



Karelia-ammattikorkeakoulu
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

Hiilijalanjäljen laskenta maanteiden kunnossapidon näkökulmasta

Savon Kuljetus Oy

Juuso Huttunen

Opinnäytetyö, Marraskuu 2021

www.karelia.fi



OPINNÄYTETYÖ
Marraskuu 2021
Energia- ja ympäristötekniikan koulutus

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

Tekijä(t)
Juuso Huttunen

Nimeke
Hiilijalanjäljen laskenta maanteiden kunnossapidon näkökulmasta

Toimeksiantaja
Savon Kuljetus Oy

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tarkoituksena oli toteuttaa GHG-protokollan mukainen hiilijalanjäljen laskenta Savon Kuljetus Oy:lle. Laskenta suoritettiin maanteiden kunnossapidon Joensuun alueurakalle, ja laskennan tarkastelujaksona pidettiin vuotta 2020, joka oli urakan ensimmäinen kokonainen kalenterivuosi.

GHG-protokolla on yleisesti kasvihuonekaasupäästöjen laskennassa käytössä oleva standardi, joka jakaa yrityksen kasvihuonekaasupäästöt kolmeen luokkaan: scope 1 (suorat päästöt), scope 2 (epäsuorat päästöt) ja scope 3 (arvoketjun muodostamat välilliset päästöt). Näistä kategorioista scope 3 on laajin kokonaisuus ja siihen myös tässä opinnäytetyössä keskityttiin.

Scope 3 -luokan yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi laskennassa saatiin 344,0 hiilidioksidiekvivalenttitonnia. Suurimmat päästöt aiheutuivat kategoriassa ostetut tuotteet ja palvelut, jonka osuus scope 3 -luokan kokonaispäästöistä oli 73,1 %. Toinen merkittävä päästökategoria oli kuljetukset ja jakelupalvelut, jonka osuus oli 24,9 %.

Kieli
suomi

Sivuja 37
Liitteet 2
Liitesivumäärä 2

Asiasanat
Kunnossapito, kasvihuonekaasut, hiilijalanjälki, päästöt



THESIS
November 2021
Degree Programme in Energy and Environmental Engineering

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

Author (s)
Juuso Huttunen

Title
Carbon Footprint Calculation from the Viewpoint of Road Maintenance

Commissioned by
Savon Kuljetus Ltd.

Abstract

The purpose of this thesis was to execute carbon footprint calculation for Savon Kuljetus Ltd using GHG protocol. The calculation was performed for the road maintenance regional contract in Joensuu area, and the reference period of the calculation was year 2020 which was the first full calendar year of the contract.

The GHG protocol is a commonly used standard in greenhouse gas calculations. Method divides company's greenhouse gas emissions into three parts: scope 1 (direct emissions), scope 2 (indirect emissions) and scope 3 (indirect emissions created by value chain). From these categories scope 3 is the widest entity and it is also the one on which this thesis was focusing.

The summarized carbon footprint in scope 3 category was 344.0 tonnes of carbon dioxide equivalent. The largest emissions were caused in category of purchased goods and services. Its share from scope 3 overall emissions was 73.1 %. Another significant emission category was transportation and distribution with the share of 24.9 %.

Language
Finnish

Pages 37
Appendices 2
Pages of Appendices 2

Keywords
Maintenance, Greenhouse Gases, Carbon Footprint, Emissions

Sisältö

1	Johdanto	5
2	Hiilijalanjälki ja sen laskenta	6
2.1	Hiilijalanjäljen muodostuminen.....	6
2.1.1	Hiilidioksidi	7
2.1.2	Metaani.....	8
2.1.3	Dityppioksidi.....	9
2.1.4	Fluoratut kasvihuonekaasut	10
2.2	GHG-protokolla.....	12
2.2.1	Scope 1	13
2.2.2	Scope 2	13
2.2.3	Scope 3	14
2.3	Kansainväliset ja kansalliset velvoitteet	14
3	Infrarakentamisen elinkaari.....	16
4	Hiilijalanjälki maanteiden kunnossapidossa	16
5	Opinnäytetyön tavoite ja laskennan kohde	17
5.1	Tavoite.....	17
5.2	Joensuun alueurakka.....	18
6	Opinnäytetyön toteuttamisen vaiheet.....	19
6.1	Päästölähteiden tunnistaminen.....	19
6.2	Laskennan rajaaminen	19
6.3	Aineiston hankinta	20
6.4	Laskentatyökalu.....	21
7	Laskennan tulokset.....	21
7.1	Laskennan sisältö	21
7.2	Kategoria 1: Ostetut tuotteet ja palvelut.....	22
7.3	Kategoria 3: Polttoaineen tuotanto ja energian siirtohäviöt.....	25
7.4	Kategoria 4: Alkutuotannon kuljetukset ja jakelupalvelut	26
7.5	Kategoria 5: Toiminnan tuottamat jätteet	27
7.6	Kategoria 7: Työmatkat.....	28
7.7	Kategoria 8: Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus	29
7.8	Yhteenveto.....	29
8	Pohdinta ja kehitysideat	31

Liitteet

- Liite 1 Alueurakan päästölähteet kategorioittain (Scope 3)
- Liite 2 Scope 3 -laskennassa käytetyt päästökertoimet

1 Johdanto

Vuonna 1965 savolaisten kuljetusyrittäjien toimesta perustettu Savon Kuljetus Oy toimi alun perin pelkkänä kuljetusten tilauskeskuksena, mutta on sittemmin laajentunut infra-alan monialayhtiöksi. Infrarakentamisen ja kunnossapitopalveluiden lisäksi yritys tarjoaa maa- ja kiviaines-, logistiikka-, polttoaine-, suunnittelu-, mittaus- ja pohjatutkimuspalveluita sekä maansiirto-, nosturi- ja vaihtolavakuljetuksia. Kuopiossa sijaitsevan päätoimipisteen lisäksi yrityksellä on toimipisteet Joensuussa, Varkaudessa, Mikkelissä, Savonlinnassa ja Suonenjoella. (Savon Kuljetus Oy 2021.)

Savon Kuljetus tarjoaa ympärivuotisia kunnossapitopalveluita alueurakoina ELY-keskuksille, kaupungeille ja kunnille. Tällä hetkellä yrityksellä on valtion omistamia teitä hoidettavanaan lähes 3 500 kilometriä (Savon Kuljetus 2021). Yksi tällä hetkellä käynnissä olevista alueurakoista on Joensuun maanteiden hoitourakka, joka kestää vuoden 2019 syksystä vuoden 2024 syksyyn saakka. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli siis toteuttaa GHG-protokollan mukainen hiilijalanjalan laskenta käyttäen tarkastelujaksona vuotta 2020, joka oli kyseisen urakan ensimmäinen kokonainen kalenterivuosi.

Opinnäytetyötä lähdettiin tekemään osana Savon Kuljetuksen ympäristövaikutukset-projektia, joka päättyi 31.7.2021. Projektia rahoitti Business Finland, ja yksi projektin keskeisimmistä tavoitteista oli saada selville yrityksen kasvihuonekaasupäästöt liiketoiminnoittain sekä tarkastella mahdollisuuksia niiden vähentämiseksi. Lisäksi projektissa oli tavoitteena tarkastella mahdollisuuksia kiertotalouden tehostamiselle ja liiketoimintojen ympäristöturvallisuuden parantamiselle.

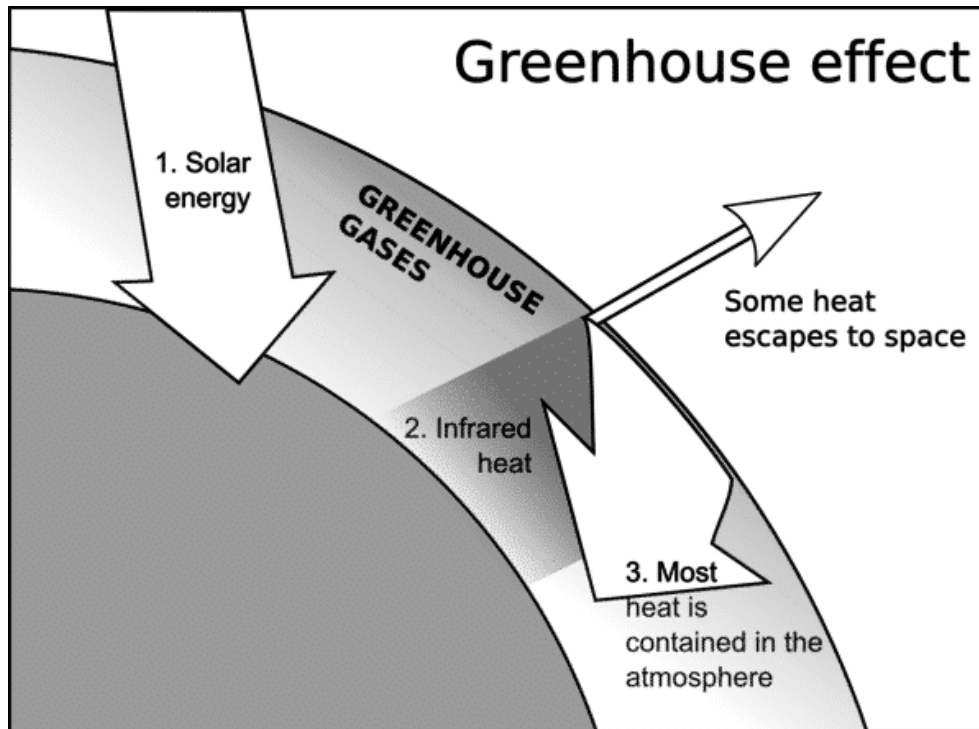
2 Hiilijalanjälki ja sen laskenta

2.1 Hiilijalanjäljen muodostuminen

Hiilijalanjäljellä kuvataan tietyistä ihmisen toiminnasta aiheutuvaa ilmastokuormaa. Hiilijalanjäljen laskenta voidaan suorittaa mille tahansa rajattavissa olevalle kokonaisuudelle, esimerkiksi kunnalle, yritykselle, tuotteelle tai investoinnille. Hiilidioksidiekvivalentti (CO₂e) on hiilijalanjäljen laskennassa käytettävä suure, jossa otetaan hiilidioksidin (CO₂) lisäksi huomioon myös muut merkittävät kasvihuonekaasut, joita ovat metaani (CH₄), dityppioksidi (N₂) sekä fluoratut kasvihuonekaasut.

Tarkasteltavan kokonaisuuden hiilijalanjäljen laskemiseksi tarvitaan päästökertoimia. Päästökertoimella tarkoitetaan esimerkiksi tuotetun tuotteen tai palvelun aiheuttamia päästöjä suhteessa sen määrään. Päästökertoimen tyyppi vaihtelee tapauskohtaisesti niiden määrittämisessä tehtyjen rajausten mukaan. Esimerkiksi kulutetun sähköenergian päästökerroin voidaan ilmoittaa muodossa gCO₂/kWh, jolloin päästökerroin sisältää ainoastaan hiilidioksidipäästöt tai muodossa gCO₂e/kWh, jolloin päästökerroin sisältää kaikki merkittävät kasvihuonekaasut. Pääsääntöisesti hiilijalanjäljen laskennassa on suositeltavaa käyttää kaikki kasvihuonekaasut huomioivaa päästökerointa, mutta mikäli sellaista ei ole saatavilla, voidaan laskennassa käyttää vain hiilidioksidipäästöt huomioivaa päästökerointa. (OpenCO2.net.)

Vaikka kaikkien ilmakehässä olevien kasvihuonekaasujen pitoisuudet lasketaan yhteen, niiden yhteenlaskettu osuus kaikista ilmakehän kaasuista on pysytellyt tasolla 0,05 % viimeisten vuosien aikana (World Meteorological Organization 2020). Silti niiden ilmakehää lämmittävä vaikutus on moninkertainen verrattuna ilmakehän yleisimpiin kaasuihin: happeen, typpeen ja argoniin. Tämä johtuu kasvihuonekaasujen kyvystä sitoa itseensä maapallon pinnasta heijastuvaa auringon lämpösäteilyä. Kun kaikki maapallon ilmakehään tuleva auringon säteily ei pääsekään sieltä ulos, seuraa kasvihuonetta muistuttava ilmiö (kuva 1).

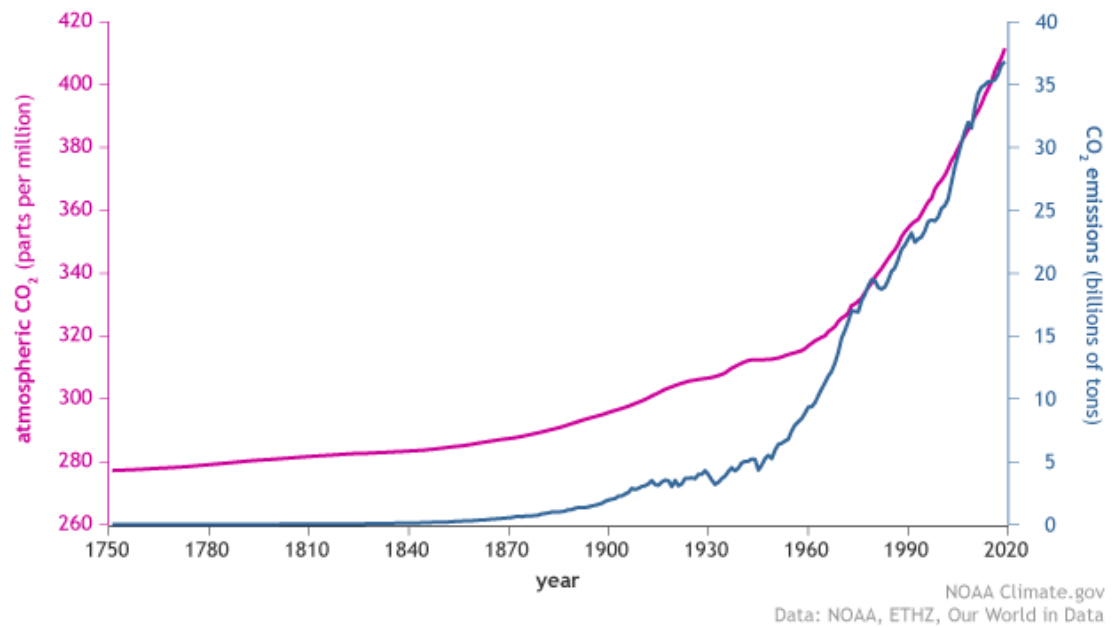


Kuva 1. Kasvihuoneilmiö (Natural Energy Hub).

2.1.1 Hiilidioksidi

Hiilidioksidi (CO_2) on merkittävin ihmiskunnan tuottama kasvihuonekaasu. Suurin osa ihmisen aiheuttamista hiilidioksidipäästöistä syntyy fossiilisten polttoainesten, erityisesti kivihilen, öljyn ja maakaasun, käytöstä. Ilmakehän hiilidioksidipitoisuus on kasvanut jyrkästi teollistumisen jälkeisellä aikakaudella (kuva 2). (Ilmasto-opas.fi.)

Ennen ihmiskunnan teollistumista hiilidioksidin kiertokulku ilmastojärjestelmässä oli tasapainossa. Hiilen luonnollisessa kierrossa maapallon hiilinielut kykenevät sitomaan kaiken luonnollisesti meristä, kasvisoluista ja eläimistä vapautuvan hiilidioksidin. Kun ihminen tuottaa hiilidioksidia ilmakehään keinotekoisesti, hiilinielujen kantokyky ei riitä ja CO_2 -pitoisuus ilmakehässä kasvaa. (Ilmasto-opas.fi.)

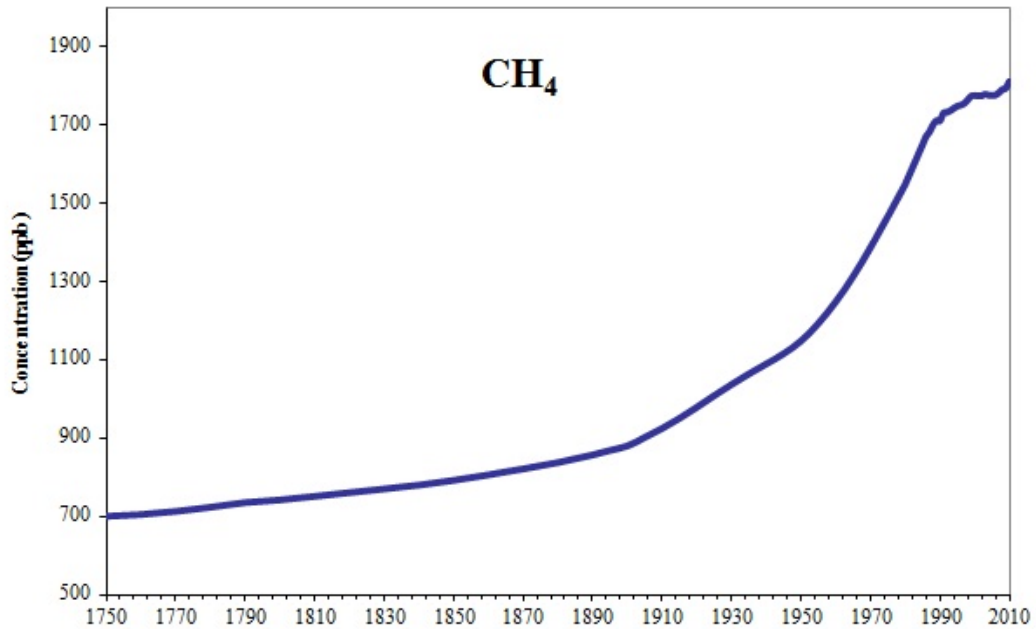
CO₂ in the atmosphere and annual emissions (1750-2019)

Kuva 2. Ihmisen hiilidioksidipäästöjen vaikutus ilmakehän CO₂ -pitoisuuksiin teollistumisen jälkeisellä aikakaudella (Lindsey 2020).

2.1.2 Metaani

Ihmisen tuottamista kasvihuonekaasuista metaani (CH₄) on hiilidioksidin jälkeen toiseksi eniten ilmastoja lämmittävä kasvihuonekaasu. Merkittävimpiä metaanin päästölähteitä ovat jäteveden puhdistamot, kaatopaikat ja karjatalous. (Ilmasto-opas.fi.)

Metaania syntyy eloperäisen aineen hajotessa hapettomissa olosuhteissa. Noin kolmannes ilmakehässä esiintyvistä metaanista on luonnollista alkuperää ja kaksi kolmasosaa peräisin ihmiskunnan toiminnasta. Ilmakehän metaanipitoisuus on yli kaksinkertaistunut teollistumisen jälkeisellä aikakaudella (kuva 3). (Ilmasto-opas.fi.)

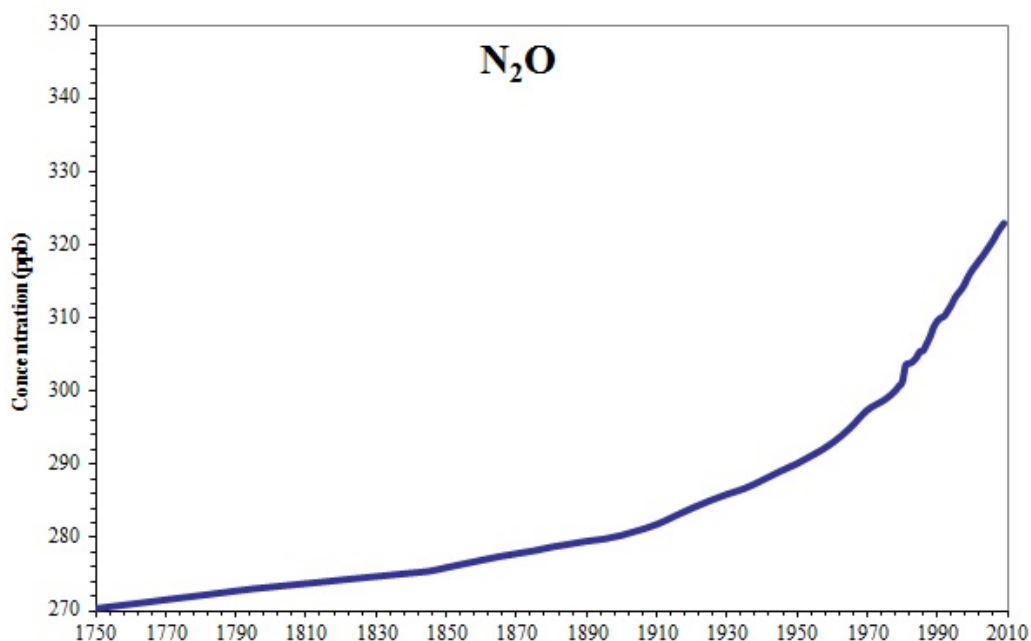


Kuva 3. Ilmakehän metaanipitoisuuden kehittyminen 1750-luvulta 2010-luvulle (European Environment Agency).

2.1.3 Dityppioksidi

Dityppioksidi (N_2O) tunnetaan myös nimellä typpioksiduuli tai ilokaasu. Se muodostuu nitraattien, esimerkiksi typpilannoitteiden, hajotessa maaperässä. Dityppioksidia on määrällisesti ilmakehässä hyvin vähän, mutta sen ilmastoa lämmittävä vaikutus on hyvin suuri verrattuna muihin kasvihuonekaasuihin. Lisäksi sen elinikä ilmakehässä on 114 vuotta, mikä on huomattavasti esimerkiksi metaania enemmän. (Ilmasto-opas.fi.)

Merkittävin ihmiskunnan aiheuttama dityppioksidin lähde on maatalouden harjoittaminen, joka muodostaa noin kolmanneksen kaikesta ilmakehässä esiintyvistä dityppioksidista. Loput kaksi kolmasosaa ovat peräisin merien ja maaperän luonnollisesta mikrobitoiminnasta. (Ilmasto-opas.fi.)

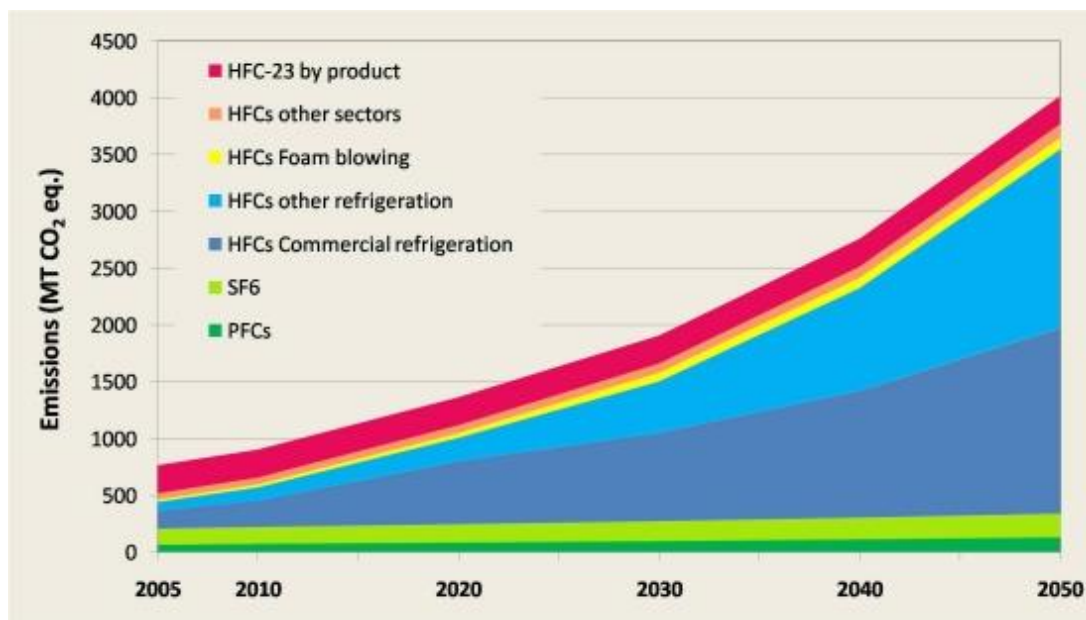


Kuva 4. Myös ilmakehän N₂O-pitoisuus on kasvanut tasaisesti teollistumisen jälkeisellä aikakaudella (European Environment Agency).

2.1.4 Fluoratut kasvihuonekaasut

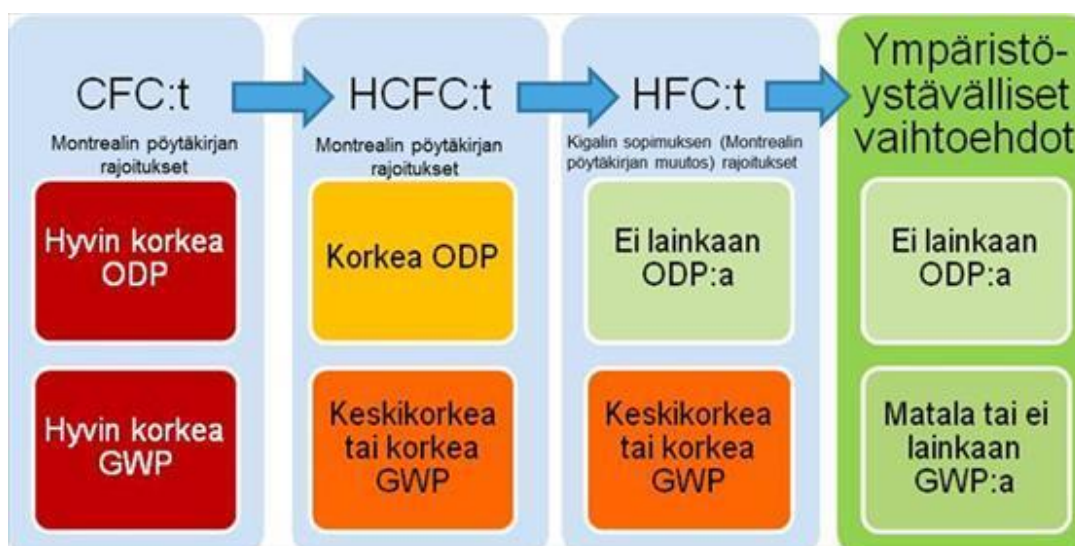
Fluoratut kasvihuonekaasut eli f-kaasut ovat ryhmä kasvihuonekaasuja, johon kuuluu useita kemiallisia yhdisteitä. Niitä ovat: rikkiheksafluoridi (SF₆), typpitrifluoridi (NF₃), fluorihilivedyt (HFC-yhdisteet) sekä perfluorihilivedyt (PFC-yhdisteet). F-kaasuja ei synny lainkaan luonnollisesti, vaan ne ovat kokonaisuudessaan peräisin ihmiskunnan toiminnasta. (Ympäristö.fi.)

F-kaasuja käytetään erityisesti solumuovien- ja alumiinin puolijohteiden valmistusprosesseissa, jäähdytysaineena kylmä- ja ilmastointilaitteissa, aerosoleissa sekä liuottimien raaka-aineina. F-kaasujen käytössä on ollut huomattavaa maailmanlaajuista kasvua viime vuosien aikana, ja kasvun ennustetaan jatkuvan seuraavien vuosikymmenten aikana (kuva 5). (Ympäristö.fi.)



Kuva 5. F-kaasujen aiheuttamien kasvihuonekaasupäästöjen on ennustettu kasvavan merkittävästi vuoteen 2050 mennessä (Erbach 2013).

EU:n lainsäädännön ja Montrealin pöytäkirjan eli otsonikerroksen suojelusopimuksen myötä ensimmäisen ja toisen sukupolven erittäin haitallisten f-kaasujen (CFC ja HCFT) käytöstä on pystytty luopumaan. Nykyisin käytössä olevat f-kaasut eivät enää kuluta ilmakehän otsonikerrosta, mutta niiden ilmastoa lämmitävä vaikutus on edelleen merkittävä. Kuvassa 6 kuvataan siirtymää otsonikerrosta kuluttavien (ODP) ja korkean lämmityspotentiaaloin omaavien (GWP) f-kaasujen käytöstä kohti ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja. (Ympäristö.fi.)

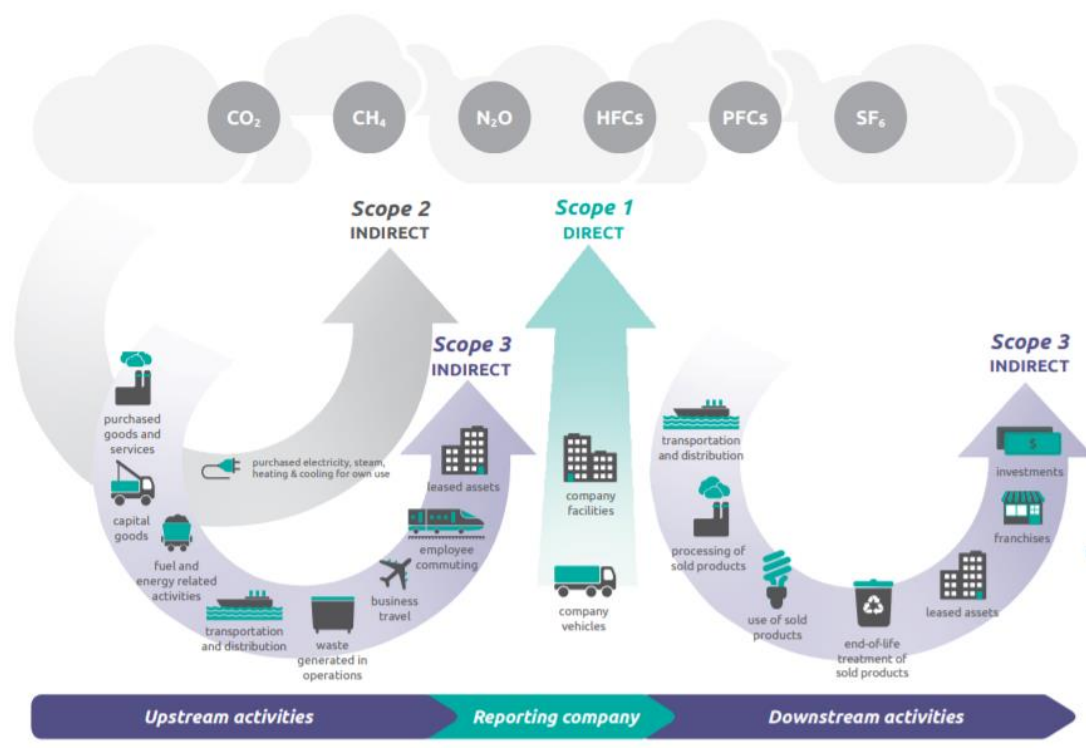


Kuva 6. Haitallisista kylmäaineista luopumisen vaiheet (Ympäristö.fi).

2.2 GHG-protokolla

Tässä opinnäytetyössä hiilijalanjäljen laskenta suoritettiin GHG-protokollan (*The Greenhouse Gas Protocol*) mukaisesti, joka on kansainvälisesti eniten käytetty standardi hiilijalanjäljen laskennassa. Standardin kehittivät Maailman elinkeinoelämän kestävän kehityksen neuvosto (WBCSD) ja Maailman luonnonvarainstituutti (WRI) yhteistyössä teollisuuden edustajien ja ympäristöjärjestöjen kanssa (Greenhouse Gas Protocol 2004).

Ensimmäinen versio GHG-protokollasta julkaistiin vuonna 2001. Myöhemmin standardia on päivitetty selvennyksillä ja lisäohjeilla liittyen mm. energiahankintojen päästöjen mittaamiseen ja yrityksen arvoketjun läpi menevien päästöjen laskemiseen. Yrityksen kasvihuonekaasupäästöt jaetaan GHG-protokollan mukaan kolmeen eri kategoriaan (kuva 7). (Greenhouse Gas Protocol 2004.)



Kuva 7. Päästölähteiden jako GHG-protokollan mukaan (Scope 3 Standard 2011).

2.2.1 Scope 1

Scope 1 pitää sisällään yrityksen suorat kasvihuonekaasupäästöt. Käytännössä se tarkoittaa yrityksen hallinnoimista tai omistamista lähteistä syntyviä päästöjä. Tämän kategorian päästölaskennassa voidaan ottaa huomioon esimerkiksi yrityksen omilla prosessilaitteistoilla tapahtuvan kemikaalituotannon päästöt tai yrityksen omissa sulatusuuneissa, kattiloissa tai ajoneuvoissa palamisen seurauksena syntyvät päästöt. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

Scope 1 laskennassa otetaan huomioon Kioton pöytäkirjassa mainitut kasvihuonekaasut (Hiilidioksidi, metaani, dityppioksidi ja fluoratut kasvihuonekaasut). Mahdolliset muut kasvihuonekaasut raportoidaan erikseen. (Greenhouse Gas Protocol 2004.)

2.2.2 Scope 2

Scope 2 sisältää yrityksen epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt. GHG-protokolla edellyttää yritystä sisällyttämään Scope 2 -laskentaan päästöt, jotka aiheutuvat organisaation hankkimasta ja kuluttamasta viilennyksestä ja lämmityksestä, sähköstä sekä höyrystä. Epäsuorat kasvihuonekaasupäästöt ovat siis päästöjä, jotka aiheutuvat tarkasteltavan yrityksen toimesta, mutta ovat peräisin toisen yrityksen omistamista tai hallinnoimista lähteistä. (GHG Protocol Scope 2 Guidance 2011.)

Yritysstandardi suosittelee käyttämään Scope 2 -laskelmissa tuottajakohtaisia päästökertoimia, joita käytetään kertoimena kohteen sähkönkulutukselle (kWh). Näin saadaan selville kasvihuonekaasujen todellinen määrä. Mikäli tuottajakohtaisia päästökertoimia ei ole saatavilla, voidaan käyttää laajempien kokonaisuuksien päästökertoimia, jotka voivat sisältää yksittäisen tuottajan sijaan paikallisia tai valtakunnallisia verkkoja. (GHG Protocol Scope 2 Guidance 2011.)

2.2.3 Scope 3

Scope 3 on GHG-protokollan kategorioista ylivoimaisesti laajin kokonaisuus sen sisältäessä kaikki arvoketjun tuottamat välilliset päästöt organisaatiossa. Tähän kuuluu palveluiden ja tavaroiden hankinnasta sekä myytyjen tuotteiden loppukäytöstä syntyvät päästöt sisältäen mm. logistiikasta, vesi- ja jätehuollosta aiheutuvat päästöt. (Scope 3 Standard 2011.)

Scope 3 jakaa päästöjen aiheuttajat 15 eri kategoriaan, joista kahdeksan käsittelee alkutuotannon ja seitsemän lopputuotannon päästöjä (kuva 8). Yritys voi keskittyä laskennassaan oman toimintansa kannalta keskeisimpiin kategorioihin ja jättää vähäpätöisimmät kategoriat huomiotta. Mikäli näin toimitaan, on yrityksen kuitenkin perusteltava ja raportoitava syyt niiden laskennasta pois jättämiselle. (Scope 3 Standard 2011.)

Upstream or downstream	Scope 3 category
Upstream scope 3 emissions	<ol style="list-style-type: none"> 1. Purchased goods and services 2. Capital goods 3. Fuel- and energy-related activities (not included in scope 1 or scope 2) 4. Upstream transportation and distribution 5. Waste generated in operations 6. Business travel 7. Employee commuting 8. Upstream leased assets
Downstream scope 3 emissions	<ol style="list-style-type: none"> 9. Downstream transportation and distribution 10. Processing of sold products 11. Use of sold products 12. End-of-life treatment of sold products 13. Downstream leased assets 14. Franchises 15. Investments

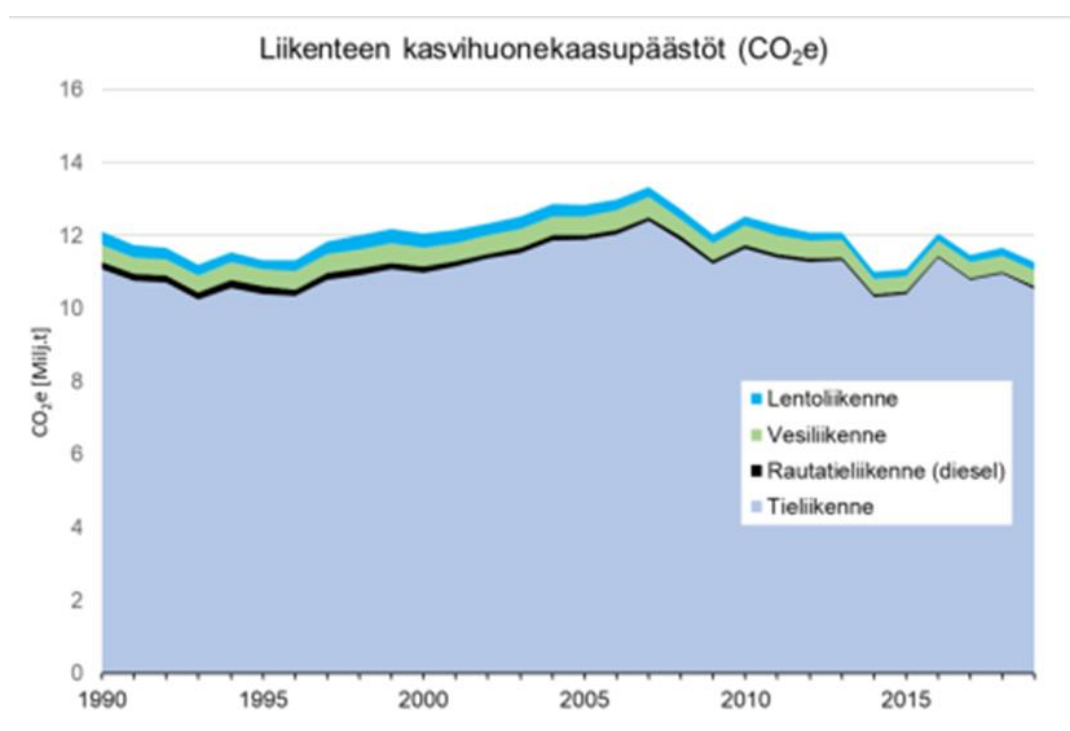
Kuva 8. Scope 3 sisältämät päästökategoriat (Scope 3 Standard 2011).

2.3 Kansainväliset ja kansalliset velvoitteet

Pariisin ilmastopöytäkirja astui voimaan marraskuussa 2016. Voimaantulon edellytykseksi oli asetettu, että siihen sitoutuisi vähintään 55 osapuolta, joiden osuus koko maailman kasvihuonekaasupäästöistä on yli 55 %. Tämän

sopimuksen keskeisin tavoite on ryhtyä toimenpiteisiin, joilla maapallon keskilämpötilan nousu saadaan rajattua 1,5 asteeseen esiteolliseen aikaan verrattuna. Tavoitteen etenemistä seurataan viiden vuoden välein tapahtuvassa kokonaistarkastelussa, jossa tarkastellaan, ovatko osapuolten toimenpiteet sopimuksen edellyttämällä tasolla. Ensimmäisen kerran kokonaistarkastelu pidetään vuonna 2023. (Ympäristöministeriö 2021.)

Myös Suomi on mukana Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteissa. Hallitus on sitoutunut toimiin, joilla Suomi saavuttaa hiilineutraaliuden vuonna 2035 ja hiileneutraaliuden nopeasti sen jälkeen (Valtioneuvosto 2019). Liikennesektorin on yksi merkittävimmistä päästöjen aiheuttajista Suomessa. Valtioneuvosto on asettanut tavoitteeksi puolittaa kotimaan liikenteen päästöt vuoteen 2030 mennessä. Kotimaan liikennesektorista tieliikenteellä on suurin päästövähennyspotentiaali (kuva 9), johon myös päästövähennystoimia erityisesti kohdennetaan (Väylävirasto 2019). Tieliikenteen päästöihin vaikuttaa omalta osaltaan myös maanteiden kunnossapito, jonka hiilijalanjäljen tarkasteluun tässä opinnäytetyössä keskityttiin.

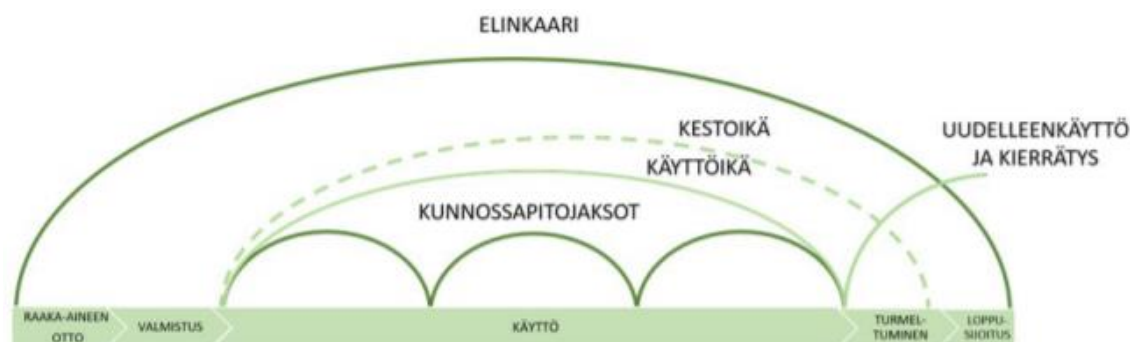


Kuva 9. Kotimaan liikenteen kasvihuonekaasupäästöt vuosina 1990-2019 (Ilmasto-opas.fi).

3 Infrarakentamisen elinkaari

Elinkaari tarkoittaa tuotteen tai rakenteen vaiheita raaka-aineen hankinnasta valmistukseen ja käytön kautta loppusijoitukseen. Infrarakentamisessa käyttövaihe on elinkaaren vaiheista ajallisesti ylivoimaisesti pisin jakso (Väylävirasto 2019).

Yksi merkittävimmistä infrarakentamisen osa-alueista on maantiet, joiden elinkaaren käyttöikä voidaan jakaa kunnossapitajaksoihin (kuva 10). Yhtenä kunnossapitajaksona voidaan pitää viisivuotista maanteiden kunnossapidon alueurakkaa, jonka hiilijalanjälki tässä opinnäytetyössä laskettiin Joensuun alueurakan ensimmäisen kokonaisen kalenterivuoden osalta.



Kuva 10. Infrarakenteen elinkaaren vaiheet (Korkiala-Tanttu ym. 2005).

4 Hiilijalanjälki maanteiden kunnossapidossa

Maanteiden kunnossapidolla tarkoitetaan kulumisen ja ikääntymisen myötä liikenneverkkoon ja sen rakenteisiin kohdistuneiden vaurioiden uusimista ja korjaamista (Mannola 2019). Maanteiden kunnon ylläpitämiseen tarvitaan paljon kunnossapitokalustoa, jonka polttoaineen kulutuksesta syntyy merkittävä osa maanteiden kunnossapidon kasvihuonekaasupäästöistä. Kunnossapitokalustoa tarvitaan mm. vesakon raivauksiin ja pientareiden niittoihin, päällysteiden paikkaustöihin, sorateiden, pysäkkien ja pysäköintialueiden sekä viheralueiden

hoitoon. Erityisen paljon kunnossapitokalustoa Suomen olosuhteissa työllistää teiden talvihoito, joka sisältää lumen aurauksen ja liukkauden torjunnan. Lisäksi kolmansien osapuolien aiheuttamat vauriot ja niiden korjaaminen sekä muut äkilliset hoitotyöt kuuluvat kunnossapidon vastuulle.

Teiden päivittäisen liikennöitävyyden ja turvallisen liikkumisen mahdollistaminen edellyttää myös erilaisten materiaalien ja varusteiden hankintaa. Esimerkiksi tiesuolan, kiviainesten, paikkausmassan sekä liikennemerkkien tuotanto ja kuljetukset lisäävät omalta osaltaan maanteiden kunnossapitoon liittyvää hiilijalanjälkeä. Järeät tienparannustoimenpiteet, esimerkiksi siltojen kunnostaminen, teiden uudelleen päällystäminen tai tien rungon vahvistaminen eivät kuulu kunnossapidosta vastaavalle urakoitsijalle, vaan ne kilpailutetaan erillisinä urakoina (ELY-keskus).

5 Opinnäytetyön tavoite ja laskennan kohde

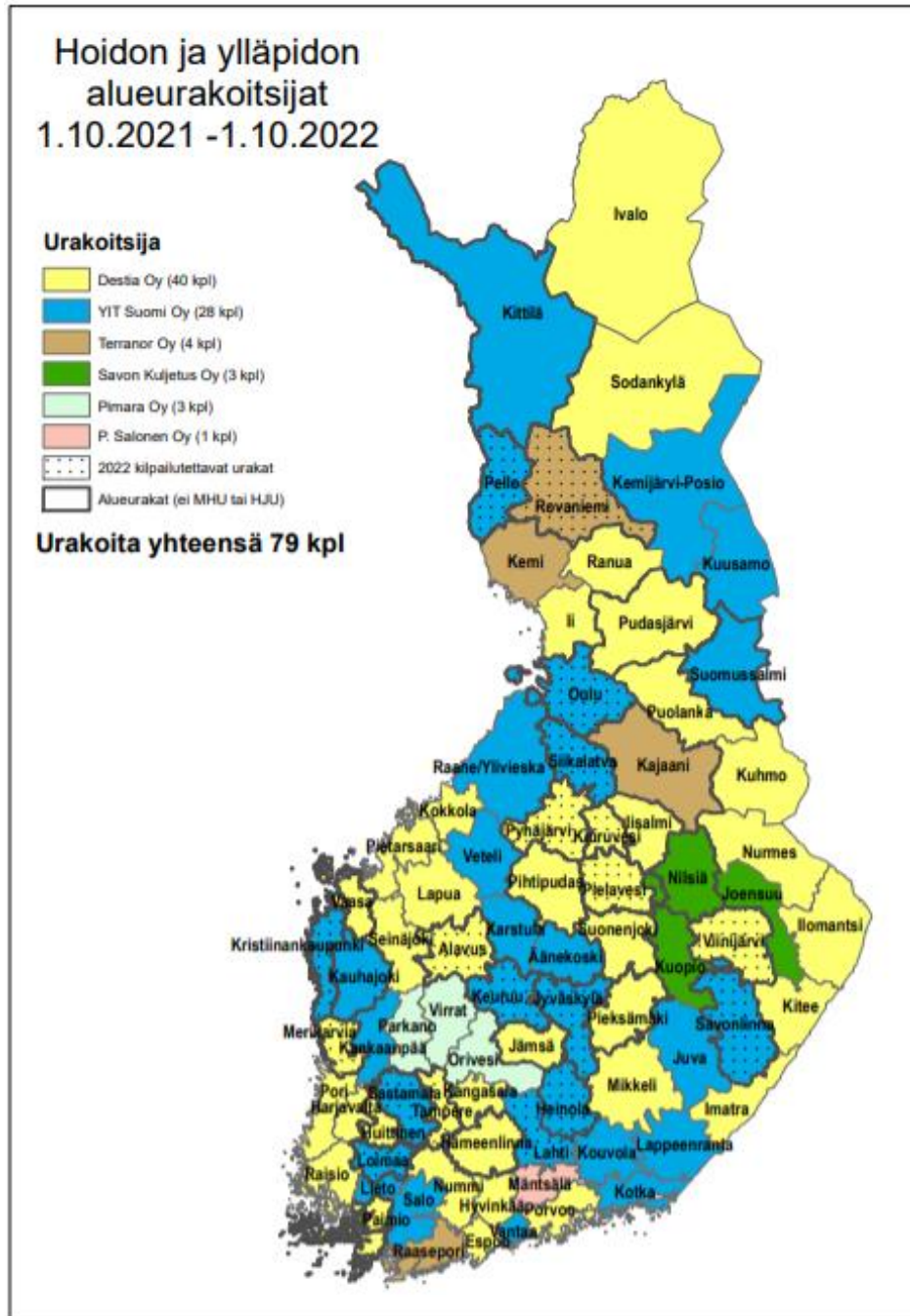
5.1 Tavoite

Opinnäytetyön tavoitteena oli suorittaa mahdollisimman yksityiskohtainen tarkastelu maanteiden kunnossapidon merkittävimmistä kasvihuonekaasujen päästölähteistä. Tutkimuskohteena olleen Joensuun alueurakan päästölähteiden tunnistaminen tapahtui empiirisin, eli kokemuseräisin menetelmin toimeksiantoyrityksessä työskentelyn ohella.

Tarkastelun pohjalta tutkimuskohteesta oli tavoitteena tehdä GHG-protokollan mukainen hiilijalanjälkilaskenta scope 3 -luokan päästölähteistä. Laskennan tavoitteena oli saada selville Joensuun alueurakan scope 3 -luokan päästöjen suuruusluokka hiilidioksidiekvivalenteina (CO₂e). Laskentatulosten perusteella opinnäytetyössä oli tavoitteena miettiä suurimpien päästölähteiden syitä ja mahdollisuuksia päästöjen pienentämiseksi. Lisäksi tavoitteena oli tehdä käyttökelpoinen Excel-pohjainen laskentatyökalu, josta olisi toimeksiantajalle hyötyä tulevia laskentoja tehdessä.

5.2 Joensuun alueurakka

Suomessa hoidettavaa maantietä on noin 78 000 kilometriä, josta kevyen liikenteen väyliä on noin 5 000 kilometriä ja lisäksi noin 14 800 siltaa (ELY-keskus 2021). Vastuu Suomen maanteiden kunnossapidosta on jaettu maantieteellisesti 79 alueeseen (kuva 11).



Kuva 11. Maanteiden kunnossapidon urakoitsijat kartalla (Väylävirasto 2021).

ELY-keskus valitsee jokaiselle alueelle alueurakoitsijat kilpailuttamalla yleensä viideksi vuodeksi kerrallaan (ELY-keskus 2021). Yksi 79:stä alueurakasta on Joensuun alueurakka. Kyseiseen alueurakkaan kuuluu tiestöä yhteensä noin 980 kilometriä ja lisäksi noin 170 siltaa. Valtaosa alueurakan tiestöstä sijaitsee Joensuun, Kontiolahden, Lieksan ja Juuan kuntien alueilla. Joensuun alueurakka on edellisen kilpailutuksen voittaneen Savon Kuljetus Oy:n vastuulla vuoden 2019 syksystä vuoden 2024 syksyyn saakka.

6 Opinnäytetyön toteuttamisen vaiheet

6.1 Päästölähteiden tunnistaminen

Opinnäytetyön toteuttamisen ensimmäinen vaihe oli päästölähteiden tunnistaminen tarkastelun kohteena olevassa maanteiden kunnossapidon Joensuun alueurakassa. Päästölähteiden tunnistaminen aloitettiin lähdeaineistoja tutkimalla ja selvittämällä, mitkä päästölähteet ovat keskeisessä osassa maanteiden kunnossapidossa ja erityisesti kyseisessä laskentakohteessa.

Tätä opinnäytetyön toteuttamisen vaihetta helpotti osaltaan se, että työtä tehtiin toimeksiantoyrityksessä työskentelyn ohella. Päästölähteiden tunnistamisessa päästiin siis hyödyntämään tutkimustiedon lisäksi myös useita eri laadullisia tutkimusmenetelmiä, kuten havainnointia ja haastattelua.

6.2 Laskennan rajaaminen

Seuraava toteuttamisen vaihe oli laskennan rajaaminen. Opinnäytetyöhön liittyvä laskenta rajattiin koskemaan ainoastaan GHG-protokollan scope 3 luokkaa, sillä scope 1 ja scope 2 luokkien päästöt oli jo aiemmin laskettu emoyhtiötasolla toimeksiantajan toimesta.

Koska GHG-protokolla on yleispätevä toimialasta riippumaton laskentastandardi, oli tässä vaiheessa myös pohdittava, mitä scope 3 -luokan sisältämistä päästökategorioista ei voida soveltaa maanteiden kunnossapitourakan hiilijalanjäljen laskentaan. Oleellista laskentatulosten luotettavuuden kannalta oli jättää laskennasta pois myös ne päästökategoriat, joista ei ollut saatavilla riittävän paljon tai riittävän luotettavaa tietoa. Laskennassa on kiinnitetty erityistä huomiota niihin päästökategorioihin, joiden on ennalta arveltu aiheuttavan merkittävimmän osan urakan kokonaispäästöistä. Liitteessä 1 on eritelty tarkemmin, mitä päästölähteitä laskentaan sisällytetyt kategoriat sisältävät ja mitä kategorioita ei ole laskennassa otettu huomioon.

6.3 Aineiston hankinta

Hiilijalanjäljen laskennassa käytettävä aineisto hankittiin suurilta osin yrityksen sisäisistä tietokannoista tarkoituksenmukaisia kvantitatiivisia, eli määrällisiä tutkimusmenetelmiä hyödyntäen. Merkittävimpänä lähtöaineistona toimi yrityksen ostolaskut opinnäytetyön tarkastelujakson (2020) ajalta. Ostolaskuista saatiin luotettavalla tavalla selville paljon laskennan kannalta oleellista tietoa esimerkiksi toiminnan tuottamista jätteistä, sähkönkulutuksesta sekä ostetuista tuotteista.

Toinen merkittävä tietolähde aineiston hankinnassa oli Savon Kuljetus Oy:n käytössä oleva Autori-järjestelmä. Järjestelmää käytetään yrityksessä kunnossapidon alueurakoissa työsuoritteiden kirjaamiseen, joten sieltä oli saatavilla tiedot kaikista opinnäytetyön tarkastelujakson aikana Joensuun alueurakassa tapahtuneista kunnossapitokaluston toimenpiteistä. Autorista saatiin selville suurin osa laskennan kannalta tarpeellisista toimenpidetiedoista, kuten toimenpiteen suorittaja, ajoneuvotyyppi, työsuoritteen laatu sekä kuljettu matka ja työhön kulunut aika.

Loput tarvittavasta aineistosta kerättiin kvalitatiivisin, eli laadullisin menetelmin esimerkiksi haastatteleamalla suoraan asianomaista työntekijää tai aliurakoitsijaa. Tarkentavaa tietoa laskelmissa tarvittiin esimerkiksi käytettyyn kalustoon,

kulutettuun materiaaliin sekä työntekijöiden työmatkatietoihin liittyen. Laskentatulosten luotettavuuden kannalta aineiston hankinnassa on tärkeää hyödyntää useaa eri tietolähdettä, jotta arvioihin tai oletuksiin perustuvat laskelmat saadaan minimoitua.

6.4 Laskentatyökalu

Olennainen osa tätä opinnäytetyötä ja toteuttamisen viimeinen vaihe oli saada tehtyä valmis Excel-pohjainen laskentatyökalu. Laskentatyökalu tehtiin GHG-protokollan mukaisesti, ja tässä opinnäytetyössä tarkastelujaksona oleva vuosi 2020 toimii samalla laskentatyökalun esimerkkilaskelmana. Esimerkkilaskelmaa voidaan hyödyntää myös tulevien vuosien hiilijalanjäljen laskennassa Joensuun alueurakassa.

Opinnäytetyössä saadut laskentatulokset yhdessä tulevina vuosina saatavien laskentatulosten kanssa antavat toimeksiantajalle mahdollisuuden vertailla mahdollisten päästövähennystavoitteiden kehittymistä ja niiden vaikutusta alueurakan hiilijalanjälkeen. Laskentatyökalu jää yrityksen sisäiseen käyttöön, ja toimeksiantajan pyynnöstä sen yksityiskohtaista sisältöä ei tässä raportissa käsitellä.

7 Laskennan tulokset

7.1 Laskennan sisältö

GHG-protokollan scope 3 -luokan viidestätoista päästökategoriasta lopulliseen laskentaan valikoitui kuusi laskentakohteen kannalta keskeisintä kategoriaa (taulukko 1). Laskennasta jätettiin pois ne kategoriat, joita ei voitu soveltaa kyseiseen laskentakohteeseen, ja ne, joista ei ollut saatavissa riittävästi lähtötietoja luotettavien laskentatulosten takaamiseksi.

Scope 3 päästökategoriat
1. Ostetut tuotteet ja palvelut
2. Käyttöomaisuus
3. Polttoaineen tuotanto ja energian siirtohäviöt
4. Kuljetukset ja jakelupalvelut
5. Toiminnassa syntyvät jätteet
6. Liikematkustus
7. Töihin matkustaminen
8. Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus
9. Kuljetukset ja jakelupalvelut (Muiden toimijoiden maksamat)
10. Myytyjen tuotteiden jatkoprosessointi
11. Myytyjen tuotteiden käyttö
12. Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto
13. Ulos vuokrattu omaisuus
14. Franchising-toiminta
15. Sijoitukset

Taulukko 1. Laskennassa huomioon otetut kategoriat merkitty lihavoituna

Scope 1 ja scope 2 -luokkien päästöjä ei sisällytetty tässä opinnäytetyössä tehtyyn laskentaan, sillä niiden hiilijalanjälki on jo aiemmin laskettu Savon Kuljetus Oy:n toimesta. Scope 1 ja scope 2 -luokkien laskentaan sisältyneet päästölähteet on kuitenkin otettu opinnäytetyötä tehdessä huomioon, jotta päällekkäisiä laskelmia ei ole päässyt syntymään. Kyseisten luokkien laskentatulokset on myös otettu huomioon laskentakohteen kokonaispäästöjä tarkasteltaessa.

7.2 Katgoria 1: Ostetut tuotteet ja palvelut

Tähän kategoriaan sisältyy ne kunnossapitokaluston toimenpiteet, jotka on ostettu palveluna aliurakoitsijoilta. Lisäksi kaikkien ostettujen materiaalien ja varusteiden, kuten tiesuolan, kiviainesten, paikkausmassan sekä liikennemerkkien tuotannosta aiheutuvat päästöt. Tiesuolan tuotannon päästöjä ei kuitenkaan sisällytetty tähän laskentaan puutteellisten lähtötietojen vuoksi.

Kunnossapitokaluston toimenpiteiden hiilijalanjäljen laskenta aloitettiin selvittämällä kaluston ajokilometrit toimenpiteittäin ja ajoneuvotyypeittäin. Nämä tiedot saatiin kerättyä toimeksiantajan käytössä olevasta Autori-järjestelmästä. Ajoneuvotyyppien polttoaineen kulutustiedoissa hyödynnettiin aiheesta aiemmin tehtyä tutkimusta (Kujala 2020). Polttoaineen (Diesel) päästökertoimena käytettiin Tilastokeskuksen polttoaineluokituksen mukaista oletuspäästökerrointa (Tilastokeskus 2021), jossa on otettu huomioon polttoaineen palamisesta syntyvät päästöt (liite 2).

Kunnossapitokaluston hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

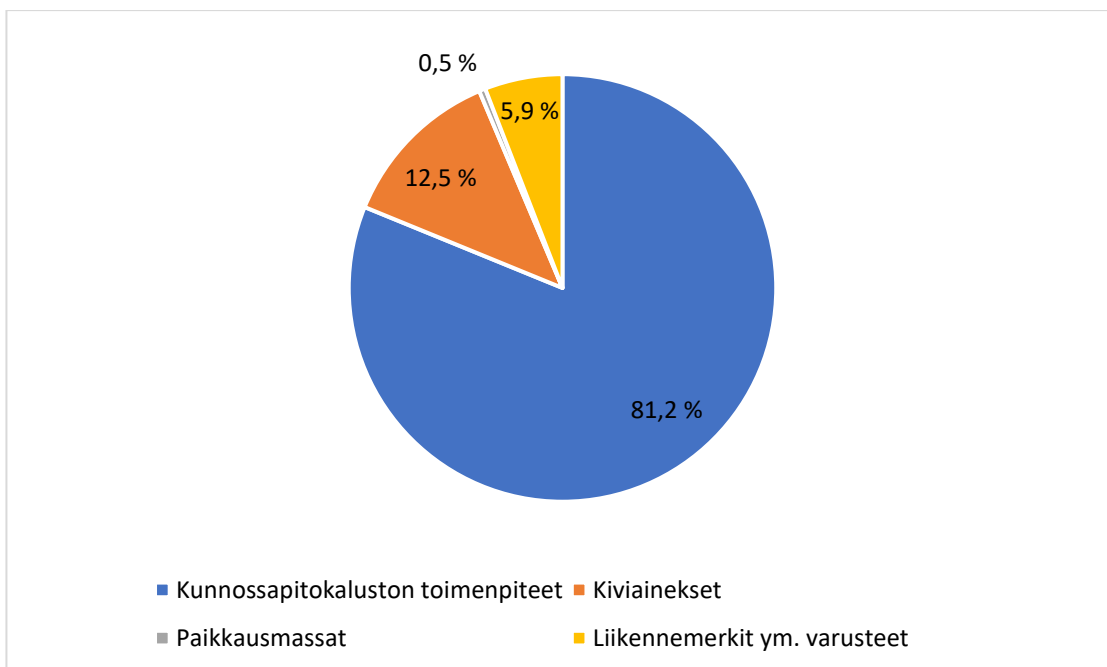
$$\sum \text{kuljettu matka (km)} * \text{Polttoaineen kulutus (l/km)} * \text{Polttoaineen päästökerroin (gCO}_2\text{e/l)} \quad (1)$$

Tarkasteluvuonna (2020) urakassa kulutettujen materiaalien ja varusteiden määrät saatiin toimeksiantajan laskutustiedoista. Niiden päästökertoimet (liite 2) poimittiin Liikenneviraston aiheesta tekemästä tutkimuksesta (Aulakoski ym. 2014). Tiesuolan tuotannosta aiheutuvat päästöt jouduttiin jättämään laskennan ulkopuolelle puutteellisten päästökerrointietojen vuoksi.

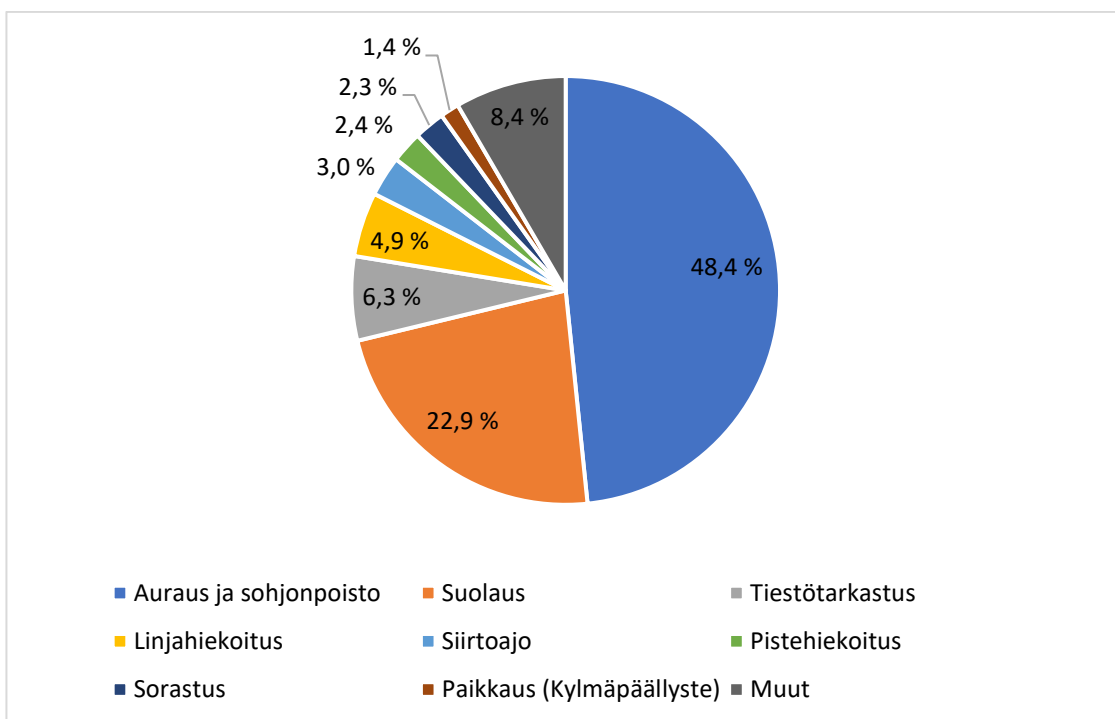
Materiaalien ja varusteiden hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{Ostetun tuotteen määrä (yks./a)} * \text{Tuotteen päästökerroin (kgCO}_2\text{e/yks.)} \quad (2)$$

Yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi tässä kategoriassa saatiin 251,5 tCO₂e, mistä suurin osa muodostuu kunnossapitokaluston toimenpiteistä (kuva 12). Toimenpiteistä eniten päästöjä syntyi aurauksesta ja sohjonpoistosta sekä suolauksesta (kuva 13). Tämän kategorian osuus Joensuun alueurakan kokonaispäästöistä on 73,0 %.



Kuva 12. Ostettujen tuotteiden ja palveluiden hiilijalanjäljen jakautuminen.



Kuva 13. Päästöjen jakautuminen toimenpiteittäin.

7.3 **Kategoria 3: Polttoaineen tuotanto ja energian siirtohäviöt**

Tässä kategoriassa huomioon otettiin ostettujen polttoaineiden alkutuotannosta sekä kulutetun sähkön siirto- ja jakeluhäviöistä syntyneet päästöt. Aktiviteettitiedot tähän kategoriaan saatiin toimeksiantajan toimesta aiemmin tehdyistä scope 1 ja scope 2 -laskennoista.

Polttoaineiden osalta laskennassa käytetyt päästökertoimet (liite 2) koostuivat tuotannon ja käsittelyn, alkutuotannon kuljetusten sekä öljynjalostuksen aiheuttamista päästöistä (Sokka ym. 2018). Sähkön siirtohäviöiden laskennassa käytettiin keskiarvotietoa Suomen kantaverkon vuosittaisesta häviöstä (Fingrid).

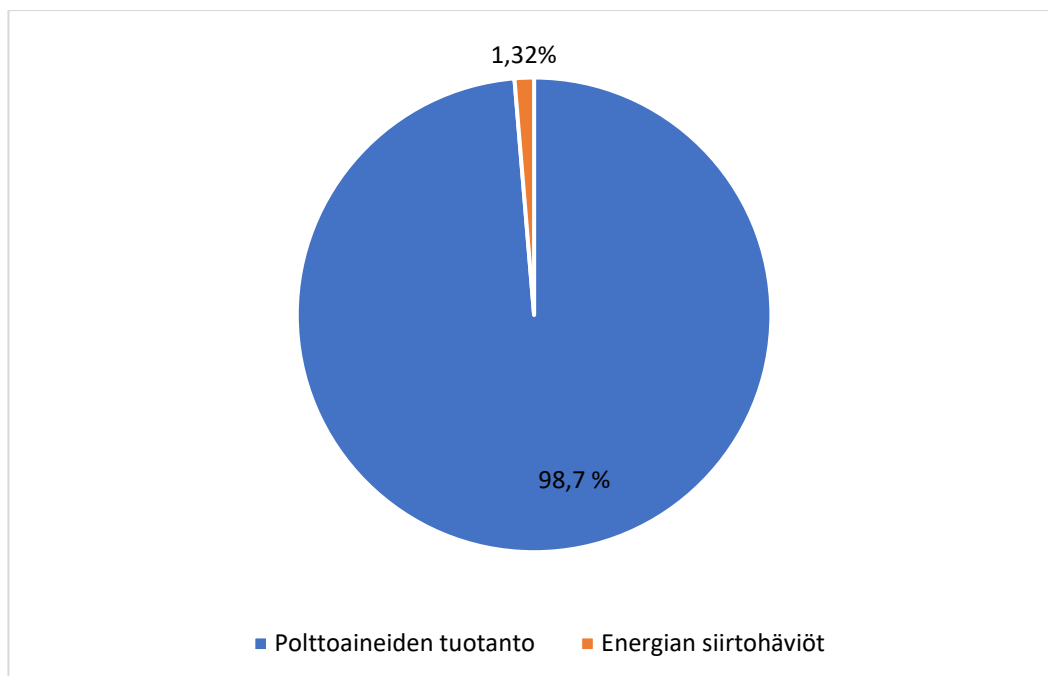
Polttoaineiden alkutuotannon hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{kulutettu polttoaine (l/a)} * \text{alkutuotannon päästökerroin (gCO}_2\text{e/l)} \quad (3)$$

Sähkön siirtohäviöiden hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{sähkön kulutus (MWh/a)} * \text{sähkön toimittajakohtainen päästökerroin (kgCO}_2\text{e/MWh)} * \text{Suomen kantaverkon siirtohäviö (\%)} \quad (4)$$

Kategorian 3 hiilijalanjäljeksi saatiin 4,23 tCO₂e, mikä vastaa 1,2 % alueurakan kokonaispäästöistä. Tämän kategorian hiilijalanjälki koostui lähes kokonaan polttoaineiden alkutuotannon päästöistä (kuva 14).



Kuva 14. Polttoaineiden tuotannon ja energian siirtohäviöiden päästöjakauma.

7.4 Kategoria 4: Alkutuotannon kuljetukset ja jakelupalvelut

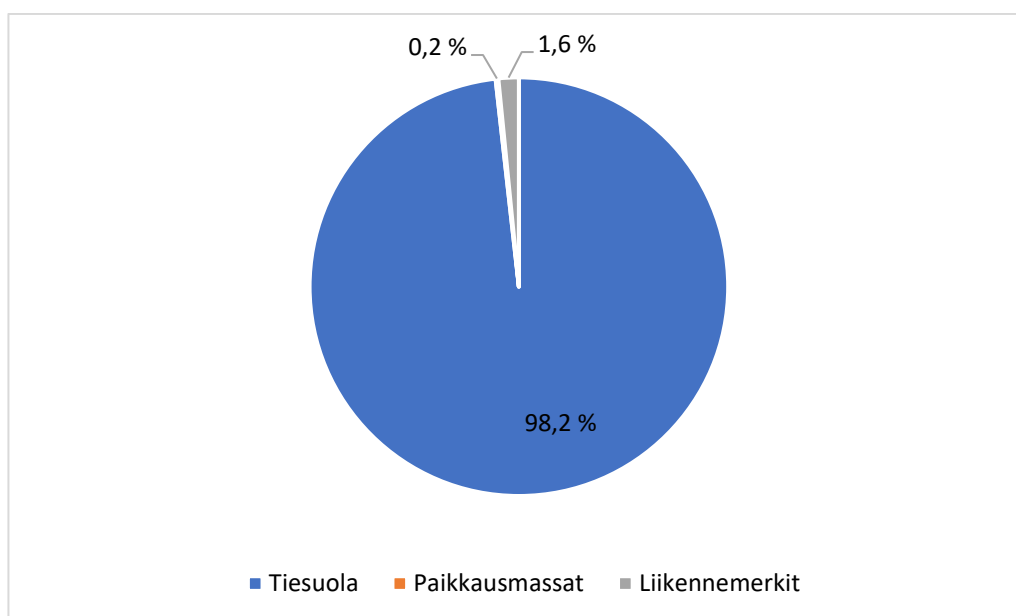
Kategoriaan 4 sisältyi ostettujen tuotteiden myyntipaikalta varastointipaikalle ta-
pahtuneiden kuljetusten päästöt. Tämän kategorian lähtötiedot hankittiin toimek-
siantajan laskutustiedoista, mistä saatiin selville kuljetusten lukumäärä, -lähtö-
paikka sekä kuljetettu materiaali.

Laskutustietojen perusteella voitiin päätellä myös kuljetuksissa käytetty kalusto.
Oletetun kaluston päästökertoimet (liite 2) haettiin LIPASTO-yksikköpäästötieto-
kannasta (lipasto.vt.fi). Päästökertoimet on valittu olettaen, että kuljetukset on
tehty täysillä kuormilla. Kuljetusmatkojen määrittämisessä hyödynnettiin interne-
tin eri karttapalveluita. Maanteitse tehtyjen kuljetusten osalta käytössä oli
Google Maps -palvelu ja meriteitse tehtyjen kuljetusten osalta SeaRoutes -pal-
velu. Paikkausmassan kuljetusmatkana laskennassa on käytetty matkaa myyn-
tipaikalta ensisijaiselle varastointipaikalle, eikä mahdollisia jatkokuljetuksia ole
otettu laskennassa huomioon. Myöskään kiviainesten kuljetuksia ei otettu las-
kennassa huomioon hajanaisten lähtötietojen vuoksi.

Alkutuotannon kuljetusten ja jakelupalveluiden hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{Kuljetusten kokonaismatka (km/a)} * \text{Ajoneuvon päästökerroin (CO}_2\text{e/km)} \quad (5)$$

Kategorian yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi saatiin 85,7 tCO₂e, mikä vastaa 24,9 % Joensuun alueurakan kokonaispäästöistä tarkasteluvuonna. Hiilijalanjälki koostuu lähes täysin tiesuolan laivauksen aiheuttamista päästöistä (kuva 15).



Kuva 15. Kuljetuksien ja jakelupalveluiden hiilijalanjäljen jakautuminen.

7.5 Katgoria 5: Toiminnan tuottamat jätteet

Tässä kategoriassa huomioitiin laskentakohteessa tarkasteluvuonna loppukäsittelypaikkaan toimitetut jätteet. Laskennassa ei otettu huomioon kierrätyksestä tai uusiokäytöstä mahdollisesti tulleita päästövähennyksiä. Jätelajikohtaiset aktiviteettitiedot saatiin kerättyä yrityksen ostolaskuista. Sekajätteen päästökerroin (liite 2) valittiin sillä oletuksella, että se on käsitelty polttamalla (Tilastokeskus 2021).

Jätteiden hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{jätteen määrä (t)} * \text{jätelajikohtainen päästökerroin (kgCO}_2\text{e/t)} \quad (6)$$

Kategorian yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi saatiin 0,6 tCO₂e, mikä vastaa 0,2 % Joensuun alueurakan kokonaispäästöistä tarkasteluvuonna. Päästöjen jätelajikohtaista prosentuaalista jaottelua ei suoritettu sen vähäisen merkityksen vuoksi lopullisten laskentatulosten kannalta.

7.6 **Kategoria 7: Työmatkat**

Työmatkojen hiilijalanjälkeen sisältyy kaikkien Joensuun alueurakassa työskennelleiden työntekijöiden kodin ja työpaikan välisistä matkoista aiheutuneet päästöt. Työntekijöiksi katsotaan organisaation omistamissa, hallinnoimissa tai vuokratuissa tiloissa työskentelevät henkilöt. Aktiviteettitiedot laskentaan saatiin kyselytutkimuksen perusteella, jolla saatiin selville työntekijän päivittäinen yhdensuuntainen työmatka kilometreinä ja työmatkaan käytetyn kulkuvälineen tyyppi.

Laskennassa otettiin huomioon vain niiden työntekijöiden työmatkat, jotka kulkiivat säännöllisesti kodin ja työpaikan välillä tarkasteluvuonna 2020. Päästökertoimina (liite 2) käytettiin ajoneuvon ikään ja käyttövoimaan perustuvia keskiarvoisia päästökertoimia (Lipasto 2017).

Työntekijäkohtainen kokonaismatka laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{päivittäinen yhdensuuntainen työmatka (km)} * 2 * \text{työpäivien määrä} \quad (7)$$

Työntekijäkohtainen hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\sum \text{Työntekijäkohtainen kokonaismatka (km)} * \text{ajoneuvo kohtainen päästökerroin (gCO}_2\text{e/km)} \quad (8)$$

Kategorian yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi saatiin 1,37 tCO₂e, mikä vastaa 0,4 % alueurakan kokonaispäästöistä tarkasteluvuonna. Työntekijäkohtaista päästöjen prosentuaalista jaottelua ei suoritettu sen vähäisen merkityksen vuoksi lopullisten laskentatulosten kannalta.

7.7 Katgoria 8: Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus

Tämä katgoria sisältää käyttöön vuokratusta omaisuudesta syntyvän hiilijalanjäljen lukuun ottamatta scope 1- ja scope 2 -laskennoissa huomioituja päästöjä. Kyseisen laskentakohteen osalta katgoriaan sisältyi käyttöön vuokratun rakennuksen sähkön kulutuksen aiheuttamat päästöt. Laskennassa käytetyt aktiviteettitiedot saatiin yrityksen laskutustiedoista. Katgorian lopullinen laskentatulok on osittain arvioihin perustuva, sillä joidenkin kuukausien osalta laskennassa jouduttiin käyttämään keskiarvotietoihin perustuvia arvoja tarkkojen sähkönkulutustietojen puuttuessa. Päästökertoimena (liite 2) käytettiin Suomen ostosähkön keskimääräistä päästökerrointa (Motiva 2021).

Käyttöön vuokratun rakennuksen hiilijalanjälki laskettiin kaavalla:

$$\text{Käytetty sähköenergia (kWh)} * \text{Suomen keskimääräinen ostosähkön päästökero} \\ \text{roin (gCO}_2\text{e/kWh)} \quad (9)$$

Katgorian yhteenlasketuksi hiilijalanjäljeksi saatiin 0,62 tCO₂e, mikä vastaa 0,2 % Joensuun alueurakan kokonaispäästöistä tarkasteluvuonna. Tähän katgoriaan sisältyi vain yksi päästölähde, minkä vuoksi päästölähdekohtaista prosentuaalista jaottelua ei suoritettu.

7.8 Yhteenveto

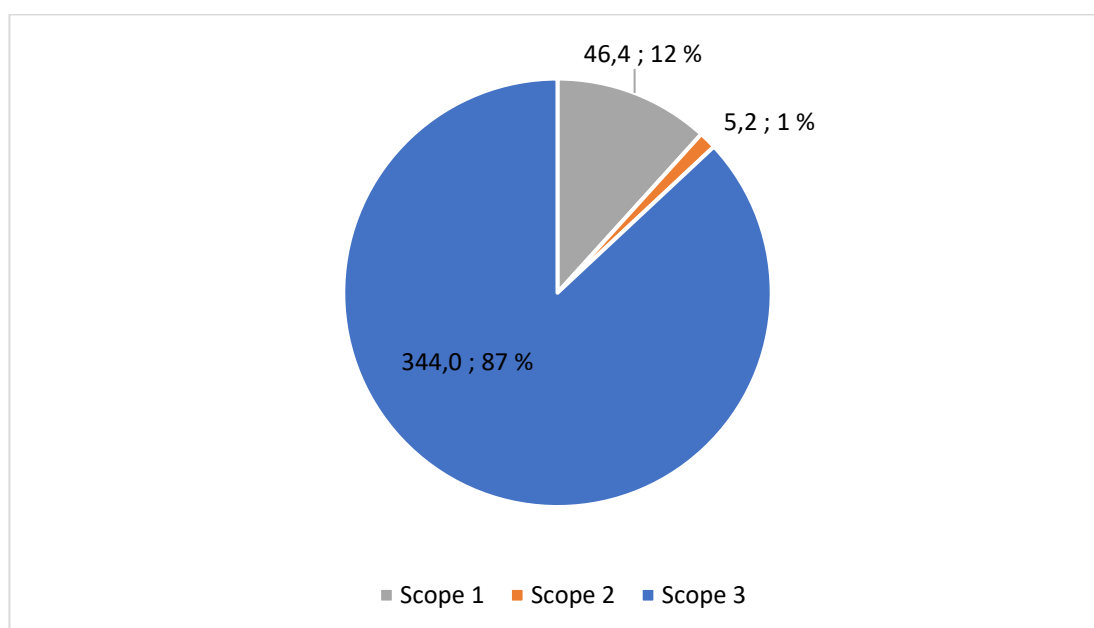
Tässä opinnäytetyössä tehty laskenta sisälsi maanteiden kunnossapidon Joensuun alueurakan scope 3 -luokan päästöt urakan ensimmäiseltä kokonaiselta kalenterivuodelta (2020). Kyseisen urakan yhteenlasketuksi scope 3 -luokan hiilijalanjäljeksi saatiin 344,03 tCO₂e. Kahden eniten päästöjä aiheuttavan katgorian yhteenlaskettu hiilijalanjälki kattoi 98,0 % urakan kokonaispäästöistä tarkasteluvuonna (taulukko 2).

Päästökategoria	Hiilijalanjälki (tCO ₂ /a)	Osuus (%)
1. Ostetut tuotteet ja palvelut	251,5	73,1 %
3. Polttoaineen tuotanto ja energian siirtohäviöt	4,2	1,2 %
4. Kuljetukset ja jakelupalvelut	85,7	24,9 %
5. Toiminnassa syntyvät jätteet	0,6	0,2 %
7. Töihin matkustaminen	1,4	0,4 %
8. Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus	0,6	0,2 %
Yhteensä	344,0	100,0 %

Taulukko 2. Päästöjen jakautuminen laskennassa huomioitujen kategorioiden välillä.

Ylivoimaisesti suurimmat päästöt syntyivät ostettujen tuotteiden ja palveluiden kategoriassa, johon sisältyi kunnossapitokaluston toimenpiteet sekä ostetut materiaalit ja varusteet. Toinen merkittävä päästöjä aiheuttava kategoria oli kuljetukset ja jakelupalvelut sisältänyt kategoria. Siihen sisältyi materiaalien ja varusteiden kuljetukset myyntipaikasta varastointipaikalle.

Kun huomioon otettiin aiemmin alueurakassa toimeksiantajan toimesta lasketut scope 1 ja scope 2 -luokkien päästöt, saatiin alueurakan kokonaishiilijalanjäljeksi 395,6 tCO₂e. Suurin osa (87%) kokonaispäästöistä syntyi scope 3 -luokasta (kuva 16).



Kuva 16. Alueurakan kokonaispäästöjen (395,6 tCO₂e) jakautuminen tarkasteluvuonna.

8 Pohdinta ja kehitysideat

GHG-protokolla jakaa organisaation päästöt kolmeen eri luokkaan: scope 1, scope 2 ja scope 3. Opinnäytetyön rajausta tehdessä, opinnäytetyöhön sisältyvä hiilijalanjälkilaskenta päätettiin kohdentaa GHG-protokollan laajimpaan kokonaisuuteen, eli scope 3 -luokkaan.

Laskentatulosten perusteella voidaan todeta, että hyvin suuri osa Joensuun maanteiden kunnossapitourakan hiilijalanjäljestä syntyy juuri scope 3 -luokan, eli arvoketjun tuottamista välillisistä päästölähteistä. Merkittävä osa scope 3 -luokan sisäisestä päästökajumasta koostuu kunnossapitokalustossa käytetystä polttoaineesta ja sen palamisesta. Tähän osioon kohdistuu sitä kautta myös suurin päästöjen vähentämispotentiaali.

Savon Kuljetuksella ei kuitenkaan ole omaa kunnossapitokalustoa käytössään, vaan toimenpiteet teetetään alihankintana sopimusurakoitsijoiden kalustolla. Keskeisin keino, jolla Savon Kuljetus voi urakan hiilijalanjälkeen välillisesti vaikuttavaa polttoaineen kulutusta vähentää, on kiinnittää erityistä huomiota toimenpiteiden tehokkaaseen ja oikea-aikaiseen suorittamiseen, jolloin kaluston turhilta ajokilometreiltä voidaan välttyä. Tulevaisuudessa voisi olla myös syytä alkaa kartoittamaan mahdollisuuksia jonkin vaihtoehtoisen ja vähäpäästöisen käyttövoiman käyttöön ottamiseksi.

Myös kuljetukset ja jakelupalvelut aiheuttavat laskentatulosten perusteella merkittäviä päästöjä. Olennaisin toimenpide, jolla toimeksiantajalla on mahdollisuus tämän kategorian päästöihin vaikuttaa, on urakkaan tehtävien tuotetilausten keskittäminen mahdollisuuksien mukaan. Esimerkiksi liikennemerkkejä voidaan hyvällä ennakkoinnilla tilata suurempia eriä kerrallaan, jolloin kuljetusten vuosittainen määrä saadaan minimoitua. Myös paikallisten tavarantoimittajien suosiminen mahdollisuuksien mukaan on suositeltavaa, jolloin kuljetusmatkojen pituus ja sitä kautta niistä aiheutuva hiilijalanjälki pysyvät kohtuullisella tasolla.

Kahden suurimman päästökategorian lisäksi laskettujen kategorioiden hiilijalanjäljen merkitys jäi hyvin vähäiseksi urakan kokonaispäästöjen kannalta. On siis perusteltua pohtia, kannattaako vähäpätöisimpiä kategorioita ottaa laskennassa lainkaan huomioon tulevien vuosien osalta vai kannattaisiko resursseja keskitää suurimpien tiedossa olevien päästökategorioiden laskentaan ja niiden hiilijalanjäljen pienentämiseen.

Epävarmuutta laskentatulosten luotettavuuteen tuovat paikoitellen vajavaiset lähtötiedot erityisesti kunnossapitokaluston toimenpiteiden osalta. Laskennassa käytetyissä aktiviteettitiedoissa on oletettu, että kaikki kunnossapitokaluston ajokilometrit ovat tallentuneet toimeksiantajan käytössä olevaan Autori-järjestelmään. Tiedossa on kuitenkin, että mm. tietoteknisten ongelmien ja inhimillisten unohduksien vuoksi aivan kaikki kalustolla ajatut kilometrit eivät sinne ole tallentuneet. Tämän vaikutusta lopulliseen laskentatulokseen on vaikea arvioida, mutta laskennasta saatujen tulosten voidaan kuitenkin todeta olevan erittäin hyvin suuntaa antavia.

Opinnäytetyöhön liittyen luotu Excel-pohjainen laskentatyökalu on käyttökelpoinen ja muokattavissa oleva pohja vuosittain toistettavaa hiilijalanjälkilaskelmaa varten maanteiden kunnossapitourakassa. Laskentatyökalua on mahdollista laajentaa tulevien vuosien osalta lähtötietojen saatavuuden parantuessa ja toimeksiantajan niin halutessa.

Jos laskentaa päätetään lähteä laajentamaan, on kaikki laskentatyökaluun tehtävät muutokset syytä tuoda kuitenkin läpinäkyvästi esille, jotta vuosittaisten laskelmien keskinäinen vertailukelpoisuus säilyy. Lisäksi päästökertoimien mahdollinen päivittämistarve on olennaista ottaa huomioon tulevien vuosien laskentaa tehtäessä.

Kattavan scope 3 -standardin mukaisen hiilijalanjälkilaskelman tekemisen huomattiin vaativan huomattavan paljon resursseja. Erityisesti aktiviteettitietojen kerääminen ja niiden muokkaaminen laskettavaan muotoon kuluttivat merkittävän osan työhön käytetystä ajasta. Muiden työtehtävien ohella vuositasolla tehtäväksi kyseisen standardin mukainen laskentatapa voi osoittautua turhan

raskaaksi. Laskennan tekoa olisi mahdollista sujuvoittaa, mikäli tarvittavat lähtötiedot olisivat saatavilla yhdestä tietokannasta tiivistetyssä ja valmiiksi laskettavassa muodossa. Tällaisen tietokannan luominen vaatisi kuitenkin jo itsessään suhteellisen suuren työpanoksen ja laajaa työntekijöiden ohjeistamista, jolloin siitä saadut hyödyt saattaisivat jäädä liian vähäisiksi.

Opinnäytetyön tekeminen tuki erinomaisesti tekijän ammatillista kasvua. Opinnäytetyöprosessin aikana päästiin sekä hyödyntämään että syventämään opintojen varrella käsiteltyjä aiheita. Työskenteleminen Savon Kuljetus Oy:ssä opinnäytetyön tekemisen ohella edesauttoi merkittävästi työn edistymistä. Hiilijalanjälki ja sen laskenta on yhteiskunnallisesti erittäin merkittävä ja ajankohtainen aihe, mikä kasvatti entisestään motivaatiota työn tekemiseen ja sai aiheeseen perehtymisen tuntumaan mielekkäältä.

Lähteet

- Aulakoski, A., Montin, P., Lydman, P. & Häyrynen, K. 2014. Panospohjaisen CO₂ -laskennan pilotointi väylähankkeessa. https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2014-18_panospohjaisen_co2-laskennan_web.pdf. 4.10.2021.
- Erbach, G. 2013. F-Gases: Good for The Ozone Layer, Bad for The Climate. <https://epthinktank.eu/2013/01/16/f-gases-good-for-the-ozone-layer-bad-for-the-climate/>. 24.9.2021.
- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. Kunnossapito. <https://www.ely-keskus.fi/kunnossapito2>. 12.10.2021.
- European Environment Agency. Atmospheric concentration of Methane. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-ch4-ppb-1>. 24.9.2021.
- European Environment Agency. Atmospheric concentration of Nitrous Oxide. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/figures/atmospheric-concentration-of-n2o-ppb-1>. 24.9.2021.
- Fingrid. Häviösähkö. <https://www.fingrid.fi/kantaverkko/sahkonsiirto/sahkon-siirtovarmuus/haviosahko/>. 14.10.2021.
- Greenhouse Gas Protocol. 2004. A Corporate Accounting and Reporting Standard. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>. 24.9.2021.
- Greenhouse Gas Protocol. 2011a. GHG Protocol Scope 2 Guidance. https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/Scope%20%20Guidance_Final_Sept26.pdf. 24.9.2021.
- 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. 24.9.2021.
- Hämäläinen, R. 2020. GHG-protokollan mukainen kasvihuonekaasupäästölasenta infrahankkeelle. Savonia-ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyö. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/340108/ONT_H%C3%A4m%C3%A4l%C3%A4inen_2020.pdf?sequence=2&isAllowed=y. 15.10.2021.
- Ilmasto-opas.fi. Kasvihuonekaasut lämmittävät. <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastomuutos/ilmio/-/artikkeli/3a576a6e-bec5-44bc-a01d-11497ebdc441/kasvihuonekaasut-lammittavat.html>. 24.9.2021.
- Korkiala-Tanttu, L., Törnqvist, J., Eskola, P., Pienimäki, M., Spoof, H. & Mroueh, U-M. 2005. Elinkaaritarkastelut tienpidon hankintoihin. <https://julkaisut.vayla.fi/pdf/3200925-velinkaaritarkasthank.pdf>. 12.10.2021.
- Kujala, T. 2020. Maanteiden kunnossapidon kaluston polttoaineen kulutuksen seuranta ja energiatehokkuus. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/339996/Opinnaytetyo_TomiKujala.pdf?sequence=2&isAllowed=y. 3.10.2021.
- Lindsey, R. 2020. Climate Change: Atmospheric Carbon Dioxide. <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-atmospheric-carbon-dioxide>. 24.9.2021.
- Lipasto. 2017. Bensiinikäyttöinen henkilöauto. <http://www.lipasto.vtt.fi/yksikko-paastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henhenkiloau/habens.htm>. 14.10.2021.

- Lipasto. 2017a. Dieselukäyttöinen henkilöauto. <http://www.lipasto.vtt.fi/yksikko-paastot/henkiloliikenne/tieliikenne/henhenkiloau/hadies.htm>. 14.10.2021.
- Lipasto. 2017b. Monikäyttöaluksen (MPP) keskimääräiset päästöt ja energian käyttö vuonna 2016. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/vesiliikenne/monikaytmo.htm>. 4.10.2021.
- Lipasto. 2017c. Suuri jakelukuorma-auto. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kajaksuuritka.htm>. 4.10.2021.
- Lipasto. 2018. Maansiirtoauto ilman perävaunua. <http://lipasto.vtt.fi/yksikko-paastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kamaanstik.htm>. 4.10.2021.
- Manninen, K. & Laitinen, J. 2015. Jätevesilietteen käsittelyn laskentamallit. <https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7BA5EA912E-4539-445E-AE17-1A1AA198BCD2%7D/126747>. 11.11.2021.
- Mannola, M. 2019. Väylänpidon hiilijalanjälki ja sen laskeminen. Väylävirasto. https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-50_vaylanpidon_hiilijalanjalki_web.pdf. 12.10.2021.
- Motiva. 2021. CO₂-päästökertoimet. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energian-kaytto-suomessa/co2-paastokertoimet>. 14.10.2021.
- Natural Energy Hub. What is Greenhouse effect, its causes & outcome. <https://naturalenergyhub.com/environmental-hazards/greenhouse-effect-causes-outcome/>. 24.9.2021.
- OpenCO2.net. Mitä tarkoitetaan hiilijalanjäljellä, päästökertoimella tai CO₂-ekvivalentilla? <https://www.openco2.net/fi/taustaa>. 27.10.2021.
- Sokka, L., Correia, S. & Koljonen, T. 2018. Lämmityspolttoaineiden tuotannon elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt. <https://www.vttresearch.com/sites/default/files/pdf/technology/2018/T336.pdf>. 4.10.2021.
- Tilastokeskus. 2021. Polttoaineluokitus. https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html. 14.10.2021.
- Valtioneuvosto. 2019. Hiilineutraali ja luonnon monimuotoisuuden turvaava Suomi. <https://valtioneuvosto.fi/marinin-hallitus/hallitusohjelma/hiilineutraali-ja-luonnon-monimuotoisuuden-turvaava-suomi>. 12.10.2021.
- Väylävirasto. 2019. Infran ja väylänpidon vaikutus liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. https://julkaisut.vayla.fi/pdf12/vj_2019-47_infran_vaylanpidon_web.pdf. 12.10.2021.
- Väylävirasto. 2021. Maanteiden hoidon kilpailutus. <https://vayla.fi/palveluntuottajat/hankinnat/tieurakat>. 14.10.2021.
- World Meteorological Organization. 2020. Carbon Dioxide Levels Continue at Record Levels. <https://public.wmo.int/en/media/press-release/carbon-dioxide-levels-continue-record-levels-despite-covid-19-lockdown>. 24.9.2021.
- Ympäristö.fi. 2017. Fluoratut kasvihuonekaasut. <https://www.ymparisto.fi/fkaasut>. 24.9.2021.
- Ympäristöministeriö. Pariisin ilmastopöytäkirja. <https://ym.fi/pariisin-ilmastosopimus>. 12.10.2021.

Alueurakan päästölähteet kategorioittain (Scope 3)

Kategoria	Päästölähde
Scope 3	
1. Ostetut tuotteet ja palvelut	<ul style="list-style-type: none"> - Kunnossapitokaluston ajokilometrit toimenpiteittäin (km) - Ostettu tiesuola (t) - Ostetut kiviainekset (t) - Paikkausmassat (t) - Ostetut liikennemerkkit ja muut varusteet (kpl)
2. Käyttöomaisuus	- <i>Ei sisällytetty laskentaan lähtötietojen hajanaisuuden vuoksi. Kyseisen laskentakohteen osalta tähän kategoriaan kuuluisi lähinnä tarkasteluvuonna omaan käyttöön hankitut työkalut ja toimistolaitteet</i>
3. Polttoaineiden tuotanto ja energian siirtohäviöt	<ul style="list-style-type: none"> - Käytetyn polttoaineen kokonaismäärä (l), Scope 1 laskennasta - Ostettu ja käytetty sähkö- ja lämpöenergia (MWh), Scope 2 laskennasta
4. Kuljetukset ja jakelupalvelut (saapuva ja muu itse maksettu)	- Ostettujen materiaalien ja varusteiden kuljetukset (km), tiedot kategoriasta 1
5. Toiminnassa syntyvät jätteet	- Urakkakohtaiset jätteet (t), Sekajäte ja pysäköintialueen käymälän liete
6. Liikematkustus	- <i>Ei sisällytetty laskentaan vähäisen merkityksen vuoksi. Toimihenkilöiden osalta tiedot olisivat olleet koottavissa matkalaskuista</i>
7. Töihin matkustaminen	- Työntekijöiden matkat kodin ja työpaikan välillä (km)
8. Omaan käyttöön vuokrattu omaisuus	- Vuokrattujen toimitilojen sähkö- ja lämpöenergia (MWh)
9. Kuljetukset ja jakelupalvelut (muiden toimijoiden maksamat lähtevät kuljetukset)	- <i>Ei sovellettavissa kyseisessä laskentakohhteessa</i>
10. Myytyjen tuotteiden jatkoprosessointi	- <i>Ei jatkojalostettavia välituotteita</i>
11. Myytyjen tuotteiden käyttö	- <i>Ei sisällytetty laskentaan</i>
12. Myytyjen tuotteiden käytöstä poisto	- <i>Ei sisällytetty laskentaan</i>
13. Ulosvuokrattu omaisuus	- <i>Ei ulosvuokrattua omaisuutta</i>
14. Franchising-toiminta	- <i>Ei franchising-toimintaa</i>
15. Sijoitukset	- <i>Ei sijoitustoimintaa</i>

Scope 3 -laskennassa käytetyt päästökertoimet

Päästölähde	Päästökerroin	Yksikkö	Lähde
Polttoaineet			
Diesel, palaminen	64,70	gCO ₂ /MJ	(Tilastokeskus. 2021. Polttoaineluokitus.)
Diesel, tuotanto	6,60	gCO _{2e} /MJ	(Sokka, L. ym. 2018.)
Kevyt polttoöljy, tuotanto	15,40	gCO _{2e} /MJ	(Sokka, L. ym. 2018.)
Energia			
Sähkö, tuotanto	131,00	gCO ₂ /kWh	(Motiva. 2021. CO ₂ -päästökertoimet.)
Materiaalit			
Hiekoitushiekka	1,57	kgCO ₂ /m ₃	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Murskeet	2,85	kgCO ₂ /m ₃	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Paikkausmassat	36,00	kgCO ₂ /m ₃	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Jätteet			
Sekajäte	400,00	kgCO _{2e} /t	(Tilastokeskus. 2021. Polttoaineluokitus.)
Umpisäiliöliete	1,04	kgCO _{2e} /t	(Manninen, K & Laitinen, J. 2015.)
Varusteet			
Liikennemerkki 900 mm	15,20	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Liikennemerkki 600-640 mm	9,18	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Liikennemerkkien lisäkilvet	3,58	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Liikennemerkin kiinnitin 60 mm	2,53	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Betonijalusta 60/700mm	5,06	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Opasteet ja suunnistustaulut	23,90	kgCO ₂ /m ²	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Tiekaide	25,75	kgCO ₂ /m	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Tiekaiteen pylvä	13,27	kgCO ₂ /kpl	(Aulakoski, A. ym. 2014.)
Ajoneuvot			
Jakelukuorma-auto	442	gCO _{2e} /km	(LIPASTO. 2017. Yksikköpäästöt.)
Maansiirtoauto	780	gCO _{2e} /km	(LIPASTO. 2018. Yksikköpäästöt.)
Monikäyttöalus	50 007	gCO _{2e} /km	(LIPASTO. 2017. Yksikköpäästöt.)
Henkilöautot	123-170	gCO _{2e} /km	(LIPASTO. 2017. Yksikköpäästöt.)