

Jere Heilala

## **HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN KONEISTAVALLE YRITYKSELLE**

# HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN KONEISTAVALLE YRITYKSELLE

Jere Heilala  
Opinnäytetyö  
Kevät 2024  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma  
Oulun ammattikorkeakoulu

## TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan tutkinto-ohjelma, Tuotantotekniikka

---

Tekijä: Jere Heilala

Opinnäytetyön nimi: Hiilijalanjäljen laskeminen koneistavalle yritykselle

Työn ohjaaja: Esa Törmälä

Työn valmistumislukukausi ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 41

---

Tässä opinnäytetyössä laskettiin toimeksiantajayritys Camtronic Oy:n vuoden 2022 hiilijalanjälki. Laskenta suoritettiin GreenHouse Gas-protokollan ohjeistusten mukaisesti. Työn tavoitteena oli selvittää yrityksen kokonaishiilijalanjälki, joka syntyy yrityksen toiminnasta suoraan tai epäsuorasti. Tarkoituksena oli myös syventää kattavasti henkilöstön ymmärrystä hiilijalanjäljestä, sen raportoinnista ja laskennasta yrityksessä. Lisäksi tutkimustyöhön sisällytettiin laskentatyökalun kehittäminen Excel-tiedostoon, joka mahdollistaa laskennan suorittamisen.

Teoriaosuus koostuu hiilijalanjälkilaskennan tiedon keräämisestä. Se oli ajallisesti yksi suurimmista osuuksista opinnäytetyössä. Työssä pyrittiin saamaan mahdollisimman laaja ja luotettava raja-alue laskentaan, mikä saatiin etsimällä ja vertailemalla päästökertoimia sekä tietoja yrityksen eri tuotteista ja toiminnoista. Painoarvo päästökertoimien määrittämisessä oli voimakkaasti niissä osalu-alueissa, joiden oletettiin olevan yrityksen suurimmat päästöjen aiheuttajat. Tuloksissa tarkastel- laan, miten päästöt jakautuvat yrityksen toiminnassa ja kuinka luotettavina tuloksia voidaan pitää.

Tutkimuksen tulokset auttavat Camtronic Oy:tä tekemään kestävämpiä päätöksiä ja pienentämään hiilijalanjälkeään. Tutkimustyön aikana kehitettiin laskentatyökalu, joka räätälöitiin soveltumaan ko- neistavalle yritykselle. Tämän avulla Camtronic Oy voi laskea toimintansa hiilijalanjäljen vuosittain ja kehittää työkalua tarkentuvien päästökertoimien sekä tietojen myötä.

Päästökategorioiden laskentaa käsittelevissä osioissa on yrityksen sisäisiä ja arkaluonteisia tietoja sekä kerättyä aineistoa, joka luottamuksellisenä jää ainoastaan toimeksiantajan käyttöön. Kyseistä aineistoa ei julkaista tässä raportissa.

---

Asiasanat: Hiilijalanjälki, hiilijalanjälkilaskenta, ilmastotyö, ilmastonmuutos, vastuullisuus, kestävä kehitys, hiilidioksidipäästöt

## ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering, Production Engineering

---

Author: Jere Heilala

Title of thesis: Calculation of Carbon Footprint for Machining Company

Supervisor: Esa Törmälä

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 41

---

In this thesis, the carbon footprint of the commissioning company, Camtronic Oy, for the year 2022 was calculated following the guideline of the Greenhouse Gas Protocol. The objective was to determine the company's total carbon footprint, originating directly or indirectly from its operations. Additionally, the aim was to deepen the understanding of carbon footprint, reporting and calculating within the company's personnel. Furthermore, the research included the development of a calculation tool in an Excel spreadsheet, enabling carbon footprint calculation.

The theoretical part comprises the collection of data for carbon footprint calculation. Data acquisition was one of the major components of the thesis. The objective was to achieve a comprehensive and reliable scope for the calculation by collecting and comparing emission factors and company data for different products and activities. The determination of emission factors was heavily weighted towards those areas assumed to be the major contributors to the company's emissions. The results analyze how emissions are distributed within the company's operations and the reliability of the results.

The findings of the study will assist Camtronic Oy in making more sustainable decisions and reducing its carbon footprint. During the research, a calculation tool tailored to the commissioning company was developed, suitable for a machining company. With this tool, Camtronic Oy can calculate its carbon footprint annually and refine the tool with more accurate emission factors and data.

The sections dealing with the calculation of emission categories contain internal and sensitive information of the company as well as collected data, which remains confidential and for the exclusive use of the client. This data will not be published in this report.

---

Keywords: Carbon footprint, carbon footprint calculation, climate action, climate change, responsibility, sustainable development, carbon dioxide emissions

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	8
1.1	Tutkimustyön tausta .....	9
1.2	Toimeksiantajayritys Camtronic Oy .....	9
1.3	Tutkimusmenetelmä .....	9
1.4	Tarkoitus, tehtävät ja tutkimuskysymykset .....	10
2	ILMASTONMUUTOS JA YRITYSTEN HIILIJALANJÄLKI.....	11
2.1	Ihmisen toiminnan aiheuttama ilmastonmuutos.....	11
2.2	EU:n ilmastopoliitiikan velvoitteet yrityksille.....	12
2.3	Hiilijalanjälki ja sen laskenta .....	15
2.3.1	Hiilijalanjälkilaskentatyökalut.....	15
2.3.2	Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard .....	16
2.3.3	ISO 14064 -standardi yrityksen hiilijalanjäljen mittaukseen ja raportointiin .....	16
2.3.4	PAS 2050 -standardi.....	17
2.4	Päästökertoimet ja hiilidioksidiekvivalentti .....	17
3	HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN CAMTRONIC OY: LLE .....	19
3.1	Tutkimustyön kulku.....	19
3.1.1	Standardin valitseminen laskentaan .....	20
3.1.2	Laskennan laajuuden rajaaminen .....	22
3.1.3	Päästökertoimiin vaikuttavat asiat ja haasteet laskennassa.....	24
3.1.4	Hiilijalanjäljen laskentatyökalun valinta .....	25
3.2	Laskennan toteutus päästökategorioittain .....	25
3.2.1	Omien ajoneuvojen käytöstä aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen).....	26
3.2.2	Ostetun sähkön ja lämmön kulutuksesta aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen).....	26
3.2.3	Materiaaleista aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen) .....	26
3.2.4	Jätteiden käsittelystä aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen) .....	26
3.2.5	Liikematkustamisesta aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen) .....	26
3.2.6	Henkilöstön työmatka-ajoista aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen) .....	26
4	HIILIJALANJÄLKILASKENNAN TULOSTEN TARKASTELU .....	27

4.1	Camtronic Oy:n hiilijalanjälki ja sen jakautuminen päästökategorioihin .....	27
4.1.1	Scope 1: yrityksen suorat päästöt .....	27
4.1.2	Scope 2: yrityksen ostoenergian päästöt .....	28
4.1.3	Scope 3: yrityksen epäsuorat päästöt .....	29
4.2	Yrityksen hiilijalanjäljen vertailu eri laskentatyökaluilla .....	32
5	POHDINTA .....	34
5.1	Tutkimustyön tarkoitus ja hiilijalanjälkilaskennan ajankohtaisuus .....	34
5.2	Hiilijalanjälkilaskennan tuloksien luotettavuus .....	35
6	KEHITYSEHDOTUKSET .....	37
6.1	Yksittäisen tuotteen hiilijalanjälkilaskenta ja päästövähennyskeinot (Luottamuksellinen) .....	37
6.2	Hiilijalanjälkilaskennan rajoitusten laajentaminen ja päästökertoimien luotettavuus (Luottamuksellinen) .....	37
	LÄHTEET .....	38

## SANASTOA

CSRD	Corporate Sustainability Reporting Directive on Euroopan Unionin laatima lainsäädäntö, joka velvoittaa suuret yritykset raportoimaan ja julkaisemaan kestävyystietonsa direktiivin vaatimusten mukaisesti (1).
ESRS-standardi	Konkretisoi EU-maissa voimassa olevan CSRD-direktiivin toimeenpanon. ESRS-standardien tarkoituksena on ohjata yritysten kestävyysraportointia (2).
Franchise liiketoiminta	Franchise tarkoittaa kahden oikeudellisesti ja taloudellisesti itsenäisen yrityksen välistä oikeuden jakamista. Toiselle osapuolelle mahdollistetaan toisen osapuolen liiketoimintakonseptin hyödyntäminen (3).
Ilmastoneutraalius	Tilanne, jossa kasvihuonekaasujen määrä olisi vain yhtä suuri kuin mitä hiilinielut pystyvät sitomaan (4).
IPPC	Intergovernmental Panel on Climate Change on hallitusten välinen ilmastopaneeli, joka laatii ilmastonmuutoksen etenemisestä ja hillinnästä tieteellisiä raportteja (5).
Kvantifiointi	Laadullinen analyysi muokataan mitattavaan ja laskettavaan muotoon (6).
PET	Polyetyleenitereftalaatti lyhennettynä PET on suurta kuormitusta kestävä muoviseos (7).
POM	Polyasetaali on muoviseos, jolla on hyvät koneistettavat ominaisuudet sekä on mekaanisesti kestävä (8).

# 1 JOHDANTO

Organisaatiot eivät tule menestymään tulevaisuudessa ilman tietoutta kasvihuonekaasupäästöistään. Ympäristötietoisuus ja ilmastonmuutoksen haasteet ovat nousseet keskeisiksi keskustelunaiheeksi niin yhteiskunnassa kuin liike-elämässäkin. Organisaatiot ja yritykset ympäri maailmaa ovat ryhtyneet toimiin pienentääkseen hiilijalanjälkeään ja edistääkseen kestävästä kehitystä. Camtronic Oy ei ole poikkeus tässä pyrkimyksessä, vaan on ottanut tavoitteekseen olla edelläkävijänä koneistusteollisuuden piirissä selvittäessään hiilijalanjälkensä. Tämän tutkimuksen keskiössä on juuri yrityksen pyrkimys ymmärtää ja hallita omaa hiilijalanjälkeään.

Hiilijalanjäljen laskenta on tärkeä toimenpide monessa mielessä. Ensinnäkin se antaa yritykselle kattavan kuvan siitä, kuinka suuri vaikutus sen toiminnalla on ympäristöön. Tämän tiedon avulla yritys voi tunnistaa toimintansa suurimmat päästölähteet ja kohdentaa resurssinsa tehokkaammin päästöjen vähentämiseen. Lisäksi hiilijalanjäljen laskenta tarjoaa mahdollisuuden seurata yrityksen kehitystä ja asettaa konkreettisia tavoitteita päästöjen vähentämiseksi. Se tuo myös muita positiivisia puolia yrityksen toimintaan. Euroopan Unionin asettamat vaatimukset ja yleinen kasvava tarve kestäväälle liiketoiminnalle korostavat entisestään hiilijalanjäljen laskennan merkitystä. Camtronic Oy:lle hiilijalanjäljen laskenta ja raportointi eivät ole pelkästään velvoitteita, vaan ne tarjoavat myös mahdollisuuden osoittaa yrityksen vastuullisuutta ja edistää kestävästä kehitystä.

Tämä tutkimus pyrkii syventämään ymmärrystä hiilijalanjäljen laskennasta ja sen merkityksestä Camtronic Oy:n kontekstissa. Tutkimuksessa selvitetään kattavasti hiilijalanjälkeä sekä sen laskentaa ja raportointia yrityksessä. Työn ohella luotiin yritykselle hiilijalanjäljen laskentatyökalu, jolla laskenta suoritettiin.

Johdanto-osiossa käsitellään tarkemmin tutkimuksen taustaa, tavoitteita ja merkitystä sekä esitellään tutkimuskysymykset, joihin työ pyrkii vastaamaan. Teoriaosiossa käsitellään aluksi ilmastonmuutoksen perusteita, päästöjen syntymistä ja niiden luonnetta. Tarkastelun alla ovat myös Euroopan Unionin tekemät päätökset hiilijalanjäljen laskennasta ja raportoinnista, jotka esitetään tarkemmin suhteessa muihin sopimuksiin ja velvoitteisiin. Tuloksissa käydään läpi laskennan tulokset ja tarkastellaan niiden luotettavuutta. Lisäksi laskennan tuloksia ja laskentatyökalua vertaillaan useammalla työkalulla, jotta voidaan varmistua tuloksien ja työkalun oikeellisuudesta ja nähdä, mistä mahdollinen hajonta johtuu. Tulosten perusteella yritykselle laaditaan kehitysehdotuksia.

## 1.1 Tutkimustyön tausta

Tässä tutkimuksellisessa opinnäytetyössä selvitetään Camtronic Oy:n hiilijalanjälkeä hankkimalla tietoa kasvihuonekaasupäästöistä, hiilijalanjäljen laskentamenetelmistä ja laskennassa käytettävistä standardeista. Työssä pyritään hankkimaan laajasti tietoja, jotta aiheesta syntyy syvempi ymmärrys. Laskentaa varten etsitään ohjeistuksia, joiden mukaisesti pyritään ottamaan mahdollisimman monta päästöjä aiheuttavaa kategoriata huomioon. Rajauksen vaatimuksena on, että niihin on tarvittavat tiedot saatavilla ja ne pystytään määrittämään tarkasti ohjeistuksien mukaan. Yrityksen päästöjen laskennan lisäksi luodaan hiilijalanjälkilaskentatyökalu, jolla laskenta suoritetaan. Camtronic Oy voi ottaa laskentatyökalun käyttöönsä ja kehittää sitä tarpeisiinsa sopivaksi.

## 1.2 Toimeksiantajayritys Camtronic Oy

Toimeksiantajayrityksenä toimii koneistava Camtronic Oy. Vuonna 2001 perustettu yritys on erikoistunut lastuavaan työstöön ja tarjoaa asiakkailleen kokonaisvaltaista tukea suunnittelusta ja kokoonpanosta aina logistiikan hallintaan. Yritys keskittyy hienomekaniikan suunnitteluun, koneistukseen, kokoonpanoon ja alihankintapalveluihin ja on siten monipuolinen kumppani asiakkailleen. Sen työstämien materiaalien kirjo ulottuu muovista alumiiniin ja muihin metalleihin. (9; 10.)

Ylivieskassa sijaitseva Camtronic Oy hyötyy sijainnistaan, joka tarjoaa erinomaiset kulkuyhteydet ympäri maata. Asiakaskuntaa sijaitsee kattavasti ympäri Suomen ja heidän kauttaan Camtronicin tuotteita on globaalisti käytössä. Yritys panostaa vahvasti asiakaspalveluun, moderniin koneistusteknologiaan sekä henkilöstön hyvinvointiin ja koulutukseen. Camtronic Oy korostaa kehityshaluaan ja hyvien asiakassuhteiden tärkeyttä ja haluaakin tuoda asiakkaiden tietouteen heidän tilaamiensa tuotteiden hiilijalanjäljen. (9; 10.)

## 1.3 Tutkimusmenetelmä

Hiilijalanjälkilaskentaa kuvaa parhaiten käsite kvantitatiivinen eli määrällinen tapaustutkimus. Tapaustutkimuksessa on kyse yksittäisestä kohteesta tai rajatusta alueesta, jota tutkitaan. Tässä tapauksessa kyseessä on hiilijalanjäljen laskeminen yritykselle. Tavoitteena on selvittää mahdollisimman paljon asiantietoa. Analysoimalla kerättyä tietoa voitaisiin hyödyntää jatkossa konkreettisesti yrityksen toiminnassa.

## 1.4 Tarkoitus, tehtävät ja tutkimuskysymykset

Opinnäytetyön tarkoituksena on kohentaa toimeksiantajayrityksen henkilöstön tietoutta hiilijalanjäljestä ja sen raportoinnista. Tätä varten on suoritettava kattava tiedonkeruu kasvihuonekaasupäästöistä, hiilijalanjäljen laskentamenetelmistä ja laskennassa käytettävistä standardeista. Kerätyn tiedon avulla pyritään saamaan syvälinen ymmärrys hiilijalanjäljestä käsitteenä ja siihen liittyvistä toimista sekä suorittamaan yrityksen hiilijalanjälkilaskenta. Laskennan avulla yritys voi vastata asiakkaiden asettamiin vaatimuksiin ja tulevaisuudessa myös yritysten velvoitteisiin laskea ja raportoida hiilijalanjälki.

Työn tehokkaimman lopputuloksen saamiseksi tulisi löytää toimeksiantajayritykselle sopivin standardi tai protokolla päästöjen laskentaa ja niiden raportointia varten. Tutkimustulosten avulla yritys voi kehittää ilmastotoimia viemällä päästölaskennan tuotetasolle ja siten vastaamaan asiakkaiden vaatimuksiin. Päästölähteiden selvitystyön ansiosta voidaan myös rakentaa suunnitelmaa niiden vähentämiseksi. Kun tietoisuus hiilijalanjäljestä lisääntyy, yritys pystyy ottamaan ilmastonäkökulman huomioon varhaisessa vaiheessa päätöksenteossa, kuten toiminnan kehityksessä, toimittajien vaihtamisessa tai järjestelmien uudistamisessa.

Tutkimuksen tueksi laadittiin seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mikä on Camtronic Oy:n kokonaishiilijalanjälki?
2. Kuinka saavutetaan mahdollisimman luotettava hiilijalanjäljen laskentatulokset?
3. Mikä on ollut yrityksen motiivina sen päättäessä selvittää hiilijalanjälkensä?
4. Mikä saa konepajat ja alihankintayritykset laskemaan päästönsä ja kehittämään toimintaansa ilmastoystävällisemmäksi?

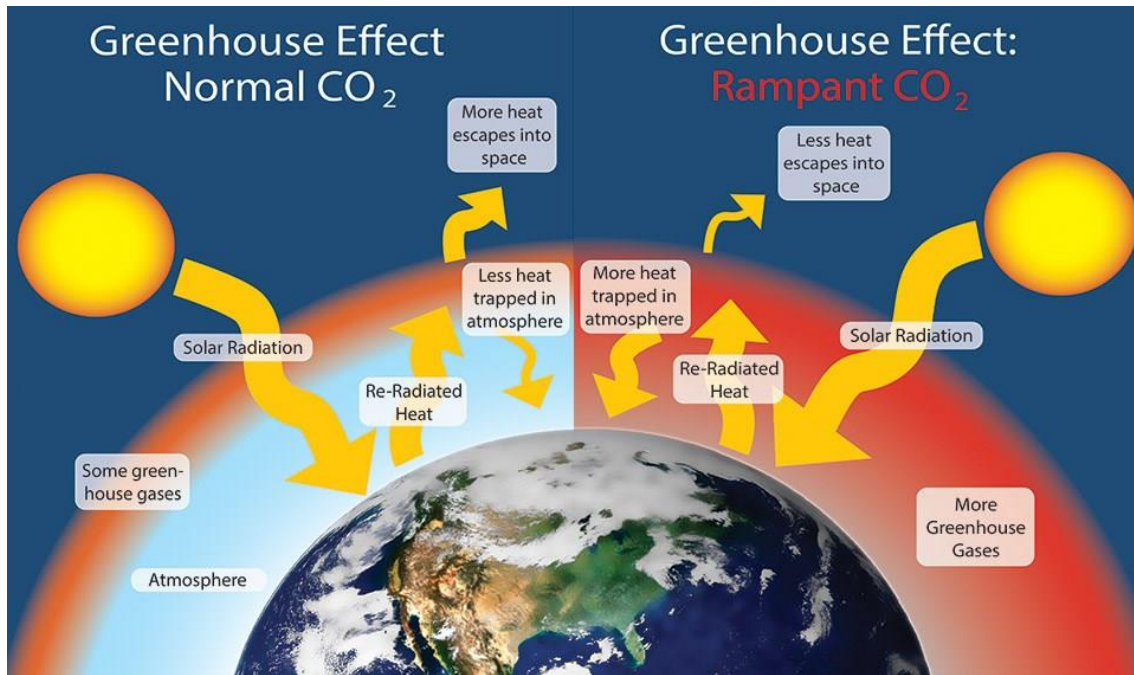
## 2 ILMASTONMUUTOS JA YRITYSTEN HIILIJALANJÄLKI

### 2.1 Ihmisen toiminnan aiheuttama ilmastonmuutos

Ihminen kykenee elämään maapallolla sen ympäröivän ilmakehän avulla. Ilmakehä koostuu pääasiassa kaasuista ja synnyttää ilmiön, joka muistuttaa kasvihuonetta. Ilmakehän kaasut päästävät läpi auringonsäteitä, jotka lämmittävät maapalloa. Kuitenkin huomattava osa ilmakehästä koostuu kasvihuonekaasuista, jotka estävät osan lämmöstä pakenemasta takaisin avaruuteen. (11.)

Ihmisen toiminta on merkittävästi lisännyt kasvihuonekaasujen määrää ilmakehässä, mikä on johtanut maapallon nopeampaan lämpenemiseen. Teollisuus ja asuminen ovat keskeisiä toimialoja, joissa käytetään usein kivihiiltä, öljyä tai maakaasua lämmöntuotantoon. Nämä fossiiliset polttoaineet muodostavat suuren osan kasvihuonekaasupäästöistä, jotka edistävät ilmastonmuutosta. (11.)

Kuva 1 havainnollistaa kasvihuoneilmiön syntymistä. Vasemmalla puolella kuvaa esitetään toivottu tilanne, jossa normaalien elämisen toimintojen seurauksena syntyvät kasvihuonekaasut säilyttävät osan auringon lämmöstä ilmakehässä, mikä on tärkeää planeettamme lämpötilan ylläpitämiseksi. Kuvassa oikealla puolella kuvataan tilannetta, jossa kasvihuonekaasut estävät auringon lämmön poistumisen ilmakehästä tehokkaammin, mikä puolestaan johtaa planeettamme keskilämpötilan nousuun. (12.)



KUVA 1. Kasvihuoneilmion syntyminen, kun kasvihuonekaasut estävät lämmön karkaamisen ilmakehästä (12).

## 2.2 EU:n ilmastopolitiikan velvoitteet yrityksille

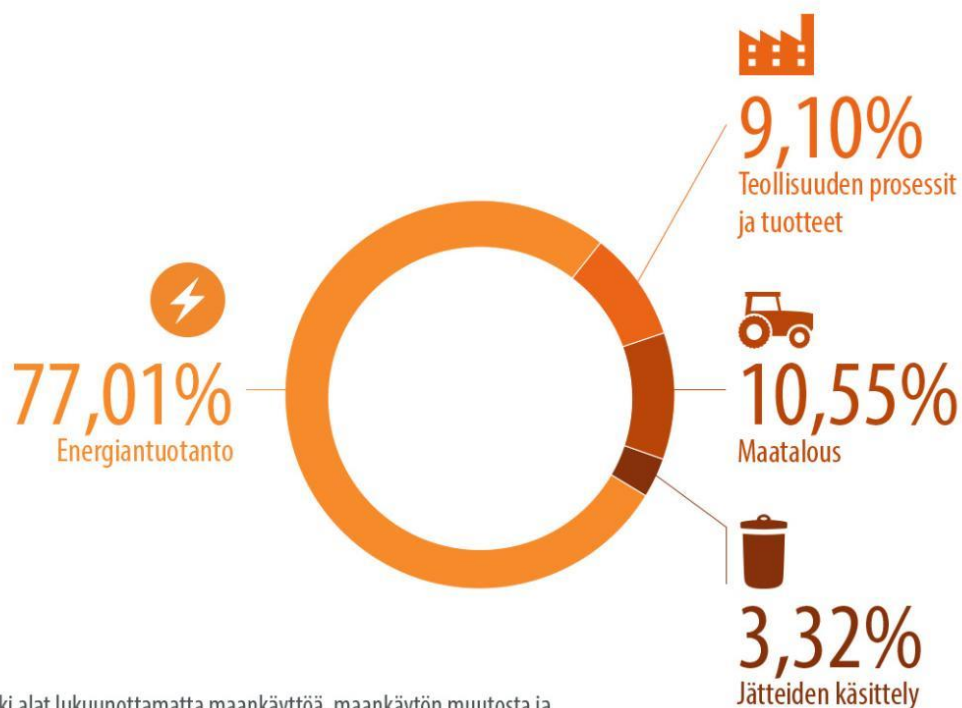
Ilmastonmuutoksen vaikutukset ovat johtaneet toimenpiteisiin maailmanlaajuisesti. Tavoitteena ei enää ole vain kasvihuonekaasupäästöjen lisääntymisen hidastaminen, vaan niiden vähentäminen. Euroopan Unionin johtajat sopivat joulukuussa 2019 pidetyssä kokouksessa, että EU-maiden tulisi saavuttaa ilmastoneutraalius vuoteen 2050 mennessä. Tämä edellyttää merkittävää kasvihuonekaasupäästöjen vähentämistä EU-maissa sekä keinojen löytämistä päästöjen kompensoimiseksi, jotka eivät muuten ole vältettävissä tai jäävät jäljelle. Eurooppa-neuvosto painotti, että siirtyminen kohti ilmastoneutraaliutta toisi myönteistä vauhtia talouskasvulle ja teknologiselle kehitykselle sekä markkinoilla että työllisyydessä. (13.)

Euroopan Unioni on ottanut käyttöön uuden raportointidirektiivin CSRD:n (Corporate Sustainability Reporting Directive), joka tuli voimaan vuoden 2024 alussa. Tämä raportointidirektiivi koskee yritysten kestävyystietojen raportointia ja sen toteuttamisessa hyödynnetään 12 erilaista EU:n hyväksymää standardia. Jatkossa direktiivi edellyttää, että CSRD:n piiriin kuuluvat yritykset raportoivat kestävyystietonsa noudattaen direktiivin asettamia vaatimuksia. Aluksi direktiivi koskee vain niitä suuryrityksiä, jotka ovat olleet jo aiemmin NFRD:n (Non-Financial Reporting Directive) piirissä. Vuoden kuluttua direktiivin voimaantulosta sen soveltamisalaa laajennetaan koskemaan muiden

listattujen suuryritysten piiriä. Joka vuosi direktiivi kattaa yhä suuremman joukon yrityksiä, kun seuraavana vuonna velvoitteiden piiriin otetaan aiemmin mainittujen lisäksi listatut pk-yritykset. Direktiivi sisältää ESRS-standardeja, jotka määrittelevät raportoinnin sekä kasvihuonekaasupäästöjen laskennan. On myönteistä, mikäli yritys on jo aloittanut päästöjen laskennan GHG-protokollan mukaisesti, sillä direktiivin standardien vaatimukset ovat linjassa kyseisen protokollan kanssa. (14.)

Kuvassa 2 esitetään kasvihuonekaasujen aiheuttamat päästöt alakohtaisesti EU-maissa vuonna 2019. Energiantuotanto on selvästi suurin päästöjen lähde, ja sitä seuraa maatalous sekä teollisuus noin kymmenesosalla. Suomen teollisuuden osuus oli hieman korkeampi kuin muissa EU-maissa. Vuonna 2019 kasvihuonekaasujen kokonaismäärä oli yli 57 miljoonaa hiilidioksidiekvivalenttitonnia, ja niistä lähes 18 % syntyi metallituotteiden valmistuksesta ja metallin jalostuksesta. (15.) EU ja sen jäsenmaat olivat tuolloin Kioton pöytäkirjan toisella velvoitekaudella (2013–2020), jonka aikana oli yhteinen tavoite: vähentää päästöjä 20 % vuoden 1990 päästöjen tasosta (16). Kioton pöytäkirjan tarkoituksena oli kansainvälisesti vähentää päästöjä. Se oli ensimmäinen oikeudellisesti sitova sopimus laatuaan. (17.)

# Alakohtaiset\* kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa vuonna 2019



\*Kaikki alat lukuunottamatta maankäyttöä, maankäytön muutosta ja metsien käyttöä (LULUCF)

Pyöristettyjen lukujen vuoksi loppusumma ei ole tasan 100%

Lähde: Euroopan ympäristökeskus (EEA)



KUVA 2. Kasvihuonekaasupäästöjen jakautuminen alakohtaisesti vuonna 2019 EU:n alueella (18).

Kiotoon pöytäkirjan jälkeen ilmastosäädöksissä otettiin käyttöön Pariisin ilmastopöytäkirja, joka on myös oikeudellisesti sitova sopimus. Ilmastopöytäkirjan keskeisenä tavoitteena on rajoittaa maapallon keskilämpötilan nousu alle 1,5 asteeseen ja pitää kasvihuonekaasupäästöt kohtuullisina suhteessa hiilinielujen kykyyn sitoa päästöjä. Siirryttäessä kohti vuotta 2050 tavoitteena on saavuttaa tasapaino päästöjen ja nielujen välillä sekä hillitä keskilämpötilan nousua. Pariisin ilmastopöytäkirja tuli voimaan vuonna 2016 ja koskee aikaa Kiotoon pöytäkirjan toisen velvoitekauden päättyttyä vuonna 2020. (19.)

## 2.3 Hiilijalanjälki ja sen laskenta

Hiilijalanjälkeä mitataan hiilidioksidiekvivalenteina, joka on päästöille määritelty laskettava yksikkö. Sen avulla voidaan mitata ja raportoida ihmisen toiminnasta aiheutuvat päästöt. Nykyään lähes kaikista toiminnoista voidaan laskea hiilijalanjälkeä ja käytännössä kaikki toiminta aiheuttaa sitä. Usein hiilijalanjälkeä ajatellaan suoraan päästönä, joita syntyy lentäessä tai autolla ajaessa. Kuitenkin myös muilla tekijöillä ja valinnoilla, kuten käytetyillä materiaaleilla, noutoruuan kuljetuksilla tai yritystoiminnan tehokkuudella, voi olla merkittävä vaikutus hiilijalanjäljen suuruuteen. Myös materiaalien tehokas käyttö vähentää jätteiden sekä päästöjen määrää merkittävästi. (20.)

Hiilijalanjälkilaskenta on tärkeä ensiaskelel yrityksille, jotka pyrkivät kohti hiilineutraaliutta ja haluavat kehittää toimintaansa vähäpäästöisemmäksi. Se mahdollistaa yrityksen päästöjen ja ympäristövaikutusten arvioinnin, mikä auttaa sitä ymmärtämään, missä kohdin voidaan tehdä muutoksia tehokkaasti, kun päästövähennyksiä vaaditaan. Lisäksi se edistää avoimuutta ja läpinäkyvyyttä yrityksen toiminnassa, mikä parantaa sidosryhmien luottamusta ja kilpailukykyä markkinoilla. Laskennan käyttö yleistyy jatkuvasti ja koskettaa yhä laajempaa joukkoa organisaatioita. Suuremmat yritykset ovat ensimmäisten joukossa kohtaamassa raportointivaatimuksia ja odottavat myös kumppaneiltaan päästöjen selvittämistä. (20; 21.)

Yrityksille on tarjolla ohjeistuksia ja sovelluksia hiilijalanjäljen laskentaan. Standardien ja protokollien avulla voidaan määrittää selkeät toimintatavat päästöjen selvittämiseen, mikä auttaa rajaamaan laskentaa ja huomioimaan tarvittavat asiat. Lisäksi on kehitetty hiilijalanjälkilaskentatyökaluja, jotka mahdollistavat kasvihuonekaasupäästöjen laskennan. (21.)

### 2.3.1 Hiilijalanjälkilaskentatyökalut

Hiilijalanjälkilaskentatyökalut ja -sovellukset ovat hyödyllisiä sekä organisaatioiden että yksittäisten henkilöiden hiilijalanjäljen mittaamisessa. Näissä laskentatyökaluissa huomioidaan erilaisia toimintoja, kuten käytettyjä materiaaleja, tuotantoprosesseja, kuljetuksia ja jätteiden käsittelyä. Laskennassa otetaan huomioon näiden eri osa-alueiden ympäristövaikutukset ja elinkaariarviointit. Useiden laskentatyökalujen avulla voidaan myös arvioida eri palveluiden ja tuotteiden hiilijalanjälkeä.

Sopivan laskentatyökalun löytäminen voi vaatia aikaa, ellei sitä räätälöi omiin tarpeisiinsa sopivaksi. Hiilijalanjälkilaskentaan suunnitellulla työkalun räätälöinnillä voidaan varmistaa, että se ottaa huomioon oikeat toiminnot ja käyttää maantieteellisesti sopivia päästökertoimia. (21.)

### **2.3.2 Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard**

Greenhouse Gas Protocol Corporate Accounting and Reporting Standard on yksi tunnetuimmista ja kattavimmista standardeista, joka on suunniteltu organisaatioiden kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseen ja raportointiin (20). WRI ja WBCSD julkaisivat standardin ensimmäisen kerran vuonna 2001 ja sitä on sen jälkeen päivitetty ja laajennettu (22).

WBCSD (World Business Council for Sustainable Development) on vuonna 1995 yli 200 johtavan yrityksen johtajien perustama järjestö, jonka tavoitteena on edistää kestävästä kehitystä liike-elämässä (23). WRI, eli World Resources Institute, on voittoa tavoittelematon organisaatio, joka perustettiin Yhdysvalloissa 1982. Sen tavoitteena on edistää kestävämpää kehitystä hyödyntäen käytännönläheisiä ja tieteellisesti perusteltuja tutkimuksia ja analyyseja (24).

GHG-protokolla on jaettu kolmeen eri osa-alueeseen, jotka tunnetaan nimillä Scope 1, 2 ja 3. Näiden osioiden avulla tietoja voidaan jakaa helposti, mikä auttaa eri alojen kestävyysraporttien vertailussa. Scopet tekevät siitä vertailukelpoisen muiden kestävyysraportointistandardien keskuudessa. (22.)

### **2.3.3 ISO 14064 -standardi yritysten hiilijalanjäljen mittaukseen ja raportointiin**

Toinen laajasti yleistynyt standardi on ISO 14064. ISO (The International Organization), maailmanlaajuinen kansallisten standardointielinten liitto on kehittänyt tämän standardin kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseen, seurantaan, raportointiin sekä vähentämiseen yhdenmukaisuuden ja uskottavuuden edistämiseksi. Se julkaisi ensimmäisen version standardista vuonna 2006 version, joka korvattiin myöhemmin uudella ISO 14064-1:2019 -standardilla. ISO 14064 auttaa yrityksiä tunnistamaan kasvihuonekaasuihin liittyviä riskejä, vastuita ja kustannuksia sekä auttaa niiden hallinnassa. (25.)

Standardi koostuu kolmesta osasta:

1. ISO 14064-1: Tämä osa käsittelee kasvihuonekaasupäästöjen mittausta ja raportointia organisaatioiden tasolla. Se antaa ohjeita organisaation toiminnasta aiheutuvien kasvihuonekaasupäästöjen mittaamiseen ja raportointiin.
2. ISO 14064-2: Tämä osa keskittyy hankkeiden ja projektien kasvihuonekaasupäästöjen kvantifointiin. Siinä ohjeistetaan, miten kasvihuonekaasupäästöjä arvioidaan erilaisissa projekteissa, kuten infrastruktuurin rakentamisessa tai tuotteen elinkaaren aikana.
3. ISO 14064-3: Kolmas osa varmistaa päästötietojen tarkkuuden ja luotettavuuden. Siinä annetaan ohjeita ja periaatteita päästöjen vahvistamiseen ja varmentamiseen. (25.)

#### **2.3.4 PAS 2050 -standardi**

PAS 2050 -standardi keskittyy tuotteiden ympäristövaikutusten arviointiin koko niiden elinkaaren ajan, erityisesti keskittyen hiilijalanjälkeen. Se tarjoaa menetelmiä näiden vaikutusten arviointiin ja raportointiin. Standardi avustaa yrityksiä mittaamaan ja ymmärtämään tuotteidensa ympäristövaikutuksia eri vaiheissa, kuten raaka-aineiden hankinnassa, valmistuksessa, kuljetuksessa, käytössä ja hävittämisessä. Tämä auttaa yrityksiä vähentämään hiilijalanjälkeään tekemällä kestävämpiä valintoja ja parantamaan tuotteidensa ympäristösuoritusta. (26.)

PAS 2050 pyrkii lisäämään läpinäkyvyyttä tarjoamalla kuluttajille tietoa tuotteiden ympäristövaikutuksista. Tämä lisää kuluttajien tietoisuutta, mikä puolestaan auttaa heitä tekemään ympäristön kannalta kestäviä valintoja. Kuluttajien kasvava tietoisuus kannustaa myös yrityksiä vähentämään tuotteidensa hiilijalanjälkeä. (26.)

#### **2.4 Päästökertoimet ja hiilidioksidiekvivalentti**

Päästökertoimet ovat keskeisessä roolissa hiilijalanjäljen laskennassa, sillä ne määrittelevät tiettyjen toimintojen tai asioiden aiheuttamien päästöjen määrän. Päästökertoimissa mittayksikkö on hiilidioksidiekvivalentti (CO<sub>2</sub> ekv.), joka ilmaisee grammoissa tai kilogrammoissa sen, kuinka paljon tietyt toiminnot, tuotteet tai palvelut tuottavat kasvihuonekaasupäästöjä. Tämä mittayksikkö ottaa huomioon kaikki tuotetut kasvihuonekaasut ja kuvastaa niiden ilmastovaikutusta. Kasvihuonekaa-

suojen päästöt muunnetaan CO<sub>2</sub> ekv. -arvoiksi, jotka perustuvat niiden lämpenemispotentiaaliin suhteessa hiilidioksidiin. Jokaisella kasvihuonekaasulla on oma ilmaston lämpenemispotentiaalinsa (GWP eli Global Warming Potential), joka kuvaa niiden kykyä aiheuttaa ilmaston lämpenemistä tietyin ajanjakson kuluessa. (27.)

Taulukossa 1 esitetään eri kasvihuonekaasujen lämpenemispotentiaalit suhteessa hiilidioksidiin. Fluoratut kasvihuonekaasut, lyhyesti F-kaasut, ovat erityisen voimakkaita kasvihuonekaasuja, joihin kuuluvat esimerkiksi rikkiheksafluoridi, typpitrifluoridi sekä PFC- ja HFC-yhdisteet. Nämä kaasut ovat peräisin muun muassa kylmä- ja ilmastointilaitteista, jotka ovat merkittävä päästölähde niille. (28.)

TAULUKKO 1. Kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaalit (29)

<b>Kasvihuonekaasujen lämmityspotentiaaliarvot, GWP</b>	
Hiilidioksidi <b>CO<sub>2</sub></b>	<b>1</b>
Metaani <b>CH<sub>4</sub></b>	<b>28</b>
Dityppioksidi <b>N<sub>2</sub>O</b>	<b>265</b>
Rikkiheksafluoridi <b>SF<sub>6</sub></b>	<b>23,500</b>
Typpitrifluoridi <b>NF<sub>3</sub></b>	<b>16,100</b>
Fluorihiiilivedyt <b>HFC<sub>s</sub></b>	<b>4–12,400</b>
Perfluorihiiilivedyt <b>PFC<sub>s</sub></b>	<b>6,630–11,100</b>
Kloorifluorivedyt <b>CFC<sub>s</sub></b>	<b>4,660–13,900</b>

Maatalous aiheuttaa myös erilaisia kasvihuonekaasuja, kuten metaania, joka syntyy kotieläinten ruoansulatuksesta. Lisäksi maatalouden toiminnoista, kuten lannankäsittelystä, maaperästä ja kulutuksesta, aiheutuu dityppioksidia. Näiden kahden merkittävän kasvihuonekaasun lisäksi maatalouteen liittyy polttoaineiden käytöstä aiheutuvat päästöt. (28.)

### 3 HIILIJALANJÄLJEN LASKEMINEN CAMTRONIC OY: LLE

Camtronic Oy oli kiinnostunut selvittämään hiilijalanjälkensä ja kehittämään laskentaa tuotekoh-  
taiseksi. Tavoitteena oli:

- parantaa yrityksen henkilöstön tietoisuutta hiilijalanjäljestä
- hahmottaa päästöjen jakaantuminen eri osa-alueisiin
- tunnistaa merkittävimmät päästöjen aiheuttajat
- löytää tarkimmat päästökertoimet
- laskea yrityksen kokonaishiilijalanjälki.

Tuotekohtaisen hiilijalanjäljen määrittäminen voi vastata asiakkaiden vaatimuksiin, edistää yrityk-  
sen mainetta kestävän kehityksen edelläkävijänä ja tarjota kilpailuetua tarjouskilpailussa. Tämä oli  
myös arvokas tilaisuus sekä minulle että yrityksen henkilöstölle oppia aiheesta ja saada ymmär-  
rystä siitä, mistä päästöt muodostuvat.

#### 3.1 Tutkimustyön kulku

Hiilijalanjäkilaskennan aloittaminen edellytti perusteellista perehtymistä aiheeseen ja tarvittavan  
tiedon hankkimista yritykselle. Projektin alussa minulla tai yrityksellä ei ollut valmiita ratkaisuja, jo-  
ten täytyi aloittaa tutustuminen hiilijalanjäljen määrittämiseen perusteista. Mitä laajempi käsitys saa-  
tiin hiilijalanjäljen määrittämisestä, sitä selkeämmin tunnistettiin oikeat toimenpiteet ja säädökset  
toimeksiantajayritykselle. Yksittäisen tuotteen hiilijalanjäljen laskeminen oli yksi vaihtoehdoista,  
mutta yrityksen kokonaishiilijalanjäkilaskenta koettiin tehokkaammaksi ja arvokkaammaksi toimin-  
tataavaksi. Työssä painotettiin tiedonkeruun perusteellisuutta, mikä helpottaisi kehitystyötä tulevai-  
suudessa. Tämä antaisi yritykselle mahdollisuuden harkita eri vaihtoehtoja.

Standardeista etsittiin laajasti tietoa, jotta niitä pystyttiin vertailemaan keskenään. Valitun standar-  
din mukaan pystyttiin rakentamaan laskennan suunnitelmaa ja päättämään, mitä tietoja tulisi ke-  
rätä. Kun standardi päätettiin, täytyi aloittaa laskettavan alueen rajaaminen sen mukaan. Päästö-  
kategorioiden rajauksen jälkeen tulisi löytää mahdollisimman tarkat päästökertoimet, jonka jälkeen  
hiilijalanjäkilaskenta suoritetaan. Projektista toivottiin myös laskentatyökalua, jolla voi selvittää eri

päästökategorioiden osuudet yrityksen hiilijalanjäljessä. Sen avulla voi vertailla vaihtoehtoja hiilijalanjäljen pienentämiseksi ja kehittää sitä ottamalla mukaan useampia päästökategorioita tai tarkentaa päästökertoimia.

### 3.1.1 Standardin valitseminen laskentaan

Laskennan suorittamiseksi tarvittiin standardi, joka toimi ohjeena raportoinnille ja laskennan laajuuden määrittämiselle. Tiedonkeruun jälkeen vertailtiin standardeja, jotka koskivat kasvihuonekaasupäästöjen laskemista ja raportoimista yrityksessä. Vertailuun valittiin kolme eri raportointistandardia: GHG-protokolla, ISO 14064 ja PAS 2050.

Laskenta päädyttiin suorittaa GHG-protokollan mukaisesti. Standardin valinnan perusteena oli sen laaja ja kattava hyväksyntä, mikä mahdollistaa vertailukelpoisuuden. Se on kehitetty yli 20 vuotta sitten ja muodostaa globaalisti vakiintuneen mallin kasvihuonekaasujen mittaamiseen ja hallintaan toimintojen ja tuotteiden tasolla. Sen ohjeistukset ovat relevantteja niin yksityisellä kuin julkisellakin sektorilla. Lisäksi EU:n direktiivin standardit perustuvat GHG-protokollaan, mikä vahvisti päätöksen ohjeistuksesta.

GHG-protokollan osa-alueet (kuva 3):

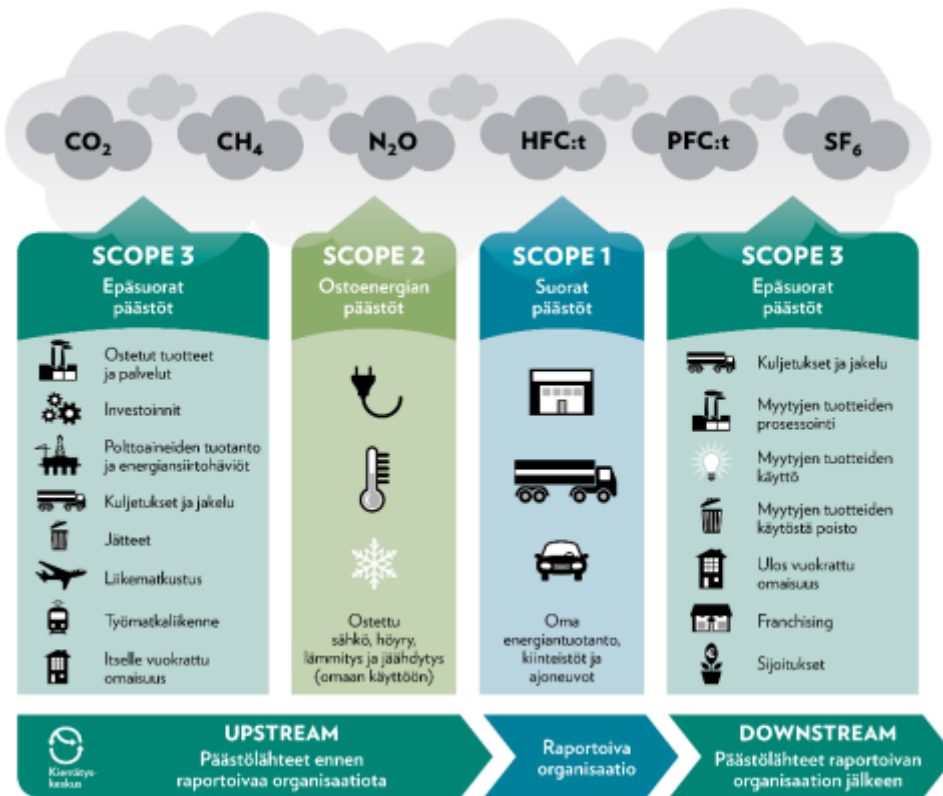
- Scope 1 -osioon kuuluvat organisaation suorat päästöt, kuten prosessipäästöt, oma energiantuotanto, polttoaineen kulutus sekä hajapäästöt. Hajapäästöt ovat esimerkiksi putkitai laitevuotoja, jotka voidaan välttää huolloilla ja laitteiden kunnossapidolla. (30.) Tämän osion muistisääntönä voidaan pitää, että monet tähän kuuluvat ovat ”palavia” (31).
- Scope 2 -osio kattaa välilliset päästöt, jotka ovat hankittu sähkö, höyry, lämpö ja jäähdytys. Nämä päästöt ovat seurausta yrityksen toiminnasta, mutta tapahtuvat toisen yrityksen omistamista tai määräysvallassa olevista lähteistä. (30.) Kaikki Scope 2:een kuuluvat päästöt ovat ”ostettavia”, joka voi helpottaa muistamaan sen sisällön (31).
- Scope 3 -osio on laajempi ja käsittää epäsuorat päästöt. Se jaetaan kahteen eri ryhmään: ylävirtaan (upstream) ja alavirtaan (downstream). Näistä kahdesta ryhmästä muodostuu yhteensä 15 eri päästökategoriaa tutkittavaksi. Ylävirralla tarkoitetaan tehtaan sisällä tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvia päästöjä, kun taas alavirralla otetaan huomioon toiminnan jälkeiset vaikutukset, kuten kuljetus, käyttö ja loppukäsittely.

Scope 3 -osion ylävirran laskettavat:

- ostettu tuote tai palvelu
- käyttöomaisuus
- polttoaineisiin ja energiaan liittyvät toiminnot, joita ei ole huomioitu Scopeissa 1 tai 2
- ylävirran kuljetus ja jakelu
- toiminnasta syntyvien jätteiden käsittely
- liikematkat
- henkilöstön työmatkat
- ylävirran vuokrattu omaisuus.

Alavirtaan kuuluvat taas yrityksen:

- alavirran kuljetus ja jakelu
- myytyjen tuotteiden käsittely
- myytyjen tuotteiden käytöstä aiheutuvat päästöt
- myytyjen tuotteiden loppukäsittelystä aiheutuvat päästöt
- alavirran vuokrattu omaisuus
- Franchise-liiketoiminta
- sijoitustoiminnan päästöt.



KUVA 3. Organisaatioiden päästölähteiden jako kolmeen eri Scopeen GHG-protokollan mukaan (32).

Scopet 1 ja 2 on määritelty laskennassa yrityksille pakollisiksi raportoida, kun taas Scope 3 on vapaaehtoinen. Kolmas osa-alue on kuitenkin erittäin laaja, ja siinä on useita laskettavia päästökategorioita, jotka voivat aiheuttavaa merkittäviä päästöjä yrityksen toiminnassa. Näiden päästökategorioiden kartoittaminen ja niiden mukaan ottaminen hiilijalanjälkilaskuihin on erittäin suositeltavaa.

### 3.1.2 Laskennan laajuuden rajaaminen

Laskennassa käytettiin cradle-to-gate -lähestymistapaa, joka tarkoitti, että rajaukseen tulisi ottaa kaikki päästökategoriat ennen tuotteiden toimitusta. Nämä ovat päästöt materiaalien hankinnasta, käsittelystä, tuotteiden valmistuksesta ja niiden kuljetuksesta aiheutuvat päästöt (kuva 4). Toinen vaihtoehto on cradle-to-gave, jossa otetaan huomioon aiempien lisäksi myös tuotteiden käytöstä ja kierrätyksestä aiheutuvat päästöt.



KUVA 4 Tuotteiden elinkaari kasvihuonekaasupäästöjen näkökulmasta (33).

Päästökategorioiden valinta aloitettiin Scope 1 ja 2 -osioista, koska ne ovat pakollisia laskennassa. Koska yrityksellä ei ollut omaa energiantuotantoa, tämä päästökategoria voitiin rajata laskennasta pois ensimmäisenä. Tähän osioon olisivat kuuluneet myös hajapäästöt eli kaikki putki-, tiiviste- tai letkuvuodot. Näitä ei otettu huomioon laskennassa, sillä oletettiin niiden aiheuttamien päästöjen olevan vähäisiä. Camtronicilla ei myöskään ollut muita omia ajoneuvoja kuin trukki, joten vuosittaiseen kulutukseen sisältyi vain trukin käytöstä aiheutuvat päästöt. Scope 2 -osioon sisältyivät ostetut resurssit, kuten sähkö, lämmitys ja jäähdytys, jossa jäähdytys sisällytettiin sähkönkulutukseen.

Yhden suurimmista päästölähteistä laskennassa oletetaan muodostuvan materiaaleista. Sen vuoksi oli tärkeää selvittää kaikille yrityksessä työstettäville materiaaleille tarkat päästökertoimet. Suurien materiaalihankintojen rinnalla syntyy paljon kierrätettävää materiaalia, joten laskentaan rajattiin jätteiden käsittelystä aiheutuneet päästöt.

Liikematkustamisesta oli jo kerätty tietoja, joten se oli hyvä sisällyttää laskentaan. Koska tiedetään myös, että yrityksen henkilöstö kulkee töihin laajalta alueelta, laskentaan huomioitiin työmatkajoista aiheutuneet päästöt. Tämä vaati kuitenkin taustatutkimusta, jotta saadaan tarpeeksi tietoa henkilöstön työmatkojen pituudesta ja ajoneuvoista.

Laskennasta jätettiin pois monia eri päästökategorioita, sillä ei ollut valmiiksi kerättyä dataa eikä tiedonkeruuseen olisi ollut riittävästi aikaa. Rajaus tehtiin mahdollisimman kattavasti, jotta kaikki tärkeät ja arviolta mittavat päästökategoriat tulisivat tässä laskennassa huomioon.

### **3.1.3 Päästökertoimiin vaikuttavat asiat ja haasteet laskennassa**

Oikean päästökertoimen määrittäminen vaikuttaa lopulliseen tulokseen merkittävästi, sillä se on monien eri tekijöiden summa. Parhaimmassa tapauksessa yritys saa toimijalta ennalta lasketun päästökertoimen. Tällöin se perustuu suoraan kyseisen toimijan omiin prosesseihin, päästöihin ja mittauksiin. Yritys saa tarkimman päästökertoimen, kun se perustuu toimijan omiin tietoihin ja mittauksiin ilman välissä olevia arvioita, olettamuksia tai keskiarvoja.

Päästökertoimia kerättiin kullekin päästökategorialle monista eri lähteistä. Jos päästökategorialle ei löytynyt suoraa päästökerrointa toimijalta, tuli löytää yrityksen laskettavaa kohdetta kuvastava päästökerroin. Asiantuntijaorganisaatioiden määrittämiin päästökertoimiin pystyi luottamaan varmemmin. Niitä myös vertailtiin ja etsittiin muista laskentatyökaluista.

Materiaalien päästökertoimet vaativat eniten tarkkuutta, sillä ne muodostivat suurimman päästökategorian. Maantieteellinen sijainti raaka-aineiden louhinnassa ja materiaalien valmistuksessa sekä niihin käytettävät menetelmät tuovat merkittäviä eroja päästökertoimiin. Kuva 5 osoittaa, miten merkittävästi maantieteellinen sijainti voi vaikuttaa materiaalin päästökertoimeen. Päästökertoimia vertaillessa pystytään varmentamaan niiden tarkkuus ja valitsemaan sopivin yrityksen päästökategorioihin.



- 3.2.1 Omien ajoneuvojen käytöstä aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**
- 3.2.2 Ostetun sähkön ja lämmön kulutuksesta aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**
- 3.2.3 Materiaaleista aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**
- 3.2.4 Jätteiden käsittelystä aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**
- 3.2.5 Liikematkustamisesta aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**
- 3.2.6 Henkilöstön työmatka-ajoista aiheutuvat päästöt (Luottamuksellinen)**

## 4 HIILIJALANJÄLKILASKENNAN TULOSTEN TARKASTELU

Tuloksissa esitellään Camtronic Oy:n kokonaishiilijalanjälki ja sen jakautuminen päästökategorioihin, sekä tarkastellaan tulosten luotettavuutta. Yrityksen hiilijalanjälki on myös suhteutettu työntekijämäärään ja liikevaihtoon. Tämän avulla on helpompaa vertailla edellisiin vuosiin, mikäli liikevaihto eroaa vuosien välillä. Tulosten ja vertailujen avulla voidaan saada todenmukaisempia näkemyksiä. Lisäksi tuloksissa vastataan tutkimuskysymyksiin, kuten mikä on Camtronic Oy:n hiilijalanjälki ja kuinka saadaan mahdollisimman luotettava hiilijalanjäljen laskentatulostulos. Kolmas ja neljäs tutkimuskysymys käsitellään pohdintaosiossa, jossa niiden analyttisempi luonne otetaan huomioon.

### 4.1 Camtronic Oy:n hiilijalanjälki ja sen jakautuminen päästökategorioihin

Tutkimustyön perusteella Camtronic Oy:n hiilijalanjälki rajatuilla päästökategorioilla on 693,5 t CO<sub>2</sub>ekv. (kuva 6). Liikevaihtoon suhteutettuna hiilijalanjälki on 112,2 t CO<sub>2</sub>ekv./milj.€. Vertaamalla hiilijalanjälkeä yrityksen työntekijöiden määrään saadaan tulos 14 t CO<sub>2</sub>ekv./työntekijä. Camtronic Oy:n hiilijalanjälki vastaa Sitran mukaan 72 suomalaisen keskimääräisiä vuosittaisia päästöjä. Laskennan tulos saatiin tutkimuksen ohella kehitetyllä laskentatyökalulla, joka jää yrityksen käyttöön.

Vuotuinen hiilijalanjälki koostuu alla olevista kokonaisuuksista	Scope	kg CO <sub>2</sub> ekv	
Omien ajoneuvojen käytöstä aiheutuvat päästöt	1	765,60	kg CO <sub>2</sub> ekv
Sähkönkulutuksen aiheuttamat suorat päästöt	2	216 004,97	kg CO <sub>2</sub> ekv
Fossiilisen lämpöenergian kulutuksen aiheuttamat päästöt	2	9 021,67	kg CO <sub>2</sub> ekv
Sähkönkulutuksen aiheuttamat epäsuorat päästöt	3	8 329,25	kg CO <sub>2</sub> ekv
Materiaaleista aiheutuvat päästöt (ei huomioitu kuljetuksia)	3	366 664,19	kg CO <sub>2</sub> ekv
Jätteiden käsittelystä aiheutuvat päästöt	3	27 877,33	kg CO <sub>2</sub> ekv
Liikematkustamisesta aiheutuvat päästöt	3	7 228,96	kg CO <sub>2</sub> ekv
Työmatka ajoista aiheutuvat päästöt	3	58 351,79	kg CO <sub>2</sub> ekv
<b>Hiilijalanjälki kokonaisuudessaan</b>		<b>693 478,2</b>	<b>kg CO<sub>2</sub>ekv</b>

KUVA 6. Päästöjen jakautuminen yrityksessä rajattuihin päästökategorioihin.

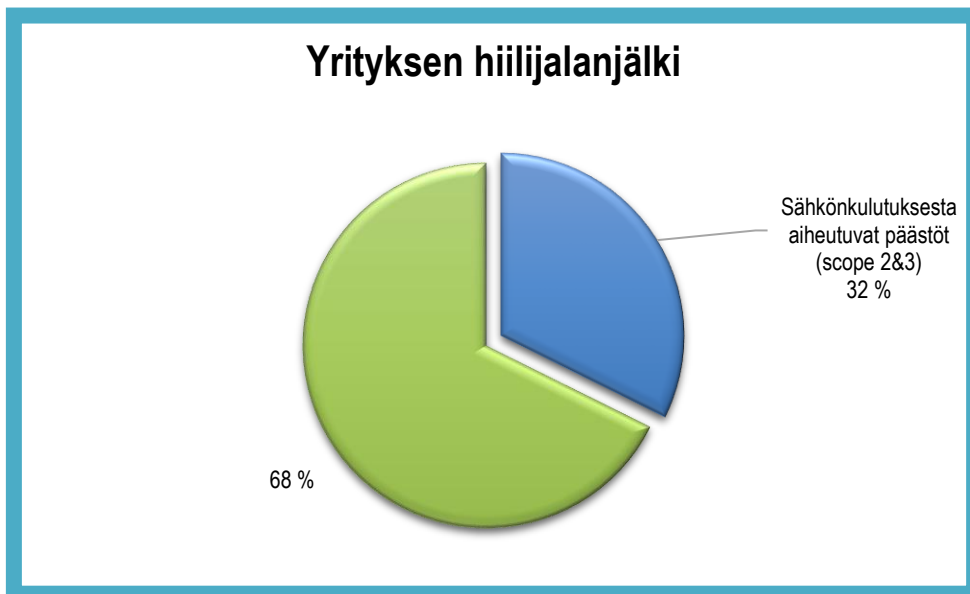
#### 4.1.1 Scope 1: yrityksen suorat päästöt

Scope 1 -päästöt sisältävät yrityksen omien ajoneuvojen aiheuttamat päästöt, sillä yrityksellä ei ole energiantuotantoa omassa kiinteistössään. Yrityksellä on omistuksessa yksi dieseltrukki tavaroiden

siirtelyyn, purkamiseen ja lastamiseen. Sen käytöstä aiheutuvat päästöt ovat 765,6 kg CO<sub>2</sub>ekv. vuodessa. Tämä vastaa 0,1 % yrityksen kokonaisesta hiilijalanjäljestä.

#### 4.1.2 Scope 2: yrityksen ostoenergian päästöt

Lähes kolmasosa yrityksen hiilijalanjäljestä sisältyy Scope 2:een, johon kuuluvat kaikki epäsuorat päästöt, eli ostettu sähkö, lämmitys ja jäähdytys. Jäähdytys sisällytettiin sähkönkulutukseen. Sähkönkulutus muodosti toiseksi suurimman päästökategorian ja sen osuus oli 96 % Scope 2:n päästöistä. Tähän huomioitiin vain sähkönkulutuksen suorat päästöt, jotka olivat 216 t CO<sub>2</sub>ekv. vuodessa. Kuvassa 7 havainnollistetaan, kuinka suuri osa yrityksen toiminnan päästöistä johtuu sähkökäytöstä. Tähän kuvan laskelmaan laskettiin mukaan myös sähkön käytön epäsuorat päästöt, jotka luokitellaan Scope 3 -osioon



KUVA 7. Sähkönkulutuksen aiheuttamien päästöjen osuus yrityksen hiilijalanjäljestä.

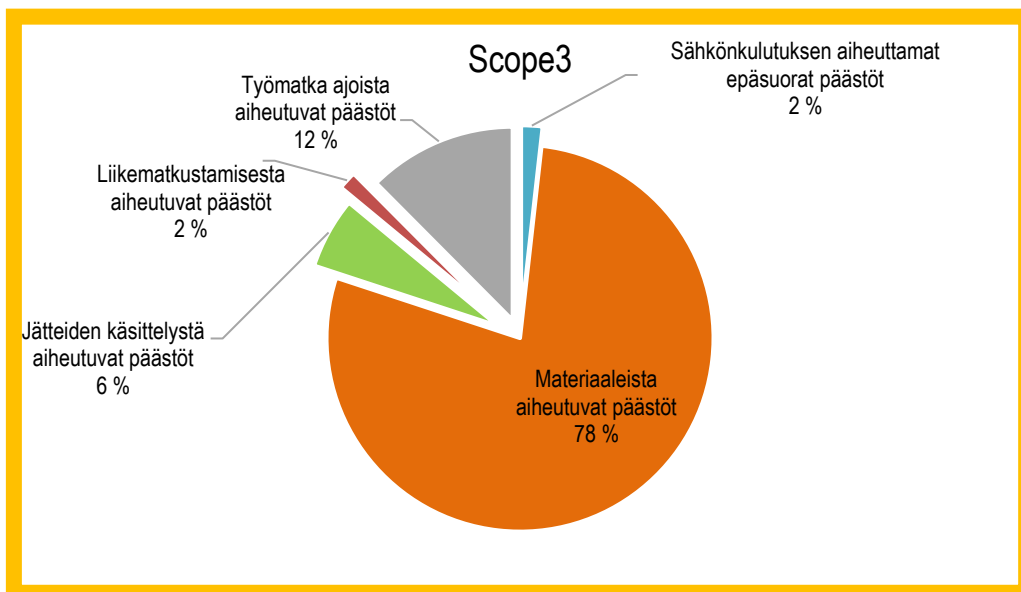
Yrityksellä on käytössä yleissähköä, joka tuotetaan 55,5-prosenttisesti fossiilisilla energialähteillä. Tämä selittää suhteellisen korkean päästökertoimen, mikä aiheuttaa mittavan määrän hiilidioksidipäästöjä sähköllä toimivien työstökoneiden käytön vuoksi. Suuri päästö määrä oli odotettavissa tälle päästökategorialle, sillä toimeksiantajayrityksen liiketoiminta edellyttää lähes jokaisessa vaiheessa sähkön käyttöä. Jos sähköntuottajan uusiutuvien energialähteiden osuus olisi suurempi yleissähkössä, toimeksiantajayrityksen suorien päästöjen määrä olisi merkittävästi pienempi. Tämä puolestaan lisäisi sähkönkulutuksen epäsuoria päästöjä ja sähkön kustannuksia. Lämmitysmuotona

toimi kaukolämpö, jonka päästöt olivat 9 t CO<sub>2</sub>ekv. Yhteensä Scope 2 -päästöt vastasivat 33 % yrityksen päästöistä.

#### 4.1.3 Scope 3: yrityksen epäsuorat päästöt

Peräti 67,5 % yrityksen päästöistä kuului Scope 3:een. Se muodosti sekä päästökategorioiden että päästöjen osalta suurimman osion. Laskenta rajattiin Scope 3:n viiteen päästökategoriaan. Yhteensä Scope 3:ssa on viisitoista kategoriaa (kuva 8). Osa päästökategorioista jätettiin pois niiden osoittautuessa liian haastaviksi lyhyessä ajassa tai niiden arvioitiin olevan vähäisiä kokonaiskuvassa. Näihin rajattuihin päästökategorioihin kuuluivat:

- sähkönkulutuksen aiheuttamat epäsuorat päästöt
- materiaaleista aiheutuvat päästöt
- jätteiden käsittelystä aiheutuvat päästöt
- liikematkustamisesta aiheutuvat päästöt
- työmatka-ajoista aiheutuvat päästöt.



KUVA 8. Yrityksen Scope 3 päästöt päästökategorioihin jaettuna.

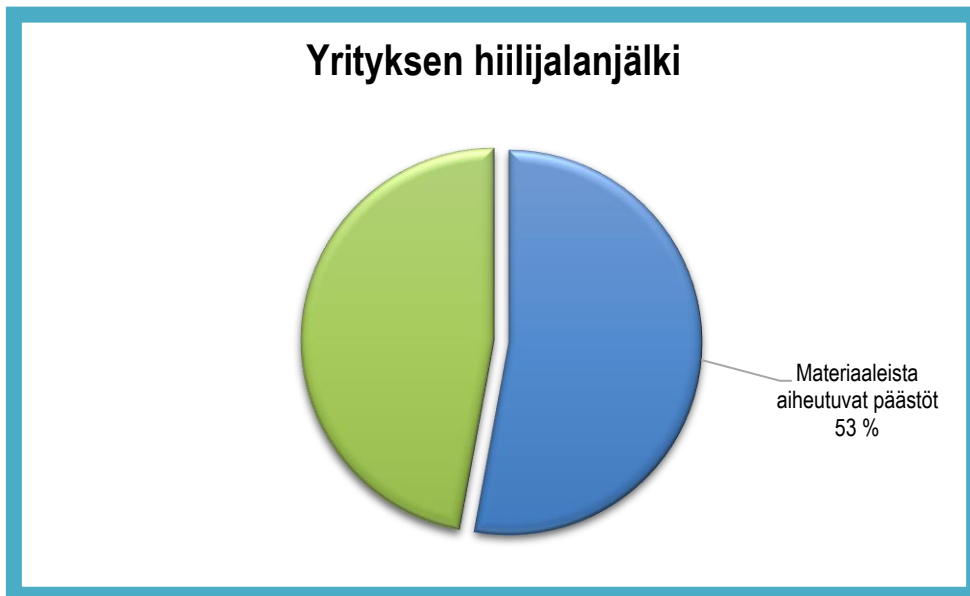
#### Sähkönkulutuksen epäsuorat päästöt

Sähkönkulutuksen epäsuorat päästöt otettiin huomioon laskennassa ja ne käsittävät sähkön tuotantolaitosten ja voimaloiden rakentamisesta, käytöstä ja loppukäsittelystä aiheutuvia päästöjä.

Näissä huomioitiin laitteiden elinikä ja tuotannon odote. Laskennassa käytettiin sähkönkulutuksen epäsuorien päästökertoimien mediaaniarvoja sekä otettiin huomioon sähköntuotannon uusiutuvan energian tuotantotapa. Toimeksiantajayrityksen tapauksessa tämä tarkoitti vesivoimaa. Sähkönkulutuksen epäsuoria päästöjä kertyi 8,3 t CO<sub>2</sub>ekv.

### **Materiaalien päästöt**

Toimeksiantajayrityksen työstettävä materiaali keskittyy suurelta osin alumiiniin, mutta koneistuksessa käytetään myös merkittäviä määriä terästä sekä jonkin verran muovia ja messinkiä. Alumiini muodostaa suurimman päästökategorian laskennassa ja sen aiheuttamat päästöt ovat lähes puolet yrityksen kokonaishiilijalanjäljestä, 299,9 t CO<sub>2</sub>ekv. Kuvassa 9 oleva diagrammi havainnollistaa materiaalien aiheuttamien päästöjen osuuden kokonaishiilijalanjäljestä.



*KUVA 9. Materiaalien hankinnasta aiheutuvien päästöjen osuus yrityksen hiilijalanjäljestä.*

Toimeksiantajayritys koneistaa ja sorvaa huomattavan paljon terästä, mutta sen päästöjen osuus on kuitenkin vain noin kymmenesosa alumiinin päästöistä. Terästuotteiden valmistuksen aiheuttamat päästöt olivat 29,9 t CO<sub>2</sub>ekv., mikä tekee siitä toiseksi suurimman päästölähteen materiaalien joukossa. Punametalleista laskentaan otettiin mukaan messinki, koska sitä käytetään toimeksiantajayrityksessä paljon komponenttien ja pienten osien valmistukseen. Tarkasteluvuonna messingistä aiheutui päästöjä 1,1 t CO<sub>2</sub>ekv. Leikkuuneste ja öljy otettiin mukaan laskentaan, koska niitä käytetään laajasti metallien työstössä. Öljyn aiheuttamat päästöt olivat 2,2 t CO<sub>2</sub>ekv. ja leikkuunesteen päästöt olivat 5,6 t CO<sub>2</sub>ekv.

Muovin osuus päästöistä oli myös merkittävä, vaikka materiaalia hankittiin huomattavasti vähemmän kuin terästä. Muovista kertyi päästöjä 28,2 t CO<sub>2</sub>ekv. Yrityksessä käytettävän POM-muovin päästökerrointa oli vaikea löytää, jonka vuoksi päätettiin valita toinen muovi, jolla on samanlaiset ominaisuudet.

### **Jätteiden käsittelyn päästöt**

Jätteiden käsittelyssä otettiin huomioon jätteiden kierrätyksestä, hävittämisestä tai loppusijoituksesta aiheutuvat päästöt. Yrityksessä käsiteltävät kierrätettävät jätteet käsittävät kartongin, pahvin, paperin ja metallit. Lisäksi yrityksessä syntyy energia-, ongelma- ja sekajätettä, jotka päätyvät käsiteltäväksi, polttoon tai kaatopaikalle sijoitettavaksi.

Metallinkierrätyksestä aiheutui päästöjä 1566 kg CO<sub>2</sub>ekv. Kaikki metallit päätettiin käsitellä laskennassa yhtenä kokonaisuutena, sillä yksittäisten päästökertoimien löytäminen oli liian haastavaa ja aikaa vievää. Yritys kierrättää mahdollisimman paljon koneistuksessa irtoavasta metallilastusta briquetteinä, mikä tehostaa metallin kierrätystä ja helpottaa sen kuljetusta.

Ongelmajätteet aiheuttivat suurimman osan yrityksen jätteiden käsittelystä aiheutuneista päästöistä. Leikkuunesteestä aiheutui yhteensä 13,7 t CO<sub>2</sub>ekv., kun taas kaatopaikalle sijoitettavan sekajätteen aiheuttamat päästöt olivat 11,1 t CO<sub>2</sub>ekv. Nämä kaksi muodostavat yhdessä peräti 89 % kaikista jätteiden käsittelystä aiheutuneista päästöistä.

### **Liikematkustamisen päästöt**

Yrityksen liikematkustamisen aiheuttamat päästöt koostuivat henkilöautojen käytöstä. Tarkasteluvuodelta saatiin tarkat tiedot ajettujen kilometrien määrästä ja käytössä olleista autoista, mikä helpotti päästökategorian laskemista. Kyseisenä vuonna liikematkustamisesta aiheutui päästöjä 7,2 t CO<sub>2</sub>ekv.

## Työmatka-ajon päästöt

Työmatkoista aiheutuvien päästöjen huomioiminen laskennassa on tärkeää, sillä se vaikuttaa sekä työntekijöiden että yrityksen päästöjen määrään. Työntekijöiden työmatka-ajoista aiheutui yhteensä 26,7 t CO<sub>2</sub>ekv. Osa työntekijöistä tulee naapuripaikkakunnilta ja jotkut heistä hyödyntävät yhteiskyytejä, mikä vähentää sekä yrityksen hiilijalanjälkeä että työntekijöiden työmatkakustannuksia.

## 4.2 Yrityksen hiilijalanjäljen vertailu eri laskentatyökaluilla

Vertailua muiden laskentatyökalujen tuloksiin oli haastavaa suorittaa suoraan, sillä muut laskentatyökalut eivät ottaneet huomioon yhtä laajaa valikoimaa päästökategorioita. Erityisesti materiaalien hankinnasta aiheutuvat päästöt jäivät puuttumaan molemmista vertailuun valikoiduista työkaluista, mikä on harmillista, sillä 85 % Camtronic Oy:n päästöistä muodostui ostoenergiasta ja materiaaleista. Vertailu suoritettiin huomioiden vain ostoenergiasta, jätteiden käsittelystä ja liikematkustamisesta aiheutuvat päästöt. Näistä kolmesta päästökategoriasta muodostui yritykselle kehitetyllä laskentatyökalulla yhteensä 260,1 t CO<sub>2</sub>ekv., jota verrattiin Y-Hiilarin ja Hiilifiksu-järjestön tuloksiin.

Yrityksen laskentatyökaluun määritetty tarkka sähkön kulutuksen päästökertoimen alkuperä ja jakauma tuo luotettavuutta tähän päästökategorian tulokseen. Y-HIILARI-työkalulla saatiin hiilijalanjäljeksi 271,2 t CO<sub>2</sub>ekv., kun taas Hiilifiksu-järjestön työkalulla saatiin 312,6 t CO<sub>2</sub>ekv. Hiilifiksu-järjestön työkalun itse ostetun sähkön osuus oli 260 t CO<sub>2</sub>ekv. Siinä oli mahdollisuus vaihtaa sähkön tyyppiä ”Osa vihreää sähköä”, mikä laski ostetun sähköenergian päästöt samalle tasolle yrityksen työkalun kanssa. Y-Hiilarissa ostoenergioiden osuus oli lähes sama kuin yrityksen laskentatyökalulla saadut päästöt. Ainoa ero oli sähkönkulutuksen epäsuorissa päästöissä, joiden päästökertoimien alkuperäjakaumaa voitiin määrittää tarkemmin yrityksen laskentatyökalussa. Siinä otettiin huomioon käytettyjen sähköntuotantomuotojen määrä ja uusiutuvien energioiden osuus, kun taas Hiilifiksu-työkalussa tätä ei huomioitu, minkä vuoksi sähkön päästöt olivat muita työkaluja korkeampia.

Yrityksen ja Y-Hiilarin laskentatyökaluilla jätteiden käsittelystä muodostuvat tulokset olivat hyvin lähellä toisiaan, kun taas Hiilifiksun työkalu antoi metallien kierrätyksen päästökertoimen vuoksi huomattavasti suuremman lopputuloksen. Yrityksessä kierrätetään useita metalleja ja osa niistä

briketöidään ennen kierrätystä. Briketöinnin avulla yritys saa puristettua kierrätettävät alumiinilastut tiiviisti, mikä vähentää jätteenkäsittelykustannuksia sekä jätteen kuljetuksien tarvetta. Lisäksi se voi vaatia vähemmän energiaa kierrätysprosessissa ja jatkojalostuksessa vähentäen siten ympäristövaikutuksia. Tarkemman päästölaskennan lopputuloksen saamiseksi olisi tärkeää määritellä eri metalleille kierrätyksen päästökertoimet sekä päästövähennyksiin luokiteltavat toimet, kuten briketöinti. Y-Hiilarissa oli mahdollista ottaa huomioon jätehuollon kuljetukset, mikä olisi hyvä lisä yrityksen työkaluun.

Liikematkustamisesta aiheutuvien päästöjen määrä oli kaikissa laskentatyökaluissa hyvin lähellä toisiaan. Yrityksen työkalussa voitiin laskea suoraan liikematkustamisessa käytettyjen ajoneuvojen käytön päästökertoimet, mikä antaa luotettavan tuloksen. Tämä mahdollistaa tarkemman arvion yrityksen kokonaispäästöistä ja auttaa tunnistamaan vähennysmahdollisuuksia.

## 5 POHDINTA

Pohdinnassa käydään läpi työn tavoitteita, tulosten luotettavuutta sekä hiilijalanjäljen laskennan ajankohtaisuutta. Lisäksi pohditaan, mitkä asiat olivat haastavia ja mihin asioihin tulisi jatkossa panostaa sekä mikä toi luotettavuutta laskentatulokseen. Tekstissä myös tarkastellaan, mikä motivoi konepajoja ja alihankintayrityksiä laskemaan päästönsä ja mikä oli toimeksiantajayrityksen motiivi hiilijalanjälkensä selvittämiseen.

### 5.1 Tutkimustyön tarkoitus ja hiilijalanjälkilaskennan ajankohtaisuus

Tutkimustyön tarkoituksena oli parantaa Camtronic Oy:n henkilöstön tietoisuutta hiilijalanjäljestä sekä sen raportoinnista ja laskennasta. Lisäksi tarkoituksena oli kehittää hiilijalanjälkilaskentatyökalu, jonka avulla suoritetaan yrityksen vuoden 2022 toiminnasta aiheutuneiden päästöjen laskenta. Tutkimuksen tueksi laadittiin alussa tutkimuskysymyksiä, joihin pyrittiin saamaan vastaukset:

1. Mikä on Camtronic Oy:n kokonaishiilijalanjälki?
2. Kuinka saavutetaan mahdollisimman luotettava hiilijalanjäljen laskentatulokset?
3. Mikä on ollut yrityksen motiivina sen päättäessä selvittää hiilijalanjälkensä?
4. Mikä saa konepajat ja alihankintayritykset laskemaan päästönsä ja kehittämään toimintaansa ilmastoystävällisemmäksi?

Hiilijalanjälkilaskenta on tällä hetkellä ajankohtainen aihe sekä ihmisten arjessa että yritysten toiminnassa, erityisesti EU:n laatimien vaatimusten vuoksi. Pk-yritykset, kuten konepajat, ovat hyötynneet valmistautumisesta laskentaan. Toimet edesauttavat tulevaisuudessa, kun laskenta ennen pitkään tulee vastaan velvoitteina tai tarjouskilpailun painostamana. Yrityksen toiminnan ympäristötietouden parantaminen nostattaa merkittävästi yrityksen mainetta, ja voi päästöjen vähennyksien ohessa myös tehostaa yrityksen toimintaa. Erityisesti koneistavalla toimialalla yritys erottuu selvästi kestävästä kehityksen edelläkävijänä.

Proaktiivinen lähestymistapa laskentaan säästää sekä rahaa että aikaa. Nopeat ratkaisut päästöjen vähentämiseksi tai laskennan suorittaminen hätäisesti voi johtaa vääristyneisiin lopputuloksiin ja

kustannuksien kasvuun. Päästöjen vähentäminen on kustannuksia aiheuttava vaihe yritysten ilmastotyössä, erityisesti jos aiheeseen ei ole perehdytty tai valmistauduttu. Tutkimustyön aikana kävi ilmi, kuinka yrityksen aikaisempi tiedonkeruu auttoi laskennan suorittamisessa, sillä yrityksen vuosia sitten hankkimista tiedoista saatiin laskentaan luotettava lähde. Tiedon keräämistä voidaan näin pitää avaimena organisaation kehittämisessä.

Suuria yrityksiä vaaditaan raportoimaan vuoden 2024 päästöt vuoden loppuun mennessä, mikä herättää niiden kiinnostuksen alihankintayrityksiensä hiilijalanjälkeä kohtaan. Tämä velvoittaa alihankintayrityksiä selvittämään asiakkailleen toimintansa aiheuttamat päästöt. Camtronic Oy:n kohdalla on käynyt näin ja heillä on konkreettinen tarve määritellä hiilijalanjälkensä.

Yrityksen panostaminen hiilijalanjäljen laskentaan ja päästöjen vähentämiseen voi tuoda useita merkittäviä hyötyjä. Vastuullisuuden ja ympäristötietoisuuden osoittaminen vahvistaa sidosryhmien, kuten asiakkaiden ja työntekijöiden, suhdetta. Se voi myös parantaa yrityksen mainetta ja tuoda positiivista näkyvyyttä markkinoilla vastuullisena sekä kestävän kehityksen toimijana. Tämä voi edistää kilpailukykyä nykypäivän markkinoilla, joilla ilmastotietoisuus ja kestävä kehitys ovat jo kilpailuetu.

Hiilijalanjäljen laskenta pakottaa yrityksen tarkastelemaan toimintaansa kokonaisuutena ja etsimään uusia, tehokkaampia toimintatapoja. Innovaatioiden ja tehokkuuden lisääntyminen pienentää päästöjä ja tuo samalla säästöjä kustannuksissa. Materiaalien valmistustyyli tai kierrätetyn materiaalin osuuden nostaminen voivat vaikuttaa merkittävästi lopulliseen hiilijalanjälkeen, kun materiaalinassoista puhutaan useina kymmeninä tonneina. Tuotesuunnittelussa voidaan pyrkiä vähentämään työstömääriä tai liittämistarpeita, mikä herättää luottamusta asiakkaissa.

## **5.2 Hiilijalanjälkilaskennan tuloksien luotettavuus**

Tutkimustyön aikana oli tärkeää varmistaa yrityksen hiilijalanjälkilaskennan mahdollisimman luotettava ja todenmukainen tulos. Tämä saavutettiin kattavalla tiedonkeruulla hiilijalanjäljestä ja monipuolisten päästökertoimien huolellisella vertailulla eri lähteistä. Erityistä painoarvoa annettiin päästökertoimien tarkkuudelle ja ajantasaisuudelle, sillä vanhojen tietojen käyttö olisi voinut vääristää lopputulosta.

Yrityksen suurimpien päästökategorioiden, kuten sähkönkulutuksen ja materiaalien, päästökertoimien määrittelyyn kiinnitin erityistä huomiota. Näiden päästökategorioiden päästökertoimien määrittäminen oli keskeinen vaihe luotettavan lopputuloksen varmistamisessa. On tärkeää huomata, että vanhojen päästökertoimien käyttö voi vääristää hiilijalanjälkeä. Esimerkiksi laskennassa käytettiin sähkönkulutuksen epäsuorien päästöjen päästökertoimia, jotka olivat yli 10 vuotta vanhoja. Päästökertoimien ikä ei ollut lopputuloksen kannalta kovinkaan merkittävä asia, sillä sen osuus jää alle prosenttiin yrityksen hiilijalanjäljestä. Tiedon keräämisen aikana havaitsin, että vanhojen päästökertoimien lukemat ovat olleet useasti korkeampia kuin uudempien. Voidaankin todeta, että uudempien päästökertoimien käyttö ei olisi nostanut päästöjä, pikemminkin laskenut.

Materiaalien päästökertoimia ei saatu toimittajilta, mikä lisäsi epävarmuutta laskentaan. Lisäksi materiaalmäärien tulkinta oli haasteellista, koska yritys toimii alihankkijana ja osa asiakkaista toimittaa tilauksen materiaalit. Tämän vuoksi yrityksellä ei ole usein valtaa vaikuttaa siihen, mistä materiaalit hankitaan ja millainen niiden hiilijalanjälki on. Jos yritys voisi vaikuttaa asiakkaiden materiaalien hankintaan, voitaisiin esimerkiksi muokata joitakin osia valmistamalla ne suoraan muotoon, mikä vähentäisi työstökustannuksia ja siten hiilijalanjälkeä. Laskennan luotettavuuteen vaikuttavat manuaalisesti syötettävät tiedot työkaluun, päästökertoimien ja kulutusmäärien muunnokset sekä laskentatyökalun kehittäminen itse. Luotettavuuden varmentamiseksi työkalu, kaavat ja muunnokset tulisi tarkistaa.

Laskennassa tehtiin tarkka ja mahdollisimman kattava laskettavan alueen rajausta, jolloin haastavat päästökategoriat jätettiin pois niiden oletetun vähäisen osuuden tai liian lyhyen seurantamahdollisuuden vuoksi. Näitä kategorioita rajattiin pois vielä laskennan aikana, sillä niiden tiedonkeruu oli vajaata tai niiden päästökertoimien luotettavuus oli epävarmaa. Vaikka laskentaan olisi hyvä ottaa mahdollisimman monta päästökategoriaa, on perusteltua ja järkevää jättää pois niitä, mihin ei ole kerätty tietoa tai löydetty luotettavia päästökertoimia. Luotettavimmat tulokset saatiin niistä päästökategorioista, joihin löydettiin luotettavia päästökertoimia joko tutkimuksista tai tuottajilta, ja joista yrityksellä oli tarkkaa tietoa kerättyinä tarkasteluvuodelta. Näiden huomioiden perusteella voidaan luottaa joihinkin päästökategorioihin varmasti, mutta osa niistä on vain suuntaa antavia.

## **6 KEHITYSEHDOTUKSET**

Hiilijalanjätkilaskennan tavoitteena on antaa yritykselle tapa näkyvästi osoittaa heidän sitoutumisenensa ilmastotyöhön. Laskennan avulla yritys voi analysoida päästöjensä jakautumista eri päästökategorioihin, mikä puolestaan mahdollistaa tehokkaiden päästövähennysstrategioiden kehittämisen. On kuitenkin olennaista varmistaa, että laskennan tulokset ovat tarkistettuja ja oikein, jotta suunnitellut päästöjen vähentämistoimenpiteet ovat perusteltuja ja tehokkaita.

- 6.1 Yksittäisen tuotteen hiilijalanjätkilaskenta ja päästövähennyskeinot (Luottamuksellinen)**
  
- 6.2 Hiilijalanjätkilaskennan rajauksien laajentaminen ja päästökertoimien luotettavuus (Luottamuksellinen)**

## LÄHTEET

1. Burea Veritas 2024. CSRD – Kestävyyseraportointi. Hakupäivä 9.4.2024. <https://www.bureau-veritas.fi/vastuullisuus/yritysvastuuraportointi/csr-d-yritysten-kestavyysraportointi-direktiivi>.
2. Karppinen, Riikka 2023. Kestävyyseraportoinnin uudet ESRS-standardit on julkaistu. Tofuture. Hakupäivä 9.4.2024. <https://tofuture.fi/uudet-esrs-standardit-julkaistu>.
3. Suomen Franchising-Yhdistys 2017. Franchisingkäsitteet. Franchising, mitä se on? Hakupäivä 9.4.2024. <https://franchising.fi/franchisingtietoa/franchising-mita-se-on/>.
4. Euroopan parlamentti 2023. Mitä hiilineutraalius tarkoittaa ja miten se saavutetaan 2050 mennessä. Hakupäivä 9.4.2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20190926STO62270/mita-hiilineutraalius-tarkoittaa-ja-miten-se-saavutetaan-2050-mennessa>.
5. Ilmatieteen laitos 2024. IPCC tukee ilmastopoliittista päätöksentekoa. Hakupäivä 9.4.2024. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli>.
6. Vaarala, Susanna 2017. Sisällönanalyysi. Tutkimusbloggaajat. Hakupäivä 9.4.2024. <https://tutkimusbloggaajat.blogspot.com/2017/02/sisallonanalyysi.html>.
7. Aikolon 2024. PET. Tekniset muovit. Hakupäivä 9.4.2024. <https://www.aikolon.fi/tuotteet/tek-niset-muovit/pet>.
8. Karose 2024. POM – Polyasetaaali. Hakupäivä 9.4.2024. <https://karose.fi/materiaalit/pom-poly-asetaaali/>.
9. Camtronic 2024. Palvelu henkilökohtaisesti, koneistustuotteet automatisoidusti. Hakupäivä 29.11.2023. <https://camtronic.net/camtronic-oy/>.
10. Camtronic 2024. Palvelut. Hakupäivä 29.11.2023. <https://camtronic.net/#palvelut>.

11. WWF 2024. Mistä ilmastonmuutos johtuu? Ilmastonmuutos. Hakupäivä 22.11.2023.  
<https://wwf.fi/uhat/ilmastonmuutos/>.
12. National Park Service 2020. What is Climate Change? Hakupäivä 15.03.2024.  
<https://home.nps.gov/goga/learn/nature/climate-change-causes.htm>.
13. Eurooppa-neuvosto 2024. Ilmastonmuutos: mitä EU tekee? Hakupäivä 11.01.2024.  
<https://www.consilium.europa.eu/fi/policies/climate-change/>.
14. Kempainen, Anna 2023. Mitä CSRD ja ESRS – raportoinnista tulee tietää? OpenCO2.net. Hakupäivä 15.01.2024. [https://www.openco2.net/fi/artikkelit/csrd-ja-esrs--mita-kestavyysraportoinnin-kirjainyhdistelmista?gad\\_source=1&qclid=CjwKCAiA44OtBhAOEi-wAj4gpOZ5V\\_6ANQExqiKisjNI4\\_k\\_5hjDpLaU49nkW93fCX5ad3agdTmnzDhoC8AY-QAvD\\_BwE](https://www.openco2.net/fi/artikkelit/csrd-ja-esrs--mita-kestavyysraportoinnin-kirjainyhdistelmista?gad_source=1&qclid=CjwKCAiA44OtBhAOEi-wAj4gpOZ5V_6ANQExqiKisjNI4_k_5hjDpLaU49nkW93fCX5ad3agdTmnzDhoC8AY-QAvD_BwE).
15. Tilastokeskus 2021. Suomalaisen kasvihuonekaasupäästöt laskivat vuonna 2019 – epäpuh-  
tauspäästöt pysyivät edellisvuoden tasolla. Hakupäivä 11.01.2024. [https://www.tilastokeskus.fi/til/tilma/2019/tilma\\_2019\\_2021-09-30\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.tilastokeskus.fi/til/tilma/2019/tilma_2019_2021-09-30_tie_001_fi.html).
16. Ympäristöministeriö 2015. Suomi hyväksyi Kioton pöytäkirjan toisen sitoumuskauden. Haku-  
päivä 17.4.2024. <https://ym.fi/-/suomi-hyvaksyi-kioton-poytakirjan-toisen-sitoumuskauden>.
17. Tilastokeskus 2024. Kioton pöytäkirja. Hakupäivä 15.01.2024.  
[https://www.stat.fi/meta/kas/kioton\\_poytakir.html](https://www.stat.fi/meta/kas/kioton_poytakir.html).
18. Euroopan parlamentti 2023. Kasvihuonekaasupäästöt EU:ssa ja maailmalla. Vuosittaiset kas-  
vihuonekaasupäästöt EU:ssa Hakupäivä 15.01.2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20180301STO98928/kasvihuonekaasupaastot-eu-ssa-ja-maailmalla-infografiikka>.
19. Ulkoministeriö 2024. Suomen ilmastoulkopolitiikka. Kansainväliset ilmastopöytäkirjat. Haku-  
päivä 15.01.2024. <https://um.fi/ilmastoulkopolitiikka#Kansainv%C3%A4liset%20ilmastopoytakirjat>.

20. Ilmastoapu 2024. Hiilijalanjäljen laskenta. Hakupäivä 19.01.2024. <https://www.ilmastoapu.fi/hiilijalanjaljen-laskenta>.
21. Ilmastokauppa 2024. Hiilijalanjälki. Hakupäivä 25.1.2024. <https://ilmastokauppa.com/hiilijalanjalki/>.
22. World Business Council for Sustainable Development & World Resource Institute 2004. The Greenhouse Gas Protocol. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Hakupäivä 13.10.2023. <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>.
23. World Business Council for Sustainable Development 2024. Our history. Hakupäivä 17.1.2024. <https://www.wbcsd.org/Overview/Our-history>.
24. World Resources Institute 2024. Our History: 40 Years of Impact. Hakupäivä 17.1.2024. <https://www.wri.org/about/history>.
25. SFS-EN ISO 14064-1:2019:en 2019. Greenhouse gases. Part 1: Specification with guidance at the organization level for quantification and reporting of greenhouse gas emissions and removals. Hakupäivä 30.11.2023. <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CENISO/ID2/1/743607.html.stx>. Vaatii lisenssin.
26. Safdie, Stephanie 2023. What is the PAS 2050 Standard? Hakupäivä 10.1.2024. <https://greenly.earth/en-us/blog/company-guide/what-is-the-pas-2050-standard>.
27. EPA 2024. Understanding Global Warming Potentials. Hakupäivä 26.1.2024. <https://www.epa.gov/ghgemissions/understanding-global-warming-potentials>.
28. Tilastokeskus 2022. Käsitteet ja määritelmät. 15.3.2024. <https://www.stat.fi/til/khki/kas.html>.
29. GreenHouse Gas Protocol 2024. Global Warming Potential Values s.3. Hakupäivä 15.3.2024. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29\\_1.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/ghgp/Global-Warming-Potential-Values%20%28Feb%2016%202016%29_1.pdf).

30. Ecobio 2023. Mitä tarkoittavat scope 1, 2 ja 3 – päästöt? Hakupäivä 17.1.2024. <https://ecobio.fi/mita-tarkoittavat-scope-1-2-ja-3-paastot/>.
31. Rade, Alyssa 2022. Webinar: how to calculate your carbon footprint, Sustain Life. YouTube-video. Hakupäivä 17.1.2024. <https://www.youtube.com/watch?v=cB7yYRdFNb8>.
32. Kierrätyskeskus 2022. Lennol Oy Hiilijalanjälki 2021. Hakupäivä 15.3.2024. [https://lennol.fi/wp-content/uploads/2022/05/Hiilijalanjalkiraportti\\_2021\\_Lennol\\_Oy.pdf](https://lennol.fi/wp-content/uploads/2022/05/Hiilijalanjalkiraportti_2021_Lennol_Oy.pdf).
33. Elkem 2024. Life cycle analysis. Hakupäivä 15.3.2024. <https://www.elkem.com/sustainability/sustainable-production/life-cycle-analysis/>.
34. Suomen ympäristökeskus 2021. Y-HIILARI. Excel-tiedosto. Hakupäivä 22.3.2024. <https://www.syke.fi/download/noname/%7B486D0D8F-1933-457E-8BFF-6EFEFB841CF6%7D/78425>.
35. de Berker, Archy 2022. Understand your aluminum emissions. Carbon Chain. Hakupäivä 22.1.2024. <https://www.carbonchain.com/blog/understand-your-aluminum-emissions>.