

Krista Pokkinen, Janne S. Kotiaho, Emmi Nieminen,
Laura Ollikainen, Maiju Peura, Essi Pykäläinen, Väinö Savolainen,
Silja Tuunanen, Veera Vainio & Sami El Geneidy

TAMPEREEN KAUPUNGIN HIILI- JA LUONTOJALANJÄLKI



JYU REPORTS 34

Krista Pokkinen, Janne S. Kotiaho, Emmi Nieminen,
Laura Ollikainen, Maiju Peura, Essi Pykäläinen, Väinö Savolainen,
Silja Tuunanen, Veera Vainio & Sami El Geneidy

TAMPEREEN KAUPUNGIN HIILI- JA LUONTOJALANJÄLKI



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

JYVÄSKYLÄ 2024

Cover illustration: Tampere Taivaalta

Copyright © 2024 Authors and University of Jyväskylä

Permanent link to this publication: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-9898-1>

ISBN 978-951-39-9898-1 (PDF)

URN:ISBN:978-951-39-9898-1

DOI: 10.17011/jyureports/2024/34

ISSN 2737-0046



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International license (CC BY 4.0).

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	3
Tiivistelmä	5
Abstract.....	6
Sanasto.....	7
1 Johdanto.....	8
2 Menetelmä	11
2.1 Tampereen kaupungin lähtökohdat	11
2.2 Lähtötiedot ja rajaukset	12
2.3 Hiili - ja luontojalanjäljen laskentamenetelmä	14
2.3.1 Kirjanpidon valinta ja tarkkuustaso.....	15
2.3.2 Menetelmän ja tietolähteiden valinta	16
2.3.3 Kirjanpidon kategorioiden ja hintojen harmonisointi	19
2.3.4 Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta.....	20
2.3.5 Ekosysteemien yhdistäminen.....	20
2.4 Elintarvikkeiden haittojen laskenta	21
2.5 Energian, veden ja työmatkojen haittojen laskenta	22
3 Tulokset	24
3.1 Tampereen kaupunkiorganisaation hiili- ja luontojalanjälki vuonna 2021	24
3.1.1 Tulokset yksiköittäin ja liikelaitoksittain.....	27
3.1.2 Elintarvikkeet	30
3.1.3 Energia ja vesi	34
3.1.4 Jätehuolto	36
3.1.5 Työmatkat.....	39
3.1.6 Sijoitukset	41
3.2 Rakennusinvestoinnin hiili- ja luontojalanjälki: esimerkkinä Yliopistokadun saneeraus.....	45
3.3 Luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti.....	48
3.4 Luonto- ja hiilijalanjälkien seuranta.....	51
4 Jalanjälkien pienentäminen	54
5 Tulosten tarkastelu ja jatkokehitys.....	58

Lähteet.....	62
Rahoittajat.....	70
Kirjoittajat.....	71
Liitteet.....	72

Tiivistelmä

Ihmiskuntaa eniten uhkaavat riskit ovat luontokadon ja ilmastonmuutoksen torjunnan ja niihin sopeutumisen epäonnistuminen sekä ilmastonmuutoksen seurauksena kaikkialla maailmassa yleistyvät vaaralliset sääilmiöt ja luonnonkatastrofit. Tässä työssä kuvattu Tampereen kaupungin vuoden 2021 hiili- ja luontojalanjälkien arviointi on ensimmäinen askel kohti kokonaisvaltaista ilmastonmuutoksen ja luontokadon vastaista työtä, johon jokaisen organisaation on ennemmin tai myöhemmin ryhdyttävä. Tulokset on raportoitu käyttötalouden hankintojen lisäksi erikseen tarkemmin elintarvikkeille, energialle ja vedelle, sijoituksille, jätehuollolle sekä työmatkoille. Tampereen kaupungin vuoden 2021 luontojalanjälki oli 557 nPDF (osuus maailman lajeista, jotka ovat riskissä kuolla sukupuuttoon globaalisti) ja hiilijalanjälki 207 763 t CO₂e. Elintarvikkeet aiheuttivat 22 % luontojalanjäljestä. Elintarvikkeista punainen liha, maitotuotteet ja siipikarja aiheuttivat suurimmat luontojalanjäljet. Muita suuria luontojalanjäljen aiheuttajia olivat lämmön kulutus (13 %) ja rakentaminen (12 %). Hiilijalanjäljestä lämmön kulutus aiheutti 22 %. Etenkin jyrksinturpeen käyttö lämmön tuotannossa nosti lämmön aiheuttamaa hiilijalanjälkeä. Seuraavaksi eniten hiilijalanjälkeä aiheuttivat elintarvikkeet (14 %) ja rakentaminen (13 %).

Hankkeessa laskettiin käyttötalouden lisäksi vaikutukset myös yhdelle investointitapaukselle: kadun saneeraukselle. Saneerauksen hiili- ja luontojalanjälkiä vertailtiin sekä perinteisin keinoin että kiertotalousperiaatteita noudattavan saneerauksen välillä. Kiertotalousperiaatteita noudattava kadun saneeraus aiheutti 40 % pienemmän luontojalanjäljen ja 35 % pienemmän hiilijalanjäljen kuin perinteinen saneeraus. Rakentamisen kiertotalousperiaatteiden lisäksi hankkeessa laskettiin skenaariot Tampereen kaupungin hiili- ja luontojalanjälkien pienentämiseksi energian kulutusta vähentämällä sekä liha- ja maitotuotteiden korvaamisella kasvipohjaisilla tuotteilla.

Luontojalanjäljen laskentamenetelmä kokoaa erilaisille lajeille aiheutetun sukupuuttoriskin yhden mittayksikön alle hiilijalanjäljen tavoin. Tämä mahdollistaa organisaatioiden ja kansainvälisten tuotantoketjujen luontojalanjäljen vertailun. Tulevaisuudessa kaupungit ja alueet ympäri maailman voivat hyödyntää tässä raportissa esitettyä menetelmää kehittääkseen ja toteuttaakseen mitattavia strategioita nettonollapäästöjen ja luontoposiitiivisuuden saavuttamiseksi.

Abstract

The four most serious existential risks for humanity are the failure to mitigate and adapt to climate change and biodiversity loss, and the natural disasters and extreme weather conditions that are becoming more common all over the world as a result of climate change. The assessment of the carbon and biodiversity footprints of the City of Tampere described in this report for the year 2021 are the first steps towards comprehensive work against climate change and nature loss, which every organization must undertake sooner or later. Results are reported for procurement of goods and services and in more detail for food, energy and water, investments, waste management, and business trips. The biodiversity footprint of the City of Tampere in 2021 was 557 nPDF (potentially disappeared fraction of species globally) and the carbon footprint 207 763 t CO₂e. Food products caused 22 % of the biodiversity footprint. Red meat, dairy products, and poultry caused the largest biodiversity footprints within food products. Other major causes for the biodiversity footprint were heat consumption (13 %) and construction (12 %). In terms of the carbon footprint, heat consumption was the largest contributor and caused 22 % of the carbon footprint. Especially the use of peat in heat production increased the carbon footprint. The second largest carbon footprint came from the consumption of food products (14 %) and construction (13 %).

The biodiversity footprint of the material consumption of street renovation was calculated as well. The carbon and biodiversity footprints of street renovation were compared between traditional street renovation and renovation that followed the principles of circular economy. Street renovation that followed the principles of circular economy caused 40 % smaller biodiversity footprints and 35 % smaller carbon footprints than traditional renovation. Scenarios on how the City of Tampere could reduce its carbon and biodiversity footprints were also calculated. Scenarios included for example implementing the principles of circular economy in construction, reducing energy consumption, and replacing meat and dairy products with plant-based products. The method used in the report assesses the global extinction risk caused to different species under one unit of measurement, similar to a carbon footprint. This makes it possible to compare the biodiversity footprints of different organizations and international supply chains. In the future, cities and regions around the world can utilize the presented assessment to develop and implement measurable strategies towards net zero emissions and nature positive impacts.

Sanasto

Ajuri | Luontohaitan suora aiheuttaja, kuten maan- ja vedenkäyttö, luonnonvarojen suora hyödyntäminen, ilmastonmuutos, saasteet tai haitalliset vieraslajit.

Hankinta | Hankinta kuvaa organisaation tuotteiden ja palvelujen ostoja.

Hiilidioksidiekvivalentti (CO₂e) | Hiilijalanjäljen mittaamisessa käytetty yksikkö, joka kuvaa kasvihuonekaasujen (esimerkiksi hiilidioksidin, metaanin ja dityppioksidin) yhteenlaskettua ilmastoa lämmittävää vaikutusta.

Hiilijalanjälki | Kuvaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden (esim. organisaatio tai yksilö) aiheuttamia haittoja eli negatiivisia vaikutuksia ilmastolle. Synonyymi ilmastohaitalle.

Ilmastohaitta | Synonyymi hiilijalanjäljelle.

Lieventämishierarkia | Ihmisen toiminnalla aiheutettuja haittoja luonnolle tulisi ensisijaisesti välttää, toissijaisesti minimoida ja viimesijaisesti hyvittää haitat luonnolle ekologisella kompensatiolla ja heikennettyä luontoa heikennyspaikalla ennallistamalla.

Luontohaitta | Synonyymi luontojalanjäljelle. Ihmisen toiminnan, kuten maankäytön, aiheuttama negatiivinen vaikutus eli haitta luonnolle.

Luontojalanjälki | Kuvaa tietyn rajattavissa olevan kokonaisuuden (esim. organisaatio tai yksilö) aiheuttamia haittoja eli negatiivisia vaikutuksia luonnolle ja luonnon monimuotoisuudelle. Synonyymi luontohaitalle.

PDF (potentially disappeared fraction of species) | Luontojalanjäljen yksikkö, joka kuvaa osuutta lajeista, jotka todennäköisesti häviävät (kuolevat sukupuuttoon) luontohaittaa aiheuttavien suorien ajureiden, kuten maankäytön seurauksena.

nPDF | Nano PDF. PDF arvo, joka on lavennettu ($nPDF = PDF \times 10^9$).

Päästö | Synonyymi hiilijalanjäljelle ja ilmastohaitoille.

1 JOHDANTO

Maailman talousfoorumi julkaisi alkuvuodesta 2023 raportin, jossa se listasi merkittävimmät ihmiskuntaa uhkaavat riskit seuraavan kymmenen vuoden katsannolla (WEF, 2023). Raportti pohjautuu 1200 tiedemaailmasta, yrityksistä, hallituksista, kansainvälisistä yhteisöistä sekä kansalaisyhteiskunnasta tulevan kansainvälisen riskiasiantuntijan näkemykseen. Neljä kaikkein vakavinta ihmiskuntaa uhkaavaa riskiä olivat luontokadon ja ilmastonmuutoksen torjunnan ja niihin sopeutumisen epäonnistuminen sekä ilmastonmuutoksen seurauksena kaikkialla maailmassa yleistyvät vaaralliset sääilmiöt ja luonnonkatastrofit. Esimerkiksi geopoliittiset konfliktit, pakolaisaallot ja kyberuhat tulevat ihmiskuntaa uhkaavina riskeinä vasta ilmastonmuutoksen ja luontokadon aiheuttamien riskien jälkeen (WEF 2023). Kansainvälinen tiedeyhteisö onkin jo jonkin aikaa todennut, että ilmastonmuutoksen rajoittaminen ja luontokadon pysäyttäminen ovat toisiaan tukevia tavoitteita ja ne on ratkaistava samanaikaisesti (Pörtner ym. 2021). Lisäksi sääntelypaine hiili- ja luontojalanjäljen raportointia kohtaan kasvaa jatkuvasti. Viime aikoina Euroopan Unionissa on otettu käyttöön tai on suunnitteilla esimerkiksi vastuullisuusraportoinnin direktiivi (CSRD), yritysvastuudirektiivi (CSDDD), kestävän rahoituksen taksonomia ja hiilirajamekanismi (CBAM), joilla kaikilla on vaikutuksia organisaatioiden hiili- ja luontojalanjäljen raportointiin (Euroopan komissio, 2023a; 2023b; 2023c; 2023d). Tampereen kaupungin hiili- ja luontojalanjäljen arvioiminen on ensimmäinen askel kohti kokonaisvaltaista ilmastonmuutoksen ja luontokadon vastaista työtä, johon jokaisen organisaation on ennemmin tai myöhemmin ryhdyttävä. Työ näiden ihmiskuntaa merkittävimmin uhkaavien riskien hallitsemiseksi on poikkeuksellista ja tekee Tampereen kaupungista kansainvälisen edelläkävijän.

Monimuotoinen luonto ja toimivat ekosysteemit ovat perusta kaikelle elämälle. Luonnon monimuotoisuus tarkoittaa elämää sen kaikissa eri muodoissa ja luontokato eli luonnon köyhtyminen tarkoittaa luonnonvaraisen elämän hiipumista maapallolta ihmistoiminnan seurauksena – ekosysteemien heikentymistä, lajien

häviämistä ja lajien populaatiokokojen eli yksilömäärien pienenemistä (Ketola ym. 2022, Kotiaho ym. 2023). Luontokato ja elinympäristöjen heikentäminen on nyt nopeampaa kuin koskaan aikaisemmin ihmiskunnan historiassa (IPBES 2018). Tällä hetkellä jopa miljoonaa lajia maailman noin kahdeksasta miljoonasta lajista uhkaa sukupuutto (IPBES 2019). Maankäyttö on tällä hetkellä suurin uhka maan, makeiden vesien ja merien eri kasvi- ja eläinlajeille (Jaureguiberry ym. 2022). Ilmastonmuutos on kuitenkin nousemassa yhä merkittävämmäksi luontokadon aiheuttajaksi. Mikäli ilmaston lämpenemistä ei pystytä rajaamaan 1,5 asteeseen, tulee ilmastonmuutos todennäköisesti olemaan tulevaisuudessa yksi suurimmista luontokadon aiheuttajista (Román-Palacios & Wiens, 2020; Trisos ym., 2020; Urban, 2015; WWF 2022). Tällä hetkellä ilmaston lämpeneminen on nopeinta 2000 vuoteen ja keskilämpötila on noussut noin 1,1 °C esiteolliseen aikaan verrattuna (IPCC 2021).

Viisi tärkeintä syytä maailmanlaajuiseen luontokatoon ovat, että 1) ihmiskuntana olemme ottaneet muiden lajien tarvitsemat elinympäristöt omaan käyttöömmemme muuttaen niitä voimakkaasti, 2) käytämme luonnonvaraisia lajeja suoraan hyväksemme ravintona tai hyödykkeinä enemmän kuin ne kykenevät uusiutumaan, 3) olemme aiheuttaneet evolutiivisen sopeutumisen näkökulmasta liian nopean ilmastonmuutoksen, 4) olemme pilanneet ja saastuttaneet ympäristöä tehden niistä lajeille elinkelvottomia sekä 5) siirtäneet lajeja alueille, joille ne eivät luonnostaan kuulu ja jossa ne aiheuttavat haittaa paikalliselle alkuperäislajistolle (IPBES 2019, Ketola ym. 2022, Kotiaho ym. 2023). On hyvä huomata, että luontokadossa ei ole kyse vain ympäristöstä. Kyse on kestävästä kehityksestä, taloudesta, väestön hyvinvoinnista ja terveydestä, kansainvälisestä turvallisuudesta sekä etiikasta ja moraalista. Luonto tuottaa meille ruokaa, kuituja, energiaa ja lääkkeitä, ja on korvaamaton ilmaston ja ilmanlaadun, veden laadun, tulvien hallinnan ja myrskyjen säätelijä. Luonto pitää meidät hengissä ja tukee hyvinvointimme kaikkia ulottuvuuksia. Kuten maailman talousfoorumi alussa mainitussa raportissaan toteaa, luontokato uhkaa ihmiskunnan itsensä olemassaoloa ja hyvinvointia. On arvioitu, että noin 44 biljoonaa dollaria maailman bruttokansantuotteesta on vahvasti tai kohtalaisesti riippuvainen luonnosta (WEF 2020). Lisäksi tutkijat ovat arvioineet, että maailman suurimpien pörssi-yhtiöiden arvosta 7,2 biljoonaa dollaria on altistunut luontoriskille, jota ei ole huomioitu lainkaan vastuullisuusstrategioissa (Carvalho ym. 2023).

Ilmastonmuutoksen ja luontokadon pysäyttäminen vaativat toimia kaikilla yhteiskunnan sektoreilla. Hiilijalanjälkeä käytetään jo yleisesti organisaatioissa ilmastohaittojen arviointiin, mutta vastaavanlaiset työkalut luontojalanjäljen eli luontohaittojen arviointiin ovat harvassa (Bull ym. 2022; El Geneidy ym. 2021, 2023; Peura ym. 2023). Jotta organisaatiot voisivat kehittää tehokkaita strategioita ja keinoja hiili- ja luontojalanjäljen pienentämiseen, tulee niiden tietää mitkä organisaation toiminnot

aiheuttavat merkittävimmän jalanjäljen. Tampere on ensimmäinen kaupunki Suomessa, joka on laskenut oman luontojalanjälkensä. Kaupungin ja yliopiston yhteistyönä kehitettiin kaupunkiorganisaatiolle räätälöity laskentamenetelmä, jota myös muut kaupungit voivat jatkossa hyödyntää.

Laskenta perustuu Jyväskylän yliopistossa kehitettyyn organisaatioiden hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmään (El Geneidy ym. 2021, 2023; Peura ym.2023; Pokkinen ym. 2023). Tampereen kaupungin kanssa toteutetussa yhteistutkimushankkeessa laskettiin Tampereen kaupunkiorganisaation vuoden 2021 hankintojen aiheuttamat hiili- ja luontojalanjäljet. Tässä raportissa kuvataan hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmän perusteet sekä esitetään tarkemmat tulokset tuloslaskelmaan kirjattujen hankintojen lisäksi elintarvikkeille, energialle ja vedelle, jätehuollolle, työmatkoille sekä taseen osalta sijoituksille. Lisäksi hankkeessa laskettiin ensimmäistä kertaa esimerkki-investointitapauksen kautta kadunrakentamisen hankintojen luontojalanjälki.

2 MENETELMÄ

2.1 Tampereen kaupungin lähtökohdat

Tampereen kaupungilla on kunnianhimoisia ympäristö- ja ilmastotavoitteita. Kaupunki aikoo olla hiilineutraali vuoteen 2030 mennessä (Tampereen kaupunki 2022a). Lisäksi kaupunki panostaa luonnon monimuotoisuuden vaalimiseen ja laati vuonna 2022 sen edistämiseksi LUMO-ohjelman (Tampereen kaupunki 2022b). LUMO-ohjelma painottuu lähiluontoon, mutta tässä Tampereen kaupungin ja Jyväskylän yliopiston yhteistutkimushankkeessa keskitytään ennen kaikkea globaaleihin luontovaikutuksiin hankintaketjujen kautta.

Tampere haluaa tunnistaa merkittävimmät luontovaikutuksensa ja laajemman vastuunsa luontovaikutusten hillitsemisessä. Hankintaketjujen kautta vaikutukset ulottuvat ympäri maailmaa, ja ainoastaan tunnistamalla merkittävimmät vaikutusten aiheuttajat niitä voidaan pyrkiä myös minimoimaan. Tampere tekee vuosittain merkittävän määrän hankintoja. Vuonna 2021 ulkoisia hankintoja tehtiin noin 1,1 miljardilla eurolla ja vuonna 2022 noin 1,2 miljardilla eurolla. Vuoden 2023 alusta hankintojen määrä on pienentynyt sosiaali- ja terveyshuoltouudistuksen myötä, jolloin sote-sektorin tekemät hankinnat siirtyivät hyvinvointialueiden vastuulle.

Tämä yhteistutkimushanke on ensimmäinen, jossa Tampere selvittää oman toimintansa luontovaikutukset yhdessä ilmastovaikutusten kanssa. Tutkimus antaa tärkeää tietoa ja mahdollisuuksia kaupungille suunnitella toimintaansa jatkossa niin, että ilmasto- ja luontovaikutuksia saadaan pienennettyä. Jatkossa laskentaa on tärkeä laajentaa koskemaan myös investointeja, joiden vaikutus haittoihin lienee suuri. Lisäksi tulee etsiä aktiivisesti esimerkiksi hankintakriteereiden kautta keinoja, joilla ilmasto- ja luontojalanjälkiä voidaan pienentää.

Lisäksi hankkeessa toteutettiin luonto- ja hiilijalanjälkilaskenta takautuvasti vuodesta 2019 lähtien Power BI -raporttiin, joka mahdollistaa vaikutusten seuramisen ja vertailun. Raportista voi tarkastella tuloksia sekä vuositasoilla, että suodattamalla tarkemmin tuotekategorioittain tai yksiköiden välillä. Power BI -raportin laskenta perustuu täysin tuloslaskelmaan, eli se ei huomioi tässä yhteistutkimushankkeessa kehitettyä tarkennettua laskentaa tiettyjen kategorioiden osalta. Tavoitteena on kehittää Power BI -raportointia niin, että talouskirjanpidon tiedot siirtyvät sinne automaattisesti ja ajantasaisesti, mikä mahdollistaa mahdollisimman reaaliaikaisen seurannan.

2.2 Lähtötiedot ja rajaukset

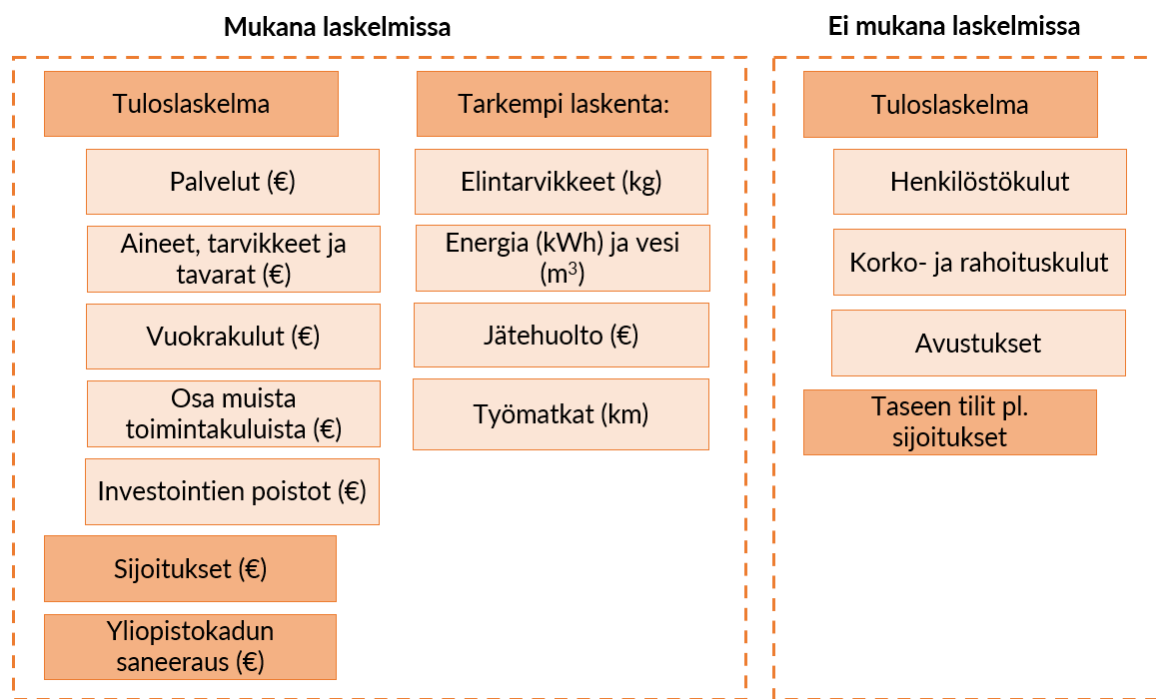
Hankkeessa laskettiin kaupungin tuloslaskelmaan kirjattujen käyttötalouden hankintojen luonto- ja hiilijalanjäljen lisäksi tarkemmin elintarvikkeiden, energian ja veden, jätehuollon, työmatkojen ja sijoitusten aiheuttama luontojalanjälki. Lisäksi hankkeessa laskettiin Yliopistonkadun saneerausinvestoinnin luonto- ja hiilijalanjäljet kahdessa eri skenaariossa, joissa vertailtiin perinteistä kadunrakentamista kiertotalousperiaatteita noudattavaan rakentamiseen.

Jalanjälkilaskenta perustuu pääosin vuoden 2021 Tampereen kaupungin tuloslaskelman kirjanpidon lukuihin. Lopullisessa laskennassa on kuitenkin huomioitu vain ne Tampereen kaupungin SAP-kirjanpito-ohjelmistossa määritetyt yritykset, jotka ovat olemassa kaupunkiorganisaatiossa yhä vuonna 2023 (Kuva 1). Tämä tehtiin, jotta tulokset kuvastavat paremmin nykyistä tilannetta. Koska sosiaali- ja terveyspalveluiden palvelualue sekä Pirkanmaan pelastuslaitos siirtyivät vuonna 2023 hyvinvointialueiden vastuulle, niiden vuonna 2021 tekemät hankinnat jätettiin pois laskuista. Mukana laskuissa eivät ole myöskään Tampereen kaupungin konserniyhteisöt, mutta niiden sisällyttämistä on jatkossa syytä harkita.



Kuva 1. Laskennassa huomioidut Tampereen kaupungin yksiköt SAP-yrityksittäin.

Lähtötietona toimi Tampereen kaupungin vuoden 2021 talouskirjanpidon tuloslaskelma sekä tiedot energiankulutuksesta, sijoituksista, kuljetuista työmatkoista ja kerätystä jätemäärästä. Lisäksi huomioitiin Tampereen kaupungin tytäryhtiö Pirkanmaan Voimia Oy:ltä saadut tiedot elintarvikkeiden hankinnoista. Pirkanmaan Voimia tuottaa ruokapalveluita muun muassa päiväkodeissa, kouluissa ja sairaaloissa (Pirkanmaan Voimia Oy, 2023). Elintarvikkejakauman osalta käytettiin vuoden 2022 tietoja. Jalanjäkilaskuissa ei huomioitu kaikkia talouskirjanpidossa olleita tilejä. Tarkastelusta on poistettu esimerkiksi palkat, verot, korkokulut sekä taseen tilit (pois lukien sijoitukset). Elintarvikkeiden, energian ja veden, jätehuollon ja työmatkojen euromääräiset kulut on poistettu kaksoislaskennan välttämiseksi tuloslaskelman tileiltä. Kuvassa 2 näkyy laskelmissa mukana olevat osiot ja se mihin niiden aiheuttamien haittojen laskenta perustuu sekä laskelmien ulkopuolelle jääneet osiot.



Kuva 2. Laskelmissa mukana olevat ja pois jätetyt osiot. Suluissa yksikkö, jonka perusteella haittoja on laskettu.

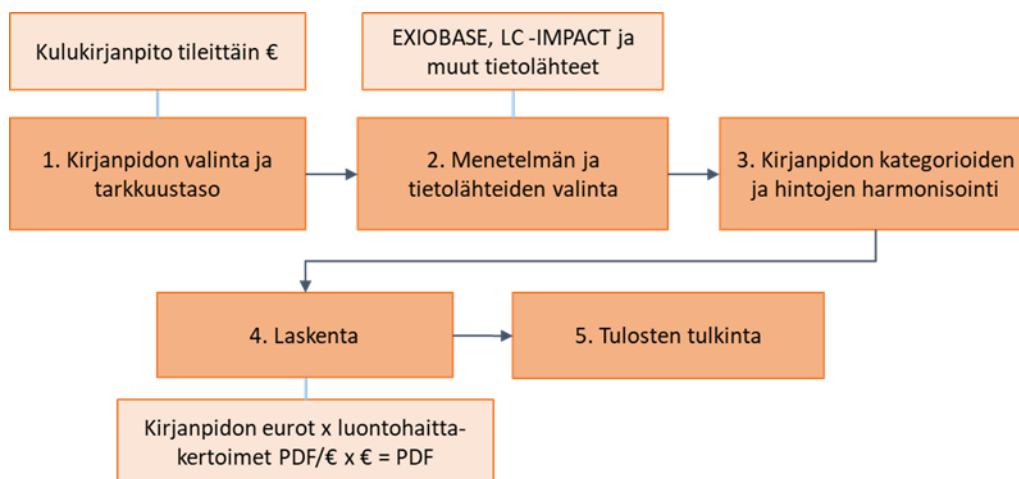
2.3 Hiili – ja luontojalanjäljen laskentamenetelmä

Hankkeessa on sovellettu ja kehitetty Jyväskylän yliopiston kehittämää hiili- ja luontojalanjäljen laskentamenetelmää (El Geneidy ym. 2023; Peura ym. 2023; Pokkinen ym. 2023). Organisaation luontojalanjäljen, eli sen toiminnan aiheuttamien luontohaittojen, laskemiseksi tarvitaan neljä asiaa: kulutuksen tyyppi ja määrä, kulutuksen aiheuttaman luontohaitan aiheuttajan eli luontohaitan ajurin tyyppi ja määrä, luontohaitan ajurin maantieteellinen sijainti sekä luontohaitan ajurin aiheuttama haitta luonnon monimuotoisuudelle (Kuva 3). Tampereen kaupungin luontojalanjälkeä tarkastellaan maan- ja vedenkäytön, ilmastonmuutoksen sekä saasteiden kautta.



Kuva 3. Luontojalanjäljen laskentaan tarvittavat elementit. Luontokadon viisi ajuria kansainvälisen luontopaneelin määritelmän mukaisesti (IPBES, 2019).

Organisaation talouskirjanpitoon pohjautuva hiili- ja luontojalanjäljen arviointi voidaan jakaa viiteen eri vaiheeseen (Kuva 4, El Geneidy ym. 2023). Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta aloitetaan valitsemalla sopivat organisaation kirjanpidot ja niiden tarkkuustasot. Tämän jälkeen valitaan laskentamenetelmä. Tässä hankkeessa käytetään menetelmää, joka yhdistää EXIOBASE (Stadler ym. 2018) ja LC-IMPACT (Verones ym. 2020) -tietokantojen tietoja (El Geneidy ym. 2023). Seuraavaksi organisaation kirjanpidon kategoriat ja hinnat harmonisoidaan vastaamaan laskentamenetelmässä käytettyjä tietoja. Näiden vaiheiden jälkeen voidaan suorittaa itse laskenta ja tulosten tulkinta. Kuvan 4 vaiheet käydään läpi yksityiskohtaisemmin seuraavissa osioissa.



Kuva 4. Hiili- ja luontojalanjäljen laskennan eri vaiheet. Kuva muokattu tutkimuksesta El Geneidy ym. 2023.

2.3.1 Kirjanpidon valinta ja tarkkuustaso

Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta tehtiin Tampereen kaupunkiorganisaatiolle eli kyseessä ei ole Tampereen alueella asuvien kansalaisten tai yhteisöjen toimien laskenta, vaan Tampereen hallinnollisten yksiköiden kulutuksen laskenta. Laskenta toteutettiin hyödyntämällä Tampereen kaupungin talouskirjanpitoa, joka sisälsi aineiden, tavaroiden sekä palvelujen ostoja. Talouskirjanpidosta oli lisäksi mahdollista eritellä eri Tampereen kaupungin yksiköiden tekemiä ostoja. Talouskirjanpidon arvonlisäverot ovat talouskirjanpidossa kuntien ja hyvinvointialueiden arvonlisäverotusohjeen mukaisesti (Vero 2023).

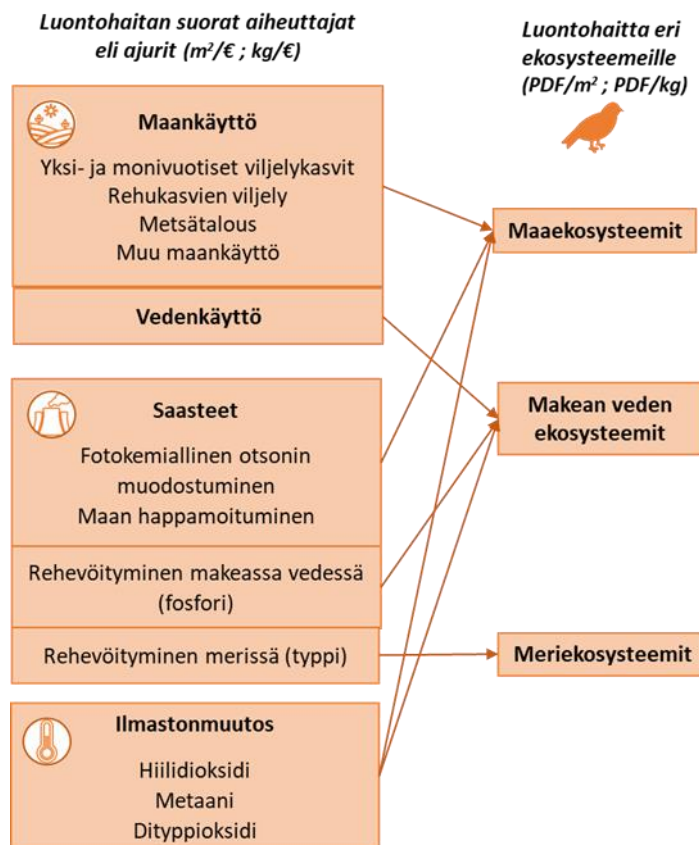
2.3.2 Menetelmän ja tietolähteiden valinta

Käytetty laskentamenetelmä yhdistää erilaisia avoimia, globaaleja tietokantoja ja aineistoja (El Geneidy ym. 2023). Ilmastohaittojen aiheuttajat, luontohaitan suorat aiheuttajat eli luontohaitan ajurit ja niiden sijainti mallinnetaan EXIOBASE- tietokannan avulla. Ajurien aiheuttama luontohaitta mallinnetaan puolestaan LC-IMPACT-tietokannan avulla. Käytetty menetelmä mahdollistaa eri organisaatioiden hiili- ja luontojalanjälkien kattavan laskennan. Seuraavat osiot antavat lisätietoa menetelmästä.

Luontohaitan ajurit

EXIOBASE on ympäristölaajennettu monialueellinen panos-tuotostietokanta (environmentally extended multi-regional input-output database, EEMRIO), joka sisältää aineistoja eri valtioiden ja alueiden välillä liikkuvista vienti- ja tuontivirroista sekä niiden ympäristövaikutuksista toimialasektoreittain (Stadler ym. 2018). Tietokanta yhdistää rahavirrat kulutuksen aiheuttamiin luontohaitan ajureihin. EXIOBASE-tietokanta huomioi keskimääräiset haitat koko tuotteiden ja palvelujen elinkaaren alalta, eli esimerkiksi tuotteiden kohdalla niiden alkutuotannosta, valmistuksesta, pakkauksista ja kuljetuksesta syntyvät haitat. Käytetty EXIOBASE:n versio 3.8.2 sisältää aineistot 200 tuotekategoriasta 44 valtiossa ja viidellä laajemmalla alueella, joihin loput valtiot jakautuvat (Stadler ym. 2018, 2021). EXIOBASE:n kertoimien alkuvuosi riippuu tarkasteltavasta luontokadon ajurista. Kaikki kertoimet ovat vuodelta 2019, mutta esimerkiksi maankäytön osalta alkuperäiset kertoimet ovat vuodelta 2011 ja kertoimien suuruus vuonna 2019 perustuu mallinnukseen kertoimien suuruuden kehittymisestä (Stadler ym. 2021).

EXIOBASE:n avulla saadaan laskettua kuinka suuren määrän luontohaitan ajuria, kuten tietynlaista maankäyttöä, tietyn tuotteen kulutus (euroina) Suomessa aiheuttaa. EXIOBASE:sta saadaan päästökertoimet (kg CO₂e/€), joita on käytetty hiilijalanjäljen laskennassa. Luontokadon ajureista tarkastellaan maankäytön (15 maankäyttökategoriaa, esim. metsätalous ja lihakarjan laidunnus) lisäksi saasteita (5 kategoriaa, esim. typpi- ja fosforipäästöt), ilmastonmuutosta (hiilidioksidi-, typpioksidi- ja metaanipäästöt) sekä vedenkäyttöä (Kuva 5).



Kuva 5. Luontohaitassa huomioidut haitan suorat aiheuttajat eli ajurit eri ekosysteemeille. Esimerkiksi maaekosysteemiin kohdistuvassa luontohaitassa on huomioitu maankäytön, saasteiden ja ilmastonmuutoksen vaikutukset.

EXIOBASE:sta saadaan myös tietoa siitä, miten Suomessa kulutetun tuotekategorian vaikutukset jakautuvat ympärimaailmaa alueittain. Valtioita on 44 kappaletta (mm. Suomi ja monet Euroopan maat ovat omia valtioinaan). Näiden lisäksi viisi laajempaa aluetta ovat Afrikka (Etelä-Afrikka erillisenä valtiona 44 valtion joukossa), Väli- ja Etelä-Amerikka (Brasilia ja Meksiko erillisinä valtioina), Aasia ja Tyynenmeren alue (Kiina, Japani, Indonesia, Etelä-Korea ja Intia erillisinä valtioina), Lähi-Itä sekä Eurooppa sisältäen pieniä valtioita ja saarivaltioita, kuten Vatikaani ja Islanti.

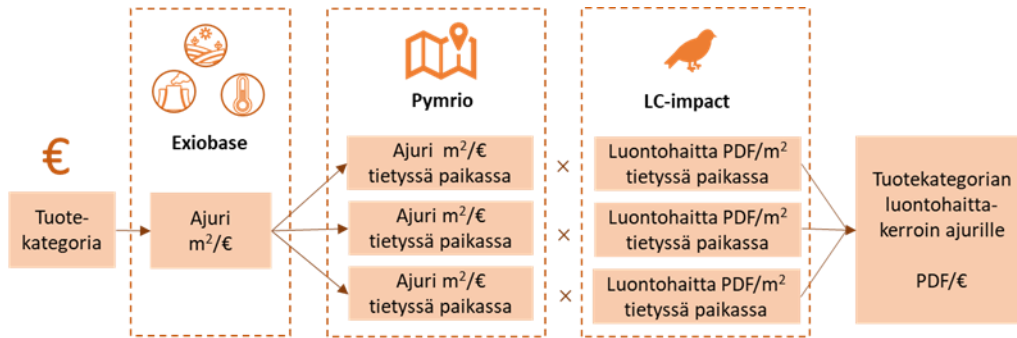
EXIOBASE:ssa on 200 tuotekategoriaa, joille voidaan laskea maakohittaiset luontohaitan ajurien määrät. Tuotekategorioita ovat esimerkiksi rakentaminen, sosiaali- ja terveyspalvelut, sähkölaitteet, tuulivoimalla tuotettu sähkö ja IT-palvelut. Menetelmällä ei pystytä vertailemaan saman tuotekategorian eri tuotteita keskenään.

Luontohaitta

Luontohaitan laskennassa tarvitaan LC-IMPACT-tietokantaa, jonka avulla voidaan laskea kuinka paljon tietty luontohaitan ajuri aiheuttaa luontohaittaa (Verones ym. 2020). Luontohaitan mittarina käytetään osuutta kaikista maailman lajeista, jotka todennäköisesti häviävät eli ovat riskissä kuolla sukupuuttoon globaalisti, jos haitallinen toiminta jatkuu (PDF = potentially disappeared fraction of species globally). Indikaattorin taustalla on aineistoja ja tutkimuksia lajien levinneisyyksistä ja uhanalaisuudesta sekä lajiryhmien herkkyydestä eri luontokadon ajureille (Verones ym. 2020). PDF-mittarin on väitetty toimivan luontoekvivalenttina (biodiversity equivalent, BDe) (El Geneidy ym. 2023). Kun maailman lajistoa tarkastellaan yhtenä kokonaisuutena globaalisti, pystytään vertailemaan eri maantieteellisissä sijainneissa aiheutettuja luontohaittoja keskenään (El Geneidy ym. 2023). Siksi mittarin voikin nähdä toimivan samaan tapaan kuin hiilidioksidiekvivalentti toimii hiilijalanjäljen tapauksessa. Tässä raportissa viittaamme mittariin kuitenkin sen alkuperäisellä nimityksellä: PDF. Luontohaitta on arvioitu erikseen maaekosysteemien, makean veden ekosysteemien ja meriekosysteemien lajistoille. Kuva 5 osoittaa, mitkä luontohaitan ajurit on huomioitu eri ekosysteemien luontohaitassa. Esimerkiksi vedenkäyttö sisältyy vain makean veden ekosysteemeihin kohdistuvaan luontohaittaan.

LC-IMPACT tarjoaa maakohtaiset luontohaittakertoimet eri luontokadon ajureille maittain (244 maata). Luontohaittakertoimet ovat esimerkiksi muotoa PDF/m² tai PDF/kg ja ne ovat maakohtaisia, sillä tietty määrä luontohaitan ajuria aiheuttaa eri määrän globaalia luontohaittaa eri maissa. Pymrio-ohjelman (Stadler ym. 2021) avulla saadaan selville tietyn tuotekategorian aiheuttaman luontohaitan jakautuminen eri maihin. Pymrio on avoimen lähdekoodin työkalu, jota voidaan käyttää luontohaittojen laskemiseen. Luontohaittakertoimet (globaali PDF/yksikkö luontohaitan ajuria) ovat tyypillisesti suurimpia luonnon monimuotoisuudeltaan rikkailla alueilla päiväntasaajan seuduilla.

LC-IMPACT-tietokannassa on tarkempi maakohtainen jaottelu kuin EXIOBASE-tietokannassa. Esimerkiksi EXIOBASE-tietokannan Afrikka-alueeseen kohdistuva ympäristövaikutus jaetaan LC-IMPACT-tietokannan Afrikka-alueeseen kuuluvien maiden kesken. Tulokseksi saadaan maakohtaiset PDF/€ -kertoimet, joiden summa on lopulta tuotekategorian globaali luontohaittakerroin PDF/€ tietyille ajurille (Kuva 6). Kun tämä on tehty kaikille eri luontohaitan ajureille, saman ekosysteemin luontohaittakertoimet summataan yhteen ja tulokseksi saadaan lopulta globaalit luontohaittakertoimet maaekosysteemeille, makean veden ekosysteemeille ja meriekosysteemeille muodossa PDF/€.



Kuva 6. Kaaviokuva EXIOBASE:n ja LC-IMPACTin yhdistämisestä luontohaittakertoimen laskemiseksi. Esimerkissä tuotekategoria (200 tuotekategoriaa) aiheuttaa luontokadon aiheuttajaa eli ajuria (15 ajuria) tietyn määrän, kuvan esimerkissä muodossa $m^2/€$. Ajuri kohdennetaan Pymrion avulla yhteensä 49 maahan tai niitä laajempaan alueeseen. Maakohtaiset ajurit ($m^2/€$) kerrotaan maakohtaisilla luontohaittakertoimilla (PDF/m^2) ja tulojen summa on ajurin luontohaittakertoimen tuotekategorialle muodossa $PDF/€$.

Maaekosysteemeihin kohdistuvan luontohaitan taustalla on tutkimustietoa esimerkiksi siitä, miten erilaiset maankäyttömuodot muuttavat elinympäristöjä, miten ilmastonmuutos muuttaa lajien elinympäristöjen levinneisyyksiä ja miten maan happamoituminen vaikuttaa kasvien lajimääriin. Makean veden ekosysteemeihin kohdistuvan luontohaitan taustalla on tietoa esimerkiksi siitä, miten vedenkäyttö pienentää kosteikkojen pinta-alaa, miten ilmastonmuutos muuttaa jokien virtausta ja fosfori aiheuttaa rehevöitymistä vesistöissä. Meriekosysteemien luontohaitta perustuu tutkimustietoon typen rehevöittävästä vaikutuksista merissä.

Luontojalanjäljen yksikkö PDF tuottaa usein hyvin pieniä arvoja (PDF saa arvon 0 ja 1 välillä), sillä kyseessä on yhden organisaation osuus koko maailman luontokadosta. Pienen arvon vuoksi luontohaitan merkittävyys voi olla haastavaa hahmottaa. Tulosten esittämisen helpottamiseksi, luontojalanjälki voidaan ilmaista etuliitteenä 10^9 avulla, jolloin lyhenteenä käytetään nPDF ($nPDF = PDF \times 10^9$).

2.3.3 Kirjanpidon kategorioiden ja hintojen harmonisointi

Tampereen kaupungin kirjanpidon jokaiselle tilille valittiin sopiva EXIOBASE:n tuotekategoria 200 vaihtoehdosta. Tampereen kaupungin aineistot olivat vuodelta 2021. EXIOBASE:n taloudelliset tiedot ovat vuodelta 2019, joten kirjanpidon eurot oli muutettava vastaamaan vuoden 2019 hintoja. Muunnos tehtiin vähentämällä vuoden 2021 hinnoista kuluttajahintaindeksin mukainen inflaation vaikutus tuotekategoriakohtaisella inflaatiokertoimella (Tilastokeskus 2023a). Tampereen kaupungin kirjanpidon eurot ovat myös ns. ostajahintoja (määritelmä: Tilastokeskus 2023b), mutta EXIOBASE:n eurot ovat perushintoja (määritelmä: Tilastokeskus 2023c). Tampereen kaupungin kirjanpidon hinnat muutettiin perushinnoiksi

ottamalla huomioon tuoteverot, tuotetuet, kaupan ja kuljetuksen lisät ja arvonlisävero. Muunnos tehtiin tuotekategoriakohtaisella hintakorjauskertoimella (El Geneidy ym. 2023). Käytännössä nämä muunnokset pienentävät laskennassa käytettäviä euromääriä suhteessa kirjanpidon hintoihin (Kaava 1).

$$\begin{aligned} \text{Perushinta} &= \text{Ostajanhinta} - (\text{Ostajanhinta} \times \text{Inflaatiokerroin}) \\ &\quad - (\text{Ostajanhinta} \times \text{Hintamuunnoskerroin}) \end{aligned}$$

Kaava 1. Hintamuutoksen laskenta.

2.3.4 Hiili- ja luontojalanjäljen laskenta

Kun Tampereen kaupungin kirjanpidon aineisto oli harmonisoitu vastaamaan EXIO-BASE:n tuotteiden hintoja, saatiin laskettua organisaation hiilijalanjälki kertomalla kirjanpidon eurot päästökertoimilla (kg CO₂e/€) ja luontojalanjälki kertomalla kirjanpidon eurot luontohaittakertoimilla (PDF/€ erikseen eri ekosysteemeille). Lopputuloksena saatiin organisaation hiili- ja luontojalanjälki erikseen eri ekosysteemeille.

2.3.5 Ekosysteemien yhdistäminen

Maaekosysteemeihin sekä makean veden ekosysteemeihin kohdistuvat luontohaitat sisältävät seuraavat lajiryhmät: nisäkkäät, linnut, sammakkoeläimet, matelijat ja putkilokasvit. Meriekosysteemeihin kohdistuva luontohaitta sisältää hummerit, luukalat, rustokalat ja merikurkut. Eri ekosysteemien luontohaittoja ei suositella suoraan yhdistettävän toisiinsa (Verones ym. 2020). Ekosysteemien luontohaittoja voidaan kuitenkin yhdistää antamalla jokaiselle ekosysteemille oma painoarvo (El Geneidy ym. 2023). Painoarvoina toimivat jokaisen ekosysteemin sisällä olevien lajien arvioitu osuus kaikista maailmassa esiintyvistä kasvi ja eläinlajeista (Román-Palacios ym. 2022). Jokaisen ekosysteemin luontojalanjälkiarvot kerrotaan painoarvolla ja ekosysteemien painotetut arvot summataan (Kaava 2).

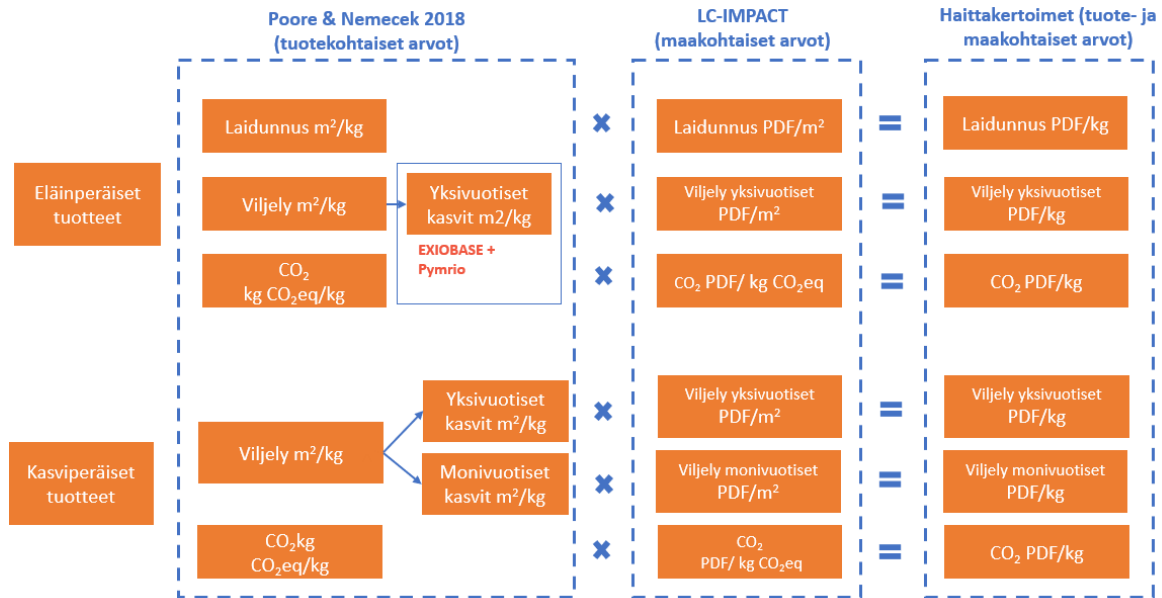
$$PDF_{\text{yhdistetty}} = PDF_{\text{maa}} \times 0,801 + PDF_{\text{makea vesi}} \times 0,096 + PDF_{\text{meri}} \times 0,102$$

Kaava 2. Ekosysteemikohtaisten luontojalanjälkien yhdistäminen yhdeksi luontojalanjäljeksi painokertoimien avulla (Román-Palacios ym. 2022; El Geneidy ym. 2023).

2.4 Elintarvikkeiden haittojen laskenta

Elintarvikkeiden osalta haittojen laskenta toteutettiin tarkemmin määrälliseen (kg) kulutukseen perustuen. EXIOBASE:ssa on vain 10 elintarvikkeisiin liittyvää kategoriaa, joten sen pohjalta toteutettu elintarvike laskenta voisi jäädä hyvin karkeaksi. Kilogrammapohjainen laskenta mahdollistaa luontojalanjäljen laskennan 44 eri elintarvikekategorialle, jolloin elintarvikkeiden haittojen laskenta on EXIOBASE:n kautta tapahtuvaa europerusteista laskentaa tarkempaa. Laskennassa hyödynnettiin Pooren ja Nemecekin (2018) tekemää tutkimusta, jossa he analysoivat luontohaitan ajureiden määrän elintarviketuotteen kilogrammaa kohden. Dataa hyödynnettiin maankäytön (m^2/kg) sekä CO_2 -päästöjen (CO_2e/kg) osalta. Kilogrammapohjainen laskenta ei tällä hetkellä vielä ota huomioon maankäytön ja ilmastonmuutoksen lisäksi muita luontohaitan ajureita, mutta ajureiden määrää pystytään kasvattamaan jatkossa ainakin saasteiden ja vedenkäytön osalta. Valmiiden elintarvikekategorioiden lisäksi tässä työssä on tehty omia kategorioita, jotka perustuvat arviointiin tuotteiden raaka-aineista ja niiden jakaumasta. Esimerkkinä voidaan mainita, että tässä työssä arvioimme, että sika-nautajauheliha sisältäisi 50 % sianlihaa ja 50 % naudansiiraa.

Elintarviketuotteet on jaettu eläin- ja kasvipäisiin tuotteisiin. Kasvipäiset elintarvikkeet on lisäksi jaoteltu yksi- ja monivuotisiin kasveihin. Kasvipäisten elintarvikkeiden osalta maankäytön oletettiin kohdistuvan kokonaisuudessaan tuotteen alkuperämaahan. Eläinperäisten elintarvikkeiden maankäytöstä laidunnus kohdistuu tuotteen alkuperämaahan, mutta mm. rehujen viljely kohdistetaan EXIOBASE-tietokannan ja Pymrio-työkalun (Stadler ym., 2021) avulla useampiin maihin, koska esimerkiksi rehuja tuodaan usein Suomen ulkopuolelta. Kilogrammapohjaiset luontohaitan ajurin kertoimet (m^2/kg tai CO_2e/kg) on yhdistetty LC-IMPACT-tietokannan luontohaittakertoimien (PDF/m^2 tai PDF/CO_2e) kanssa, jolloin saadaan laskettua luontohaittakertoimet eri tuotteille (PDF/kg) (Kuva 7). Jokaiselle elintarvikkeelle ja sen jokaiselle alkuperä-, tuotanto- tai tuontimaalle on oma luontohaittakerroin.



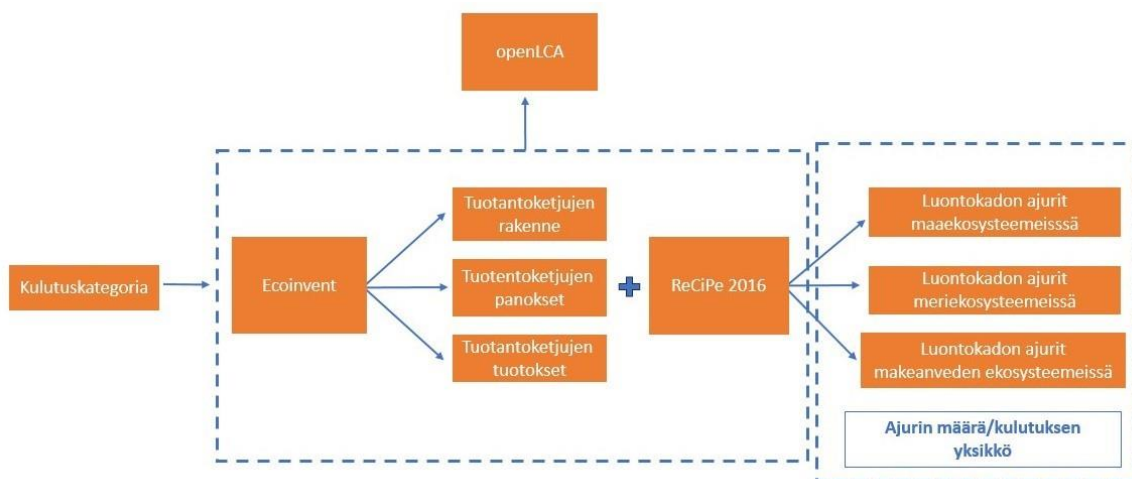
Kuva 7. Kaaviokuva Poore & Nemecek (2018) tutkimukseen pohjautuvien tuotekohtaisien kertoimien ja LC-IMPACT-tietokannan yhdistämisestä luontohaittakertoimien laskemiseksi. Elintarviketuotteet on jaettu eläinperäisiin sekä kasvipärisiin tuotteisiin. Viljelyssä on huomioitu lisäksi erikseen yksivuotiset ja monivuotiset kasvit. Tuotekohtaiset arvot (m²/kg) kerrotaan maakohtaisilla luontohaittakertoimilla (PDF/m²), jolloin saadaan haittakerron tuotekategorialle PDF/kg.

2.5 Energian, veden ja työmatkojen haittojen laskenta

Myös energian, veden ja työmatkojen haittojen laskenta toteutettiin fyysiseen kulu- tukseen perustuen. Energian ja veden sekä työmatkojen laskennassa hyödynnettiin elinkaariarviointia. Elinkaariarvioinnin avulla on mahdollista arvioida yksittäisen tuotteen tai palvelun aiheuttamia ympäristövaikutuksia tuotteen valmistamisesta sen loppusijoitukseen saakka (Huijbregts ym. 2017). Haittojen laskennassa käytettiin Ecoinvent-tietokantaa, josta saatiin selville tuotantoketjujen rakenne, niiden tarvitsemat tuotantopanokset (esim. käytetyt luonnonvarat) sekä tuotannon aiheuttamat haitat (esim. ilmansaasteet).

Laskenta toteutettiin openLCA-ohjelmistolla, jossa tuotannon elinkaari- ketjut muodostettiin Ecoinvent-tietokannan avulla (Wernet ym. 2016). Tietokoneen las- kentakapasiteetin rajallisuuden vuoksi osa elinkaari- ketjuista jouduttiin karkeista- maan openLCA:n cutoff-toiminnolla (käytetty arvo: 1e-9 tai none). Elinkaarivaiku- tusten arviointi tehtiin ReCiPe:n avulla, joka on yksi elinkaariarvioinnin menetelmistä (Huijbregts ym. 2017). Luontohaitan ajurit laskettiin yksilön kulutusta ilmentävien mittayksiköiden muodossa, esimerkiksi maankäyttö m²/kWh. Luontohaitan ajurit, joita menetelmässä laskettiin, olivat maaekosysteemien osalta maankäyttö

(maatalousmaa), maan happamoituminen, valokemiallisten hapettimien muodostuminen ja ilmastonmuutos, makean veden ekosysteemien osalta makean veden rehevöityminen, ilmastonmuutos ja vedenkäyttö sekä meriekosysteemien osalta merten rehevöityminen (Kuva 8).



Kuva 8. Energian- ja vedenkulutuksen sekä työmatkojen haittojen mallinnus Ecoinvent ja ReCiPe 2016 -tietokantojen avulla.

3 TULOKSET

3.1 Tampereen kaupunkiorganisaation hiili- ja luontojalanjälki vuonna 2021

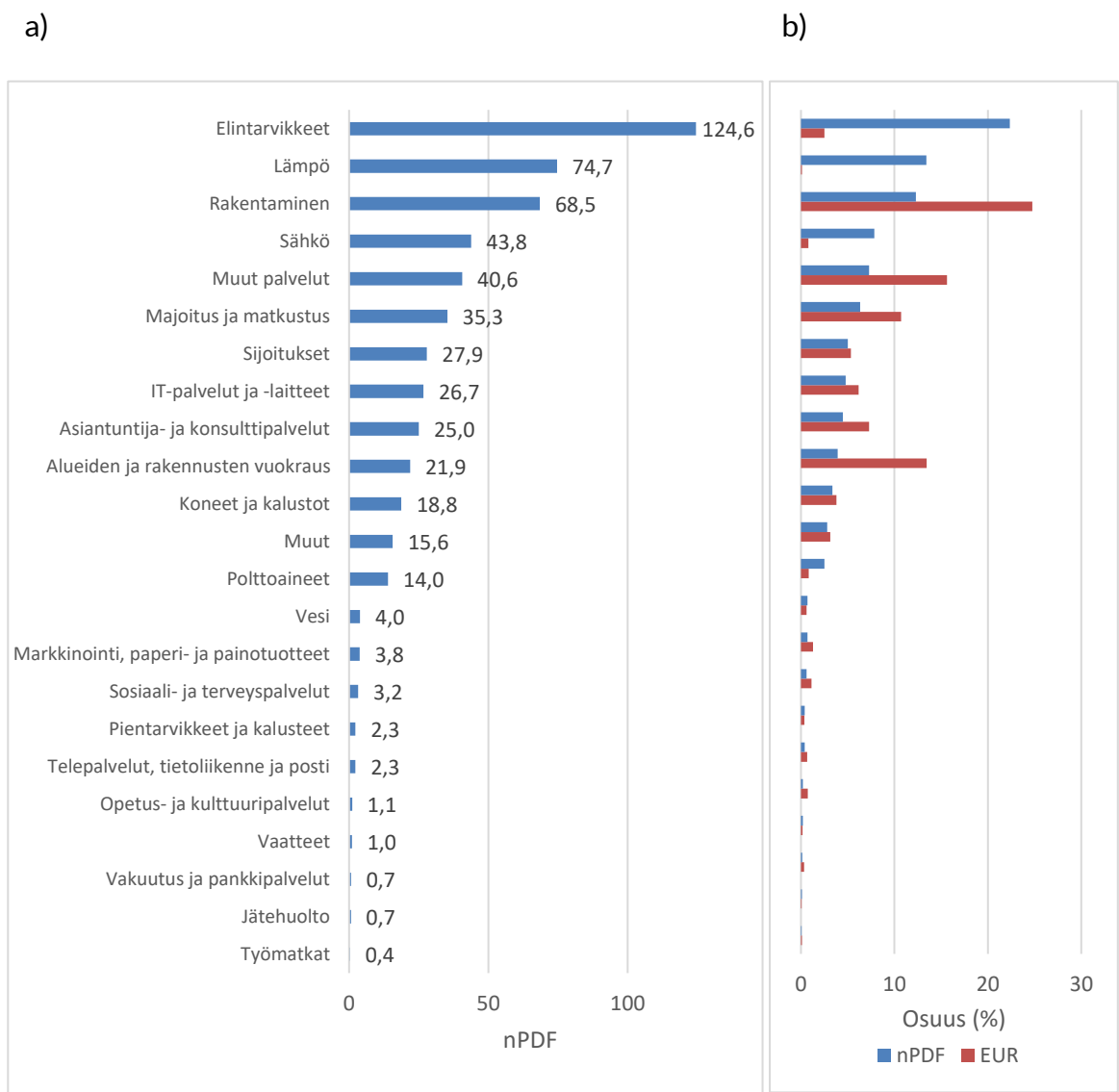
Tampereen kaupungin kokonaisluontojalanjälki oli 5,57E-07 PDF eli 557 nPDF. Tämä tarkoittaa sitä, että Tampereen kaupunkiorganisaation luontojalanjälki johtaa siihen, että maailman lajeista todennäköisesti 0,0000557 prosenttia häviää, jos luontohaitta jatkuu samanlaisena. Tampereen kaupungin kokonaishiilijalanjälki oli 207 773 t CO₂e. Muu käyttötalous aiheutti 50 % (281 nPDF) luontojalanjäljestä ja 54 % (111 290 t CO₂e) hiilijalanjäljestä (Taulukko 1). Muun käyttötalouden hankintoihin, joihin kuuluivat mm. rakentaminen ja IT-palvelut ja -laitteet, kului 91 % talouskirjanpidossa olevista kuluista. Tuloksia esitellään tarkemmin seuraavissa kappaleissa.

Taulukko 1. Tampereen kaupungin absoluuttinen (nPDF ja t CO₂e) ja suhteellinen (%) luonto- ja hiili jalanjälki sekä kulujen määrä (€) kategorioittain.

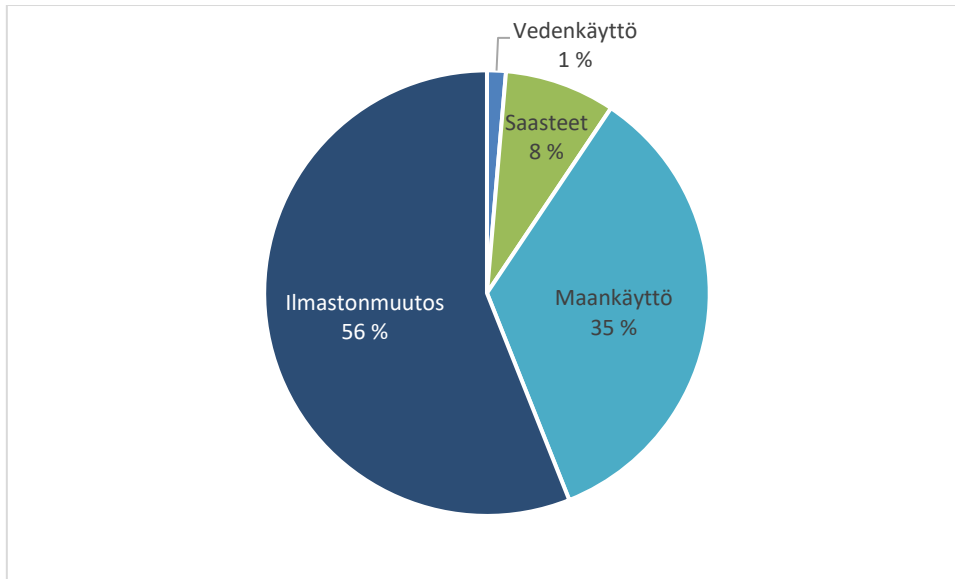
	nPDF	Luontojalanjälki (%)	t CO ₂ e	Hiilijalanjälki (%)	Kulut (€)	Kulut (%)
Muu käyttötalous	281	50	111 293	54	501 451 156	91
Elintarvikkeet	125	22	28 665	14	13 912 000	3
Lämpö	75	13	46 573	22	571 071	0
Sähkö	44	8	8 694	4	4 485 461	1
Sijoitukset	28	5	10 948	5	29 504 785	5
Vesi	4	1	1 164	1	3 242 438	1
Jätehuolto	1	0	300	0	374 282	0
Työmatkat	0	0	136	0	512 215	0

Kategorioittain tarkasteltuna elintarvikkeet aiheuttivat suurimman osan (22 %) luontojalanjäljestä (Kuva 9a). Toiseksi suurin luontojalanjälki muodostui lämmön

kulutuksesta (13 %) ja kolmanneksi suurin rakentamisesta (12 %). Rakentaminen pitää sisällään rakennusmateriaalit sekä rakennusten huollot ja korjaukset. Elintarvikkeet aiheuttivat suurimman jalanjäljen, mutta siihen kulutettujen eurojen määrä oli vain n. 3 % kaikkien hankintojen euromäärästä (Kuva 9b). Lämpöön puolestaan kulutettiin vain 0,1 % kaikkien hankintojen euromäärästä. Kategorioiden luonto- ja hiihlijalanjäljet sekä kulut löytyvät Liitteestä 1. Luontokadon ajureista suurimman osan (51 %) luontojalanjäljestä aiheutti ilmastonmuutos (Kuva 10). Maankäyttö aiheutti 35 % luontojalanjäljestä ja saasteet 8 %.



Kuva 9. a) Tampereen kaupungin luontojalanjälki (nPDF) kulutuskategorioiden mukaan ja b) Kategorioiden suhteelliset osuudet (%) kokonaisluontojalanjäljestä sekä kuluista.



Kuva 10. Tampereen kaupungin luontojalanjäljen jakauma luontokadon ajureittain. Jakauma ei ota huomioon elintarvikkeita, työmatkoja ja energiaa, koska niiden osalta huomioitiin eri määrä luontokadon ajureita.

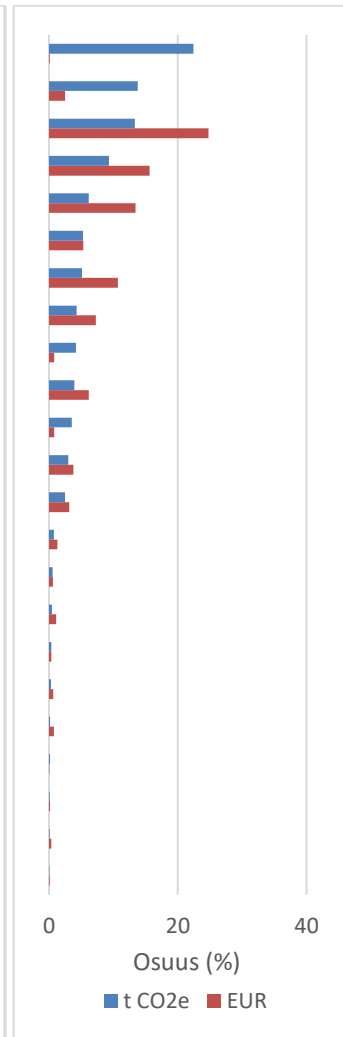
Tampereen kaupungin hiilijalanjäljestä 22 % (46 570 t CO₂e) syntyi lämmön kulutuksesta (Kuva 11a). Elintarvikkeet aiheuttivat 14 % (28 700 t CO₂e) hiilijalanjäljestä ja rakentaminen 13 % (24 200 t CO₂e). Rakentamisen aiheuttamaa suurta hiilijalanjälkeä ohjasi osaltaan siihen käytettyjen hankintojen määrä. Rakentamiseen liittyvien hankintojen rahallinen osuus oli 25 % talouskirjanpidossa olevasta hankintojen määrästä (Kuva 11b). Muut palvelut -kategoriaan kului 16 % hankintojen kuluista. Muut palvelut -kategoria sisältää muun muassa asiakaspalveluiden ostoja. Kolmanneksi eniten rahaa kului alueiden ja rakennusten vuokraamiseen (14 %).

Elintarvikkeiden, lämmön-, sähkön-, ja vedenkulutuksen sekä työmatkojen jalanjäljet on laskettu niiden määrällisen kulutuksen perusteella, joten niiden tulokset eivät välttämättä ole suoraan suhteessa kulutettuun rahamäärään.

a)



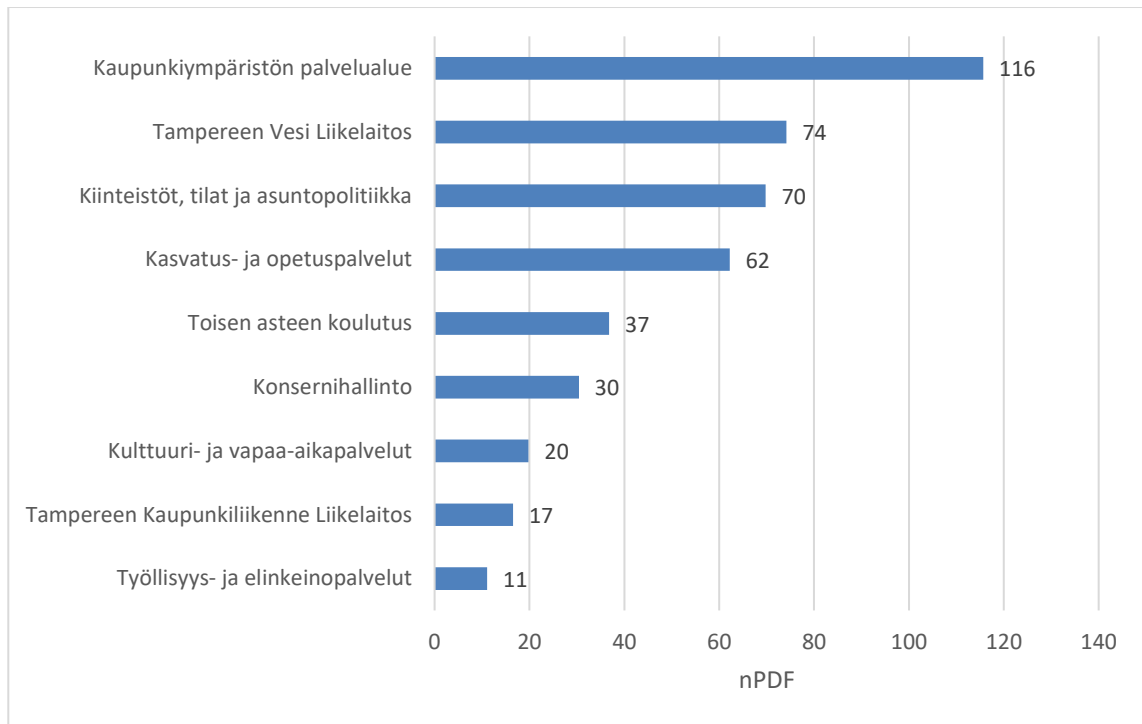
b)



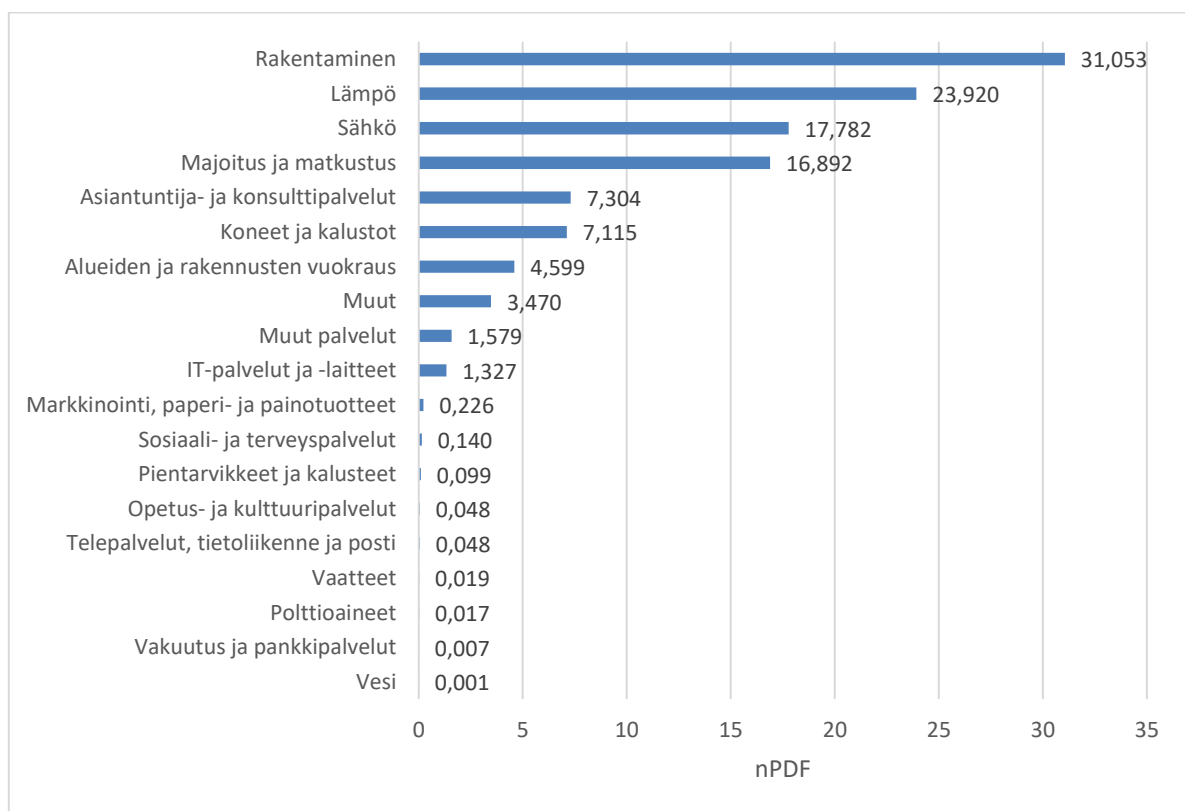
Kuva 11. a) Tampereen kaupungin hiilijalanjälki (t CO₂e) kulutusluokittain ja b) Kategorioiden suhteelliset osuudet (%) kokonaishiilijalanjäljestä sekä kuluista.

3.1.1 Tulokset yksiköittäin ja liikelaitoksittain

Yksiköittäin tuloksia tarkasteltaessa kaupunkiympäristön palvelualue aiheutti vuonna 2021 suurimman luontojalanjäljen (26 %) (Kuva 12). Seuraavaksi eniten luontojalanjälkeä aiheutti Tampereen Vesi (17 %) ja Kiinteistöt, tilat ja asuntopoliittikka -palveluryhmä (16 %). Yksiköittäin tarkastelluissa tuloksissa ei ole mukana elintarvikkeiden, sijoitusten, työmatkojen ja jätehuollon aiheuttamia haittoja, sillä niistä ei pystytty erottamaan yksiköiden ja liikelaitosten tekemiä ostoja. Kaupunkiympäristön palvelualueen aiheuttamasta luontohaitasta 27 % aiheutui rakentamisesta, 21 % lämmön kulutuksesta ja 15 % sähkön kulutuksesta (Kuva 13).

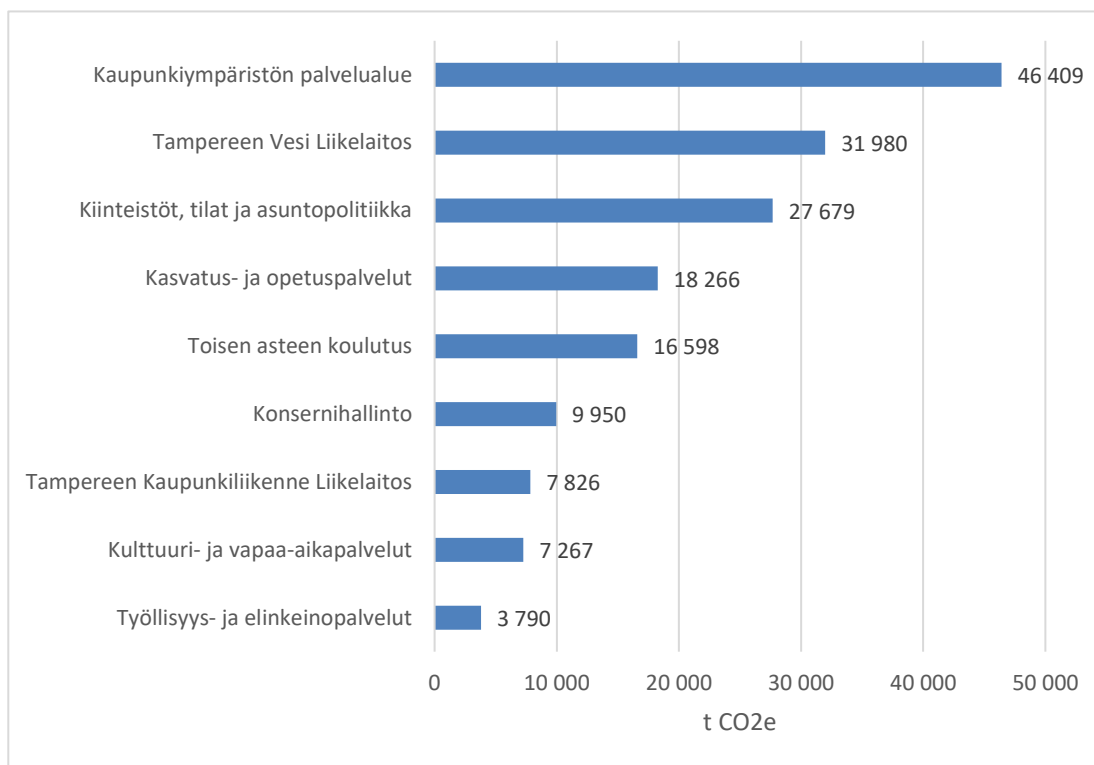


Kuva 12. Absoluuttisen luontojalanjäljen (nPDF) jakautuminen Tampereen kaupunkiorganisaation yksiköihin ja liikelaitoksiin.



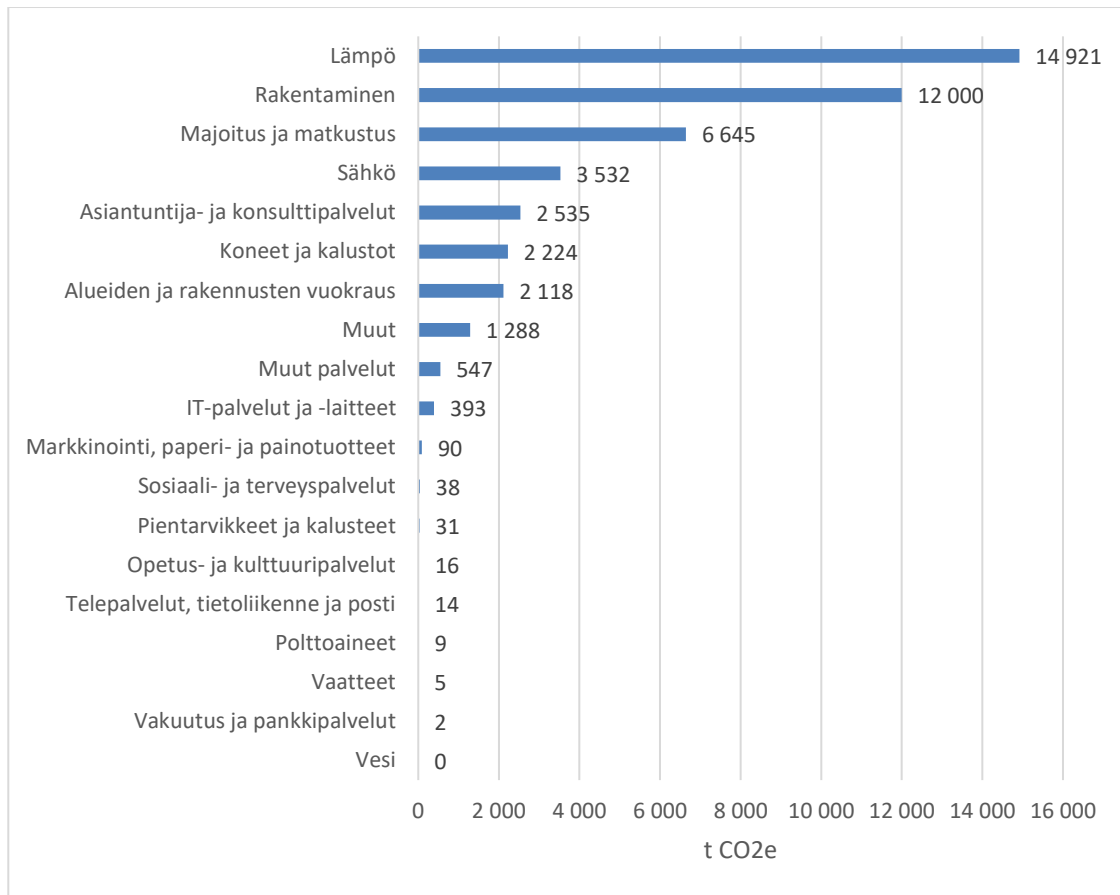
Kuva 13. Kaupunkiympäristö palvelualueen aiheuttaman absoluuttisen luontojalanjäljen (nPDF) jakautuminen kategorioissa.

Kaupunkiympäristön palvelualue aiheutti myös suurimman (27 %) hiilijalanjäljen (Kuva 14). Tampereen Vesi aiheutti 19 % ja Kiinteistöt, tilat ja asuntopolitiikka -yksikkö 16 %. Kaikkien yksiköiden luonto- ja hiilijalanjäljet ja niiden prosenttiosuudet kategorioista löytyvät Liitteestä 2.



Kuva 14. Hiilijalanjäljen (t CO₂e) jakautuminen Tampereen kaupunkiorganisaation sisäisissä yksiköissä ja liikelaitoksissa.

Kaupunkiympäristön palvelualueen hiilijalanjäljestä lämmön kulutus aiheutti 32 % (Kuva 15). Seuraavaksi eniten hiilijalanjälkeä aiheutti rakentaminen (26 %) sekä majoitus ja matkustus (14 %).



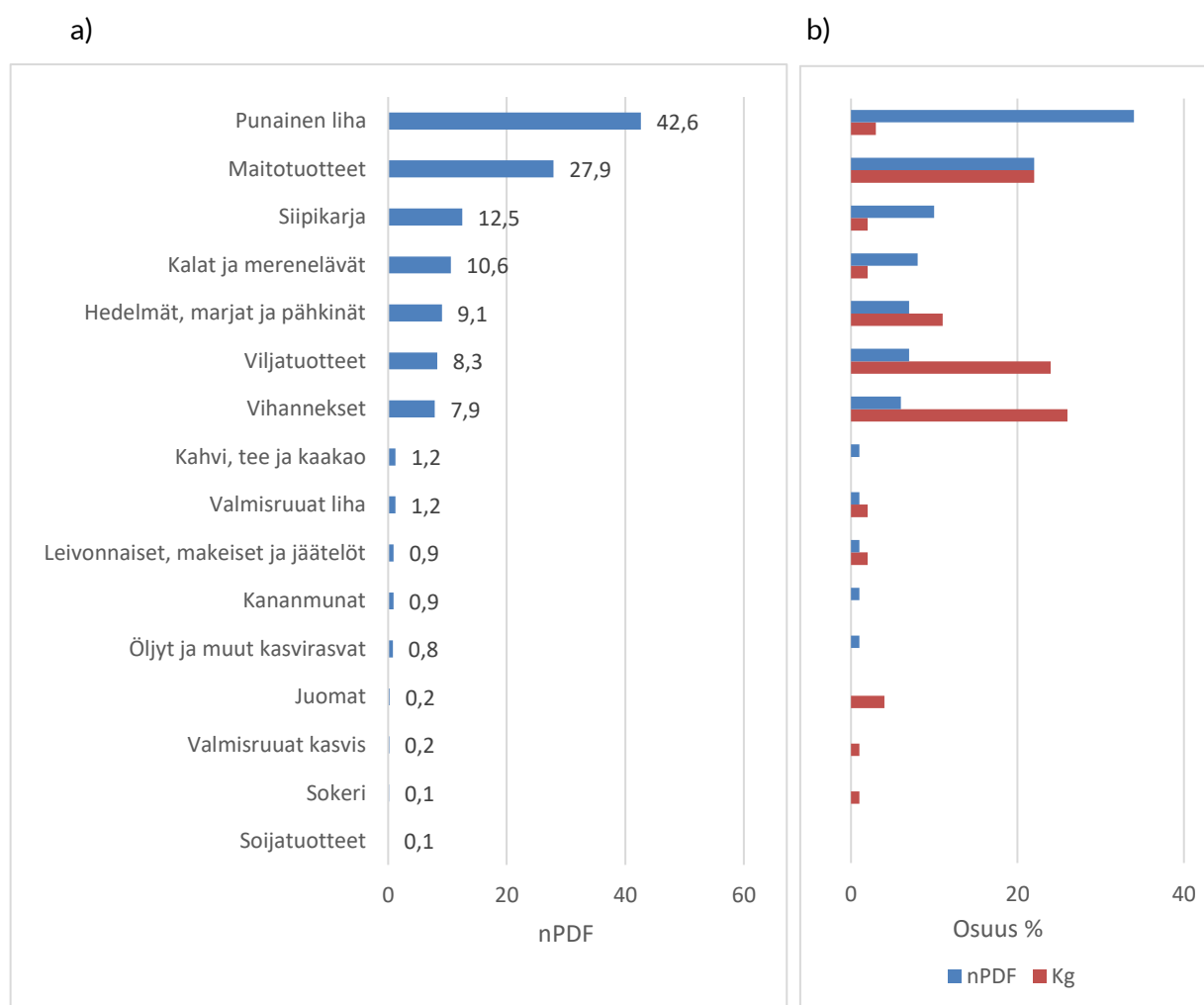
Kuva 15. Kaupunkiympäristön palvelualueen aiheuttaman hiilijalanjäljen jakautuminen kategorioissa.

3.1.2 Elintarvikkeet

Tampereen kaupungin ostamien elintarvikkeiden tiedot saatiin Pirkanmaan Voimia Oy:ltä tuotteittain kulutettuina kilogrammoina. Laskennassa käytettiin vuonna 2022 tehtyjä elintarvikeostoja koska vuoden 2021 elintarvikeostoja ei ollut saatavilla. Kaikista tuotteista ei ollut valmiiksi saatavilla tuotteen alkuperämaata. Tällaisissa tapauksissa hyödynnettiin Suomen kansallisia tilastoja siitä, mistä esimerkiksi banaaneja Suomeen tuodaan. Tällöin yhdellä tuotteella voi olla useampi alkuperämaa. Kaksoislaskennan välttämiseksi luonto- ja hiilijalanjäljen europohjaisista laskuista on poistettu talouskirjanpidossa olevat vuoden 2021 elintarvikekulut.

Elintarvikkeiden kulutus aiheutti 22 % Tampereen kaupungin luontojalanjäljestä sekä 16 % hiilijalanjäljestä. Tampereen kaupungin tekemien elintarvikehankintojen aiheuttama luontojalanjälki oli 124 nPDF. Punainen liha aiheutti suurimman luontojalanjäljen (34 %, Kuva 16a). Punainen liha sisältää naudan, porsaan sekä lampaan lihasta tehtyjä tuotteita. Seuraavaksi suurimmat luontojalanjäljet aiheuttivat maitotuotteet (22 %) ja siipikarja (10 %). Vaikka punainen liha aiheuttaa suurimman

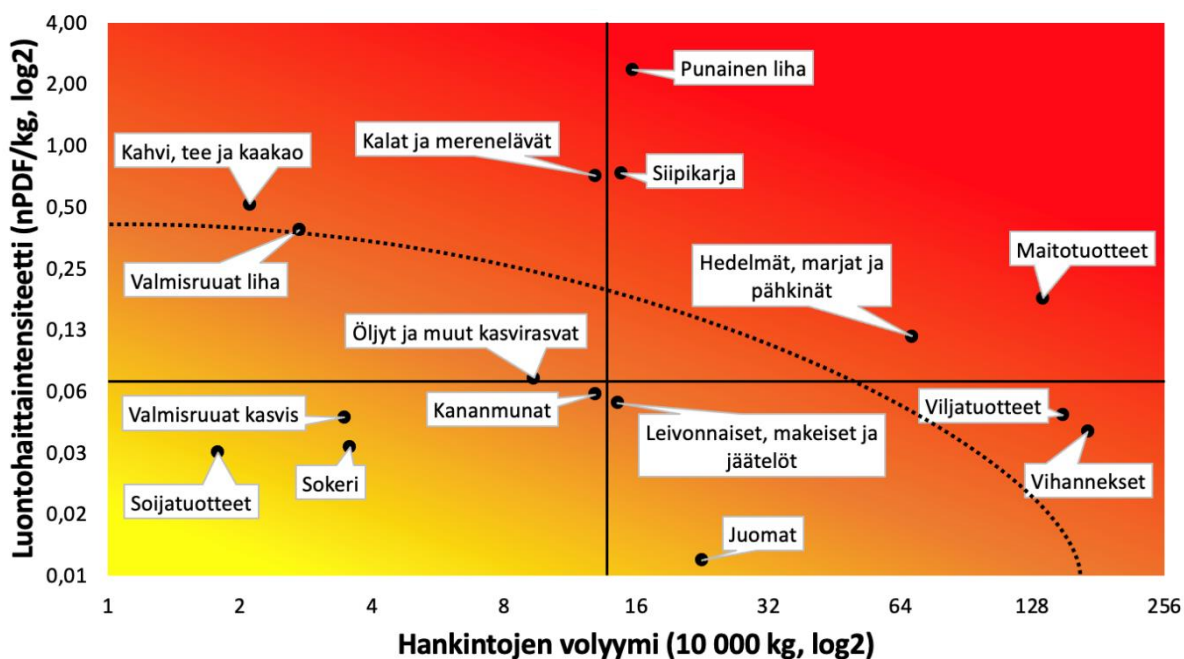
luontojalanjäljen, se kattaa vain 3 % elintarvikkeiden hankintakiloista (Kuva 16b). Kaikki lihatuotteet aiheuttivat yhteensä 52 % elintarvikkeiden aiheuttamasta luontojalanjäljestä. Siipikarjatuotteita ostettiin kiloissa mitattuna noin 5 % vähemmän kuin punaista lihaa, mutta punainen liha aiheutti silti noin 70 % suuremman luontojalanjäljen kuin siipikarja. Vihanneksia sen sijaan ostetaan kiloissa eniten (27 %), mutta ne aiheuttavat vain 6 % luontojalanjäljestä. Elintarvikekategorioiden luonto- ja hiilijalanjäljet löytyvät Liitteestä 3.



Kuva 16. a) Elintarvikkeiden aiheuttaman luontojalanjäljen (nPDF) jakauma eri kulutuskaus-
tegorioissa ja b) luontojalanjäljen ja kilogrammojen suhteellinen jakautuminen eri
kategorioissa (%).

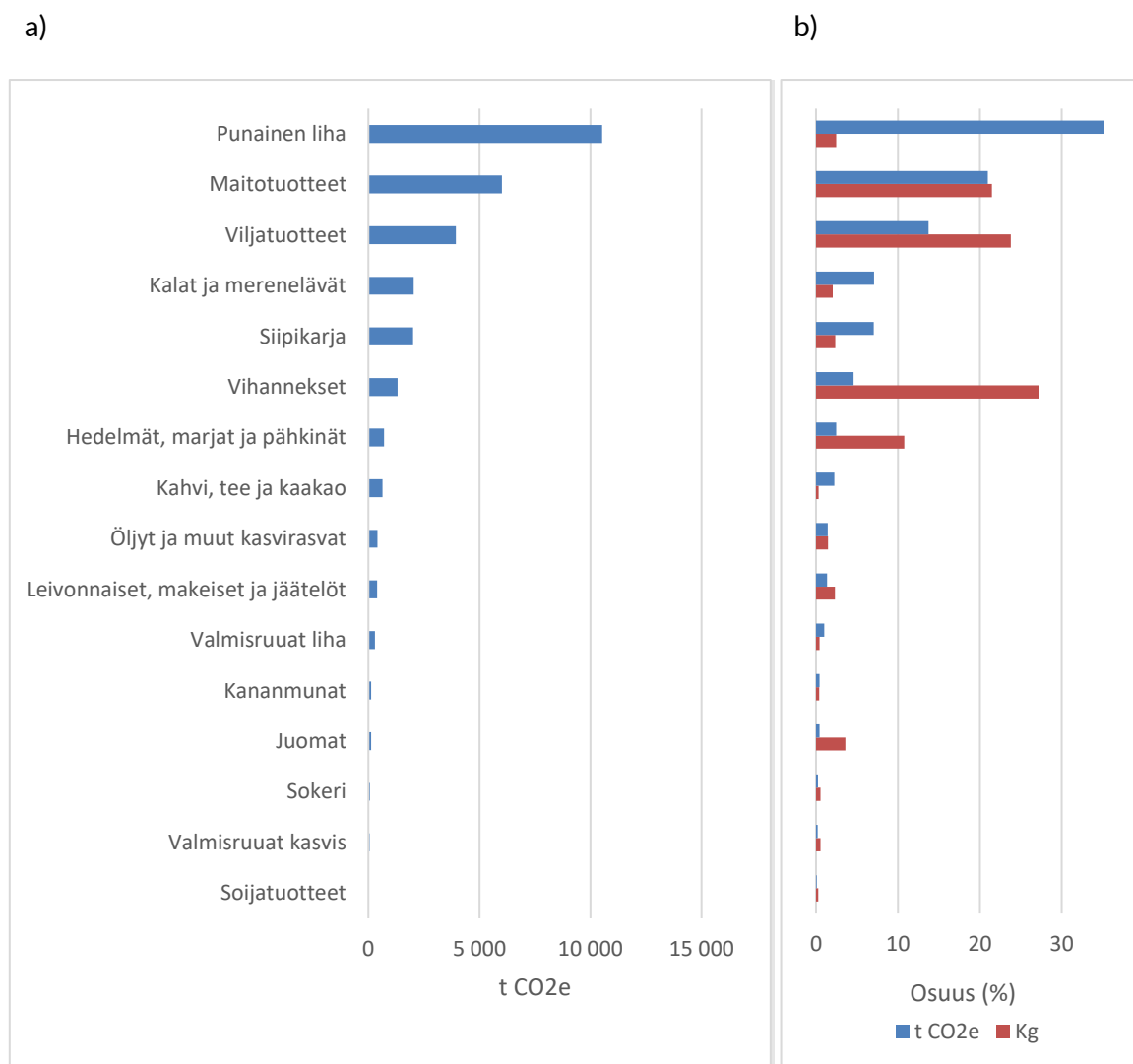
Elintarvikkeiden luontojalanjälkeä on helpoiten mahdollista pienentää siellä, missä haitta ja hankintojen volyymi on suurta. Tätä voidaan havainnollistaa nelikenttäkuvaajassa, jossa mahdollisesti paras potentiaali luontohaittojen vähentämiseen

ilmenee sellaisissa tuotekategorioissa, joissa on suuri luontohaitaintensiteetti sekä suuri hankintojen volyymi (Kuva 17). Nelikentässä vaaka-akselilla on hankintojen volyymi kilogrammoina (10 000 kg) ja pystyakselilla luontohaitaintensiteetti (PDF/kg). Kummankin akselin arvot on skaalattu kaksikantaiselle logaritmiasteikolle. Logaritmisella asteikolla esitettyjen arvojen välit kasvavat logaritmin kannan mukaan, mikä tarkoittaa sitä, että nelikenttäkuvaajan akselien arvot eivät kuvaa luontohaitaintensiteetin tai hankintojen volyymin absoluuttista arvoa. Logaritmiasteikon käyttö kuitenkin mahdollistaa arvojen vertailun samassa kuvaajassa. Punainen liha, siipikarja, maitotuotteet sekä hedelmät, marjat ja pähkinät sijoittuvat kuvaajan oikeaan ylälaitaan, jonka tuotekategorioissa on mahdollisesti paras potentiaali haittojen vähentämiseen, sillä niitä ostetaan paljon ja niiden luontohaitaintensiteetti (PDF/kg) on suurta (Kuva 17). Nelikenttäkuvaajaa täytyy kuitenkin tarkastella kokonaisuutena, sillä luontohaitan vähennyspotentiaalia on myös sellaisissa tuotekategorioissa, joissa joko luontohaitaintensiteetti on suurta (vasen ylälaita) tai hankintojen volyymi on suurta (oikea alalaita).



Kuva 17. Elintarvikkeiden luontohaitaintensiteetti (PDF/kg) ja hankintojen volyymi (10 000 kg) nelikenttäkuvaajassa. Arvot on skaalattu kuvaan kaksikantaiselle logaritmiasteikolle. Luontohaitaintensiteetin mediaani pystyakselilla on 0,07 (nPDF/kg) ja hankintojen volyymin mediaani vaaka-akselilla on 13,7 (10 000 kg). Kuvan kaaren yläpuolelle jäävät elintarvikkeiden kategoriat, joissa on mahdollisesti paras potentiaali luontohaitan vähentämiseen.

Elintarvikkeiden aiheuttama hiilijalanjälki oli 28 650 t CO₂e. Punainen liha aiheutti hiilijalanjäljestä suurimman osan (37 %) (Kuva 18a). Seuraavaksi eniten hiilijalanjälkeä aiheuttivat maitotuotteet (21 %) ja viljatuotteet (14 %). Viljatuotteiden osuus elintarvikehankintojen kilogrammamäärästä oli yli 20 %, minkä vuoksi sen aiheuttama hiilijalanjälki nousee korkeaksi verrattuna muihin kategorioihin (Kuva 18b).

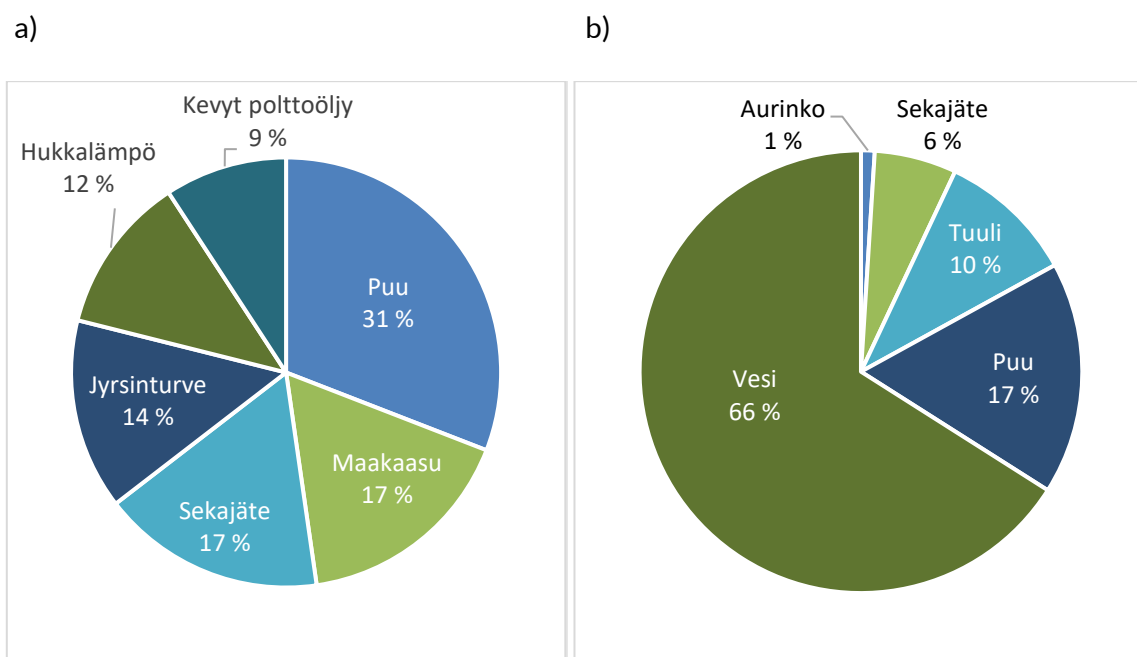


Kuva 18. a) Elintarvikkeiden aiheuttaman hiilijalanjäljen jakauma eri kulutuskategorioissa ja b) hiilijalanjäljen ja kilogrammojen suhteellinen jakautuminen eri kategorioissa (%).

3.1.3 Energia ja vesi

Energian ja veden laskenta toteutettiin vuoden 2021 kulutustietojen pohjalta. Vuonna 2021 lämmön kulutus oli 175 767 MWh, sähkön kulutus 108 293 MWh ja veden kulutus 4 823 754 m³.

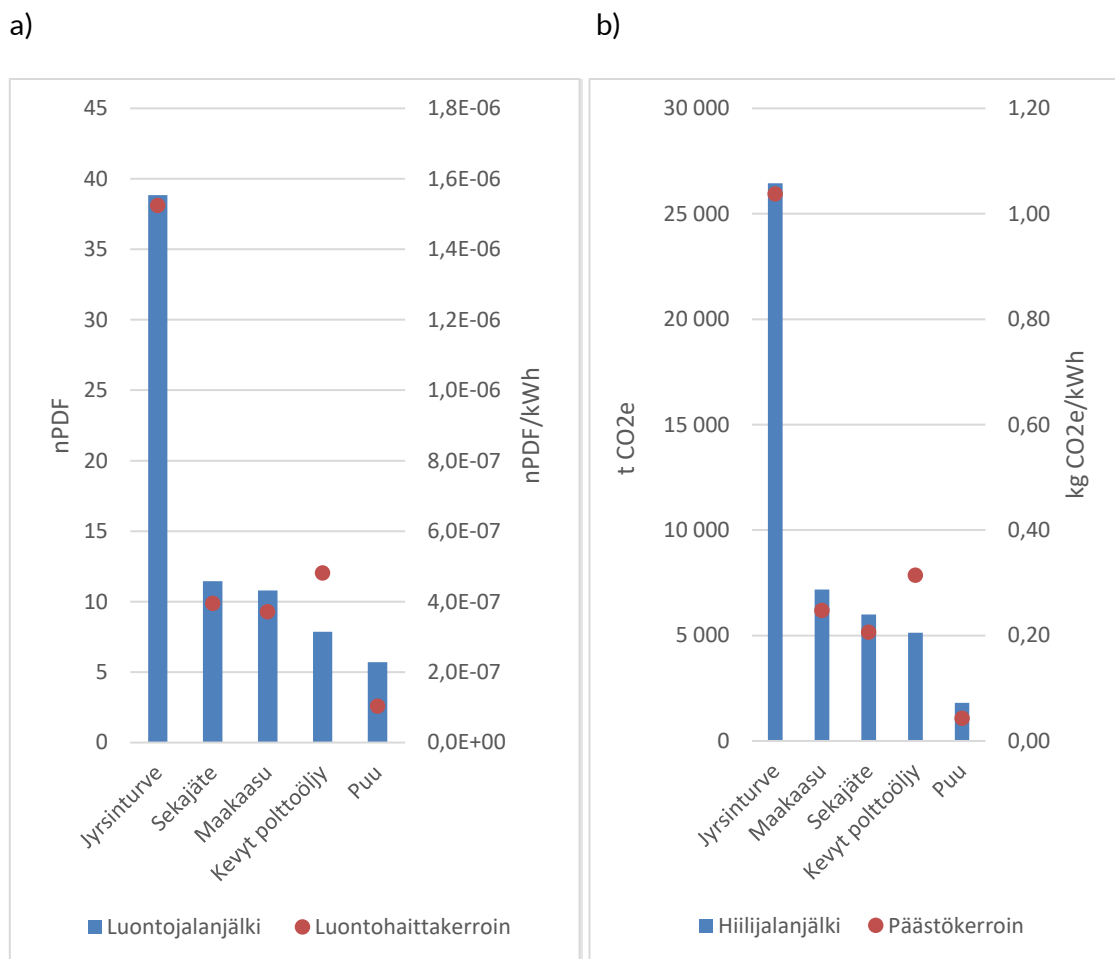
Kaukolämpö tuotetaan paikallisesti pääosin Naistenlahden ja Lielahden voimalaitoksissa sekä Tammervoiman voimalassa lämmön ja sähkön yhteistuotantona (Tampereen energia, 2022). Kaukolämmön tuotannossa yhteensä noin 30 % tulee puupolttoaineista (Kuva 19a.), joista noin kolmasosa muodostuu kokopuun käytöstä. Tämän lisäksi kaukolämpöä tuotetaan maakaasusta, sekajätteestä, jyrshinturpeesta ja kevyestä polttoöljystä. Lämmön tuotannossa hyödynnetään myös hukkalämpöä. Sähköstä 66 % tuotetaan vesivoimalla (Kuva 19b). Lisäksi sähköä tuotetaan puulla (17 %), tuulivoimalla (17 %), sekajätteellä (6 %) ja aurinkovoimalla (1 %).



Kuva 19. a) Käytetyn lämmön jakauma energialähteittäin (Tampereen kaupunki, sähköpostikeskustelu, 2022c) ja b) käytetyn sähkön jakauma energialähteittäin (Tampereen sähkölaitos 2023).

Lämmön kulutuksen aiheuttama luontojalanjälki oli 74,7 nPDF, josta 52 % syntyi jyrshinturpeen käytöstä (Kuva 20a). Seuraavaksi eniten haittaa aiheuttivat sekajäte (15 %) ja maakaasu (14 %). Hukkalämmölle ei ole laskettu haittaa koska sen ajatellaan olevan muiden prosessien sivutuote, jotka ovat lämmön tuotannosta aiheutuvan haitan varsinaiset aiheuttajat. Lämmön kulutuksen aiheuttama hiilijalanjälki oli 46 573 t CO₂e. Hiilijalanjäljestä jyrshinturpeen käyttö aiheutti suurimman osan (57 %) (Kuva

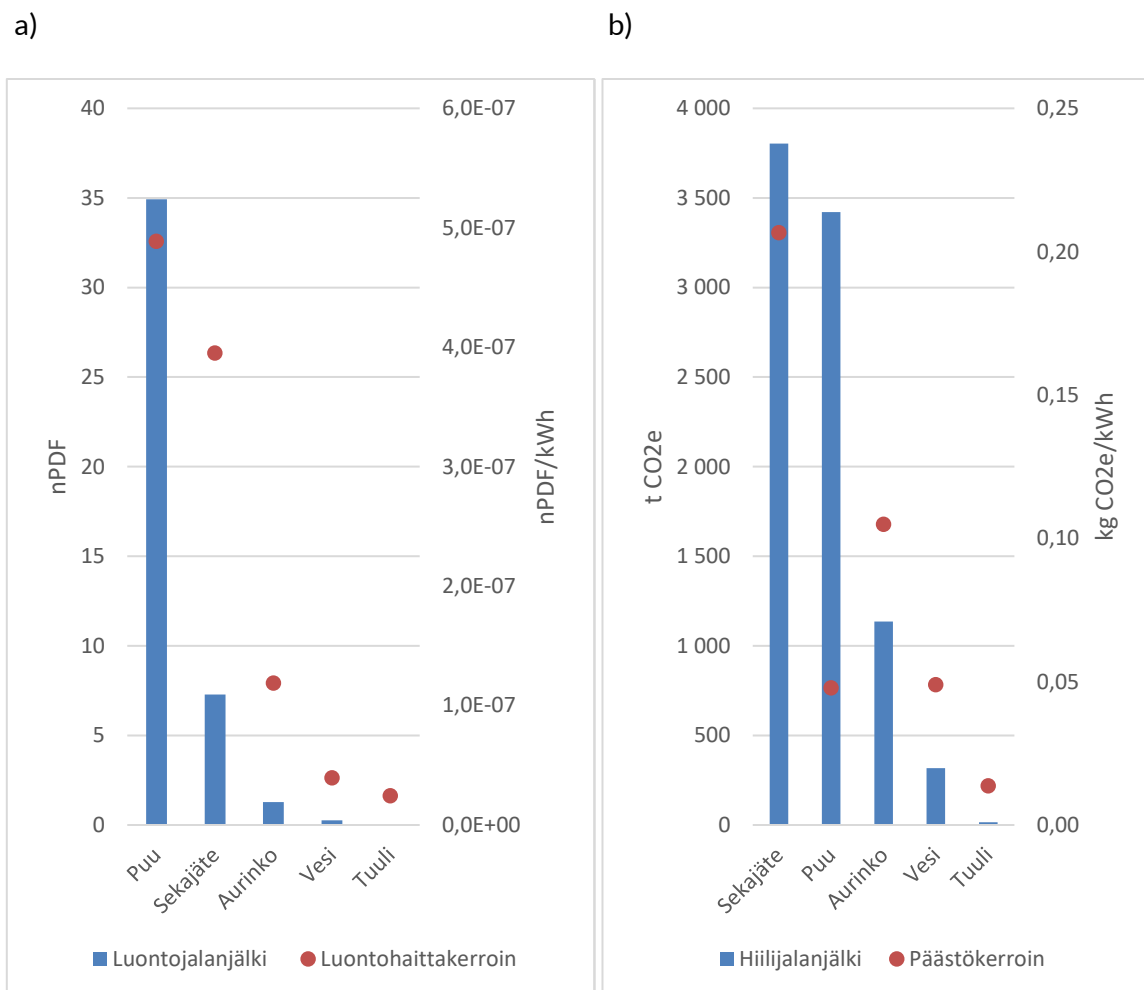
20b). Toiseksi eniten hiilijalanjälkeä aiheutti maakaasu (15 %). Jyrsinturpeella on selkeästi suurimmat luontohaitta- ja päästökertoimet, minkä vuoksi sen osuus lämmön aiheuttamista luonto- ja hiilijalanjäljistä on suuri.



Kuva 20. a) Lämmön luontojalanjälki energialähteittäin ja niiden keskimääräinen luontohaitta-kerroin (nPDF/kWh) sekä b) lämmön hiilijalanjälki energialähteittäin ja niiden päästökerroin (kg CO₂e/kWh).

Sähkön kulutuksen aiheuttama luontojalanjälki oli 43,8 nPDF. Suurin osa (80 %) sähkön aiheuttamasta luontojalanjäljestä syntyi puun käytöstä (Kuva 21a). Vain 0,01 % Sähkön aiheuttamasta luontojalanjäljestä aiheutui vesivoimasta, vaikka sen osuus sähköntuotannossa oli kaikista suurin. Vesivoimalla tuotetulla sähköllä on yksi pienimmistä luontohaittakertoimista, minkä vuoksi sen osuus luontojalanjäljestä jäi pieneksi. Sähkön kulutuksen aiheuttama hiilijalanjälki oli 8 694 t CO₂e. Hiilijalanjäljestä suurin osa (44 %) muodostui sekajätteen poltosta (Kuva 21b). Seuraavaksi eniten hiilijalanjälkeä syntyi puun poltosta (39 %). Veden kulutuksen aiheuttama luontojalanjälki oli selkeästi lämmön ja sähkön kulutuksen luontojalanjälkeä pienempi sen

ollessa 3,9 nPDF. Veden kulutuksen hiilijalanjälki oli 1164 t CO₂e. Energian kulutuksen aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä määrä kilowattitunneissa (kWh) näkyvät Liitteessä 4.

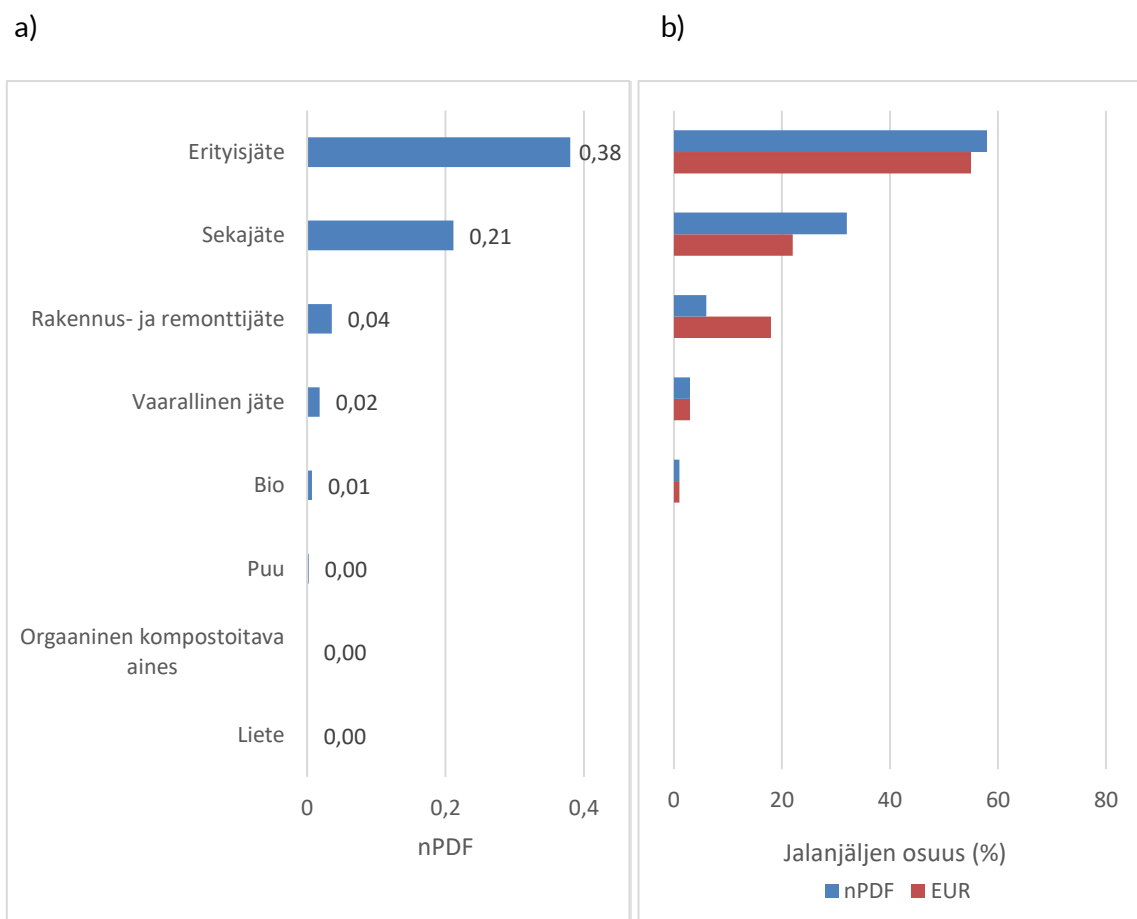


Kuva 21. Sähkön kulutuksen luontojalanjälki energialähteittäin ja niiden keskimääräinen luontohaittakerroin (nPDF/kWh) sekä b) sähkön kulutuksen hiilijalanjälki energialähteittäin ja niiden päästökerroin (kg CO₂e/kWh).

3.1.4 Jätehuolto

Jätehuollon haittoja on laskettu Tampereen kaupungilta kerättyjen jätemäärien perusteella. Laskuissa ei kyetty huomioimaan jätehuollon kuljetuksista aiheutuneita haittoja. Pirkanmaan jätehuollolta saatiin tietoa eri jätelajeiksi vuonna 2021 kohdistuneista kuluista. Jättemääriä tonneittain ei ollut saatavilla. Kaksoislaskennan välttämiseksi talouskirjanpidon puhtaanapito- ja pesulapalvelut tililtä on poistettu jätteiden aiheuttamat kustannukset.

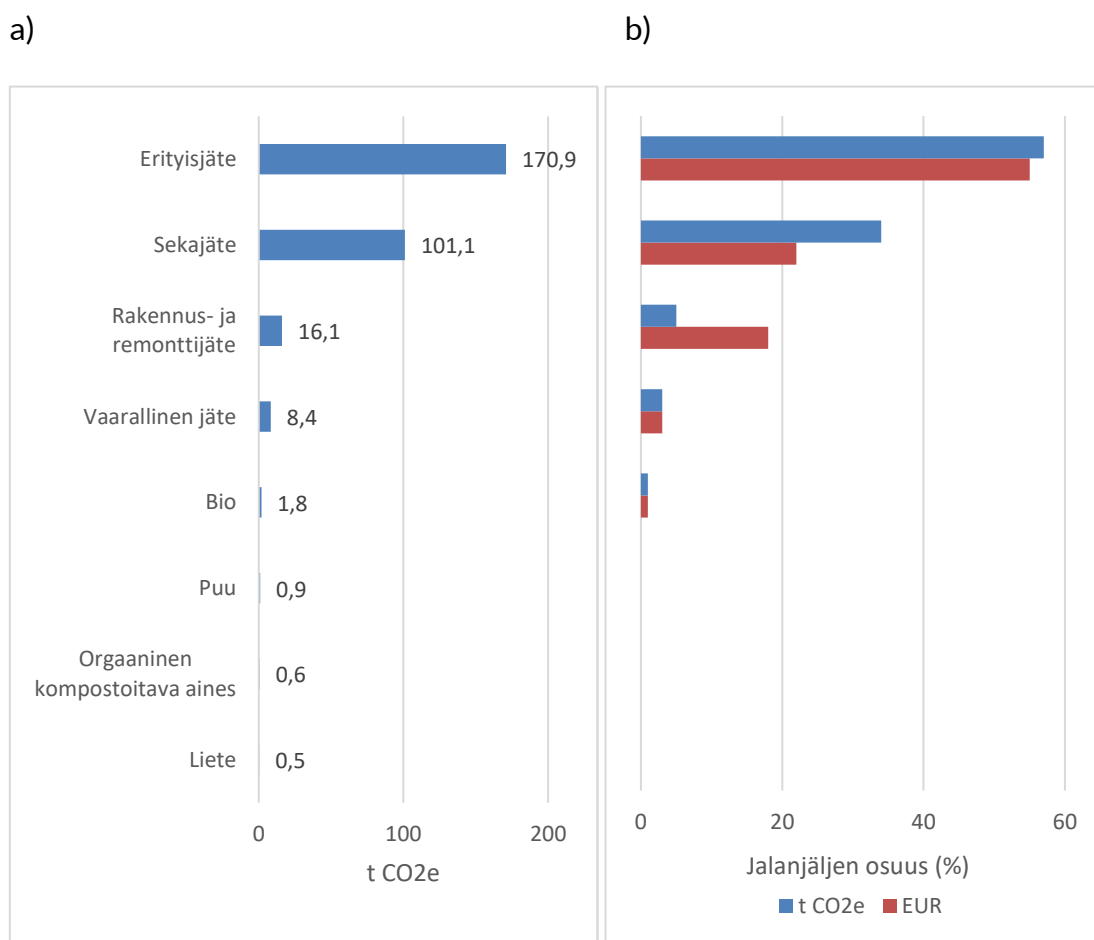
Jätehuollon aiheuttama luontojalanjälki oli 0,7 nPDF. Erityisjäte aiheutti n. 60 % jätehuollon aiheuttamista luontojalanjäljestä (Kuva 22). Erityisjäte pitää sisällään hiekka- ja rasvakaivon jätteitä sekä muita erityiskäsittelyä vaativia jättejakeita. Erityisjätteisiin myös kohdistui yli 50 % jätehuollon kuluista (Kuva 22). On hyvä huomioida, että jättejakeilla on erilaiset jätemaksut, joten jättejakeisiin kohdistuneet kulut eivät välttämättä korreloi suoraan jätteen määrän kanssa.



Kuva 22. a) Jätehuollon aiheuttaman luontojalanjäljen (nPDF) jakauma eri jättejakeissa ja b) luontojalanjäljen ja suhteellinen osuus eri jättejakeissa (%).

Sekajäte aiheutti 32 % jätehuollon luontojalanjäljestä. Sekajätteelle ei ole EXIO-BASE:ssa saatavilla omaa kategoriaa, joten sen haittojen laskemisessa käytettiin polttoon menevän bio-, muovi ja paperijätteen haittakertoimien keskiarvoja. EXIO-BASE:ssa ei ole saatavilla kierrätettävien jättejakeiden haittakertoimia Suomelle. Kierrätettävilläkin jättejakeilla on kuitenkin hiili- ja luontojalanjälki, joka syntyy muissa elinkaaren vaiheissa, esimerkiksi materiaalien kuljetuksesta sekä materiaalien prosessoimisessa uudeksi tuotteeksi. Näitä ei laskennassa pystytty huomioimaan. Lisäksi rakennus- ja remonttijäte -kategoria sisältää uudelleen hyödynnettäviä maa-aineksia ja materiaaleja, joille ei ollut myöskään saatavilla haittakertoimia.

Jätehuollon aiheuttama hiilijalanjälki oli 300 t CO₂e. Erityisjäte aiheutti myös suurimman osan (57 %) hiilijalanjäljestä (Kuva 23). Sekajäte aiheutti 34 % hiilijalanjäljestä ja rakennus- ja remonttijäte 5 %. Sekajätteellä on suurin hiilijalanjälki verrattuna siihen käytettyyn rahamäärään (Kuva 23). Biojäte aiheutti vain 1 % hiili- ja luontojalanjäljestä. Luvuissa ei ole mukana esimerkiksi Pirkanmaan Voimia Oy:n biojätteitä. Jätehuollon luvuista ei pystytty myöskään erottamaan sosiaali- ja terveystalouden ja pelastuslaitoksen aiheuttamia jättekuluja. Liitteessä 5 näkyy jätehuollon aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut.



Kuva 23. a) Jätehuollon aiheuttaman hiilijalanjäljen (t CO₂e) jakauma eri jätelajeissa ja b) hiilijalanjäljen ja kulujen suhteellinen jakautuminen eri jätelajeissa (%).

3.1.5 Työmatkat

Työmatkojen aiheuttamia haittoja laskettiin kulkuvälineittäin kuljettujen kilometrien perusteella. Tarkastelussa olivat lennot, junamatkat sekä työmatkat omalla autolla. Työmatkojen haittojen laskemisessa otettiin vuosi 2019 mukaan tarkasteluun, sillä vuonna 2021 koronarajoitukset rajoittivat vielä matkustusta. Tehdyistä lento- ja

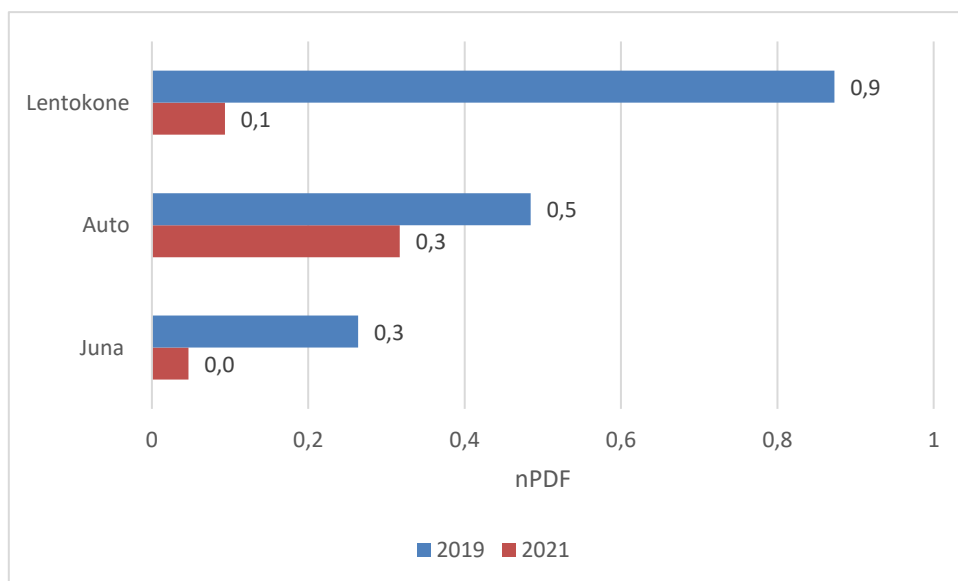
junamatkoista ei pystytty erottelemaan sosiaali- ja terveystalouden sekä pelastuslaitoksen tekemiä matkoja. Autolla kuljetuista kilometreistä sen sijaan pystyttiin erottelemaan Tampereen yksiköiden ja liikelaitosten kulkemat matkat. Kaksoislaskennan välttämiseksi laskuista on poistettu talouskirjanpidossa oleva henkilöstön matkustamiseen liittyvä tili.

Vuonna 2021 lentokoneella kuljettiin noin 330 000 km, autolla noin 1 075 000 km ja junalla noin 370 000 km (Taulukko 2). Kun vuotta 2021 verrattiin vuoteen 2019, havaittiin, että lentojen määrä väheni 90 %. Junalla kuljettujen kilometrien määrä väheni 85 % ja autolla kuljetut kilometrit 35 %. Vuonna 2019 lentämällä kuljettiin eniten kilometrejä, kun taas vuonna 2021 eniten matkoja kuljettiin autolla.

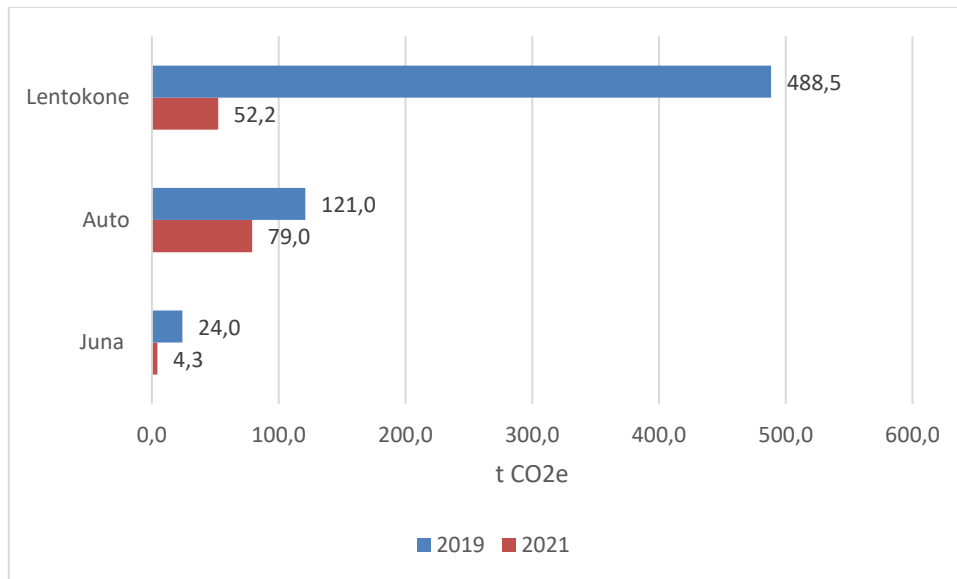
Taulukko 2. Kuljetut kilometrit kulkuneuvoittain vuosina 2019 ja 2021.

	2019	2021
Lentokone	3 096 000	331 000
Juna	2 108 000	374 000
Auto	1 643 000	1 075 000

Vuonna 2021 työmatkojen aiheuttama luontojalanjälki oli 0,5 nPDF ja hiilijalanjälki 136 t CO₂e. Vuonna 2021 automatkat aiheuttivat 70 % työmatkojen luontojalanjäljestä (Kuva 24) ja 60 % hiilijalanjäljestä (Kuva 25). Lentokoneella kulkeminen aiheutti 20 % luontojalanjäljestä ja 40 % hiilijalanjäljestä. Työmatkojen aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kuljetut kilometrit kulkuneuvoittain löytyvät Liitteestä 6.

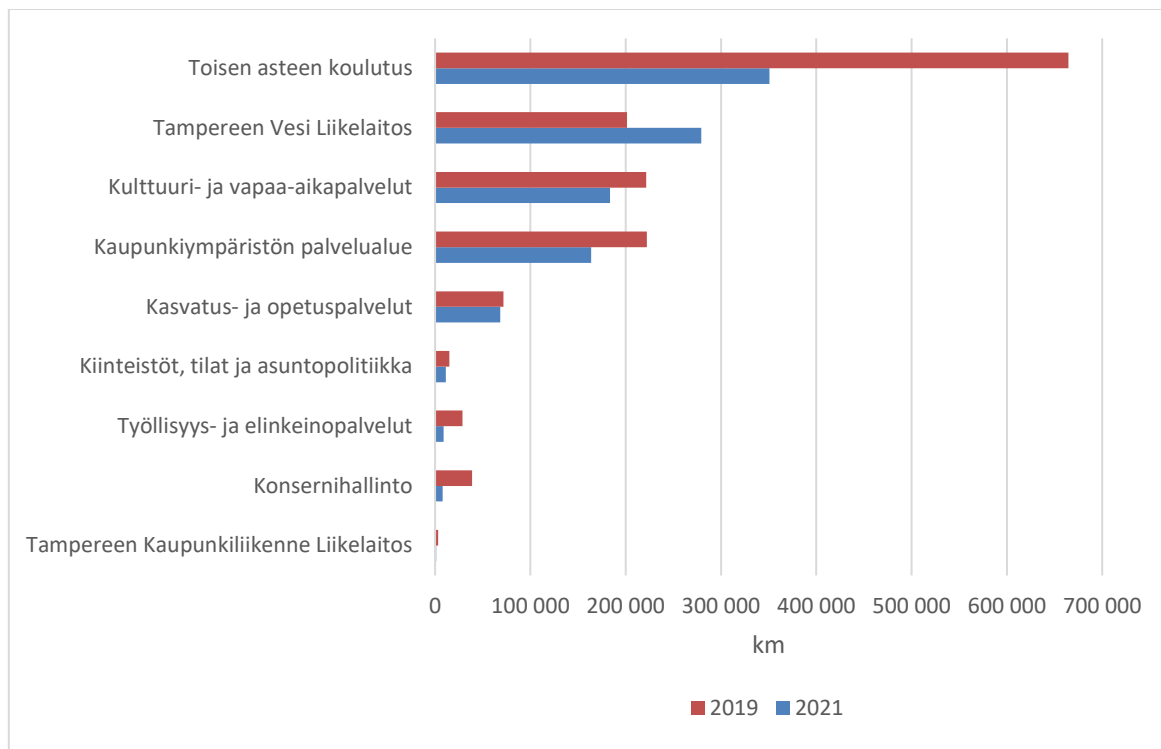


Kuva 24. Matkustamisen aiheuttama luontojalanjälki (nPDF) kulkuneuvoittain vuosina 2019 ja 2021.



Kuva 25. Matkustamisen aiheuttama hiilijalanjälki (t CO₂e) kulkuneuvoittain vuosina 2019 ja 2021.

Autolla kuljetuista kilometreistä pystyttiin selvittämään, missä Tampereen kaupungin yksikössä tehtiin eniten työmatkoja omalla autolla. Vuosina 2019 ja 2021 Toisen asteen koulutus -palveluryhmässä on kuljettu eniten kilometrejä autolla (Kuva 26). Muissa paitsi Tampereen Vesi -liikelaitoksessa kuljettujen kilometrien määrä pienentyi vuonna 2021 vuoteen 2019 verrattuna. Tampereen Vesi -liikelaitoksessa kuljettiin autolla 30 % enemmän vuonna 2021 kuin vuonna 2019. Vuonna 2021 Toisen asteen koulutus -palveluryhmässä ajettiin 33 % omalla autolla kuljetuista matkoista. Seuraavaksi eniten omaa autoa käyttivät Tampereen Vesi (26 %) sekä Kulttuuri- ja vapaa-aikapalvelut (17 %).



Kuva 26. Autolla kuljetut kilometrit yksiköittäin vuosina 2019 ja 2021.

3.1.6 Sijoitukset

Hankkeessa tarkasteltiin Tampereen kaupungin vuoden 2021 taloudellisia sijoituksia. Haittojen laskenta suoritettiin tutustumalla erikseen kaikkiin rahastoihin, joihin oli sijoitettu. Rahastoista selvitettiin, mihin yhtiöihin rahastoissa on sijoitettu ja kuinka iso osuus. Monista rahastoista oli saatavilla tieto vain 10 yhtiöstä, joihin on sijoitettu eniten. Näissä tapauksissa rahaston koko arvo suhteutettiin siten, että näiden 10 suurimman yhtiön toimialat vastasivat koko rahaston yhtiöjakaumaa. Kaikista rahastoista ei ollut saatavilla vuoden 2021 yhtiöjakaumaa, joten laskuissa käytettiin myös tuoreempia, vuoden 2023 tietoja. Rahastoissa sijoitetut yhtiöt käytiin läpi ja yhdistettiin EXIOBASE-kategorioihin yhtiön toimialan mukaan.

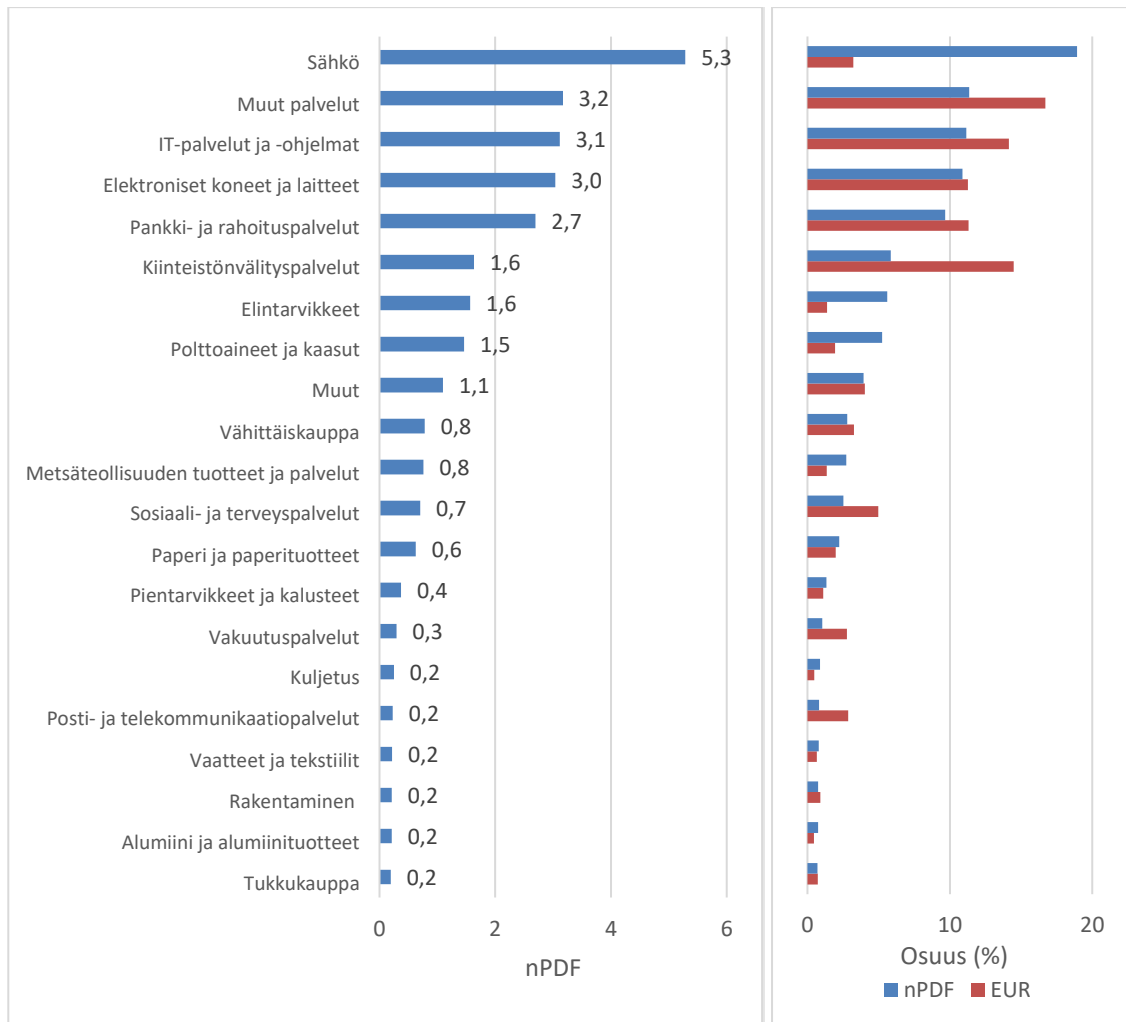
Tampereen kaupungin sijoitusvarallisuus vuonna 2021 oli 153 miljoonaa euroa. Laskennassa on huomioitu varallisuudesta 29,5 miljoonaa euroa. Huomioidusta osuudesta 19 miljoonaa euroa on sijoitettu rahastoihin, 7 miljoonaa ETF- ja indeksirahastoihin ja 4 miljoonaa kiinteistörahastoihin. Laskelmista jätettiin huomioimatta sijoitukset lyhytaikaisiin korkorahastoihin (119 miljoonaa euroa), koska niiden osuudet on ehditty realisoimaan eli myymään pois. Myös sijoitukset joukkolainoihin (2 miljoonaa euroa) ja pääomarahastoihin (179 000 euroa) jätettiin laskelmien ulkopuolelle. Monet rahastot sijoittivat yhtiöiden lisäksi valuuttoihin ja eri valtioiden lainoihin,

joiden osuus rahastoista oli 2,5 miljoonaa euroa. Näitä ei otettu laskuissa huomioon. Laskennassa oli mukana yhteensä 27 rahastoa ja 2537 yhtiötä.

Sijoitusten aiheuttama luontojalanjälki oli 27,9 nPDF. Suurimman sijoitustoiminnan luontojalanjäljen aiheuttivat sijoitukset sähköyhtiöihin (19 %) (Kuva 27). Lisäksi merkittävä luontojalanjälki syntyi sijoituksista muihin palveluihin (12 %), IT-palveluihin ja -ohjelmiin (11 %) sekä elektronisiin koneisiin ja laitteisiin (11 %). Muut palvelut -kategoria sisältää yhtiötä, joita ei voitu kategorisoida tarkemmin EXIO-BASE-kategorioihin. Muihin palveluihin sijoitettiin rahallisesti eniten (17 %). Seuraavaksi eniten sijoituksia tehtiin kiinteistövälityspalveluita tarjoaviin yhtiöihin (15 %), sekä IT-palveluihin ja -ohjelmiin (14 %) (Kuva 27). Liite 7 esittää sijoitustoiminnan aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut kategorioittain.

a)

b)

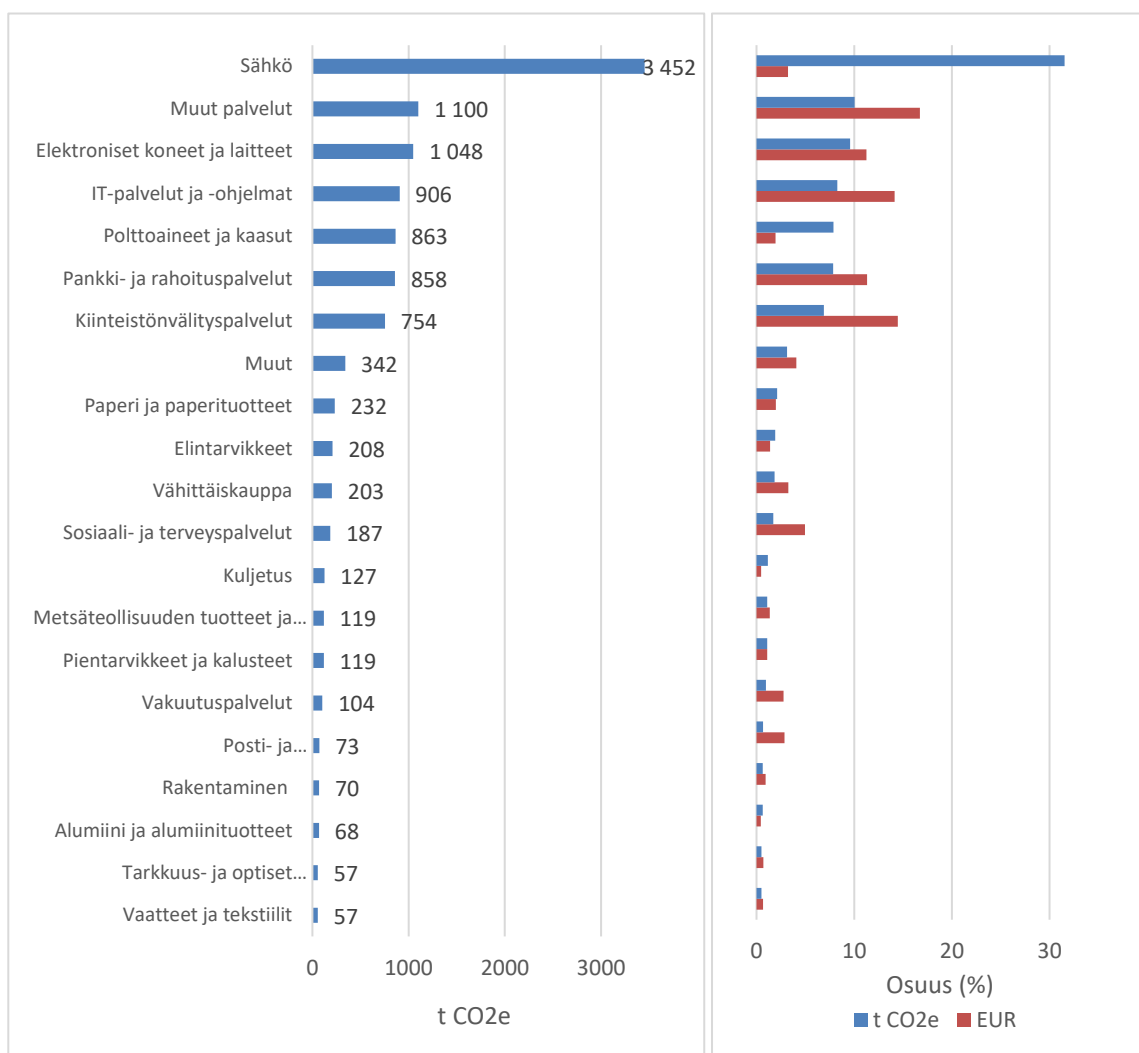


Kuva 27. a) Sijoitustoiminnan aiheuttama luontojalanjälki (nPDF) kategorioittain ja b) luontojalanjäljen ja kulujen suhteellinen jakautuminen eri kategorioissa (%).

Laskennassa mukana olleiden sijoitusten hiilijalanjälki vuonna 2021 oli 10 947 t CO₂e. Suurimman hiilijalanjäljen aiheuttivat sijoitukset sähköyhtiöihin (32 %) (Kuva 28). Seuraavaksi suurimmat hiilijalanjäljet aiheuttivat muut palvelut (10 %) sekä elektroniset koneet ja laitteet (10 %). Suhteutettuna sijoitettuun pääomaan merkittävän hiilijalanjäljen aiheuttivat myös sijoitukset polttoaineisiin ja kaasuihin (Kuva 28).

a)

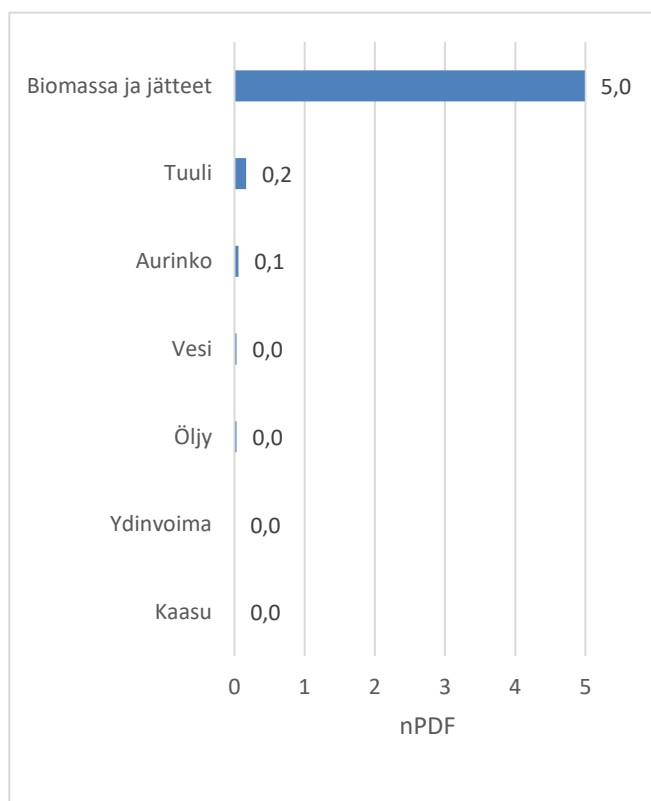
b)



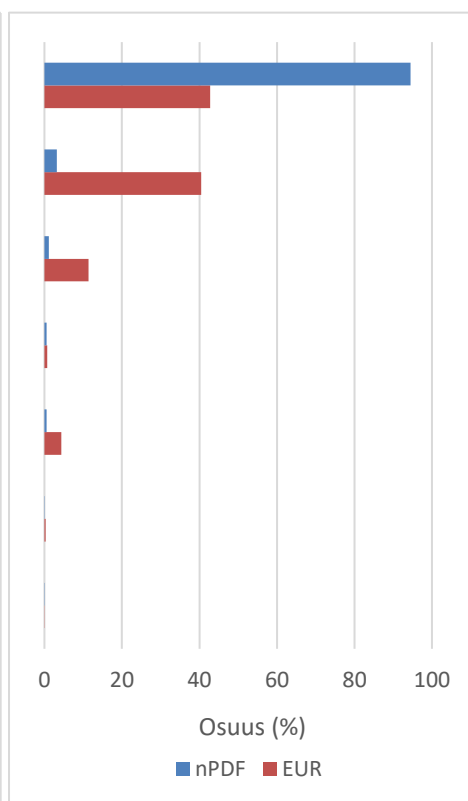
Kuva 28. a) Sijoitustoiminnan aiheuttama hiilijalanjälki (t CO₂e) kategorioittain ja b) hiilijalanjäljen ja kulujen suhteellinen osuus eri kategorioissa (%).

Sijoitukset sähköyhtiöihin aiheuttivat 19 % sijoitustoiminnan luontojalanjäljestä ja 32 % hiilijalanjäljestä. Biomassan ja jätteiden osuus sähköyhtiöihin tehtyjen sijoitusten luontojalanjäljestä oli 94 % (Kuva 29) ja hiilijalanjäljestä 97 % (Kuva 30). Sähköyhtiöihin tehtyjen sijoitusten euromääräisestä arvosta 43 % kohdistui biomassaan ja jätteisiin ja 40 % tuulivoimaan (Kuva 29). Tuulivoiman osuus luontojalanjäljestä oli kuitenkin vain 3 % ja hiilijalanjäljestä 2 %. Sähkökategorian luontojalanjäljestä 87 % ja hiilijalanjäljestä 88 % syntyi kahden yhtiön toiminnan seurauksena. Nämä kaksi yhtiötä muodostivat 39 % koko kategoriaan sijoitetusta pääomasta. Sähkön sijoitustoiminnan aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä sijoitettu pääoma euroina kategorioittain näkyvät Liitteessä 7.

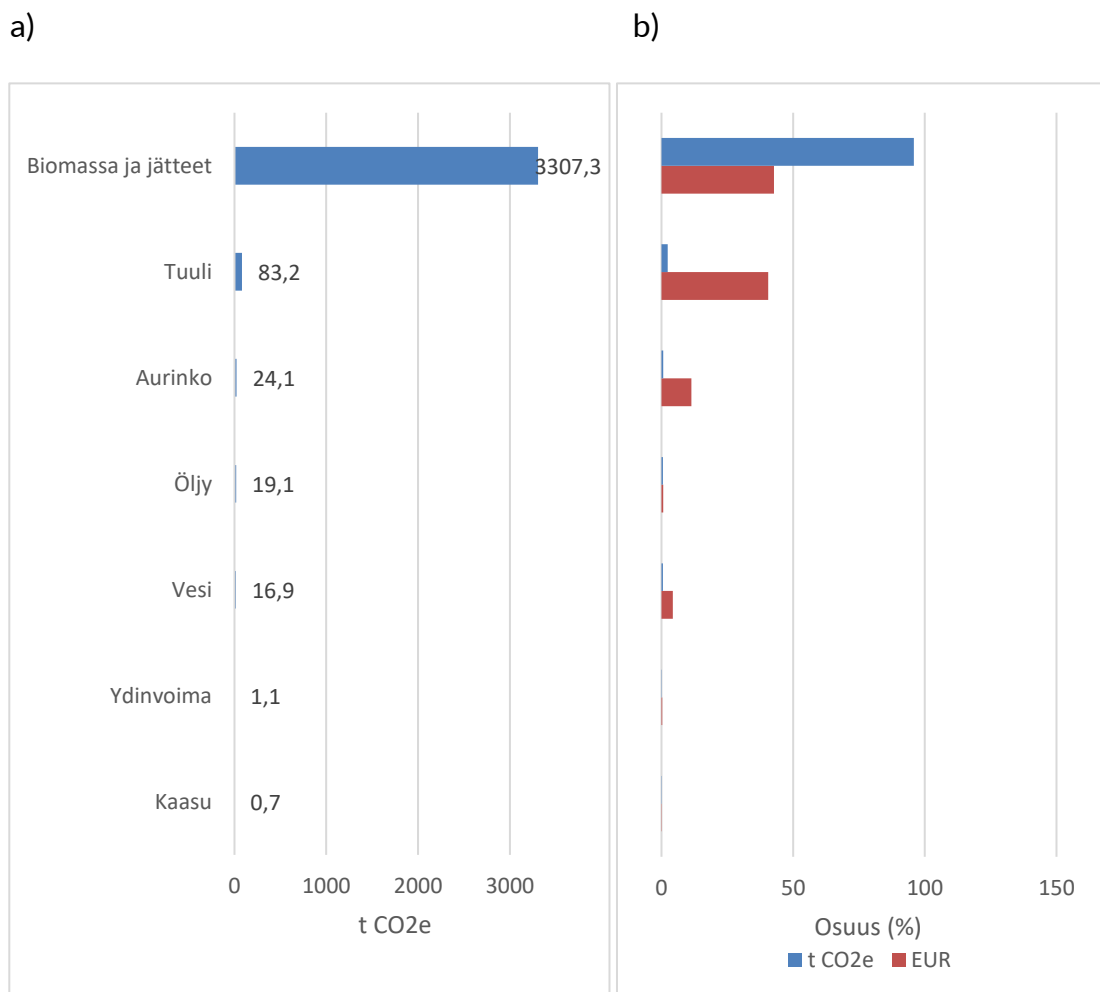
a)



b)



Kuva 29. a) Sähköyhtiöihin tehtyjen sijoitusten luontojalanjäljen (nPDF) jakauma ja b) sähköyhtiöihin tehtyjen sijoitusten luontojalanjäljen ja sijoitetun pääoman euromäärän suhteellinen osuus eri kategorioissa (%).



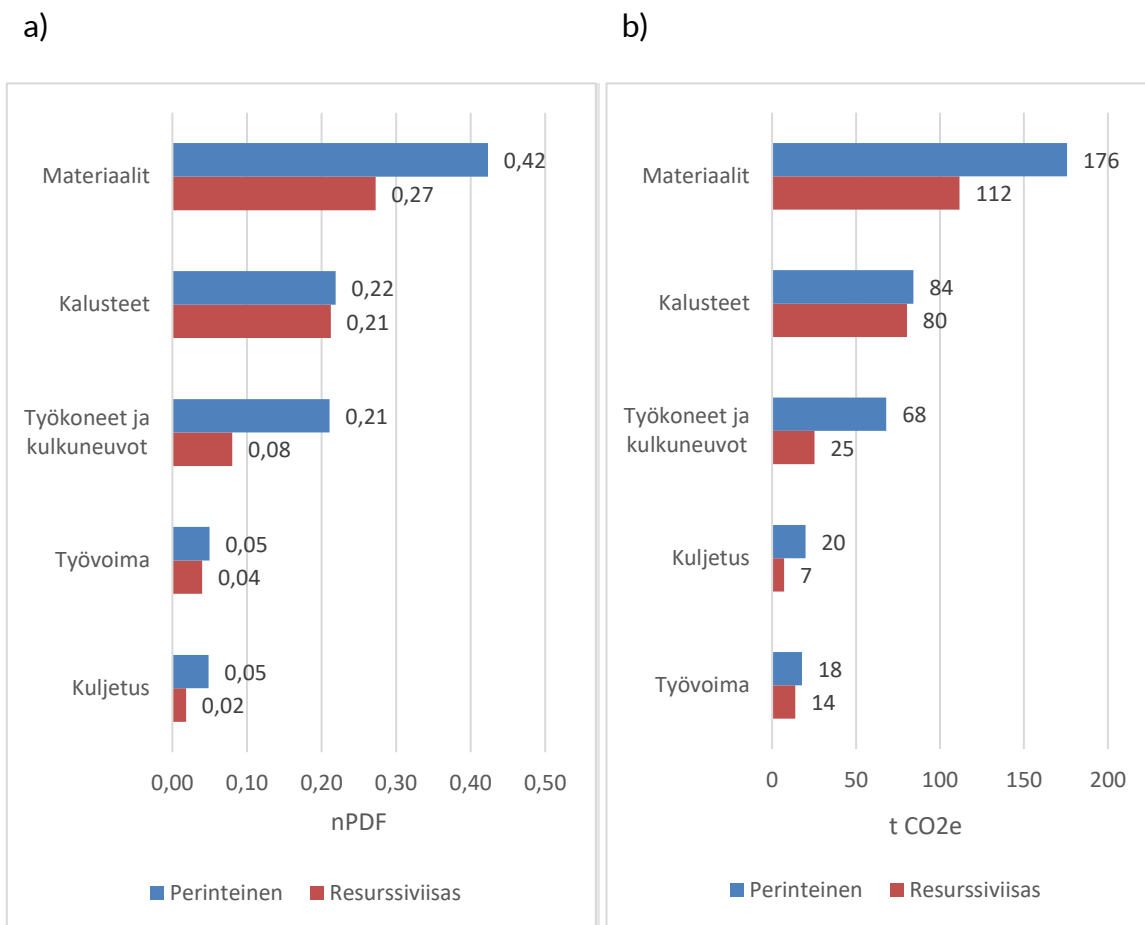
Kuva 30. a) Sähkösijoitusten sijaintien hiilijalanjäljen (t CO₂e) jakauma ja b) sähkösijoitusten sijaintien hiilijalanjäljen ja sijoitetun pääoman euromäärän suhteellinen osuus eri kategorioissa (%).

3.2 Rakennusinvestoinnin hiili- ja luontojalanjälki: esimerkkinä Yliopistokadun saneeraus

Hankkeessa laskettiin esimerkkinä tarkemmin yhden Tampereella toteutuneen rakennusinvestoinnin aiheuttama hiili- ja luontojalanjälki. Investoinniksi valikoitui Yliopistokadun saneeraus. Saneerauksen aiheuttamia haittoja laskettiin euromäärien perusteella kahdelle eri skenaariolle. Ensimmäinen skenaario kuvasi ”perinteistä” kadun rakentamista ja toinen skenaario resurssiviisasta rakentamista, jossa noudatettiin kiertotalouden periaatteita. Reaalimaailmassa Yliopistokadun saneeraus toteutettiin resurssiviisaasti kiertotalouden periaatteita hyödyntäen. Kadun saneerauksessa hyödynnettiin esimerkiksi kierrätysmateriaaleja sekä vaihdettiin perinteistä kadun saneerausta vähemmän maamassoja. Laskelmissa ei ole huomioitu esimerkiksi

suunnittelusta tai poikkeavista liikennejärjestelyistä aiheutuneita kuluja. Tiedot on saatu Ihku-laskentapalvelusta, joka on infra-alan kustannuslaskentapalvelu.

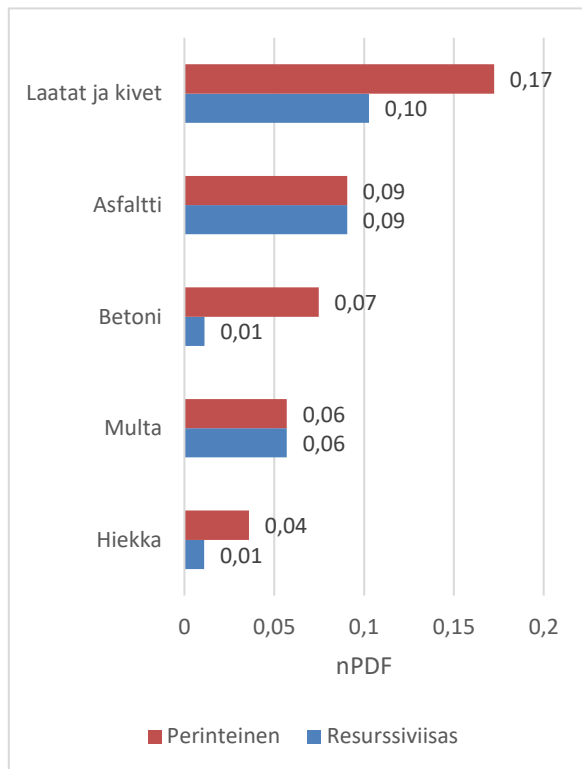
Perinteisellä tavalla saneeratun kadun aiheuttama luontojalanjälki olisi ollut 1,0 nPDF ja hiilijalanjälki 365 t CO₂e. Resurssiviisaalla tavalla saneeratun kadun aiheuttama luontojalanjälki puolestaan oli 0,6 nPDF ja hiilijalanjälki 240 t CO₂e. Resurssiviisaassa skenaariossa luontojalanjälki oli 40 % ja hiilijalanjälki 35 % pienempi kuin perinteisessä skenaariossa (Kuva 31a ja b). Eniten eroavaisuuksia skenaarioiden välillä syntyi materiaaleista, kuljetuksista sekä työkoneiden ja kulkuneuvojen käytöstä. Perinteisen ja resurssiviisaan rakentamistavan välinen kustannuksien ero oli 27 % resurssiviisaan rakentamisen hyväksi. Suurin kustannusero skenaarioiden välillä tuli kuljetuksesta. Resurssiviisaassa skenaariossa kuljetuksen kustannukset olivat 65 % pienemmät kuin perinteisessä skenaariossa. Rakentamisessa poistettuja vanhoja maamassoja on esimerkiksi siirretty loppusijoituspaikan sijaan lähellä olevalle työmaalle, joka vaikuttaa kuljetuksista syntyneisiin kustannuksiin. Resurssiviisaassa skenaariossa hyödynnettiin myös paljon kierrätysmateriaaleja, joten uusien materiaalien aiheuttamat kustannukset pienenevät. Materiaalien kustannukset olivat 37 % pienemmät resurssiviisaassa skenaariossa. Materiaalit aiheuttivat 45 % luontojalanjäljestä molemmissa skenaarioissa ja 50 % hiilijalanjäljestä molemmissa skenaarioissa. Kalusteissa muutosta skenaarioiden välillä ei juuri ole. Kalusteet pitävät sisällään mm. valaistukseen liittyvät asiat, liikennemerkkit sekä penkit. Yliopistokadun saneerauksen luonto- ja hiilijalanjälki sekä kulut molemmissa skenaarioissa löytyvät Liitteestä 8.



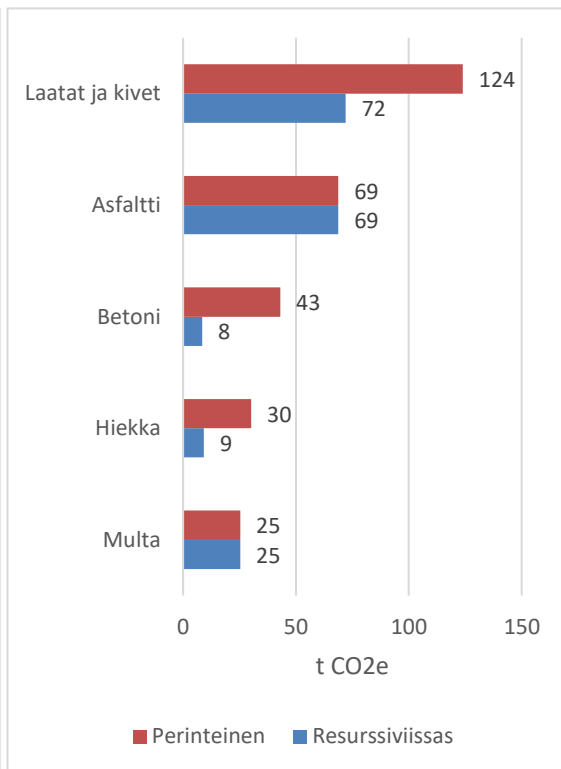
Kuva 31. a) Perinteisen ja resurssiviisaan kadun saneerauksen aiheuttama luontojalanjälki (nPDF) ja b) perinteisen ja resurssiviisaan kadun saneerauksen aiheuttama hiilijalanjälki (t CO₂e).

Laatat ja kivet aiheuttivat 40 % materiaalien luonto- ja hiilijalanjäljestä molemmissa skenaarioissa (Kuva 32a ja b). Toiseksi eniten hiili- ja luontojalanjälkeä materiaaleista aiheutti asfaltti. Käytetyn asfaltin ja mullan määrät pysyivät samana molemmissa skenaarioissa. Suurin skenaarioiden välinen ero oli betonin käytössä. Perinteisessä skenaariossa betoni aiheutti 17 % materiaalien luontojalanjäljestä ja resurssiviisaassa skenaariossa vain 4 %. Betonin aiheuttama haitta oli noin 80 % pienempi resurssiviisaassa skenaariossa verrattuna perinteiseen skenaarioon. Materiaalien luonto- ja hiilijalanjälki sekä kulut molemmissa skenaarioissa löytyvät Liitteestä 8.

a)



b)



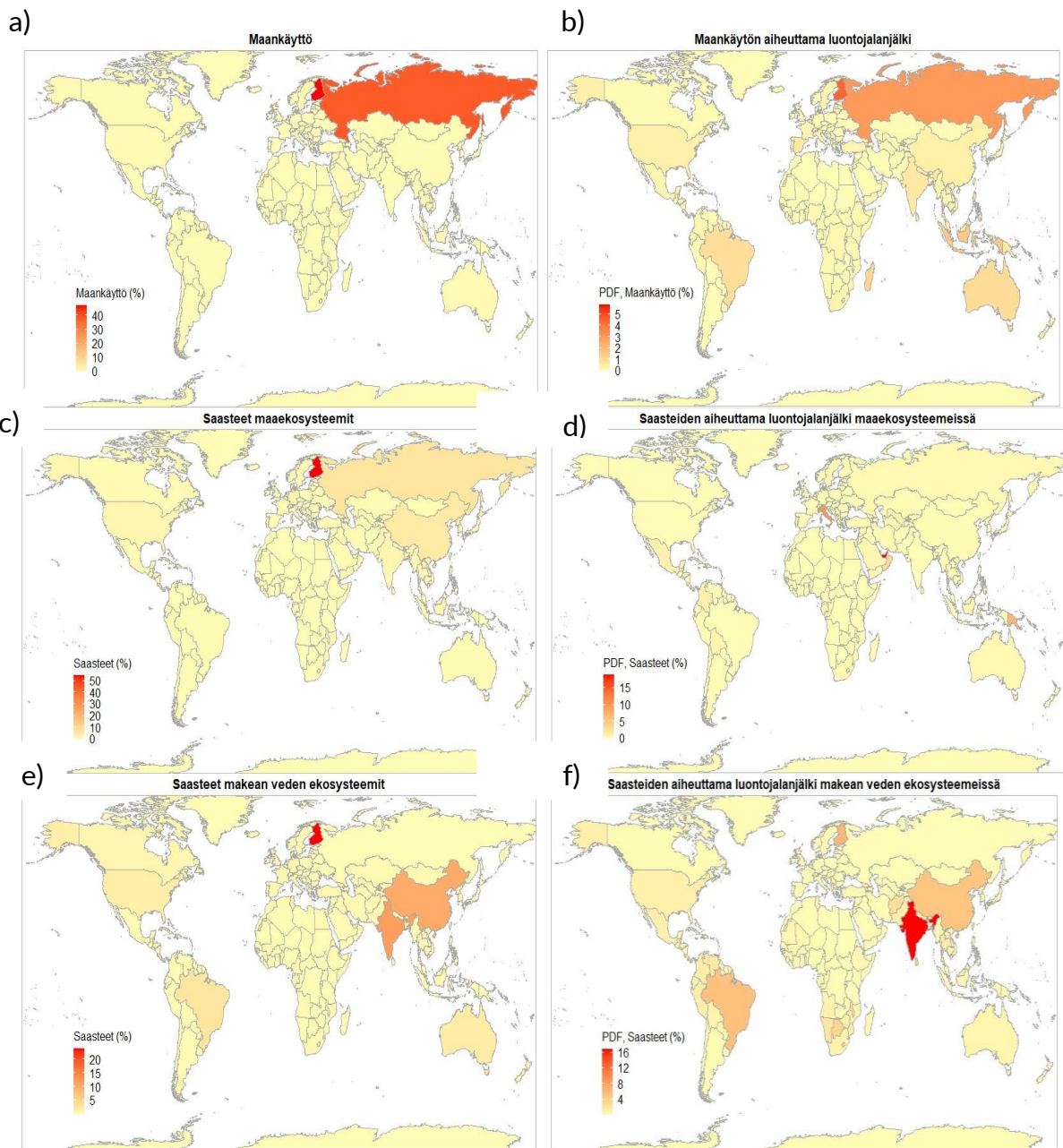
Kuva 32. a) Perinteisen ja resurssiviisaan kadun saneerauksessa käytettyjen materiaalien aiheuttama luontojalanjälki (nPDF) ja b) perinteisen ja resurssiviisaan kadun saneerauksessa käytettyjen materiaalien aiheuttama hiilijalanjälki (t CO_{2e}).

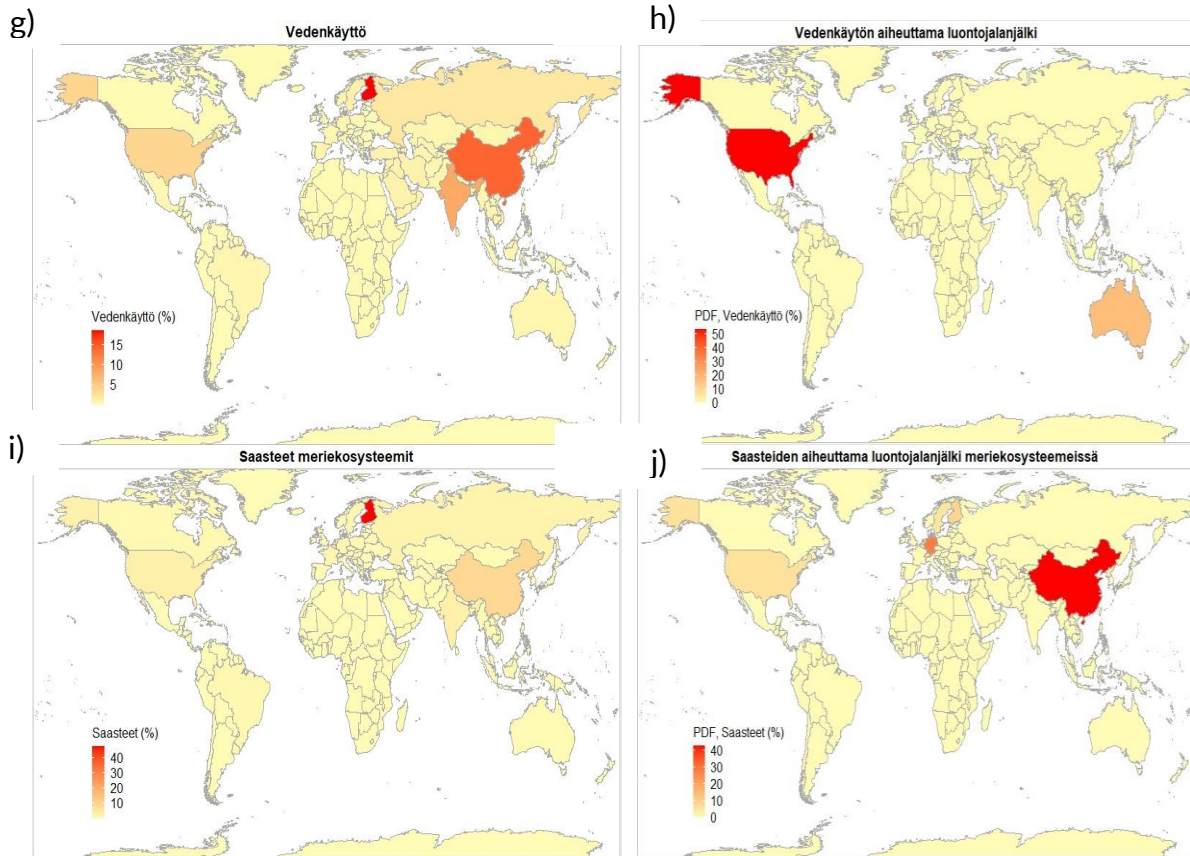
3.3 Luontojalanjäljen jakautuminen globaalisti

Hankintojen kohdalla pystyttiin selvittämään, mihin päin maailmaa aiheutettu luontojalanjälki kohdistuu maan- ja vedenkäytön sekä saasteiden osalta. Laskelma perustuu Suomen keskimääräisiin tietoihin eri tuotekategorioihin käytettyjen panosten alkuperämaista. Taustalla ei ole siis tietoa siitä, missä juuri Tampereen kaupungin ostamat tuotteet on valmistettu. Lisäksi on hyvä huomioida, että luontojalanjäljen alkuperän selvittämisessä käytetty aineisto pohjautuu vuoden 2011 globaalin talouden rakenteeseen. Tulevissa arvioissa tausta-aineistoa pystytään päivittämään, vähintään vuoden 2019 aineistoja vastaaviksi. Tämänhetkisten karttakuvien haittojen jakautuminen ei ota huomioon työmatkojen, energian ja veden eikä elintarvikkeiden kulutuksen aiheuttamien haittojen jakautumista.

Hankintojen aiheuttamasta maankäytöstä 48 % kohdistuu Suomeen (Kuva 33a). Seuraavaksi eniten maankäytöstä kohdistuu Venäjälle (38 %) ja Viroon (2 %). Vaikka suurin osa maankäytöstä kohdistuu Suomeen, vain 4 % maankäytön

aiheuttamasta haitasta eli luontojalanjäljestä kohdistuu Suomeen. Tämä tarkoittaa sitä, että 96 % luontojalanjäljestä kohdistuu Suomen ulkopuolelle (Kuva 32b). Suurimmat jalanjäljet kohdistuvat tyypillisesti lajirikkaisiin maihin, joissa maan- ja vedenkäyttö sekä saastuminen vaikuttaa useampaan eläin- ja kasvilajiin pinta-ala yksikköä kohden. Suurimmat maankäytön aiheuttamat luontojalanjäljet kohdistuvat pieniin saarivaltioihin, kuten Guam tai São Tomé ja Príncipe, jotka eivät pieneen kokonsa vuoksi erotu kartasta. Taulukko 3 esittää maat, joihin kohdistuvat suurimmat maan- ja vedenkäytön sekä saasteiden aiheuttamat luontojalanjäljet. Liitteessä 9 näkyvät tarkemmat maajakaumat.





Kuva 33. a) Maankäytön jakautuminen, b) maankäytön aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen, c) Saasteiden jakautuminen maaekosysteemeissä, d) Saasteiden aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen maaekosysteemeissä, e) Saasteiden jakautuminen makean veden ekosysteemeissä, f) Saasteiden aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen makean veden ekosysteemeissä, g) Vedenkäytön jakautuminen, h) Vedenkäytön aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen i)) Saasteiden jakautuminen meriekosysteemeissä ja j) Saasteiden aiheuttaman luontojalanjäljen jakautuminen meriekosysteemeissä.

Taulukko 3. Osuus (%) maan- ja vedenkäytön sekä saasteiden kohdentumisesta kolmen suurimman vaikutuksen maahan sekä niiden aiheuttamien luontojalanjälkien osuus kolmessa maassa, joissa vaikutus on suurin.

Maankäyttö (m²)	%	Aiheutettu luontojalanjälki (PDF)	%
Suomi	48	Guam	6
Venäjä	38	São Tomé ja Príncipe	5
Viro	2	Pohjoiset Mariaanit	5
Saasteet maaekosysteemit (kg)		Aiheutettu luontojalanjälki (PDF)	
Suomi	55	Arabiemiraatit	19
Venäjä	7	Palestiina	13
Kiina	5	Kypros	11
Saasteet makean veden ekosysteemit (kg)		Aiheutettu luontojalanjälki (PDF)	
Suomi	24	Intia	17
Intia	12	Suomi	6
Kiina	10	Brasilia	5
Vedenkäyttö (kg)		Aiheutettu luontojalanjälki (PDF)	
Suomi	19	USA	54
Kiina	14	Australia	18
Intia	8	Bahama	5
Saasteet meriekosysteemit (kg)		Aiheutettu luontojalanjälki (PDF)	
Suomi	48	Kiina	43
Kiina	9	Saksa	28
Intia	3	Suomi	9

Suomeen kohdistuvien luontohaitan suorien ajurien ja globaalin luontojalanjäljen ero johtuu siitä, että Suomessa lajirunsaus tai endeemisten lajien määrä pinta-alayksikköä kohden ei ole yhtä suuri kuin esimerkiksi Brasiliassa. Maailmassa lajit tai lajimäärät eivät ole tasaisesti jakautuneet. Epätasainen jakautuminen tarkoittaa sitä, että sama määrä esimerkiksi maankäyttöä aiheuttaa erikokoisen globaalin luontohaitan eripuolilla maapalloa. Alueilla, joilla lajirunsaus on korkea pinta-ala yksikköä kohden, luontojalanjälki samalle määrälle maankäyttöä on suurempi. Paikallinen luontojalanjälki voi olla kuitenkin merkittävä alueilla, joihin ei kohdistu suurta globaalia luontojalanjälkeä, mutta joihin kuitenkin kohdistuu haitallisia ympäristövaikutuksia. Vaikka alue ei olisi globaalin lajiston kannalta merkittävä, se voi kuitenkin olla sitä paikallisen lajiston, ekosysteemien ja ekosysteemipalveluiden kannalta (Verones ym. 2021; Marques ym. 2017).

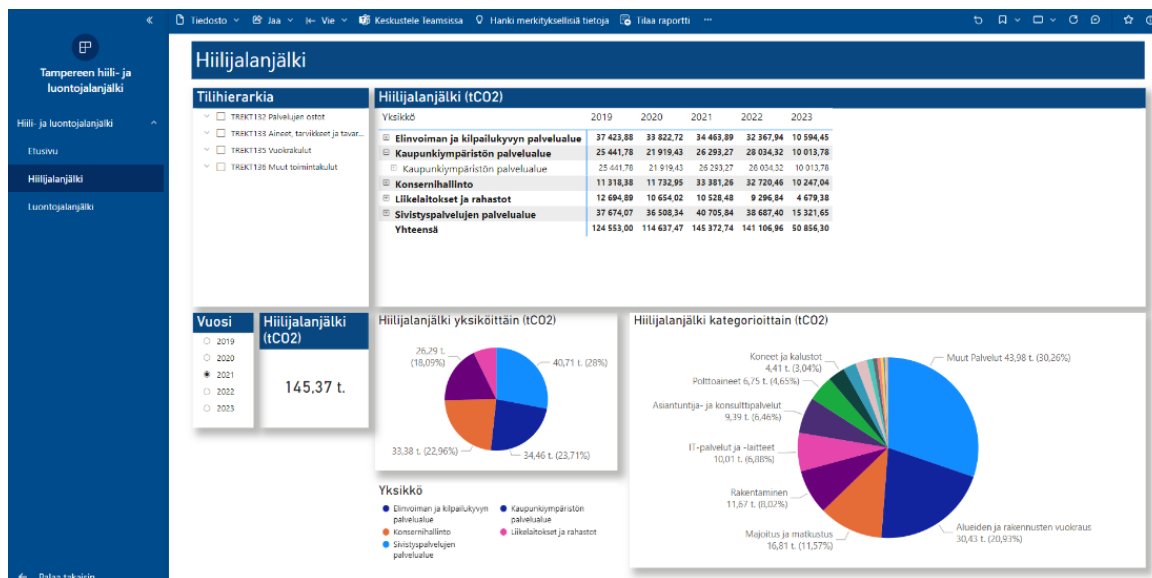
3.4 Luonto- ja hiilijalanjälkien seuranta

Hankkeessa tulosten laskenta vietiin myös Tampereen kaupungin toimesta Power BI -raporttiin, joka mahdollistaa vaikutusten seuraamisen ja vertailun (Kuvat 34 ja

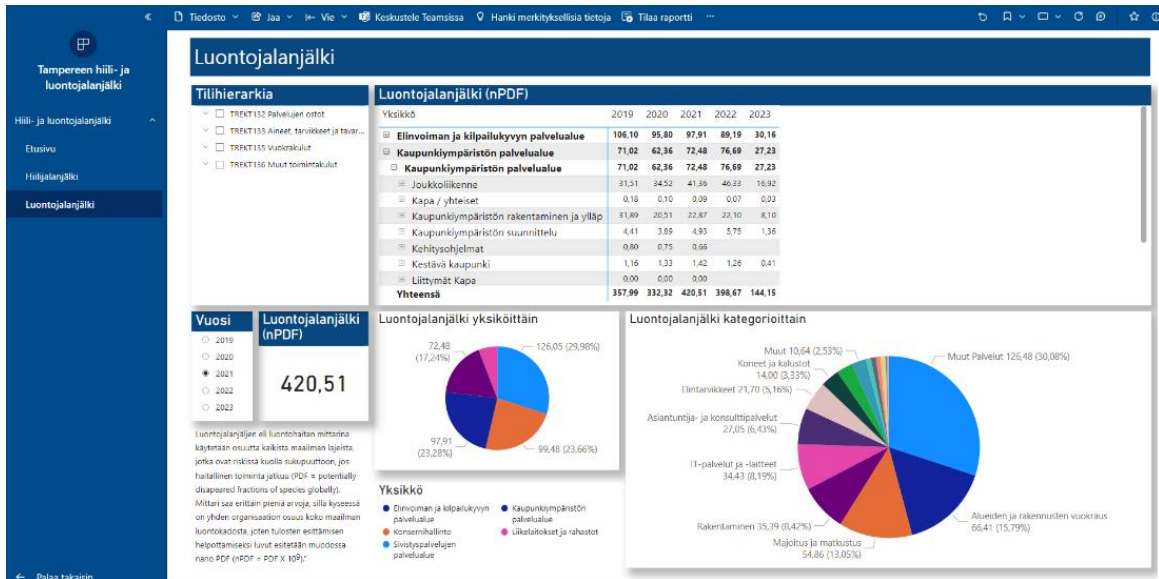
35). Power BI on Microsoftin työkalu, jonka avulla voi analysoida ja visualisoida dataa interaktiivisesti. Tampereen kaupungin luonto- ja hiilijalanjälkeä voi Power BI-raportilta tarkastella sekä vuositasoilla, että suodattamalla tuloksia tarkemmin tuotekategorioiden tai yksiköiden ja liikelaitosten välillä. Tulokset ovat raportilla vuodesta 2019 lähtien nykyhetkeen saakka, ja mukana ovat samat kaupunkiorganisaation yksiköt, joille laskenta on tehty myös tässä kirjallisessa raportissa. Power BI –raportti antaa hyvän yleiskuvan kaupungin luontojalanjäljistä. Sitä voidaan käyttää jatkuvan seurannan työkaluna ja tarkemmilla suodatuksilla se mahdollistaa hyvinkin yksityiskohtaisen seurannan.

Tuloksia vertailtaessa on huomattava, että Power BI –raportti perustuu suoraan tuloslaskelman kirjanpidollisiin tietoihin. Täten tulokset eivät ole esimerkiksi elintarvikkeiden ostojen osalta yhtä tarkkoja kuin ne ovat tässä kirjallisessa raportissa. Samoin esimerkiksi kaupungin sijoituksia ei ole huomioitu Power BI –raportilla. Raportti on tarkasteltavissa vain kaupungin sisäisillä toimijoilla.

Jatkossa ajantasaisten tulosten takaamiseksi on kuitenkin huolehdittava, että tuloslaskenta saadaan päivitettyä raportille mahdollisimman automaattisesti, ja että luonto- ja hiilijalanjälkikertoimet tulevat päivitettyiksi sopivin väliajoin raportin laskennan taustalle. Tälle on hyvät edellytykset, sillä Jyväskylän yliopiston tutkimusryhmän suunnitelmissa on julkaista ja päivittää hahtakertoimet avoimesti.



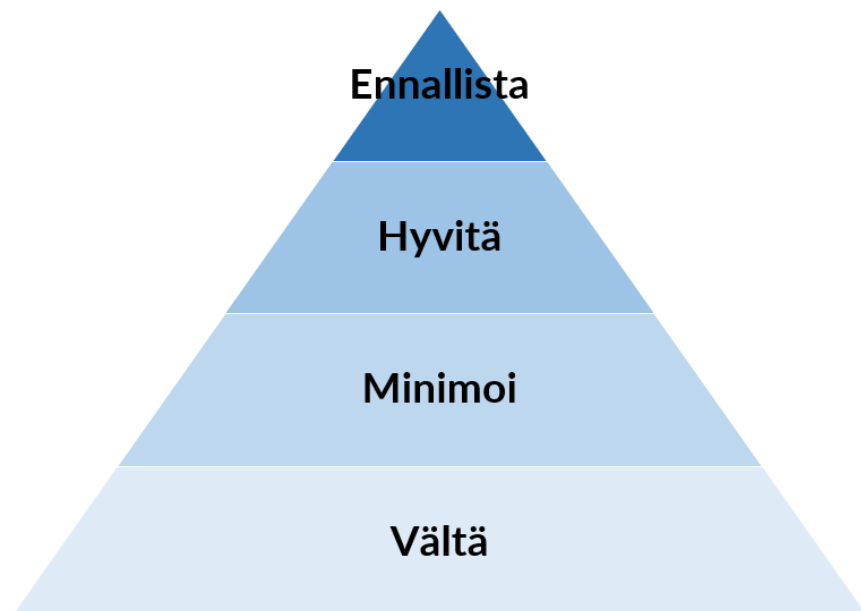
Kuva 34. Tampereen kaupungin hiilijalanjälkilaskenta Power BI –raportissa.



Kuva 35. Tampereen kaupungin luontojälkilaskenta Power BI -raportissa.

4 JALANJÄLKIEN PIENENTÄMINEN

Jalanjälkien pienentämiseksi tärkeää on ensisijaisesti välttää haitan aiheuttamista kokonaan. Haitan välttäminen ei ole kuitenkaan aina mahdollista, jolloin haittaa on pyrittävä minimoimaan, hyvittämään ja ennallistamaan. Lievennyshierarkia on luonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi kehitetty periaate, jonka mukaan ihmisen toiminnalla aiheutetut haitat luonnolle tulisi ensisijaisesti pyrkiä välttämään, toissijaisesti minimoimaan ja viimesijaisesti hyvittämällä ne ekologisella kompensatiolla ja korjaamaan paikan päällä (Kuva 36) (Moilanen & Kotiaho 2021, Sitra 2022). Lievennyshierarkian kolme ensimmäistä askelta soveltuvat myös hiilijalanjäljen pienentämiseen.



Kuva 36. Lievennyshierarkian eri tasot (Moilanen & Kotiaho 2021).

Lievennyshierarkian toteuttaminen voidaan aloittaa välttämällä haittoja ja minimoimalla aiheutuvien haittojen määrää. Tätä voidaan toteuttaa esimerkiksi välttämällä tarpeetonta kulutusta sekä valitsemalla sellaisia tuotteita ja hyödykkeitä, jotka aiheuttaisivat mahdollisimman vähän luontohaittoja. Esimerkiksi sen sijaan, että rakennettaisiin uutta, voitaisiin korjata vanhoja rakennuksia. Korjaamisen hiili- ja luontojalanjälki ovat todennäköisesti pienempiä verrattuna uusiorakentamisen jalanjälkiin, kuten Yliopistonkadun resurssiviisaan ja perinteisen rakentamistavan vertaileva hiili- ja luontojalanjäljen laskentamme osoittaa. Globaalia luontohaittaa voidaan vähentää myös esimerkiksi välttämällä tuotteiden hankintaa tuotantomaista, jotka ovat luonnon monimuotoisuudeltaan erityisen rikkaita. Muita vaihtoehtoja ovat esimerkiksi uuden ostamisen sijaan hyödyntää tavaroiden vuokraamista tai lainaamista. Yllä olevat toimenpiteet ja periaatteet on tärkeää integroida osaksi organisaation hankintaperiaatteita ja toimintakulttuuria.

Rakentamisen aiheuttamaa luonto- ja hiilijalanjälkeä voidaan pienentää noudattamalla rakentamisessa kiertotalousperiaatteita. Yliopistokadun saneerauksessa kiertotalousperiaatteita hyödyntämällä pystyttiin vähentämään 35 % kadunsaneerauksen aiheuttamista haitoista. Mikäli kiertotalousperiaatteita hyödynnettäisiin kaikessa rakentamisessa, voitaisiin Tampereen kokonaisluontojalanjälkeä pienentää 4 % ja kokonaishiilijalanjälkeä 5 % (Taulukko 4).

Taulukko 4. Ehdotuksia luonto- ja hiilijalanjäljen pienentämiseen ja ehdotettujen toimenpiteiden arvioitu haittavähennyspotentiaali. Haittavähennyspotentiaali on osuus luonto- ja hiilijalanjäljistä, joka saadaan kullakin toimenpiteellä vähennettyä joko kategorian tai Tampereen kokonaisuuden tasolla tarkasteltuna.

Kategoria	Vähennystoimenpide	Haittavähennyspotentiaali			
		Kategorian luontojalanjälki (%)	Tampereen luontojalanjälki (%)	Kategorian hiilijalanjälki (%)	Tampereen hiilijalanjälki (%)
Muu käyttötalous	Rakentamisen toteuttaminen kiertotalousperiaatteita hyödyntäen	9	4	9	5
Elintarvikkeet	Punaisen lihan vähentäminen 50 % ja sen korvaaminen soijatuotteilla	17	3	18	2
	Maitotuotteiden vähentäminen 50 % ja niiden korvaaminen kaurapohjaisilla tuotteilla	11	2	4	0,4
Energia ja vesi	Lämmönkulutuksen vähentäminen 20 %	13	3	16	4
	Sähkönkulutuksen vähentäminen 20 %	7	2	3	0,8
	Vedenkulutuksen vähentäminen 20 %	1	0,1	0,4	0,1
	Turpeen, maakaasun ja polttoöljyn korvaaminen puulla lämmöntuotannossa	41	9	61	17
	Turpeen, maakaasun ja polttoöljyn korvaaminen maalämmöllä, lämpöpumpuilla ja tuulienergialla lämmöntuotannossa	36	8	57	15
Jätehuolto	Sekajätteen määrän vähentäminen 50 %	15	0,02	17	0,02
Työmatkat	Automatkojen vähentäminen 50 % ja niiden korvaaminen junalla	18	0,02	24	0,02
	Lentojen määrän vähentäminen 50 % ja niiden korvaaminen junalla	4	0,004	17	0,01
Yhteensä			14–18 %		12–24 %

Elintarvikkeiden aiheuttamaa luonto- ja hiilijalanjälkeä voidaan vähentää esimerkiksi pienentämällä punaisen lihan sekä maitotuotteiden määrää hankinnoissa ja korvaamalla niitä kasvipohjaisilla tuotteilla. Mikäli punaista lihaa hankittaisiin esimerkiksi 50 % vähemmän ja se korvattaisiin vastaavalla kilogrammamäärällä soijatuotteita, kuten tofua, voitaisiin pienentää elintarvikkeiden luontojalanjälkeä 17 % ja hiilijalanjälkeä 18 %. Jos maitotuotteita vähennettäisiin 50 % ja ne korvattaisiin kaurapohjaisilla tuotteilla, vähenisi elintarvikkeiden luontojalanjälki 11 % ja hiilijalanjälki 4 %. Näillä keinoilla pysyttäisiin vähentämään yhteensä 5 % Tampereen kaupungin kokonaisluontojalanjäljestä sekä 2,5 % kokonaishiilijalanjäljestä.

Energian ja veden kulutuksen aiheuttamia haittoja voidaan pienentää vähentämällä lämmön, sähkön ja veden kulutusta. Mikäli energian ja vedenkulutusta

vähennettäisiin 20 %, alenisi Tampereen kokonaisluontojalanjälki 5 % ja kokonaishiilijalanjälki 4 %. Lämmöntuotannossa käytetty turve ja fossiiliset polttoaineet kuten maakaasu aiheuttavat ison osan lämmön kulutuksesta aiheutuvasta luontojalanjäljestä. Käytetyn kaukolämmön tuotantotapojen vaihtaminen vähemmän haitallisilla energianlähteillä tuotettuun kaukolämpöön voi vaikuttaa lämmön aiheuttamiin jalanjälkiin huomattavasti. Jos turve, maakaasu ja kevyt polttoöljy korvattaisiin kaukolämmön tuotannossa esimerkiksi maalämmöllä, lämpöpumpuilla ja tuulienergialla kuten Rinne ym. (2019) ehdottivat, energian ja veden kulutuksen luontojalanjälki pienenesi 36 % ja hiilijalanjälki 57 %. Kokonaisuudessaan Tampereen luonto- ja hiilijalanjälki vähenisivät 8 % ja 15 %. Toisaalta, mikäli turve, maakaasu ja kevyt polttoöljy korvattaisiin kaukolämmön tuotannossa puun poltolla, voitaisiin vähentää 41 % energian ja veden kulutuksen aiheuttamasta luontojalanjäljestä sekä 61 % hiilijalanjäljestä ja kokonaisuudessaan 9 % ja 17 % Tampereen luonto- ja hiilijalanjäljistä. Puun polttoon siirtymistä on kenties kuitenkin hyvä katsoa vain välivaiheena tai osittaisena ratkaisuna, sillä muiden tutkimusten mukaan puun energiakäyttö ei ole ongelmallista ilmastonmuutoksen ja luontokadon näkökulmasta (Norton ym. 2019; Rehbein ym. 2020; Santangeli ym. 2016a; 2016b; Vainio ym. käsikirjoitus).

Jätehuollon aiheuttamaa luonto- ja hiilijalanjälkeä voi pienentää esimerkiksi vähentämällä sekajätteen määrää. Sekajätteen määrää voidaan pienentää kiinnittämällä huomiota parempaan kierrätykseen, sillä sekajäte koostuu yleensä kierrätyskelpoisista jätteistä, kuten muovi- ja lasipakkauksista (Suomen Kiertovoima 2023). Vähentämällä sekajätettä 50 %, voitaisiin vähentää 15 % jätehuollon aiheuttamasta luontojalanjäljestä ja 17 % hiilijalanjäljestä. Sekajätteen määrän vähentämisen vaikutus Tampereen kokonaisluonto- ja hiilijalanjälkeen on kuitenkin alle 1 %.

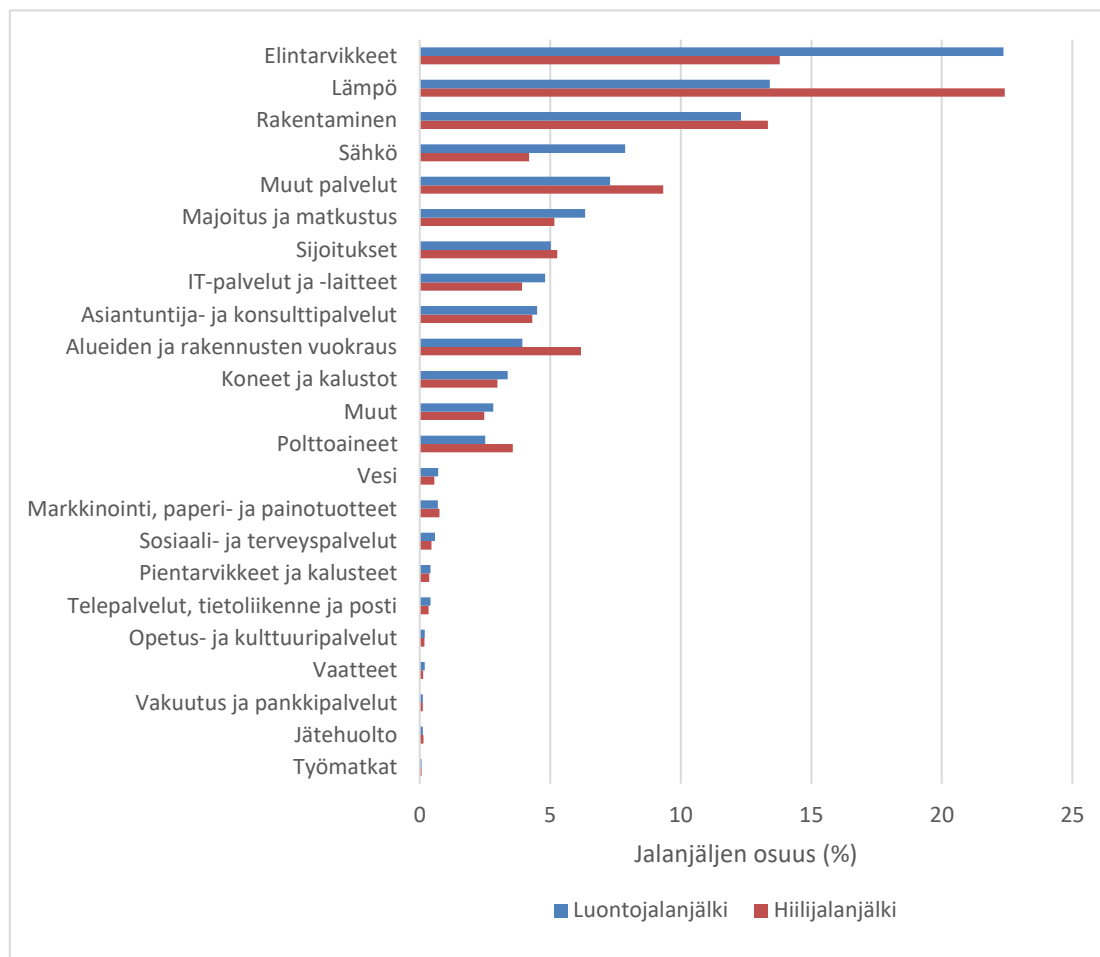
Työmatkojen jalanjälkiä voidaan pienentää esimerkiksi vähentämällä autolla kulkemista ja hyödyntämällä enemmän julkisia kulkuneuvoja. Mikäli autolla kuljettaisiin 50 % vähemmän ja matkat korvattaisiin junalla, vähenisi työmatkojen aiheuttama luontojalanjälki 18 % ja hiilijalanjälki 24 %. Vuonna 2021 tehtiin huomattavasti vähemmän lentomatkoja kuin vuonna 2019, mutta lentomäärät ovat sen jälkeen olleet taas voimakkaassa nousussa. Lentäminen voitaisiin kuitenkin tapauskohtaisesti korvata myös maata pitkin kulkemalla. Mikäli vuonna 2021 tehtyjen lentojen määrästä korvattaisiin 50 % junamatkoilla, voitaisiin pienentää työmatkojen aiheuttamaa luontojalanjälkeä 4 % ja hiilijalanjälkeä 17 %. Näiden vaikutus kuitenkin Tampereen kokonaisluonto- ja hiilijalanjälkiin jää pieneksi. Kuitenkin tulevaisuudessa lentomatkojen määrän lisääntyessä sen vaikutus voi kasvaa huomattavasti.

5 TULOSTEN TARKASTELU JA JATKOKEHITYS

Hankkeen tulokset osoittavat, että luontojalanjälki pystytään laskemaan myös kaupunkiorganisaatiolle. Luontojalanjälkeä on aiemmin laskettu Suomessa muun muassa S-ryhmälle ja Jyväskylän yliopistolle. Organisaation työntekijämäärään suhteutettuna S-ryhmän luontojalanjälki oli 0,9 nPDF yhtä työntekijää kohden (Peura ym. 2023), Tampereen kaupunkiorganisaation 0,07 nPDF (kun sosiaali- ja terveyspalveluiden ja pelastuslaitoksen henkilöstömäärä poistettu), ja Jyväskylän yliopiston 0,01 nPDF (El Geneidy ym. 2023). Organisaatiot ovat kuitenkin hyvin erityyppiset. Elintarvikkeet aiheuttivat suurimman osan sekä S-ryhmän, että Tampereen kaupunkiorganisaation luontojalanjäljistä. S-ryhmän tapauksessa elintarvikkeiden osuus luontojalanjäljestä oli kuitenkin huomattavasti merkittävämpi. Jyväskylän yliopiston luontojalanjäljestä puolestaan IT-tarvikkeet aiheuttivat suurimman osan.

Elintarvikkeet nousivat Tampereen kaupunkiorganisaation suurimmaksi luontojalanjäljen aiheuttajaksi sekä toiseksi suurimmaksi hiilijalanjäljen aiheuttajaksi (Kuva 37). Elintarvikkeista punainen liha aiheutti suurimmat luonto- ja hiilijalanjäljet. Muita paljon jalanjälkeä aiheuttavia tuotteita olivat maitotuotteet, siipikarjatuotteet sekä viljatuotteet. Elintarvikkeiden laskennassa maakohtainen haittakerroin ei aina ota huomioon elintarviketuotteen raaka-aineen alkuperämaata. Esimerkiksi kahveihin on tuotteen alkuperämaaksi merkitty Suomi, eikä laskennassa pystytä siis huomioimaan sitä mistä kahvipavut ovat tulleet. Laskentamenetelmä ei myöskään mahdollista yksityiskohtaista vertailua tuotteiden välillä jonkin tietyn tuotekategorian sisällä, eikä laskentamenetelmällä voida toistaiseksi arvioida esimerkiksi luomutuotetun ja tavanomaisesti tuotetun tuotteen eroja. Kotimaiset tuotteet ja niiden aiheuttama Suomessa tapahtuva maankäyttö aiheuttavat kuitenkin globaalia luontohaittaa vähemmän suhteessa moniin muihin maihin. Tällä hetkellä elintarvikkeiden laskenta ei huomioi vedenkäytön ja fosforipäästöjen aiheuttamaa

luontohaittaa. Näiden mukaanotto tulevaisuudessa mahdollistaisi myös makean veden ekosysteemeihin kohdistuvien haittojen huomioimisen laskennassa.



Kuva 37. Kategorioiden osuudet luonto- ja hiilijalanjäljestä.

Lämmön kulutus aiheutti selkeästi suurimman hiilijalanjäljen. Tampereen kaupungin käyttämästä kaukolämmöstä jyrshinturpeen käyttö aiheutti suurimman osan lämmön aiheuttamasta luonto- ja hiilijalanjäljestä. Kolmasosa kaukolämmöstä kuitenkin tuotettiin puulla. Suurin osa poltettavasta puusta on metsäteollisuuden sivutuotteita, mutta poltossa käytetään myös kokopuuta. Myös sähkön tuotannossa käytetään puuta, mikä erityisesti nostaa sähkön aiheuttamaa luontojalanjälkeä. Puulla on selkeästi suurin keskimääräinen luontohaittakerroin verrattuna muihin uusiutuviin energianlähteisiin. Vaikka puu ja metsät ovat uusiutuvaa luonnonvaraa, on hyvä kuitenkin pohtia sitä, onko niiden käyttö lämmöntuotannossa kaikista kestävin vaihtoehto. Metsät tuottavat monia ekosysteemipalveluita, joten ne ovat myös sellaisenaan tärkeitä ilmastolle sekä eläinten ja kasvien hyvinvoinnille (Euroopan ympäristökeskus 2016).

Laskentamenetelmä osoittautui soveltuvaksi myös sijoitusten luontohaittojen laskemiseen. Sijoitusten haitoista suurimman osan aiheuttivat uusiutuvaa energiaa tuottavat yhtiöt, mitä selittää osittain se, että niihin oli myös sijoitettu rahallisesti paljon. Rahastoissa sijoitettiin myös yhtiöihin, jotka tuottavat energiaa öljyllä ja maakaasulla. Sähkön päästö- ja luontohaittakertoimissa on vielä epävarmuuksia, ja niihin on tulossa muutoksia EXIOBASE-tietokantaan myöhemmin. Tällä hetkellä esimerkiksi biomassalla ja jätteillä tuotetun energian päästökerroin on suurempi kuin öljyllä tuotetun energian.

Erityisjäte aiheutti 60 % jätehuollon luonto- ja hiilijalanjäljestä. Erityisjäte piti sisällään huomattavasti etenkin hiekka- ja rasvakaivon jätteitä. Jätehuollon aiheuttamien haittojen laskenta perustuu tällä hetkellä eri jätelajeisiin kulutettuihin rahamääriin. Jätehuollon haittojen laskenta kerättyihin jätteiden määriin (tonneissa) perustuen mahdollistaisi todenmukaisemman kuvan siitä mikä jätelaji aiheuttaa eniten haittaa. Tällä hetkellä jätelajien käsittelyhinnat vaikuttavat tuloksiin. Laskenta ei myöskään huomioi tällä hetkellä Pirkanmaan Voimia Oy:n elintarvikkeista tulleita biojätteitä esimerkiksi kouluista, mutta ne olisi hyvä ottaa laskelmissa huomioon tulevaisuudessa.

Yliopistonkadun saneerauksen tulokset osoittavat, että kiertotalousperiaatteita noudattamalla toteutettu kadun saneeraus aiheuttaa huomattavasti vähemmän hiili- ja luontojalanjälkeä kuin perinteinen saneeraus. Kierrätettyjen materiaalien sekä poistomaiden hyötykäyttö vähentää materiaalien kulutusta sekä kuljettamisen kilometrejä. Kiertotalousperiaatteita hyödyntämällä muussakin rakentamisessa pystyttäisiin pienentämään rakentamisen aiheuttamia haittoja huomattavasti.

Talouskirjanpidon sisältämien tilien nimet eivät välttämättä kerro, millaisia ostoja tili pitää todellisuudessa sisällään. Tilien sisältöjä olisi hyvä tarkastella tarkemmin, jolloin pystyttäisiin tekemään tarkempaa jaottelua EXIOBASE-kategorioihin. Esimerkiksi elintarvikkeita sisältyi myös muille kuin kirjanpidolliselle Elintarvike-tilille. Lisäksi erilaisia palveluita sisältävistä tileistä ei pystytty erottelamaan mistä palvelusta on kyse. Esimerkiksi ostolaskuihin perustuva laskenta voisi tuottaa tarkempaa analyysia.

Koska luontojalanjäljen laskennassa otetaan huomioon myös haitallisten ilmastopäästöjen vaikutus luontoon, on hiilijalanjälki käytännössä selvitettävä aina osana luontojalanjäljen laskentaa. Ilmastonmuutoksen osuus oli Tampereen kaupunkiorganisaation aiheuttamasta luontojalanjäljestä noin puolet. Tämä tarkoittaa sitä, että jos luontojalanjälkeä pyritään pienentämään erilaisilla toimilla, niin nykyisen arvion mukaan melko suurella todennäköisyydellä myös hiilijalanjälki pienenee. Kaikki hiilijalanjäljen pienentämiseen tähtäävät toimet eivät kuitenkaan välttämättä pienennä luontojalanjälkeä, vaan vaikutus voi olla jopa haitallinen luontojalanjäljen kannalta

(Pörtner ym. 2021). Tällaisia riskejä liittyy esimerkiksi bioenergian käyttöön. Esimerkiksi sähköntuotannossa puun käytöllä on pienempi päästökerroin kuin sekajätteen poltolla tai aurinkoenergialla. Mikäli sekajätteen tai aurinkoenergian käyttö sähköntuotannossa korvattaisiin puun käytöllä, pienenesi sähkön aiheuttama hiilijalanjälki, mutta luontojalanjälki kasvaisi, sillä puulla on suurin keskimääräinen luontohaitta-kerroin tämänhetkisestä sähkön energianlähdejakaumasta.

Myös elintarvikkeiden kohdalla tuotteen haitallisuus voi vaihdella riippuen siitä, tarkastellaanko luonto- vai hiilijalanjälkeä. Punaisella lihalla on elintarvikekategorioista selkeästi suurimmat keskimääräiset luontohaitta- sekä päästökertoimet kilogrammaa kohden. Luontojalanjäljen osalta toiseksi haitallisimpia tuotteita ovat maitotuotteet, ja hiilijalanjäljen kannalta kala- ja merenelävätuotteet. Lihatuotteista hiilijalanjäljen kannalta siipikarjan käyttö olisi selkeästi paras vaihtoehto, mutta luontojalanjäljen kannalta sen sijaan kalojen ja merenelävien hyödyntäminen. Siipikarjan keskimääräinen luontohaitta-kerroin on kiloa kohden noin puolitoistakertainen verrattuna kala- ja merenelävätuotteisiin, kun taas kala- ja merenelävätuotteiden päästökerroin on kiloa kohden yli kaksinkertainen siipikarjaan verrattuna.

Käytetyllä laskentamenetelmällä voidaan ottaa luontojalanjäljessä huomioon erilaisten maankäytön muotojen, vedenkäytön, saasteiden ja ilmastonmuutoksen vaikutus (Verones ym. 2020). Yleisesti voidaan todeta, että EXIOBASE- ja LC-IMPACT-tietokantoja yhdistävään menetelmään perustuvista tuloksista luotettavimpia näyttäisivät olevan maaekosysteemeihin kohdistuvat luontojalanjäljet (Verones ym. 2020). Erityisesti meriekosysteemeihin kohdistuvaa luontojalanjäljen laskentamenetelmä tarvitsee LC-IMPACT-tietokannassa vielä lisäkehitystä. Meriekosysteemien osalta luontojalanjäljen laskennassa kehitetään esimerkiksi menetelmää mereen päätyvän muovijätteen vaikutusten huomioimiseksi (Hoiberg ym. 2022). Toistaiseksi menetelmä ei huomioi luontohaitan ajureista esimerkiksi vieraslajien vaikutusta luontojalanjälkeen. Käytetty menetelmä vaikuttaisi olevan kattavuudeltaan samaa luokkaa muiden maailmalla kehitettyjen kokonaisvaltaisten laskentamallien kanssa (Crenna ym. 2020; Damiani ym. 2023; Lammerant ym. 2022).

Luontojalanjälkimittarit perustuvat tyypillisesti ekosysteemien kuntoon ja laajuuteen tai lajiston elinvoimaisuuteen (Marques ym. 2017; UNEP-WCMC ym. 2022). Käytetty globaali PDF voi olla vaikea hahmottaa, koska luvut ovat usein hyvin pieniä. Mittarin etu kuitenkin on, että sen avulla luontojalanjälki voidaan laskea maailmanlaajuisesti ja vertailukelpoisesti monille eri ympäristövaikutuksille. Kansainvälisen mittariston kehityksessä globaali PDF voisi kehittyä hiilidioksidiekvivalentin kaltaiseksi luontojalanjäljen yleismittariksi, luontoekvivalentiksi (El Geneidy ym. 2023).

Lähteet

- Broekhoff, D., Gillenwater, M., Colbert-Sangree, T., and Cage, P. 2019. "Securing Climate Benefit: A Guide to Using Carbon Offsets." Stockholm Environment Institute & Greenhouse Gas Management Institute. Saatavilla: [Offsetguide.org/pdf-download/](https://www.offsetguide.org/pdf-download/)
- Bull, J.W., Taylor, I., Biggs, E., Grub, H.M.J., Yearly, T., Waters, H., Milner-Gulland, E.J. (2022). Analysis: the biodiversity footprint of the University of Oxford. *Nature*, 604, 420-424. <https://doi.org/10.1038/d41586-022-01034-1>
- Cames, Martin & Harthan, Ralph & Füssler, Jürg & Lazarus, Michael & Lee, Carrie & Erickson, Peter & Spalding-Fecher, Randall. (2016). How additional is the Clean Development Mechanism? Analysis of the application of current tools and proposed alternatives. Study prepared for DG CLIMA. DOI: 10.13140/RG.2.2.23258.54728.
- Carvalho, S. H. C. de, Cojoianu, T., & Ascui, F. (2023). From impacts to dependencies: A first global assessment of corporate biodiversity risk exposure and responses. *Business Strategy and the Environment*, 32(5), 2600–2614. <https://doi.org/10.1002/bse.3142>
- Crenna, E., Marques, A., La Notte, A., & Sala, S. (2020). Biodiversity Assessment of Value Chains: State of the Art and Emerging Challenges. *Environmental Science and Technology*, 54(16), 9715-9728. <https://doi.org/10.1021/acs.est.9b05153>
- Damiani, M., Sinkko, T., Caldeira, C., Tosches, D., Robuchon, M., & Sala, S. (2023). Critical review of methods and models for biodiversity impact assessment and their applicability in the LCA context. *Environmental Impact Assessment Review*, 101, 107134. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2023.107134>
- Department for Business, Energy & Industrial Strategy. (2022). Greenhouse gas reporting: conversion factors 2022. Saatavilla osoitteessa: <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2022>
- El Geneidy, S., Alvarez Franco, D., Baumeister, S., Halme, P., Helimo, U., Kortetmäki, T., Latva-Hakuni, E., Mäkelä, M., Raippalinna, L.-M., Vainio, V., & Kotiaho, J. S. (2021). Sustainability for JYU: Jyväskylän yliopiston ilmasto- ja luontohaitat. Jyväskylän yliopisto, JYU.Wisdom – School of Resource

- Wisdom. *Wisdom Letters*, 2/2021. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:NBN:fi:ju-202104232476>
- El Geneidy, S., Baumeister, S. Peura, M., & Kotiaho, J.S. (2023). Value-transforming financial, carbon and biodiversity footprint accounting. Preprint. arXiv:2309.14186 [econ.GN]. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2309.14186>.
- Euroopan komissio. (2023a). Carbon Border Adjustment Mechanism. Saatavilla: https://taxation-customs.ec.europa.eu/carbon-border-adjustment-mechanism_en
- Euroopan komissio. (2023b). Corporate sustainability reporting. Saatavilla: https://finance.ec.europa.eu/capital-markets-union-and-financial-markets/company-reporting-and-auditing/company-reporting/corporate-sustainability-reporting_en
- Euroopan komissio. (2023c). EU taxonomy for sustainable activities. Saatavilla: https://finance.ec.europa.eu/sustainable-finance/tools-and-standards/eu-taxonomy-sustainable-activities_en
- Euroopan komissio. (2023d). Corporate sustainability due diligence. Saatavilla: https://commission.europa.eu/business-economy-euro/doing-business-eu/corporate-sustainability-due-diligence_en
- Euroopan ympäristökeskus. (2016). Kestävä metsänhoito on keskeistä Euroopan metsien hyvinvoinnille. Saatavilla: <https://www.eea.europa.eu/fi/articles/kestava-metsanhoito-on-keskeista-euroopan>
- Huijbregts, M. A. J., Steinmann, Z. J. N., Elshout, P. M. F., Stam, G., Verones, F., Vieira, M., Zijp, M., Hollander, A., & van Zelm, R. (2017). ReCiPe2016: A harmonised life cycle impact assessment method at midpoint and endpoint level. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 22(2), 138–147. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1246-y>
- IPBES. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. S. Díaz, J. Settele, E. S. Brondízio E.S., H. T. Ngo, M. Guèze, J. Agard, A. Arneth, P. Balvanera, K. A. Brauman, S. H. M. Butchart, K. M. A. Chan, L. A. Garibaldi, K. Ichii, J. Liu, S. M. Subramanian, G. F. Midgley, P. Miloslavich, Z. Molnár, D. Obura, A. Pfaff, S. Polasky, A. Purvis, J. Razzaque, B. Reyers, R. Roy Chowdhury, Y. J. Shin, I. J. Visseren-Hamakers, K. J. Willis, and C. N. Zayas (eds.). IPBES secretariat,

- Bonn, Germany. Saatavilla: https://ipbes.net/sites/default/files/2020-02/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers_en.pdf
- IPCC. (2021). Climate Change 2021-The Physical Science Basis. Saatavilla: https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_SP_M_final.pdf
- Jenu S, Baumeister S, Pippuri-Mäkelä J, Manninen A, Paakkinen M. (2021). The emission reduction potential of electric transport modes in Finland. Saatavilla: [The emission reduction potential of electric transport modes in Finland – IOPscience](#)
- Jaureguiberry, P., Titeux, N., Wiemers, M., Bowler, D. E., Coscieme, L., Golden, A. S., Guerra, C. A., Jacob, U., Takahashi, Y., Settele, J., Díaz, S., Molnár, Z., & Purvis, A. (2022). The direct drivers of recent global anthropogenic biodiversity loss. *Science Advances*, 8(45), eabm9982. <https://doi.org/10.1126/sciadv.abm9982>
- Ketola, T., Boström, C., Bäck, J., Herzon, I., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Kulmala, L., Laine, I., Lehtikoinen, A., Nieminen, T.M., Oksanen, E., Pappila, M., Silfverberg, O., Sinkkonen, A., Sääksjärvi, I. ja Kotiaho, J. S. 2022. Kohti luontoviisasta Suomea: Keinoja luontoposiitiivisuuden saavuttamiseksi. Suomen Luontopaneelin julkaisu 2/2022. Saatavilla: <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2022/06/luontopaneelin-julkaisu-2-2022-kohti-luontoviisasta-suomea.pdf>
- Kotiaho, J. S., Bäck, J., Herzon, I., Häyrynen, S., Jokimäki, J., Kallio, K. P., Kulmala, L., Laine, I., Lehtikoinen, A., Nieminen, T.M., Oksanen, E., Onkila, T., Pappila, M., Silfverberg, O., Sinkkonen, A., Sääksjärvi, I. ja Kangas, J. 2023. Suomen luonnon tila ja tulevaisuus – toimenpidekuilun analyysi ja ratkaisuja luontokadon pysäyttämiseksi. Suomen Luontopaneelin julkaisu 4A/2023. Saatavilla: <https://luontopaneeli.fi/wp-content/uploads/2023/12/suomen-luontopaneelin-julkaisu-4a-2023-suomen-luonnon-tila-ja-tulevaisuus-toimenpidekuilun-analyysi.pdf>
- Lammerant, J., Driesen, K., Verhelst, J. & De Ryck, J. (2022). Assessment of Biodiversity Measurement Approaches for Businesses and Financial Institutions. EU Business @ Biodiversity Platform. Update Report 4. Saatavilla: https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/assets/pdf/2022/Update%20Report%204_Final.pdf

- Marques, A., Verones, F., Kok, M. T., Huijbregts, M. A., & Pereira, H. M. (2017). How to quantify biodiversity footprints of consumption? A review of multi-regional input–output analysis and life cycle assessment. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 29, 75–81.
<https://doi.org/10.1016/j.cosust.2018.01.005>
- Moilanen, A., & Kotiaho, J. S. (2021). Three ways to deliver a net positive impact with biodiversity offsets. *Conservation Biology*, 35(1), 197–205.
- Norton, M., Baldi, A., Buda, V., Carli, B., Cudlin, P., Jones, M. B., Korhola, A., Michalski, R., Novo, F., Oszlányi, J., Santos, F. D., Schink, B., Shepherd, J., Vet, L., Walloe, L., & Wijkman, A. (2019). Serious mismatches continue between science and policy in forest bioenergy. *GCB Bioenergy*, 11(11), 1256–1263.
<https://doi.org/10.1111/gcbb.12643>
- Pekkonen, M., Rytteri, T., Belinskij, A., Koljonen, S., Mykrä, H., Kostamo, K. & Ahlroth, P. (2020). Tietotaso ja kokemukset ekologisesta kompensatiosta Suomessa. Saatavilla: [Tietotaso ja kokemukset ekologisesta kompensatiosta Suomessa \(valtioneuvosto.fi\)](https://www.valtioneuvosto.fi)
- Peura, M., El Geneidy, S., Pokkinen, K., Vainio, V & Kotiaho, J.S. (2023). Väliraportti: S-ryhmän luontojalanjälki. Saatavilla: https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/86831/978-951-39-9524-9_JYU_Reports_20_jyx.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Pokkinen, K., El Geneidy, S. Peura, M. Vainio, V & Kotiaho, J.S. (2023). Jyväskylän yliopiston ylioppilaskunnan hiili- ja luontojalanjälki. Saatavilla: https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/85784/978-951-39-9500-3_JYU_Reports_19_jyx.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Poore, J., & Nemecek, T. (2018). Reducing food’s environmental impacts through producers and consumers. *Science*, 360(6392).
<https://doi.org/10.1126/science.aag0216>
- Pörtner, Hans-Otto, Scholes, Robert J., Agard, John, Archer, Emma, Arneeth, Almut, Bai, Xuemei, Barnes, David, Burrows, Michael, Chan, Lena, Cheung, Wai Lung (William), Diamond, Sarah, Donatti, Camila, Duarte, Carlos, Eisenhauer, Nico, Foden, Wendy, Gasalla, Maria A., Handa, Collins, Hickler, Thomas, Hoegh-Guldberg, Ove, ... Ngo, Hien. (2021). Scientific outcome of the IPBES-IPCC co-sponsored workshop on biodiversity and climate change (Version 5). Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.5101125>

- Rehbein, J. A., Watson, J. E. M., Lane, J. L., Sonter, L. J., Venter, O., Atkinson, S. C., & Allan, J. R. (2020). Renewable energy development threatens many globally important biodiversity areas. *Global Change Biology*, 26(5), 3040–3051. <https://doi.org/10.1111/gcb.15067>
- Rinne, S., Auvinen, K., Reda, F., Ruggiero, S. & Temmes, A. (2019). Clean district heating – how can it work? Aalto University. Department of Management Studies. Saatavilla: <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8722-1>
- Román-Palacios, C., Moraga-López, D., Wiens, J.J. (2022) The origins of global biodiversity on land, sea and freshwater. <https://doi.org/10.1111/ele.13999>
- Román-Palacios, C., & Wiens, J. J. (2020). Recent responses to climate change reveal the drivers of species extinction and survival. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(8), 4211–4217. <https://doi.org/10.1073/pnas.1913007117>
- Santangeli, A., Di Minin, E., Toivonen, T., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., & Moilanen, A. (2016a). Synergies and trade-offs between renewable energy expansion and biodiversity conservation – a cross-national multifactor analysis. *GCB Bioenergy*, 8(6), 1191–1200. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12337>
- Santangeli, A., Toivonen, T., Pouzols, F. M., Pogson, M., Hastings, A., Smith, P., & Moilanen, A. (2016b). Global change synergies and trade-offs between renewable energy and biodiversity. *GCB Bioenergy*, 8(5), 941–951. <https://doi.org/10.1111/gcbb.12299>
- Seppälä, J., Saikku, L., Soimakallio, S., Lounasheimo, J., Regina, K., & Ollikainen, M. (2019). Hiilineutraalius ilmastopolitiikassa – valtiot, alueet ja kunnat. Saatavilla osoitteessa: https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2019/09/Hiilineutraalius_ilmastopaneeli_2019_FINAL.pdf
- Shi, S., & Yin, J. (2021). Global research on carbon footprint: A scientometric review. *Environmental Impact Assessment Review*, 89, 106571. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2021.106571>
- Sitra. (2022). Lievennyshierarkia. [viitattu 9.12.2022] Saatavilla: <https://www.sitra.fi/tulevaisuussanasto/lievennyshierarkia/>
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskya, T., Södersten, C., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga A, Acosta-Fernandez, J., Kuenen, J., Brucker, M., Giljum, S., Lutter S., Merciai S., Schmidt J., Theurl M., Plutzer C., Kastner T., Eisenmenger N., Erb K., Koning A., Tukker A. (2018). Exiobase 3: Developing a Time Series of

- Detailed Environmentally Extended Multi-Regional Input-Output Tables. *Journal of Industrial Ecology*, 22(3), 502-515.
- Stadler, K., Wood, R., Bulavskaya, T., Södersten, C.-J., Simas, M., Schmidt, S., Usubiaga, A., Acosta-Fernández, J., Kuenen, J., Bruckner, M., Giljum, S., Lutter, S., Merciai, S., Schmidt, J. H., Theurl, M. C., Plutzar, C., Kastner, T., Eisenmenger, N., Erb, K.-H., ... Tukker, A. (2021). Pymrio – A Python Based Multi-Regional Input-Output Analysis Toolbox. *Journal of Open Research Software*, 9: 8. DOI: <https://doi.org/10.5334/jors.251>
- Suomen Kiertovoima. (2023). Koostumustietopankki. [viitattu 23.11.2023]
Saataavilla: <https://kivo.fi/yymmarramme/koostumustietopankki/>
- Tampereen energia. (2023). Energian alkuperä ja alkuperätakuut. Saataavilla: [Energian alkuperä ja alkuperätakuut – Tampereen Energia](#)
- Tampereen kaupunki. (2022a). Hiilineutraali Tampere 2030 –tiekartta. Saataavilla: https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-10/hiilineutraali_tampere_2030_tiekartta-paivitys_2022.pdf
- Tampereen kaupunki. (2022b). Tampereen LUMO – luonnonmonimuotoisuusohjelma 2021–2030. Ympäristönsuojelun julkaisuja 1/2022. Saataavilla: https://www.tampere.fi/sites/default/files/2022-07/lumo_tampereen_luonnon_monimuotoisuusohjelma_2022.pdf
- Tampereen Voimia. (2023). Saataavilla: <https://voimia.fi/>
- Tilastokeskus. (2023a). Kuluttajahintaindeksi. [viitattu 10.11.2023] Saataavilla: [Kuluttajahintaindeksi \(2015=100\) muuttujina Vuosi, Hyödyke ja Tiedot. PxWeb \(stat.fi\)](#)
- Tilastokeskus. (2023b). Ostajahinta. Saataavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/ostajahinta.html>
- Tilastokeskus. (2023c). Perushinta. Saataavilla: <https://www.stat.fi/meta/kas/perushinta.html>
- Trisos, C. H., Merow, C., & Pigot, A. L. (2020). The projected timing of abrupt ecological disruption from climate change. *Nature*, January 2019, 1–6. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2189-9>
- UNEP-WCMC, Capitals Coalition, Arcadis, ICF, WCMC Europe. (2022). Recommendations for a standard on corporate biodiversity measurement and valuation, Aligning accounting approaches for nature. Saataavilla:

https://ec.europa.eu/environment/biodiversity/business/assets/pdf/2022/Align_Report_301122.pdf

United Nations Economic Commission for Europe. (2021). Life Cycle Assessment of Electricity Generation Options. Saatavilla:

<https://unece.org/sites/default/files/2021-10/LCA-2.pdf>

Urban, M. C. (2015). Accelerating extinction risk from climate change. *Science*, 348(6234), 571–573. <https://doi.org/10.1126/science.aaa4984>

Vainio, V., El Geneidy, S., Peura, M., Halme, P., & Kotiaho, J. S. (käsikirjoitus). Biodiversity impact of the consumption of peat and wood-fired district heating.

Vero. (2023). Kuntien ja hyvinvointialueiden arvonlisäverotusohje. Saatavilla:

[Kuntien ja hyvinvointialueiden arvonlisäverotusohje - vero.fi](https://www.vero.fi/kuntien-ja-hyvinvointialueiden-arvonlisaverotusohje)

Verones, F., Hellweg S., Anton ,A., Azevedo L., Chaudhary, A., Cosme, N., Cucurachi S., Baan L., Dong, Y., Fankte P., Golstejin, L., Hauschild, M., Heijungs, R., Jolliet, O., Juraske, R., Larsen, H., Laurent, A., Mutel, C., Margani, M., Nunez, M., Owsianiak, M., Pfister, S., Ponsioen, T., Preiss, P., Rosenbaum, R., Roy, P., Sala, S., Steinmann, Z., Zelm, R., Van Dingenen, R., Vieira, M., Huijbregts, M. (2020). LC-IMPACT: A regionalized life cycle damage assessment method. *Journal of Industrial Ecology*, 24(6), 1201-1219.

WEF. (2020). Nature Risk Rising: Why the Crisis Engulfing Nature Matters for Business and the Economy (New Nature Economy). World Economic Forum.

Saatavilla:

https://www3.weforum.org/docs/WEF_New_Nature_Economy_Report_2020.pdf

WEF. (2023). The global risks report 2023. Saatavilla: [Global Risks Report 2023 | World Economic Forum | World Economic Forum \(weforum.org\)](https://www.weforum.org/reports/global-risks-report-2023)

Wernet, G., Bauer, C., Steubing, B., Reinhard, J., Moreno-Ruiz, E., & Weidema, B.

(2016). The ecoinvent database version 3 (part I): Overview and methodology. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 21(9), 1218–1230. <https://doi.org/10.1007/s11367-016-1087-8>

WWF. (2022). Living Planet Report 2022 – Building a naturepositive society.

Saatavilla: <https://www.wwf.fi/uhat/living-planet-raportti/>

Yale University & Second Nature. (2022). Internal Carbon Pricing in Higher Education Toolkit. Saatavilla osoitteessa: <https://secondnature.org/climate-action-guidance/carbon-pricing/>

Rahoittajat

Tampereen kaupungin hiili- ja luontojalanjälki -hanketta rahoittivat Tampereen kaupunki ja strategisen tutkimuksen neuvosto/Strategic Research Council at the Academy of Finland (Kotiaho 345267) hankkeessa BOOST for biodiversity offsets.

Kirjoittajat

Krista Pokkinen, DI, Projektitutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0001-5840-2705

Janne S. Kotiaho, Ekologian professori, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0002-4732-784X

Emmi Nieminen, Kehittämisasiantuntija, Ilmasto- ja ympäristöpolitiikan yksikkö, Tampereen kaupunki

Laura Ollikainen, Tutkimusavustaja, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

Maiju Peura, Tutkijatohtori, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0002-8423-6349

Essi Pykäläinen, FM, Projektisihteeri, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

Väinö Savolainen, Harjoittelija, Ilmasto- ja ympäristöpolitiikan yksikkö, Tampereen kaupunki

Silja Tuunanen, Projektisihteeri, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto

Veera Vainio, FM, Projektitutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0003-0272-0055

Sami El Geneidy, KTM, Väitöskirjatutkija, Jyväskylän yliopiston resurssiviisauisyhteisö, Jyväskylän yliopiston kauppakorkeakoulu, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylän yliopisto, ORCID ID: 0000-0003-4408- 5256

Liitteet

Liite 1

Kategoriat	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Elintarvikkeet	124,6	28 665	13 912 000
Lämpö	74,7	46 573	571 071
Rakentaminen	68,5	27 718	137 103 809
Sähkö	43,8	8 694	4 485 461
Muut palvelut	40,6	19 369	86 582 491
Majoitus ja matkustus	35,3	10 716	59 291 676
Sijoitukset	27,9	10 948	29 504 785
IT-palvelut ja -laitteet	26,7	8 153	34 105 567
Asiantuntija- ja konsulttipalvelut	25,0	8 955	40 289 183
Alueiden ja rakennusten vuokraus	21,9	12 840	74 434 911
Koneet ja kalustot	18,8	6 180	21 034 155
Muut	15,6	5 140	17 357 431
Polttoaineet	14,0	7 396	4 578 155
Vesi	4,0	1 164	3 242 438
Markkinointi, paperi- ja painotuotteet	3,8	1 563	7 191 935
Sosiaali- ja terveystyöpalvelut	3,2	926	6 251 005
Pientarvikkeet ja kalusteet	2,3	749	2 035 390
Telepalvelut, tietoliikenne ja posti	2,3	696	3 634 409
Opetus- ja kulttuuripalvelut	1,1	371	4 106 301
Vaatteet	1,0	275	963 433
Vakuutus ja pankkipalvelut	0,7	246	1 935 454
Jätehuolto	0,7	300	374 282
Työmatkat	0,4	136	512 215

Liite 1. Kulutuskategorioiden luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut (€).

Liite 2

	Kasvatus- ja opetuspalvelut	Kulttuuri- ja vapaa-aikapalvelut	Toisen asteen koulut	Kiinteistöt, tilat ja asunto-politiikka	Työllisyys- ja elinkeino-palvelut	Kaupunki-ympäristön palvelualue	Konserni-hallinto	Tampereen Kaupunkiliikenne	Tampereen Vesi
IT-palvelut ja -laitteet	13	2	8	0	1	5	67	0	2
Telepalvelut, tietoliikenne ja posti	7	3	5	0	1	2	77	1	3
Majoitus ja matkustus	49	1	9	0	0	39	0	0	1
Rakentaminen	0	12	0	36	0	40	0	0	12
Sosiaali- ja terveystyöpalvelut	63	2	19	1	2	5	4	4	2
Pientarvikkeet ja kalusteet	68	1	16	0	3	5	5	1	1
Markkinointi, paperi- ja painotuotteet	53	1	25	1	3	8	8	0	1
Alueiden ja rakennusten vuokraus	0	0	21	62	0	17	0	0	0
Opetus- ja kulttuuripalvelut	10	1	72	2	3	5	6	0	1
Vakuutus ja pankkipalvelut	9	0	13	2	10	1	36	28	0
Muut palvelut	48	3	2	33	7	3	1	0	3
Muut	10	12	16	3	1	23	17	5	12
Asiantuntija- ja konsulttipalvelut	5	4	3	22	21	28	12	0	4
Lämpö	0	3	18	0	0	32	3	0	44
Vaatteet	23	7	54	1	0	2	3	3	7
Sähkö	0	5	4	1	0	41	0	1	48
Vesi	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Polttoaineet	1	2	0	0	0	0	0	95	2
Koneet ja kalustot	15	6	14	2	2	40	1	15	6

Liite 2a. Tampereen kaupungin yksiköiden osuudet (%) kulutuskategorioiden aiheuttamasta luontojalanjäljestä. Kategorioiden suurimmat osuudet merkitty punaisella.

	Kasvatus- ja opetuspalvelut	Kulttuuri- ja vapaa-aikapalvelut	Toisen asteen koulut	Kiinteistöt, tilat ja asunto-politiikka	Työllisyys- ja elinkeino- palvelut	Kaupunki- ympäristön palvelualue	Konserni- hallinto	Tampereen Kaupunki- liikenne	Tampereen Vesi
IT-palvelut ja -laitteet	3,7	0,6	2,3	0,1	0,4	1,3	18,9	0,1	0,6
Telepalvelut, tietoliikenne ja posti	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	1,9	0,0	0,1
Majoitus ja matkustus	21,2	0,5	3,7	0,0	0,1	16,9	0,2	0,0	0,5
Rakentaminen	0,1	9,0	0,3	28,4	0,2	31,1	0,0	0,0	9,0
Sosiaali- ja terveystyöpalvelut	1,9	0,1	0,6	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Pientarvikkeet ja kalusteet	1,4	0,0	0,3	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
Markkinointi, paperi- ja paino- tuotteet	1,5	0,0	0,7	0,0	0,1	0,2	0,2	0,0	0,0
Alueiden ja rakennusten vuokraus	0,0	0,0	5,6	16,4	0,0	4,6	0,0	0,0	0,0
Opetus- ja kulttuuripalvelut	0,1	0,0	0,7	0,0	0,0	0,0	0,1	0,0	0,0
Vakuutus ja pankkipalvelut	0,1	0,0	0,1	0,0	0,1	0,0	0,2	0,2	0,0
Muut palvelut	26,2	1,7	1,2	17,7	3,9	1,6	0,4	0,0	1,7
Muut	1,5	1,7	2,4	0,5	0,2	3,5	2,5	0,8	1,7
Asiantuntija- ja konsulttipalvelut	1,4	1,0	0,8	5,8	5,5	7,3	3,1	0,1	1,0
Lämpö	0,1	2,2	13,4	0,0	0,0	23,9	2,2	0,0	32,9
Vaatteet	0,2	0,1	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
Sähkö	0,0	2,1	1,7	0,4	0,0	17,8	0,2	0,3	21,1
Vesi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,9
Polttoaineet	0,1	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	12,2	0,3
Koneet ja kalustot	2,6	1,0	2,5	0,4	0,4	7,1	0,2	2,7	1,0

Liite 2b. Tampereen kaupungin yksiköiden luontojalanjälki (nPDF) eri kulutusluokissa. Luokkien suurimmat luontojalanjäljet merkitty punaisella.

	Kasvatus- ja opetus- palvelut	Kulttuuri- ja vapaa-aika- palvelut	Toisen asteen koulut	Kiinteistöt, tilat ja asunto- politiikka	Työllisyys- ja elinkeinopalve- lut	Kaupunki- ympäristön palvelualue	Konserni_ hallinto	Tampereen Kaupunki- liikenne	Tampereen Vesi
IT-palvelut ja -laitteet	14	2	9	0	1	5	67	0	2
Telepalvelut, tietoliikenne ja posti	7	3	5	0	1	2	77	1	3
Majoitus ja matkustus	36	1	6	0	0	55	0	0	2
Rakentaminen	0	2	0	41	0	43	0	0	13
Sosiaali- ja terveyspalvelut	59	9	18	0	2	4	3	3	1
Pientarvikkeet ja kalusteet	61	11	14	0	3	4	4	1	1
Markkinointi, paperi- ja painotuot- teet	38	29	18	0	2	6	6	0	1
Alueiden ja rakennusten vuokraus	0	5	20	59	0	16	0	0	0
Opetus- ja kulttuuripalvelut	9	12	64	1	2	4	6	0	1
Vakuutus ja pankkipalvelut	9	3	13	2	10	1	35	27	0
Muut palvelut	47	6	2	32	7	3	1	0	3
Muut	9	14	15	4	1	25	17	5	11
Asiantuntija- ja konsulttipalvelut	5	3	3	22	21	28	12	0	4
Lämpö	0	3	18	0	0	32	3	0	44
Vaatteet	20	19	47	1	0	2	2	3	6
Sähkö	0	5	4	1	0	41	0	1	48
Vesi	0	0	0	0	0	0	0	0	100
Polttoaineet	0	2	8	0	0	0	0	87	2
Koneet ja kalustot	14	13	13	2	2	36	1	14	5

Liite 2c. Tampereen kaupungin yksiköiden osuudet (%) kulutuskategorioiden aiheuttamasta hiilijalanjäljestä. Kategorioiden suurimmat osuudet merkitty punaisella.

	Kasvatus- ja opetus-palvelut	Kulttuuri- ja vapaa-aika-palvelut	Toisen asteen koulut	Kiinteistöt, tilat ja asunto-politiikka	Työllisyys- ja elinkeino-palvelut	Kaupunki-ympäristön palvelualue	Konserni-hallinto	Tampereen Kaupunki-liikenne	Tampereen Vesi
IT-palvelut ja -laitteet	1 130 372	186 594	704 069	21 885	115 685	392 741	5 513 345	17 938	187 547
Telepalvelut, tietoliikenne ja posti	52 765	21 451	34 663	1 996	9 882	14 420	547 251	4 145	23 348
Majoitus ja matkustus	4 344 701	167 064	723 374	2 008	23 415	6 645 328	39 387	5 258	198 172
Rakentaminen	49 113	593 522	89 731	11 484 345	54 559	12 000 083	10 492	1 056	3 670 666
Sosiaali- ja terveystyöpalvelut	545 819	83 342	162 447	4 129	18 254	37 802	31 410	30 858	13 787
Pientarvikkeet ja kalusteet	459 600	81 514	107 259	1 757	20 166	31 480	32 377	4 618	9 483
Markkinointi, paperi- ja painotuotteet	602 222	458 965	277 729	7 763	38 410	89 887	93 973	323	7 892
Alueiden ja rakennusten vuokraus	9 877	580 653	2 562 165	7 578 316	17 753	2 117 712	10 341	0	2 611
Opetus- ja kulttuuripalvelut	33 267	44 247	238 349	5 009	8 975	16 027	21 442	0	4 254
Vakuutus ja pankkipalvelut	22 163	8 064	31 923	5 544	24 748	2 403	86 841	67 210	1 096
Muut palvelut	9 080 263	1 220 122	401 762	6 155 222	1 345 748	547 434	153 547	9 258	594 146
Muut	462 863	701 920	772 958	190 491	66 579	1 287 893	869 959	251 636	544 291
Asiantuntija- ja konsulttipalvelut	484 491	311 865	277 604	2 000 593	1 912 803	2 534 974	1 085 292	24 037	350 020
Lämpö	51 231	1 375 630	8 347 409	0	0	14 921 336	1 349 957	0	20 527 253
Vaatteet	54 093	53 099	129 723	1 737	119	4 816	6 104	7 775	17 625
Sähkö	27 267	411 682	329 525	88 959	5 038	3 531 788	40 065	67 168	4 192 543
Vesi	137	1 283	1 411	1 076	0	203	0	0	1 159 968
Polttoaineet	214	158 672	604 779	0	0	9 114	4 282	6 463 222	156 092
Koneet ja kalustot	855 853	807 690	801 135	127 811	128 130	2 223 575	53 573	871 002	319 242

Liite 2d. Tampereen kaupungin yksiköiden hiilijalanjälki (t CO₂e) eri kulutuskategorioiden suurimmat luontojalanjäljet merkitty punaisella.

Liite 3

	nPDF	t CO ₂ e
Punainen liha	42,6	10 518
Maitotuotteet	27,9	6 006
Siipikarja	12,5	2 014
Kalat ja merenelävät	10,5	2 038
Hedelmät, marjat ja pähkinät	9,1	705
Viljatuotteet	8,3	3 934
Vihannekset	7,9	1 309
Valmisruuat liha	1,2	57
Kahvi, tee ja kaakao	1,2	636
Leivonnaiset, makeiset ja jäätelöt	1,0	387
Kananmunat	0,9	128
Öljyt ja muut kasvirasvat	0,8	408
Juomat	0,2	126
Valmisruuat kasvis	0,2	292
Sokeri	0,1	72
Soijatuotteet	0,1	26

Liite 3. Elintarvikekategorioiden luonto- ja hiilijalanjäljet.

Liite 4

Lämpö	nPDF	t CO ₂ e	kWh
Jyrsinturve	38,8	26 443	25 486 018
Sekajäte	11,5	7 182	29 001 331
Maakaasu	10,8	5 993	29 001 331
Kevyt polttoöljy	7,9	5 140	16 346 205
Puu	5,7	1 814	54 838 880

Liite 4a. Lämmön energialähteiden aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulutus (kWh).

Sähkö	nPDF	t CO ₂ e	kWh
Puu	34,9	3421	18 409 798
Sekajäte	7,3	3804	71 473 333
Aurinko	1,3	1136	10 829 293
Vesi	0,3	318	6 497 576
Tuuli	0,0	15	1 082 929

Liite 4b. Sähkön energialähteiden aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulutus (kWh).

Liite 5

Kategoria	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Erityisjäte	0,38	171	207 059
Sekajäte	0,21	101	82 871
Rakennus- ja remonttijäte	0,04	16	65 930
Vaarallinen jäte	0,02	8	9 836
Bio	0,01	2	2 556
Puu	0,00	1	1 268
Orgaaninen kompostoitava aines	0,00	1	558
Liete	0,00	0	596
Kartonki	0,00	0	2 896
Paperi	0,00	0	0
Metalli	0,00	0	0
Lasi	0,00	0	0
Muovi	0,00	0	711

Liite 5. Jätehuollon aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut (€).

Liite 6

	2021 nPDF	2021 t CO ₂ e	2021 km	2019 nPDF	2019 t CO ₂ e	2019 km
Juna	0,05	4	374 175	0,26	24	2 107 812
Auto	0,32	79	1 075 041	0,48	121	1 642 663
Lentokone	0,09	52	331 007	0,87	489	3 096 434

Liite 6. Työmatkojen aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kilometrit vuosina 2021 ja 2019.

Liite 7

	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Sähkö biomassa ja jätteet	4,99	3 307	405 229
Muut palvelut	3,17	1 100	4 932 136
IT-palvelut ja -ohjelmat	3,11	906	4 175 069
Elektroniset koneet ja laitteet	3,04	1 048	3 321 783
Pankki- ja rahoituspalvelut	2,70	858	3 335 623
Kiinteistöväälityspalvelut	1,63	754	4 271 327
Elintarvikkeet	1,57	208	405 277
Polttoaineet ja kaasut	1,46	863	574 975
Vähittäiskauppa	0,78	203	965 467
Metsäteollisuuden tuotteet ja palvelut	0,76	119	398 094
Sosiaali- ja terveyspalvelut	0,70	187	1 465 302
Paperi ja paperituotteet	0,62	232	586 004
Pientarvikkeet ja kalusteet	0,37	119	323 428
Vakuutuspalvelut	0,29	104	815 934
Kuljetus	0,25	127	143 339
Posti- ja telekommunikaatiopalvelut	0,23	73	846 444
Vaatteet ja tekstiilit	0,22	57	193 821
Rakentaminen	0,21	70	269 963
Alumiini ja alumiinituotteet	0,21	68	131 437
Tukkukauppa	0,19	36	211 530
Kemikaalit	0,18	53	87 490
Tarkkuus- ja optiset instrumentit, rannekellot ja kellot	0,17	57	202 653
Sähkö tuuli	0,17	83	383 940
Kumi- ja muovituotteet	0,13	34	104 360
Koneet ja laitteet	0,13	43	166 645
Moottoriajoneuvot	0,11	38	102 676
Radio, TV ja kommunikaatiolaitteet	0,10	32	66 251
Vesi	0,08	37	150 863
Sähkö aurinko	0,06	24	107 748
Muut	0,06	18	61 517
Sähkö vesi	0,03	17	41 126
Sähkö öljy	0,03	19	6 452
Koulutuspalvelut	0,03	9	95 013
Tietokoneet	0,02	7	21 064
Painotuotteet ja media	0,02	9	40 987
Hotelli- ja ravintolapalvelut	0,02	3	17 080
Koneiden ja laitteiden vuokraus	0,01	4	11 666
Sähkön jakelu- ja myyntipalvelut	0,01	5	17 320
Rauta - ja terästuotteet	0,01	5	8 744
Sähkönsiirtopalvelut	0,01	4	3 982
Matkatoimistopalvelut	0,01	2	8 467
Kaivosteollisuus	0,00	2	3 555
Virkistys-, kulttuuri- ja urheilupalvelut	0,00	1	9 999
Moottoriajoneuvojen myynti, huolto ja korjaus	0,00	1	9 199
Sähkö ydinvoima	0,00	1	2 965
Sähkö kaasu	0,00	1	841

Liite 7. Sijoitustoiminnan aiheuttamat luonto- (nPDF) ja hiilijalanjäljet (t CO₂e) sekä sijoitusten euromäärä (€).

Liite 8

	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Materiaalit	0,27	112	183 829
Kalusteet	0,21	80	187 923
Työkoneet ja kulkuneuvot	0,08	25	77 068
Työvoima	0,04	14	62 337
Kuljetus	0,02	7	40 842

Liite 8a. Resurssiviisaan Yliopistokadun saneerauksen aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut kategorioittain.

	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Materiaalit	0,42	176	582 384
Kalusteet	0,22	84	396 747
Työkoneet ja kulkuneuvot	0,21	68	388 845
Työvoima	0,05	18	160 001
Kuljetus	0,05	20	225 358

Liite 8b. Perinteisen Yliopistokadun saneerauksen aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut kategorioittain.

	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Laatat ja kivet	0,10	72	72 069
Asfaltti	0,09	69	68 780
Multa	0,06	25	25 275
Betoni	0,01	8	8 474
Hiekka	0,01	9	9 231

Liite 8c. Resurssiviisaan Yliopistokadun saneerauksen materiaalien aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut kategorioittain.

	nPDF	t CO ₂ e	EUR
Laatat ja kivet	0,17	124	110 230
Asfaltti	0,09	69	68 780
Betoni	0,07	43	56 729
Multa	0,06	25	25 275
Hiekka	0,04	30	30 178

Liite 8d. Perinteisen Yliopistokadun saneerauksen materiaalien aiheuttamat luonto- ja hiilijalanjäljet sekä kulut kategorioittain.

Liite 9

Maankäytön aiheuttama luontojalanjälki	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki maaekosysteemeissä	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki makean veden ekosysteemeissä	%	Vedenkäytön aiheuttama luontojalanjälki	%	Saasteiden aiheuttama luontojalanjälki meriekosysteemeissä	%
Guam	6	Arabiemiraatit	19	Intia	17	USA	54	Kiina	43
São Tomé ja Príncipe	5	Palestiina	13	Suomi	6	Australia	18	Saksa	28
Pohjoiset Marianit	5	Kypros	11	Brasilia	5	Bahama	5	Suomi	9
Seychellit	5	Italia	10	Kiina	5	Jordania	4	Alankomaat	6
Suomi	4	Libanon	10	Sri Lanka	4	Taiwan	2	USA	6
Uusi-Kaledonia	4	Papua-Uusi-Guinea	7	Botswana	3	Malesia	2	Ruotsi	5
Komorit	3	Qatar	4	Taiwan	3	Puerto Rico	1	Turkki	4
Mayotte	3	Oman	3	Afganistan	3	Intia	1	Latvia	3
Venäjä	3	Montenegro	3	Panama	2	Armenia	1	Liettua	3
Samoa	3	Pohjois-Makedonia	2	Namibia	2	Jemen	1	Ranska	1

Liite 9. Maan- ja vedenkäytön sekä saasteiden aiheuttamien luontojalanjälkien kohdentuminen kymmeneen suurimpaan alueeseen, joihin haittaa kohdistuu eniten.