



# **ESG-RAPORTOINTIA TUKEVAN HIILIJALANJÄLKILASKURIN SUUNNITTELU JA TOTEUTUS**

Ammattikorkeakoulututkinnon opinnäytetyö  
Tieto- ja viestintätekniikka, biotalouden koulutus

2024

Riina Kuparinen

Tieto- ja viestintäteknikka, biotalouden koulutus

Tekijä Riina Kuparinen

Työn nimi ESG-raportointia tukevan hiilijalanjälkilaskurin suunnittelu ja toteutus

Ohjaaja Ari Hietala

Tiivistelmä

Vuosi 2024

---

Tämän opinnäytetyön toimeksiantajana toimi suomalainen IoT-alan teknologiayritys Small Data Garden oy. Opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää web-pohjainen hiilijalanjälkilaskuri, joka laskee yrityksen hiilijalanjäljen käyttäjän syöttämien tietojen perusteella. Laskurin oli valmistuessaan tarkoitus toimia yrityksen ESG (Environmental, Social, Governance) - vastuullisuusraportoinnin tukena tuottamalla selkeitä laskelmia yrityksen hiilidioksidipäästöistä. Hiilijalanjälkilaskurin toisena tavoitteena on myös opastaa, miten CO<sub>2</sub>-päästöt jakautuvat kansainvälisten standardien mukaan ja mistä päästöihin liittyviä tietoja voi löytää. Hiilijalanjälkilaskurin kehittämisen taustalla oli tarve helpottaa hiilijalanjäljen laskemista ja saada vastuullisuusraportointiin liittyviä asioita tutummiksi.

Työn teoriaosuus esittelee Euroopan Unionin määrittelemät yritysraportointistandardit sekä hiilijalanjälkilaskennan ja sovelluskehityksen teoriaa. Teoriaosuus koottiin käyttämällä virallisia internet-lähteitä ja alan kirjallisuutta. Toiminnallisessa osuudessa käydään läpi sovelluksen suunnittelu ja koodaus vaihe vaiheelta. Lopuksi kerrotaan laskurin testauksesta ja testauksen kautta esiin nousseista kehitysideoista sekä pohditaan opinnäytetyöprojektin onnistumista ja hiilijalanjäljen laskemisen merkitystä globaalissa mittakaavassa.

Kokonaisuutena opinnäytetyö opetti, kuinka web-sovellus, sen toiminnot ja tyylittely rakennetaan alusta loppuun käyttämällä yleisimpiä sovellustyökaluja. Projektin edetessä tietämys kansainvälisestä ilmastopolitiikasta, siihen liittyvästä raportoinnista ja sovelluksen teknisestä kokoamisesta lisääntyivät ja vahvistuivat. Opinnäytetyön tuloksena syntyi toimiva hiilijalanjälkilaskuri, joka luovutettiin toimeksiantaja Small Data Gardenin käyttöön jatkokehitystä varten. Toimeksiantajan palaute laskurista oli positiivinen ja sen todettiin tukevan Small Data Gardenin ESG-raportointia antamalla selkeitä laskelmia CO<sub>2</sub>-päästöistä, jotka voidaan tulevaisuudessa liittää osaksi virallisia vastuullisuusraportointidokumentteja.

Avainsanat Ympäristövastuu, hiilijalanjälki, sovelluskehitys, tieto- ja viestintäteknikka  
Sivut 30 sivua ja liitteitä 2 sivua

Degree Programme in ICT, Bioeconomy

Author Riina Kuparinen

Subject Designing and developing of a carbon footprint calculator supporting ESG reporting

Supervisor Ari Hietala

Abstract

Year 2024

---

The commissioner of this thesis was Small Data Garden, which is a IoT company located in Riihimäki and Seinäjoki. The goal of the thesis was to develop a web-based carbon footprint calculator that calculates the company's carbon footprint based on the information given by the user. The objective of the calculator was also to produce a clear calculation of the carbon dioxide emissions and support the company's responsibility reporting. The second goal of the calculator was to provide guidance on how the CO<sub>2</sub> emissions are distributed according to the international standards and where information related to the emissions can be found and finally, the aim was to ease the workload behind the company's CO<sub>2</sub> calculations and familiarize the aspects behind the ESG (Environmental, Social, Governance) responsibility reporting.

The theoretical part of the thesis introduced the reporting standards defined by the European Union, the theory of carbon footprint calculation and software development using official internet sources and literature view. The functional part of the thesis consisted of the design and the coding of the application step by step. In addition, the testing results of the calculator, developing ideas, overall review of the design and development of the calculator and the global meaning of carbon dioxide calculations were clarified and discussed.

In conclusion, the thesis provided a clear picture on how to create a software application, how to build its functions and edit the styling from start to finish by using the most common software tools. As the thesis project progressed, the knowledge on international climate policies, sustainability reporting and the technical skills related to software development increased and strengthened. As a result, the final product was a functioning carbon footprint calculator, which was given to the commissioner for further development. The commissioner's feedback was positive, and it was stated that the calculator will support the commissioner's ESG reporting in the future by providing clear calculations of the CO<sub>2</sub> emissions.

Keywords Environmental responsibility, carbon footprint, software development, information and communication technology

Pages 30 pages and appendices 2 pages

## Sisällys

1	Johdanto .....	1
2	Raportoinnin globaalit viitekehykset .....	3
2.1	EU:n vastuullisuus- ja kestävyysraportointi .....	3
2.2	CSRD-direktiivi .....	5
2.3	ESRS-standardit .....	5
2.4	Vastuullisuus ja sen raportoinnin merkitys liiketoiminnassa.....	6
2.5	Hiilijalanjälki ja sen laskeminen .....	7
3	Hiilijalanjälkilaskurin suunnittelu ja toteutus.....	11
3.1	Tausta ja tavoitteet.....	11
3.2	Yleistä sovellus- ja ohjelmistokehityksestä.....	11
3.3	Suunnittelu.....	14
3.4	Toteutus.....	16
4	Sovelluksen testaus ja kehitysideat.....	22
5	Johtopäätökset ja pohdinta .....	24
	Lähteet .....	27

## Kuvat, taulukot ja kaavat

Kuva 1. Kestävän kehityksen teemat ja niiden linkitykset toisiinsa (Ramboll, 2023).

Kuva 2. ESRS-standardit.

Kuva 3. Greenhouse Gas Protocolin määrittämä Scope-jaoittelu.

Kuva 4. Laskurin ulkoasun ensimmäinen layout-vaihtoehto.

Kuva 5. Laskurin ulkoasun toinen layout-vaihtoehto.

Kuva 6. Hiilijalanjälkilaskurin lopullinen ulkoasu.

## Liitteet

Liite 1. Hiilijalanjälkilaskurin kertoimet

Liite 2. Infolaatikoiden tekstit

# 1 Johdanto

Ilmastonmuutos ja maapallon keskilämpötilan nousun pysäyttäminen ovat nykyisten ja tulevien sukupolvien suurin haaste. Yhteiskunnan talouden nojattessa miltei täysin fossiilisiin polttoaineisiin on edessä muutoksia, joita ei muutamassa vuodessa toteuteta. Enää ei riitä, että hiilidioksidipäästömme ovat nollassa, vaan päästöjen on oltava tulevaisuudessa jopa negatiivisia, jotta maapallo säilyy elinkelpoisena myös tulevaisuudessa.

Hiilijalanjäljen koon laskeminen ja sitä kautta CO<sub>2</sub>-päästöjen vähentäminen on tärkeää ilmaston lämpenemisen kannalta. Hiilidioksidia vapautuu ilmakehään ihmisen polttamien fossiilisten polttoaineiden kautta, ja se pidättää auringon lämpöenergiaa itseensä niin, ettei lämpö pääse haihtumaan takaisin avaruuteen. Toisin sanoen, syntyy kasvihuoneilmiö. Kasvihuonekaasut säilyvät ilmakehässä pitkään: noin viidesosa taivaalle nyt päästetystä hiilidioksidista on siellä vielä 10 000 vuodenkin kuluttua. Jos hiilidioksidia päästetään jatkuvasti ilmakehään, ilmaston lämpeneminen jatkuu, ja mitä kuumemmaksi ilmasto käy, sitä vaikeampaa ihmisten on selvitä hengissä. Ilmastotieteilijät ovat ennustaneet, että jos hiilidioksidipäästöt eivät vähene, maapallon keskilämpötila on tämän vuosisadan puolivälissä jopa kolme astetta korkeampi verrattuna esiteolliseen aikaan (Gates, 2021). Lämpötilan nousu aiheuttaa jo nyt kuivuutta, metsäpaloja, viljelymaiden tuhoutumista, napajään sulamista, merenpinnan nousua ja entistä voimakkaampia myrskyjä. Kaikki nämä aiheuttavat dominoefektin tavoin myös muita seurauksia, joista kärsivät ihmisten lisäksi myös muut eliöt.

Globaalien ilmastopöytäkirjojen solmimisen oheen on ryhdytty enenevässä määrin säätämään maille ja yrityksille yhä tarkempia vaatimuksia ja standardeja, jotta asetetut ilmastotavoitteet saavutetaan. Euroopan vihreän kehityksen ohjelma eli European Green Deal tähtää siihen, että Euroopasta tulee ensimmäinen hiilineutraali maanos vuoteen 2050 mennessä. Tämä edellyttää sitä, että eurooppalaiset yritykset ovat tietoisia ympäristölle aiheutuvista päästöistä ja varautuvat ilmastonmuutoksen potentiaalisiin riskeihin ja mahdollisuuksiin. Näitä toimia varten on säädetty yritysten kestävyysraportointia koskeva direktiivi CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive), joka koostuu 12 aihekohtaisesta ESRS (European Sustainability Standards) standardista. Näihin standardeihin sisältyy myös yrityksen päästöjen ja hiilijalanjäljen raportointi, jota varten yritysten on tarpeen tehdä usein melko yksityiskohtaisiakin laskelmia. Direktiivi astui voimaan vuonna 2024 ja velvoittaa aluksi vain suurimpia yrityksiä raportoimaan vastuullisuudestaan, mutta direktiivi koskettaa välillisesti myös pienempiä yrityksiä, jos ne ovat tekemisissä raportointivastuussa olevien suuryritysten

kanssa. Tämän takia monien yritysten tarve vastuullisuusraportointiin ja CO<sub>2</sub>-päästölaskentaan on viime vuosina kasvanut.

Ympäristöasioiden huomioimisella ja yrityksen vastuullisuudesta kertovalla julkisella tiedolla on myös vahva merkitys nykypäivän liiketoiminnassa, koska ne nivoutuvat entistä tiukemmin yritysten imagoon ja ohjaavat sijoittajien toimintaa. Yritys näyttäytyy sidosryhmilleen hyvänä yhteistyökumppanina, jos se viestii avoimesti olevansa vastuullinen ja ympäristöasiat huomioon ottava organisaatio.

Koska yhä useamman yrityksen on lain mukaan raportoiva päästöistään ja niihin liittyvistä tavoitteista, on näitä palveluja tarjoavien maksullisten konsulttifirmojen lukumäärä lisääntynyt maailmanmarkkinoilla. Pienillä ja keskisuurilla yrityksillä ei kuitenkaan aina ole varaa tai resursseja ulkoistaa näitä toimintoja, joten niiden tulee tehdä päästölaskentansa itse. Ilman oikeanlaista tietoa ja työkaluja tämä voi olla erityisen haastavaa.

Tämän toiminnallisen opinnäytetyön aiheena on web-pohjaisen hiilijalanjälkilaskurin kehittäminen pk-yrityksen käyttöön. Laskurin tavoitteena on automatisoida ja helpottaa yrityksen hiilijalanjäljen laskemista ja tätä kautta myös ESG-raportointia.

Opinnäytetyön tilaajana toimii Small Data Garden oy. Small Data Garden oy on muiden pienten ja keskisuurten yritysten tavoin aloittanut vastuullisuustyönsä ja tehnyt kartoitusta hiilijalanjäljestään. Opinnäytetyön tuloksena yritys toivoi web-pohjaista hiilijalanjälkilaskuria, joka laskee yhteen molempien toimipaikkojen (Riihimäki ja Seinäjoki) CO<sub>2</sub>-päästöt ilman monimutkaisia Excel-tiedostoja ja näyttää päästöluvut yhdellä sivulla mahdollisimman selkeästi. Tämän lisäksi laskurissa tuli myös olla ohjeita ja lisätietoja päästölaskentaa varten.

## 2 Raportoinnin globaalit viitekehykset

Kansainvälisesti tärkeimmät ilmastopoliittiset linjaukset on tehty YK:n ilmastomuutosta koskevassa puitesopimuksessa (UNFCCC) vuonna 1994, Kioton pöytäkirjassa vuonna 2005 ja Pariisin ilmastopöytäkirjassa vuonna 2016. Pariisin ilmastopöytäkirja on ensimmäinen aidosti globaali ja sitova ilmastopöytäkirja, joka velvoittaa kaikkia sen osapuolia osallistumaan päästöjen vähentämiseen. Sen tavoitteena on lämpötilan nousun pitäminen 1,5 asteessa suhteessa esiteolliseen aikaan. Sopimuksen on ratifioinut 195 maata.

Ilmastopöytäkirjan osapuolet raportoivat kasvihuonekaasujen päästönsä ja hiilinielunsa vuosittain YK:n ilmastopöytäkirjalle. Tämän lisäksi Euroopan unionin jäsenmaat esittävät komissiolle kahden vuoden välein maaraaportin politiikkatoimistaan ja niiden vaikutuksista kasvihuonepäästöjen kehitykseen (Ympäristöministeriö, 2024).

Näihin toimiin osallistuvat myös yritykset, jotka toimittavat omat raporttinsa oman maansa sisällä toimiville sidosryhmilleen. Raportointivastuu on erilainen yrityksen koosta riippuen, mutta lait ovat velvoittaneet yrityksiä raportoimaan ympäristövaikutuksistaan jo monien vuosien ajan.

Marraskuussa 2023 YK:n ilmastopöytäkirja arvioi Pariisin ilmastopöytäkirjan osapuolten toimien riittävyttä ja totesi, että sopimuksessa asetettua tavoitetta maapallon keskilämpötilan nousun pitämisessä alle kahdessa asteessa ei tulla saavuttamaan tarpeeksi nopeasti. Arvioinnin tulokset osoittivat, että päästöt eivät enää nouse vuoden 2030 jälkeen, mutta ne eivät silti alene siinä tahdissa missä tämän vuosisadan trendin tulisi olla, jotta ilmastomuutoksen peruuttamattomat vaikutukset ekosysteemille eivät toteutuisi. Raportista käy myös ilmi, että toteutuessaan ilmastopöytäkirjan päästöt olisivat 63 % pienemmät vuonna 2050 verrattuna vuoden 2019 päästöihin eli maapallo on etenemässä kohti nollapäästöistä tulevaisuutta (UNFCCC, 2023).

### 2.1 EU:n vastuullisuus- ja kestävyysraportointi

Euroopan Unioni on sitoutunut vähentämään nettokasvihuonekaasupäästöjään vähintään 55 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi Unionin tavoitteena on saavuttaa EU-tason ilmastoneutraalius eli EU:n lainsäädännössä säänneltyjen päästöjen ja poistumien tasapaino vuoteen 2050 mennessä (Ympäristöministeriö, 2024). Tätä kokonaisuutta kutsutaan nimellä European Green Deal eli Euroopan vihreä siirtymä, ja sen tueksi on säädetty erilaisia direktiivejä ja standardeja, jotta EU:n alueella toimivat yritykset

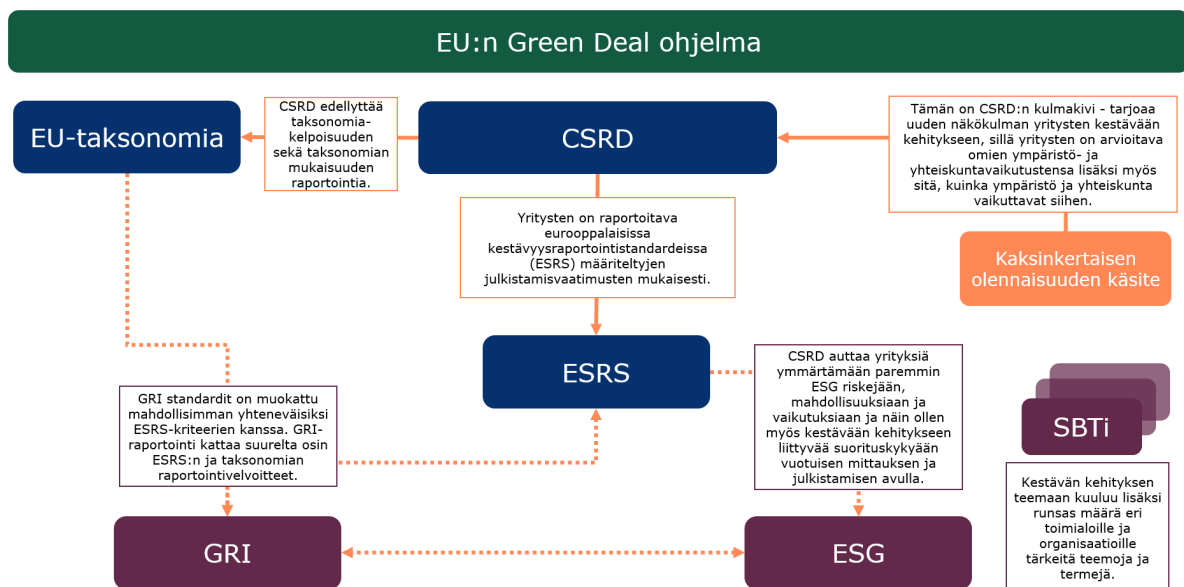
sitoutuisivat yhteisiin päästötavoitteisiin. Nämä direktiivit velvoittavat yrityksiä raportoimaan vastuullisuustoimistaan, ja standardeilla on määritelty mistä asioista nämä raportit koostuvat.

GRI eli *Global Reporting Initiative* on kansainvälinen aloite, joka loi yhden ensimmäisistä globaaleista yritys vastuun viitekehyksistä vuonna 2000. Standardi luo yhtenäiset periaatteet tavalle, jolla organisaatio raportoii olennaisista vaikutuksistaan ihmisiin, ympäristöön ja talouteen (Tofuture, 2022). Uudet ESRS-kriteerit on muokattu yhteneväisiksi GRI-standardien kanssa (Ramboll, 2023).

ESG-raportointi eli vastuullisuusraportointi pitää sisällään tietoa yrityksen toiminnan vaikutuksista ympäristöön, ilmastoon ja ihmisiin. Yritys kuvaa vastuullisuuttaan kolmesta eri näkökulmasta eli ympäristövaikutusten (Environmental), ihmisiin kohdistuvien vaikutusten (Social) ja hallintotavan (Governance) kautta (Tofuture, 2024).

CSRD-kestävyyssdirektiivin ESRS-standardeihin liittyvää raportointia kutsutaan kestävyysraportoinniksi ja se on yksityiskohtaisempaa kuin ESG-raportointi. Molemmat sisältävät kuitenkin samoja teemoja ja ovat vahvasti yhteydessä yritys vastuuseen ja EU-taksonomiaan, kuten Kuva 1 havainnollistaa.

Kuva 1: Kestävän kehityksen teemat ja niiden linkitykset toisiinsa (Ramboll, 2023).



Lähde: Ramboll, Yritysten kestävyysraportointia koskeva direktiivi (CSRD), Pikaopas, 2023.

Euroopan vihreän kehityksen ohjelman mukaan yritysten on raportoitava toimistaan ESRS-kestävyysraportointistandardien mukaisesti ja suoritettava kaksinkertaisen olennaisuuden arviointia. Tämä tarkoittaa yritysten itsereflektointia ympäristö- ja yhteiskuntavaikutuksistaan sekä myös arviointia ympäristön ja yhteiskunnan vaikutuksista niihin.

## 2.2 CSRD-direktiivi

Kestävyysraportointidirektiivi eli CSRD (Corporate Sustainability Reporting Directive) astui voimaan vuoden 2024 alusta. Se edellyttää, että yrityksen ympäristöä, ihmisoikeuksia ja muita sosiaalisia seikkoja koskevat tiedot julkistetaan vuosittain yrityksen toimintakertomukseen sisällytettävässä kestävyysraportissa (Komssi, 2023). EU:n CSRD-direktiivi auttaa yrityksiä ymmärtämään ESG-asioihin liittyviä riskejä, mahdollisuuksia ja vaikutuksia (Ramboll, 2023). Yritysten tulee raportoida nämä asiat ESRS-standardien mukaisesti.

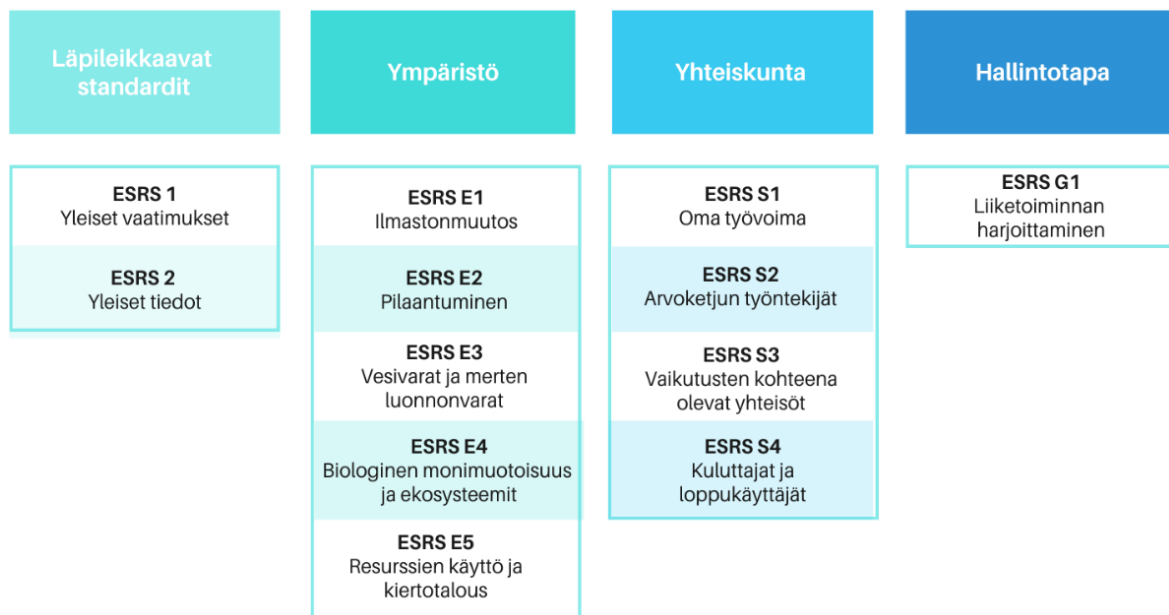
CSRD-direktiivi asetettiin aluksi koskemaan vain isoja pörssiyrityksiä, mutta sillä on vaikutuksia jo myös pieniin ja keskisuuriin yrityksiin, jotka ovat suurempien yhtiöiden vaikutuspiirissä, esimerkiksi tavarantoimittajina tai alihankkijoina.

Direktiivi on asetettu laajenemaan erikokoisiin yrityksiin asteittain ja vuodesta 2026 eteenpäin myös pienemmät listatut yritykset ovat velvoitettuja laatimaan direktiivin vaatimia kestävyysraportteja. On suositettu, että pk-yritykset noudattaisivat jo nyt CSRD-raportointimallia, sillä se muun muassa laajentaa toimintamahdollisuuksia, edistää rahoituksen saatavuutta, houkuttelee kestävään kehitykseen suuntautuneita sijoittajia ja osajia (Komssi, 2023). Se vahvistaa myös yrityksen positiivista imagoa ja viestii samalla yrityksen kestävyystietoisuudesta. CSRD-raportit tulee varmentaa ulkopuolisella varmentajalla, kuten tilintarkastajalla.

## 2.3 ESRS-standardit

Yhtenäistääkseen yritysten kestävyysraportointia, EU otti käyttöön ESRS-standardit (European Sustainability Reporting Standards) heinäkuussa 2023. ESRS koostuu 12:sta eri standardista ja ne jakautuvat neljään eri kategoriaan; läpileikkaaviin standardeihin, ympäristöasioihin liittyviin standardeihin, yhteiskunnallisiin standardeihin ja hallintotapaan liittyviin standardeihin. Kuva 2 havainnollistaa, miten standardit jakautuvat eri osa-alueiden alle.

Kuva 2: ESRS-standardit.



ESRS 1 ja ESRS 2 koskevat kaikkia yrityksiä koosta riippumatta. Niissä kuvataan yrityksen yleiset tiedot ja perustellaan, mitkä standardit ovat oleellisia raportoida ja mitkä eivät. Esimerkiksi jos yrityksen liiketoiminta ei kosketa merten luonnonvaroja, ei niitä tarvitse liittää raporttiin. Alakohtaisia standardeja ovat ympäristöä koskettavat standardit eli ESRS E1, Ilmastonmuutos; ESRS E2, Pilaantuminen; ESRS E3, Vesivarat ja merten luonnonvarat; ESRS E4, Biologinen monimuotoisuus ja ekosysteemit ja ESRS E6, Resurssien käyttö ja kiertotalous. Yhteiskuntastandardeissa raportoidaan ESRS 1 S1, Oma työvoimaa koskevat asiat; ESRS S2, Arvoketjun työntekijöitä koskevat asiat; ESRS S3, Vaikutusten kohteena olevat yhteisöt ja ESRS S4, Kuluttajat ja loppukäyttäjät. Viimeisenä standardiosiona on hallintotapaa koskevat asiat eli ESRS G1, Liiketoiminnan harjoittaminen.

ESRS pohjaa kaksinkertaisen olennaisuuden periaatteeseen, eli se velvoittaa yritykset arvioimaan ja raportoimaan vaikutuksistaan ihmisiin ja ympäristöön ja niihin liittyvistä riskeistä ja mahdollisuuksista (Euroopan Komissio, 2023).

## 2.4 Vastuullisuus ja sen raportoinnin merkitys liiketoiminnassa

Yritysten suhtautumista vastuullisuuteen ja siihen liittyvään raportointiin on jo tutkittu. Lauri Laruksen vuonna 2023 tekemässä tutkimuksessa haastateltiin 19:n eri toimialoja edustavan yrityksen johtajia siitä, miten liiketoimintastrategia ohjaa organisaation kestävyysmuutosta. Tutkimuksen mukaan monissa yrityksissä vastuullisuuden

käsitettä pidettiin tuntemattomana ja vaikeasti ymmärrettävänä, kun taas käsitteet kuten ympäristö, turvallisuus ja hyvinvointi sekä hyvä hallinto tunnettiin paremmin (Larvus, 2023).

Joissain organisaatioissa johto oli kyseenalaistanut ajatusta, että vastuullisuuden tulisi ylittää sääntelyn määrittämä taso, tai laiminlyönyt sitä ja nähnyt sen lähinnä kustannuksena. Hieman yli puolet tutkimuksessa haastatelluista yrityksistä kertoi, että vastuullisuuden nivomista liiketoimintastrategiaan motivoi enimmäkseen riskien välttäminen, mutta myös mahdollisuuksien tunnistaminen oli noussut yhdeksi suureksi motivaattoriksi. Tutkimuksessa ilmastonmuutos korostui tärkeänä vastuullisuusaiheena eri toimialoilla, mutta tärkeitä olivat myös sidosryhmien vastuu ja turvallisuus, luonnon monimuotoisuus sekä hyvä yrityskansalaisuus (Larvus, 2023).

Larvuksen tutkimuksen mukaan yritysten tärkeimpiä syitä sisällyttää vastuullisuus liiketoimintastrategiaan olivat yritysjärjestelyt (yrityskaupat, pörssilistautuminen, yhtiöittäminen), omistajien vaatimukset sekä vastuullisuustyön kokonaisvaltainen systematisointi. Esimerkiksi kovempi kilpailu oli saanut yritykset etsimään keinoja erottautua ja luoda kilpailuetuja strategisilla vastuullisuushankkeilla. Jotkin Larvuksen haastattelemat yritykset tavoittelivat vastuullisuuskärjillä kustannussäästöjä ja kannattavuuden parantamista sekä sidosryhmien sitouttamista brändiin (Larvus, 2023).

Yrityksistä yli 90 % kertoi, että vastuullisuus liittyi kiinteästi muihin strategiaan kärkeihin ja sen nähtiin edistävän kasvu- ja kannattavuus tavoitteita esimerkiksi asiakkaiden sitouttamisen, toimitusketjun luotettavuuden, taloudellisen tehokkuuden, digitalisaation ja kyvykkyyksien kehittämisen kautta (Larvus, 2023).

Larvuksen mukaan yritysten on tarkasteltava liiketoimintojaan kriittisesti vastuullisuuden näkökulmasta, jotta ne pysyisivät toimintaympäristön muutoksen vauhdissa ja pystyisivät vastaamaan sidosryhmien yhä yksilöllisempiin tarpeisiin kestävämmistä tuotteista ja palveluista.

## **2.5 Hiilijalanjälki ja sen laskeminen**

Sivusto OpenCO2.net määrittelee hiilijalanjäljen ”tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden aiheuttamaksi ilmastokuormaksi”. Hiilijalanjälki voidaan laskea esimerkiksi yritykselle, kunnalle, investoinnille, tuotteelle tai palvelulle. (OpenCO2.net, 2024)

Hiilijalanjäljen ilmastokuorma aiheutuu kasvihuonekaasujen, kuten hiilidioksidin (CO<sub>2</sub>), metaanin (CH<sub>4</sub>) ja typpioksiduulin (N<sub>2</sub>O), päästöistä ilmakehään. Hiilijalanjälki ilmaistaan hiilidioksidiekvivalenteina, jossa eri kasvihuonekaasujen erilaiset ilmastoa lämmittävät vaikutukset on otettu huomioon (OpenCO<sub>2</sub>.net, 2024).

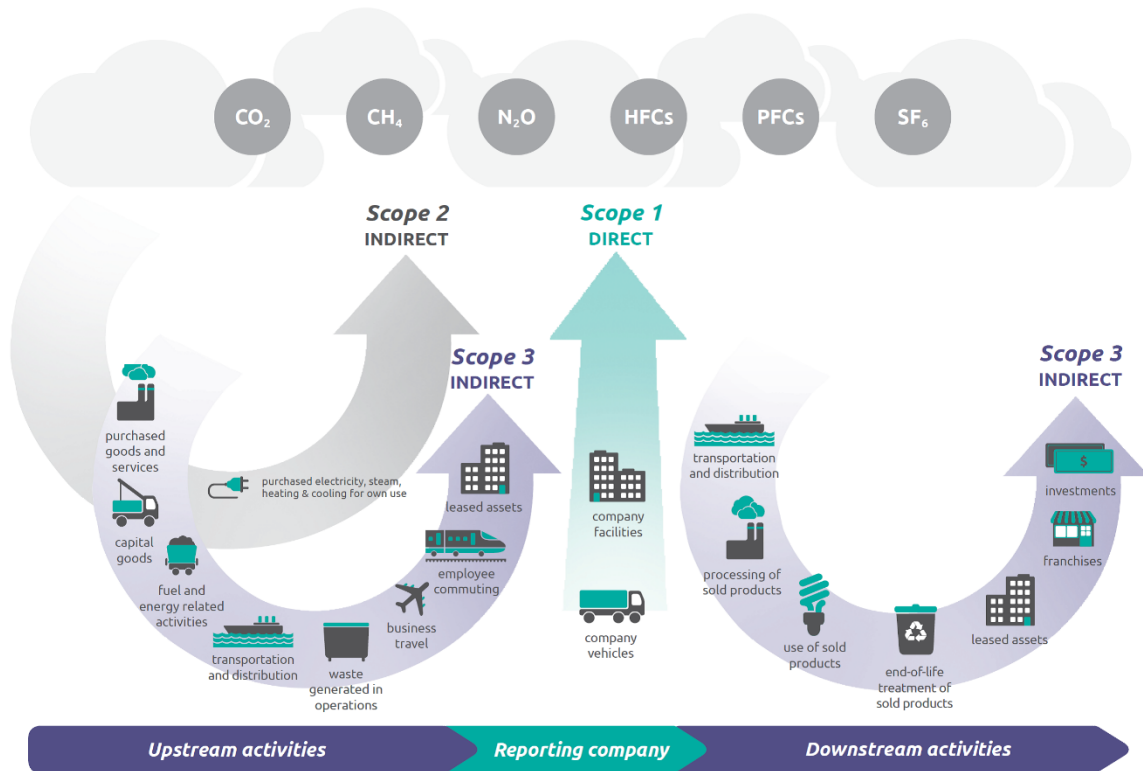
Yrityksen hiilijalanjäljen laskeminen helpottaa ESRS-standardien mukaista raportointia, koska laskennassa tulee selvitettyksi yrityksen ympäristöpäästöt ja se, mistä ne koostuvat. Hiilijalanjäljen koon ja sen osien erittely auttaa asettamaan ilmasto- ja päästötavoitteita tuleville vuosille ja näkemään konkreettisesti, kuinka paljon esimerkiksi päästöt pienenevät yrityksen tehdessä vastuullisempia valintoja liiketoiminnoissaan. Näiden tavoitteiden asettaminen on yritysten vastuullisuusohjelmien yksi tärkeimmistä osa-alueista ja jota tullaan tulevaisuudessa vaatimaan myös pienemmiltä yrityksiltä.

Biocoden (2023) mukaan tärkeimmät raamit elinkaarilaskennalle ja hiilijalanjälkilaskennalle määrittävät kansainväliset ympäristöstandardit eli ISO-standardit. Hiilijalanjälkilaskentaa ohjaa ISO 14000 -standardisarja, joka keskittyy ympäriasioiden hallintaan ja ympäristönsuojelun tason parantamiseen (Biocode, 2023).

Hiilijalanjälkilaskenta perustuu kahteen muuttujaan: aktiviteettiin ja päästökertoimeen. Aktiviteettimuuttuja on mitä tahansa toimintaa, josta syntyy päästöjä. Sen arvo voidaan ilmoittaa esimerkiksi kilogrammoina, tonnakilometreinä tai kilowattitunteina. Päästökerroinmuuttuja on kasvihuonekaasujen yhteenlaskettu määrä, joka voidaan ilmoittaa hiilidioksidiekvivalenteina. Päästökertoimet muodostetaan matemaattisesti erilaisten tutkimusten, artikkeleiden ja raporttien avulla. Laskennassa asiantuntija mallintaa tuotteiden päästökertoimia eli laskee, kuinka paljon päästöjä syntyy (Biocode, 2023).

Greenhouse Gas Protocol Corporate (GHG) -standardi on maailman käytetyin organisaatiotason hiilijalanjälkilaskennan standardi. GHG:n mukaan yrityksen hiilijalanjälki koostuu suorista ja epäsuorista päästöistä, jotka jaetaan kolmeen päästöluokkaan eli Scopeen, kuten Kuva 3 havainnollistaa. GHG:n standardin tarkoituksena on ohjata ja yhdenmukaistaa hiilijalanjäljen laskentaa (OpenCO<sub>2</sub>net, 2022).

Kuva 3: Greenhouse Gas Protocolin hiilijalanjäljen Scope-jaoittelu. (GHG Protocol, 2019)



Yrityksen hiilijalanjälki muodostuu, kun otetaan mukaan yrityksen omasta toiminnasta johtuvat suorat päästöt (Scope 1), ostetun sähkön, höyryn tai lämmön kulutuksesta johtuvat epäsuorat päästöt (Scope 2) ja muut epäsuorat päästöt, kuten hankinnat, matkustaminen ja ulkoistetut toiminnot (Scope 3) (Räsänen, 2023). Tiivistettynä, Scope 3 sisältää kaikki muut yrityksen toiminnan epäsuorasti aiheuttamat hiilidioksidipäästöt, jotka eivät kuulu kahden ensimmäisen Scope-otsikon alle.

Scope 3 koostuu niin sanottujen ylä- ja alavirtojen päästöistä. GHG:n määrittelyn mukaan ylävirran päästöihin kuuluvat kaikki ne päästölähteet, jotka aiheutuvat ennen kuin tuote tai palvelu on luovutettu asiakkaalle ja alavirran päästöt ovat niitä, jotka syntyvät luovutushetken jälkeen. Nämä päästöt jaetaan vielä 15:ä eri alakategoriaan: ostetut tuotteet ja palvelut, pääomatuotteet, polttoaine- ja energia päästöt (muut kuin Scope 1 & 2 kohdassa esitetyt), ylävirran kuljetukset ja jakelu, jätteiden käsittely, liikematkat, työmatkat, yrityksen vuokraama omaisuus, alavirran kuljetukset ja jakelu, myytyjen tuotteiden käyttö, myytyjen tuotteiden loppukäsittely, alavirran vuokrattu omaisuus, franchise ja sijoitustoiminta (Greenhouse Gas Protocol, 2013).

Myös yksittäiselle tuotteelle voidaan laskea hiilijalanjälki. Biocode erittelee osa-alueet, joista tuotteen hiilijalanjälki koostuu seuraavasti: raaka-aineet (kaikki materiaalipanokset, joita

tuotteen valmistamiseen tarvitaan), kuljetukset (kuljetusmuoto ja siitä syntyvät päästöt), tuotanto (kaikki päästöt prosessoinnista, jossa raaka-aineet muokataan lopputuotteeksi, esimerkiksi sähkönkulutus), pakkaukset (pakkausmateriaali ja kuinka se on tuotettu), tuotteen kuluttaminen (käytöstä syntyvät päästöt, esim. energiakulut), jätteidenkäsittely (jätteenkäsittelylaitoksen tai kierrätysprosessin päästöt) (Biocode, 2023).

Yrityksen hiilijalanjälkilaskennassa voidaan käyttää primääridataa ja sekundääridataa. Primääridata on dataa, joka saadaan suoraan raaka-aineen toimittajalta tai tuotetta valmistavalta yritykseltä. Sekundääridata perustuu tietokantoihin ja muihin tilastollisiin yleistyksiin (Biocode, 2023).

Tällä hetkellä internetissä toimii useita erilaisia maksuttomia ja maksullisia hiilijalanjälkilaskureita. Suurin osa ilmaisista laskureista on esimerkiksi ympäristöjärjestöjen tai muiden voittoa tavoittelemattomien yritysten tekemiä laskureita, joiden tavoite on saada ihmiset kokeilemaan matalalla kynnyksellä päästölaskentaa ja ymmärtämään toimiansa vaikutuksia. Ilmaiset laskurit ovat usein omalle koneelle ladattavia Excel-tiedostoja, joiden sisään on luotu laskukaavat ja kertoimet CO<sub>2</sub>-päästöjä varten. Nämä laskurit ovat kaikkien vapaasti käytettävissä ja toimivat hyvänä apuvälineenä päästölaskennassa.

Suomessa toimiva OpenCO<sub>2</sub>.net on palveluyritys, joka tarjoaa yrityksille ilmaisen päästökerrointietokannan ja siellä toimii myös ilmainen CO<sub>2</sub>-päästömuunnin, CO<sub>2</sub>-työmatkalaskuri ja CO<sub>2</sub>-lämmityslaskuri. Yritys myy myös palveluitaan, jotka sisältävät yksityiskohtaisempaa päästölaskentaa, joten täysin voittoa tavoittelematon se ei ole.

Maksulliset hiilijalanjälkilaskurit ovat usein kytköksissä kaupallista hyötyä hakevien yritysten konsulttipalveluihin ja ne vaativat usein pitkäaikaista ja kallistakin sitoutumista. Pienillä ja keskiuurilla yrityksillä ei ole tällaiseen resursseja, joten hiilijalanjälkilaskenta tehdäänkin pk-yrityksillä usein itse käyttämällä ilmaisia laskureita.

Yksi ilmiö on myös suuryritykset, jotka ovat laajentaneet palvelutoimintaansa vastuullisuuteen ja sitä kautta myös päästölaskentaan. Yksi näistä on pankkikonserni Nordea, joka vuonna 2024 julkaisi oman hiilijalanjälkilaskurinsa yritysasiakkailleen. Tällainen toiminta tulee näkymään yritysmaailmassa lähivuosina yhä enemmän, koska ESG- ja vastuullisuuskonsultointi on jo miljardibisnes ja esimerkiksi Yhdysvalloissa sen ennustetaan nelinkertaistuvan 11,5 miljardista yli 48 miljardiin dollariin vuoteen 2028 mennessä (Verdantix, 2023).

## 3 Hiilijalanjälkilaskurin suunnittelu ja toteutus

### 3.1 Tausta ja tavoitteet

Opinnäytetyön toiminnallisen osan tavoitteena on luoda tietokantapohjainen sovellus, joka toimii puoliautomaattisena raporttipohjana ja laskee yrityksen hiilijalanjäljen vastuullisuusraportointia varten. Laskurin tarkoitus on yksinkertaistaa ja helpottaa yrityksen hiilijalanjäljen laskentaa ja lisätä ymmärrystä vastuullisuus- ja kestävyysraportointia kohtaan. Laskuriin syötettyjen tietojen avulla sovellus laskee yrityksen hiilijalanjäljen ja näyttää tiedot selkeänä taulukkona virallista raportointia varten. Tavoitteena on saada hiilijalanjälkilaskuri valmiiksi huhtikuun 2024 aikana. Tämän jälkeen siihen voi lisätä vielä toimintoja tarpeen mukaan.

Työn toimeksiantaja on Small Data Garden Oy. Small Data Garden oy on suomalainen yritys, joka valmistaa ja kehittää sisäilmaa mittaavia langattomia laitteita ja niihin liittyviä datanseurantapalveluja. Yritys perustettiin vuonna 2017 ja työntekijöitä on tällä hetkellä 10. Small Data Garden oy:lla on kaksi toimipaikkaa, Riihimäellä ja Seinäjoella. Riihimäen yksikössä toimivat myynti, hallinto, käyttötuki ja pilvipalvelut ja Seinäjoella tuotanto sekä tuotekehitys. Yrityksen valmistamiin tuotteisiin kuuluu valikoima sisäilmaa mittaavia langattomia laitteita ja niihin liittyviä IoT-palveluja. Asiakkaina on muun muassa rakennusyhtiöitä, kaupungeja ja kouluja, jotka Small Data Garden oy:n laitteiden avulla keräävät erilaista tietoa kiinteistöistään. Laitteet mittaavat kiinteistöistä lämpötilaa, kosteutta, hiilidioksidia, energiankulutusta ja erilaisia partikkeleita. Paristokäyttöiset langattomat laitteet kytetään käyttöön jälkeen pitkäkantaman IoT-verkkoon ja ne lähettävät dataa pilveen. Tästä datasta koostetaan yhteenvetoja ja raportteja asiakkaille.

### 3.2 Yleistä sovellus- ja ohjelmistokehityksestä

Haltu Oy (2023) määrittelee sovelluskehityksen prosessiksi, jossa luodaan tietokone-, mobiili- tai muissa erikoistuneissa laitteissa toimivia ohjelmistosovelluksia.

Sovelluskehityksen tavoitteena on luoda sovellus, joka ratkaisee tietyn ongelman tai täyttää tietyn tarpeen (Haltu, 2023). Yleensä prosessi etenee ideasta suunnitteluun ja sen kautta toteuttamiseen ja testaukseen.

Sovelluskehitykseen käytettäviä virtuaalisia rakennuspalikoita ja ohjelmistokieliä on monia. Web-tekniologioiden ytimen muodostavat kuitenkin JavaScript, HTML ja CSS.

JavaScript on oliopohjainen ohjelmointikieli, jota kaikki modernit www-selaimet tukevat. JavaScriptin avulla sivulle saadaan lisättyä dynaamisia toimintoja, kuten esimerkiksi kuvia, videoita ja popup-ikkunoita. JavaScriptin ominaisuuksiin kuuluvat ajonaikainen objektin rakentaminen, muuttujaparametriluettelot, funktiomuuttujat, dynaamisten komentosarjojen luominen ja lähdekoodin palautus. Vaikka JavaScript tunnetaan parhaiten web-sivujen komentosarjakielenä, myös monet muut ohjelmat käyttävät sitä, kuten muun muassa Node.js, Apache CouchDB ja Adobe Acrobat (MDN, 2024).

HTML (HyperText Markup Language) on merkintäkieli, jota käytetään web-sovellusten rakenteen ja sisältöjen muotoilussa tulkitsemaan tekstiä, kuvia ja muuta sisältöä. HTML:n markup-elementtejä ovat muun muassa `<head>`, `<title>`, `<body>`, `<header>` ja `<img>`. (MDN, 2024).

CSS (Cascading Style Sheets) on tyylikieli, jota käytetään kuvaamaan HTML-tai XML-muodossa kirjoitettujen sivujen ulkoasua. Sillä muotoillaan muun muassa sivulla esiintyviä värejä ja fontteja (MDN, 2024).

React on yksi yleisimmin käytetyistä JavaScript-kirjastoista, jolla voi rakentaa ohjelmistoja ja sovelluksia. Tieturi (2023) luettelee Reactin eduiksi muun muassa sen helppokäyttöisyyden ja kustannustehokkuuden. React käyttää komponenttipohjaista arkkitehtuuria, jonka ansiosta monimutkaiset käyttöliittymät on helppo pilkkoa pienempiin osiin. Sitä voidaan käyttää web-, mobiili- ja työpöytäsovellusten rakentamiseen. React-komponentit kirjoitetaan tyypillisesti JavaScriptilla tai JSX:lla (Dillemuth, 2023).

Node.js on avoimen lähdekoodin ajoympäristö JavaScript-koodin suorittamiseen. Sen avulla voi ladata erilaisia paketteja React-ohjelmistokehitystä varten (Kursova, 2017).

Visual Studio Code on Microsoftin kehittämä ilmainen ja kevytkäyttöinen koodieditori. Se tukee monia ohjelmointikieliä ja siihen voi asentaa erilaisia lisäosia ja työkaluja (Mustafeez, 2022).

UI (User Interface) ja UX (User Experience) Design tarkoittavat käyttäjäkokemuksen suunnittelun kokonaisuutta ohjelmisto- ja sovelluskehityksessä. Se käsittää käyttäjien tarpeiden, motiivien ja käyttäytymisen ymmärtämisen ja sellaisten ratkaisujen luomisen, jotka ovat sekä toimivia että miellyttäviä käyttää (Haltu, 2023).

Ohjelmakehityksen UI Design eli UI-suunnittelu keskittyy sovelluksen visuaalisuuteen. Se pitää sisällään digitaalista kehitystyötä missä suunnitellaan sovelluksen fontit, värit, painikkeet kuvat ja animaatiot. UI-suunnittelu kattaa myös käyttäjäanalyysia, brändäystä, tyylien tutkimista. UX Design eli UX-suunnittelu taas keskittyy sovelluksen rakenteellisiin ratkaisuihin ja yleiseen kokemukseen. Se pitää sisällään muun muassa kilpailija- ja käyttäjäanalyysia, tutkimusta sekä tuotteen sisällön kehitystä. Tämän lisäksi siinä tehdään rautalankamallinnusta (wireframing), testausta ja iterointia. Pää tavoitteena on sovittaa liiketoiminnan tavoitteet käyttäjän tarpeisiin sopiviksi testauksen ja hienosäädön avulla niin, että molemmat osapuolet ovat tyytyväisiä lopputuotteeseen (Lamprecht, 2023).

UX ja UI Design ovat ohjelmistokehityksen kannalta tärkeitä ja niiden polku ohjelmistokehityksessä on seuraavanlainen: 1. käyttäjätutkimus (UX), 2. tuoteidean kehitys (UX ja yritys), 3. rautalankamallinnus (UX), 4. käyttäjättestaus (UX), 5. sovellukset ulkoasu, fontit ja värit (UI), 6. interaktiivisen prototyypin luominen käyttäjättestausta varten (UI), 7. sovellusmallin luovutus web-kehittäjille koodaamista varten (Lamprecht, 2023).

Kansainvälisesti tunnustettu tanskalainen web-käytettävyyskonsultti Jakob Nielsen on 90-luvulta lähtien tutkinut ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutusta. Nielsenin nimeämät 10 periaatetta web-suunnittelussa (Nielsen, 2024) ovat vieläkin hyvä perusta nykyajan sovellussuunnittelussa. Nämä 10 periaatetta ovat: järjestelmän tilan näkyvyys (järjestelmän ulkoasun tulisi aina pitää käyttäjä tietoisena mitä ruudulla tapahtuu, esimerkiksi sivuna);, järjestelmän ja muun maailman yhteensopivuus (sovelluksen tulisi käyttää sellaista kieltä ja tyyliä, joka on käyttäjälle tuttua); käyttäjän hallintakyky ja vapaus (käyttäjät tekevät usein virheitä käyttäessään sovelluksia, joten he tarvitsevat nopean "häätäuloskäynnin" välttääkseen esimerkiksi systeemin uudelleenkäynnistämisen); yhdenmukaisuus ja standardit (järjestelmän tulisi noudattaa yleisiä peruseriaatteita ja nimityksiä, joita muutkin sovellukset noudattavat); virheiden välttäminen (hyvät virheilmoitukset ovat tärkeitä, mutta parhaat sovellukset estävät ongelmien syntyminen jo etukäteen); tunnistus ja muistaminen (käyttäjän muistia tulee säästää tekemällä elementeistä, toimista ja toiminnoista näkyviä); joustavuus ja tehokkuus (oikotiet tottuneemmille käyttäjille nopeuttavat käyttökokemusta); esteettinen ja minimalistinen ulkoasu (käyttöliittymien ei tulisi sisältää informaatiota, joka on käyttäjälle turhaa tai jota tarvitsee harvoin); auta käyttäjää tunnistamaan, diagnosoimaan ja toipumaan virheistä (virheviestien tulisi olla kirjoitettu kansantajuisesti, ei virhekoodeilla); apu ja dokumentaatio (hyvän käyttöoppaan laatiminen käyttäjää varten) (Nielsen, 2024).

### 3.3 Suunnittelu

Tavoitteena oli suunnitella ja toteuttaa web-pohjainen hiilijalanjälkilaskuri, joka laskee yrityksen hiilijalanjäljen, neuvoo ja ohjaa laskemisprosessissa ja lopputuloksena tuottaa selkeässä muodossa olevan hiilijalanjälkilaskelman, jonka voi liittää osaksi yrityksen ESG-raportointia.

Laskurin tuli sisältää täytettävät kentät kaikille niille osa-alueille, joista yrityksen hiilijalanjälki GHG:n mukaan koostuu eli Scope 1 - yrityksen omistamien ajoneuvojen kilometrit, Scope 2 - sähkönkulutus kilowattitunteina, lämmitys kilowattitunteina, Scope 3 - kaikki muut päästöt, kuten työmatkaliikenne, pääomaostot, tuotanto, pakkaus ja logistiikka

Kaikkia Scope 3:n 15:a alakategoriaa ei ollut tarpeellista liittää laskurin prototyyppiin, koska pienenä yrityksenä Small Data Garden oy ei ole vielä velvollinen laskemaan jokaisen osa-alueen päästöjä. Siksi Scope 3 rajattiin mahdollisimman tiiviiksi ja sen oli tarkoitus sisältää vain toimeksiantajayrityksen kannalta keskeiset päästölähteet. Näin laskurista saadaan myös selkeämpi.

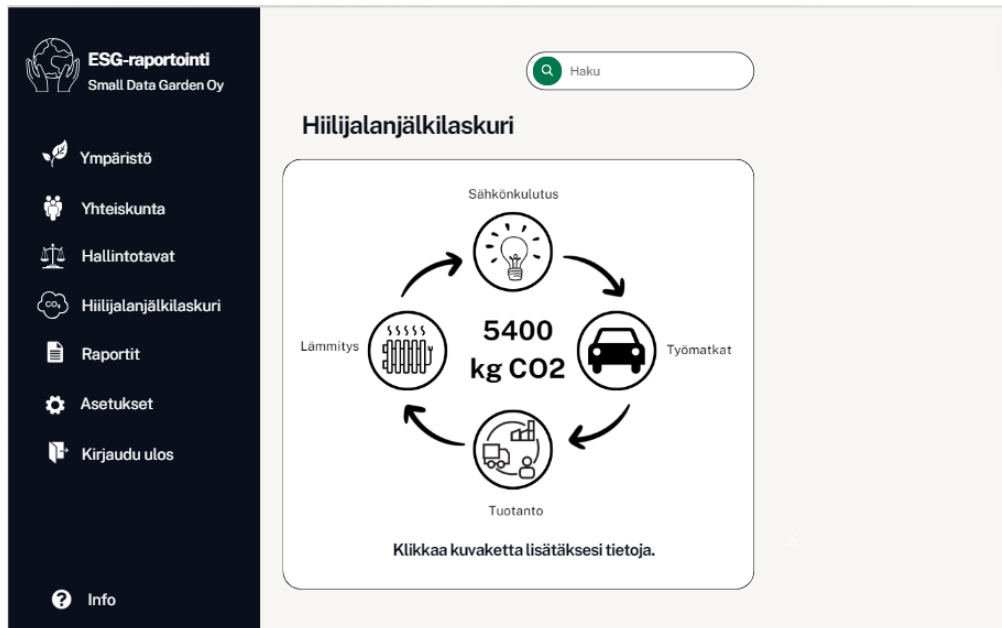
Laskuriin luotiin tyhjiä rivejä, jotka käyttäjä voi itse täyttää. Näin laskelmaa voi halutessaan laajentaa ja tehdä siitä yksityiskohtaisemman. Laskuriin ohjelmoitiin ainakin muutama yleinen tuotannon ja logistiikan päästökerroin, kuten esimerkiksi pakkausmateriaalien (pahvi, muovi) ja kuljetusmuotojen (autorahti, laivarahti, lentokone) aiheuttamat keskiarvopäästöt. Käyttäjä voi valita käyttääkö laskuriin ohjelmoituja keskiarvokertoimia vai selvittääkö itse tarkat kertoimet ja syöttää ne sitten sovellukseen.

Laskuriin koodattiin kunkin päästöluokan eli Scopen päästökeskiarvot. Esimerkiksi, kun käyttäjä syöttää sähkönkulutuksensa kilowattitunteina laskuriin, laskuri kertoo luvun sähkön CO<sub>2</sub>-päästökertoimella ja näyttää tuloksen ruudulla. Kun taas käyttäjä syöttää käyttämänsä sähköauton ajokilometrit sovellukseen, sovellus kertoo luvun sähköauton keskivertokulutuksella ja näyttää tuloksen ruudulla. Tässä lukemassa ei oteta huomioon sähköauton valmistushiilijalanjälkeä.

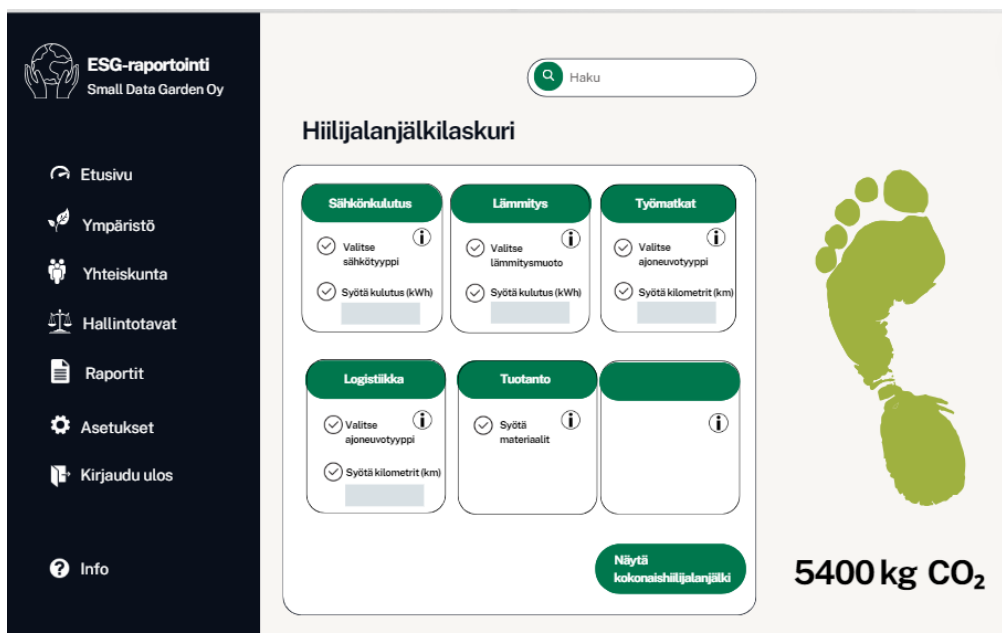
Jokaisen Scopen kohdalle lisättiin infopainike, jota klikkaamalla avautuu ponnahdusikkuna. Ponnahdusikkunassa on ohjeita ja neuvoja laskurin täyttämiseen. Infotekstit ikkunoihin kirjoitettiin käyttämällä avuksi luotettavia lähteitä, kuten muun muassa Euroopan Unionin ja GHG:n virallisia ja varmennettuja tekstilähteitä.

Laskurin layoutin hahmottelussa käytettiin ilmaista Canva-ohjelmaa ja siellä olevaa web-sivun mallipohjaa nimeltä Orange and White Clean and Simple Sales. Layoutin hahmottelussa kokeiltiin monia eri ulkoasuja (Kuvat 4 ja 5), mutta lopulta päädyttiin kaikista yksinkertaisimpaan taulukkonäkymään (Kuva 6). Kaikki layout-mallit kuitenkin säilytettiin mahdollista myöhempää käyttöä varten.

Kuva 4: Laskurin ulkoasun ensimmäinen layout-vaihtoehto.



Kuva 5: Laskurin ulkoasun toinen layout vaihtoehto.



### 3.4 Toteutus

Laskurin toteutus aloitettiin ohjelmointiympäristön asentamisella. Työkoneena käytettiin Lenovon kannettavaa tietokonetta ja siihen ladattiin Node.js Javascript-ajoympäristö ja Visual Studio Code -koodieditori.

Uuden sovelluksen luominen aloitettiin komennolla `npm create vite@latest`, joka loi rakenteellisen pohjan uudelle sovellukselle. Koodauskieleksi asetettiin Javascript. Sovelluksen tyylittely tehtiin käyttämällä CSS-, React Bootstrap- ja Material UI -kirjastoja. Näiden uusimmat versiot asennettiin komennoilla `npm install bootstrap@latest` ja `npm install @mui/material`.

Reactissa lähdekoodi luodaan `src`-kansioon sisään. Toteutuksen tukena käytettiin Material UI -kirjaston valmiita tyylittelymalleja. Mallien joukosta valittiin sivukokonaisuus, joka sisälsi otsikon, navigointipalkin eli menun ja tyhjän alueen, johon laskurin toimintoja tultaisiin kokoamaan.

Sovelluksen selainnäkyssä olevaan navigaatiopalkkiin, joka sisälsi otsikot Ympäristö, Yhteiskunta, Hallintotavat, Hiilijalanjälkilaskuri, Ohjeet, Raportit ja Kirjaudu ulos, lisättiin kunkin nimen kohdalle sitä kuvaavan ikoni Material UI -kirjastosta.

Navigaatiopalkkiin lisättiin toiminto siirtyä uudelle sivulle `onClick` ja `ListItem` -toiminnolla:

```
<Toolbar />
<Box sx={{ overflow: "auto" }}>
  <List>
    {[
      "Ympäristö",
      "Yhteiskunta",
      "Hallintotavat",
      "Hiilijalanjälkilaskuri",
      "Ohjeet",
    ]}.map((text, index) => (
      <>
        <ListItem
          key={text}
          onClick={() => setTab(index)}
          disablePadding
        >
          <ListItemButton>
            <ListItemIcon>
```

```
{index === 0 && (  
  <>  
    <RecyclingIcon />  
  </>  
)}
```

Opinnäytetyön tilaajan toiveena oli, että Hiilijalanjälkilaskuri-sivu näyttäisi valmiilta lomakkeelta, jonka voisi tarvittaessa myös tulostaa suoraan paperille, joten tämän takia sivulla ei voinut olla paljoa kuvia tai monimutkaisia virtuaalisia elementtejä.

Hiilijalanjälkilaskurin sivunäkymä rakennettiin niin, että se jaettiin kolmeen osioon, jotka sisälsivät eri määrän rivejä ja täytettäviä teksti- tai numerolaatikoita. Koska toimeksiantajan yrityksellä oli kaksi toimipaikkaa, Riihimäellä ja Seinäjoella, tehtiin näitä varten omat sarakkeet.

Ensimmäinen osio eli Scope 1 sisälsi yrityksen omistamien autojen kilometrikulutuksen, johon voisi syöttää joko bensiinikäyttöisen auton, sähköauton tai jonkin muun ajoneuvon kilometrit ja kertoimen.

Toinen osio eli Scope 2 sisälsi täytettävät tekstiruudut sähkönkulutusta, lämmönkulutusta tai jotain muuta lämmitysmuotoa varten. Viimeisen rivin kaikki kentät olivat tyhjiä, joten jos laskurin käyttäjän lämmitysmuoto eroaisi jotenkin laskuriin ohjelmoiduista muodoista, hän voisi itse täyttää kohtaan lämmitysmuodon nimen, kilowattimäärän ja lämmitysmuodon kertoimen.

Kolmas kohta oli Scope 3 -kategoria, johon tuli väliotsikot ja osiot Ostetut palvelut ja pääomahyödykkeet, Tuotanto- ja pakkausmateriaalit sekä Kuljetus ja jakelu. Nämä rivit olivat kaikki käyttäjän täytettäviä tyhjiä rivejä, lukuun ottamatta tuotantomateriaaleissa olevien yleisimpien materiaalien ja kuljetuksen yleisimpien rahtimuotojen valmiiksi syötettyjä kohtia. Sivun alareunaan tuli kohta Kokonaishiilijalanjälki, joka näytti kaikkien osioiden yhteenlasketut CO<sub>2</sub>-yhteen.

Ensimmäiseksi luotiin html table -taulukko, jossa oli Microsoft Excel-mallisia rivejä ja 3–5 kappaletta vierekkäin olevia sarakkeita. Seuraavaksi lisättiin joka riville Textfield-tekstikentät. Laatikoiden ulkoasua muutettiin CSS-muotoilun mukaisesti style ja type -komennoilla.

Seuraavaksi jokaisen laatikon kohdalle lisättiin laskukaava, jotka koodissa reagoisi käyttäjän laskuriin syöttämiin numeroihin. Nämä toiminnot luotiin käyttäen `const`, `useState` ja `useEffect` -komentoja, joiden rooli on kommunikoida koodin sisällä keskenään. Reactissa `useState` toimii niin, että sillä voi kytkeä `TextField`-toimintoon haluamansa muuttujan ja `useEffect` taas niin, että sen avulla kuunnellaan, kun kyseiseen muuttujaan tulee muutoksia. Kaikkien päästölukemien laskeminen yhteen ja tuloksen näyttäminen kokonaishiilijalanjälkenä sivun alalaidassa luotiin myös `useEffect` -toiminnolla. Laskukaavaa testattaessa se ei toiminut niin kuin piti, joten määreiden eteen lisättiin sana `Number` – tämä korjasi asian niin, että koodi luki syötetyt tiedot numeroina, eikä merkkijonoina. Tämän lisäksi desimaalien määrää rajattiin kahteen lisäämällä ilmaisu `toFixed(2)` kokonaishiilijalanjäljen laskukaavaan.

Laskurissa käytetyt päästökertoimet ja niiden lähteet löytyvät tämän opinnäytetyön liitteistä (Liite 1).

Koodin `useEffect` ja `useState` -toiminto sähkönkulutuksen  $\text{CO}_2$ -laskennassa rakennettiin seuraavanlaisesti:

```
//SCOPE 2 KERTOIMET

const [elecRiihi, setelecRiihi] = useState(0);
const [elecSeina, setelecSeina] = useState(0);
const [elecHiili, setelecHiili] = useState(0);

useEffect(() => {
  const total = Number(elecRiihi) + Number(elecSeina);
  const kerroin = 0.014;
  const result = kerroin * total;
  setelecHiili(result);
}, [elecRiihi, elecSeina]);

<tr>
  <td>Sähkönkulutus (kWh/vuosi)</td>
  <td>
    <TextField
      style={{ height: 50, width: 100 }}
      type="number"
      value={elecRiihi}
      onChange={(ev) => {
        setelecRiihi(ev.target.value);
      }}
    ></TextField>
  </td>
  <td>
    <TextField
```

```

        style={{ height: 50, width: 100 }}
        type="number"
        value={elecSeina}
        onChange={(ev) => {
          setelecSeina(ev.target.value);
        }}
      </TextField>
    </td>
    <td></td>
    <td>{elecHiili?.toFixed(2)}</td>
  </tr>
  </TextField>
</td>

```

Laskurin jokaisen täytettävän kohdan viereen lisättiin myös infokuvakkeet, joita klikkaamalla sai esiin ohjeita ja neuvoja antavan tekstilaatikon. Nämä infokuvakkeet luotiin etsimällä sopiva kuvake Material Icons -kuvapankista ja sijoittamalla se koodissa haluttuun paikkaan. Kuvakkeen toiminto koodattiin käyttämällä React JS:n Popup-elementtiä:

```

<div>
  <Popup
    trigger={<InfoIcon> Info </InfoIcon>}
    position="right center"
  >
    <div>
      Scope 2 eli yrityksen ostoenergia, kuten sähkö ja
      kaukolämpö. Saat nämä tiedot sähkölaskustasi tai
      sähköyhtiöltäsi. Jos käytät jotain muuta
      lämmitysmuotoa, täytä siitä tiedot tyhjälle
      riville. Saat eri lämmitysmuotojen kertoimet
      esimerkiksi sivustolta www.openCO2.net
    </div>
  </Popup>
</div>

```








Scope 3 erosi tyyliltään eniten ensimmäisistä laskurin osista. Kyseinen scope sisältää monia erilaisia päästölähteitä ja ne ovat kaikki yrityskohtaisia, joten jonkinlainen rajausta oli tehtävä, koska kaikkia ei voinut sisällyttää laskurinäkymään. Laskurin otsikot ohjaavat täyttämään tietyt nimekkeet ja luvut oikean paikkaan, mutta käyttäjä itse täyttää suurimman osan tämän osa-alueen kentistä ja laskuri tarjoaa vain keskiarvopäästöt yleisimmille tuoteryhmille. Pienemmät yritykset eivät myöskään ole velvoitettuja raportoimaan Scope 3 -päästöjä, joten tämänkin takia osio jätettiin vielä pieneksi.


Viimeisessä vaiheessa tyyliteltiin hiilijalanjälkilaskurin lopullinen ulkoasu (Kuva 6). Samalla tarkistettiin, että otsikot, tekstit ja muu sisältö olivat suorassa linjassa toisiinsa nähden.

Laskurin ulkoasusta tehtiin tarkoituksella pelkistetty. Fontiksi valittiin virallisissa asiakirjoissa käytetty Arial. Taustaväriksi valittiin valkoinen ja sivupalkin väriksi sininen, koska nämä värit olivat neutraalit, eivätkä vieneet huomiota pois itse toiminnoista. Pelkistetyn ulkoasun tarkoitus oli myös viestiä siitä, että sovellus on tarkoitettu virallisten raporttien laatimiseen, joten tämän takia ei ylimääräisiä kuviakaan lisätty. Ainoa kuva lisättiin otsikon yläpuolelle tuomaan hieman väriä ulkoasuun. Kuva ladattiin ilmaiselta Pexels-sivustolta, jonka kuvia voi käyttää vapaasti. Kuvalle luotiin Reactiin oma kansio nimellä "maisema.jpg". Import-toiminnolla kuva saatiin siirrettyä laskuriin ja näkyviin `<img src={maisema}></img>` komennolla. Sille myös määriteltiin laskurin sivunäkymään sopiva koko komennolla `style={{ height: 200, width: 700}}`.

Navigaatiovalikon kuvakkeet jäivät väritään harmaiksi, koska ne sopivat laskurin hillittyyn ulkoasuun. Valikkoon ei lisätty enempää sivusisältöä muutoin kuin Ohjeet -sivun osalta, sillä muut osa-alueet eivät olleet hiilijalanjälkilaskurille olennaisia. Sivuja ja niiden sisältöä voidaan luoda tulevaisuudessa laskuriin lisää, sillä koodipohjaan tehtiin navigaatiopalkissa oleva uudelle sivulle siirtymistoiminto.

Kuva 6: Hiilijalanjälkilaskurin lopullinen ulkoasu.

-  Ympäristö
-  Yhteiskunta
-  Hallintotavat
-  Hiilijalanjälkilaskuri
-  Ohjeet
-  Raportit
-  Kirjaudu ulos



### Hiilijalanjälkilaskuri

**SCOPE 1** Riihimäki Seinäjoki Kerroin CO2e/kg ⓘ

**Yrityksen omistuksessa olevat ajoneuvot**

Bensiinautot (km/vuosi)	0	0		0.00
Sähköautot (km/vuosi)	0	0		0.00
Lisää oma	0	0	0	0.00

**SCOPE 2** Riihimäki Seinäjoki Kerroin CO2e/kg ⓘ

Sähkönkulutus (kWh/vuosi)	0	0		0.00
Kaukolämpö (kWh/vuosi)	0	0		0.00
Lisää oma	0	0	0	0.00

**SCOPE 3** Riihimäki Seinäjoki Kerroin CO2e/kg ⓘ

**Työmatkaliikenne**

Bensiinautot (km/vuosi)	0	0		0.00
Sähköautot (km/vuosi)	0	0		0.00
Junamatkat (km/vuosi)	0	0		0.00
Lisää oma	0	0	0	0.00

**Ostetut palvelut ja pääomahyödykkeet** Määrä (kpl/vuosi) Kerroin CO2e/kg ⓘ

Lisää oma	0	0	0.00
Lisää oma	0	0	0.00
Lisää oma	0	0	0.00

**Tuotanto- ja pakkausmateriaalit** Määrä (kg/vuosi) Kerroin CO2e/kg ⓘ

Muovi	0		0.00
Pahvi	0		0.00
Lisää oma	0	0	0.00
Lisää oma	0	0	0.00
Lisää oma	0	0	0.00

**Kuljetus ja jakelu** Kilometrit Kerroin CO2e/kg ⓘ

Tierahti (km/vuosi)	0		0.00
Laivarahti (km/vuosi)	0		0.00
Lentorahti (km/vuosi)	0		0.00
Lisää oma	0	0	0.00

**Kokonaishiilijalanjälki** 0.00 CO2e/kg vuodessa

## 4 Sovelluksen testaus ja kehitysideat

Laskurin testausta suoritettiin jatkuvasti sovelluksen koodauksen ohessa, koska näin varmistettiin laskukaavojen, kertoimien ja itse koodin toimivuus projektin edetessä. Laskurin ollessa valmis suoritettiin lopullinen käyttäjätestaus.

Hiilijalanjälkilaskuri julkaistiin testaukseen niin, että laskurin vite.config.js -tiedostoon määriteltiin juuriosoite, minkä pohjalta luodut JavaScript ja CSS-tiedostot ladattiin. Seuraavaksi laskuri siirrettiin Small Data Garden oy:n omistuksessa olevalle web-palvelimelle. Tämän jälkeen laskurin pystyi avaamaan selaimessa demolinkin kautta.

Hiilijalanjälkilaskuria testattiin Small Data Garden oy:n työntekijän toimesta. Testauksessa arvioitiin sovelluksen ulkoasua, käytettävyyttä ja yleistä käyttökokemusta. Tämän lisäksi pyydettiin mahdollisia parannusehdotuksia ja kehitysideoita, joita laskuriin voisi tulevaisuudessa tehdä.

Testauksen aluksi testaajalle annettiin suullisesti tehtävä laskea oman työviikkonsa työmatkapäästöt. Testaajan mielestä laskurin ulkoasu oli pääosin selkeä, mutta eri Scope-laatikoiden oheen kaivattiin lisää informaatiota. Testaaja koki, että Scope 1:n kohdalla olevat ajokilometrit antoivat ymmärtää, että kohtaan tulisi syöttää työmatkakilometrejä, vaikka oikea ruutu tähän sijaitsi eri kohdassa. Esimerkiksi heti sivun yläkulmassa näkyvä ohje olisi ehkä ollut tarpeellinen lisä. Laskurin painikkeiden ja laskukaavojen toimivuus oli hyvä ja kaikki kertoimet toimivat niin kuin pitääkin. Yhden ruudun kohdalla ilmeni ongelma missä numeronsyöttö ei toiminut, joten sen korjattiin heti testauksen yhteydessä.

Yleinen käyttökokemus oli testaajan mielestä hyvä ja testaaja sai selville hiilijalanjälkensä.

Testauksessa huomattiin, että Ohjeet-sivun rivitys ja fontti eivät näkyneet oikein. Tämä saattoi johtua koodaukseen käytetyn koneen ja testaukseen käytetyn koneen erilaisesta näyttöresoluutiosta. Ongelma on jatkossa kuitenkin helppo korjata muuttamalla sivun css-tyylittelyä ja testaamalla sen jälkeen laskuria erilaisilla laitteilla.

Testauksen jälkeen pyydettiin myös toimeksiantajan virallinen palaute laskurista. Palaute oli positiivinen ja yritys oli tyytyväinen työn tulokseen. Projektin alussa asetetut tavoitteet työlle täyttyivät ja laskuria voidaan käyttää päästölaskennassa Small Data Garden oy:n web-palvelimella ja tämän jälkeen mahdollisesti myös osana Small Data Garden oy:n

palveluvalikoimaa. Small Data Garden oy:n mielestä laskuri on hyvä ja toimiva työkalu, jota voi jatkossa myös kehittää eteenpäin ja mahdollisesti myös tuotteistaa.

Testauksen ja palautteen yhteydessä esiin nousi myös monia kehitysideoita. Muun muassa laskurin visualisoiminen ja yksityiskohtaisempien otsikoiden lisääminen voisivat olla työn seuraava askel, jotka voitaisiin toteuttaa lyhyessäkin ajassa. Tämän lisäksi, ennen päästötietojen täyttämisen aloittamista sivulla voisi olla jokin kuva tai kaavio, joka selittäisi mistä eri päästöluokat koostuvat. Tämä antaisi enemmän taustatietoa päästöjen muodostumisesta, etenkin niille käyttäjille, jotka eivät ole aiemmin tutustuneet GHG:n mukaiseen päästölaskentaan.

Kehitysideoina nousivat esiin muun muassa laskurin visualisoiminen ja otsikoiden selkeyttäminen. Väliotsikoita voisi tarkentaa lisää, koska esimerkiksi sana Pääomahyödykkeet on liian laava ilmaisu. Ostetut palvelut ja pääomahyödykkeet -osion voisi siis erottaa toisistaan ja kehittää tilalle hieman yksityiskohtaisemmat otsikot. Myös lisää rivejä kaivattiin tuotantomateriaalien alle. Tyhjien rivien alle voisi esimerkiksi liittää Lisää uusi rivi -toiminnon, joka sallisi käyttäjän lisätä laskuriin haluamansa määrän täytettäviä rivejä.

Jos laskurin sivunäkymään lisätään enemmän kuvia, pitäisi laskuriin ehkä kehittää toiminto, joka siirtää käyttäjän syöttämät päästötiedot esimerkiksi pdf-tiedostoon tulostusta varten. Tähän tiedostoon voisi sitten lisätä kaavioita ja muuta raportointia tukevaa visuaalista ilmettä, jotka voi liittää viralliseen vastuullisuusraporttiin. Laskurin tuottaman hiilijalanjälkilaskelman siirtäminen pdf-muotoon ja tämän tiedoston visualisointi vaatii kokeneemman sovelluskehittäjän työpanosta ja laskurin koodausrakenteen muuttamista.

## 5 Johtopäätökset ja pohdinta

Hiilijalanjälkilaskuri oli ajankohtainen opinnäytetyön aihe. Vuoden 2024 alusta voimaan tullut EU:n CSRD-direktiivi tulee velvoittamaan jatkossa myös pienempiä yrityksiä raportoimaan vastuullisuudestaan ja tähän kuuluu myös liiketoiminnan hiilijalanjäljen laskeminen ja raportoiminen sidosryhmille.

Laskurin suunnittelu ja toteutus oli tiivis prosessi. Muutaman kuukauden ajan se vaati syvällistä perehtymistä ilmastosäädöksiin, EU:n yritysvastuudirektiiveihin, yleisimpiin ohjelmointikieliin ja sovelluskehitys-ohjelmistoihin. Kaikki tämä onnistui suunnitellussa aikataulussa ja tuloksena oli toimeksiantajan mielestä onnistunut, web-palvelimella toimiva hiilijalanjälkilaskuri, jonka kehitystä voidaan jatkaa vielä tulevaisuudessakin. Prosessin aikana pystyi myös helposti samaistumaan pienten yritysten rooliin, jotka tälläkin hetkellä haalivat tietoa vastuullisuusraportoinnista ja yrittävät selvittää päästölähteitään.

Työn teoriaosuuden ohessa esiin nousseita haasteita olivat muun muassa valtavan tietomäärän rajaaminen ja juuri sen oikean informaation löytäminen. Esimerkiksi päästökertoimia löytyi internetistä monesta eri kohteesta ja sama kerroin saattoi olla täysin erilainen lähteestä riippuen. Kertoimia piti verrata keskenään ja harjoittaa samalla lähdekriittisyyttä, koska esimerkiksi sähköautofirman ilmoittama sähköauton päästökerroin saattoi olla eri, kuin vaikkapa ympäristöjärjestön tai kilpailevan autofirman ilmoittama kerroin.

Oppimisprosessina hiilijalanjälkilaskurin kehittäminen ja sen koodaaminen oli palkitseva kokemus. Työn alussa tekninen taitotaso ei ollut kovin korkea, mutta se kehittyi viikkojen kuluessa konkreettisen tekemisen kautta ja työn ollessa valmis, oppimista oli tapahtunut monella eri saralla, niin EU-direktiivien, kuin eri tietokonekielten ja ohjelmointisovellustenkin ymmärtämisessä. Opinnäytetyössä myös yhdistyivät opintoalan molemmat puolet eli biotalous ja tieto- ja viestintäteknikka. Opintoaikana omaksumat tiedot kiertotaloudesta ja IoT-järjestelmistä auttoivat prosessin aikana ja vahvistuivat työn edetessä. Opinnäytetyö toimi hyvänä siltana opiskelun ja työelämän välillä, sillä se sisälsi kaikki ne osa-alueet, joita sovellussuunnittelussa ja vastuullisuusraportoinnissa tarvitaan päivittäin.

Toimeksiantajan palaute työstä oli positiivinen. Projektin alussa asetetut tavoitteet työlle täyttyivät ja laskuria voidaan käyttää päästölaskennassa Small Data Garden oy:n web-palvelimella ja tämän jälkeen mahdollisesti myös osana yrityksen palveluvalikoimaa. Small Data Garden oy:n edustajan mielestä laskuri on hyvä ja toimiva työkalu, jota voi jatkossa halutessaan kehittää eteenpäin muillekin käyttäjille ja tuotteistaa jopa myyntiin saakka.

Jos hiilijalanjälkilaskuri kaupallistetaan, vaatii se lisää kehittäelytyötä ja enemmän käyttäjätestausta parhaimman mahdollisen tuloksen saavuttamiseksi. Testaajan ja toimeksiantajan palautteesta tehtyjen johtopäätösten perusteella laskurissa käytetyt tekstimuodot ovat vielä liian virallisia sellaiselle käyttäjälle, joka ei ole ennen päästölaskentaa tehnyt. Laskurista pitäisi siis tehdä maanläheisempi muille käyttäjille. Tämän saisi toteutettua lisäämällä kuvia ja muokkaamalla otsikoita. Laskurin ympärille olisi myös mahdollista rakentaa laajempi kokonaisuus ESG-raportointisovelluksesta, joka käsittäisi kaikki CSRD-direktiivin osa-alueet. Tästä onkin jo käyty keskustelua yrityksen kanssa ja laskuria luultavasti laajennetaan tulevaisuudessa osaksi suurempaa sovelluskokonaisuutta.

Globaalin ilmastonmuutoksen vaikutusten laajentuessa vuosi vuodelta tulee ympäristövastuun vaikutus olemaan yksi tärkeimmistä yritysmaailman kulmakivistä. YK:n marraskuussa 2023 julkaiseman tiedotteen mukaan (UNFCCC, 2023) eivät Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet keskilämpötilan rajoittamisessa alle kahden asteen tule toteutumaan, joten yritysten tuottamien päästöjen seurannan tulee olla jatkossa entistä tiukempaa.

Ilmaston lämpenemisen pysäyttäminen ja hiilidioksidipäästöjen vähentäminen on yhteinen globaali haaste, johon tulee sitouttaa niin tavalliset kuluttajat kuin yrityksetkin. Yhteisillä viitekehyksillä, olivat ne sitten EU:n asettamia ympäristödirektiivejä tai pienempiä standardikokonaisuuksia, tulokset tulevat olemaan hyviä. Tärkeintä olisikin nyt saada päästöraportointiin liittyvää informaatiotulvaa maanläheisemmäksi ja helpommin tulkittavaksi, jotta yritysten vastuullisuus- ja kestävyysraportointi olisi tulevaisuudessa sujuvampaa.

Nykyiset päästölaskentaa varten kehitetyt hiilijalanjälkilaskurit eivät ole täysin yhdenmukaisia. Tietoa on paljon ja sitä saa eri paikoista, mutta tämä saattaa aiheuttaa myös tietoähkyn. Joillain yrityksillä on haasteita pysyä ajan tasalla alati muuttuvista EU-säädöksistä ja tämä vaatii paljon aikaa ja resursseja.

Valtioiden tulisi investoida enemmän päästöttömien tuotantotapojen tutkimustyöhön ja sitä kautta niihin liittyviin uusiin innovaatioihin, jotta yrityksillä olisi mahdollisuus valita päästölähteensä paremmin ja saada hiilidioksidipäästönsä alenemaan. Myös uudet teknologiat ja tekoälyn tarjoamat mahdollisuudet tulisi entistä paremmin ottaa osaksi maiden ja yritysten ilmastohankkeita. Tekoälysovellukset voisivat esimerkiksi laskea yrityksille päästötavoitteita, niihin liittyviä erilaisia toimintamalleja ja seurata näin tavoitteiden täyttymistä.

Yritysten CO<sub>2</sub>-päästöjen kartoitus ja sitä kautta ilmastotavoitteiden asettaminen on usein ensimmäinen ja se tärkein askel kohti hiilineutraalia ja hiilinegatiivista tuotantotaloutta. Täysin päästötöntä yhteiskunnasta tuskin ikinä saadaan, mutta mitä enemmän keksitään vaihtoehtoisia tapoja korvata kasvihuonekaasuja aiheuttavia tuotantorakenteita, sitä paremmat ovat mahdollisuudet säilyttää planeetta asuinkelpoisena myös seuraavia sukupolvia varten.

## Lähteet

Biocode (2023). Hiilijalanjäljen laskeminen. Biocode.

<https://biocode.io/fi/hiilijalanjaljen-laskeminen/>

Dillemuth, J. (2023) 5 syytä valita ReactJS. Tieturi.

<https://www.tieturi.fi/blogi/5-syyta-valita-reactjs/>

Euroopan komissio (2023). *Questions and answers on the adoption of European*

*Sustainability Reporting Standards*. European Commission.

[https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda\\_23\\_4043](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/qanda_23_4043)

Fortum (2024) *Yritysassiakaan sähkön alkuperä*. Fortum.

<https://www.fortum.fi/yrityksille-ja-yhteisolle/sahkosopimus/ymparisto/yritysassiakaan-sahkon-alkupera>

Gates, B. (2021) *Kuinka välttää ilmastokatastrofi*. WSOY.

Gonzales, S. (2024) *How Much CO2 Does a Car Emit per Mile: List by Type, Size, Energy*

Source. 8 Billion Trees. <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/how-much-co2-does-a-car-emit-per-mile/>

Greenhouse Gas Protocol (2019) *You, too, can master value chain emissions*. Greenhouse

Gas Protocol. <https://ghgprotocol.org/blog/you-too-can-master-value-chain-emissions>

Greenhouse Gas Protocol (2013) *Technical Guidance for Calculating Scope 3 Emissions*.

World Resources Institute & World Business Council for Sustainable Development. [https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope3\\_Calculation\\_Guidance\\_0%5B1%5D.pdf](https://ghgprotocol.org/sites/default/files/2023-03/Scope3_Calculation_Guidance_0%5B1%5D.pdf)

Happonen, J. & Koivisto, A. (2023) *Kaksoisolennaisuusanalyysi on onnistuneen*

*vastuullisuustyön peruskivi*. Ramboll. <https://www.ramboll.com/fi-fi/artikkelit/kestavat-ja-elinvoimaiset-yhteiskunnat/kaksoisolennaisuusanalyysi-on-onnistuneen-vastuullisuustyon-peruskivi>

Haltu Oy (2023). *Ohjelmistokehitysprojektiin osa-alueet*. Haltu Oy.

<https://www.haltu.fi/blogi/ohjelmistokehitysprojektin-osa-alueet>

Komssi, P. (2023). *Kestävyyssraportointidirektiivi astuu voimaan 1.1.2024, miten se koskee*

*pienyrittystä? Yrittäjät.*

<https://www.yrittajat.fi/uutiset/kestavyysraportointidirektiivi-astuu-voimaan-1-1-2024-miten-se-koskee-pienyrittysta/>

Kursova, D. (2017). What exactly is Node.js and why should you use it. FreeCodeCamp.

<https://www.freecodecamp.org/news/what-exactly-is-node-js-and-why-should-you-use-it-8043a3624e3c/>

Lamprecht, E. (2023) The Difference between UX and UI Design: A Beginner's Guide.

CareerFoundry. <https://careerfoundry.com/en/blog/ux-design/the-difference-between-ux-and-ui-design-a-laymans-guide>

Larvus, L. (2023) *Miten liiketoimintastrategia ohjaa organisaation kestävyysmuutosta.*

Ramboll.

MDN (2024) *JavaScript*. MDN Web Docs.

<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript>

Metropolia (2023) *JavaScript-perusteet* [kurssimateriaali] Metropolia.

Motiva (2023) *CO<sub>2</sub>-päästökertoimet*. Motiva.

[https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto\\_suomessa/co2-paastokertoimet](https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-paastokertoimet)

MDN (2024) *CSS: Cascading Style Sheets*. MDN Web Docs.

<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>

MDN (2024) *HTML: HyperText Markup Language*. MDN Web Docs.

<https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/CSS>

MDN (2024) *What is JavaScript? – Learn web development*. MDN Web Docs.

[https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/First\\_steps/What\\_is\\_JavaScript](https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Learn/JavaScript/First_steps/What_is_JavaScript)

Mustafeez, A.Z. (2022) *What is Visual Studio Code?* Educative.

<https://www.educative.io/answers/what-is-visual-studio-code>

Nielsen, J. (2024) *10 Usability Heuristics for User Interface Design*. Nielsen Norman Group.

<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

Nieminen, J. (2023) Onko sähkö oikeasti nollapäästöinen? Väre.

<https://vare.fi/onko-sahkoauto-oikeasti-nollapaastoinen/>

OpenCO2.net (2024) *CO2-termit tutuiksi*. OpenCO2.net.

<https://www.openco2.net/fi/co2-tietoa>

OpenCO2.net (2022) *Mikä on scope 3?* OpenCO2.net.

<https://www.openco2.net/fi/artikkelit/mita-tarchoittaa-scope-3>

Ramboll (2023) *Kestävyysraportointi (CSRD) Pikaopas*. Ramboll.

Räsänen, J. (2023). *Vastuullisuus ja ESG-raportointi murroksessa – mihin yritysten on varauduttava?* Procountor. <https://procountor.fi/blogi/vastuullisuus/>

Teorra (2023) *What is the carbon footprint of packaging?* Teorra.

<https://www.teorra.info/blog/what-is-the-carbon-footprint-of-packaging>

Tofuture (2022) *GRI-raportointi – Uudistukset huomioon ensi vuoden alusta lähtien*. Tofuture

<https://tofuture.fi/gri-raportointi-uudistukset-2023>

Tofuture (2024). *ESG-raportointi*. Tofuture. <https://tofuture.fi/palvelut/esg-raportointi>

UNFCCC (2023) *New Analysis of National Climate Change Plans: Insufficient Progress*

*Made, COP28 Must Set Stage for Immediate Action*. United Nations Climate Change Conference. <https://unfccc.int/news/new-analysis-of-national-climate-plans-insufficient-progress-made-cop28-must-set-stage-for-immediate>

Verdantix (2023) *Market Size and Forecast: ESG and Sustainability Consulting 2022–2028*.

Verdantix. <https://www.verdantix.com/report/market-size-and-forecast-esg-and-sustainability-consulting-2022-2028-global>

Ympäristöministeriö (2024). *Euroopan unionin ilmastopolitiikka*. Ympäristöministeriö.

<https://ym.fi/euroopan-unionin-ilmastopolitiikka>

Ympäristöministeriö (2024). Kansainvälinen ilmastopolitiikka. Ympäristöministeriö.

<https://ym.fi/kansainvalinen-ilmastopolitiikka>

**Liite 1. Hiilijalanjälkilaskurin kertoimet**

**Bensiiniauto** 0,124 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (auto ensirekisteröity vuonna 2015) (Lähde: Autoalan tiedotuskeskus)

**Sähköauto** 0,003 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (Lähde: Autoalan tiedotuskeskus)

**Fortum normaali sähkö** 0,14 CO<sub>2</sub> ekv/kg per kWh (Lähde: Fortum)

**Fortum vihreä sähkö** 0 CO<sub>2</sub> ekv/kg per kWh (Lähde: Fortum)

**Kaukolämpö** 0,145 CO<sub>2</sub> ekv/kg per kWh (Lähde: Suomen Tilastokeskus / Motiva)

**Junaliikenne** 0,0015 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (Lähde: VR Group Vuosiraportti 2022)

**Muovi** 3,5 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg per 1 kg (Lähde: Teorra)

**Pahvi** 0,94 kg CO<sub>2</sub> ekv/kg per 1 kg (Lähde: Teorra)

**Rekka-rahti** 0,307 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (Lähde: <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-ecological-footprint-calculators/truck-co2-emissions-per-km-calculator/>)

**Laiva-rahti:** 0,03 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (Lähde: <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-offset-shipping/>)

**Lentorahti:** 0,3 CO<sub>2</sub> ekv/kg per km (Lähde: <https://8billiontrees.com/carbon-offsets-credits/carbon-offset-shipping/>)

## Liite 2. Laskurin infolaatikoiden tekstit

**Scope 1:** Scope 1 eli yrityksen omista toimista suoraan syntyvät päästöt, kuten omien ajoneuvojen päästöt ja energiantuotantoon käytettävien polttoaineiden päästöt. Voit käyttää laskurin keskiarvokulutuksen kerrointa tai etsiä tietyn automerkin yksilölliset CO<sub>2</sub>-päästöt esimerkiksi sivustolta <https://tieto.traficom.fi/fi/tietotraficom/ajoneuvojen-paasto-ja-kustannuslaskurit>

**Scope 2:** Scope 2 eli yrityksen ostoenergia, kuten sähkö ja kaukolämpö. Sähkönkulutus: Saat nämä tiedot sähkölaskustasi tai sähköyhtiöltäsi. Kaukolämpö: Saat nämä tiedot lämmityslaskustasi tai kaukolämpöyhtiöltäsi. Muu lämmitysmuoto: Jos käytät jotain muuta lämmitysmuotoa, täytä viimeinen kohta. Saat eri lämmitysmuotojen kertoimia esimerkiksi sivustolta <https://www.openco2.net/fi/hae-paastokertoimia>

**Scope 3:** Scope 3 eli arvoketjusta ja hankinnoista aiheutuvat päästöt, kuten työmatkaliikenne, raaka-aineiden hankintojen, kuljetusten ja valmistettujen tuotteiden käytön aikaiset päästöt.

**Työmatkaliikenne:** Voit käyttää laskurin keskiarvokulutuksen kerrointa tai etsiä tietyn automerkin yksilölliset CO<sub>2</sub>-päästöt esimerkiksi sivustolta <https://tieto.traficom.fi/fi/tietotraficom/ajoneuvojen-paasto-ja-kustannuslaskurit>

**Ostetut palvelut ja pääomahyödykkeet:** Tähän osaan sisältyvät kaikki yrityksen ostamat toimistotarvikkeet, toimistotekniikka, konsulttipalvelut ym. Kirjaa riveille tuote, kappalemäärä ja sen päästökerroin. Saat selville erilaisten tuotteiden päästökertoimia esimerkiksi sivustolta [www.openco2.net/hae-paastokertoimia](http://www.openco2.net/hae-paastokertoimia).

**Tuotantomateriaalit:** Voit käyttää laskurin omaa yleisimpien tuotantomateriaalien keskiarvokulutuskemaa tai syöttää oman yrityksesi tuotantomateriaalin ja sen kertoimen, jolloin saat tarkemman laskelman. Erilaisten materiaalien CO<sub>2</sub>-kertoimia saat esimerkiksi sivustolta [www.openco2.net/hae-paastokertoimia](http://www.openco2.net/hae-paastokertoimia).

**Kuljetus ja jakelu:** Voit käyttää laskurin omaa kuljetusten keskiarvokulutus-lukemaa tai syöttää itse oman kertoimen, jolloin saat tarkemman laskelman. Logistiikan päästöjä voi laskea esimerkiksi sivustolla <https://www.carboncare.org/en/co2-emissions-calculator>.