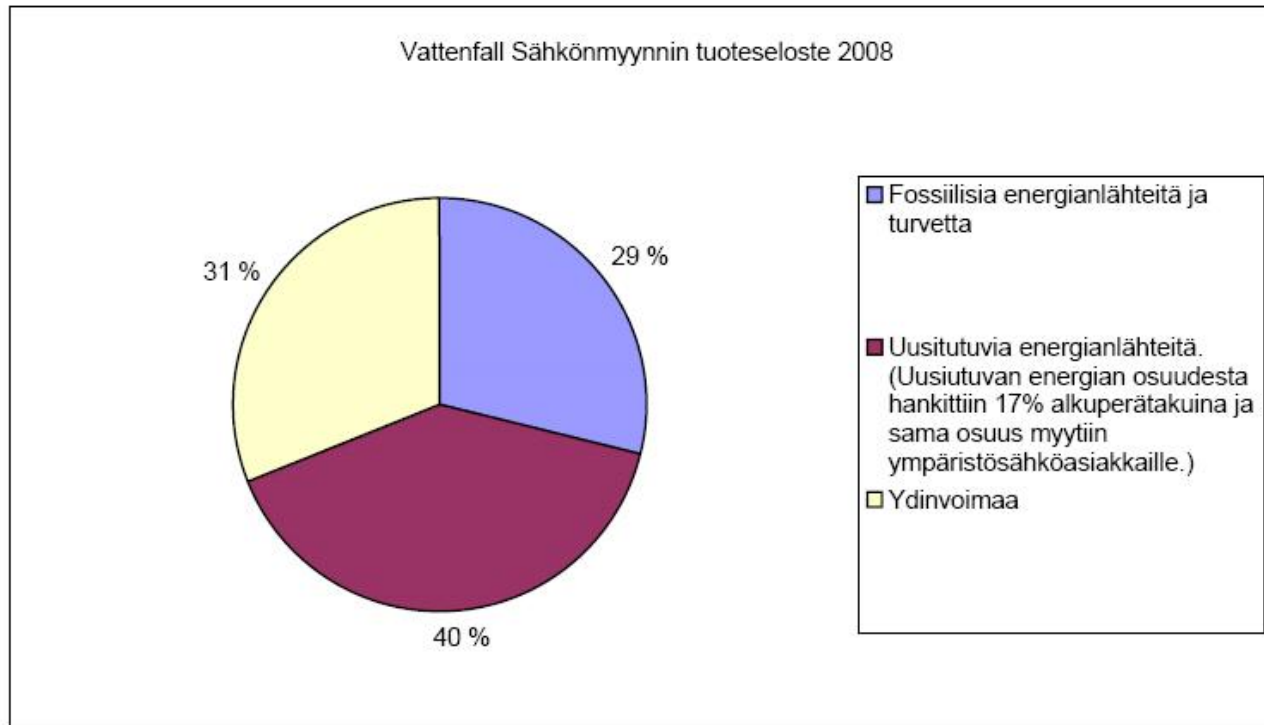
40 % **Uusitutuvia energianlähteitä.** (Uusiutuvan energian osuudesta hankittiin 17% alkuperätakuuna ja sama osuus myytiin ympäristösähköasiakkaille.)

31 % **Ydinvoimaa**

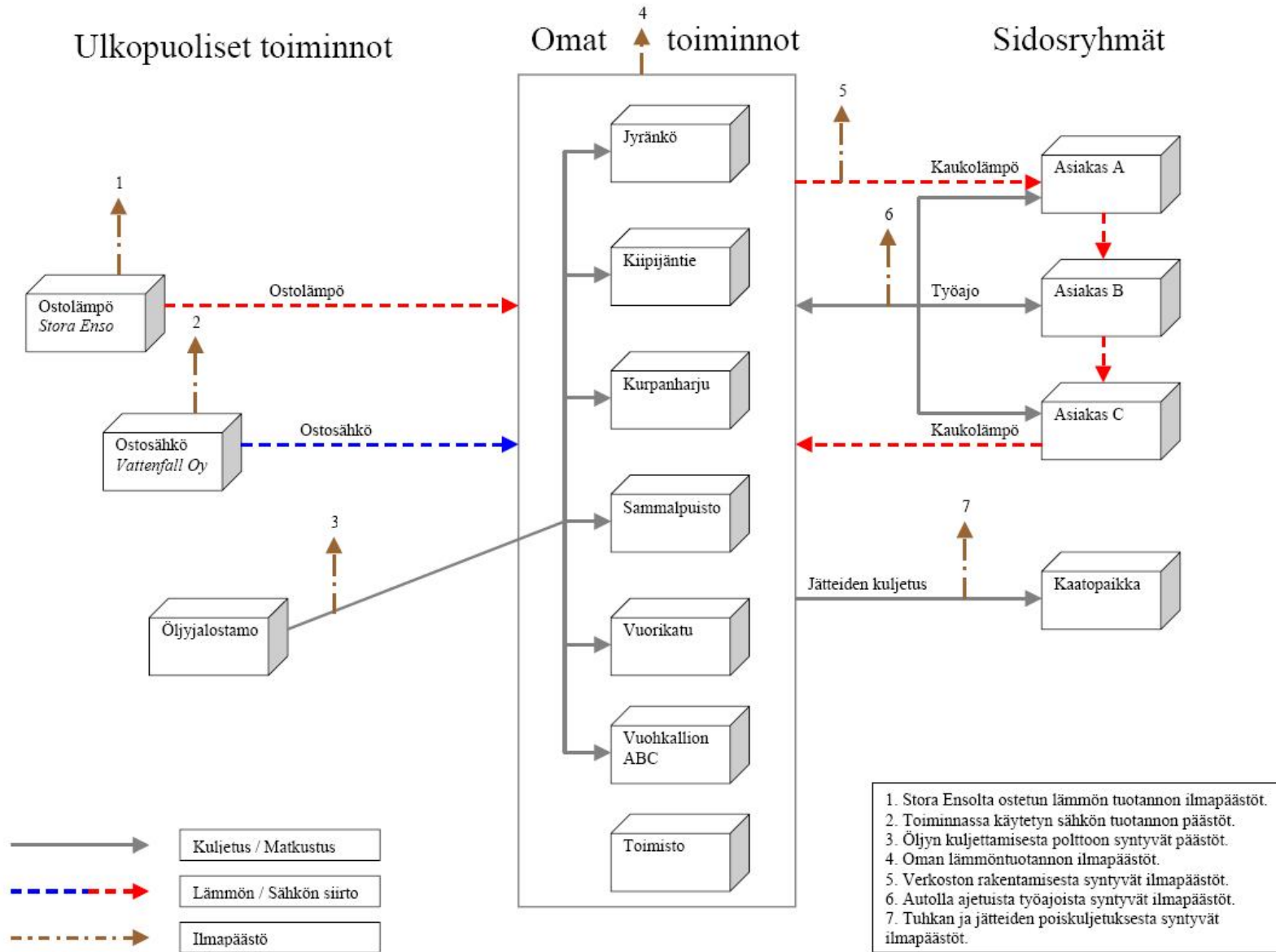
Pohjoismaisen sähköntuotannon CO₂ -ominaispäästöt vuonna 2008 oli 75 g / kWh

Vuonna 2008 käytetyn ydinpolttoaineen kertymä Pohjoismaissa tuotetulle sähkölle oli keskimäärin 0,6 mgU / kWh

Lähde: Tietoa Vattenfallista. Vattenfall Sähköntuotanto. Vattenfallin Suomessa myymän sähkön alkuperä 2008. 2010. Vattenfall Oy. Viitattu 5.4.2010. http://www.vattenfall.fi/www/vf_fi/vf_fi/584273tieto/584289vatte/612654vatte/index.jsp?WT.ac=search_success



HEINOLAN VERKON PROSESSIKAAVIO



HEINOLAN VERKON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

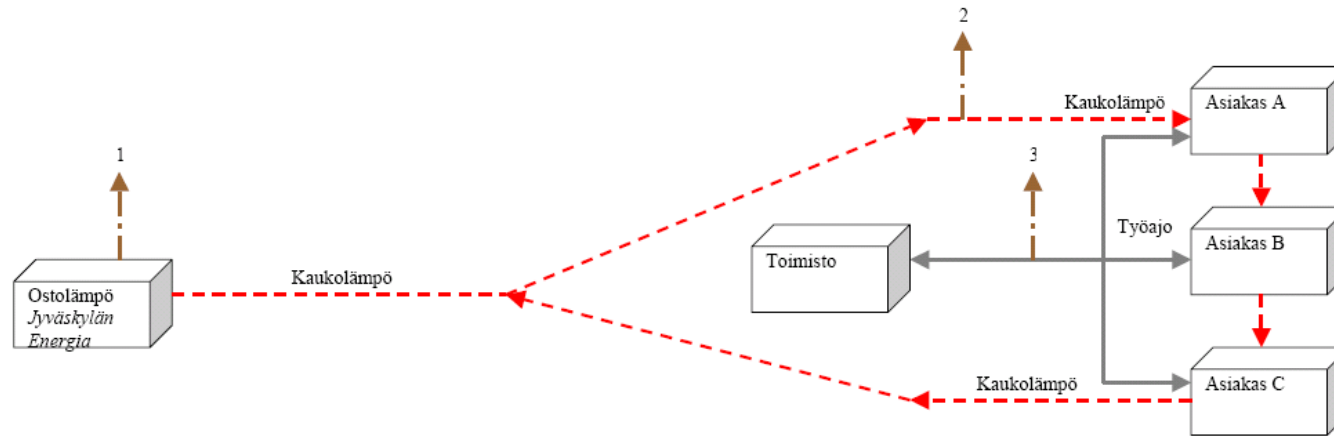
antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

PALOKAN VERKON PROSESSIKAAVIO

Ulkopuoliset toiminnot

Omat toiminnot

Sidosryhmät



- 1. Jyväskylän Energialta ostetun lämmön tuotannon ilmapäästöt.
- 2. Verkoston rakentamisesta syntyvät ilmapäästöt.
- 3. Autolla ajetuista työajoista syntyvät ilmapäästöt

PALOKAN VERKON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

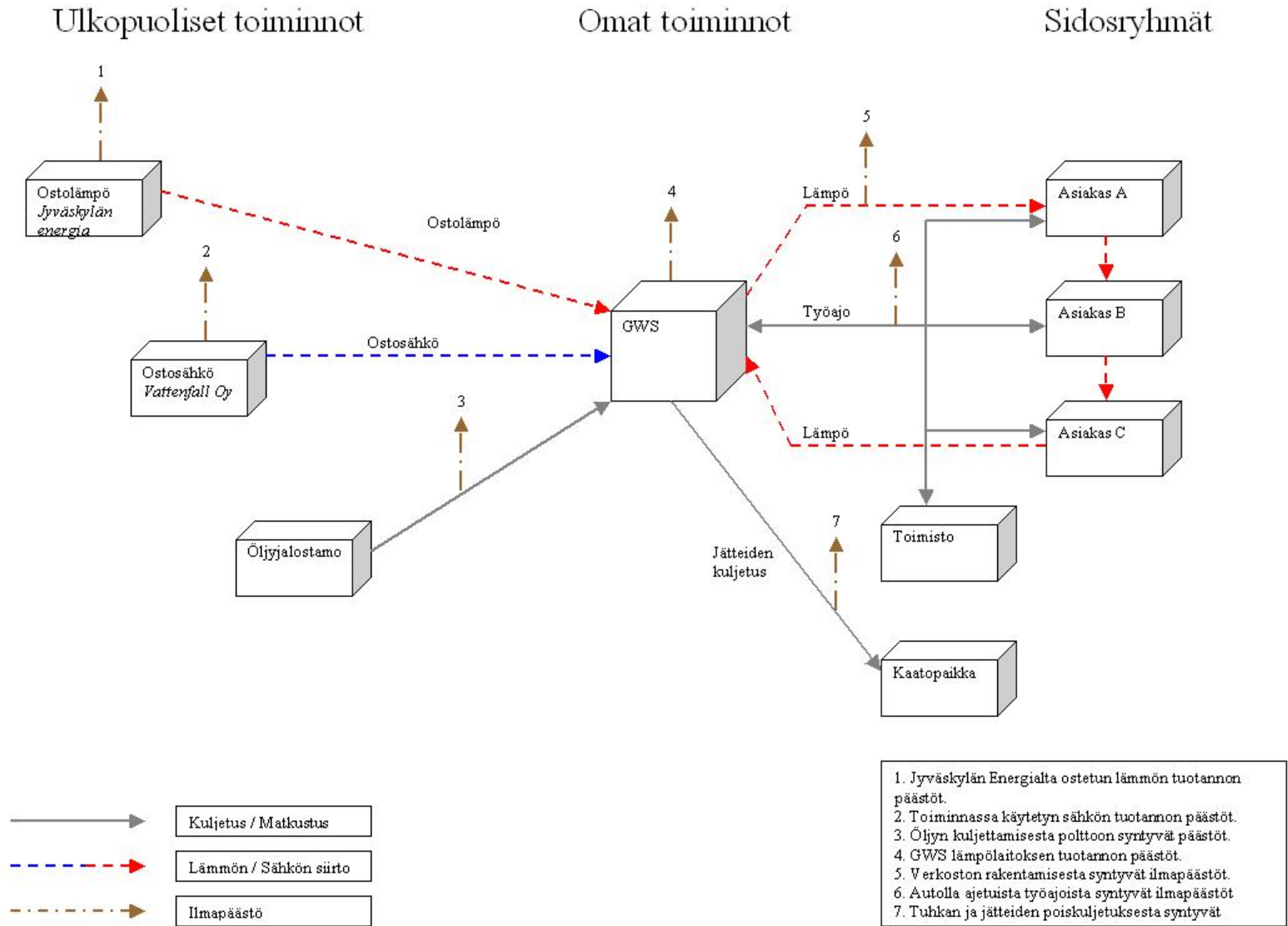
Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

VAAJAKOSKEN VERKON PROSESSIKAAVIO



VAAJAKOSKEN VERKON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

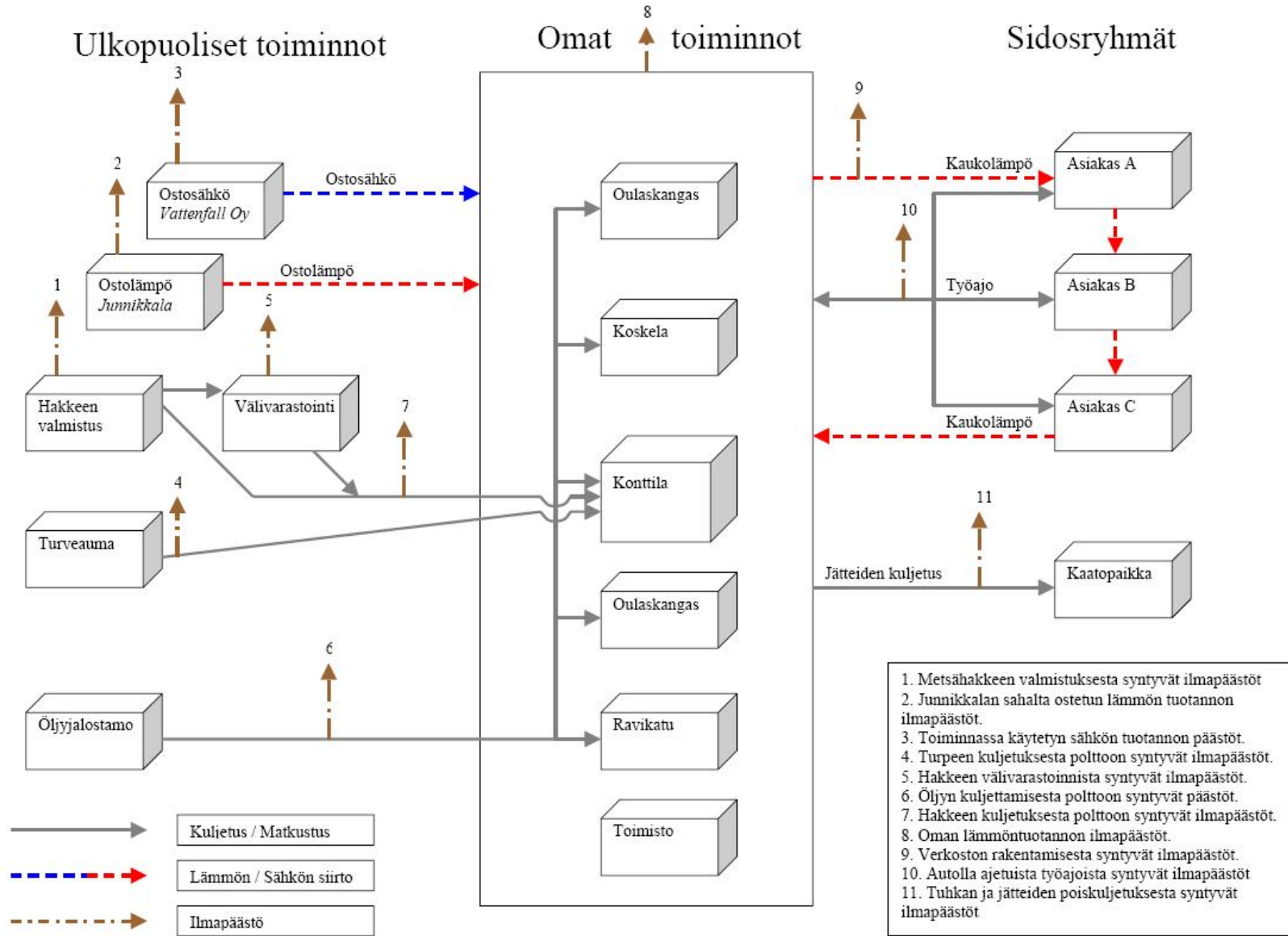
Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

OULAISTEN VERKON PROSESSIKAAVIO



OULAISTEN VERKON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

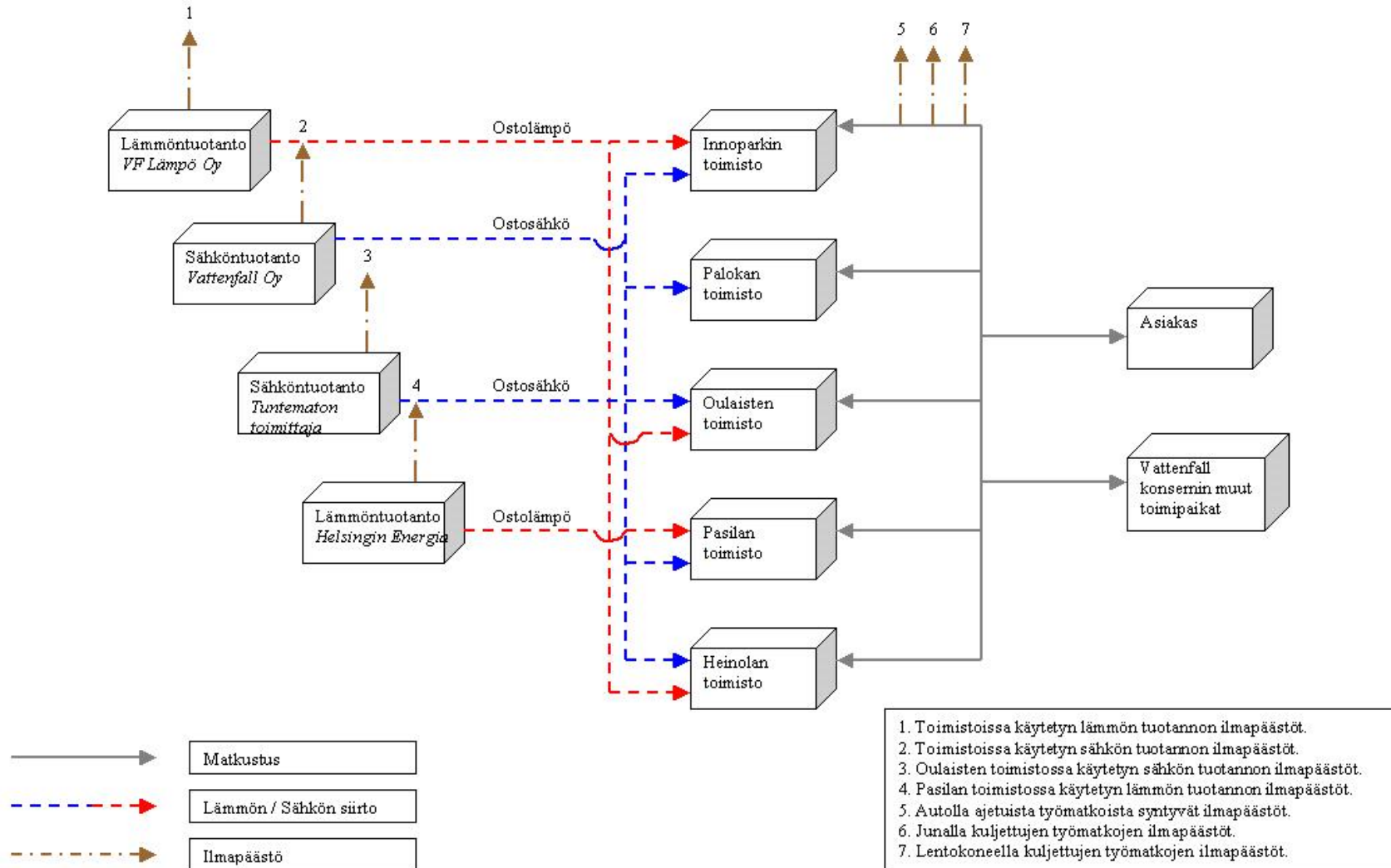
antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

HALLINNON PROSESSIKAAVIO

Ulkopuoliset toiminnot

Omat toiminnot

Sidosryhmät



HALLINNON INVENTAARIOTAULUKKO

Lisätietoa liitteestä antaa:

Antti Hieta
Ympäristötekniikan harjoittelija

Vattenfall Lämpö Oy
PL 4, 13101 Hämeenlinna
Käyntiosoite: Vankanlähde 7

Puhelin +358 20 586 6851
Matkapuhelin +358 400 938 367

antti.hieta@vattenfall.com
www.vattenfall.fi

OULAISTEN OSTOLÄMMÖN PÄÄSTÖT 2008

Junnikkala Oy Oulaisten sahan lämpölaitoksen päästöt

Kokonaistuotanto 2008 (arvio)	1)	15500000	kWh
Kaukolämmön osuus kokonaistuotannosta 2008	1)	11806400	kWh
Kokonaistuotanto 2009	1)	24413000	kWh
Kaukolämmön osuus kokonaistuotannosta 2009	1)	44,80 %	

	Päästöt yhteensä 2009 [t/a]	Laskettu päästökerroin [g/kWh]	Laskettu kaukolämmön päästö 2008 [t/a]
Nox	5,26 1)	0,22	2,54
SO ₂	0,88 1)	0,04	0,43
CO ₂	9852,11 1)	403,56	4764,59
CO	9,23 1)	0,38	4,46
Hiukkaset	13,09 1)	0,54	6,33

Tuotettu puulla, joten 0.

Laskettu päästökerroin = (Päästöt yhteensä 2009 / Kokonaistuotanto 2009) * 1000000

Laskettu päästökerroin = (Kaukolämmön osuus kokonaistuotannosta 2008 * Laskettu päästökerroin) / 1000000

1) Lähde: Kahila, V. 2.2.2010. VS: Ostolämmön ilmapäästöt. Vastaanottaja Antti Hieta. [Sähköpostiviesti]. Viitattu 14.4.2010.