

Elinkaariarviointiin (LCA) perustuva biodiversiteettijalanjälkitutkimus 43 elintarvikkeesta suomalaisessa HoReCa-sektorissa

Veerappa M.M.¹, Tarkkio A.², Tuomasjukka S.², Uusitalo V.¹, Järviö N.¹, Hopia A.²

¹ Kestävyystutkimuksen yksikkö, LUT-yliopisto

² Ravitsemus- ja ruokatutkimuskeskus, Turun yliopisto

Tiivistelmä

Tässä hankeraportissa tarkastellaan 43 suomalaisessa hotelli-, ravintola- ja catering-sektorissa (HoReCa) yleisesti käytetyn elintarvikkeen vaikutuksia luonnon monimuotoisuuden elinkaariarviointiin (LCA) perustuvan biodiversiteettijalanjälkilaskennan avulla.

Laskenta toteutettiin elinkaariarvioinnin standardiperiaatteita noudattaen käyttäen SimaPro-ohjelmistoa ja kansainvälisiä LCA-tietokantoja. Biodiversiteettijalanjälki ilmaistaan PDN-year-yksikössä (Potentially Disappeared Number of species), joka kuvaa yhden kilogramman tuotteen tuotantoon liittyvää potentiaalista vaikutusta lajien maailmanlaajuiseen häviämiseen maa-, meri- ja makean veden ekosysteemeissä. Järjestelmän rajat ulottuivat pääosin alkutuotannosta HoReCa-yksikköön Turussa, ja tuotteiden alkuperämaat ja hankintaketjut määritettiin yhteistyössä HoReCa-toimijoiden kanssa.

Tulokset osoittavat merkittäviä eroja elintarvikkeiden biodiversiteettijalanjäljissä sekä tuoteryhmien välillä että niiden sisällä. Eläinperäiset tuotteet ja tietyt kasviöljyt aiheuttavat keskimäärin suuremman biodiversiteettikuormituksen kuin useimmat kasvipohjaiset raaka-aineet, vaikka myös kasvipohjaisten tuotteiden välillä esiintyy huomattavaa vaihtelua.

Raportin tuottamaa tietoa voidaan hyödyntää HoReCa-sektorilla ruokalistojen ja reseptiikan kehittämisessä, raaka-aineiden hankintapäätöksissä, tuotekehityksessä sekä strategisessa kestävyysuunnittelussa. Tutkimus tarjoaa tietopohjan biodiversiteettivaikutusten tunnistamiseen ja vähentämismahdollisuuksien arviointiin osana ruokajärjestelmää.

Suositteltu viittaus:

Veerappa, M. M., Tarkkio, A., Tuomasjukka, S., Uusitalo, V., Järviö, N., & Hopia, A. (2026). Elinkaariarviointiin (LCA) perustuva biodiversiteettijalanjälkitutkimus 43 elintarvikkeesta suomalaisessa HoReCa-sektorissa. Hankeraportti. LUT-yliopisto & Turun yliopisto. <https://sites.utu.fi/ruokajabiodiversiteetti/>

1. Tavoite

Tämän tutkimuksen tavoitteena on määrittää suomalaisen hotelli-, ravintola- ja catering-sektorin (HoReCa) yleisimmin käytettyjen keskeisten elintarvikeraaka-aineiden biodiversiteettijalanjäljet.

Biodiversiteettijalanjälki ilmaistaan yksikössä PDN-year (Potentially Disappeared Number of species), joka kuvaa tuotteen yhden kilogramman jatkuvaan pitkäaikaiseen tuotantoon liittyvää potentiaalista vaikutusta lajien maailmanlaajuiseen häviämiseen. Indikaattori kuvaa painotettuja vaikutuksia maa-, makean veden ja meriekosysteemeihin. Painotuksen perusteena on kunkin ekosysteemin ennustettu lajimäärä.

Tutkimus tuottaa tieteellistä tietoa tukemaan ruokalistasuunnittelua ja hankintapäätöksiä koko ruokaketjussa. Tavoitteena ei ole ohjeistaa tiettyjä ruokavalioita tai tuotteita, vaan antaa tietoa siitä, miten eri ainesosat vaikuttavat biodiversiteettiin ja millaisia mahdollisuuksia on vaikutusten vähentämiseen. Tuotevalinnat tehtiin yhteistyössä HoReCa-toimijoiden kanssa, jotta tulokset vastaisivat käytännön tarpeita.

2. LCA-laskennan periaatteet

Elinkaariarviointia (LCA) käytettiin valittujen elintarvikkeiden biodiversiteettijalanjäljen arviointiin. Toiminnalliseksi yksiköksi valittiin 1 kilogramma tuotetta. Useimmissa tuotteissa järjestelmän rajat ovat alkutuotannosta HoReCa-yksikköön Turussa. Poikkeuksena ovat lihatuotteet (naudan-, sian- ja broilerinliha), joissa järjestelmän raja päättyy teurastamolle. Tuotteiden alkuperämaat valittiin HoReCa-toimijoiden antamien tietojen pohjalta vastaamaan todellisia hankintakäytäntöjä. Valtaosa tuotteista on kotimaisia. Joillakin tuotteilla arvoketju jakaantui eri maihin raaka-aineen alkutuotannon ja lopullisen käytettävän tuotteen jalostuksen tapahtuessa eri maissa (esimerkiksi margariini). Raaka-aineen käyttö ja hävikki ruoan kulutusasteissa rajattiin laskennan ulkopuolelle.

Keskeiset oletukset

- Viljely: Kaikki tuotteet oletettiin ns. tavanomaiseksi tuotannoksi avomaalla, paitsi lämmitetyssä kasvihuoneessa kasvatettu kurkku. Kalatuotteet olivat joko villejä tai kasvatettuja kalakantoja.
- Varastointi: Alkutuotannon varastointi maatilalla sisältyi laskentaan.
- Prosessointi: Teollinen jalostus huomioitiin tarvittaessa.
- Pakkaus: Pakkaamisesta sisällytettiin vain ensisijainen pakkaus. Tuoreille raaka-aineille ei laskettu pakkausmateriaaleja. Pakkausvaihtoehtoihin kuuluivat mm. LDPE-kalvo, PET-pullot, aaltopahvilaatikot ja teräspakkaukset.
- Kuljetukset: Kotimaan kuljetukset oletettiin tieliikenteeksi. Tuontituotteilla käytettiin tapauskohtaisesti kuljetusmuotojen yhdistelmiä, kuten esimerkiksi merirahti + maantiekuljetus tai rautatie + maantiekuljetus. Lähtöpisteet perustuivat kunkin tuotantomaaan keskeisiin tuotantoalueisiin ja päätepiste oli Turku. Pakasteilla logistiikka tapahtui kylmäketjussa. Kuljetusetäisyydet laskettiin Google Mapsin ja sea-distances.org-palvelun avulla. Rautatie-etäisyydet arvioitiin LCA-tietokannoista.
- Allokointi: Allokoinnissa käytettiin pääosin taloudellista allokointia, mutta nautanlihan kohdalla biofysikaalista menetelmää.

Ohjelmistot ja datalähteet

Mallinnuksessa käytettiin SimaPro v10.3.0.1 -ohjelmistoa sekä tietokantoja Agri-footprint v7.0.1, Agribalyse v3.2 ja Ecoinvent v3.11. Lisäksi käytettiin LUKE:n ja FAO:n tilastoja sekä muuta kirjallisuutta.

Elinkaariarvioinnin metodologia

Vaikutusarvioinnissa sovellettiin LC-IMPACT v1.3 -menetelmää (marginal pref., all imp., 100y), jonka avulla biodiversiteettijalanjälki laskettiin PDF-year-yksiköissä (Potentially Disappeared Fraction of species). Muikun

maankäyttövaikutuksiin sovellettiin maankäytön osalta GLAM-menetelmää. GLAM (Global Life Cycle Impact Assessment Method) on elinkaariarvioinnin vaikutusarviointimenetelmä, joka tuottaa karakterisointikertoimia ekosysteemien laadun, ihmisten terveyden sekä sosioekonomisten tekijöiden, kuten luonnonvarojen ja ekosysteemipalvelujen, vaikutusten arviointiin. Tässä tutkimuksessa biodiversiteettivaikutusten arviointi perustuu pääosin ekosysteemien laatuun kohdistuviin vaikutuksiin.

Vaikutukset biodiversiteettiin laskettiin erikseen maa-, makeavesi- ja meriekosysteemeihin sekä kuuteen eri vaikutuskategoriaan (ilmastonmuutos, happamoituminen, maankäyttö, makean veden käyttö sekä rehevöityminen merissä ja makean veden järjestelmissä).

Tulokset muunnettiin PDF-year-arvoista PDN-year-arvoiksi Järviö ym. menetelmien mukaisesti, jolloin eri ekosysteemien vaikutukset yhdistettiin yhtenäiseksi luvuksi. Luku kuvaa lajien määrää, jotka ovat vaarassa hävitä tuotannon seurauksena.

3. Rajoitukset

Tähän tutkimukseen liittyy useita elinkaariarviointiin liittyviä rajoituksia ja epävarmuustekijöitä, jotka on syytä huomioida tuloksia tulkittaessa. LCA-mallinnus perustuu erilaisiin oletuksiin mallien muuttujista. Oletukset voivat vaikuttaa laskettuihin tuloksiin. Tutkimuksessa käytetty ensisijainen aineisto oli osin rajallista, ja valtaosa lähtötiedoista perustui kansainvälisiin LCA-tietokantoihin sisältyviin keskiarvo- tai korvaaviin lähtöarvoihin. Joidenkin tuotteiden osalta hyödynnettiin toimialalta saatua ensisijaista aineistoa, ja lisäksi joitakin muuttujia mukautettiin tuotekohtaisesti. Mallinnuksessa käytettiin mahdollisuuksien mukaan maakohtaisia lähtötietoja. Kattavampi maakohtaisen ensisijaisen aineiston hyödyntäminen ei ollut mahdollista hankkeen aikataulun puitteissa.

Tutkimuksen toiminnallisena yksikkönä käytettiin yhtä kilogrammaa tuotetta, jota on sovellettava reseptiikan ja käytön mukaan biodiversiteettivaikutuksia laskettaessa. Järjestelmän rajaukset ja keskeiset oletukset vaihtelevat tuotteittain, mikä tulee ottaa huomioon tuotteita vertailtaessa ja johtopäätöksiä tehtäessä. Biodiversiteettijalanjälki on herkkä tuotteen alkuperälle, ja sama tuote voi eri maista tai ekolokeroista hankittuna aiheuttaa hyvin erisuuruisia vaikutuksia. Tarkemmat tuotekohtaiset oletukset ja mallinnuksessa käytetyt muuttujat on esitetty täydentävässä aineistossa.

Biodiversiteettijalanjäljen arviointiin käytettyihin vaikutusarviointimenetelmiin liittyy epävarmuuksia, erityisesti erilaisten ympäristöpaineiden karakterisointikertoimiin liittyen. Arviointimenetelmien kehittäminen on yhä käynnissä, ja menetelmiä päivitetään jatkuvasti. Tällä hetkellä kaikki luontokadon keskeiset ajurit, kuten vieraslajit ja suora eliöiden hyödyntäminen, eivät sisälly menetelmiin kattavasti, ja meriekosysteemeihin kohdistuvat vaikutukset ovat aliedustettuja. Myös eri luontokadon ajureiden suhteellinen merkitys voi muuttua menetelmien kehittyessä. Lisäksi ekosysteemien lajimäärien arviointiin liittyy epävarmuutta.

Edellä mainituista syistä tutkimuksen tuloksiin sisältyy epävarmuuksia, ja ne voivat tarkentua tai muuttua tulevaisuudessa, kun ensisijaista aineistoa kertyy lisää ja biodiversiteettivaikutusten arviointimenetelmät kehittyvät.

4. Tulosten tulkinta ja käyttö

Tulokset kuvaavat ruoka-aineiden aiheuttamaa globaalia vaikutusta luonnon monimuotoisuuteen eli biodiversiteettiin. Tuloksia ei voi käyttää arvioimaan suoraan paikallisia vaikutuksia esimerkiksi ruoan tuotantopaikassa. Sen sijaan PDN-year-arvoja voi pitää eri ruokien aiheuttaman suhteellisen rasituksen

mittarina: pienempi PDN-year-arvo merkitsee pienempää biodiversiteettivaikutusta, eli alemmaa luontokadon ja sukupuuttojen uhkaa. Tulokset on siten tarkoitettu tukemaan päätöksentekoa ja auttamaan tunnistamaan ruokajärjestelmän ja luonnon monimuotoisuuden yhteydelle keskeisiä tuotteita ja ajureita.

Ehdotuksia tulosten käyttötavoista

A. Reseptiikan ja ruokalistojen kehittäminen

Tuloksiamme ruoan ja luonnon monimuotoisuuden vaikutuksista voidaan hyödyntää monella tavoin ruokaa valmistavissa yksiköissä. Esimerkkejä käyttötavoista ovat mm. seuraavat:

- Luontoa vähän rasittavien aineosien käytön lisääminen reseptiikassa
- Voimakkaasti luonto rasittavien aineosien korvaaminen kevyemmällä vaihtoehdoilla reseptiikan rajoissa
- Uuden reseptiikan ja ruokalistojen kehittäminen huomioiden jo alusta lähtien luontovaikutukset yhdessä aistinvaraisen laadun, ravitsemuksen ja kustannusten kanssa
Kuluttajaviestintä ruokien ja ruokavalintojen luontovaikutuksista

B. Hankintapäätökset

Tuloksia voidaan hyödyntää raaka-aineiden hankintapäätöksissä tietopohjaisten valintojen apuna. Esimerkkejä käyttötavoista ovat mm. seuraavat:

- Samaan tarkoitukseen soveltuvien raaka-aineiden luontovaikutusten vertailu
- Luonnon monimuotoisuuteen merkittävästi vaikuttavien tuoteryhmien tunnistaminen
- Vain vähän luonto kuormittavien raaka-aineiden asettaminen etusijalle
- Monimuotoisuusvaikutusten käyttö hankintaprosessissa pysyvänä hankintakriteerinä

C. Tuotekehitys ja -innovaatiot

Ruokaa valmistavat ja tuotteita kehittävät tahot voivat käyttää biodiversiteettitietoa jo tuotteiden suunnitteluvaiheessa tai muokatessaan olemassa olevia tuotteita. Mahdollisia käyttötapoja ovat mm. seuraavat:

- Raaka-aineiden tai raaka-aineryhmien tunnistaminen tuotekehitysprosessin alussa (suosittavat vs. kartettavat)
- Toisilleen vaihtoehtoisten raaka-aineiden vertailu
- Kasvipohjaisten tai hybridituotteiden raaka-ainevalintojen tai niiden painotusten suunnittelu
- Eri reseptivaihtoehtojen luontovaikutusten vertailu siten, että PDN-year-arvoja käytetään suhteellisina vertailuarvoina PDN-year

D. Strateginen kestävyysuunnittelu

Biodiversiteettivaikutuksia voidaan hyödyntää myös laajemmin yritysten ja organisaatioiden kestävyysstrategioiden luomisessa ja ohjaamisessa. Luonnon monimuotoisuutta rasittavat vaikutukset voivat olla avuksi mm. seuraavissa tilanteissa:

- Biodiversiteetille keskeisten maantieteellisten alueiden tunnistaminen ja huomiointi hankintastrategiassa

- Tavoitteiden asettaminen luonnon monimuotoisuusvaikutuksissa
- Kestävyyteen liittyvä raportointi ja viestintä
- Kansainvälisten sopimusten ja EU:n säädösten ohjausvaikutusten arvioiminen ja huomiointi omassa toiminnassa

Tutkimuksen rahoitti Maj ja Tor Nesslingin Säätiö, ja toteuttajina toimivat Turun yliopiston Ravitsemus- ja ruokatutkimuskeskus sekä LUT-yliopiston kestävyystieteen yksikkö. Raportin kirjoittamiseen ja mallinnukseen osallistuivat M.M.V., A.T., S.T., V.U., N.J. ja A.H.

Rahoitus

Tutkimus toteutettiin osana hanketta *“Luontokadon pysäyttäminen tuotekohtaisella LCA-laskennalla joukkoruokailussa”*. Hankkeen rahoitti Maj ja Tor Nesslingin säätiö (2024-2025).

Lähteet

Järviö N, Bruckner M, Sun Z, Uusitalo V, Scherer L, Brandão M, et al. Biodiversity impacts of 614 food items consumed in Finland. Lähetetty arvioitavaksi Nature Food -julkaisuun.

Tekijöiden roolit

Tutkimuksen suunnittelu ja konseptointi: MMV, ST, VU, NJ, AH

Aineiston keruu ja validointi: MMV, AT, ST

Elinkaariarviointi ja muu mallinnus: MMV, VU

Menetelmän ohjaus ja laskentamenetelmien asiantuntijuus: VU, NJ

Tulosten analysointi ja tarkastelu: MMV, VU, NJ, AT, ST, AH

Visualisointi: MMV, AT

Raportin kirjoittaminen ja editointi: MMV, VU, NJ, AT, ST, AH

Projektin johtaminen: AH

Taulukko 1. Ruokien luontovaikutus, PDN.vuosi 1 kg raaka-ainetta kohden.

Raaka-aine	Alkuperä	Muoto	PDN.vuosi
Riisi	Italia	kuiva, raaka	1,59295E-07
Peruna	Suomi	tuore, raaka	4,41285E-09
Rypsiöljy	Suomi	teollinen jaloste	1,04186E-07
Sipuli	Suomi	tuore, raaka	3,52342E-09
Herne	Suomi	kuiva, raaka	3,07062E-08
Tomaatti	Italia	tuore, säilötty	2,32187E-08
Pasta	Suomi	teollinen jaloste	3,51613E-08
Ohra	Suomi	teollinen jaloste	2,09183E-08
Vehnäjauho	Suomi	teollinen jaloste	2,60236E-08
Valkoinen sokeri	Suomi	teollinen jaloste	2,61769E-08
Soijarouhe, teksturoitu	Kroatia	teollinen jaloste	1,20932E-07
Teen lehdet, kuivattu	Intia	tuore, säilötty	2,43159E-07
Tee, juoma	Intia		4,37386E-09
Porkkana	Suomi	tuore, raaka	2,79682E-09
Kaura	Suomi	teollinen jaloste	2,2731E-08
Kauramaito	Suomi	teollinen jaloste	9,49461E-09
Härkäpapu	Suomi	tuore, säilötty	5,50578E-08
Kikherne	Ranska	tuore säilötty	1,55969E-07
Palmuöljy	Indonesia	teollinen jaloste	1,63651E-06
Kookosöljy	Filippiinit	teollinen jaloste	1,10815E-05
Oliiviöljy	Espanja	teollinen jaloste	1,09453E-06
Kurkku, kasvihuone	Alankomaat	tuore, raaka	3,69963E-08
Linssit	Kanada	kuiva, raaka	1,51346E-07
Maapähkinä	Argentiina	kuiva, raaka	3,02932E-07
Jäävuorisalaatti	Espanja	tuore, raaka	3,57445E-08
Kaali	Suomi	tuore, raaka	5,49595E-09
Kahvi, jauhe	Brasilia	teollinen jaloste	4,99603E-07
Kahvi, juoma, ei maitoa	Brasilia	teollinen jaloste	2,93302E-08
Tofu	Itävalta (soijapapu)	teollinen jaloste	7,73776E-08
Perunatärkkelys	Suomi	teollinen jaloste	1,83928E-08
Margariini	Suomi (valmistus)	teollinen jaloste	1,58725E-06
Broilerinliha	Suomi	tuore, raaka	7,90146E-08
Porsaanliha	Suomi	tuore, raaka	1,74114E-07
Naudanliha	Suomi	tuore, raaka	4,64712E-07
Naudanliha-herneproteiinipihvi	Suomi (45 %) ja Ranska (18 %)	teollinen jaloste	3,7537E-07
Muikku, järvi	Suomi	tuore, raaka	7,07655E-09
Seiti	FAO 27, Pohjanmeri	tuore, raaka	1,52701E-07
Lohi, kasvatettu	Norja	tuore, raaka	2,54039E-07
Kananmuna	Suomi	raaka	7,99868E-08
Maito, rasvaton	Suomi	teollinen jaloste	1,4557E-08
Voi	Suomi	teollinen jaloste	1,51877E-07
Hapankerma	Suomi	teollinen jaloste	8,51495E-08
Juusto	Suomi	teollinen jaloste	1,38196E-07

