

Opinnäytetyö (AMK)

Energia- ja ympäristötekniikka

2022

Kaisa Jussila

SENSORITEKNOLOGIAAN PERUSTUVAN PALVELUN HIILIJALANJÄLKI

– BENETE OY

Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Energia- ja ympäristötekniikka

2022 | 41 sivua

Kaisa Jussila

Sensortechnologiaan perustuvan palvelun hiilijalanjälki – Benete Oy

Tässä opinnäytetyössä lasketaan Benete Oy:n *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun hiilijalanjälki ja selvitetään, voiko yritys tuottaa palvelulla hiilikädenjälkeä asiakasyrityksille ja miten selvityksen tuloksia voidaan käyttää palvelun markkinoinnissa. Yritykselle annetaan tietoa tarjoamansa palvelun ilmastovaikutuksista, niiden vaikuttavimmista tekijöistä ja ratkaisuista päästöjen vähentämiseksi.

Toimintakyvyn arviointi on sensortechnologiaa hyödyntävä palvelu, jonka tehtävänä on tukea hoiva-alan ammattilaisten työtä asiakkaiden toimintakyvyn seurannassa. Palvelussa käytetään erilaisia sensoreita, joiden elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt lasketaan käyttöönottovuoden ajalta yhtä käyttäjää kohti. Merkittävimmät päästöt syntyvät laitteiden tuotannosta ja näihin voidaan vaikuttaa esimerkiksi laitteiden käyttöikä pidentämällä ja valitsemalla ympäristöystävällisempiä materiaaleja. Työssä selvitettiin myös, onko palvelulla mahdollista vähentää asiakkaan päästöjä. Joidenkin resurssien käyttö saattaa vähentyä palvelun käytön seurauksena, mutta sitä ei ollut mahdollista todentaa tämän opinnäytetyön puitteissa. Hiilijalanjälkiviestinnästä annetaan ohjeita oikeanlaiseen viestintätapaan.

Asiasanat:

Digitalisaatio, hiilijalanjälki, hiilikädenjälki, sensortechnologia, viestintä

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Energy and Environmental Engineering

2022 | 41 pages

Kaisa Jussila

The carbon footprint of a sensor technology based service – Benete Ltd

The purpose of this thesis was to calculate the carbon footprint of Benete Ltd's *Toimintakyvyn arviointi* service and to find out if the company can produce a carbon handprint to its client companies and how this information can be used in marketing the service. The target was to provide information on the climate impacts of the service offered, the services most significant impacts, and what kind of solutions could be used to reduce the emissions.

Toimintakyvyn arviointi is a sensor technology based service, the aim of which is to support the work of professionals in health care services in monitoring their client's ability to function. The lifecycle emissions of the devices were calculated from data of the year of commissioning per one user. The most significant emissions were produced in the production phase. These emissions can be reduced by prolonging the lifecycle of the products and by choosing more environmentally friendly materials. The aim was also to found out if the service can be used to reduce the client's climate impact. The usage of some resources might be reduced while using the service, but this cannot be verified within the scope of this thesis. Instructions are given on how to correctly communicate about the carbon footprint calculations that are the outcome of this thesis.

Keywords:

Carbon footprint, carbon handprint, communication, digitalization, sensor technology

Sisältö

Käytetyt lyhenteet	7
1 Johdanto	8
2 Taustaa	10
2.1 ICT-alan ilmastovaikutukset	10
3 Hiilijalanjälki, hiilikädenjälki ja jalanjälkiviestintä	11
3.1 Elinkaari	12
3.2 Hiilijalanjälkilaskurin valinta	12
3.3 Arvioinnin vaiheet	13
3.3.1 Tavoitteet ja soveltamisala	13
3.3.2 Elinkaari-inventaarioanalyysi	14
3.3.3 Vaikutusarviointi	14
3.3.4 Tulosten tulkinta	15
3.4 Hiilikädenjälki	15
3.5 Viestintä	16
3.5.1 Hiilijalanjälkiviestintä	16
3.5.2 Sertifikaatit ja ympäristöjärjestelmät	18
4 Selvitysten toteutus	19
4.1 Tavoitteet ja soveltamisala	19
4.1.1 Toiminnallinen yksikkö ja menetelmät	19
4.2 Inventaario	20
4.2.1 Laitteiden tuotanto	21
4.3 Vaikutusarviointi	24
4.4 Rajaukset ja epävarmuudet	24
4.5 Hiilikädenjäljen arviointi	25
5 Selvitysten tulokset	26
5.1 Hiilijalanjälkilaskennan tulokset	26
5.2 Tulosten johdonmukaisuus ja herkkyysanalyysi	30

5.3 Päästöjen vähentäminen	32
5.3.1 Muoviosat	33
5.3.2 Piirilevy	34
5.4 Hiilikädenjälki	35
5.5 Hiilijalanjälkiviestintä	35
6 Johtopäätökset ja pohdinta	36
Lähteet	38

Liitteet

Liite 1. Hiilijalanjälkilaskuri

Liite 2. Hiilijalanjälkilaskennan raportointi

Kuviot

Kuvio 1 Tuotteen elinkaaren vaiheet ja cradle-to-cradle	12
Kuvio 2 Arvioinnin vaiheet	13
Kuvio 3 Esimerkki hiilijalanjälkiviestinnästä	17
Kuvio 4 Palvelun yksikköprosessit	20
Kuvio 5 Sensorien tuotannon vaiheet	21
Kuvio 6 Yksikköprosessien kokonaispäästöt prosentteina	27
Kuvio 7 Kokonaispäästöjen jakautuminen prosentteina	28
Kuvio 8 Yksittäisen sensorin päästöjen jakautuminen prosentteina	29
Kuvio 9 Päästöt yksikköprosesseittain	31
Kuvio 10 Erikokoisten käyttäjäryhmien päästöjen vertailu	32
Kuvio 11 Laitteen tuotannon päästöt ja käyttöiän vaikutus	33

Taulukot

Taulukko 1 Yksittäisen sensorin lähtötiedot	22
---	----

Taulukko 2 Paristojen lähtötiedot	23
Taulukko 3 Muiden laitteiden lähtötiedot	23
Taulukko 4 Hiilijalanjätkilaskennan kokonaispäästöt	26
Taulukko 5 Palvelun kokonaispäästöt eriteltynä	28
Taulukko 6 Yksittäisen sensorin päästöjen jakautuminen	29
Taulukko 7 Muiden laitteiden tuotannon päästöt	30
Taulukko 8 Päästöt yksikköprosesseittain	31

Käytetyt lyhenteet

Lyhenne	Lyhenteen selitys (Lähdeviite)
CO ₂ ekv	Hiilidioksidiekvivalentti, yksikkö, jolla verrataan kasvihuonekaasun säteilypakotetta (saapuvan ja poistuvan säteilyn välinen ero) hiilidioksidin säteilypakotteeseen (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018)
GWP (100a)	Global warming potential, lämmityspotentiaali. Mittayksikkö, jota käytetään vertailtaessa säteilypakotteen voimakkuutta (Tieteen termipankki 2014)
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change, Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (Ilmatieteen laitos)
LCA	Life Cycle Assessment, elinkaarianalyysi (SYKE 2013)

1 Johdanto

Kansainvälinen ilmastopaneeli IPCC julkaisi elokuussa 2021 kuudennen arviointiraportin ensimmäisen osan, joka käsittelee ilmastonmuutoksen luonnontieteellistä taustaa. Se kertoo yksiselitteisesti, että ilmasto on lämmennyt ihmistoiminnan vaikutuksesta ja se aiheuttaa jo nyt sään ääri-ilmiöiden yleistymistä ympäri maailman (IPCC 2021). Ilmastonmuutoksen hillintä vaatii toimia niin valtion, kuntien kuin yritystenkin taholta. Tärkeä askel tuotteiden ja palveluiden elinkaaren aikana syntyvien kasvihuonekaasujen vähentämiseksi on selvittää, mistä lähteistä ja kuinka paljon päästöjä syntyy.

Toimeksiantajana opinnäytetyölle oli Benete Oy, joka kehittää ikääntyneiden toimintakyvyn analysointia helpottavia palveluita. Beneten arvoihin kuuluu huolenpito ihmisistä ja ympäristöstä ja yritykselle oli tärkeää lähteä selvittämään, millaisia ympäristövaikutuksia syntyy heidän tuottamissaan palveluissa. Beneten *Sydämen vajaatoiminnan etäseuranta* -palvelulle laskettiin 6Aika: CarbonWise-hankkeessa hiilijalanjälki ja -kädenjälki. Yritys oli kiinnostunut selvittämään hiilijalanjäljen myös muille tarjoamilleen palveluille ja seuraava laskenta päätettiin toteuttaa erillisenä opinnäytetyönä.

Työssä laskettiin Beneten *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun tuottama hiilijalanjälki sekä selvitettiin, voiko yritys tuottaa tarjoamallaan palvelulla hiilikädenjälkeä asiakasyrityksille ja miten hiilijalanjälki- ja hiilikädenjälkilaskennan tuloksia voidaan käyttää palvelun markkinoinnissa. Lisäksi tuotiin yritykselle tietoa siitä, mistä palvelun ilmastovaikutukset syntyvät, mitkä ovat päästöjen merkittävimmät lähteet ja esittää, millaisia ratkaisuja niiden vähentämiseksi on. *Toimintakyvyn arviointi* perustuu sensoriteknologiaan ja se tehtävänä on tukea hoiva-alan ammattilaisten työtä asiakkaiden toimintakyvyn seurannassa.

Työn aluksi kerrotaan digitalisaation ilmastovaikutuksista.

Hiilijalanjälkilaskennan periaatteet käydään läpi Suomen Standardisoimisliiton standardien ISO 14040, ISO 14044 ja ISO 14067 periaatteiden mukaisesti luvussa 3, kuten myös hiilikädenjäljen arvioinnin perusteet ja haasteet ja tämän

jälkeen pureudutaan vastuullisuus- ja hiilijalanjälkiviestintään. Luvussa 4 esitellään *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun hiilijalanjälkilaskennan toteuttamisen vaiheet ja hiilikädenjäljen arviointi. Luvussa 5 käydään läpi hiilijalanjälkilaskennan tulokset, selvitetään tarkemmin eri laitteiden päästöjen jakautumista ja esitetään ehdotuksia päästöjen vähentämiseksi. Lopuksi luvussa 6 arvioidaan työn onnistumista ja luotettavuutta ja esitellään jatkokehittämissuhteita.

2 Taustaa

Kasvihuoneilmiö on luonnollinen ilmiö maapallolla, sillä ilmakehä koostuu luonnostaan erilaisista kasvihuonekaasuista, jotka sieppaavat suurimman osan maasta lähtevästä lämpösäteilystä (Ilmasto-opas). Ihmisen toiminta on kuitenkin nostanut ilmakehän kasvihuonekaasupitoisuutta teollistumisen aikakaudella muun muassa fossiilisten polttoaineiden käytön ja kotieläintuotannon seurauksena (Euroopan komissio). Kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä aiheuttaa sen, että yhä vähemmän lämpösäteilyä heijastuu pois maapallolta, jolloin maapallon pintalämpötila nousee. Tämä vaikuttaa esimerkiksi sään ääri-ilmiöiden lisääntymiseen (Ilmasto-opas).

2.1 ICT-alan ilmastovaikutukset

Digitalisaation merkitys päästöjen vähentämisessä on huomattava esimerkiksi teollisuudessa ja liikenteessä. Toisaalta digitalisaatio myös aiheuttaa paljon päästöjä energiankulutuksen ja laitevalmistuksen seurauksena (Sitra 2019). Datakeskusten energiankulutus on maailmanlaajuisesti yli 400 TWh ja niistä aiheutuu yhtä paljon päästöjä kuin lentoliikenteestä (Rihti 2019). Tässä opinnäytetyössä keskitytään digitalisaation päästöihin ICT-laitteiden osalta, tutkitaan palvelussa käytettävien laitteiden ilmastovaikutuksia ja selvitetään niiden valmistuksen päästövähennysmahdollisuuksia.

Digitaalisten palveluiden ympäristövaikutusten arvioinnissa on monia haasteita niin koko ICT-sektorin kuin yksittäisten palveluiden osalta. Luotettavan ja ajantasaisen tiedon saatavuus sekä koko toimitusketjun kattavien päästöjen huomiointi luovat haasteita päästöjen laskennassa. Kun kaikkia tietoja ei ole saatavilla, luvut voivat näyttäytyä huomattavasti pienempinä, kuin ne todellisuudessa ovat (Kuosmanen ym. 2022). Tiedonsaantia vaikeuttaa myös se, että suuri osa Suomen ICT-sektorin päästöistä syntyy ulkomailla (Lavinto 2021). Tässä työssä haastetta on voitu ratkoa esimerkiksi haastattelemalla suoraan sensoreita valmistavaa yritystä.

3 Hiilijalanjälki, hiilikädenjälki ja jalanjälkiviestintä

Elinkaariarviointi eli LCA (Life Cycle Assessment) on menetelmä, jonka tavoitteena on selvittää, kuinka paljon tuotteen eli tavaran tai palvelun elinkaaren aikana syntyy erilaisia ympäristövaikutuksia. Elinkaariarvioinnissa otetaan huomioon kaikki tuotteen koko elinkaaren aikana syntyvät ympäristövaikutukset, mutta laskenta voidaan tehdä myös yksinkertaistetummin esimerkiksi hiilijalanjäljen osalta (SYKE 2013). Laskennan kohteena voi olla myös tuotteen elinkaari pelkästään tehtaan porttien sisällä. Vertailtavuuden vuoksi on tärkeää tietää, millainen elinkaari tuotteen päästöjen laskennassa on huomioitu.

Tässä opinnäytetyössä on laskettu hiilijalanjälki, joka on yksi elinkaariarvioinnissa selvitettävistä ympäristövaikutuksista. Hiilijalanjäljen laskennassa otetaan huomioon tuotteen tai palvelun koko elinkaaren aikaiset ilmastovaikutukset eli hiilidioksidi- ja muut kasvihuonekaasupäästöt (SYKE 2013). Päästöt ilmoitetaan yksikössä CO₂ekv eli hiilidioksidiekvivalentti, joka sisältää hiilidioksidin lisäksi myös muita kasvihuonekaasuja. Näitä ovat metaani (CH₄) ja typpioksiduuli (N₂O), joiden päästöt on suhteutettu hiilidioksidipäästöihin käyttäen kertoimia (VTT Lipasto).

Laskennassa voidaan hyödyntää esimerkiksi seuraavia ISO-standardeja: SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020 *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet*, SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018, *Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja* sekä SFS-EN ISO 14067:2018 *Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet*, jotka ohjeistavat laskennassa ja asettavat erilaisia vaatimuksia sen sisällölle.

ISO-standardien lisäksi käytössä on muitakin kasvihuonekaasujen määrän arviointiin käytettäviä standardeja, kuten Greenhouse Gas Protocol (lyhyemmin GHG-Protocol) eli kasvihuonekaasuprotokolla. Siinä päästöjä arvioidaan kolmessa eri kategoriassa eli Scopessa. Scope 1 sisältää suorat päästöt, jotka syntyvät yritystoiminnasta, Scope 2 epäsuorat päästöt, kuten yrityksen

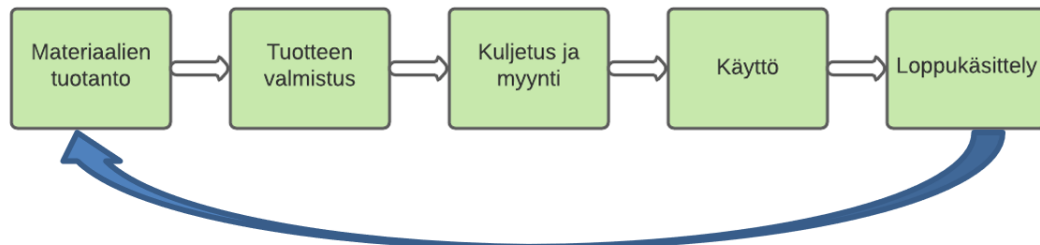
käyttämän sähkön tuotannon ja Scope 3 muut epäsuorat päästöt, kuten myytyjen tuotteiden käytön. (The Greenhouse Gas Protocol, 25.)

3.1 Elinkaari

Tuotteen elinkaari sisältää viisi eri vaihetta alkaen raaka-aineiden ja materiaalien tuotannosta tuotteen valmistukseen, valmiin tuotteen kuljetukseen ja myyntiin, tuotteen käyttöön sekä lopulta tuotteen poistoon (Kuvio 1).

Kiertotalouden mukainen tuotesuunnittelu pyrkii siihen, että tuotteen arvo säilyy mahdollisimman pitkään ja tuote voidaan käyttää uudelleen mahdollisimman helposti sen sijaan, että siitä tulisi vaikeasti hävitettävää jätettä. Materiaalit palaavat uudelleen kiertoon ja tällöin puhutaan tuotteen elinkaaresta cradle-to-cradle eli kehdestä kehtoon (Kierto.eu).

Tuotteen elinkaari



Kuvio 1 Tuotteen elinkaaren vaiheet ja cradle-to-cradle

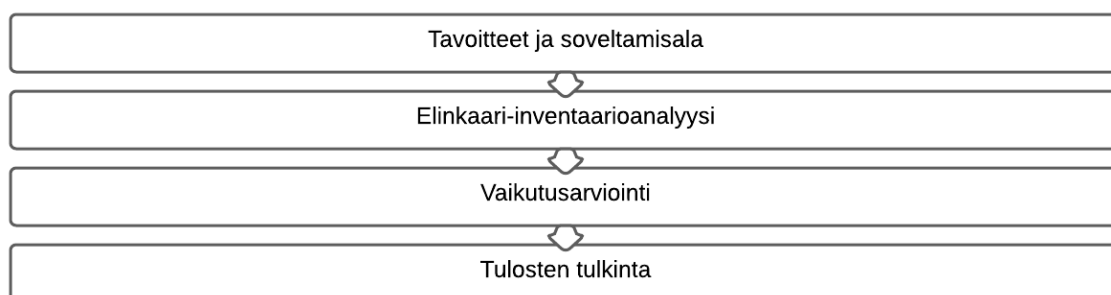
3.2 Hiilijalanjälkilaskurin valinta

Hiilijalanjäljen laskentaan voidaan käyttää erilaisia ohjelmistoja, joihin on syötetty valmiiksi laskettuja hiilijalanjälkitietoja. Laskennan avuksi on myös luotu eri alojen organisaatioiden toimesta selainpohjaisia ja Excel-pohjaisia laskureita. Esimerkiksi Suomen Ympäristökeskus SYKE:n sivuilta löytyy rakennusalan materiaalien ja julkisten hankintojen hiilijalanjäljen laskentaan sopivia laskureita. Ajoneuvojen käytön sekä ruoka-annosten hiilijalanjälki

voidaan laskea tarkoitukseen sopivilla laskureilla. Excel-pohjaisen laskurin etuna on se, että sitä voidaan päivittää tarpeen mukaan ja sen avulla voidaan seurata päästöjen kehittymistä ja vertailla eri toimenpiteiden vaikutusta päästöjen vähentämisessä. Laskurin voi luoda myös itse Excelillä ja hakea tarvittavat päästökertoimet tietokannoista, tutkimuksista ja kirjallisuudesta. (6Aika: CarbonWise 2021.)

3.3 Arvioinnin vaiheet

Hiilijalanjätkiselvitys sisältää neljä eri vaihetta, tavoitteiden ja soveltamisalan määrittely, elinkaari-inventaarioanalyysi, vaikutusarviointi ja tulosten tulkinta (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 22). Seuraavissa kappaleissa esitellään näiden selvityksen vaiheiden periaatteet (Kuvio 2).



Kuvio 2 Arvioinnin vaiheet

3.3.1 Tavoitteet ja soveltamisala

Aluksi määritellään tavoitteet ja soveltamisala, eli mikä tuote tai palvelu on hiilijalanjätkilaskennan kohteena ja miten laskettava järjestelmä rajataan niin ajallisesti kuin eri yksikköprosessien osalta. Yksikköprosessi on kaikkein pienin inventaarioanalyysissä huomioon otettava osa, jonka sisältämät syötteet ja tuotokset määritellään (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14044:2006, 13). Laskennassa tulee ottaa huomioon kaikki merkitykselliset yksikköprosessit, joissa syntyy päästöjä. Mikäli laskennasta rajataan jotakin pois, se ei saa

vaikuttaa merkittävästi päätelmiin laskennan lopputuloksista ja rajausta tulee perustella ja raportoida huolellisesti (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 22).

Tiedot suhteutetaan toiminnalliseen yksikköön (englanniksi functional unit, FU), joka tarkoittaa vertailuyksikköä, johon saadut tulokset suhteutetaan. Tällainen voi olla esimerkiksi jonkin palvelun käyttö yhden vuoden aikana. Järjestelmän rajoihin sisältyvät syötteet ja tuotokset perusvirtoina. Perusvirta tarkoittaa ”tarkasteltavaan järjestelmään ympäristöstä tulevaa materiaalia tai energiaa, jota ihminen ei vielä ole jalostanut, tai tarkasteltavasta järjestelmästä ympäristöön lähtevää materiaalia tai energiaa, jota ihminen ei enää käsittele” (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 15).

3.3.2 Elinkaari-inventaarioanalyysi

Seuraavana tehdään elinkaari-inventaarioanalyysi, jossa selvitetään tuotteen tai palvelun yksikköprosesseihin kuuluvat syötteet ja tuotokset. Syötteitä ovat esimerkiksi tuotteen valmistuksessa käytettävät materiaalit ja tuotoksia hukkapalat. Laskentaa varten tarvittavat lähtötiedot voivat olla mitattuja, laskettuja tai arvioituja ja ne selvitetään kunkin yksikköprosessin osalta tutustumalla yksikköprosessien sisältöön (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 28).

3.3.3 Vaikutusarviointi

Kolmantena vaiheena on vaikutusarviointi, jossa hankitut lähtötiedot yhdistetään omiin päästöarvoihinsa. Potentiaaliset vaikutukset ilmastonmuutokseen ilmoitetaan yksikössä ”kg CO₂ekv per päästökilogramma”, joka kertoo, kuinka paljon kasvihuonekaasupäästöjä syntyy esimerkiksi yhtä materiaalikiloa kohden. Laskennassa on käytettävä laadukkainta saatavilla olevaa tietoa. Kun käytettävää tietoa valitaan, on otettava huomioon esimerkiksi ympäristön ja sijainnin vaikutus tietojen sopivuuteen (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN

ISO 14067:2018, 39). Esimerkiksi sähköntuotannon tavat ja kierrätystavat ovat erilaisia eri puolilla maailmaa.

3.3.4 Tulosten tulkinta

”Tulkintavaiheen tulisi tuottaa tuloksia, jotka ovat määritellyn tavoitteen ja soveltamisalan mukaisia ja joiden perusteella voidaan tehdä johtopäätöksiä, selvittää rajoituksia ja esittää suosituksia” (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14044:2006, 24). Tulosten tulkintavaiheeseen sisältyvät laskennan täydellisyyden ja johdonmukaisuuden arviointi sekä herkkyysanalyysi. Herkkyysanalyysin tavoitteena on selvittää, miten oletukset ja lähtötietojen vaihtelut vaikuttavat johtopäätösten luotettavuuteen (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 48).

Hiilijalanjäljen selvitysraportissa käsitellään hiilijalanjäljen selvitysprosessin vaiheet ja tulokset ja sillä osoitetaan, että standardissa ISO 14067:2018 laskennalle esitettyjä vaatimuksia on noudatettu. Tuloksien tulee olla riittävän avoimia ja selkeästi selvitettyjä, jotta lukijan on mahdollista ymmärtää raportin sisältö. Selvitysraportissa ilmoitetaan erikseen kasvihuonekaasujen päästöt ja poistumat, jotka on yhdistetty elinkaaren eri vaiheisiin. Niiden tulee sisältää jokaisen elinkaaren vaiheen vaikutukset niin lukuina kuin prosenttiosuuksina. Selvitysraportin tulee olla sellainen, että sitä voidaan käyttää selvitykselle ennalta annettujen tavoitteiden mukaisesti (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14067:2018, 40).

3.4 Hiilikädenjälki

Hiilikädenjälki on vielä melko uusi käsite ja sen tehtävänä on kertoa tuotteen käytön positiivisista ilmastovaikutuksista. Kun yritys tarjoaa asiakkaalleen tuotetta, josta syntyy vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin toisesta vastaavasta tuotteesta tai palvelusta, yritys auttaa pienentämään asiakkaan hiilijalanjälkeä ja näin yritykselle itselleen muodostuu hiilikädenjälkeä. Hiilikädenjäljen

todentamiseen ei vielä toistaiseksi ole kansainvälisiä standardeja, joten laskentatapa vaihtelee eivätkä tulokset ole keskenään vertailukelpoisia (Sitra 2016). VTT ja LUT-yliopisto ovat kuitenkin kehittäneet laskentamenetelmän hiilikädenjäljen määrittämiseksi yksittäiselle tuotteelle (Siitonen 2020).

3.5 Viestintä

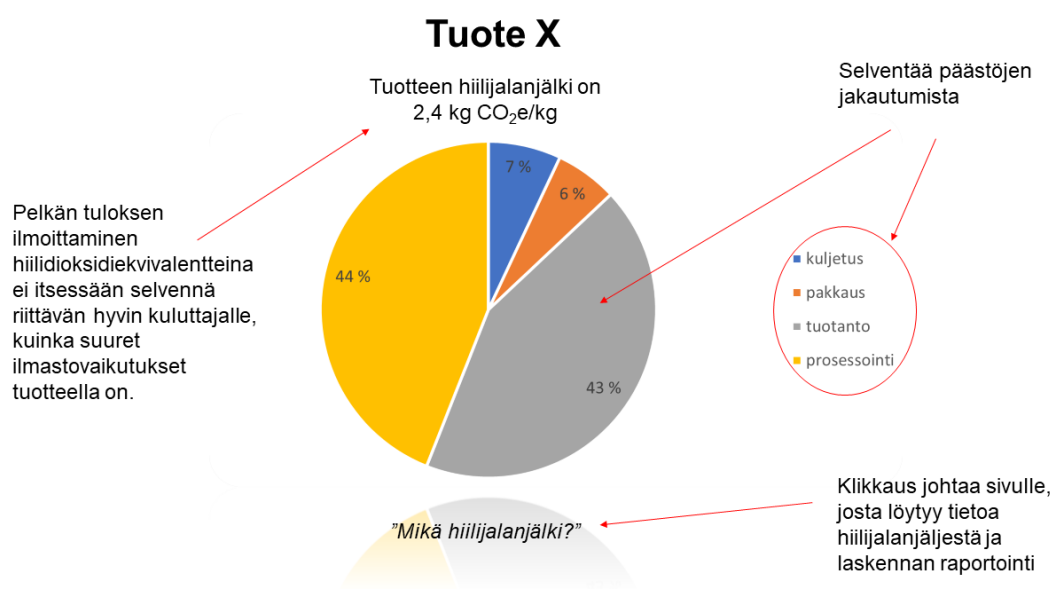
Opinnäytetyössä selvitettiin myös, miten Benete voi viestiä lasketusta hiilijalanjälkituloksesta. Hiilijalanjälkilaskennalla voidaan osoittaa, että yritys on selvittänyt ilmastovaikutuksiaan. Viestintä vastuullisuudesta on lisääntynyt, se nähdään hyvänä kilpailuetuna (Communiqué 2019) ja samalla tutuksi ovat tulleet erilaiset sitä kuvaavat sanat, kuten vastuullinen, kestävä ja ekologinen. Riski viherpesulle eli sellaiselle viestinnälle, jossa kuluttajaa johdetaan harhaan joko tahallisesti tai tahattomasti korostamalla vaikkapa tuotteen kannalta epäolennaisia asioita, on kasvanut (Castren & Snellman 2020). Viestinnän tulee perustua todellisiin tekoihin ja näin esitetyt positiiviset ilmastovaikutukset ovat todennettavissa. Kuluttajat vaativat läpinäkyvyyttä toiminnassa ja viestinnässä ja haluavat tietää, millaisia konkreettisia tekoja yritykset ovat tehneet päästöjen vähentämiseksi (Communiqué 2019).

On kuitenkin tärkeää, että yritykset uskaltavat viestiä myös siitä, että ilmastotyössä ollaan vielä alkuvaiheessa, mutta työ on jo aloitettu. Tämä rakentaa luottamusta asiakkaisiin ja viestii siitä, että yritys ymmärtää myös omien tekojensa vaikutuksia. On tärkeää, että asioista viestitään selkeästi ja ymmärrettävästi ja ne tuodaan helpommin ymmärrettäväksi esimerkiksi vertailemalla niitä kaikille tuttuihin asioihin. (Turun AMK Kiertotalouden liiketoimintamallit 2021a.)

3.5.1 Hiilijalanjälkiviestintä

Suomen Standardisoimisliiton standardissa SFS-EN ISO 14026:2018 *Ympäristömerkit ja -selosteet. Jalanjälkiviestinnän periaatteet, vaatimukset ja*

ohjeet selvennetään jalanjälkiviestinnän periaatteita. Standardissa ohjeistetaan, että hiilijalanjälkiviestinnän tulee olla mahdollisimman tarkkaa ja yksiselitteistä, jotta sitä ei ole mahdollista tulkita väärin. Tietojen tulee olla todennettavissa ja lähteiden oltava saatavilla tulosten yhteydessä. Lisäksi kuluttajille viestiessä tulee huomioida, että viestintä on mahdollisimman selkeää eikä sisällä vaikeasti ymmärrettävää sanastoa. Graafisten elementtien lisäksi on käytettävä selkiyttäviä sanoja ja numeroita (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14026:2018, 12–14).



Kuvio 3 Esimerkki hiilijalanjälkiviestinnästä

Tarkasteltavat näkökohdat on esitettävä selkeästi ja ne on ilmoitettava siinä laajuudessa, kuin ne on todellisuudessa otettu huomioon, eikä niitä tule liioitella. Lisäksi tulee selvittää, mitä elinkaaren vaiheita laskentaan sisältyy.

Toiminnallinen yksikkö, eli se yksikkö, johon kaikki tiedot on suhteutettu, tulee ilmoittaa selvästi. Tässä laskennassa toiminnallisena yksikkönä eli jalanjäljen nimenä oli *Toimintakyvyn arviointi* -palvelussa käytettävien laitteiden päästöt yhden henkilön osalta yhden vuoden aikana. Tärkeää on, että jalanjäljen nimi ei saa viitata laajempaan näkökulmaan, kuin mitä laskenta todellisuudessa sisältää: tässä laskennassa ei esimerkiksi ole otettu huomioon datan käytön

energiankulutusta ja sen rajausta on perusteltu. Nämä tiedot on esitettävä yhdessä hiilijalanjätkilaskennan tulosten kanssa niin että on selvää, että ne liittyvät toisiinsa. (Suomen Standardisoimisliitto, SFS-EN ISO 14026:2018, 12–14.)

Viestinnän tulee olla läpinäkyvää, mutta informaatio voidaan kuitenkin esittää sellaisina kokonaisuuksina, jotka eivät sisällä luottamuksellista tietoa. Tiedot tulee esittää niin, ettei viestinnästä saa käsitystä, että ”jokin riippumaton taho on hyväksynyt tai todentanut viestityn tiedon, jos näin ei ole” (Suomen Standardisoimisliitto SFS-EN ISO 14026:2018, 11–12).

3.5.2 Sertifikaatit ja ympäristöjärjestelmät

Viestinnän tueksi voidaan hankkia myös erilaisia sertifikaatteja ja ympäristöjärjestelmiä ja joillakin toimialoilla sertifikaatti on pakollinen kaikille toimialan yrityksille. Suomessa käytettyjä ympäristöjärjestelmiä ja -sertifikaatteja ovat esimerkiksi ISO 14001, WWF Green Office, Ekokompassi ja Joutsenmerkki (WWF 2019). Etenkin pienemmissä yrityksissä tällaisten maksullisten sertifikaattien hankinta ja ylläpito voi olla kustannusten ja työmäärän vuoksi mahdotonta. Vastuullisuudesta voidaan viestiä myös ilman kalliita sertifikaatteja noudattamalla esimerkiksi edellisessä kappaleessa esitellyn standardin SFS-EN ISO 14026:2018 ohjeita.

4 Selvitysten toteutus

Tässä kappaleessa esitellään Benete Oy:n *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun hiilijalanjälkilaskennan vaiheet, hiilikädenjäljen arviointi ja jalanjälkiviestinnän suositukset.

4.1 Tavoitteet ja soveltamisala

Laskennan kohteena oli *Toimintakyvyn arviointi* -palvelu, jossa hyödynnetään sensoriteknologiaa ja sen tehtävänä on tukea hoiva-alan ammattilaisten työtä asiakkaiden toimintakyvyn seurannassa (Benete Oy). Palvelua on mahdollista käyttää erilaisissa ympäristöissä. Tässä tarkasteltavassa tapauksessa *Toimintakyvyn arviointi* -palvelu on käytössä hoivakotiympäristössä ja seurattavan henkilön asuinympäristöön asennettujen sensorien avulla kerätään tietoa henkilön toimintakyvystä päivittäisissä askareissa. Analysoinnin avulla voidaan arvioida hoidon tarpeen muuttumista ja sen avulla voidaan havaita myös pienempiä muutoksia, jotka perinteisessä toimintakyvyn arvioinnissa saattavat jäädä huomaamatta (Benete Oy).

4.1.1 Toiminnallinen yksikkö ja menetelmät

Laskennan toiminnallinen yksikkö on palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana. Palvelua voidaan käyttää erikokoisissa asumisyksiköissä, joten tällaisen toiminnallisen yksikön käyttäminen mahdollistaa tietojen suhteuttamisen kulloinkin kyseessä olevalle käyttäjämäärälle. Laskenta seuraa hiilijalanjälkilaskennan yleisperiaatteita ISO-standardeista 14040, 14044 ja 14067, joiden sisällöstä on kerrottu kappaleessa 3.1. Lopputulos on muokattava Excel-pohjainen laskuri, jolla lasketaan hiilijalanjälki ja jonka avulla voidaan seurata päästöjen kehittymistä sekä arvioida eri toimenpiteiden vaikutusta palvelun tuottamiin päästöihin.

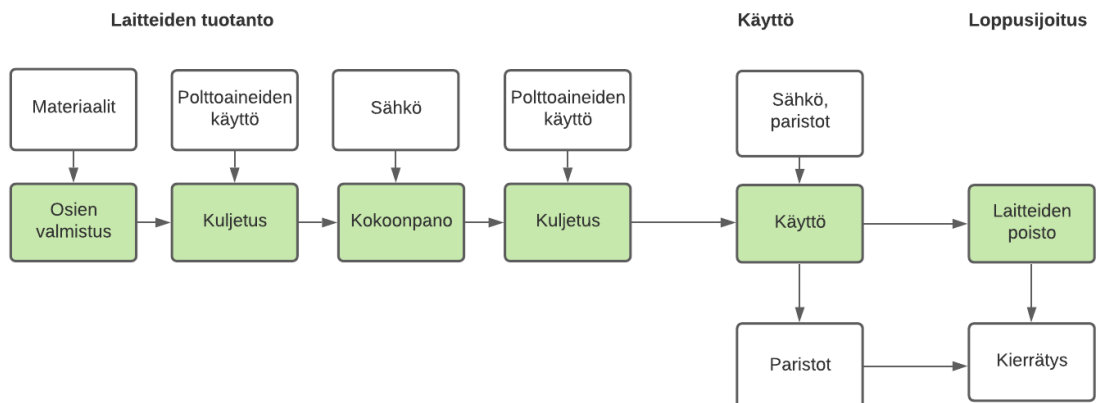
4.2 Inventaario

Työ aloitettiin tutustumalla palveluun ja luomalla kokonaiskuva sen elinkaaresta ja siten päästiin selvittämään, millaisia lähtötietoja laskentaan tarvitaan.

Palvelun elinkaaren hahmottamiseksi piirrettiin kuva palvelun sisältämistä yksikköprosesseista (Kuvio 4).

Toimintakyvyn arviointi -palvelu sisältää tässä tarkasteltavassa tapauksessa 13 laitetta. Gateway eli yhdyskäytävä lähettää sensoreista kerätyt tiedot pilvipalveluun ja niitä voidaan analysoida palveluun kuuluvassa sovelluksessa. Osa palvelussa käytettävistä sensoreista valmistetaan suoraan palvelun käyttöä vastaaviksi, ja Benete hankkii ne suoraan niitä valmistavalta yritykseltä. Muut laitteet hankitaan valmiina.

Toimintakyvyn arviointi



Kuvio 4 Palvelun yksikköprosessit

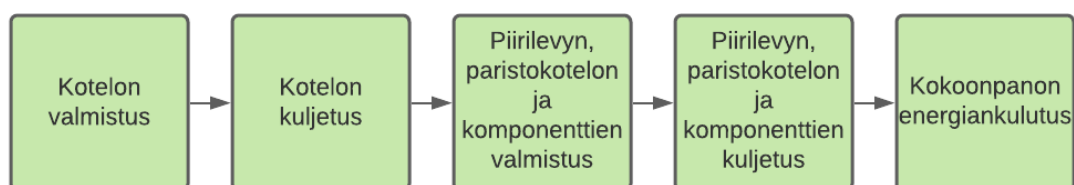
Laskennassa otettiin huomioon sensorien osalta niihin käytettävien osien valmistus ja kuljetus, kokoonpanon energiankulutus, laitteiden toimitus asiakkaalle, kierrätys sekä sensoreissa käytettyjen paristojen tuotanto ja kierrätys. Laskennassa huomioitiin myös muiden palvelussa käytettävien sähkölaitteiden tuotanto ja kuljetus, niissä käytettävien paristojen tuotanto ja kierrätys sekä itse laitteiden sähkönkulutus ja kierrätys. Laitteiden asennukseen

ei tarvita erikseen asentajaa, vaan laitteet lähetetään asiakkaalle postitse ja nämä kuljetukset on huomioitu laskennassa. Huollon arvioitiin tapahtuvan pääosin niin, että tilalle lähetetään postissa uusi laite. Tarvittavat lähtötiedot palvelun sisällön osalta kerättiin suoraan Benete Oy:ltä.

4.2.1 Laitteiden tuotanto

Sensoreita oli seitsemän erilaista, mm. liikeseensoreita sekä veden lämpötilaa mittaavia antureita, ja tähän tarkasteltavaan tapaukseen kuului 11 kappaleen lajitelma erilaisia sensoreita. Sensorien tuotantoprosesseista oli saatavilla tarkempia tietoja valmistajalta, joten niiden tuotannon eri vaiheiden päästöt laskettiin erikseen. Lisäksi tarkasteltavassa tapauksessa oli mukana yksi verkkovirralla toimiva unisensori sekä paristokäyttöinen ranneke.

Yksittäisen sensorin päästöjen laskentaan sisältyivät seuraavista osa-alueista muodostuvat päästöt (Kuvio 5): ABS-muovista valmistetun kotelon valmistus ja kuljetus, piirilevyn sekä sen komponenttien valmistus ja kuljetus, paristokotelon valmistus sekä sensorin kokoonpano. Sensorien materiaalisällöt, kuljetusmatkat ja kokoonpanon energiankulutus saatiin sensorien toimittajalta haastatteluin. Kokoonpanon energiankulutus koostuu arviosta eri työvaiheissa käytettävien laitteiden sekä työtilan valaistuksen ja lämmityksen energiankulutuksesta kokoonpanon aikana (Suutari 2021). Pitkän matkan kuljetusten lähtöpaikkoina olivat Espanja, Taiwan ja Kiina, joten niiden arvioitiin tapahtuvan konttialuksella meriteitse ja kotimaan kuljetuksen perävaunulla varustetulla yhdistelmällä, jonka kantavuus on 40 tonnia (VTT Lipasto 2016).



Kuvio 5 Sensorien tuotannon vaiheet

Perusrakenne kaikissa sensoreissa oli sama: komponentit on kiinnitetty piirilevyyn, ja laite on suojattu muovikuorella. Sensorien painot vaihtelivat 18–50 g välillä. 50 g painavassa laitteessa muovisen kuoren osuus on 32 g ja piirilevyn 18 g. Piirilevyn painoon sisältyy myös muovisen paristokotelon paino, jonka arvioitiin olevan merkittävä osa piirilevyn ilmoitetusta painosta: laskennassa paristokotelon painona käytettiin lukua, joka oli 60 prosentin osuus koko piirilevyn painosta. Lisäksi yksi sensoreista sisälsi magneetin. Taulukossa 1 on lueteltu kaikki yhden liikesensorin lähtötiedot.

Taulukko 1 Yksittäisen sensorin lähtötiedot

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Kotelo, ABS-muovia	0,032	kg
Piirilevymateriaalit	0,007	kg
Paristokotelo, muovia	0,011	kg
Piirilevyn pinta-ala	0,005	m ²
Kokoonpanon energiankulutus	0,045	kWh
Kotelon kuljetus, Espanja-Suomi, laivarahti	2000	km
Piirilevyn kuljetus, Kiina-Suomi, laivarahti	13306	km

Sensoreissa käytettävien paristojen tuotannon ja poiston päästöt laskettiin erikseen. Paristojen määrä, tyyppi ja vaihtoväli vaihtelivat eri sensorien välillä ja niiden käytön määrä suhteutettiin toiminnalliseen yksikköön. Paristojen suhteellinen käyttö yhden vuoden aikana ja niiden vaihtoväli on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2 Paristojen lähtötiedot

Paristojen käyttö

	Kuvaus	Määrä	Yksikkö
SENSORIT 1-2	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,5	kpl/laite/vuosi
SENSORI 3	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,4	kpl/laite/vuosi
SENSORIT 4-7	Litiumparisto CR2450 1 kpl	0,5	kpl/laite/vuosi
<u>Pariston vaihtoväli</u>			
SENSORIT 1-2		4	vuotta
SENSORI 3		5	vuotta
SENSORIT 4-7		2	vuotta

Taulukossa 3 on listattu muiden palvelussa käytettävien laitteiden eli unisensorin ja rannekkeen lähtötiedot. Laitteiden tuotannon päästöt laskettiin kertomalla laitteiden paino keskimääräisen pienen laitteen päästökertoimella.

Taulukko 3 Muiden laitteiden lähtötiedot

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Unisensori		
Laitteen paino	0,27	kg
Kuljetusmatka, Kiina-Suomi laivarahti	13306	km
Energiankulutus	21,9	kWh/vuosi
Ranneke		
Laitteen paino	0,023	kg
Kuljetusmatka, Kiina-Suomi laivarahti	13306	km
Paristojen kulutus	1	kpl/vuosi

Laitteiden toimitukset asiakkaalle laskettiin etäisyydelle Salo-Tampere, joka voisi olla laskennan kohteena toimivan tapauksen toimitusmatka. Lisäksi laskettiin laitteiden SER-kierrätyksen ja laitteissa käytettävien paristojen tuotannon ja kierrätyksen aiheuttamat päästöt. Kierrätys ei sisällä kuljetuksen

päästöjä. Laitteiden poiston päästöt on huomioitu yhden vuoden ajalta arvioiden, että laitteiden käyttöikä on 10 vuotta. Uusia laitteita ei hankita joka vuosi, joten siksi poistot suhteutettiin käyttövuosien mukaan.

4.3 Vaikutusarviointi

Inventaarion luvut yhdistettiin omiin päästöarvoihinsa tarkoitukseen luodussa Excel-laskurissa. Eri organisaatioiden verkkosivuilla olevista valmiista laskureista ei löytynyt valmista, sopivat päästökertoimet sisältävää laskuria, joten laskentaa varten luotiin itse Excel-pohjainen laskuri. Siihen haettiin tarvittavat materiaalien, liikenteen ja sähkönkulutuksen päästökertoimet erilaisista tietokannoista ja tutkimuksista.

Päästöarvojen lähteet on eritelty Excel-laskurissa liitteessä 1. Kaikkien päästöarvojen realistisuutta tässä tilanteessa ei voida taata, mutta ne ovat luultavimmin oikeaa suuruusluokkaa. Joitakin tietoja on hankittu Ecoinvent-tietokannasta, eikä niitä voida julkaista suorina arvoina lisenssien vuoksi.

4.4 Rajaukset ja epävarmuudet

Tiedonsiirron energiankulutukseen liittyy paljon epävarmuuksia, joten sitä ei ole otettu huomioon tässä laskennassa. Tiedonsiirron energiankulutuksen laskemiseksi pitäisi tietää, kuinka pitkiä matkoja ja kuinka paljon dataa liikkuu ja millainen yhteys on käytössä. Vertailun vuoksi yksi suomalainen käyttää mobiilidatan siirtoon keskimäärin 90–130 kWh sähköä vuodessa (Siitonen 2020) ja sähkönkulutuksen päästöt ovat 0,091 kg hiilidioksidiekvivalenttia yhtä kilowattituntia kohti (Fingrid 2021). Jos keskiarvoksi valitaan 110 kWh sähköä vuodessa, hiilidioksidipäästöjä yhden suomalaisen mobiilidatan käytöstä vuoden aikana syntyy noin 10 kg CO₂ekv, joka vastaa noin 90 km ajoa bensiiniautolla. Sensoreista siirtyä tietoa tätä huomattavasti pienempiä määriä.

Laitteiden poistossa on käytetty SER-kierrätyksen päästökerrointa, joka ei sisällä kuljetuksen päästöjä. Muista kuljetuksista laskettiin vain niiden suorat

päästöt. Laitteissa käytettiin sekä alkali- että litiumparistoja, mutta tietojen saatavuudesta johtuen paristojen tuotannossa on käytetty alkalipariston tuotannon päästökerrointa ja kierrätyksessä litiumionipariston päästökerrointa. Pariston tyyppillä ei kuitenkaan arvioitu olevan huomattavaa merkitystä arvioinnin lopputulokseen.

4.5 Hiilikädenjäljen arviointi

Hiilijalanjätkilaskennan rinnalla pohdittiin, miten palvelun avulla voitaisiin vähentää asiakkaan eli hoivakodin päästöjä eli voisiko Benete tuottaa tarjoamallaan palvelulla hiilikädenjälkeä. Kuten kappaleessa 3.4 todettiin, hiilikädenjäljen todentamiseen ei ole vielä toistaiseksi vakiintuneita standardeja. Hiilikädenjälki voidaan kuitenkin selvittää vertailemalla yleisesti käytössä olevaa ratkaisua ja tarkastelun kohteeksi valittua ratkaisua. Jos tarkastelun kohteena olevan ratkaisun hiilijalanjälki on pienempi kuin yleisesti käytössä olevan ratkaisun hiilijalanjälki, tämän erotuksen voidaan tulkita olevan hiilikädenjälkeä (Siitonen 2020). Tällainen positiivinen kädenjälkitulos saatiin esimerkiksi laskettaessa johdannossa mainitun Beneten *Sydämen vajaatoiminnan etäseuranta* -palvelun hiilikädenjälkeä (Turun AMK Kiertotalouden liiketoimintamallit 2021b).

Toimintakyvyn arviointi -palvelun hiilikädenjäljen arvioimiseksi selvitettiin, millaisia resursseja hoivakodin päivittäisessä toiminnassa käytetään. Yhteistyössä Beneten kanssa pohdittiin, olisiko resurssien käyttöä mahdollista vähentää palvelun käytön seurauksena ja voitaisiinko hiilikädenjäljen selvittämiseksi luoda edellisessä kappaleessa mainittu vertailutilanne. Hoivakodissa käytettäviä resursseja arvioitiin olevan muun muassa seuraavanlaisia: henkilökunta, kiinteistön sähkönkulutus, lämmitys ja jäähdytys, vedenkulutus ja ruokapalvelut.

5 Selvitysten tulokset

Tässä kappaleessa esitetään hiilijalanjätkilaskennan tulokset kokonaisuudessaan ja erilaisten osakokonaisuuksien osalta ja selvitetään, syntykö palvelun käytön seurauksena hiilikädenjälkeä. Lisäksi arvioidaan tulosten johdonmukaisuutta ja laskentatavan vaikutusta lopputuloksiin. Päästöjen vähentämiseen esitetään kehitysehdotuksia esimerkiksi materiaalivalintojen osalta ja selvitetään käyttöön vaikutusta laitteen päästöihin.

5.1 Hiilijalanjätkilaskennan tulokset

Hiilijalanjätkilaskennan tulosten tulkintavaiheeseen sisältyvät laskennan täydellisyyden ja johdonmukaisuuden arviointi sekä herkkyysanalyysi, joiden periaatteisiin tutustuttiin kappaleessa 3.3.4. Laskennan toiminnallisena yksikkönä oli *Toimintakyvyn arviointi* -palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana. Hiilijalanjäljeksi saadaan laskennan perusteella yhteensä 15,81 kg CO₂-ekvivalenttia. Tuotannon osuus kokonaispäästöistä oli 12,74 kg CO₂ekv, kuljetusten 0,17 kg CO₂ekv, käytön 2,85 kg CO₂ekv ja laitteiden poiston 0,05 kg CO₂ekv.

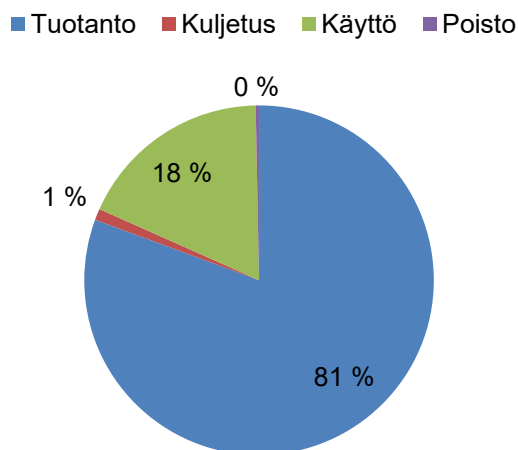
Taulukko 4 Hiilijalanjätkilaskennan kokonaispäästöt

Kokonaispäästöt

	GWP (100a)	Yksikkö
Tuotanto	12,74	kg CO ₂ ekv
Kuljetus	0,17	kg CO ₂ ekv
Käyttö	2,85	kg CO ₂ ekv
Poisto	0,05	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv

Kuviosta 6 nähdään, että huomattava osa eli 81 prosenttia palvelun päästöistä syntyy tuotannossa. Kuljetusten ja laitteiden poiston osuudet ovat hyvin pieniä, 0–1 prosenttia. Käytön päästöt muodostavat näin ollen viimeiset 18 prosenttia toiminnallisen yksikön päästöistä.

PÄÄSTÖJEN OSUUDET PROSENTTEINA



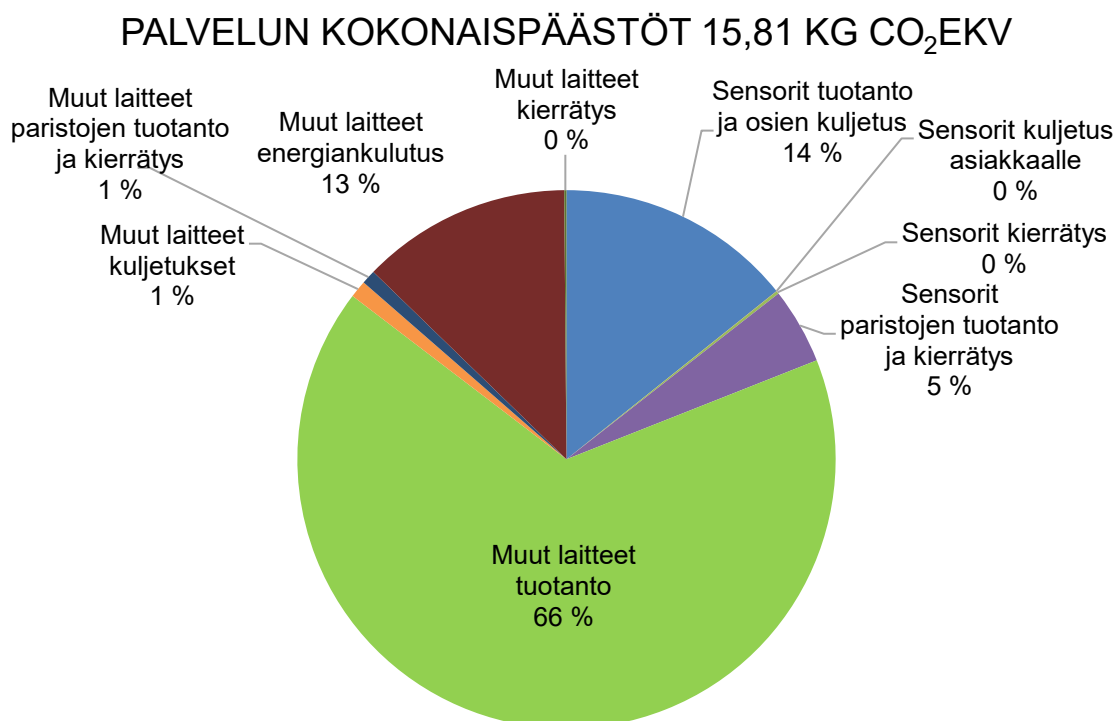
Kuvio 6 Yksikköprosessien kokonaispäästöt prosentteina

Päästöjen muodostumista voidaan tarkastella myös yksityiskohtaisemmin. Kokonaispäästöt laskettiin erikseen sensorien ja muiden laitteiden osalta, ja ne koostuivat taulukossa 5 esitetyistä osista. Sensorien tuotannon ja osien kuljetuksen päästöt olivat yhteensä 2,25 kg CO₂ekv, kuljetuksen 0,002 kg CO₂ekv, kierrätyksen 0,03 kg CO₂ekv ja sensoreissa käytettävien paristojen tuotanto ja kierrätys 0,72 kg CO₂ekv. Muiden laitteiden tuotannon päästöt olivat 10,49 kg CO₂ekv, niiden kuljetusten päästöt 0,16 kg CO₂ekv, käytettyjen paristojen tuotanto ja kierrätys 0,13 kg CO₂ekv, käytönaikainen energiankulutus 1,99 kg CO₂ekv ja laitteiden kierrätys 0,02 kg CO₂ekv.

Taulukko 5 Palvelun kokonaispäästöt eriteltynä

Kokonaispäästöt 15,81 kg CO₂ekv		
	GWP (100a)	Yksikkö
Sensorit tuotanto ja osien kuljetus	2,25	kg CO ₂ ekv
Sensorit kuljetus asiakkaalle	0,00	kg CO ₂ ekv
Sensorit kierrätys	0,03	kg CO ₂ ekv
Sensorit paristojen tuotanto ja kierrätys	0,72	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet tuotanto	10,49	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kuljetukset	0,16	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet paristojen tuotanto ja kierrätys	0,13	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet energiankulutus	1,99	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kierrätys	0,02	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv

Erityisesti kuviosta 7 voidaan nähdä, miten laitteiden tuotannon osuus kokonaispäästöistä on merkittävä etenkin muiden laitteiden kuin sensorien osalta, sillä ne kattavat kaksi kolmasosaa päästöistä.



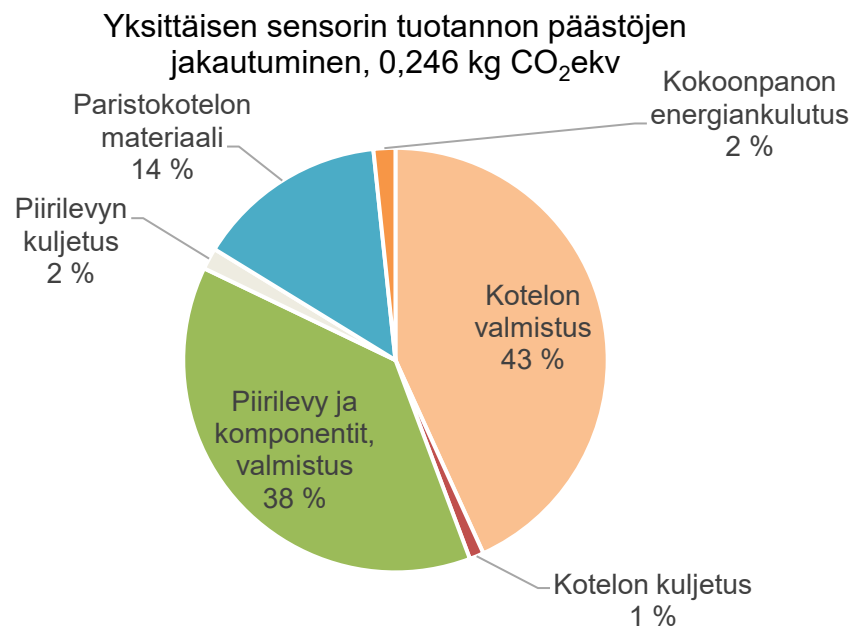
Kuvio 7 Kokonaispäästöjen jakautuminen prosentteina

Sensorien päästöt voitiin selvittää muita laitteita yksityiskohtaisemmin, koska laitevalmistajalta saatiin tarkempaa tietoa tuotantovaiheiden sisällöstä. Sensorit olivat rakenteeltaan hyvin samantyyppisiä, joten yksittäisen sensorin tuotannon päästöjen jakautumisen esittämiseksi valittiin yksi liikeseensori. Yhden liikeseensorin päästöiksi saatiin 0,246 kg CO₂ekv (Taulukko 6).

Taulukko 6 Yksittäisen sensorin päästöjen jakautuminen

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Kotelon valmistus	0,106	kg CO ₂ ekv / laite
Kotelon kuljetus	0,003	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,036	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,246	kg CO₂ekv / laite

Kuviosta 8 nähdään, että muovikotelon, piirilevyn ja sen komponenttien sekä paristokotelon tuotanto olivat yhteensä 95 % kokonaispäästöistä. Kuljetusten ja kokoonpanon merkitys siis myös yksittäisen sensorin kohdalla oli vähäinen, yhteensä viisi prosenttia sensorin tuotannon kokonaispäästöistä.



Kuvio 8 Yksittäisen sensorin päästöjen jakautuminen prosentteina

Kuten aiemmin kerrottiin, muiden laitteiden tuotannon päästöjä arvioitiin erillään sensorien päästöistä. Unisensorin tuotannon päästöt olivat 9,67 kg CO₂ekv ja rannekkeen 0,82 kg CO₂ekv, eli yhteensä 10,49 kg CO₂ekv (Taulukko 8).

Taulukko 7 Muiden laitteiden tuotannon päästöt

Laite	GWP (100a)	Yksikkö
Unisensori	9,66	kg CO ₂ ekv
Ranneke	0,82	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	10,48	kg CO₂ekv

5.2 Tulosten johdonmukaisuus ja herkkyysanalyysi

Tässä kappaleessa on arvioitu tulosten johdonmukaisuutta sekä erilaisten vaihtoehtoisten laskentatapojen vaikutuksia lopputuloksiin. Tuloksista havaittiin, että sensorien tuotannon päästöt olivat 2,25 kg CO₂ekv ja muiden laitteiden tuotannon päästöt 10,49 kg CO₂ekv (Taulukko 10). Laskurissa olevista lähtötiedoista voitiin havaita, että käytettävien sensorien paino oli yhteensä 0,38 kg ja muiden laitteiden 0,293 kg, eli niiden kokonaispainot eivät huomattavasti eroa toisistaan, kun taas päästöissä on huomattava ero. Näiden kahden eri laitetyypin tuotannon päästöjen laskennan erona oli se, että sensorien päästöt laskettiin yksityiskohtaisesti saatujen tietojen mukaan ja muiden laitteiden päästöt käyttäen keskimääräisen pienen sähkölaitteen päästökerrointa. Mikäli myös sensorien päästöt laskettaisiin samalla päästökertoimella, niiden päästöiksi saataisiin yhteensä 13,6 kg CO₂ekv, joka olisi paljon enemmän, kuin saatujen tarkempien tietojen mukaan laskettaessa. Sensorien päästöjä laskettaessa on kuitenkin huomioitu kaikki yksikköprosessit ja saatujen tietojen on arvioitu olevan oikeaa suuruusluokkaa. Sensorin ei myöskään voida arvioida olevan ”keskimääräinen pieni sähkölaitte”, sillä se sisältää huomattavasti vähemmän tekniikkaa, kuin vaikkapa reititin. Tämä havainto kannattaa kuitenkin ottaa huomioon esimerkiksi silloin, kun laskuriin päivitetään uusia tietoja.

Seuraavassa vaihtoehtoisessa selvityksessä laitteiden käyttöiän arvioidaan olevan 10 vuotta ja toiminnallisena yksikkönä on palvelussa käytettävien

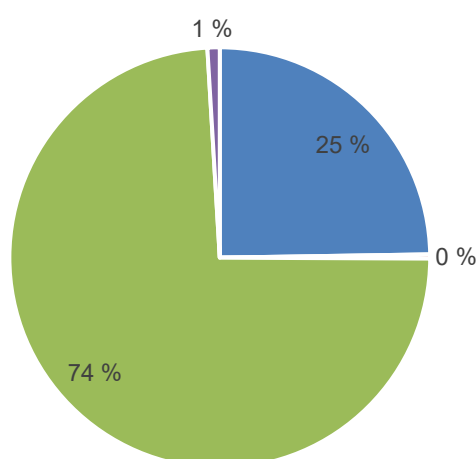
laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana. Kun aiemmin laitteiden tuotannon päästöt ilmoitettiin kuuluvaksi kokonaisuudessaan käyttöönottovuoden päästöihin, ne on tässä laskennassa jaettu käyttövuosille ja ilmoitetaan yhden vuoden osalta. Näin toimitaan esimerkiksi yritystoiminnassa tehtävien hankintojen kulujen poiston kanssa (Verohallinto 2021), mutta sitä ei voida suoraan soveltaa hiilijalanjäljen arvioinnissa. Tuotannon päästöiksi saadaan 1,27 kg CO₂ekv, kuljetusten 0,02 kg CO₂ekv, käytön 3,81 kg CO₂ekv ja poiston 0,05 kg CO₂ekv, eli yhteensä 5,15 kg CO₂ekv. Kuviosta 9 nähdään, että laskennassa tuotannon päästöjen sijaan käytön päästöt korostuvat huomattavasti ja laskenta antaa positiivisemmän kuvan palvelun hiilijalanjäljestä, kuin se todellisuudessa on.

Taulukko 8 Päästöt yksikköprosessittain

	GWP (100a)	Yksikkö
Tuotanto	1,27	kg CO ₂ ekv
Kuljetus	0,02	kg CO ₂ ekv
Käyttö	3,81	kg CO ₂ ekv
Poisto	0,05	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	5,15	kg CO₂ekv

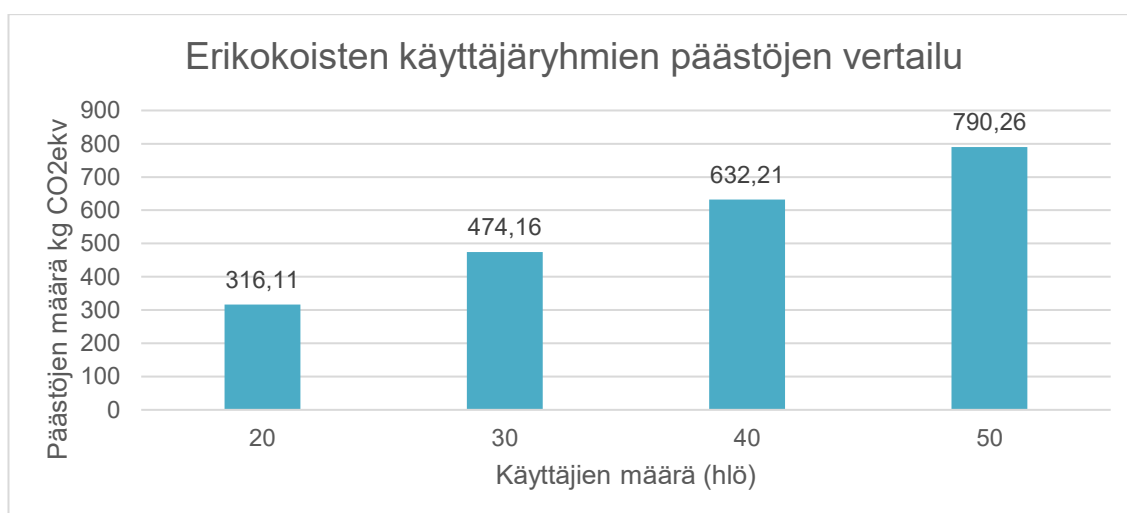
KOKONAISPÄÄSTÖT 5,15 kg CO₂ekv

■ Tuotanto ■ Kuljetus ■ Käyttö ■ Poisto



Kuvio 9 Päästöt yksikköprosessittain

Kuten aiemmin on todettu, hiilijalanjälkilaskennan toiminnallisena yksikkönä oli *Toimintakyvyn arviointi* -palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana. Koska hoivakotiympäristössä palvelu voi olla käytössä usealla eri ihmisellä, laskuriin laitettiin mahdollisuus eri käyttäjämäärien päästöjen vertailulle. Näin laskuria voidaan hyödyntää tietyn palvelukokonaisuuden päästöjen selvittämisessä. Palvelussa voidaan käyttää muitakin kuin edellä mainittuja laitteita ja näiden laitteiden määrät eivät muutu samassa suhteessa käyttäjämäärän kanssa, kuin alkuperäisessä arvioinnissa käytettyjen laitteiden. Tähän eri käyttäjämäärien päästöjen arviointiin ei ole laskettu mukaan muita laitteita kuin ne, jotka olivat mukana alkuperäisessä arvioinnissa. Kuvio 10 nähdään, että esimerkiksi 30 henkilön käyttäessä palvelua, päästöt olisivat 474,16 kg CO₂ekv.

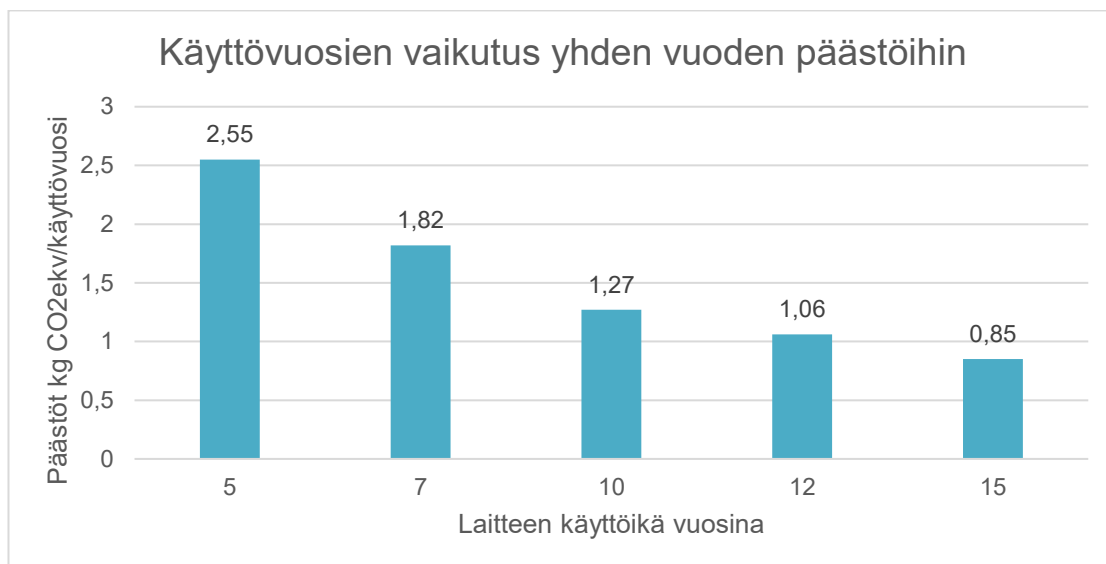


Kuvio 10 Erikokoisten käyttäjäryhmien päästöjen vertailu

5.3 Päästöjen vähentäminen

Koska hiilijalanjäljestä merkittävä osa eli 81 prosenttia (Kuvio 6) koostuu tuotannon päästöistä, laitteen elinkaaren pidentämisellä on suuri vaikutus päästöjen vähentämisessä. Seuraavalla sivulla olevassa kuviossa 11 on vertailtu käyttöiän vaikutusta tuotannon päästöjen jakautumiselle. Jos kaikki laitteet uusittaisiin viiden vuoden välein, päästöjä syntyisi yhden käyttövuoden aikana 2,55 kg CO₂ekv. Jos laitteet uusittaisiin 10 vuoden välein, päästöjä

syntyisi yhtä käyttövuotta kohti noin 50 prosenttia vähemmän, eli 1,27 kg CO₂ekv/vuosi. Kun laitteet ovat käytössä pidempään, laitteita uusitaan luonnollisesti harvemmin, jolloin päästöjä syntyy vähemmän palvelun käytön aikana.



Kuvio 11 Laitteen tuotannon päästöt ja käyttöiän vaikutus

Myös energiatehokkuuden parantamisella ja materiaalien kierrätyksellä voidaan vähentää laitteiden elinkaaren aikana syntyviä päästöjä. Laitteiden korjaus on niin ympäristön kannalta kuin usein taloudellisestikin järkevämpi ratkaisu kuin laitteiden korvaaminen uusilla (Lacy ym. 2015, 21). Lisäksi Bristolin yliopiston julkaiseman tutkimuksen mukaan yksinkertaisillakin ohjelmistomuutoksilla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä huomattavasti esimerkiksi poistamalla turhaan energiaa kuluttavia toimintoja (Lu 2019). Materiaalivalinnoilla voidaan vähentää fossiilisesti tuotettujen materiaalien käyttöä ja näin myös päästöjä. Seuraavissa kappaleissa on esitelty vaihtoehtoisia materiaaleja sensorien eri osille.

5.3.1 Muoviosat

57 prosenttia sensorin valmistuksen päästöistä koostuu muoviosista (Kuvio 8), joten niiden päästöjen vähentämismahdollisuuksia lähdettiin selvittämään

ensimmäiseksi. Sensorien kotelot on valmistettu ABS-muovista ja vaihtoehtoisia materiaaleja ovat esimerkiksi biokomposiitti ja kierrätysmuovi. Biokomposiittia voidaan tehdä esimerkiksi sellukuidusta ja niitä valmistaa Suomessa esimerkiksi Stora Enso. Tämän yrityksen tuotteesta voitiin tehdä seuraavassa kappaleessa esitelty päästövertailu nykyiseen materiaaliin, mutta markkinoilla on paljon myös muiden valmistajien tuotteita ja tätä on käytetty havainnollistavana esimerkkinä.

Stora Enson DuraSense on 100 % biopohjainen, erilaisiin komponentteihin sopiva biokomposiitti. Sen kerrotaan vähentävän fossiilipohjaisten muovien käyttöä jopa 60 % ja fossiilisia hiilidioksidipäästöjä jopa 80 %. Esitteessä oli tehty vertailua PP-muovin ja DuraSensen välillä ja kokonaispäästöjen tuotteen elinkaaren ajalta kerrottiin olevan PP-muovilla 0,171 kg CO₂ekv ja DuraSensellä 0,089 kg CO₂ekv. DuraSensen päästöt olivat siis 52% pienemmät kuin PP-muovin (Stora Enso 2018). Vertailussa alkuperäiseen materiaaliin tulee ottaa huomioon se, että PP-muovin ja ABS-muovin päästöt eroavat toisistaan. PP-muovin tuotannossa päästöjä syntyy 1,97 kg CO₂ekv/kg materiaalia ja ABS-muovin tuotannossa 3,32 kg CO₂ekv/kg materiaalia (MEEUP Methodology report 2005), joten DuraSensen päästöt ovat vielä pienemmät suhteessa ABS-muoviin kuin PP-muoviin.

5.3.2 Piirilevy

Piirilevyn materiaalina on tässä laskennassa käytetty FR-4:ää, joka on lasikuituvalmisteinen epoksilaminoitu levy. Pohjan lisäksi piirilevy sisältää johtavan alustan ja siihen kiinnitetyt komponentit (Moko Technology). Piirilevyn päästöjä voidaan pienentää vähemmän muovia sisältävillä materiaalivalinnoilla. Esimerkiksi brittiläinen Jiva Materials on kehittänyt täysin kierrätettävän ja biohajoavan Soluboard-piirilevymateriaalin. Materiaali on valmistettu luonnonkuiduista ja muista biohajoavista ainesosista, jotka voidaan laminoinnin sijaan yhdistää lämpimällä vedellä. Soluboardin hiilijalanjälki on 7,1 kg CO₂e/m² eli noin 60 % pienempi kuin FR-4:n ja eniten tähän vaikuttaa sen pienempi tiheys verrattuna FR-4:ään (Jiva Materials).

5.4 Hiilikädenjälki

Työn aikana selvitettiin, olisiko Beneten mahdollista vähentää asiakkaansa hiilidioksidipäästöjä tarjoamallaan palvelulla eli tuottaa niin sanottua hiilikädenjälkeä. Toimintakyvyn tarkemmalla analysoinnilla voidaan puuttua tehokkaasti toimintakyvyn laskuun, jolloin voidaan tehdä ennaltaehkäiseviä toimenpiteitä ja edesauttaa henkilön toimintakyvyn säilymistä hyvänä pidempään.

On mahdollista, että joidenkin resurssien käyttö vähenee palvelun käytön seurauksena, mutta tätä on haastavaa todentaa ilman kattavaa, pitkäaikaista tutkimusta aiheesta. Henkilökunnan tarve ei vähene, vaikka vanhusten toimintakyky pysyisi pidempään hyvänä, sillä hoitajamitoitukset on säädetty laissa. Kiinteistön päästöt pysyvät samanlaisina, toimintakyvyn analysointi ei vaikuta lämmitykseen, sähkönkulutukseen, vedenkulutukseen, jäte- ja pyykkimääriin tai ruokailuihin merkittävästi. Palvelun tuottamaa hiilijalanjäljen vähennyspotentiaalia, eli yrityksen hiilikädenjälkeä asiakkaalle ei voida siis todentaa luvuin tämän opinnäytetyön puitteissa.

Palvelun avulla voidaankin ennemmin todentaa hoitajamitoituksen tarpeita. Kun vanhusten toimintakyvystä on tarkempaa, analysoitua tilastotietoa, voidaan jämäkämmin perustella riittävän hoitajamitoituksen tarvetta. Hoitajamitoituksen optimoinnilla voidaan mahdollisesti vaikuttaa hoitajien riittävyyteen, jolloin hoidon laatu paranee, ihmiset pysyvät toimintakykyisempinä pidempään ja lisäresurssien tarve kasvaa hitaammin. Tällaisessa tilanteessa myös päästöjä syntyy vähemmän.

5.5 Hiilijalanjälkiviestintä

Kappaleessa 3.5 esitettiin hiilijalanjälkiviestinnän periaatteet, jotka luovat hyvän pohjan viestinnälle. Viestinnän tueksi tehtiin lyhyempi, opinnäytetyöhön pohjautuva selvitysraportti (Liite 2), johon on koottu selvityksen eri vaiheet, lopputulokset sekä johtopäätökset ja suositukset päästöjen vähentämiseksi.

6 Johtopäätökset ja pohdinta

Opinnäytetyössä laskettiin Benete Oy:n *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun hiilijalanjälki ja selvitettiin, voiko yritys tuottaa tarjoamallaan palvelulla hiilikädenjälkeä eli päästövähennyspotentiaalia asiakasyrityksilleen ja miten laskennan tuloksia voidaan hyödyntää palvelun markkinoinnissa. Lisäksi tuotiin yritykselle tietoa siitä, mistä heidän tarjoamansa palvelun ilmastovaikutukset koostuvat ja esitettiin kehitysehdotuksia siitä, miten päästöjä voisi vähentää.

Palvelu sisälsi erilaisia sensoreita ja sähkölaitteita, joiden elinkaaren aikaiset hiilidioksidipäästöt laskettiin käyttöönottovuoden ajalta yhtä käyttäjää kohti. Laskenta toteutettiin itse luodulla Excel-pohjaisella laskurilla, johon haettiin päästökertoimet tietokannoista ja tutkimuksista. Työhön saatiin koottua riittävästi luotettavaa tietoa eri yksikköprosessien sisällöstä ja siinä saatiin laskettua *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun hiilijalanjälki.

Toimintakyvyn arviointi -palvelun suurimmat ympäristövaikutukset syntyivät laskennan mukaan laitteiden tuotannosta, joten näiden hankintaan kannattaa kiinnittää erityistä huomiota. Hiilijalanjälkeä voidaan pienentää pidentämällä laitteiden käyttöikää, valitsemalla sensoreihin kestävämmiin tuotettuja materiaaleja, hankkimalla korjattavissa olevia laitteita ja varmistamalla, että käytön jälkeen materiaalit menevät uusiokäyttöön. Palvelun käyttäjä voi vähentää energiankulutuksen päästöjä valitsemalla uusiutuvilla energialähteillä tuotettua sähköä.

Opinnäytetyö toteutettiin tiiviissä yhteistyössä Benete Oy:n kanssa, jolloin tarvittavien lähtötietojen selvittäminen oli tehokasta. Yhteistyö toimeksiantajayrityksen kanssa onkin erittäin tärkeää mahdollisimman johdonmukaisen ja laadukkaan tuloksen saavuttamiseksi hiilijalanjälkiarvioinnissa. Työ eteni ja valmistui ennalta määritellyssä tavoiteaikataulussa.

Arviointi sisältää jonkin verran epävarmuuksia mm. datan käytön osalta ja haasteita työssä aiheuttivat etenkin ICT-alan päästötietojen saatavuus.

Päästöjen vähentämisen mahdollisuuksia vaihtoehtoisten materiaalien sekä niiden kustannusten osalta voisi tutkia lisää. Datan käyttöä voisi selvittää esimerkiksi vertaamalla jonkin muun digitaalisen palvelun tuottamia päästöjä laskennan kohteena olleen palvelun päästöihin. Selvitystyössä on kuitenkin tärkeää osata myös rajata toteutettavan työn laajuus, joten edellä mainittuja näkökulmia voikin hyödyntää esimerkiksi yrityksessä myöhemmin tehtävissä selvityksissä. Viestinnän osalta työssä keskityttiin antamaan yleisiä ohjeita jalanjälkiviestinnän perusteista.

Työssä selvitettiin myös, onko Beneten mahdollista vähentää asiakasyritystensä hiilidioksidipäästöjä tarjoamallaan palvelulla eli tuottaa niin sanottua hiilikädenjälkeä. Joidenkin resurssien käyttö saattaa vähentyä palvelun käytön seurauksena, mutta kuten luvussa 5.4 todettiin, sitä ei ollut mahdollista todentaa tämän opinnäytetyön puitteissa ilman laajempaa tutkimusta aiheesta.

Kun palvelu on ollut pidempään käytössä oikeassa hoivakotiympäristössä, voi tulla kyseeseen selvittää niitä vaikutuksia, joita tässä laskennassa ei ollut mahdollista ottaa huomioon. Esimerkiksi datan käytöstä saadaan tarkempaa tietoa aidoissa olosuhteissa. Yrityksen kannattaa laskea hiilijalanjälki myös kotihoidossa käytettävälle palvelulle ja senkin osalta kannattaa selvittää hiilikädenjäljen tuottamisen mahdollisuus. Kotihoitoon sisältyy esimerkiksi liikkumista, jonka osalta voidaan arvioida päästöjen muuttumista.

Kiertotaloudenmukaiset ratkaisut ovat elinehto tulevaisuudellemme ja kaikkien yritysten tulisi selvittää toimintansa ympäristövaikutukset. Kun yritykset tietävät, mistä heidän vaikuttavimmat päästönsä syntyvät, on mahdollista tarttua toimeen ja tehdä konkreettisia toimenpiteitä päästöjen vähentämiseksi.

Lähteet

6Aika: CarbonWise 2021. Hiilijalanjälkilaskuriopas. Saatavilla:

<https://kiertotalous2.turkuamk.fi/uploads/2020/10/2d1877f6-hiilijalanjalkilaskuriopas.pdf>

Benete Oy N.d. Toimintakyvyn arviointi. Viitattu 1.10.2021.

<https://benete.com/functionality-assessment.php>

Castren & Snellman 2020. Vastuullista markkinointia vai viherpesua? Viitattu 18.1.2022. <https://www.castren.fi/fi/blogijauutiset/blogi-2020/vastuullista-markkinointia-vai-harhaanjohtavaa-viherpesua/>

Clearloop 2021. Gate vs Grave: What's the best way to measure your carbon footprint? 24.3.2021. Viitattu 31.1.2022. <https://clearloop.us/2021/03/24/cradle-to-gate-vs-cradle-to-grave/>

Communiqué 2019. Yritysvastuu ei näy brändistä päällepäin – siksi viestintä ratkaisee. Viitattu 18.1.2022. <https://www.communike.fi/vastuullisuus-ei-nay-paallepain-%E2%80%92-siksi-viestinta-ratkaisee/>

Euroopan komissio N.d. Ilmastonmuutoksen syyt. Viitattu 26.10.2021.

https://ec.europa.eu/clima/climate-change/causes-climate-change_fi

Fingrid 2021. Sähköntuotannon CO₂-päästöarvio. Viitattu 13.1.2022.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Ilmasto-opas N.d. Kasvihuoneilmiö ja ilmakehän koostumus. Viitattu 26.10.2021. https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/ilmio/-/artikkeli/420c4ca3-a128-4ae7-882e-3d06e1ea24f5/kasvihuoneilmio-ja-ilmakehan-koostumus.html#h_Ilmakeh_n_aiheuttama_luonnollinen_kasvihuoneilmi_

Ilmatieteenlaitos N.d. IPCC tukee ilmastopoliittista päätöksentekoa. Viitattu

3.2.2022. <https://www.ilmatieteenlaitos.fi/ipcc-ilmastopaneeli>

IPCC 2021. Sixth assessment report. Headline Statements from the Summary for Policymakers. Saatavilla:

https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Headline_Statements.pdf

Jiva Materials N.d. Soluboard® combines natural fibres with a halogen-free polymer. Viitattu 22.11.2021. <https://www.jivamaterials.com/technology/>

Kiertoon.eu. Sitra. N.d. Kiertotalouden käsitteet. Viitattu 3.2.2022. <https://www.kiertoon.eu/fi/miksi-kiertotalous/kiertotalouden-kasitteet>

Kuosmanen, N., Seppälä, T. & Ylhäinen, I. 2022. Informaatiosektorin kasvihuonekaasupäästöt toimitusketjuissa. ETLA Raportti No 121. Saatavilla: <https://pub.etla.fi/ETLA-Raportit-Reports-121.pdf>.

Lacy, P. & Rutqvist, J. 2015. Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage, Palgrave Macmillan UK.

Lavinto, S. 2021. Suomen ICT-päästöistä valtaosa syntyy rajojen ulkopuolella – ja siksi raportointia on muutettava. Viitattu 13.1.2022. <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/suomen-ict-paastoista-valtaosa-syntyy-rajojen-ulkopuolella-ja-siksi-raportointia-on>

Lu, D. 2019. A small YouTube design change could drastically cut its CO2 emissions. New Scientist Ltd. 7.5.2019. Viitattu 24.1.2022. <https://www.newscientist.com/article/2201769-a-small-youtube-design-change-could-drastically-cut-its-co2-emissions/>

MEEUP Methodology report 2005. Methodology Study Eco-design of Energy-using Products. Saatavilla: <https://docplayer.net/5062926-Meeup-methodology-report.html>

Moko Technology N.d. FR4 PCB. Viitattu 13.1.2022. <https://www.mokotechnology.com/fr4-pcb/>

Rihti, M. 2019. Datakeskukset ovat unohdettu päästöjen lähde - "Päästöt ovat samalla tasolla maailman lentoliikenteen kanssa". Viitattu 4.1.2022. <https://www.telia.fi/yrityksille/artikkelit/artikkeli/datakeskukset-ovat-unohdettu-paastojen-lahde>

Siitonen, S. 27.10.2020. Hiilikädenjälki – mitä se tarkoittaa ja kuinka se määritellään? Viitattu 7.1.2022. <https://www.clonet.fi/ilmasto/hiilikadenjalki-mita-se-tarkoittaa-ja-kuinka-se-maaritellaan/>

Sitra 2016. Hiilikädenjälki. Viitattu 3.2.2022. <https://www.youtube.com/watch?v=yCquOxbzG3k>

Sitra 2019. Tuhoako vai pelastaako digitalisaatio ympäristöä? Viitattu 5.1.2022. <https://www.sitra.fi/artikkelit/tuhoako-vai-pelastaako-digitalisaatio-ymparistoa/>

Stora Enso 2018. The circular life of Biocomposites by Stora Enso. Saatavilla: https://www.storaenso.com/-/media/documents/download-center/documents/product-brochures/biocomposites/the-circular-life-of-biocomposites_august_2018.pdf

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS-EN ISO 14026:2018 Ympäristömerkit ja -selosteet. Jalanjälkiviestinnän periaatteet, vaatimukset ja ohjeet.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS-EN ISO 14040:2006 + A1:2020 Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS-EN ISO 14044:2006 + A1:2018. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja.

Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. SFS-EN ISO 14067:2018. Kasvihuonekaasut. Tuotteiden hiilijalanjälki. Hiilijalanjäljen laskemista koskevat vaatimukset ja ohjeet.

Suutari, J. 2021. Sähköpostikeskustelu. Sensoan Oy:n toimitusjohtaja Jari Suutaria haastatteli 20.10.2021-25.11.2021 Kaisa Jussila.

SYKE 2013. Elinkaariarviointi, jalanjäljet ja panos-tuotosmalli. Viitattu 26.10.2021. [https://www.ymparisto.fi/fi-fi-kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotosmalli](https://www.ymparisto.fi/fi-fi/kulutus_ja_tuotanto/tuotesuunnittelu_ja_tuotteet/elinkaariarviointi_jalanjaljet_ja_panostuotosmalli)

The Greenhouse Gas Protocol N.d. A Corporate Accounting and Reporting Standard. Saatavilla: <https://ghgprotocol.org/sites/default/files/standards/ghg-protocol-revised.pdf>

Tieteen termipankki 2022. Nimitys: lämmityspotentiaali. Viitattu 5.2.2022. <https://www.tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:lammityspotentiaali>.

Turun AMK Kiertotalouden liiketoimintamallit 2021a. CarbonWise: Viestintä hiiliviisaudesta – Vastuullisuusviestinnästä. Viitattu 14.1.2022. <https://youtu.be/tUG6nXodJe8>

Turun AMK Kiertotalouden liiketoimintamallit 2021b. Kuukauden hiiliviisas yritys: Benete Oy. Viitattu 4.2.2022. <https://kiertotalous2.turkuamk.fi/projektit/benete-oy>

Verohallinto 2021. Poistot ja pienhankinnat – liikkeen- tai ammatinharjoittaja. Viitattu 2.2.2022. <https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/liikkeen-tai-ammattinharjoittaja/poistot-ja-pienhankinnat/>

VTT Lipasto 2016. Varsinaisella perävaunulla varustettu yhdistelmä. Kokonaismassa 60 t, kantavuus 40 t. Viitattu 26.10.2021. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm>

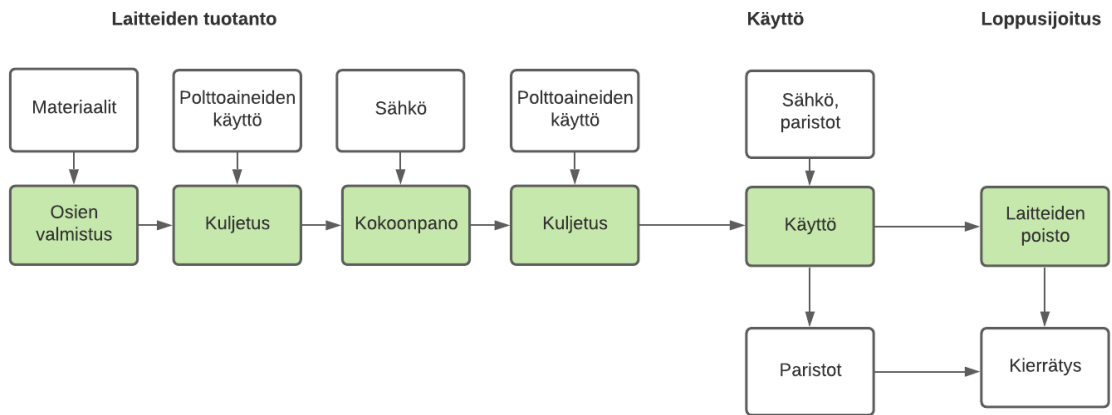
VTT Lipasto N.d. Hiilidioksidiekvivalentti CO₂ekv. Viitattu 26.10.2021. <http://lipasto.vtt.fi/liisa/co2ekvs.htm>

WWF 2019. Mitä eroa on ympäristöjärjestelmillä – ja kuinka valitsen sopivimman? Viitattu 31.1.2022. <https://wwf.fi/greenoffice/tarina/mita-eroa-on-ymparistojarjestelmilla-ja-kuinka-valitsen-sopivimman/>

BENETE OY - TOIMINTAKYVYN ARVIOINTI

Tekijä	Kaisa Jussila, Turun ammattikorkeakoulu
Viimeisin päivitys:	6.2.2022
LASKENNAN PERUSTIEDOT	
<u>Tavoite</u>	Lasketaan palvelun käytöstä syntyvä hiilijalanjälki.
<u>Systemirajat</u>	Sensorien osien kuljetus, valmistus ja poisto Valmiiden sensorien kuljetus asiakkaalle Sensoreissa käytettävien paristojen tuotanto ja poisto Sähkölaitteiden valmistus, kuljetus, käyttö ja poisto
<u>LCA-metodit ja ohjeet</u>	ISO-standardit 14040, 14044 ja 14067
<u>Toiminnallinen yksikkö</u>	Palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana.
<u>Inventaarion kohteet</u>	Laitteiden valmistus, kuljetus, käyttö ja poisto
<u>Vaikutusten arviointi</u>	Hiilijalanjälki [CO ₂ -eq], GWP (100a)
<u>Datan lähteet</u>	Palvelun sisällön ja laitteiden tiedot: Benete Oy ja Sensoan Oy Päästöarvot: kirjallisuus ja tietokannat
<u>Oletukset ja rajoitukset</u>	Datansiirron energiankulutusta ei ole huomioitu. Kuljetuksissa lasketaan vain suorat päästöt. Paristojen ja SER-jätteen kuljetuksia ei ole huomioitu.

Toimintakyvyn arviointi



SYÖTTEET (input)	Määrä	Yksikkö	Kommentti
SENSORI 1	2	kpl	
SENSORI 2	3	kpl	
SENSORI 3	1	kpl	
SENSORI 4	1	kpl	
SENSORI 5	1	kpl	
SENSORI 6	2	kpl	
SENSORI 7	1	kpl	
Unisensori	1	kpl	
Ranneke	1	kpl	
Käyttäjämäärä	1	kpl	Käyttäjämäärän ollessa 1, laskennan lopputulos osoittaa toiminnallisen yksikön mukaiset kokonaispäästöt. Lukua muuttamalla voidaan selvittää, miten käyttäjämäärän muutos vaikuttaa laskennan lopputulokseen. Kaikkien laitteiden määrät eivät kuitenkaan ole riippuvaisia käyttäjien määrästä, joten niihin ei ole laitettu kerrointa. Nämä laitteet eivät myöskään ole olleet mukana toiminnallisen yksikön mukaisessa laskennassa.

SENSORIEN INVENTAARIO

SYÖTTEET (input)	Kuvaus	Määrä	Yksikkö	Kommentti
<u>KULJETUS- MATKAT</u>				
SENSORI 1-3 kotelot	Espanja - Suomi, laivarahti	2000	km	Lähde: Sea Distances (2021) https://sea-distances.org/
SENSORI 4-7 kotelot	Taiwan - Suomi, laivarahti	11000	km	Lähde: Sea Distances (2021) https://sea-distances.org/
Sensorien piirilevymateria- alit	Kiina - Suomi, laivarahti	13306	km	Lähde: TopShipping (2021) https://topshipping.cn/
Asiakkaalle	Salo - Tampere	163	km	Lähde: Etäisyys.com (2022) https://www.etaisyys.com/etaisyys/tampere/salo/
<u>LAITTEIDEN OSIEN PAINOT</u>				
SENSORIT 1-2	kotelo	0,032	kg/kpl	materiaali: ABS-muovi
	piirilevy	0,007	kg/kpl	tätä painoa ei tarvita tässä laskennassa, koska päästökerroin on per m2
	paristokotelo	0,011	kg/kpl	laskettu, että on 60% piirilevyn painosta
	kokonaispa- ino	0,05	kg/kpl	
SENSORI 3	kotelo	0,032	kg/kpl	materiaali: ABS-muovi
	piirilevy	0,007	kg/kpl	

	paristokotelo	0,011	kg/kpl	
	o			
	kokonaispaino	0,05	kg/kpl	
SENSORI 4	kotelo	0,010	kg/kpl	materiaali: ABS-muovi
	magneetti	0,006	kg/kpl	magneetin materiaali: rautaa ja muovia
	piirilevy	0,002	kg/kpl	
	paristokotelo	0,002	kg/kpl	
	o			
	kokonaispaino	0,02	kg/kpl	
SENSORI 5	kotelo	0,01	kg/kpl	materiaali: ABS-muovi
	piirilevy	0,002	kg/kpl	
	paristokotelo	0,002	kg/kpl	
	o			
	kokonaispaino	0,014	kg/kpl	
SENSORI 6-7	kotelo	0,01	kg/kpl	materiaali: ABS-muovi
	magneetti	0,004	kg/kpl	materiaali: metalli (RS)
	piirilevy	0,002	kg/kpl	
	paristokotelo	0,002	kg/kpl	
	o			
	kokonaispaino	0,016	kg/kpl	
Piirilevyn pinta-ala		0,005	m ²	
Kokoonpanon energiankulutukset	per laite	0,045	kWh	

<u>Paristojen käyttö</u>				
SENSORIT 1-2	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,5	kpl/laitte/vuosi	
SENSORI 3	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,4	kpl/laitte/vuosi	
SENSORIT 4-7	Litiumparisto CR2450, 1 kpl	0,5	kpl/laitte/vuosi	
<u>Pariston vaihtoväli</u>				
SENSORIT 1-2		4	vuotta	
SENSORI 3		5	vuotta	
SENSORIT 4-7		2	vuotta	
<u>Laitteiden käyttöikä</u>		10	vuotta	

TUOTOKSET (output)	Kuvaus	Määrä	Yksikkö	Kommentti
<u>LAITTEIDEN POISTO</u>				
SENSORIT 1-2		0,25	kg	
SENSORI 3		0,05	kg	
SENSORI 4		0,02	kg	
SENSORI 5		0,014	kg	
SENSORI 6-7		0,047	kg	
Käytettyjen sensorien paino yhteensä		0,38	kg	

**MUIDEN LAITTEIDEN
INVENTAARIO**

SYÖTTEET (input)	Kuvau s	Mä ära	Yksi kkö	Kommentti
<u>LAITTEIDEN PAINOT</u>				
Unisensori		0,2 7	kg/k pl	Lähde: Clas Ohlson (2021) https://www.clasohlson.com/fi/Withings-Sleep-Unisensori/p/Pr444280000
Ranneke		0,0 23	kg/k pl	Lähde: BlueUp (2021) https://www.blueupbeacons.com/index.php?page=safex_quuppa
<u>LAITTEIDEN KÄYTTÖIKÄ</u>		10	vuott a	Laitteiden arvioitu käyttöikä
<u>KULJETUS MATKAT</u>				
Unisensori	Kiina - Suomi, laivara hti	133 06	km	Lähde: TopShipping (2021) https://topshipping.cn/
Ranneke	Kiina - Suomi, laivara hti	133 06	km	Lähde: TopShipping (2021) https://topshipping.cn/
Asiakkaalle	Salo - Tamper e	163	km	Lähde: Etäisyys.com (2022) https://www.etaisyys.com/etaisyys/tampere/salo/

TUOTOKSET **Kuvaus** **Määrä** **Yksikkö** **Kommentti**
(output)

<u>LAITTEIDEN POISTO</u>				
Laitteiden kokonaispaino / FU		0,293	kg	Arvo muuttuu sen mukaan, millaisia määriä laitteita Laitteiden määrä per FU -välilehdelle laitetaan

SENSORIEN MATERIAALIEN KULJETUKSEN, TUOTANNON JA KÄYTÖN PÄÄSTÖT

Laite	Määrä	Yksikkö
SENSORIT 1-2		
Kotelon valmistus	0,106	kg CO ₂ ekv / laite
Kotelon kuljetus	0,003	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,036	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,246	kg CO₂ekv / laite
Laite	Määrä	Yksikkö
SENSORI 3		
Kotelon valmistus	0,106	kg CO ₂ ekv / laite
Kotelon kuljetus	0,003	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,036	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,246	kg CO₂ekv / laite
Laite	Määrä	Yksikkö
SENSORI 4		
Kotelon valmistus	0,033	kg CO ₂ ekv / laite

Kotelon kuljetus	0,005	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,001	kg CO ₂ ekv / laite
Magneetti	0,011	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,033	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,180	kg CO₂ekv / laite
Laite	Määrä	Yksikkö
SENSORI 5		
Kotelon valmistus	0,033	kg CO ₂ ekv / laite
Kotelon kuljetus	0,005	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,001	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,008	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,144	kg CO₂ekv / laite
Laite	Määrä	Yksikkö
SENSORIT 6-7		
Kotelon valmistus	0,033	kg CO ₂ ekv / laite
Kotelon kuljetus	0,005	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevy ja komponentit, valmistus	0,093	kg CO ₂ ekv / laite
Piirilevyn kuljetus	0,001	kg CO ₂ ekv / laite
Paristokotelon materiaali	0,008	kg CO ₂ ekv / laite
Magneetti	0,007	kg CO ₂ ekv / laite
Kokoonpanon energiankulutus	0,004	kg CO ₂ ekv / laite
Yhteensä	0,151	kg CO₂ekv / laite

	Määrä	Yksikkö	Lisätiedot
Sensorien tuotannon päästöt yhteensä	2,25	kg CO₂ekv	Käytetty kertoimina Laitteiden määrä per FU -välilehden tietoja
	Määrä	Yksikkö	
Sensorien SER-kierrätyksen päästöt	0,27	kg CO₂ekv	
Sensorien kuljetus asiakkaalle	Määrä	Yksikkö	
Esim. Salo - Tampere	0,002	kg CO₂ekv	
SENSORIEN PARISTOJEN TUOTANTO			
Laite	Määrä	Yksikkö	
SENSORIT 1-2	0,27	kg CO ₂ ekv	
SENSORI 3	0,04	kg CO ₂ ekv	
SENSORIT 4-7	0,27	kg CO ₂ ekv	
Yhteensä	0,58	kg CO₂ekv	
SENSORIEN PARISTOJEN KIERRÄTYS			
Laite	Määrä	Yksikkö	

SENSORIT 1-2	0,07	kg CO ₂ ekv	
SENSORI 3	0,01	kg CO ₂ ekv	
SENSORIT 4-7	0,07	kg CO ₂ ekv	
Yhteensä	0,15	kg CO₂ekv	

MUIDEN LAITTEIDEN PÄÄSTÖT

Muut laitteet kuin edellisellä välilehdellä olevat sensorit. Verkkovirrassa olevat ja paristokäyttöiset laitteet.

PARISTOKÄYTTÖISTEN LAITTEIDEN PARISTOJEN KULUTUS

<u>RANNEKE</u>		
	Määrä	Yksikkö
Paristo	1	kpl / vuosi

MUUT LAITTEET, PARISTOJEN TUOTANNON JA KIERRÄTYKSEN PÄÄSTÖT

	GWP (100a)	Yksikkö
Tuotanto	0,11	kg CO ₂ ekv
Kierrätys	0,03	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	0,13	kg CO₂ekv

VERKKOVIRRASSA OLEVIENTEN JA LADATTAVIEN LAITTEIDEN SÄHKÖNKULUTUS

UNISENSORI (verkkovirrassa)		

Määrä	Yksikkö	Lisätiedot
5	W	Laitteesta saatavilla tiedot 5V 1A ($V \cdot A = W$)
0,005	kW	Muunnos kilowateiksi
12	h	Laitteen aktiivisuus aika/vrk
365	vrk	
21,9	kWh	Yhteensä / vuosi

LAITTEIDEN ENERGIANKULUTUKSEN PÄÄSTÖT

	GWP (100a)	Yksikkö
Yhteensä	1,99	kg CO ₂ ekv

TUOTANNON PÄÄSTÖT YHTEENSÄ

	GWP (100a)	Yksikkö
Unisensori	9,666	kg CO ₂ ekv
Ranneke	0,8234	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	10,4894	kg CO₂ekv

KULJETUKSET YHTEENSÄ

	GWP (100a)	Yksikkö
Unisensori	0,15	kg CO ₂ ekv
Ranneke	0,01	kg CO ₂ ekv
Asiakkaalle	0,00	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	0,16	kg CO₂ekv

KIERRÄTYS YHTEENSÄ

	GWP (100a)	Yksikkö
Yhteensä	0,21	kg CO₂ekv

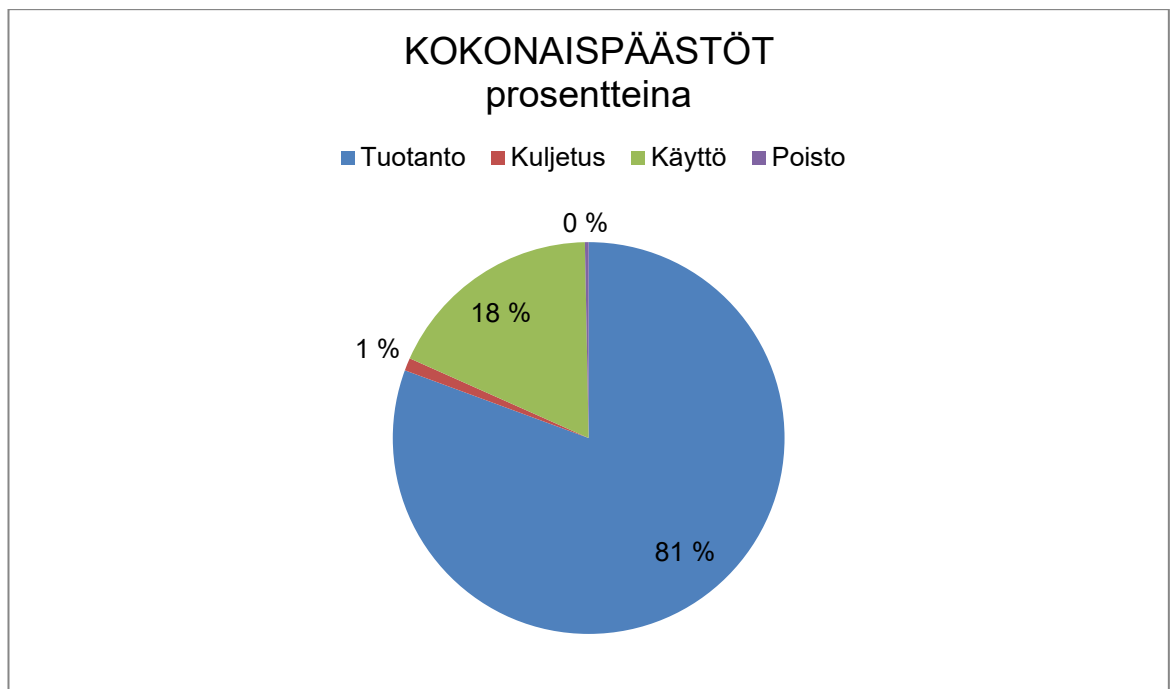
**PÄÄSTÖKER
TOIMET**

INVENTAARI ON KOHTEET	GW P (10 0a)	Yksik kö	Lähde
Energia			
Sähkönkulut uksen päästökerroi n	0,0 91	kg CO ₂ /k Wh	Fingrid (2021) https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/
Materiaalit			
ABS-muovi	3,3 2	kg CO ₂ ek v/kg	MEEUP Methodology report (2005) https://docplayer.net/5062926-Meeup-methodology-report.html
teräs	1,8 5	kg CO ₂ ek v/kg	CarbonClean (2021) https://www.carbonclean.com/blog/steel-co2-emissions
FR-4 PCB	18, 6	kg CO ₂ ek v/m ²	Springer-Verlag GmbH Germany (2017) https://link.springer.com/epdf/10.1007/s11356-017-0280-z?author_access_token=jGVe-ZR5HICpOaipC4bc8fe4RwlQNchNByi7wbcMAY5RqovdKMzeS-QzjsqxTJdscW2VGBh8m0VYD1unB9MLR7agjle-qS9WZPR2SaPV2GKL7YJG93YqTaUZ9Pcn_qNJhRxRNbVZ_vd7vGIDdYG0bA%3D%3D
Laitteet			

Sähkö- ja elektroniikka romu SER, käsittelyn päästökerroi n	0,7 2	kg CO ₂ e/ kg	WWF:n ilmastolaskuri. Henna Teerihalme. (2018). HSY. Henkilökohtainen tiedonanto ja Dahlbo ym. (2011) SYKE https://wwf.fi/ilmastolaskuri_laskentaperusteet/
Pariston tuotanto	0,1 07	kg CO ₂ e/ kpl	Hamade ym. (2020) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307794
Pariston kierrätys	tieto pois tett u	kg CO ₂ e/ kpl	Ecoinvent 3.7.1.: market for used Li-ion battery, Cut-off system model, GLO
Keskimääräi nen pieni sähkölaite, tuotannon päästökerroi n	tieto pois tett u	kg CO ₂ e/ kg	[Ecoinvent 3.7.1.: router, internet, Cutoff system model, RoW]
Kuljetus			
Laivarahti	0,0 4	kg CO ₂ e/ tkm	Lipasto (2017) http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/vesiliikenne/kontti.htm
Täysperävau nuyhdistelmä	0,0 3	kg CO ₂ e/ tkm	Lipasto (2016) http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm

PALVELUN KOKONAISPÄÄSTÖT

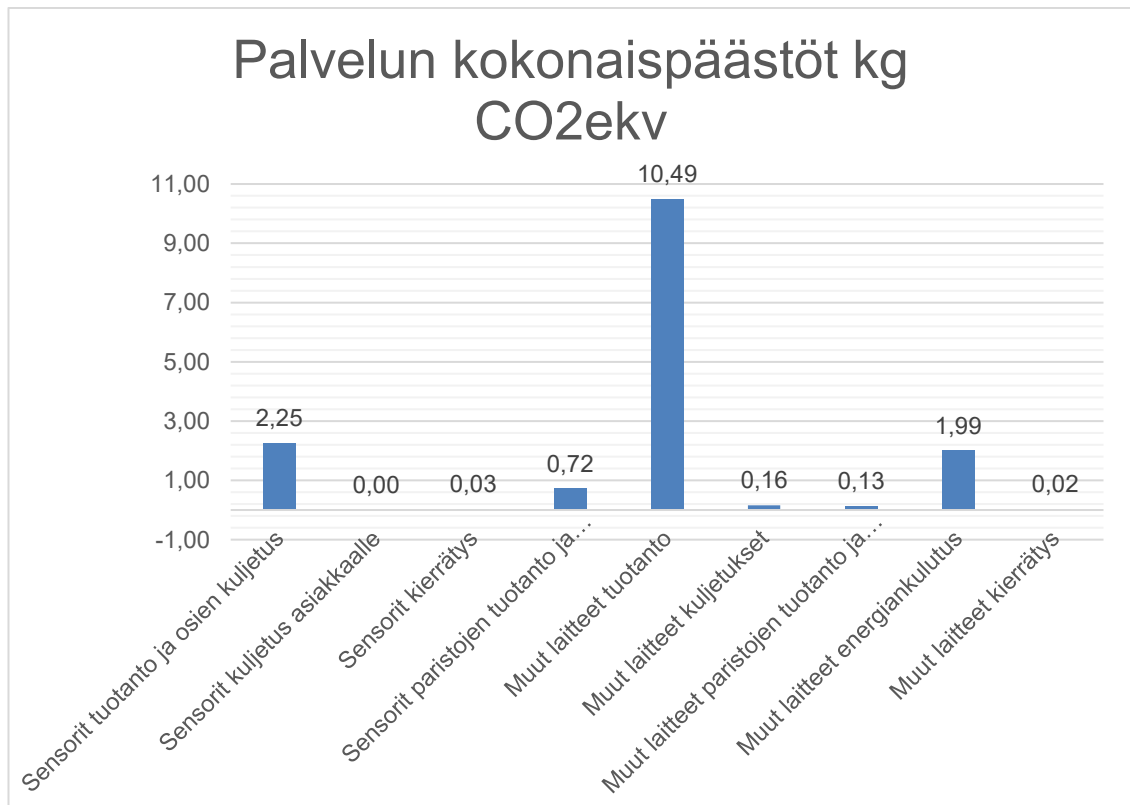
Kokonaispäästöt	GWP (100a)	Yksikkö
Tuotanto	12,74	kg CO ₂ ekv
Kuljetus	0,17	kg CO ₂ ekv
Käyttö	2,85	kg CO ₂ ekv
Poisto	0,05	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv

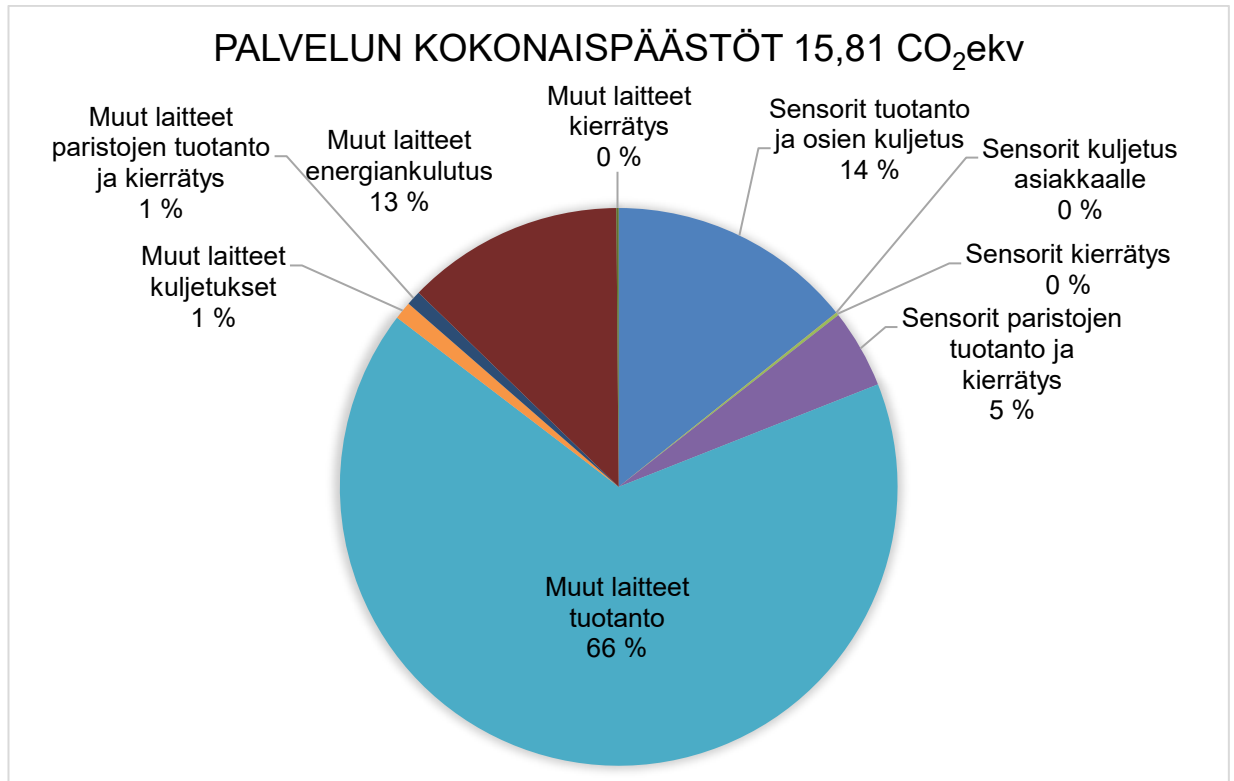




Kokonaispäästöt eriteltynä

	GWP (100a)	Yksikkö
Sensorit tuotanto ja osien kuljetus	2,25	kg CO ₂ ekv
Sensorit kuljetus asiakkaalle	0,00	kg CO ₂ ekv
Sensorit kierrätys	0,03	kg CO ₂ ekv
Sensorit paristojen tuotanto ja kierrätys	0,72	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet tuotanto	10,49	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kuljetukset	0,16	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet paristojen tuotanto ja kierrätys	0,13	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet energiankulutus	1,99	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kierrätys	0,02	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv





Toimintakyvyn arviointi -palvelun hiilijalanjälki - Benete Oy

Tekijä: Kaisa Jussila, Turun ammattikorkeakoulu

Liite 2	20
Sisältö	
Johdanto	21
Tavoitteet ja soveltamisala	22
Inventaario	23
Vaikutusarvionti	27
Rajaukset ja epävarmuudet	29
Hiilijalanjälkilaskennan tulokset	30
Johtopäätökset ja suositukset	33
Lähteet	34
Kuviot	
Kuvio 1 Yksikköprosessit	23
Kuvio 2 Kokonaispäästöt prosentteina	31
Kuvio 3 Palvelun kokonaispäästöt prosentteina	32
Taulukot	
Taulukko 1 Yksittäisen sensorin lähtötiedot	24
Taulukko 2 Paristojen lähtötiedot	25
Taulukko 3 Muiden laitteiden lähtötiedot	25
Taulukko 4 Päästökertoimien lähteet	27
Taulukko 5 Hiilijalanjälkilaskennan kokonaispäästöt	30
Taulukko 6 Kokonaispäästöt eriteltynä	31

1 Johdanto

Tässä raportissa kuvataan Beneten Toimintakyvyn arviointi -palvelun hiilijalanjälkilaskenta. Laskenta on tehty Turun ammattikorkeakoulun energia- ja ympäristötekniikan koulutusohjelman mukaisessa opinnäytetyössä *Sensortechnologiaan perustuvan palvelun hiilijalanjälki – Benete Oy*, jonka tekijä on Kaisa Jussila.

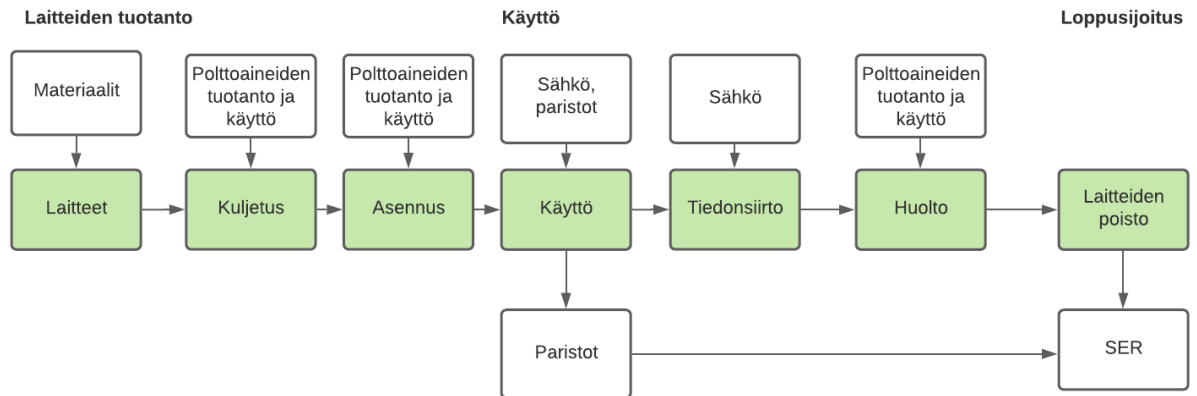
2 Tavoitteet ja soveltamisala

Tämän laskennan tavoitteena oli selvittää Beneten *Toimintakyvyn arviointi* -palvelun tuottama hiilijalanjälki. *Toimintakyvyn arviointi* perustuu sensoritekniikkaan ja se tehtävänä on tukea hoiva-alan ammattilaisten työtä asiakkaiden toimintakyvyn seurannassa (Benete Oy). Laskennan toiminnallinen yksikkö (functional unit) on palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottovuoden aikana. Laskenta seuraa hiilijalanjälkilaskennan yleisperiaatteita ISO-standardeista 14040, 14044 ja 14067. Projektin lopputulos on muokattava Excel-pohjainen laskuri, jolla voidaan seurata päästöjen kehittymistä ja arvioida eri toimenpiteiden vaikutusta palvelun tuottamiin päästöihin.

3 Inventaario

Laskennassa otettiin huomioon sensorien osalta niihin käytettävien osien valmistus ja kuljetus, kokoonpanon energiankulutus, laitteiden toimitus asiakkaalle, kierrätys sekä sensoreissa käytettyjen paristojen tuotanto ja kierrätys. Laskennassa huomioitiin myös muiden palvelussa käytettävien sähkölaitteiden tuotanto, energiankulutus ja kierrätys. Laitteiden asennukseen ei tarvita erikseen asentajaa, vaan laitteet lähetetään asiakkaalle postitse ja nämä kuljetukset on huomioitu laskennassa. Huollon arvioitiin tapahtuvan pääosin niin, että tilalle lähetetään postissa uusi laite. Kuljetuksien osalta on laskettu vain polttoaineen käytön päästöt. Paristojen ja SER-jätteen kuljetuksia ei ole huomioitu. Tarvittavat lähtötiedot palvelun sisällön osalta kerättiin suoraan Benete Oy:ltä ja sensorien osalta Sensoan Oy:ltä.

Toimintakyvyn arviointi



Kuvio 12 Yksikköprosessit

Toimintakyvyn arviointi -palvelu sisältää tässä tarkasteltavassa tapauksessa 13 laitetta. Gateway eli yhdyskäytävä lähettää sensoreista kerätyt tiedot pilvipalveluun ja niitä voidaan analysoida palveluun kuuluvassa sovelluksessa. Osa palvelussa käytettävistä sensoreista valmistetaan suoraan palvelun käyttöä

vastaaviksi ja Benete hankkii ne suoraan niitä valmistavalta yritykseltä. Muut laitteet hankitaan valmiina.

Sensoreita oli seitsemän erilaista ja tähän tarkasteltavaan tapaukseen kuului 11 kappaleen lajitelma erilaisia sensoreita. Sensorien tuotantoprosesseista oli saatavilla tarkempia tietoja valmistajalta, joten niiden tuotannon eri vaiheiden päästöt laskettiin erikseen. Lisäksi tarkasteltavassa tapauksessa oli mukana yksi verkkovirralla toimiva unisensori sekä paristokäyttöinen ranneke. Sensorit olivat tyypiltään melko samanlaisia ja taulukossa 1 on esitetty yhden sensorin lähtötiedot.

Taulukko 9 Yksittäisen sensorin lähtötiedot

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Kotelo, ABS-muovia	0,032	kg
Piirilevymateriaalit	0,007	kg
Paristokotelo, muovia	0,011	kg
Piirilevyn pinta-ala	0,005	m ²
Kokoonpanon energiankulutus	0,045	kWh
Kotelon kuljetus, Espanja-Suomi, laivarahti	2000	km
Piirilevyn kuljetus, Kiina-Suomi, laivarahti	13306	km

Sensoreissa käytettävien paristojen tuotannon ja poiston päästöt laskettiin erikseen. Paristojen määrä, tyyppi ja vaihtoväli vaihtelivat eri sensorien välillä ja niiden käytön määrä suhteutettiin toiminnalliseen yksikköön.

Taulukko 10 Paristojen lähtötiedot

<u>Paristojen käyttö</u>	Kuvaus	Määrä	Yksikkö
SENSORIT 1-2	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,5	kpl/laite/vuosi
SENSORI 3	AA-alkaliparisto, 2 kpl	0,4	kpl/laite/vuosi
SENSORIT 4-7	Litiumparisto CR2450 1 kpl	0,5	kpl/laite/vuosi
<u>Pariston vaihtoväli</u>			
SENSORIT 1-2		4	vuotta
SENSORI 3		5	vuotta
SENSORIT 4-7		2	vuotta

Taulukossa 3 on listattu muiden palvelussa käytettävien laitteiden eli unisensorin ja rannekkeen lähtötiedot. Laitteiden tuotannon päästöt laskettiin kertomalla laitteiden paino keskimääräisen pienen laitteen päästökertoimella.

Taulukko 11 Muiden laitteiden lähtötiedot

Kuvaus	Määrä	Yksikkö
Unisensori		
Laitteen paino	0,27	kg
Kuljetusmatka, Kiina-Suomi laivarahti	13306	km
Energiankulutus	21,9	kWh/vuosi
Ranneke		
Laitteen paino	0,023	kg
Kuljetusmatka, Kiina-Suomi laivarahti	13306	km
Paristojen kulutus	1	kpl/vuosi

Laitteiden toimitukset asiakkaalle laskettiin etäisyydelle Salo-Tampere, joka voisi olla laskennan kohteena toimivan tapauksen toimitusmatka. Lisäksi laskettiin laitteiden SER-kierrätyksen ja laitteissa käytettävien paristojen tuotannon ja kierrätyksen aiheuttamat päästöt. Kierrätys ei sisällä kuljetuksen päästöjä. Laitteiden poiston päästöt on huomioitu yhden vuoden ajalta

arvioiden, että laitteiden käyttöikä on 10 vuotta. Uusia laitteita ei hankita joka vuosi, joten siksi poistot suhteutettiin käyttövuosien mukaan.

4 Vaikutusarvionti

Inventaarion luvut yhdistettiin omiin päästöarvoihinsa tarkoitukseen luodussa Excel-laskurissa. Laskentaa varten luotiin itse Excel-pohjainen laskuri, johon haettiin tarvittavat materiaalien, liikenteen ja sähkönkulutuksen päästökertoimet erilaisista tietokannoista ja tutkimuksista.

Päästöarvojen lähteet on eritelty alla olevassa taulukossa. Kaikkien päästöarvojen realistisuutta tässä tilanteessa ei voida taata, mutta ne ovat mitä luultavimmin kooltaan oikeaa suuruusluokkaa. Joitakin tietoja on hankittu Ecoinvent-tietokannasta, eikä niitä voida julkaista suorina arvoina lisenssien vuoksi.

Taulukko 12 Päästökertoimien lähteet

PÄÄSTÖ- KERTOIMET			
INVENTAARION KOHTEET	GWP (100a)	Yksikkö	Lähde
Energia			
Sähkönkulutuksen päästökerroin	0,091	kg CO ₂ /kWh	Fingrid (2021) https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/
Materiaalit			
ABS-muovi	3,32	kg CO ₂ e/kg	MEEUP Methodology report (2005) https://docplayer.net/5062926-Meeup-methodology-report.html
teräs	1,85	kg CO ₂ e/kg	CarbonClean (2021) https://www.carbonclean.com/blog/steel-co2-emissions
FR-4 PCB	18,6	kg CO ₂ e/m ²	Springer-Verlag GmbH Germany (2017) https://link.springer.com/epdf/10.1007/s11356-017-0280-z?author_access_token=jGVe-ZR5HICpOuiPc4bc8fe4RwIQNchNByi7wbcMAY5RqovdKMzeS-QzjsqxTJdscW2VGBh8m0VYD1unB9MLR7agjle-qS9WZPR2SaPV2GKL7YJG93YqTaUZ9Pcn_qNJhRxRNbVZ_vd7vGIDdYG0bA%3D%3D
Laitteet			

Sähkö- ja elektroniikkaromu SER, käsittelyn päästökerroin	0,72	kg CO2e/kg	WWF:n ilmastolaskuri. Henna Teerihalme. (2018). HSY. Henkilökohtainen tiedonanto ja Dahlbo ym. (2011) SYKE https://wwf.fi/ilmastolaskuri_laskentaperusteet/
Pariston tuotanto	0,107	kg CO2e/kpl	Hamade ym. (2020) https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351978920307794
Pariston kierrätys	tieto poistettu	kg CO2e/kpl	Ecoinvent 3.7.1.: market for used Li-ion battery, Cut-off system model, GLO
Keskimääräinen pieni sähkölaite, tuotannon päästökerroin	tieto poistettu	kg CO2e/kg	[Ecoinvent 3.7.1.: router, internet, Cutoff system model, RoW]
Kuljetus			
Laivarahti	0,04	kg CO2e/tkm	Lipasto (2017) http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/vesiliikenne/kontti.htm
Täysperävaunuyhdistelmä	0,03	kg CO2e/tkm	Lipasto (2016) http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tavaraliikenne/tieliikenne/kavp60tie.htm

4.1 Rajaukset ja epävarmuudet

Tiedonsiirron energiankulutukseen liittyy paljon epävarmuuksia, joten sitä ei ole otettu huomioon tässä laskennassa. Tiedonsiirron energiankulutuksen laskemiseksi pitäisi tietää, kuinka pitkiä matkoja ja kuinka paljon dataa liikkuu ja millainen yhteys on käytössä. Vertailun vuoksi yksi suomalainen käyttää mobiilidatan siirtoon keskimäärin 90–130 kWh sähköä vuodessa (Siitonen 2020) ja sähkönkulutuksen päästöt ovat 0,091 kg hiilidioksidiekvivalenttia yhtä kilowattituntia kohti (Fingrid 2021). Jos keskiarvoksi valitaan 110 kWh sähköä vuodessa, hiilidioksidipäästöjä yhden suomalaisen mobiilidatan käytöstä vuoden aikana syntyy noin 10 kg CO₂ekv, joka vastaa noin 90 km ajoa bensiiniautolla. Sensoreista siirtyy tietoa tätä huomattavasti pienempiä määriä.

Laitteiden poistossa on käytetty SER-kierrätyksen päästökerrointa, joka ei sisällä kuljetuksen päästöjä. Muista kuljetuksista laskettiin vain niiden suorat päästöt. Laitteissa käytettiin sekä alkali- että litiumparistoja, mutta tietojen saatavuudesta johtuen paristojen tuotannossa on käytetty alkalipariston tuotannon päästökerrointa ja kierrätyksessä litiumionipariston päästökerrointa. Pariston tyyppillä ei kuitenkaan arvioitu olevan huomattavaa merkitystä arvioinnin lopputulokseen.

5 Hiilijalanjätkilaskennan tulokset

Hiilijalanjätkilaskennan toiminnallisena yksikkönä oli Toimintakyvyn arviointi - palvelussa käytettävien laitteiden elinkaaren aikaiset päästöt yhtä henkilöä kohti käyttöönottoavuoden aikana. Laitteiden poiston päästöt on huomioitu yhden vuoden ajalta arvioiden, että laitteiden käyttöikä on 10 vuotta. Hiilijalanjätkiksi saadaan laskennan perusteella yhteensä 15,81 kg CO₂-ekvivalenttia.

Tuotannon osuus kokonaispäästöistä oli 12,74 kg CO₂ekv, kuljetuksen 0,17 kg CO₂ekv, käytön 2,85 kg CO₂ekv ja laitteiden poiston 0,05 kg CO₂ekv.

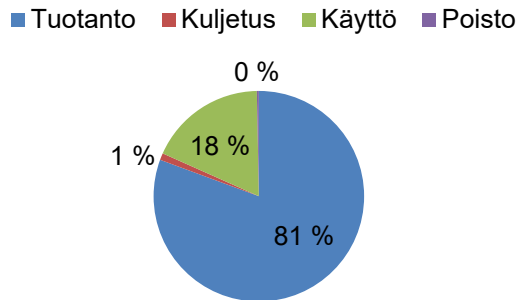
Taulukko 13 Hiilijalanjätkilaskennan kokonaispäästöt

Kokonaispäästöt

	GWP (100a)	Yksikkö
Tuotanto	12,74	kg CO ₂ ekv
Kuljetus	0,17	kg CO ₂ ekv
Käyttö	2,85	kg CO ₂ ekv
Poisto	0,05	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv

Kuviosta 3 nähdään, että huomattava osa eli 81 prosenttia palvelun päästöistä syntyy tuotannossa. Kuljetusten ja laitteiden poiston osuudet ovat hyvin pieniä, 0–1 prosenttia. Käytön päästöt muodostavat näin ollen viimeiset 18 prosenttia toiminnallisen yksikön päästöistä.

PÄÄSTÖJEN OSUUDET PROSENTTEINA



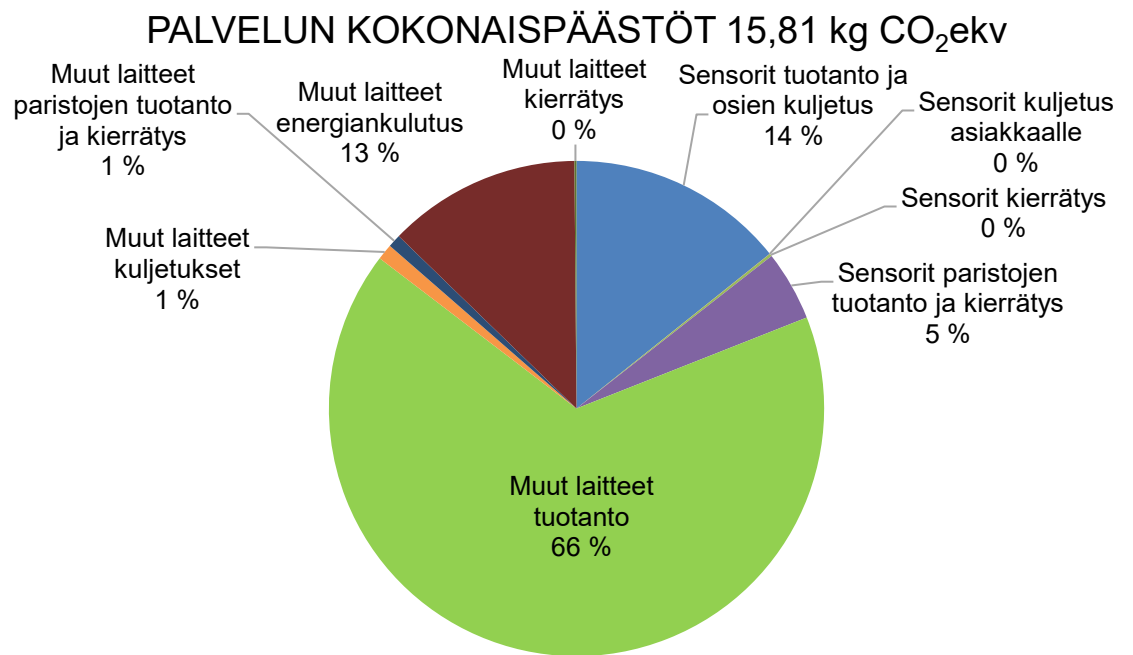
Kuvio 13 Kokonaispäästöt prosentteina

Kokonaispäästöt laskettiin erikseen sensorien ja muiden laitteiden osalta, ja ne koostuivat taulukossa 5 esitetyistä osista. Sensorien tuotannon ja osien kuljetuksen päästöt olivat yhteensä 2,25 kg CO₂ekv, kuljetuksen 0,002 kg CO₂ekv, kierrätyksen 0,03 kg CO₂ekv ja sensoreissa käytettävien paristojen tuotanto ja kierrätys 0,72 kg CO₂ekv. Muiden laitteiden tuotannon päästöt olivat 10,49 kg CO₂ekv, niiden kuljetusten päästöt 0,16 kg CO₂ekv, käytettyjen paristojen tuotanto ja kierrätys 0,13 kg CO₂ekv, käytönaikainen energiankulutus 1,99 kg CO₂ekv ja laitteiden kierrätys 0,02 kg CO₂ekv.

Taulukko 14 Kokonaispäästöt eriteltynä

Kokonaispäästöt 15,81 kg CO₂ekv

	GWP (100a)	Yksikkö
Sensorit tuotanto ja osien kuljetus	2,25	kg CO ₂ ekv
Sensorit kuljetus asiakkaalle	0,00	kg CO ₂ ekv
Sensorit kierrätys	0,03	kg CO ₂ ekv
Sensorit paristojen tuotanto ja kierrätys	0,72	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet tuotanto	10,49	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kuljetukset	0,16	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet paristojen tuotanto ja kierrätys	0,13	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet energiankulutus	1,99	kg CO ₂ ekv
Muut laitteet kierrätys	0,02	kg CO ₂ ekv
Yhteensä	15,81	kg CO₂ekv



Kuvio 14 Palvelun kokonaispäästöt prosentteina

5.1 Johtopäätökset ja suositukset

Koska hiilijalanjäljestä merkittävä osa eli 81 prosenttia (Kuvio 2) koostuu tuotannon päästöistä, laitteen elinkaaren pidentämisellä on suuri vaikutus päästöjen vähentämisessä. Myös energiatehokkuuden parantamisella ja materiaalien kierrätyksellä voidaan vähentää palvelun päästöjä. Laitteiden korjaus on niin ympäristön kannalta kuin usein taloudellisestikin järkevämpi ratkaisu kuin laitteiden korvaaminen uusilla (Lacy ym. 2015, 21). Bristolin yliopiston julkaiseman tutkimuksen mukaan yksinkertaisillakin ohjelmistomuutoksilla voidaan vähentää hiilidioksidipäästöjä huomattavasti esimerkiksi poistamalla turhaan energiaa kuluttavia toimintoja (Lu 2019).

Sensorin painosta yli puolet koostuu erilaisista muoviosista, joten niiden valmistuksen päästöihin kannattaa kiinnittää huomiota. Sensorien kotelot on valmistettu ABS-muovista ja vaihtoehtoisia materiaaleja ovat erilaiset kasvipohjaiset muovit, kuten biokomposiitti.

Kun palvelu on ollut pidempään käytössä oikeassa hoivakotiympäristössä, voi tulla kyseeseen selvittää niitä vaikutuksia, joita tässä laskennassa ei ollut mahdollista ottaa huomioon. Esimerkiksi datan käytöstä saadaan tarkempaa tietoa aidoissa olosuhteissa. Yrityksen kannattaa laskea hiilijalanjälki myös kotihoidossa käytettävälle palvelulle ja senkin osalta kannattaa selvittää hiilikädenjäljen tuottamisen mahdollisuus. Kotihoitoon sisältyy esimerkiksi liikkumista, jonka osalta voidaan arvioida päästöjen muuttumista.

6 Lähteet

Benete Oy N.d. Toimintakyvyn arviointi. Viitattu 1.10.2021.

<https://benete.com/functionality-assessment.php>

Fingrid 2021. Sähköntuotannon CO₂-päästöarvio. Viitattu 13.1.2022.

<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinat/sahkomarkkinainformaatio/co2/>

Lacy, P. & Rutqvist, J. 2015. Waste to Wealth: The Circular Economy Advantage, Palgrave Macmillan UK.

Lu, D. 2019. A small YouTube design change could drastically cut its CO₂ emissions. New Scientist Ltd. 7.5.2019. Viitattu 24.1.2022.

<https://www.newscientist.com/article/2201769-a-small-youtube-design-change-could-drastically-cut-its-co2-emissions/>

Siitonen, S. 27.10.2020. Hiilikädenjälki – mitä se tarkoittaa ja kuinka se määritellään? Viitattu 7.1.2022. <https://www.clonet.fi/ilmasto/hiilikadenjalki-mita-se-tarkoittaa-ja-kuinka-se-maaritellaan/>

Suutari, J. 2021. Sähköpostikeskustelu. Sensoan Oy:n toimitusjohtaja Jari Suutaria haastatteli 20.10.2021-25.11.2021 Kaisa Jussila

