



Karelia-ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), energia- ja ympäristötekniikka

Hiilijalanjälkilaskenta GHG protokollalla Lieksan raakapuuterminaaliurakkaan

Antti Kosunen

Opinnäytetyö, lokakuu 2024

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Lokakuu 2024
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
SUOMI
+358 13 260 600 (vaihde)

Tekijä
Antti Kosunen

Nimeke
Hiilijalanjälkilaskenta GHG protokollalla Lieksan raakapuuterminaaliurakkaan

Toimeksiantaja
Savon kuljetus Oy

Tiivistelmä

Tässä opinnäytetyössä toteutettiin GHG protokollan mukaisesti hiilijalanjälkilaskenta Savon Kuljetus Oy:n infrarakentamisen urakkaan, jossa uudistettiin Lieksan raakapuunkuormausalue. Urakan päätyövaiheina oli maanrakennustyöt, pilaantuneen maan kaivaminen, sen välivarastointi sekä lastaus ja kuljetus tilaajan osoittamaan vastaanottoaikaan.

GHG protokolla on kansainvälisesti hyväksytty standardi, jonka tarkoituksena on tarjota yrityksille ja organisaatioille yhtenevän tavan laskea sekä raportoida kasvihuonekaasupäästöjä. Protokollassa jaetaan päästöt kolmeen eri päästöluokkaan. Scope 1 -päästöt ovat yrityksen omat suorat päästöt, scope 2 -päästöt ovat yrityksen epäsuorat päästöt ja scope 3 -päästöt ovat yrityksen muita epäsuorat päästöt, kuten yrityksen asiakkaiden aiheuttamia päästöjä.

Kaikki hiilijalanjälkilaskentaan tarvittava tieto kerättiin urakkaan kohdistetuista ostolaskuista, tilikorteista sekä yrityksen sisäisistä aineistoista. Urakan päästöksi hiilijalanjälkilaskennassa saatiin 81,63 hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Valtaosan urakan päästöistä tuotti kuljetukset, jotka muodostivat 57,8 % kokonaispäästöistä. Toisena merkittävänä päästölähteenä oli työmaalla toteutetut konetyöt, jotka muodostivat urakan kokonaispäästöistä 22,4 %.

Kieli
suomi

Sivuja 47
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
infrarakentaminen, hiilijalanjälki, GHG protokolla, päästöt



THESIS
October 2024
Degree Programme in Energy and Environmental
Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600 (switchboard)

Author
Antti Kosunen

Title
Calculation of the Carbon Footprint with the GHG protocol for the Raw Wood Terminal
Contract in Lieksa

Commissioned by
Savon Kuljetus Ltd

Abstract

This thesis presents a carbon footprint assessment of an infrastructure construction project carried out by Savon Kuljetus Oy, in accordance with the GHG Protocol. The project involved the renovation of a raw wood loading area in Lieksa. The main phases of the project included earthworks, excavation of contaminated soil, its interim storage, as well as loading and transportation to a customer-designated reception site.

The GHG Protocol is an internationally accepted standard designed to provide companies and organizations with a consistent way to measure and report greenhouse gas emissions. The protocol divides emissions into three scopes. Scope 1 emissions are a company's direct emissions, scope 2 emissions are a company's indirect emissions and scope 3 emissions are other indirect emissions, such as those caused by a company's customers.

All data required for the carbon footprint assessment was collected from invoices related to the project, payment cards and the company's internal materials. The carbon footprint assessment of the project resulted in 81.63 tons of carbon dioxide equivalent emissions. Transportation generated most of the project's emissions, accounting for 57.8% of the total emissions. The second significant source of emissions was machinery work carried out at the site, which accounted for 22.4% of the project's total emissions.

Language
Finnish

Pages 47
Appendices 2
Pages of Appendices 2

Keywords
infrastructure construction, carbon footprint, GHG protocol, emissions

Sisältö

Lyhenneluettelo.....	5
1 Johdanto	7
2 GHG protokolla	8
2.1 Globaali standardi päästöjen mittaamiseen	8
2.2 Scope-päästöluokat	10
2.3 Upstream -päästöt	13
2.4 Downstream päästöt.....	14
2.5 Laskentaa ohjaavat periaatteet.....	15
3 Organisaatorajaus.....	17
3.1 Organisaatorajat GHG laskennassa	17
3.2 GHG protokollan lähestymistavat	18
4 Hiilijalanjälki	19
4.1 Hiilijalanjäljen laskeminen	19
4.2 Kasvihuonekaasut	19
5 Hiilijalanjälkilaskenta infra-alalla	21
5.1 Infrarakentaminen ja sen päästöt.....	21
5.2 Kuljetusten sekä työmaan hiilijalanjäljen muodostuminen ja sen arviointi	22
5.3 Infrarakentamisen elinkaari.....	24
5.4 Päästöjen merkittävyys.....	25
5.5 Päällekkäisyys laskennassa	25
6 Opinnäytetyön tavoite ja laskennan kohde	26
6.1 Tavoite	26
6.2 Lieksan raakapuuterminaaliurakka	27
7 Opinnäytetyön toteuttamisen vaiheet.....	28
7.1 Päästöjen tunnistaminen	28
7.2 Laskennan rajaus	28
7.3 Aineiston hankkiminen.....	29
7.4 Excel-pohjainen hiilijalanjälkilaskenta	30
8 Hiilijalanjälkilaskennan tulokset.....	30
8.1 Päästöluokkien sisällytys	30
8.2 Urakan scope 1 -päästöt.....	31
8.3 Urakan scope 2 -päästöt.....	33
8.4 Urakan scope 3 -päästöt.....	34
8.5 Kokonaispäästöt	39
9 Pohdinta ja kehitysideat	40
Lähteet.....	44

Liitteet

- Liite 1 Päästölaskennassa käytetyt päästökertoimet
- Liite 2 Päästölaskennan lähtötietoja

Lyhenneluettelo

WRI	World resource institute, maailmanlaajuinen voittoa tavoittelematon tutkimusjärjestö.
WBCSD	World Business Council For Sustainable Development, yli 225 kansainvälisen yrityksen toimitusjohtajan johtama organisaatio.
GHG protokolla	Maailmanlaajuinen standardi, joka auttaa yrityksiä laskemaan ja raportoimaan hiilijalanjäljestään.
Scope 1	Yrityksen suorat päästöt.
Scope 2	Päästöt, jotka syntyvät toiselta osapuolelta ostetun energian tuotannosta.
Scope 3	Yrityksen epäsuorat päästöt, eli päästöt, jotka eivät suoranaisesti synny laskennan kohteena olevan yrityksen toiminnasta, mutta yritys on selkeästi kyseisten päästöjen syntymisen takana.
Hiilineutraalius	Hiilidioksidipäästöjä tuotetaan ainoastaan sen verran kuin niitä voidaan sitoa ilmakehän hiilinieluihin.
Infra	Infrastruktuuri, sillä tarkoitetaan kaikkea rakennettua ympäristöä, mutta taloja ei sisällytetä tähän.
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Kyseessä on kasvihuonekaasupäästöjen yhteismitta, jonka avulla voidaan laskea yhteen eri kasvihuonekaasujen päästöjen vaikutus kasvihuoneilmiön voimistumiseen.

Tonni (t)	Kyseessä on massan lisäyksikkö SI-järjestelmässä.
Kilogramma (kg)	Yleiskielessä kilo. Kyseessä SI-järjestelmän mukainen massayksikkö.
Gramma (g)	Kyseessä massayksikkö kansainvälisestä yksikköjärjestelmästä.
Litra (l)	SI-järjestelmään kuuluva tilavuuden lisäyksikkö
PIMA	Pilaantunut maa-aines.
VTT	Teknologian Tutkimuskeskus VTT Oy
kW	SI-järjestelmän tehon ja säteilyvirran yksikkönä toimii watti (W), tässä tapauksessa etuliitteenä on kilo, mikä tarkoittaa 1000 wattia.
kWh	Energiamäärä, joka kuluu, kun pidetään 1000 Watin laitetta käynnissä yhden tunnin ajan.
Tkm	Tonnikilometri eli mittayksikkö tavaraliikenteen suoritteelle, kun tonni tavaraa kuljetetaan maanteitse yhden kilometrin matkan.
Nuppikuorma	Kuorma-auton maksimikuorma ilman lisäperävaunua.
Kasettikuorma	Kuorma-auton maksimikuorma lisäperävaunun kanssa.

1 Johdanto

Savon Kuljetus Oy on savolaisten kuljetusyrittäjien vuonna 1965 perustama yritys, jonka tarkoituksena on ollut yksinkertaistaa kuljetusten kysynnän sekä kuljetusyrittäjien tarjonnan kohtaamista. Nykyään Savon Kuljetus on laajentanut toimintaansa kuljetusten tilauskeskuksesta kuljetus- ja infra-alan monialayhtiöksi. Yrityksessä työskentelee nykyään jo toista sataa henkilöä ja yrityksen kasvusuunta on jatkuvasti ylöspäin. Yrityksen strategiana on vahvistaa asemaansa kaikilla nykyisillä toiminta-alueilla, mikä toteutuu tekemällä yrityskauppoja sekä fuusioitumalla alan toimijoiden kanssa. Tämän lisäksi tavoitteena on sitoa kestäviä asiakassuhteita, jotka tarjoavat yritykselle mahdollisuuden laajentaa omaa toimintaansa uusille alueille. (Savon Kuljetus 2024.)

Savon Kuljetus tunnetaan maa-, vesi-, betoni- ja infrarakentamisen ammattilaisena, jonka pääsääntöinen tehtävä on toteuttaa korkealaatuisia rakennushankkeita räätälöityinä vastaamaan asiakkaiden tarpeisiin. Savon Kuljetus toteuttaa infrarakentamista eri puolilla Suomea rakentaen muun muassa siltoja, katuja, teitä, liikenneväyliä ja ratoja. Lisäksi yritys vastaa kohteiden kunnostamisesta ja huolehtii maa- ja pohjarakentamisesta. (Savon Kuljetus 2024.)

Hiilineutraaliustavoitteet ovat Suomen sekä kuntien tasolla vähintäänkin kunnianhimoisia. Osa kunnista on asettanut hiilineutraaliuden tavoitteeksi jo 2020-luvun loppupuolelle, mikä tarkoittaa suurenmoisia leikkauksia kasvihuonekaasupäästöistä. Tilannetta ei ainakaan helpota se, että infra-alalla päästöjen kokoluokat ovat merkittäviä ja hankkeet pitkäkestoisia. Tämä tarkoittaa käytännössä kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta sitä, että merkittävimmät hankkeet on jo ehditty suunnitella tai ne ovat pian työn alla. Päästölaskennan ja erityisesti infrapuolen päästölaskennan ollessa kehitysvaiheessa, on kuitenkin lohdullista tietää, että rakennushankkeiden vaikuttamismahdollisuudet kasvihuonekaasupäästöihin ovat huomattavasti

paremmat verrattuna esimerkiksi yksityisautoiluun. (Häkkinen, Vares & Pesu 2022.)

Tässä opinnäytetyössä toteutetaan Savon Kuljetus Oy:n toimeksiantona kasvihuonekaasupäästökartoitus Lieksan raakapuuterminaaliurakkaan. Kartoituksen lähtökohtana on infra-alan urakkakilpailutuksissa vaadittavat hiilijalanjäkilaskelmat, joita tilaajat vaativat tulevaisuudessa urakoitsijoilta yhä enemmän. Konsernin sisäisesti on havaittu, että ympäristöpäämääriin ja -tavoitteisiin pääseminen vaatii kehitystyötä ympäristöosaamisen sekä teknisen osaamisen saralla. Savon Kuljetuksen asettamia ympäristöpäämääriä ovat:

1. Polttoaineiden kulutuksen vähentämisen edesauttaminen
2. Toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen
3. Pohjaveden ja maaperän pilaantumisriskin minimoiminen
4. Jätteiden hyötykäytön edistäminen (Savon Kuljetus 2021.)

Yhtenä konkreettisenä toimenpiteenä ympäristöohjelman tavoitteisiin pääsemiseksi Savon Kuljetus Oy on tehnyt selvityksen omista kasvihuonekaasupäästöistään vuonna 2021, jonka pohjalta pystyttiin tarkastelemaan tulevaisuuden päästövähennysmahdollisuuksia. Tuolloin lähtöaineistona käytettiin vuoden 2019 päästökartoitusta, joka tehtiin scope 1- ja 2 -päästöosajoukkojen osalta GHG protokollaan perustuen.

2 GHG protokolla

2.1 Globaali standardi päästöjen mittaamiseen

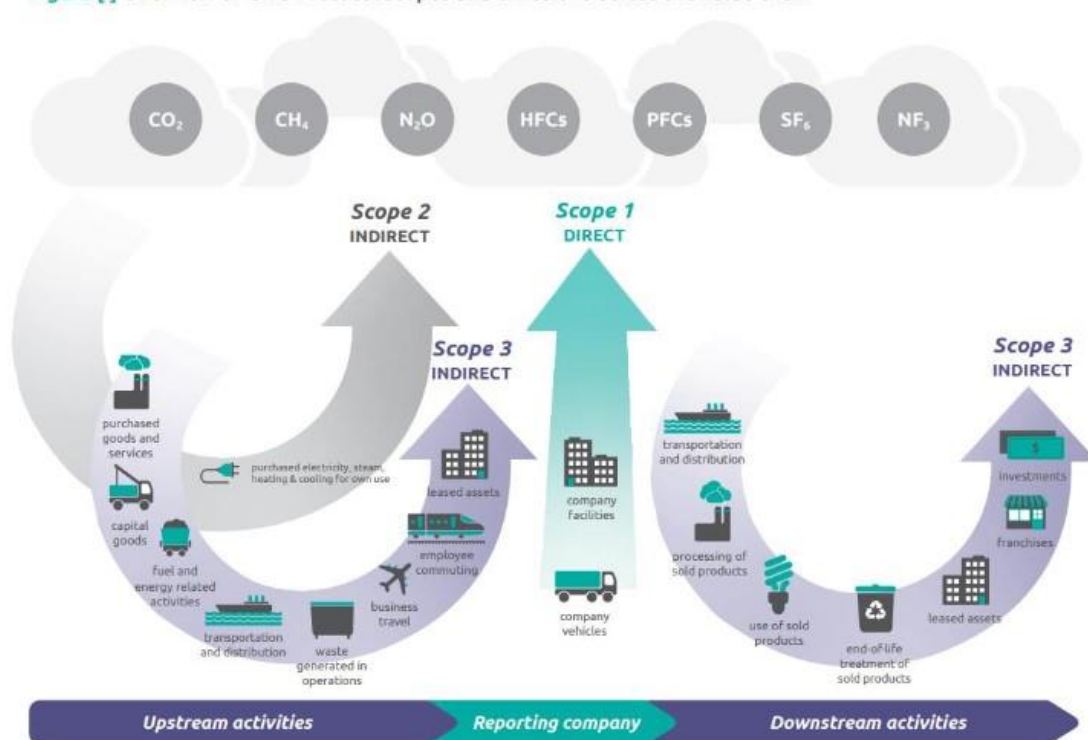
Kasvihuonekaasupäästöjen protokolla, eli niin sanottu GHG protokolla, on sidosryhmien muodostama joukko, johon osallistuu yrityksiä, kansalaisjärjestöjä, hallituksia ja monia muita toimijoita. Sen perustivat vuonna 1998 yhdysvaltalainen ympäristöjärjestö World Resources institute (WRI), sekä Sveitsissä toimiva 170 yrityksen yhteenliittymä, World Business Council For

Sustainable Development (WBCSD). Aloitteen tavoitteena on kehittää kansainvälisesti hyväksytyjä kasviuonekaasupäästöjen laskenta- ja raportointistandardeja yrityksille ja edistää niiden laajempaa käyttöönottoa. GHG protokolla näki päivänvalon ensimmäistä kertaa vuonna 2001, milloin sen ensimmäinen versio julkaistiin. Ensimmäinen versio sai suuren hyväksynnän ja se otettiin laajalti käyttöön eri puolilla maailmaa. Toinen ja samalla uusin versio protokollasta syntyi vuonna 2004. Uuden version pohjana käytettiin laajalti ensimmäistä versiota ja se kehittyi useiden sidosryhmien toteuttaman kaksivuotisen suunnittelun tuloksena. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

Protokollan tavoitteena on tukea yrityksiä kasviuonekaasupäästöjen kartoittamisessa ja vähentämisessä mahdollisimman kustannustehokkaasti. Lisäksi protokolla tarjoaa yrityksille tietoa tehokkaiden kasviuonekaasupäästöjen hallinta- sekä vähentämisstrategioiden rakentamiseen. Yleisesti GHG protokollasta hyötyvät sitä käyttävät yritykset sekä muut sidosryhmät. Hyöty ilmenee yritysten kustannustehokkuutena ja sidosryhmät saavat raportoidusta tiedosta vertailukelpoista informaatiota, minkä avulla niiden toimintaa voidaan kehittää. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

GHG protokolla vahvistaa globaalisti standardoidun viitekehyksen kasviuonekaasupäästöjen mittaamiseksi ja hallitsemiseksi yksityisen ja julkisen sektorin toiminnoista, arvoketjuista ja hillitsemistoimista (Savon Kuljetus 2021). GHG protokollassa erotellaan yrityksen tuottamat suorat päästöt, epäsuorat energiantuotannon päästöt sekä yrityksen toiminnasta syntyvät muut epäsuorat päästöt. Kasviuonekaasupäästöt on siis jaettu kolmeen eri luokkaan, joista käytetään yleisesti termiä scope-päästöluokat. Eri päästöluokat on havainnollistettu kuvassa 1. Scope -päästöluokat kuvaavat käytännössä sitä, miten lähellä yritystä päästöt tapahtuvat sekä mitkä ovat yrityksen vaikutusmahdollisuudet näiden päästöjen estämiseksi. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

Figure [1] Overview of GHG Protocol scopes and emissions across the value chain



Source: Figure 1.1 of Scope 3 Standard.

Kuva 1. GHG protokollan päästöluokat. (Kuvakaappaus standardista Corporate Value Chain (scope 3) Accounting and Reporting Standard.)

2.2 Scope-päästöluokat

Päästöluokan 1 kasvihuonekaasupäästöt syntyvät raportoivan yrityksen omistuksessa tai määräysvallassa olevista lähteistä. Toiminnan suoriin päästöihin lukeutuvat päästöt, jotka syntyvät yrityksen työkoneista ja -ajoneuvoista, pitäen sisällään polttoaineen kulutuksen sekä mahdolliset kylmäainevuodot. Tämän opinnäytetyön laskennan kohteena olevan Savon Kuljetuksen osalta scope 1 -päästöluokan suorat päästöt syntyvät yhtiön omistamista, sekä leasingrahoituksen tai vuokrasopimuksen kautta hallinnassa ja määräysvallassa olevista, ajoneuvoista ja työkoneista. (Savon Kuljetus 2021.) Tämän päästöluokan päästöt voidaan jakaa neljään alakategoriaan, jotka ovat:

1. Kiinteät päästöt
2. Teolliset prosessit
3. Liikkuvat lähteet
4. Karkaavat päästöt (NGS Finland 2023.)

Kiinteitä päästöjä syntyy yleensä silloin, kun poltetaan polttoaineita tuottaessa sähköä, lämpöä tai höyryä esimerkiksi voimalaitoksissa. Laskentavaiheessa kaikki polttoaineet, jotka sisältävät kasvihuonekaasuja, otetaan mukaan laskentaan. Teollisissa prosesseissa vapautuu monenlaisia kasvihuonekaasupäästöjä, kun työskennellään erilaisten materiaalien tai kemikaalien parissa, esimerkiksi valmistettaessa tai käsiteltäessä sementtiä, alumiinia, ammoniakkia tai jätteitä. (NGS Finland 2023.)

Liikkuvista lähteistä syntyviin päästöihin lukeutuvat yrityksen omistuksessa tai valvonnassa olevien ajoneuvojen polttoaineiden polttamisesta muodostuvat kasvihuonekaasupäästöt. Näitä ovat esimerkiksi autot ja kuorma-autot, laivat, lentokoneet, liikkuvat koneet ja muut vastaavasti polttoaineella toimivat koneet. Jos yrityksellä on käytössä sähköautoja tai muita sähkökäyttöisiä työkoneita, niiden tuottamat päästöt voidaan eritellä scope 2 -päästöluokkaan. (NGS Finland 2023.)

Karkaavat päästöt sisältävät yrityksen omistuksessa olevan laitteiston käyttöiän aikana tahattomasti sekä tahallisesti karkaavat kasvihuonekaasupäästöt. Näitä voivat olla esimerkiksi jäähdytys- ja ilmastointijärjestelmistä syntyvät fluorihilivetypäästöt, laitteistovuodot liitoksista tai tiivisteistä, metaanipäästöt hiilikaivoksista ja tuuleuksesta tai polttoaineiden kuljetuksista aiheutuvat metaanivuodot. (NGS Finland 2023.)

Päästöluokan 2 kasvihuonekaasupäästöt ovat seurausta raportoivan yrityksen toiminnasta, mutta niiden syntyperät ovat toisen yrityksen omistamia tai hallitsemia lähteitä. Tähän päästöluokkaan kuuluvat muun muassa ostetun sähkön, lämmön ja kaukokylmän energiankulutuksesta aiheutuvat kasvihuonekaasupäästöt. (GHG Protocol Scope 2 Guidance 2011.)

Päästöluokan 3 päästöt ovat toiminnan arvoketjun alku- ja loppupäästä. Scope 3 -päästöluokka kattaa käytännössä kaikki muut epäsuorat päästöt yrityksen toiminnan vaiheista. Päästöjä syntyy kohteista, mitkä eivät ole yrityksen itse omistamia, mutta laskennan kohteena oleva yritys on selkeästi päästöjen aiheuttaja. Tällaisia päästövaikutuksia voi aiheutua esimerkiksi ostetuista tuotteista, kuljetuksista, jakelusta sekä työmatkoista. Jos asiaa tarkastellaan tarkemmin, niin tämän päästöluokan päästöt on jaettu vielä viiteentoista eri kategoriaan, mistä kahdeksan on alkutuotantoon (upstream) liittyviä ja seitsemän lopputuotantoon (downstream) liittyviä alakategorioita. Näitä alakategorioita ovat:

Alkutuotannon osalta:

1. Ostetut palvelut ja tuotteet
2. Käyttöomaisuus
3. Polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt
4. Kuljetukset ja jakelupalvelut (saapuvat ja muut itse maksetut)
5. Toiminnassa syntyvät jätteet
6. Liikematkustus
7. Töihin matkustaminen
8. Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus

Lopputuotannon osalta:

9. Kuljetukset ja jakelupalvelut (muiden toimijoiden maksamat lähtevät kuljetukset)
10. Myytyjen tuotteiden jatkoprosessointi
11. Myytyjen tuotteiden käyttö
12. Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto
13. Ulos vuokrattu omaisuus
14. Franchising-toiminta
15. Sijoitukset (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

2.3 Upstream -päästöt

”Ostetut palvelut ja tuotteet” -alakategoriaan lasketaan mukaan määritetyllä raportointiaikavälillä hankittujen tuotteiden ja palveluiden päästöt, jotka aiheutuvat tuotteen tai palvelun tuotannosta tai kuljetuksesta. Kategoriaan siis luokitellaan kaikki ne päästöt, jotka eivät sijoitu alkutuotannon kategorioihin 2–8. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

”Käyttöomaisuus” -alakategoria pitää sisällään kaikki ne päästöt, jotka ovat aiheutuneet käyttöomaisuuden tuotannosta tai kuljetuksesta. Käyttöomaisuudella voidaan viitata lopputuotteisiin, joiden käyttöikä on pitkä ja niitä on käytetty tuotteiden tai palveluiden tuottamiseen. Esimerkkinä tällaisista päästöistä ovat työkoneiden tai toimiston IT-laitteiden aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

Polttoaineiden tuotannosta ja energian siirtohäviöistä syntyviä päästöjä ovat muun muassa raportointiaikavälillä hankittujen polttoaineiden tai energiantuotannon aiheuttamat kasvihuonekaasupäästöt. Mukaan lasketaan myös siirto- ja jakeluhäviöiden päästöt. Huomioitavaa on, että päästöluokkaan sisältyy energiantuotantoon käytetyn polttoaineen kuljetukseen ja tuotantoon liittyvät päästöt, eli tämän kategorian päästöjen laskemiseksi tarvitaan myös scope 1- ja scope 2 -päästöluokkien tietoja. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

”Kuljetukset ja jakelupalvelut” -alakategorian päästöjä syntyy muun muassa ajoneuvoista, jotka eivät kuitenkaan ole raportoivan yrityksen omistuksessa tai hallinnassa. Tähän kategoriaan lasketaan myös ostetut kuljetus- ja jakelupalvelut, joita tarvitaan muun muassa myytyjä tuotteita varten. Lisäksi yrityksen omien tilojen välillä tapahtuvat logistiset toimenpiteet ja niistä aiheutuvat päästöt lukeutuvat mukaan tähän päästökategoriaan. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

”Toiminnasta syntyvien jätteiden” -päästökategoriaan sisällytetään päästöt, jotka ovat peräisin yrityksen toiminnasta syntyneistä jätteistä raportointivuonna.

Tässä alakategoriassa huomioidaan sekä jätevedet että kiinteät jätteet, jotka ovat olleet raportoivan yrityksen omistuksessa, hallinnan alaisena tai käsittelyssä. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

Liikematkustuksen päästöt aiheutuvat autoista, busseista, junista, lentokoneista tai muista liikkumiseen tarkoitetuista välineistä. Erona kuitenkin scope 1 - päästöluokkaan on se, että yritys ei omista tai hallitse näitä ajoneuvoja, eli kyse on työmatkoista aiheutuvista päästöistä. Töihin matkustamisen päästöillä tarkoitetaan sitä, kun henkilö, joka työskentelee yrityksen omistamissa, hallinnoimissa tai vuokratuissa tiloissa matkustaa kodin ja työpaikan välillä ja tästä aiheutuu päästöjä. Laskettaessa töihin matkustamisesta aiheutuvia päästöjä, kiinnitetään huomiota samalla tavalla erilaisiin ajoneuvoihin, joita käytetään. Lisäksi tähän päästökategoriaan voidaan sisällyttää myös hotellimajoituksista ja etätyöskentelyssä käytettävien yhteyksien käytöstä aiheutuvia päästöjä. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

”Omaan käyttöön vuokratun omaisuuden” -alategorian päästöiksi luokitellaan sellaiset raportointivuonna vuokratun omaisuuden käytöstä aiheutuvat päästöt, jotka eivät ole jo laskettuna scope 1- tai scope 2 -päästöluokkiin. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

2.4 Downstream päästöt

”Muiden toimijoiden maksamien lähtevien kuljetusten” -päästökategoriaan luokitellaan mukaan raportointivuonna myytyjen tuotteiden kuljetuksesta ja jakelusta aiheutuvat päästöt. Päästölaskennassa huomioidaan lisäksi vähittäiskaupan ja varastoinnin päästöt, vaikka ne eivät olisi millään tapaa raportoivan yrityksen omistuksessa tai hallinnassa. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

Myytyjen tuotteiden jatkoprosessoinnin päästöihin lasketaan tuotantoketjun loppupäässä yrityksille myytyjen välituotteiden prosessoinnista aiheutuvat päästöt. Myytyjen tuotteiden käyttövaiheessa päästöihin lasketaan nimensä mukaisesti tuotteiden loppukäytöstä aiheutuvat päästöt. Myytyjen tuotteiden

käytöstä poiston vaiheessa laskennassa puolestaan huomioidaan lähinnä jätteiden käsittelystä poiston yhteydessä aiheutuvat päästöt. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

Ulosvuokratun omaisuuden käytöstä voi aiheutua päästöjä, jotka eivät ole sisällytettyinä laskentaan scope 1- ja scope 2 -päästöluokissa. Tätä laskentakategoriaa on yleisesti sovellettu yritysten kohdalla, jotka saavat maksuja vuokraajilta. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.) Franchising-toiminnan kategoriaa sovelletaan puolestaan franchise-antajiin, jotka myöntävät toimilupia tai lisenssejä muille toimijoille maksua vastaan. Toiminnasta voi aiheutua päästöjä, jotka tulee selvittää laskennan avulla. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

”Sijoitukset” -päästökategoriaan sisällytetään sijoitusten toiminnasta aiheutuvia päästöjä, joita ei ole jo huomioita päästöluokissa scope 1 tai scope 2. Kategoria soveltuu pääosin yrityksille, jotka tarjoavat finanssialan palveluita ja niiden sijoitustoiminnan päätoimisena tarkoituksena on tuottaa voittoa yrityksille. (GHG Protocol Scope 3 Guidance 2011.)

2.5 Laskentaa ohjaavat periaatteet

Hiilijalanjälkeä laskettaessa tulosten luotettavuuden, sekä yleisesti ottaen laskennan onnistumisen kannalta, on erityisen tärkeää noudattaa GHG protokollan yritys- ja arvoketjustandardien pääperiaatteita, joita on viisi. Nämä pääperiaatteet ovat merkityksellisyys, täydellisyys, johdonmukaisuus, läpinäkyvyys ja tarkkuus. Hiilijalanjälkilaskennassa on myös tiedostettava, että kyseessä on erityisen monimutkainen prosessi, johon tulee aina liittymään jonkinasteisia epävarmuustekijöitä. Tämän takia tuloksien tulkinnan on oltava varovaista ja mahdolliset rajoitteet on otettava huomioon. Noudattamalla viittä pääperiaatetta kuitenkin voi varmistua siitä, että kasvihuonekaasupäästölaskenta täyttää vaatimukset ja sen tuloksia voidaan pitää luotettavina, läpinäkyvinä sekä vertailukelpoisina. (Mattinen-Yuryev 2023.)

Jotta laskennan merkityksellisyydestä voidaan varmistua, tulee yrityksen tai laskennan kohteeseen liittyvät keskeisimmät kategoriat olla sisällytettynä laskentaan. Näistä kategorioista tulee keskustella laskentaa ohjaavan tahon kanssa etukäteen. Laskennan täydellisyyden varmistamiseksi kaikki oleelliseksi katsotut päästölähteet tulee huomioida mahdollisuuksien mukaan. Tietyissä tapauksissa myös oleellisia päästölähteitä voidaan jättää laskuista pois, mutta tämän tulee olla selkeästi perusteltua. Pois jätettyjen päästölähteiden merkityksellisyyttä tulee myös arvioida laadullisesti, jotta protokollan mukainen täydellisyyden periaate voidaan täyttää. Laskennan laajentaminen tai tarvittaessa täydentäminen on myös jälkikäteen mahdollista, joten aiemmin pois rajattujen päästölähteiden lisääminen laskentaan on tilanteen muuttuessa mahdollista. (Mattinen-Yuryev 2023.)

Käytetty data sekä menetelmät tulee valita harkitusti ja perustellusti, jotta voidaan varmistua laskennan johdonmukaisuudesta. Laskennassa käytettävien päästökertoimien on oltava keskimääräisiä päästökerrointietoja, sillä toimittajakohtaisia päästökertoimia ei voida pitää riittävän luotettavina. Tietyissä tapauksissa on kuitenkin sallittava jonkinasteista joustoa, mikäli laskentaa ei muuten olisi mahdollista toteuttaa. Kaikkien tehtyjen tai tekemättä jätettyjen toimenpiteiden on oltava läpinäkyviä laskennan valmistuttua, ja ne tulee esitellä raportissa mahdollisimman selkeästi ja tarkoituksenmukaisesti. Laskennassa käytettävien päästökertoimien sekä muun datan tarkkuuden tulee olla samalla tasolla. Samoille kohteille on saatavilla useita päästökertoimia, joten laskennan tarkkuuden ja lopputuloksen todenmukaisuuden varmistamiseksi on suositeltavaa käyttää korkeinta löydettävää arvoa. Voidaan siis sanoa, että laskennan tuloksen on oltava mieluiten todellisuutta pahempi, kuin parempi. (Mattinen-Yuryev 2023.)

Päästötyyppi	Päästoluokka	Selitys	Esimerkki
Suorat päästöt	Scope 1	Päästöjä toiminnasta, jotka on raportoivan yrityksen omistuksessa tai hallinnassa.	Päästöjä polttamisesta omissa tai hallinnoimissa kattiloissa, uuneissa, ajoneuvoissa tmv. Päästöjä kemiallisesta tuotannosta omissa tai hallinnoimissa prosessilaitteissa.
Epäsuorat päästöt	Scope 2	Tuotannon päästöjä ostetusta tai hankitusta sähköstä, höyrystä, lämmityksestä tai jäähdytyksestä, joita kasvihuonekaasuja raportoiva yritys käyttää.	Yrityksen hankkiman sähkön, höyryn, lämmityksen tai jäähdytyksen käyttö.
	Scope 3	Muut epäsuorat päästöt, mitkä eivät ole sisällytettynä päästoluokassa 2. Päästöt kuitenkin tapahtuvat raportoivan yrityksen arvoketjussa, mukaan lukien upstream- sekä downstreampäästöt.	Yrityksen ostamien tuotteiden tuotanto, ostettujen tuotteiden kuljetus tai yrityksen myymien tuotteiden käyttö.

Taulukko 1. Yleiskatsaus päästoluokista. (GHG Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard.)

3 Organisaatorajaus

3.1 Organisaatorajat GHG laskennassa

Operationaaliset käytänteet sekä rakenteet voivat vaihdella merkittävästi eri organisaatioiden välillä. Kasvihuonekaasupäästöjen yhdistäminen edellyttää, että laskentaa on selkeästi rajattu ja sen lähestymistapa on johdonmukainen. GHG protokollassa on määritelty kaksi lähestymistapaa organisaatorajojen määrittämistä varten, ja ne ovat rajaaminen omistussuuden sekä määräämisvallan perusteella. On myös huomioitava, että käytettäessä organisaatorajausta määrääsvallan perusteella, jaetaan tuo menetelmä vielä

kahteen niin sanottuun alakategoriaan, jotka ovat taloudellinen ja operatiivinen määräysvalta. (GHG Protocol Construction CO₂^e Measurement Protocol 2012.)

3.2 GHG protokollan lähestymistavat

Omistusosuusmenetelmässä laskentaa suorittava yritys kirjaa päästönsä jokaisella toimipaikallaan omistusosuutensa mukaisesti. Menetelmä perustuu siihen, että yritys laskee kasvihuonekaasupäästönsä suhteutettuna omistusosuuteensa jokaisella toimipaikalla. Käytännön tasolla sillä tarkoitetaan sitä, että jos yrityksellä on esimerkiksi 50 % omistusosuus toimipaikasta, se raportoi 50 % toimipaikan kasvihuonekaasupäästöistä. Tällä menetelmällä yrityksen kasvihuonekaasuista voidaan muodostaa kattavampi kuva, sillä menetelmä ottaa huomioon kaikki yritystä hyödyttävät toiminnot, eikä laskentaan vaikuta se, omistaako yritys suoraan näitä toimintoja. (GHG Protocol Construction CO₂^e Measurement Protocol 2012.)

Taloudellisessa lähestymistavassa yrityksen tulee kirjata kasvihuonekaasupäästönsä kaikista kohteista, joihin sillä on taloudellinen määräysvalta. Tämä merkitsee sitä, että taloudellisten hyötyjen saamiseksi yrityksellä on mahdollisuus ohjata omaa taloudellista ja toiminnallista politiikkaansa. Yritys vastaa 100 % toimintojensa päästöistä, joihin sillä on taloudellinen määräysvalta. Yrityksen operationaalisella määräysvallalla tarkoitetaan puolestaan sitä, että yrityksellä on valtuudet esittää ja toteuttaa omanlaistaan toimintapolitiikkaa. Tällöin yrityksen tulee kirjata kaikki kasvihuonekaasupäästönsä laitoksista sekä kohteista tai toiminnoista, joissa se itse tai sen tytäryhtiöt käyttävät operationaalista määräysvaltaa. (GHG Protocol Construction CO₂^e Measurement Protocol 2012.)

4 Hiilijalanjälki

4.1 Hiilijalanjäljen laskeminen

Laskiessa kasvihuonekaasupäästöjä, yleisenä indikaattorina käytetään hiilijalanjälkeä. Hiilijalanjäljen avulla pystytään osoittamaan ihmisen toiminnan tai määritetyn kokonaisuuden aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Hiilijalanjälkeä voidaan hyödyntää indikaattorina myös silloin, kun määritellään yritysten tuotteiden sekä organisaatioiden toimintojen päästöjä. Ilmaston kuormitusta aiheuttavat muun muassa kasvihuonekaasut, joita ovat esimerkiksi hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄) ja dityppioksidi (N₂O). (Lehtovirta 2023, 14.)

Hiilijalanjäljen määrittämiseksi hyödynnetään päästökertoimia. Päästökertoimia on erilaisia ja niihin vaikuttavat muun muassa ennen laskentaa tehtävät rajaukset ja määritykset. Niillä voidaan kuvata esimerkiksi ainoastaan käytön aikana syntyviä päästöjä tai puolestaan päästöjä koko elinkaaren ajalta. Päästökertoimet voivat pitää sisällään joko ainoastaan hiilidioksidipäästöt tai kaikki kasvihuonekaasuista muodostuvat päästöt, niin sanottuina hiilidioksidiekvivalentteina. (OpenCO₂.net.) Hiilijalanjälkeä laskettaessa yleisesti esillä olevia termejä ovat hiilidioksidi- ja hiilidioksidiekvivalenttipäästöt. Tässä on huomioitava näiden kahden termin tarkoittavan eri asioita. (Lehtovirta 2023, 14.)

4.2 Kasvihuonekaasut

Kasvihuonekaasuiksi kutsutaan ilmakehässä olevia kaasuja, joiden läpi auringonsäteily pääsee, mutta ne imevät itseensä maan pinnalta lähtöisin olevaa lämpösäteilyä (Sitra 2024). Ilmastonmuutoksen kannalta kasvihuonekaasuista merkittävimpiä ovat vesihöyry (H₂O), hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), otsoni (O₃) ja dityppioksidi (N₂O) (Ilmasto-opas 2024a). GHG protokolla kattaa Kioton pöytäkirjassa mainittujen kuuden kasvihuonekaasun laskennan ja raportoinnin. Nämä kasvihuonekaasut ovat hiilidioksidi, metaani, typpioksidi, hiilivedyt (HFC), perfluorocarbonit (PFC) ja rikki trifluoridi (SF₆). (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

Ylivoimaisesti merkittävin ihmisten tuottamista kasvihuonekaasuista on hiilidioksidi. Hiilidioksidipitoisuus on ollut hurjassa nousussa, noin 40 %, verrattuna aikaan ennen teollistumista. Valtaosa ihmisen tuottamista hiilidioksidipäästöistä muodostuu fossiilisten polttoaineiden, kuten öljyn, kivihillen ja maakaasun käytöstä. (Ilmasto-opas 2024b.) Heti hiilidioksidin jälkeen merkittävin kasvihuonekaasu on metaani. Tiedetään, että vajaa 15 % ihmiskunnan tuottamista kasvihuonekaasupäästöistä on metaania. Metaanin kasvihuonevaikutus on moninkertainen verrattuna hiilidioksidiin, mutta se on samalla huomattavasti lyhytikäisempi. Myös metaanipitoisuuden kasvu ilmakehässä on ollut hurjaa verrattuna esiteolliseen aikaan. (Ilmasto-opas 2024e.)

Merkittäviin kasvihuonekaasuihin lukeutuu myös dityppioksidi. Sen pitoisuus ilmakehässä on maltillinen, mutta sen voimakas vaikutus ilmastoon tekee siitä ilmastolle erityisen haitallisen. Hiilidioksidin tavoin dityppioksidi on pitkäikäinen verrattuna esimerkiksi metaaniin. Dityppioksidin pitoisuuden lisääntyminen ilmakehässä on ollut vähäistä, noin 20 %. Teollistuminen ei ole vaikuttanut dityppioksidin nousuun yhtä merkittävästi kuin muihin kasvihuonekaasuihin, sillä valtaosa dityppioksidista on peräisin luonnosta, muun muassa maaperästä, merestä sekä mikrobitoiminnasta. (Ilmasto-opas 2024c.)

Otsonia sijaitsee sekä ylä- että alailmakehässä ja sen vaikutus ilmastoon vaihtelee sen mukaan. Valtaosa otsonista sijaitsee korkealla ilmakehässä suojelemaan maapalloa haitalliselta ultraviolettisäteilyltä. Otsonin määrä korkealla ilmakehässä on kuitenkin vähenemään päin, minkä seurauksena vaikutus ilmastoon on viilentävä. Otsonipitoisuus alailmakehässä taas vaihtelee suuresti. Verrattuna yläilmakehän otsonipitoisuuksiin, on otsonin määrä alailmakehässä ollut noususuuntainen, mikä vaikuttaa ilmastoon lämmittävästi. (Ilmasto-opas 2024d.)

5 Hiilijalanjälkilaskenta infra-alalla

5.1 Infrarakentaminen ja sen päästöt

Infrarakentaminen voi olla monelle täysin vieras käsite. Yksinkertaisuudessaan sillä kuitenkin tarkoitetaan kaikkea sitä, mitä ihminen on rakentanut. Erilaiset rakennetut ympäristöt koostuvat rakennuksista, liikenneverkoista sekä yhdyskuntatekniikasta. Kaikkea edellä mainittua voidaan kutsua yleisnimityksellä infra. (Lehtovirta 2023, 11.) Oikein toteutettuna ja suunnitellusti toimiessaan infrarakentaminen on hyödyksi kaikille. Kuitenkin käänttöpuolena huonoimmassa tapauksessa seuraukset voivat olla päinvastaisia.

Infrarakentamishankkeissa on aina kyse merkittävistä investoinneista, ja sen vuoksi näiden hankkeiden tuottamat päästöt, sekä niissä hyödynnetyt luonnonvarat, ovat erityisen suuressa roolissa. Jos verrataan infrarakentamisen päästölaskentarutiinia esimerkiksi talonrakennuspuolella toteutettuun laskentaan, on laskenta vielä huomattavasti jäljessä. Tämä johtuu siitä, että luotettavaa dataa ei ole ollut riittävästi. Merkittävin syy datan puutteeseen on, että tilaajat eivät ole vaatineet infrahankkeiden hiilijalanjälkilaskelmia, minkä seurauksena tiedonkeruuta aiheesta ei ole pidetty tarpeellisena. (Viitanen 2023.)

Kasvihuonekaasupäästöjä ei synny infrastruktuuria rakentaessa ainoastaan rakennusvaiheen aikana, vaan päästöjen lähteet ulottuvat paljon laajemmalle alueelle. Päästöjä syntyy rakentamisen lisäksi muun muassa infrastruktuurin korjaamisesta ja ylläpidosta. Infrarakentamisessa käytetään suuria määriä materiaalia, esimerkiksi asfalttia, bitumia, betonia sekä terästä, joiden valmistamisesta muodostuu suuria määriä hiilidioksidipäästöjä. Myös jotkut vähemmän käytössä olevat, mutta suuremman päästökertoimen omaavat materiaalit, voivat yllättäen nousta suuriksikin päästölähteiksi. Muun muassa vesihuolto sekä sähköverkot hyödyntävät suurimmaksi osaksi muovia ja alumiinia, joiden päästökertoimien voidaan katsoa olevan suurehko. (Lehtovirta 2023, 14.) Tässä opinnäytetyössä laskennan kohteena olevassa

infrarakentamisen urakassa suurimpina päästölähteinä ovat pääasiassa työmaakoneet sekä kuljetukset.

Ei ole olemassa lakia hiilijalanjäljen laskemisesta infrarakentamisen alalla. Infrarakentamisen päästölaskennat ovat tähän asti olleet, ja ovat edelleen, riippuvaisia ainoastaan tilaajan ja urakoitsijan välisestä sopimuksesta, minkä vuoksi jo toteutettuja päästölaskentoja on erityisen haastavaa vertailla keskenään. (Väylävirasto 2023, 8.) Sama ilmiö näyttäytyy tässä opinnäytetyössä, sillä aiheen sekä laskennan rajaus on täysin toimeksiantajan sekä laskennan suorittajan päätettävissä, mikä tekee tuloksista todenmukaisia, mutta ei välttämättä vertailukelpoisia muiden samankaltaisten urakoiden kanssa. Väyläviraston toimesta tähän kuitenkin pyritään tekemään muutos, sillä tavoitteena on luoda yhdenmukainen kasvihuonekaasujen laskentamenetelmä (Väylävirasto 2023, 8).

5.2 Kuljetusten sekä työmaan hiilijalanjäljen muodostuminen ja sen arviointi

Hankkeiden hiilijalanjäljen kuljetusosuuden laskeminen perustuu kansallisen tietokannan päästökertoimiin, kuljetettavan massan määrään ja suunniteltuihin kuljetusreitteihin. Näistä kolmesta tekijästä kuljetusten matkalla on merkittävin osuus ympäristön kuormittajana, joten päästövähennyksien kannalta kuljetuksien tarkka huomiointi hankkeissa on olennaista. Rakentamisen ja erilaisten komponenttien vaihtoon liittyvät kuljetukset otetaan huomioon laskennassa kokonaisuudessaan. Tämä kattaa materiaalien kuljetukset työmaalle sekä purettujen osien kuljetukset pois työmaalta. Myös väliaikaisten tai lyhytikäisten rakenteiden purkamisesta syntyvien materiaalien kuljetukset tulee huomioida laskennassa. (Väylävirasto 2023, 23.)

Kuljetusten päästöt lasketaan tonnikilometreinä ja ne jaetaan kaupunki- ja maantieajoon. Kuljetusmatkan ylittäessä 10 kilometriä, käytetään oletusarvoisesti maantieajon kerrointa ja tätä lyhyemmillä matkoilla kaupunkiajon kerrointa. Yleisesti, jos hankkeelle on olemassa tarkempi suunnitelma, näistä oletusarvoista voidaan poiketa, kunhan poikkeamat

kirjataan tarkasti päästölaskentaraporttiin. Kuljetuksia laskettaessa on huomioitava, että jokaiselle kuljetettavalle materiaalille on valittava sopiva päästökerroin kansallisesta päästötietokannasta. Päästökertoimet yksinkertaistavat laskentaa ja ne perustuvat keskimääräisen kuljetuskaluston ja kuorman painon mukaisen täyttöasteen oletuksiin. Eri kuljetusten päästökertoimissa on huomioitu valmiiksi oletus paluumatkasta, jolloin kerroin voidaan valita suoraan kuljetusetäisyyden mukaan. (Väylävirasto 2023, 23.)

Jokaisen kuljetettavan materiaalin hiilijalanjälki lasketaan erikseen kertomalla sen massa yhteen suuntaan kuljetulla matkalla ja sille määritetyllä päästökertoimella. Konkreettisesti siis 50 tonnin betonikuljetuksen päästöt 50 kilometrin matkalle lasketaan seuraavasti (Käytetty päästökerroin on arvio normaalin betonin kuljetuksen päästökertoimesta): (Väylävirasto 2023, 24.)

$$50 t * 50 km * 0,1 kg CO_2e / t km = 250 kg CO_2e$$

Työmaan hiilijalanjälki muodostuu kaikesta työmaalla käytettävästä energiasta. Tämä energia kattaa sekä rakentamisen itsessään, että sen aputoiminnot, kuten kuljetukset, lämmityksen ja valaistuksen. Aivan kuten kuljetusten hiilijalanjäljen laskennassa, myös työmaiden hiilijalanjäljen arvioinnissa käytetään kansallisen päästötietokannan tietoja eri rakennusvaiheiden ja työmaalla käytettävien työkonoiden hiilidioksidipäästöistä. Samanlaista arviointiperiaatetta voidaan soveltaa kaikenlaisilla työmailla, oli kyseessä sitten uudis- tai korjausrakentaminen, rakennustuotteiden vaihtaminen tai rakennusten purkaminen. (Väylävirasto 2023, 26.)

Työmailla tehtävien rakennustöiden hiilijalanjälki syntyy käytettävien koneiden ja laitteiden kuluttamasta energiasta ja polttoaineista. Hiilijalanjäljen arviointi toteutetaan rakennusmateriaali- tai rakennusosakohtaisesti. Arviointi perustuu työkonoiden saavutuksiin ja käytetyn energian sekä polttoaineen määrään. Laskennassa on kiinnitettävä erityisesti huomiota oikeisiin yksikkömuotoihin. Työsaavutusten laskennassa yksikkömuunnokset on esitettävä selkeästi laskentaraportissa. Myös rakentamisen aikana purettavien rakenneosien tai materiaalien purkutyö huomioidaan hiilijalanjäljen arvioinnissa. Tämä tarkoittaa

sitä, että purkutyön aiheuttamat päästöt lasketaan ja lisätään työmaan kokonaispäästöihin. (Väylävirasto 2023, 26.)

Kansallisessa päästötietokannassa, missä on erilaisten käytettävien työkoneneiden päästökertoimia, esitetään päästökertoimet muodossa (kg CO₂e/h) eli hiilidioksidiekvivalentti tuntia kohden. Laskennassa erityisen tärkeää on tietää kunkin työvaiheen kesto. Vaihtoehtoinen tapa työsuoritteiden hiilijalanjäljen arvioinnissa on käytetyn energian ja polttoaineiden määrään perustuva laskenta. Yleisesti tämä voi olla tarkempi menetelmä, etenkin toteutusvaiheessa, sillä työmaalla käytetystä energiasta ja polttoaineesta on saatavilla ajankohtaisempaa ja tarkempaa informaatiota. (Väylävirasto 2023, 26.)

5.3 Infrarakentamisen elinkaari

Infrarakenteiden elinkaari jaetaan yleisesti neljään eri vaiheeseen, jotka etenevät linjassa infraprojektin kanssa. Elinkaaren ensimmäisenä vaiheena pidetään tuotevaihetta, joka sisältää kohteen rakentamiseen tarvittavat materiaalihankinnat. Lisäksi tässä vaiheessa huomioidaan sekä kuljetus valmistukseen että varsinainen tuotteen valmistus. Toiseen vaiheeseen, jota kutsutaan rakennusvaiheeksi, katsotaan kuuluvan tarvittavien materiaalien kuljetus työmaalle sekä niiden asianmukainen asennus. (Autere 2021, 34.)

Käyttövaihe on kaikista elinkaaren vaiheista monipuolisin, sillä infralta odotetaan pitkää käyttöikää. Käyttövaiheeseen kuuluu rakenteen hyödyntämisen lisäksi muun muassa kunnossapito, energian ja veden käyttäminen sekä tarvittaessa korjaus sekä osien vaihtaminen ja kunnostaminen. Neljättä vaihetta kutsutaan loppuvaiheeksi, ja sen katsotaan sisältävän kohteen purkutyön, purettujen materiaalien kuljetukset, käsittelyn sekä niiden loppusijoittelun. (Autere 2021, 34.)

5.4 Päästöjen merkittävyys

Arvioitaessa eri päästölähteitä, on erityisen tärkeää tarkastella arvioitavan lähteen kasvihuonekaasupäästöjen merkitystä. Päästöjen merkittävyyden määrittämisen avulla voidaan kohdentaa mahdollisia vähennystoimenpiteitä suuntaamalla ne suurimpiin päästölähteisiin. Päästöistä raportoitaessa laskentaa suorittavan yrityksen on tuotava selkeästi esille laskennassa mukana olevat ja laskennasta pois rajatut päästölähteet. Kaikkien päästölähteiden sisällytykseen tai pois rajaamiseen vaikuttavien tekijöiden on oltava perusteltavissa, eikä niitä voi vain sisällyttää tai jättää pois oman mielen mukaan. Määrittäessä päästöjen merkittävyyttä voidaan käyttää apuna seuraavia kriteereitä:

1. Kasvihuonekaasupäästöjen suuruus.
2. Kasvihuonekaasujen taloudellinen merkitys.
3. Sidosryhmien vaatimuksien ja niiden merkityksen huomioon ottaminen liiketoiminnan kannalta.
4. Panostus tekijöihin, joihin yrityksellä on eniten vaikutusmahdollisuuksia.
5. Keskittyminen toimintoihin, joilla on suurin potentiaali päästöjen vähentämiseen.
6. Omien toimintojen vaikutuksen huomioiminen riskialttiuden kannalta.
(GHG Protocol Construction CO₂^e Measurement Protocol 2012.)

5.5 Päällekkäisyys laskennassa

Päästöluokkien päällekkäisyyttä eli niin sanottua tuplalaskentaa ilmenee, kun usealla yrityksellä on omistuksia yhteisessä toiminnassa ja heillä on käytössä erilainen konsolidointimenetelmä. Esimerkiksi yhdellä yrityksellä voi olla käytössä omistusosuusmenetelmä ja toisella puolestaan taloudellinen ohjausmenetelmä. Laskentaa suorittavan tahon tulisi varmistaa kaikki päästöluokansa, sillä scope 1-, scope 2- ja scope 3 -päästöluokat ovat toisensa poissulkevia. (Greenhouse Gas Protocol 2004.) Näin kyetään estämään päällekkäisyyden esiintyminen laskennassa niin, että esimerkiksi jo

scope 1 -päästöluokassa esiintyviä päästöjä ei oteta vahingossa huomioon uudestaan scope 3 -päästöluokkaa laskiessa.

Päästöluokkien päällekkäinen laskenta on hyvin yleinen laskennan riski, mutta se ole aina välttämättä merkittävä ongelma. Tärkeintä on, että yritys on kertonut omasta konsolidointimenetelmästäan suoraviivaisesti. Lähtökohtaisesti kuitenkin tarkkaa päästölaskentaa ja tuplalaskennan välttämistä pidetään suuressa arvossa erilaisissa päästöoikeusjärjestelmissä sekä tietyissä pakollisissa valtion raportointiohjelmissä. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

6 Opinnäytetyön tavoite ja laskennan kohde

6.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli tehdä hiilijalanjälkilaskenta GHG protokollan mukaisesti kaikista kolmesta päästöluokasta. Hiilijalanjälkilaskenta kohdistettiin Lieksan raakapuuterminaaliurakan päätyövaiheisiin, jotka olivat maanrakennustyöt sekä pilaantuneen maan kaivaminen, lastaaminen ja toimittaminen tilaajan osoittamaan paikkaan. Laskentaan ei siis sisällytetty urakassa käytettäviä materiaaleja.

Laskennassa selvitettiin scope 1-, scope 2- sekä scope 3 -päästöluokkien määrät hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e). Laskennan avulla voidaan osoittaa kyseisen urakan päätyövaiheiden suurimmat päästölähteet ja tehdä sen perusteella tarvittavia muutoksia, jotta päästövähennyksiä onnistutaan toteuttamaan tulevaisuudessa. Laskenta suoritettiin sen vuoksi, että tulevaisuudessa infra-alalla tilaajat tulevat vaatimaan urakoista hiilijalanjälkilaskentoja. Tämän opinnäytetyön pohjalta syntyvä laskentapohja tulee toimimaan esimerkkilaskelmana, kuinka urakan päästöjä voidaan kartoittaa.

6.2 Lieksan raakapuuterminaaliurakka

Laskennan kohteeksi valikoitui opinnäytetyön toimeksiantajana toimineen Savon Kuljetus Oy:n toteuttama rakennusurakka, jossa uudistettiin Lieksan raakapuunkuormausalue. Urakka toteutui kesän 2023 aikana Lieksan kunnan alueella. Tarkemmin urakka sijaitsi Porokylän radan yhteydessä Lieksan liikennepaikalla. Urakalla oli neljä päätyövaihetta, jotka olivat maanrakennustyöt sekä pilaantuneen maan kaivaminen, lastaaminen ja kuljettaminen tilaajan osoittamaan vastaanottopaikkaan.



Kuva 2. Lieksan raakapuunkuormausalueen uudistamista. (Kuva. J.I.).

7 Opinnäytetyön toteuttamisen vaiheet

7.1 Päästöjen tunnistaminen

Hiilijalanjäljen laskemisen näkökulmasta ensimmäinen työvaihe oli tunnistaa Lieksan raakapuuterminaaliurakan päästölähteet. Päästöjen tunnistaminen alkoi käymällä läpi Savon Kuljetuksen tarjoamia yhtiön sisäisiä lähdeaineistoja. Ensimmäisenä oli tärkeä tiedostaa infra-alan urakan keskeisimmät päästölähteet ja sitä kautta havaita laskennan kohteena olevasta urakasta suurimmat päästölähteet.

Aluksi päästöjen tunnistamista vaikeutti se, että materiaalia oli todella paljon ja tapoja tiedonkeruuseen olisi ollut useita. Toimeksiantoyrityksessä työskentely oli päästölaskennan kannalta hyödyllistä, sillä yhteyshenkilöt olivat lähellä tavoitettavissa, ja urakassa työskennelleisiin henkilöihin oli helppo saada tarvittaessa yhteys. Päästöjen tunnistaminen oli lopulta erittäin yksinkertainen, mutta työläs, työvaihe suuren tietomäärän vuoksi.

7.2 Laskennan rajaus

Tässä opinnäytetyössä tehtyyn hiilijalanjälkilaskentaan sisällytettiin kaikki kolme GHG protokollan mukaista päästöluokkaa. Vaikka urakan päätyövaiheiden päästöt kuuluivat valtaosin scope 3 -päästöluokkaan, nähtiin muiden päästöluokkien huomioiminen arvokkaana lisäinformaationa. Käytössä olleen datan perusteella kaikki saatavilla oleva tieto, joka liittyi kilometriajoon, kuljetuksiin, konetyöhön, polttoaineeseen tai sähköön, sisällytettiin hiilijalanjälkilaskentaan.

Savon Kuljetuksen omien työntekijöiden majoittumisesta aiheutuneet päästöt jätettiin pois laskennasta, sillä laskennan sisältö haluttiin rajata työmaahan tai siellä tehtyihin toimenpiteisiin. Rajaus tehtiin sen takia, että majoittumisista oli saatavilla liian vähän tietoa suuntaa antavan päästötiedon kannalta. Lisäksi yksittäiset majoituskerrat olivat niin pieni päästölähde urakan

päästökokonaisuudessa, ettei rajauksella nähty olevan juurikaan merkitystä laskennan lopputuloksen kannalta. Majoitusten lisäksi laskennasta rajattiin pois uudistustöihin käytetyt materiaalit, mikä tekee laskennasta päätyövaiheisiin painottuvan, eli laskenta ei kerro suoranaisesti todellista kokonaispäästöä urakalle.

7.3 Aineiston hankkiminen

Alkuperäisen suunnitelman mukaan, tarkoitus oli hyödyntää urakan kilpailutusvaiheessa rakennettua laskentataulukkoa, aineistona hiilijalanjälkilaskelman tekemiseen. Lopulta aineistona kuitenkin päädyttiin käyttämään urakkaan kuuluvia ostolaskuja, koska niiden avulla urakasta saatiin todellisia toteumia pelkän teoreettisen suunnitelman sijasta. Urakkaan kuuluvat laskut pystyttiin kohdistamaan tarkasti käyttämällä taloushallinto-ohjelmistoa, jossa suoritettiin tiedonhaku käyttämällä urakalle asetettua ”projektikoodia”.

Urakan ostolaskut ja tilikortit toimivat merkittävimpana tiedonlähteenä hiilijalanjälkilaskennassa. Niiden avulla saatiin kerättyä tarkkaa ja luotettavaa informaatiota siitä, mistä hiilijalanjälki kokonaisuudessaan koostui. Hiilijalanjälki muodostui urakan aikana alihankintana ostetuista kuljetuksista, konetyötunneista, henkilöautoilla ajetuista kilometreistä, polttoaineostoista sekä sähkön kulutuksesta. Lisäksi muut Savon Kuljetuksen sisäiset aineistot tarjosivat arvokasta tietoa muun muassa työtunneista, työtehtävistä sekä työmatkojen pituuksista. Päästöluokkien erittely oli tässä laskennassa melko yksiselitteistä, sillä taloushallinto-ohjelman kautta haetut projektin ostolaskut olivat muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta ostettua alihankintaa, mikä suoraan osoitti päästöjen kuuluvan scope 3 -päästöluokkaan.

Työn aiheen pyöriessä pääsääntöisesti kasvihuonekaasuprotokollan ympärillä, löytyi tietoperustaan laajalti tietoa GHG protokollan eri osista. Tietoa opinnäytetyöhön etsittiin myös aiemmista samankaltaisista töistä, sekä niissä käytetyistä tiedonlähteistä. Tietoa työkoneista ja muihin työvaiheisiin liittyvää informaatiota sai kerättyä sisäisesti Savon kuljetuksen henkilöstöltä. Karkeasti arvioituna kontaktikertoja urakassa työskennelleisiin henkilöihin kertyi noin

kymmenen opinnäytetyöprojektin aikana. Lisäksi toimeksiantajan puolelta kontakteja opinnäytetyönohjaajan kanssa toteutui noin kymmenen kertaa projektin aikana, joista valtaosassa käytiin läpi urakan aineistoa ja ideoitiin, kuinka hiilijalanjälkilaskenta olisi kannattavaa toteuttaa.

7.4 Excel-pohjainen hiilijalanjälkilaskenta

Olenaisena osana tätä opinnäytetyötä muodostuu laskentatyökalu Excel-pohjaan, jota toimeksiantaja voi halutessaan hyödyntää tulevaisuudessa omien urakoidensa hiilijalanjäljen laskennassa. Laskentatyökalu rakentuu laskentavaiheen yhteydessä, kun urakan toiminnan dataa aletaan käymään läpi ja kerättyjen päästölähteiden päästöjä aletaan muuntamaan päästötonneiksi. Samalla oman laskentatyökalun tekeminen ja käyttäminen hiilijalanjäljen laskemista varten on yksi opinnäytetyön menetelmävalinnoista, sillä olisi ollut mahdollista käyttää myös netistä löytyviä valmiita laskureita.

Tämän opinnäytetyön pohjalta valmistuva laskelma toimii esimerkkinä, jos toimeksiantaja päätyy käyttämään samaa menetelmää hiilijalanjäljenlaskennassa tulevaisuuden infrarakennusurakoissa. Lisäksi laskentatyökalun pohjalta syntyvät tulokset tarjoavat toimeksiantajalle mahdollisuuden vertailla asetettujen päästövähennystavoitteiden kehittymistä. Laskurin avulla saadaan esille myös niin sanottuja kipukohtia, eli pystytään osoittamaan suuria päästölähteitä, joihin on tarpeen kiinnittää huomiota tulevissa vastaavissa urakoissa.

8 Hiilijalanjälkilaskennan tulokset

8.1 Päästöluokkien sisällytys

Tässä opinnäytetyössä toteutettuun hiilijalanjälkilaskentaan sisällytettiin GHG protokollan kaikki kolme päästöluokkaa. Vaikkakin valtaosa urakan toiminnasta aiheutuvista päästöistä oli scope 3 -luokan päästöjä, katsottiin scope 1- ja

scope 2 -päästöluokkien sisällytys tärkeäksi laskennan kokonaiskuvan hahmottamiseksi. Toimeksiantaja ei ollut tehnyt aiemmin hiilijalanjälkilaskentaa maanrakennusurakoihin, joten tämä infrarakentamisurakkaan toteutettu kokonaisvaltainen laskenta oli hyödyllinen.

Scope 1 -päästöluokan päästöt jäivät kokonaispäästöjen varjolla melko pieniksi. Suurin osa urakasta käytetystä työvoimasta oli ostettu alihankintana ja valtaosa polttoainekuluista on sisällytetty aliurakoitsijoiden tunti- tai kilometrihinnoitteluun. Scope 1 -päästöluokka piti sisällään Savon Kuljetuksen omat polttoainehankinnat, mutta ne ovat vain pieni osa polttoaineen todellista kokonaiskulutusta. Scope 2 -päästöt kohdistuivat urakassa ainoastaan sähkön kulutukseen, joten päästöluokkaan ei muodostunut lainkaan päästöjä, sillä ostettu sähköenergia oli täysin uusiutuvaa. Tästä huolimatta scope 2 -päästöjen sisällyttäminen laskentaan oli kannattavaa, sillä pienen lisälaskun avulla on helppo osoittaa, millaisesta päästövähennyksestä on kyse, kun käytetään 100 % uusiutuvaa sähköenergiaa.

8.2 Urakan scope 1 -päästöt

Tähän päästöluokkaan muodostui päästöjä Lieksan raakapuuterminaaliurakassa muun muassa Savon kuljetuksen henkilöstön liikkumisesta Joensuusta toimipisteeltä Lieksaan työmaavalvontaan. Päästöluokka sisältää myös kaikki urakkaan tehdyt polttoaineostot. Toimihenkilöiden kilometriajojen kartoitus toteutui hakemalla kaikki urakkaan kohdistetut ostolaskut Talenom taloushallinto-ohjelmasta. Suurin osa polttoaineostoista löytyi myös taloushallinto-ohjelman kautta, mutta yksittäisiä ostoja täytyi etsiä sisäisistä aineistoista. Savon kuljetuksen työntekijöiden työajojen kilometrimäärät löytyivät myös sisäisistä aineistoista.

Toimihenkilöt tekivät työmaavalvontoihin kuuluvista kilometriajoista koontilaskut, joista selvisi päivämäärä, ajon syy, ajettu reitti sekä kilometrimäärä. Kaikki toimihenkilöiden kilometrit kertyivät henkilöautolla ajamisesta, joten samaa päästökerrointa oli mahdollista käyttää jokaisen ajon kohdalla. Savon kuljetuksen omien työntekijöiden työautolla ajettut työmaasiirtymät ajettiin

pääsääntöisesti dieselkäyttöisellä pakettiautolla ja tämä oletus pidettiin voimassa jokaisen ajon kohdalla. Työmaavalvonnan aiheuttamien kilometriajojen päästöjen laskennassa oletettiin, että ajoneuvot ovat olleet dieselkäyttöisiä, sillä ajoneuvojen polttoainetyypin selvittäminen olisi ollut hankalaa, eikä sillä olisi saavutettu laskennan lopputuloksen kannalta merkittävää muutosta. Päästölaskennassa käytettiin Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n laatiman päästöinventaarion LIPASTO:n kilometriperustaista päästökerrointa ($\text{g CO}_2\text{e}/\text{km}$), joka on laadittu vuoden 2016 kesimääräisistä ajoneuvotiedoista sekä polttoaineen käytöstä Suomessa (Lipasto 2016.). (Liite 1)

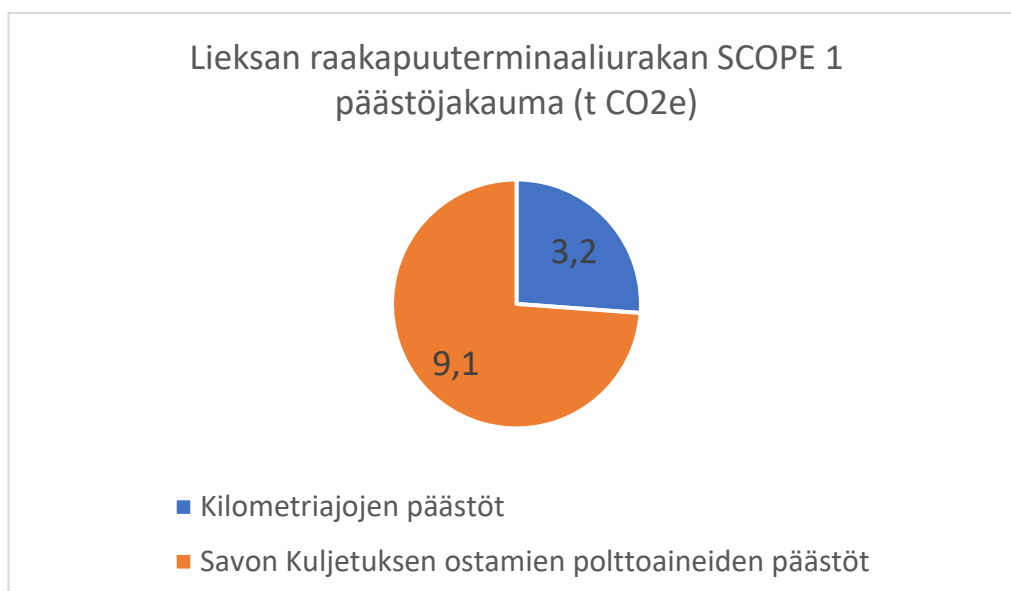
Savon Kuljetuksen henkilöstön kilometriajojen hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\text{Ajettu matka (km)} * \text{Käytetyn ajoneuvon päästökerroin (g CO}_2\text{e/km)} \quad (1)$$

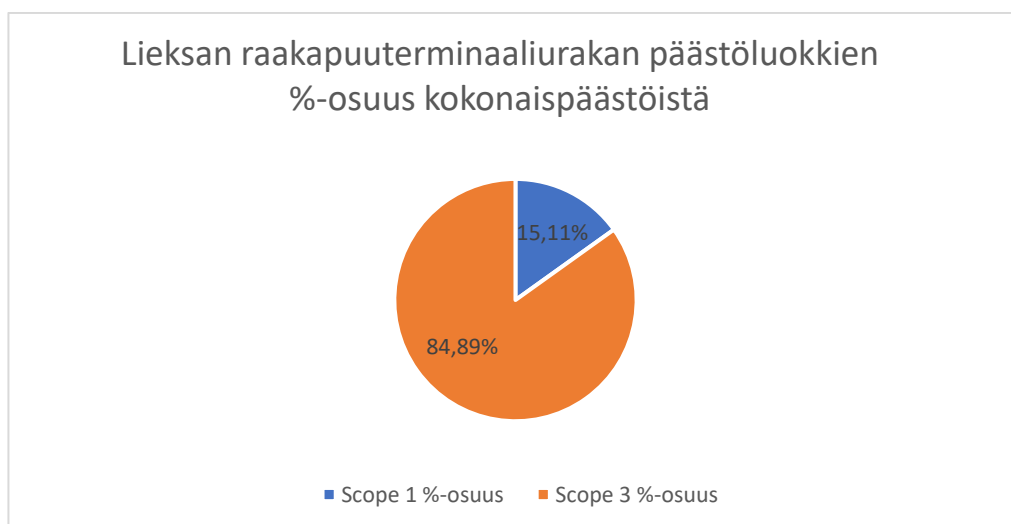
Savon Kuljetuksen ostamista ja käyttämistä polttoaineista syntyneet päästöt laskettiin kaavalla:

$$\text{Polttoaineen määrä (l)} * \text{Polttoaineen päästökerroin (kg CO}_2\text{e/l)} \quad (2)$$

Tämän päästöluokan yhteenlasketut hiilidioksidiekvivalenttipäästöt olivat 12,33 t, joista valtaosa syntyi ostetuista sekä käytetyistä polttoaineista ja loput henkilöstön kilometriajoista urakan aikana. (Kuvio 1) Scope 1 -päästöluokka oli urakan kokonaispäästöjen kannalta hyvin maltillinen, sen päästöjen ollessa hieman yli 15 % lopullisesta päästölukemasta. (Kuvio 2)



Kuvio 1. Lieksan raakapuuterminaaliurakan scope 1 -päästöjakauma.



Kuvio 2. Lieksan raakapuuterminaaliurakan päästöluokkien %-osuus kokonaispäästöistä.

8.3 Urakan scope 2 -päästöt

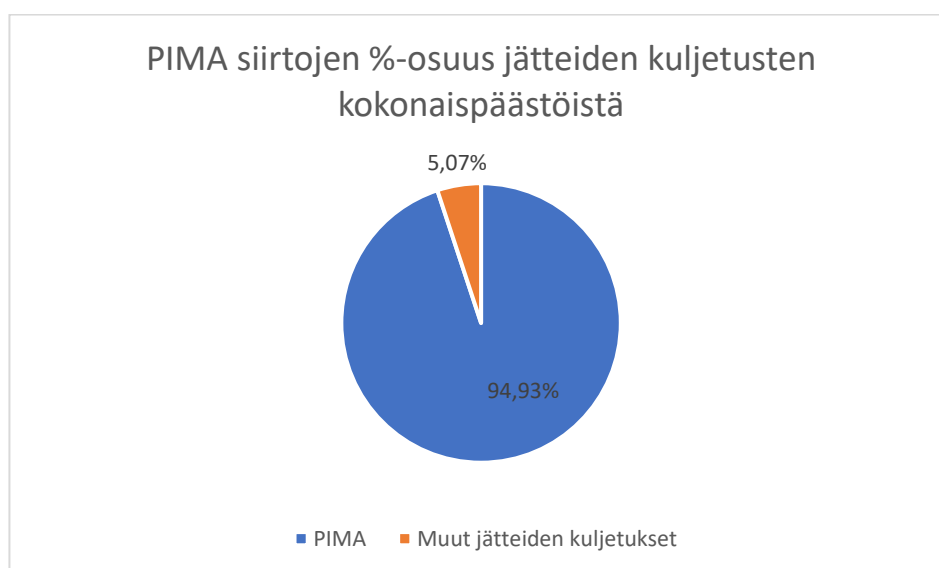
Ainoa tarkastelun kohteena ollut scope 2 -päästöluokan päästölähde Lieksan raakapuuterminaaliurakassa oli Savon Kuljetuksen hankkima ostosähkö. Hankittu ostosähkö oli energiakonserni Fortumin tarjoamaa vihreää yleisenergiaa, jonka tuotanto on sekoitus vesi-, tuuli- ja aurinkoenergiaa. Urakassa käytetty vihreä sähköenergia oli 100 % uusiutuvaa, eikä sen vuoksi aiheuttanut lainkaan laskennassa huomioitavia päästöjä.

Urakan ostosähkön määrä oli hyvin maltillinen, eikä sillä olisi ollut merkittävää vaikutusta urakan kokonaispäästöihin, vaikka urakassa olisi päädytty käyttämään ei-uusiutuvilla energiantuotantotavoilla tuotettua ostosähköä. Ostosähkö hankittiin urakkaan vuoden 2023 kesäkuun ja elokuun välillä, ja kokonaisuudessaan sitä kulutettiin noin 600 kWh. Loput urakassa käytetystä energiasta tuotettiin sähkögeneraattorien avulla, ja nämä päästöt sisältyvät scope 1 -päästöluokkaan yrityksen ostamiin polttoaineisiin.

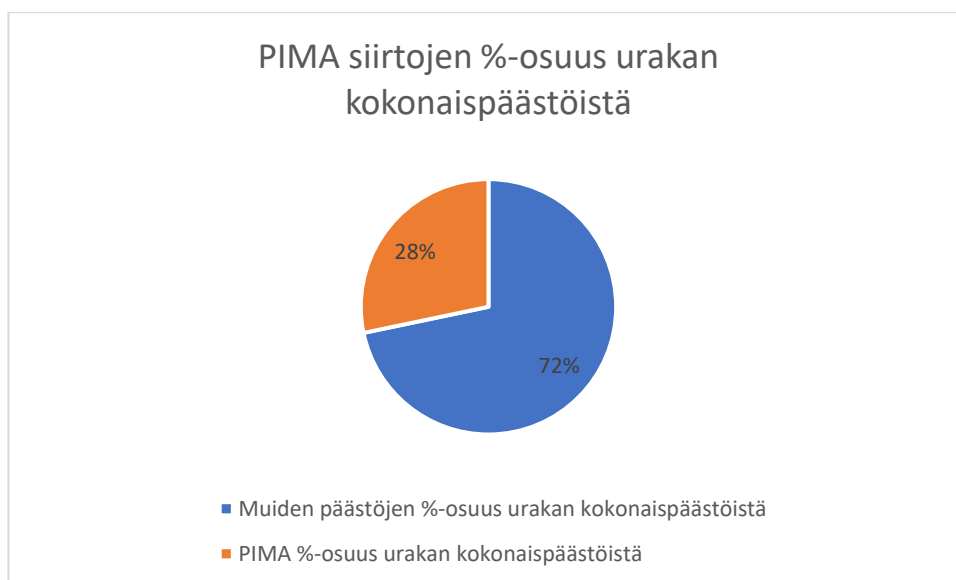
8.4 Urakan scope 3 -päästöt

Runsaan alihankinnan vuoksi urakan suurin päästöluokka oli selkeästi scope 3. Päästöluokka koostui muun muassa kilometriajoista, konetöistä, murskeiden ajoista sekä jätteiden- ja maankuljetuksista. Näistä viidestä pääkategoriasta merkittävin päästölähde oli jätteiden kuljetus.

Jätteiden kuljetuksesta syntyneet päästöt olisivat olleet huomattavasti maltillisemmat, jos pilaantuneita maita ei olisi jouduttu kuljettamaan lähes 200 km päähän työmaasta. Pilaantuneiden maiden siirtäminen vastaanottopaikalle tuotti jätteiden kuljetuksen kokonaispäästöistä lähes 95 % (Kuvio 3) ja urakan kokonaispäästöistä hieman alle 30 % (Kuvio 4).

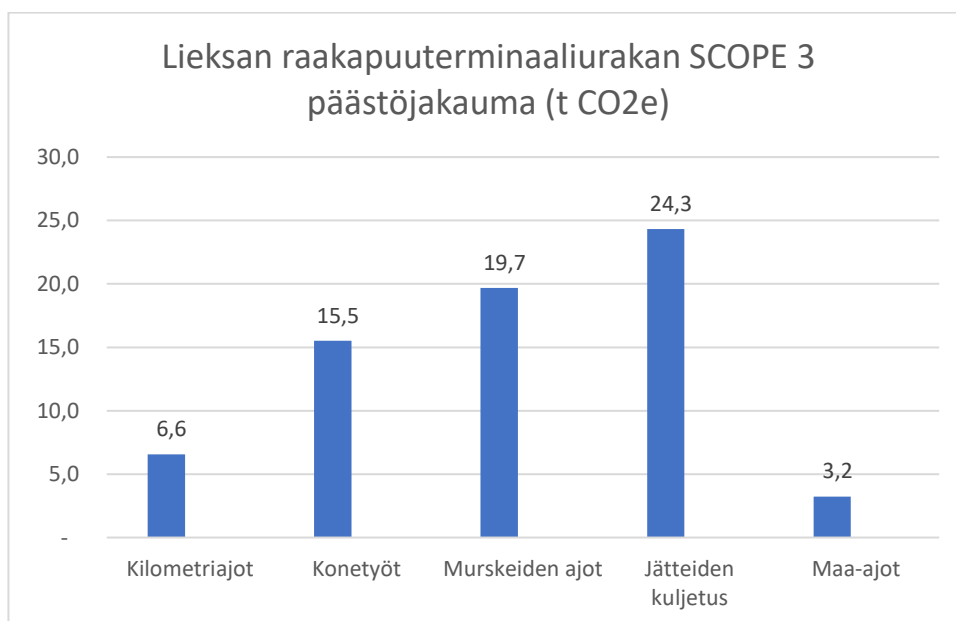


Kuvio 3. PIMA siirtojen osuus jätteiden kuljetusten päästöistä.



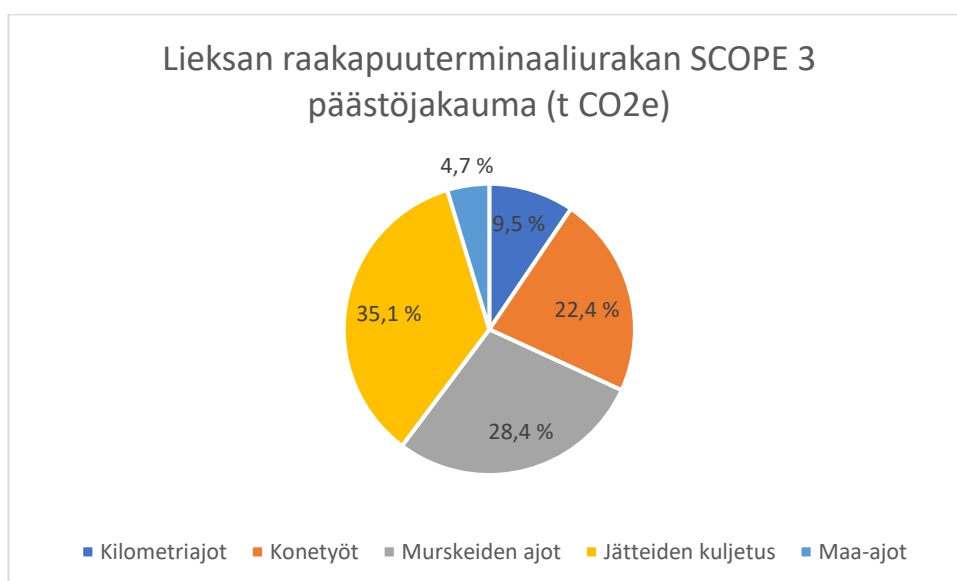
Kuvio 4. PIMA siirtojen %-osuus kokonaispäästöistä.

Scope 3 -päästöluokkaan sisällytettiin lisäksi muiden urakassa mukana olleiden organisaatioiden työntekijöiden kilometriajot, aliurakoitsijoiden siirtymäajot sekä yksittäinen koneen siirto työmaalle, joka suoritettiin kuorma-auto + lavettiyhdistelmällä. Kilometriajojen scope 3 -päästöjen osuus oli kokonaisuudessaan 6,56 t CO₂e (Kuvio 5), joka oli hieman alle 10 % päästöluokan kokonaispäästöistä (Kuvio 6).



Kuvio 5. Scope 3 -päästöjakauma.

Tarkat kilometrimäärät saatiin selville taloushallinto-ohjelmaan tulleista laskuista. Henkilöautoilla ajetuista kilometriajoista jouduttiin tekemään laskennan sujuvuuden mahdollistamiseksi olettaen, että käytetty kulkuneuvo on ollut dieselkäyttöinen henkilöauto. Päästökertoimena käytettiin Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n laatiman päästöinventaarion LIPASTO:n kilometriperustaista päästökerrointa (g CO_{2e}/km), joka on laadittu vuoden 2016 keskimääräisistä ajoneuvotiedoista sekä polttoaineen käytöstä Suomessa (Lipasto 2016). Scope 3 -luokan kilometriajojen päästöt laskettiin kaavalla (1), jota hyödynnettiin myös scope 1 -päästöloukan kilometriajoista aiheutuvia päästöjä laskettaessa.



Kuvio 6. Scope 3 -päästöjakauma esitettynä %-osuuksina.

Urakan konetyöt sisällytettiin scope 3 -päästöloukkaan, sillä työmaalla tehdyt koneelliset työt toteutettiin alihankintana. Työmaalla käytettiin muun muassa pyöräkuormaajia, kaivinkoneita, tiehöylää, jyrää ja nosturia.

Kokonaisuudessaan konetyöt tuottivat päästöjä 15,51 t CO_{2e} (Kuvio 5), joka on vähän yli 20 % urakan scope 3 -päästöistä (Kuvio 6) ja hieman alle 20 % urakan kokonaispäästöistä. Päästölaskennassa käytettiin teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n laatimaa kilowattituntikohtaista päästökerrointa (g CO_{2e}/kWh), joka on laadittu vuoden 2008 keskimääräisistä työkonetiedoista (Lipasto 2008.) (Liite 1)

Tiedot konetyötunneista kerättiin taloushallinto-ohjelman kautta, ja työtunnit saatiin muunnettua päästöiksi laskemalla koneiden päästöt tehonkäyttöä kohden. Tätä varten oli selvitettävä arviot koneiden keskimääräisestä polttoaineenkulutuksesta tunnin aikana, päästökerroin suhteessa koneiden tehoon sekä koneiden nimellistehot ja kuormitusasteet. Työkoneiden polttoaineiden kulutustiedot eivät ole yksiselitteisesti löydettävissä, minkä vuoksi päästökategorian laskennassa käytettiin ammattilaisten antamia arvioita. Todellista kulutusta ei ole tämän laajuisessa työssä tarpeen selvittää, sillä todellisen kulutuksen taustalla niin suuri määrä muuttujia.

Työkoneiden päästöt tehonkäyttöä kohden ($\text{g CO}_2\text{e}$) laskettiin kaavalla:

$$\text{Nimellisteho kW} * \text{kuormitusaste} * \text{toteutunut tuntimäärä (h)} * \text{päästökerroin (g/kWh)} \quad (3)$$

Työmaalle toimitettiin kuorma-autoilla eri kokoista kallio- ja soramursketta sekä suodatinhiekkaa. Materiaalit toimitettiin eri kohteista, mutta tarkat kuljetusmatkat saatiin selvitettyä ajojärjestelyn kautta. Materiaalimäärät selvitettiin taloushallinto-ohjelmaan tulleista tilikorteista. Laskennassa oletettiin, että kuormakoot ovat vakioita, vaikka todellisuudessa näin ei ole. On myös vaikea arvioida, onko murskeita kuljetettu nuppikuorma (n. 24 tonnia) kerrallaan vai kasettikuorma kerrallaan (n. 48 tonnia). Tässä opinnäytetyössä oletettiin, että murskeet ajettiin täysin kasettikuormin joka kerta, jotta laskennan eteneminen pysyi sujuvana. Laskennassa kuljetusten päästöjen määrittäminen tehtiin tonnikilometriperustaisesti.

Tonnikilometrit määritettiin kaavalla:

$$\text{ajoneuvon ja kuljetettavan tavarán yhteismassa (t)} * \text{Kuljettu matka (km)} \quad (4)$$

Murskeiden ajoista muodostui päästöjä scope 3 -päästoluokkaan 19,67 t CO_2e (Kuvio 5), joka on noin 30 % päästoluokan kokonaispäästöistä ja noin 25 % koko urakan päästöistä (Kuvio 6). Kuljetusmatkan määrittämisellä oli merkittävä vaikutus päästöjen laskentaan. Kuljetusmatkan ollessa alle 10 km, kuljetuskaluston osalta käytettiin kaupunkipäästökerrointa, ja matkan ollessa yli 10 km käytettiin maantiekerointa. Tässä laskennassa käytetyt kuljetusten

päästökertoimet sisälsivät oletuksen paluumatkasta, joten niiden päästöjä ei ollut tarpeen laskea erikseen.

Murskeiden ajojen päästöt määritettiin kaavalla:

$$\text{Tonnikilometrit (tkm)} * \text{kuljetukseen käytetyn ajoneuvon tonnikilometriperusteinen päästökerroin (g CO}_2\text{e/tkm)} \quad (5)$$

Urakan aikana työmaalla syntyi monenlaisia jätteitä, jotka kuljetettiin hävitettäväksi tai uudelleen hyödynnettäväksi eri vastaanottopaikkoihin. Tämän päästökategorian laskennan kannalta erityisen tärkeää oli selvittää, mihin jätelajit toimitettiin, sekä kuinka paljon jätettä oli. Jokaisesta jätteen toimituksesta on tehtävä erillinen jäteasiakirja, joita säilytetään Savon Kuljetuksen sisäisissä aineistoissa.

Jätteiden kuljetus oli merkittävä päästölähde pilaantuneiden maiden kuljetuksen vuoksi, sillä niiden vastaanottoaikoja on vähän ja urakassa jokaisen kuorman kuljetusmatka oli lähes 180 km. Työmaalta kuljetettiin pilaantuneita maita reilusti yli 3500 tonnia, joiden kuljettaminen aiheutti yli 95 % jätteiden kuljetusten tuottamista kokonaispäästöistä (Kuvio 3). Jätteiden kuljetuksesta muodostui päästöjä 24,32 t CO₂e (Kuvio 5), joka on yli 35 % scope 3 -päästöluokan päästöistä (Kuvio 6). Jätteiden kuljetusten päästöt laskettiin samalla kaavalla kuin muidenkin materiaaliajajojen päästöt, eli tonnikilometriperusteisesti.

Työmaalta kaivettu maa-aines, joka ei ollut pilaantunutta, kuljetettiin lähisiirtona läjitysmaalle. Ei-pilaantuneen maa-aineksen määrä oli yli 10-kertainen verrattuna pilaantuneeseen maahan, mutta kuljetusmatkojen ollessa 0–1 km, jäivät tämän kategorian päästöt maltillisiksi. Laskennassa oletuksena käytettiin 1 km kuljetusmatkaa jokaista kuljetettua kuormaa kohden. Kaikkien maa-aineksen kuljetusajojen tiedot löytyivät taloushallinto-ohjelman kautta tilikorteista. Sekä pilaantuneiden maiden että ei-pilaantuneiden maiden ajot olivat tilikortissa samalla nimikkeellä, mutta yksikköhinnan avulla pystyttiin tunnistamaan, kumman maa-aineksen kuljetuksesta oli kyse.

Lyhyt kuljetusmatka teki tämän kategorian päästöjen määrästä maltillisen, sillä maa-ajot tuottivat päästöjä yhteensä 3,24 t CO_{2e}. Maa-ajot olivat koko scope 3 -päästöluokan pienin päästölähde, osuuden ollessa alle 5 % (Kuvio 6).

Päästölaskenta tehtiin tonnikilometriperusteisesti.

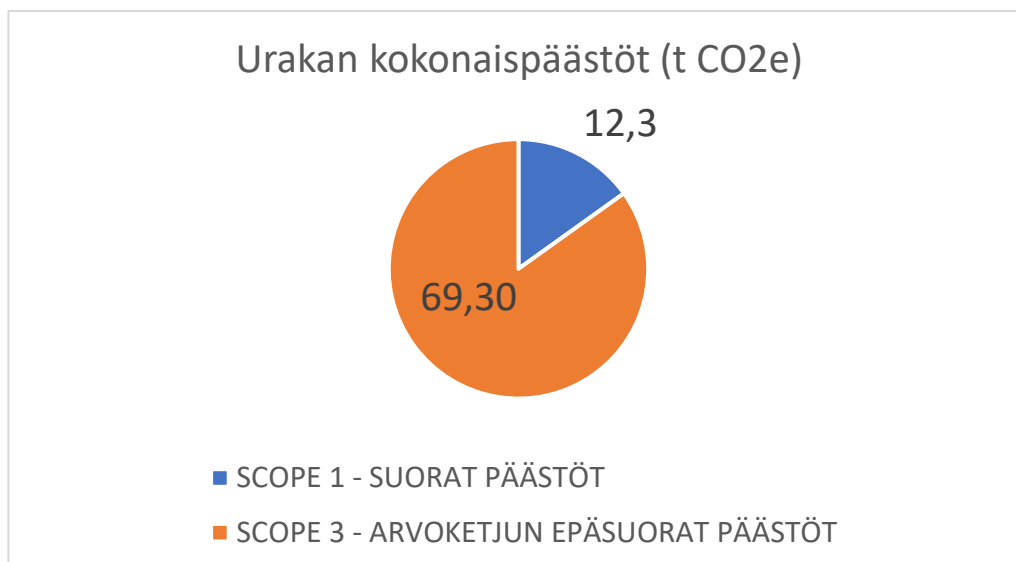
8.5 Kokonaispäästöt

Opinnäytetyön toimeksiantona toteutettiin hiilijalanjälkilaskenta Lieksan raakapuuterminaaliurakkaan kesällä 2023. Laskenta sisälsi GHG protokollan scope 1-, scope 2- sekä scope 3 -päästöt urakan päätyövaiheista. Kaikki päästöluokat huomioiden urakan kokonaispäästökseen muodostui 81,63 t CO_{2e}. Siitä huolimatta, että kaikki päästöluokat huomioitiin laskennassa, kokonaispäästö muodostui ainoastaan scope 1- sekä scope 3 -päästöluokista, sillä scope 2 -luokan päästöt olivat mitättömät uusiutuvan ostoenergian vuoksi. (Taulukko 2)

SCOPE 1 - SUORAT PÄÄSTÖT	12,3 t CO _{2e}	%-osuus scope 1 päästöistä
Kilometriajojen päästöt	3,2 t CO _{2e}	26,2 %
Savon kuljetuksen ostamien polttoaineiden päästöt	9,1 t CO _{2e}	73,8 %
SCOPE 2 - EPÄSUORAT PÄÄSTÖT	0 t CO _{2e}	100 % uusiutuvan sähkön käyttö
SCOPE 3 - ARVOKETJUN EPÄSUORAT PÄÄSTÖT	69,30 t CO _{2e}	%-osuus scope 3 päästöistä
Kilometriajot	6,6 t CO _{2e}	9,5 %
Konetyöt	15,51 t CO _{2e}	22,4 %
Murskeiden ajot	19,7 t CO _{2e}	28,4 %
Jätteiden kuljetus	24,3 t CO _{2e}	35,1 %
Maa-ajot	3,2 t CO _{2e}	4,7 %
Päästöt yhteensä	81,63 t CO _{2e}	
Scope 1 %-osuus	15,11 %	
Scope 3 %-osuus	84,89 %	
Kuljetusten osuus kokonaispäästöistä	57,8 %	

Taulukko 2. Päästöjen määrät sekä osuudet päästöluokittain.

Selkeästi suurimmaksi päästöluokaksi osoittautui scope 3, johon sisällytettiin työmaasta aiheutuneet kilometriajot, konetyöt sekä murskeiden, jätteiden ja maan kuljetukset. Nämä viisi pääkategoriaa yhdessä muodostivat lähes 85 % urakan kokonaispäästöistä (Kuvio 7). Urakan päätyövaiheista materiaalin kuljetukset osoittautuivat kaikista päästörikkaimmiksi, niiden tuottaessa yli puolet työmaan päästöistä (Taulukko 2).



Kuvio 7. Urakan kokonaispäästöt (81,63 t CO₂e).

9 Pohdinta ja kehitysideat

Ennen laskentavaiheen varsinaista aloitusta oli vielä epäselvää, miten eri päästöluokat tullaan huomioimaan laskennassa. Laskennan edetessä ja päästöjen konkretisoituessa oli selvää, että tarkimman lopputuloksen takaamiseksi kaikki päästöluokat tulisi huomioida laskennassa. Siitä huolimatta, että scope 1 -päästöt olivat huomattavasti oletettua pienemmät, ja scope 2 -päästöjen osuus oli mitätön. Opinnäytetyön suunnitelmavaiheesta poiketen urakan suurimmaksi päästölähteeksi osoittautui scope 3 -päästöluokka, työvoimasta valtaosan ollessa alihankintaa.

Laskennan tulokset osoittavat suoraviivaisesti sen, että Lieksan raakapuuterminaaliurakan suurimmat päästölähteet liittyvät kuljetuksiin ja konetyöhön. Vaikka nämä työvaiheet ovat isoimpia päästölähteitä, ovat ne myös välttämättömiä urakan toteuttamisen kannalta. Päästölähteiden koko vähennyspotentiaalin hyödyntäminen on käytännössä haastavaa, vaikka teoriassa se voisi olla mahdollista.

Savon Kuljetuksella ei ollut käytössä omaa kalustoa juuri lainkaan Lieksan raakapuuterminaaliurakassa, minkä vuoksi kaikki kuljetukset sekä konetyöt toteutuivat alihankintana. Kuljetusten ja konetöiden ollessa urakan suurimpia päästölähteitä, on päästövähennyksien tekeminen käytännössä haastavaa. Urakan aikana tehdyt ajot oli suunniteltu ajojärjestelyjen osalta taloudellisiksi ja konetöissä työkoneiden työskentely oli mitoitettu mahdollisimman tehokkaaksi. Kuitenkin tilaajan ja urakoitsijan puolelta voitaisiin esittää aliurakoitsijoille vaatimus vähäpäästöisemmistä ajoneuvoista ja työkoneista, minkä avulla pystyttäisiin vähentämään vanhasta kalustosta aiheutuvia ylimääräisiä päästöjä.

Urakasta aiheutuneiden suorien päästöjen määrä oli melko maltillinen kokonaispäästöihin nähden. Yrityksen suorista päästöistä noin neljännes oli yrityksen omien ajojen tuottamia, ja loput olivat yrityksen ostamia ja käyttämiä polttoainepäästöjä. Tulevaisuudessa suorista päästöistä voisi olla potentiaalista tehdä päästövähennyksiä, jos käytössä olevat ajoneuvot olisivat päästöystävällisempiä. Polttoainepäästöjä voitaisiin vähentää mitoittamalla työkoneiden työskentelyä päästätehokkaammaksi, sekä käyttämällä vähäpäästöisempiä työkoneita ja ajoneuvoja. Tästä huolimatta urakan laskennan perusteella olisi kyse todella maltillisesta päästövähennyksestä, joten scope 3 -päästövähennyksiin puuttumista voidaan pitää kannattavampana vaihtoehtona.

Laskennassa käytettyjen työkoneiden polttoaineen kulutustietojen löytäminen oli hankalaa, minkä takia päädyttiin hyödyntämään näitä koneita ajaneiden henkilöiden ammattitaitoa. Tästä aiheutuu laskentaan jonkinasteista epävarmuutta, sillä jokaisen tiedonannon kohdalla vastaajat painottivat, että kulutus vaihtelee tapauskohtaisesti niin paljon, että tarkan vastauksen antaminen on mahdotonta. Käytetyt kulutustiedot pyrittiin arvioimaan yläkanttiin, jotta laskennassa ei arvioitaisi syntyneitä päästöjä liian pieniksi.

Urakassa käytettiin ostoenergiana Fortumin uusiutuvaa sähköenergiaa, joka tuotettiin vesi-, tuuli- ja aurinkoenergian sekoituksena. Taloushallinto-ohjelmasta löydettyjen tietojen perusteella työmaan ostosähkön määrä oli hieman alle 600 kWh. Energiantuotannon muodostuessa 100 % uusiutuvista lähteistä, ei tästä

luokasta syntynyt päästöjä. Energiantuotannon muuttaminen uusiutumattomaksi ei aiheuttaisi merkittäviä muutoksia urakan päästökokonaisuuteen, sillä scope 2 -päästöt jäisivät mitättömiksi energiantuotantotavasta huolimatta. Tällainen toiminta näyttää enemmän yrityksen vihreän siirtymän markkinointikampanjalta, kuin oikeasti merkittävältä päästövähennykseltä.

Tässä opinnäytetyössä tehdyn hiilijalanjälkilaskelman myötä rakentui myös laskentapohja, jota voi tulevaisuudessa hyödyntää urakoiden hiilijalanjälkien laskennassa. Käytettävien päästökertoimien ajantasaisuus täytyy kuitenkin varmistaa ennen laskentaa. Excel-pohjainen laskuri on helposti muokattavissa suppeammaksi tai laajemmaksi tarpeen mukaan. Laskennan tuloksen selvittyä, urakan lähtötiedot koottiin lopuksi yhteen taulukkoon, jossa niitä suhteutettiin laskennan tulokseen. Tällä tavoin muodostui niin sanottuja suhteutettuja mittareita, joita voidaan tulevaisuudessa käyttää vertailukohteina muissa samankaltaisissa laskennoissa. (Liite 2.)

Yhtenä vaihtoehtona vertailukohteelle kokonaispäästöjen lisäksi olisi voinut olla määrätoteumat eri rakenneosien töihin. Tämän toteuttamiseksi olisi jouduttu kuitenkin avaamaan urakan laskentataulukkoa sekä muita yrityssalaisuuksia huomattavasti laajemmin, joten vaihtoehtoa ei voitu toteuttaa lopullisessa versiossa. Kyseisten mittareiden luominen, sekä niiden hyödyntäminen, yrityksen sisäisesti toisi arvokasta tietoa tulevaisuuden laskentoja varten, joten ajatusta ei tule haudata täysin.

Tämän opinnäytetyön toimeksiantona toteutetun hiilijalanjälkilaskennan voidaan todeta olevan työläs siihen nähden, että kyseessä on ainoastaan yhtä urakkaa koskeva laskelma. On siis selvää, että tulevaisuudessa urakkakohtaisien hiilijalanjälkilaskelmien yleistyessä, on oltava jokin suoraviivaisempi tai kokonaan automatisoitu tiedonkeruun keino. Tiedon määrä on kuitenkin valtava jo yhdessä urakassa, puhumattakaan useista urakoista. Jos puhutaan Lieksan raakapuuterminaaliurakan tapaisista urakoista, ei päästövähennyksien tekeminen välttämättä vaatisi jatkuvia hiilijalanjälkilaskelmia. Suurimpien päästölähteiden ollessa osoitettavissa selkeästi, on niihin myös helppoa tehdä merkittäviä vähennyksiä. Se vaatisi kuitenkin todella tiukkoja toimenpiteitä

tilaajien ja urakoitsijoiden puolesta. Tästä herää kysymys, onko aliurakoitsijoilla resursseja vastata asetettuihin kriteereihin vaaditulla tavalla?

Tässä opinnäytetyössä toteutettu hiilijalanjälkilaskelma tuki ammatillista kasvuani erinomaisesti. Tätä työtä tehdessä huomasin hyvin, kuinka opintojen aikana tehdyt pienemmät laskelmat ja niistä kootut opit sulautuivat yhdeksi isoksi kokonaisuudeksi. Työn toteutuksen kannalta suuren avun tarjosi myös Savon Kuljetuksen yhteyshenkilö, jonka kautta sain käyttööni kaikki sisäiset aineistot sekä neuvoja, kuinka aloittaa laskennan tekeminen. Hiilijalanjäljen laskeminen opinnäytetyön aiheena ei ollut itsestänselvyyys minulle opintojen aikana. Aihe valikoitui useiden vaihtoehtojen joukosta, enkä tätä työtä viimeistellessä ole katunut sitä hetkeäkään. Lieksan raakapuuterminaaliurakan hiilijalanjälkilaskenta tarjosi minulle haasteita ja koin aiheen erittäin mielekkääksi. Tämän työn tehneenä en poissulje mahdollista kiinnostusta työllistyä samanlaisiin työtehtäviin tulevaisuudessa.

Lähteet

- Autere, M. 2021. Infrarakentamisen ilmastobudjetti. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto. Tuotantotalous. Diplomityö. <https://shorturl.at/BHUV1>. 05.03.2024.
- Greenhouse Gas Protocol. 2004. A Corporate Accounting and Reporting Standard. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. 05.02.2024.
- Greenhouse Gas Protocol. 2011a. GHG Protocol Scope 2 Guidance. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope%20%20Guidance.pdf>. 22.03.2024.
- Greenhouse Gas Protocol. 2011b. Corporate Value Chain (Scope 3) Accounting and Reporting Standard. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Corporate-Value-Chain-Accounting-Reporting-Standard_041613_2.pdf. 19.03.2024.
- Greenhouse Gas Protocol. 2012. Construction CO₂e Measurement Protocol. A Guide to reporting against the Greenhouse Gas Protocol for construction companies. <https://shorturl.at/EcIL6>. 29.05.2024.
- Häkkinen, T., Vares, S. & Pesu, J. 2022. Ihku-allianssi. Infrarakentamisen päästölaskennalle on selkeä tarve, mutta vertailukelpoinen laskenta vaatii vielä kehittämistä. Blogi. 16.6.2022. <https://bitly.ws/3cPqB>. 09.02.2024.
- Hämäläinen, I. Infra kuljetusten päästöt. 2022. [co2data.fi https://co2data.fi/infra/reports/INFRA%20kuljetukset%20R01.00.pdf](https://co2data.fi/infra/reports/INFRA%20kuljetukset%20R01.00.pdf). 25.8.2024.
- Ilmasto-opas. 2024a. Kasvihuonekaasut lämmittävät. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/kasvihuonekaasut-lammittavat>. 23.02.2024.
- Ilmasto-opas. 2024b. Hiilidioksidi ja hiilen kiertokulku. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/hiilidioksidi-ja-hiilen-kiertokulku>. 25.02.2024.
- Ilmasto-opas. 2024c. Dityppioksidi. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/dityppioksidi>. 25.02.2024.
- Ilmasto-opas. 2024d. Otsoni. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/otsoni>. 25.02.2024.
- Ilmasto-opas. 2024e. Metaani. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/metaani>. 25.02.2024.
- Lehtovirta, T. 2023. Infrarakentamisen hiilidioksidiekvivalenttipäästöt Suomessa. Aalto-yliopisto. Georakentamisen maisteriohjelma. Diplomityö. <https://shorturl.at/wILMR>. 29.02.2024.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT. 2016. LIPASTO. Liikenteen päästöt. Tietokanta. <https://lipasto.vtt.fi:80/>. 22.8.2024.
- Teknologian tutkimuskeskus VTT. 2008. LIPASTO. Suomen työkoneiden päästömalli. <https://lipasto.vtt.fi:80/tyko/index.htm>. 22.8.2024.
- Tilastokeskus. 2024. Polttoaineluokitus. https://stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html. 1.9.2024.
- Mattinen-Yuryev, M. 2023. Etteplan Finland Oy. Päästölaskentakoulutus Joensuun kaupungille 5.10.2023. 1.7.2024

- Motiva. 2024. CO₂-päästökertoimet.
https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian kaytto_suomessa/co2-paastokertoimet. 26.8.2024
- NGS Finland. 2023. GHG-protokolla ja päästöluokat (Scope1, scope 2 ja scope 3). <https://ngsfinland.fi/ghg-protokolla-ja-paastoluokat-scope-1-scope-2-ja-scope-3/>. 17.02.2024.
- Opas.net. 2013a. Työkoneiden yksikköpäästöt [g/kWh].
https://fi.opasnet.org/fi/Ty%C3%B6koneiden_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t. 01.09.2024
- Opas.net. 2013b. Työkoneiden yksikköpäästöt tehonkäyttöä kohden.
https://fi.opasnet.org/fi/Ty%C3%B6koneiden_p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6t 02.09.2024
- OpenCO2.net. CO₂-termit tutuiksi. Mikä on hiilijalanjälki tai mitä tarkoitetaan päästökertoimella? <https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>. 05.03.2024.
- Savon Kuljetus. 2021. Kasvihuonekaasupäästökartoitus. Savon Kuljetuksen Tietokanta. Henkilöstön käyttöön. 15.02.2024.
- Savon Kuljetus. 2024. Infrarakentaminen.
<https://www.savonkuljetus.fi/palvelut/infrarakentaminen/>. 23.02.2024.
- Sitra. 2024. Tulevaisuussanasto. Kasvihuonekaasu.
<https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/kasvihuonekaasu/>. 23.03.2024.
- Viitanen, J. 2023. Infra-ala ei ole jähmeä jättiläinen. Figbc. 03.03.2023. Blogi.
<https://figbc.fi/infra-ala-ei-ole-jahmea-jattilainen>. 25.02.2024.
- Väylävirasto. 2023. Infrarakentamisen vähähiilisyiden arviointimenetelmä.
<https://shorturl.at/dilWX>. 05.03.2024.

Päästölaskennassa käytetyt päästökertoimet

Scope 1 -laskennassa

käytettyjä päästökertoimia Päästökerroin Yksikkö Lähde

Polttoaineet			
Bensiini		2,03 kg CO ₂ e/l	(Tilastokeskus. 2024. Polttoaineluokitus.)
Diesel		1,87 kg CO ₂ e/l	(Tilastokeskus. 2024. Polttoaineluokitus.)
Polttoöljy		2,55 kg CO ₂ e/l	(Tilastokeskus. 2024. Polttoaineluokitus.)
Ajoneuvot			
Henkilöauto, Diesel.		152 g/km	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2016)
Pakettiauto, Diesel.		185 g/km	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2016)

Scope 2 -laskennassa

käytettyjä päästökertoimia Päästökerroin Yksikkö Lähde

Energia (100% uusiutuva)			
Sähkö, tuotanto		0 gCO ₂ e/kWh	(Motiva. 2024. CO ₂ -päästökertoimet.)

Scope 3 -laskennassa

käytettyjä päästökertoimia Päästökerroin Yksikkö Lähde

Ajoneuvot			
Kuljetus, pakettiauto (2,7t), maantieajo.		223,76 g CO ₂ e/tkm	(Hämäläinen, I. 2022. Infra kuljetukset.) co2data.fi
Kuljetus, puoliperävaunun yhdistelmä (40t), maantieajo.		82,09 g CO ₂ e/tkm	(Hämäläinen, I. 2022. Infra kuljetukset.) co2data.fi
Kuljetus, täysperävaunun yhdistelmä (76t), maantieajo.		36,19 g CO ₂ e/tkm	(Hämäläinen, I. 2022. Infra kuljetukset.) co2data.fi
Kuljetus, täysperävaunun yhdistelmä (76t), kaupunkiajo		64,52 g CO ₂ e/tkm	(Hämäläinen, I. 2022. Infra kuljetukset.) co2data.fi
Työkoneet			
Pyöräkuormaaja		256 g CO ₂ e/kWh	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2008).
Kaivinkone		255 g CO ₂ e/kWh	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2008).
Tiehöylä		267 g CO ₂ e/kWh	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2008).
Jyrä		256 g CO ₂ e/kWh	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2008).
Palfinger nosturi		255 g CO ₂ e/kWh	(Teknologian Tutkimuskeskus VTT. LIPASTO. 2008).

Päästölaskennan lähtötietoja

Laskennan lähtötietoja				
Kilometriajoa - scope 3 (km)	8 133	Kilometriajojen päästöt	6,6	t CO ₂ e
Kilometriajoa - scope 1 (km)	20 326	Kilometriajojen päästöt	3,2	t CO ₂ e
Päästöt kilometriä kohden - scope 3 (g CO ₂ e/km)	810,2	Päästöt kilometriä kohden - scope 1	159,0	g CO ₂ e / km
Konetyö tunnit yhteensä - scope 3 (h)	1577	Konetöiden päästöt tuntia kohden	9 835,9	g CO ₂ e/h
Konetöiden polttoaineen kulutus - scope 3 (l)	10643	polttoainelitraa kohden	1 457,5	g CO ₂ e/l
Murskeiden kuljetusmatka yhteensä (km) - scope 3	7337	Päästöt kilometriä kohden	2 681,0	g CO ₂ e/km
Murskeiden kuljetusten tonnikipometrit (tkm) - scope 3	352188	toimitusten päästöt tonnikipometriä kohden	55,9	g CO ₂ e/tkm
Jätteiden kuljetusmatka yhteensä - scope 3(km)	13963	päästöt kilometriä kohden	1 741,5	g CO ₂ e/km
Jätteiden kuljetusten tonnikipometrit yhteensä - scope 3 (tkm)	670217	päästöt tonnikipometriä kohden	36,3	g CO ₂ e/tkm
Ostettujen polttoaineiden määrä - scope 1 (l)	3875	polttoainelitraa kohden	2 352,9	g CO ₂ e/l
Maan ajojen kilometrit yhteensä - scope 3 (km)	1045	Maan ajojen päästöt kilometriä kohden	3 097,0	g CO ₂ e/km
Maan ajojen tonnikipometrit yhteensä - scope 3 (tkm)	50166	Maan ajojen päästöt tonnikipometriä kohden	64,5	g CO ₂ e/tkm