

# Hiilikädenjälki Suomelle - hanke

Hannu Savolainen, Santtu Karhinen, Teemu Meriläinen  
Saana Springare ja Laura Sokka



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

# Hiilikädenjälki Suomelle (CH Finland) –hanke

- Työn tavoitteena on ollut kartoittaa hiilikädenjäljestä esitettyjä määritelmiä sekä analysoida määrittämisen haasteita.
- Lisäksi hankkeessa on tuotettu laskelmia eri tuoteryhmien hiilijalanjäljistä ja suomalaisen viennin hiilikädenjäljestä.
- Tarkastelussa laskentamenetelmä perustuu ympäristölaajennettuun panos-tuotosmallinnukseen. Lasketaan panos-tuotos-perusteisia aineistoja (ENVIMAT ja EXIOBASE) hyödyntäen suomalaisen viennin hiilijalanjäljet ja arvioidaan tuoteryhmien sisällä tapahtuvan substituution kautta viennin hiilikädenjäljet maa- tai maaryhmäkohtaisesti.
- Alussa esitellään lyhyesti kirjallisuuskatsauksen tuloksia ja kädenjäljen määritelmiä.

# Kirjallisuuskatsaus

- Käyty läpi useita kädenjälkiohjeistuksia sekä niitä soveltavia raportteja ja artikkeleita.
- Julkaisut keskittyvät pääasiassa yksittäisiin yrityksiin tai yksittäisiin tuotteisiin.
- Artikkelien osalta haku rajattiin viimeisen viiden vuoden aikana julkaistuihin.
- Konsepti vaikuttaa viime vuosina laajentuneen hiilijalanjäljestä muihin vaikutuksiin, myös sosiaalisiin.
- Tässä työssä tarkastelu rajattiin kuitenkin ensisijaisesti nimenomaan hiilikädenjälkeä käsitteleviin julkaisuihin.
- Artikkeleista tarkempaan analyysiin valittu pääasiassa sellaisia, joissa kädenjälkeä on sovellettu aluetasolle.

# Kirjallisuuskatsauksessa läpikäytyt kädenjälki-ohjeet

## Organisaatioissa julkaistuja määritelmiä:

- VTT-LUT handprint
- Climate Leadership Council (CLC) (esim. Grönman ym. 2021)
- Handprint for buildings (Suomi (YM) ja Tanska (Social- og Boligstyrelsen))
- SHINE handprint (Harvard / MIT)
- Guidance on Avoided Emissions (WBCSD)
- CSCP's sustainability handprint (Saksa)

## Tarkasteltuja artikkeleita ja raportteja

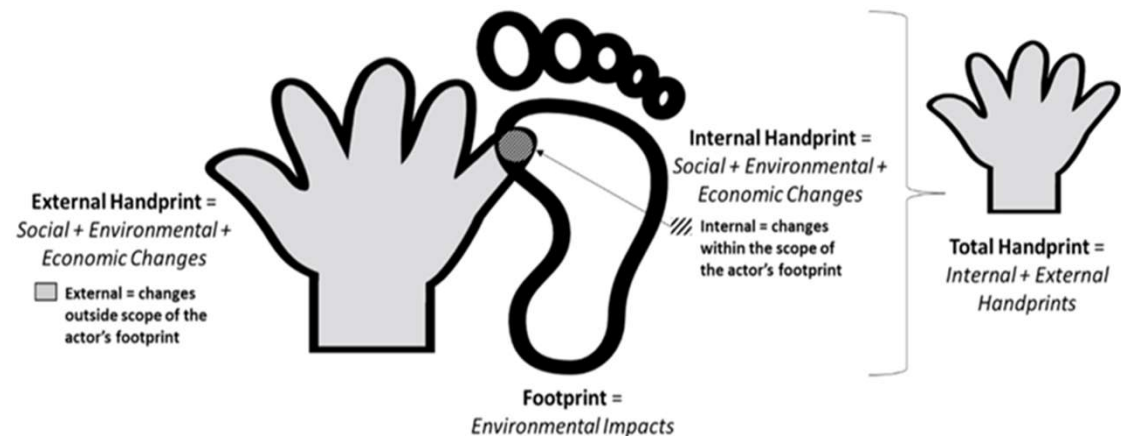
- Biemer, J. ym. 2013. **Our Environmental Handprint. The Good We Do.** 2013 1st IEEE Conference on Technologies for Sustainability (SusTech).
- Alvarenga ym. 2020. **A framework for using the handprint concept in attributional life cycle (sustainability) assessment.** Journal of Cleaner Production 265, 121743. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.121743>
- Debaveye ym. 2020. **Quantifying the handprint—Footprint balance into a single score: The example of pharmaceuticals.** PLoS ONE 15(2): e0229235. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0229235>
- Burek, Jasmina ym. **Assessing handprint potentials for business's eco-innovation.** Sustainable Production and Consumption 29 (2022): 201-214. <https://doi.org/10.1016/j.spc.2021.10.006>
- Lakanen, L. ym. **Carbon Handprint Approach for Cities and Regions: A Framework to Reveal and Assess the Potential of Cities in Climate Change Mitigation.** Sustainability 2022, 14, 6534. <https://doi.org/10.3390/su14116534>.
- Sillman, J. ym. 2023 **Evaluation of greenhouse gas emission reduction potential of a demand–response solution: a carbon handprint case study of a virtual power plant.** Clean Energy 7.4: 755-766.
- Vittoria De Luca Peña ym. 2024. **Monetized (socio-)environmental handprint and footprint of an offshore windfarm in the Belgian Continental Shelf: An assessment of local, regional and global impacts.** Applied Energy 353, Part A, 122123, <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2023.122123>.
- Zhao, X. ym. 2022. **The pursuit of net-positive sustainability for industrial decarbonization with hybrid energy systems.** Journal of Cleaner Production 362, 132349.
- Tuppuraa, Anni, ym. 2024. **Communicating positive environmental impacts—User experiences of the carbon handprint approach.** Journal of Cleaner Production 434 (2024): 140292.
- Grönman ym. 2021. **Carbon handprint approach for cities and regions. Carbon Handprint Approach for Cities and Regions.** Final report of UKKE083 – CLC Carbon Handprint for Cities and Regions project.
- Malabi Eberhardt ym. 2023. **Carbon handprint – a review of potential climate benefits of buildings.** Building Research & Information, DOI:10.1080/09613218.2023.2266020

# Tunnistettuja määritelmiä

- Analyysin perusteella on tunnistettu kolme eri määritelmää, joihin kirjallisuudessa esitetyt versiot kädenjäljestä voidaan karkeasti luokitella:
  - Greg Norrisin esittämä kädenjälkikonsepti, jossa kädenjälki kattaa myös oman toiminnan päästövähennykset.
  - Tarja Häkkisen ja kollegoiden esittelemä rakentamisen hiilikädenjälki
  - VTT:n ja LUT:n esittämä hiilikädenjälki, jota on sovellettu esim. CLC:n selvityksissä ja kannanotoissa.
  - Avoided emissions –viitekehys, jonka esim. World Business Council for Sustainable Development on esittänyt.

# Kädenjälki kattaa myös oman toiminnan

- Greg Norrisin kehittämän SHINE – kädenjäljen lisäksi ainakin Tarja Häkkisen ym. julkaisuissa kädenjälki määritetty kattamaan paitsi toimijan ulkopuolelle aiheuttamat vaikutukset, myös omassa toiminnassa tehdyt muutokset.
- Norris ym. eivät määrittele kovin tarkasti mukaan otettavia toimia.
- Häkkisen ym. kädenjälki käsittelee rakennussektoria, ja se **on myös osa rakentamislakia**.
- Siinä kädenjälkeen määritellään kuuluviksi myös ns. ilmastohyödyt rakennuksessa itsessään, kuten hiilivarastoinnit rakennusmateriaaleissa, korkean kierrätysasteen, kompensatiot, ja viherrakentamisessa hiilivarastointi puussa.
- Myös poikkeukselliset innovaatiot, kuten esim. ns. nolla-päästöinen betoni suositellaan raportoitavaksi osana ilmastoraportteja (climate declarations).



# Hiilikädenjälki 2.0

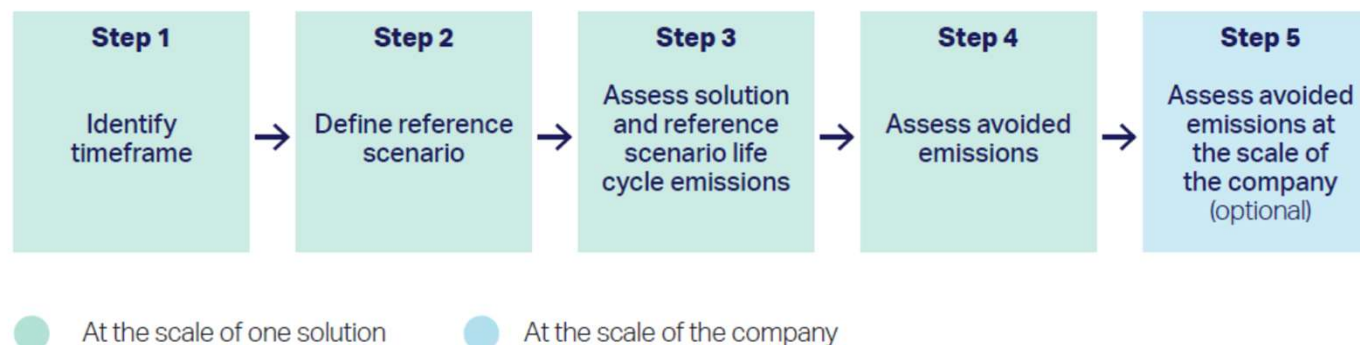
- VTT:n ja LUT:n esittelemässä määritelmässä kädenjälki on vähennys tuotteen hiilijalanjäljessä suhteessa referenssituotteeseen.
- Toisin kuin edellisellä kalvossa esitetyissä määritelmissä, tässä kädenjälkeen ei huomioida toimijan omassa toiminnassaan tekemiä vähennyksiä vaan tuotteella / palvelulla muualla syntyneitä vähennyksiä.
- Viittaa siis ympäristöhyötyihin, joita toimija voi saavuttaa tuotteellaan.
- Käyttö ympäristöviestinnässä keskeisessä roolissa.
- Useita artikkeleita julkaistu, joissa käytetään tätä määritelmää.
- Sovellettu myös kaupunki- ja kuntatasolle, mutta siinäkin analyysin pohjana ovat tietyt kunnassa toteutetut toimet, jotka huomioidaan kädenjälkenä (esim. energiatehokkaat lämmitysratkaisut kaupungin vuokra-asunnoissa ja kaupungin rakennuttamat sähköautojen latauspaikat).



# Vältetyt päästöt

- Muun muassa WBCSD:n esittelemä vältettyjen päästöjen –konsepti. Julkaistu ohjeistus *Guidance on avoided emissions*.
- Vältetyillä päästöillä viitataan tarkasteltavan ratkaisun positiiviseen vaikutukseen suhteessa referenssi-skenaarioon, jossa ratkaisua ei olisi käytetty.
- Keskittyy vain tarkastellun ratkaisun (tuote, palvelu, teknologia, projekti) aikaansaamiin (potentiaalisiin) vältettyihin päästöihin. **Kädenjäljen muodostumisen edellytyksenä on, että ratkaisun itsessään täytyy edistää globaalia päästöjen vähenemistä perustuen viimeisimpään tutkimustietoon.**
- **Päästöjen vähentäminen arvoketjuissa (Scope 1-3 päästöt) ei lukeudu vältettyihin päästöihin.**
- Korostavat, että vältetyt päästöt tulee raportoida erillään inventaariopäästöistä (GHG inventory footprints), hiilinieluista tai hankituista päästöhyvityksistä tuoteketjun ulkopuolella (abatement, avoidance or removals).

Figure 6: The five steps to ensuring a consistent approach to assessing avoided emissions



# Laskentarajauksia

		Omat päästövähennykset (Scope 1-3)	Ratkaisun täytyy edistää globaalia päästöjen vähenemistä	Ilmastomuutoksen hillintähankkeiden rahoitus	Hiilinielut ja -varastot
<b>WBCSD</b>	<b>Avoided Emissions</b>	Ei	Kyllä. Kädenjäljen edellytyksenä ratkaisun täytyy edistää globaalia päästöjen vähentämistä.	Ei	Ei
<b>VTT / LUT</b>	<b>Carbon Handprint</b>	Kyllä	Ei välttämätön	Ei	Kyllä
<b>Norris et al.</b>	<b>Handprint concept</b>	Kyllä	Ei välttämätön	na	na
<b>Häkkinen et al.</b>	<b>Handprint of Buildings</b>	Kyllä	Ei välttämätön	Kyllä	Kyllä

# Johtopäätöksiä tarkastelluista menetelmistä

- Kirjallisuudessa toistaiseksi esitetyt laskentatavat soveltuvat tuote- tai prosessitasolle.
- Lakanen ym. sekä Grönman ym. –julkaisuissa kädenjälkeä on sovellettu kuntatasolla, mutta laskenta perustuu niissäkin yksittäisillä prosesseilla / investoinneilla saavutettuihin päästövähennyksiin.
- Käytettyihin laskentamenetelmiin sisältyy paljon oletuksia ja epävarmuuksia.
- Laskentamenetelmiä vaikeaa soveltaa kansallisella tasolla, jos halutaan kattaa koko tuotanto.
  
- Suomen viennin hiilikädenjäljen laskentaan olemmekin tässä työssä soveltaneet ympäristölaajennettua panos-tuotoslaskentaa.
- Vastaavaa menetelmää on äskettäin käytetty Ruotsissa.

# Suomen viennin hiilikädenjälki 2019

Hannu Savolainen

25.9.2024



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

# Kuinka arvioida Suomen viennin hiilikädenjälkeä?

- Kuinka skaalata ja summata yksittäisten tavaroiden, palvelujen tai ratkaisujen vaikutuksia kuvaamaan koko vientiä?
- Kuinka arvioida, mitä suomalaiset tuotteet markkinoilla korvaavat?
- Kuinka varmistaa yhteys hiilikädenjälkilaskennan ja toteutuneiden päästöjen välillä?

# Viennin hiilikädenjäljen laskenta

- Hiilijalanjälki: (tässä esityksessä) lopputuotteen elinkaariset kasvihuonekaasupäästöt (ei sisällä LULUCF-sektorin päästöjä)
- Viennin hiilijalanjälki: viennin arvo € \* tuoteryhmän päästökerroin kg CO<sub>2</sub>-ekv / €

$$\text{Hiilikädenjälki} = \text{Hiilijalanjälki}_{\text{vaihtoehtoiset tuotteet}} - \text{Hiilijalanjälki}_{\text{suomen vienti}}$$

- Tulkinta
  - positiivinen arvo = suomalaisten tuotteiden tuonti potentiaalisesti vähentynyt tuovan maan hiilijalanjälkeä ja globaaleja päästöjä
  - negatiivinen arvo = suomalaisten tuotteiden tuonti potentiaalisesti kasvattanut tuovan maan hiilijalanjälkeä ja globaaleja päästöjä

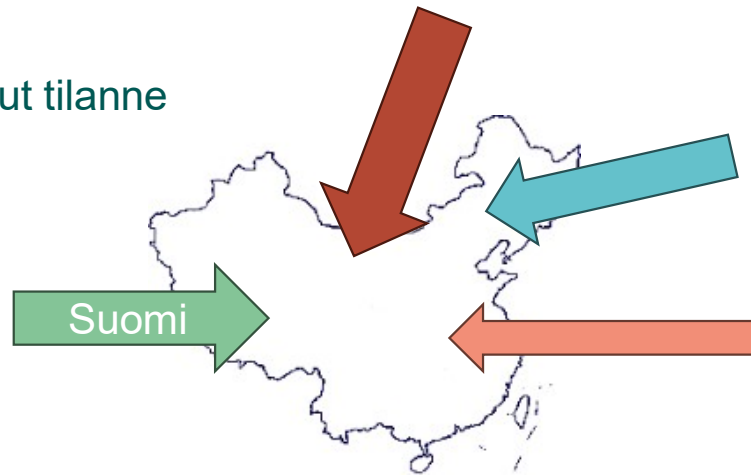
# Korvautuminen (substituutio)

- Mitä suomalainen vienti korvaa tai muuttaa?
  1. Samankaltainen tuote, eri alkuperämaa (korvautuminen tuoteryhmän sisällä mutta alkuperämaiden välillä)
  2. Erilainen tuote, sama toiminto (korvautuminen tuoteryhmien ja alkuperämaiden välillä; esim. rakentaminen puusta TAI betonista)
- Ei saatavissa kattavaa dataa kumpaa tapahtuu
- Suomesta viety yksittäinen tuote (tavara tai palvelu) voi korvata joko **samaa tuotetta** eri alkuperämaasta tai **eri tuotetta**, mutta **ei molempia yhtäikää**
- Mitkä tekijät voivat selittää markkinaosuuksia ja millaisia jäykkyyksiä korvaavan tuotannon skaalaamisessa olisi?
- Isompi kysymys kuin ”oikean” referenssituotteen/ratkaisun valinta

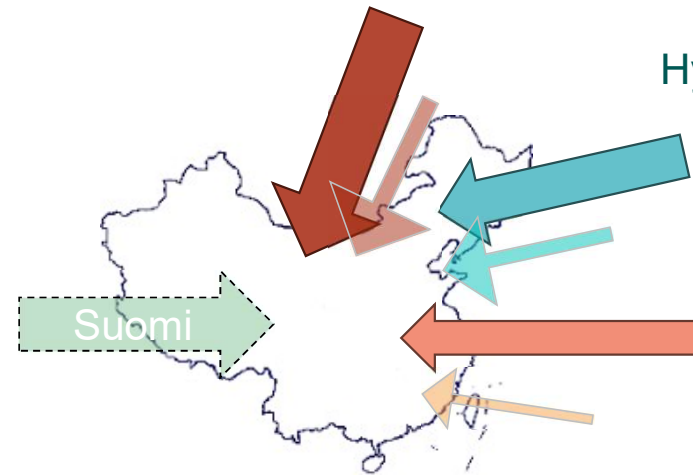
# Korvautuminen Syken mallinnuksessa

- Tarkastelussa on suomalaisten vientituoteryhmien korvaaminen eri alkuperämaasta lähtöisin olevilla samoilla tuoteryhmillä
- Vertailutilanteessa suomalaisten vientituotteiden korvautuminen muunmaalaisilla tuotteilla havaittujen markkinaosuuksien mukaisesti
- Ruotsin viennin hiilikädenjälki arvioitu heidän tutkimuksessaan samankaltaisella lähestymistavalla

Toteutunut tilanne

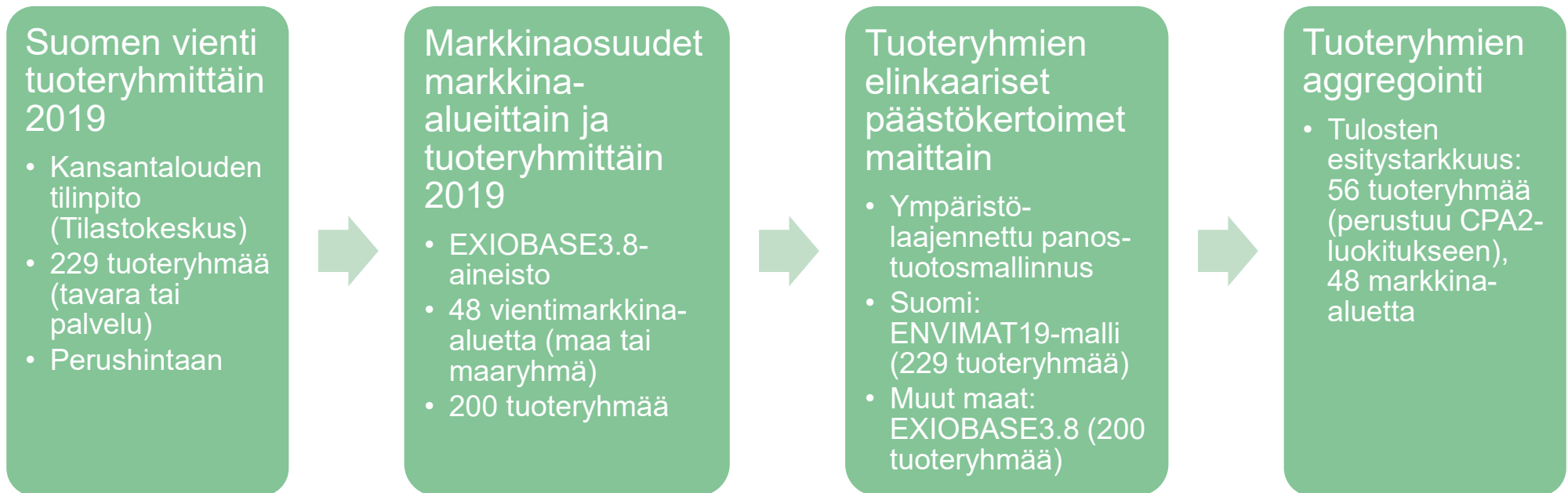


Hypoteettinen tilanne



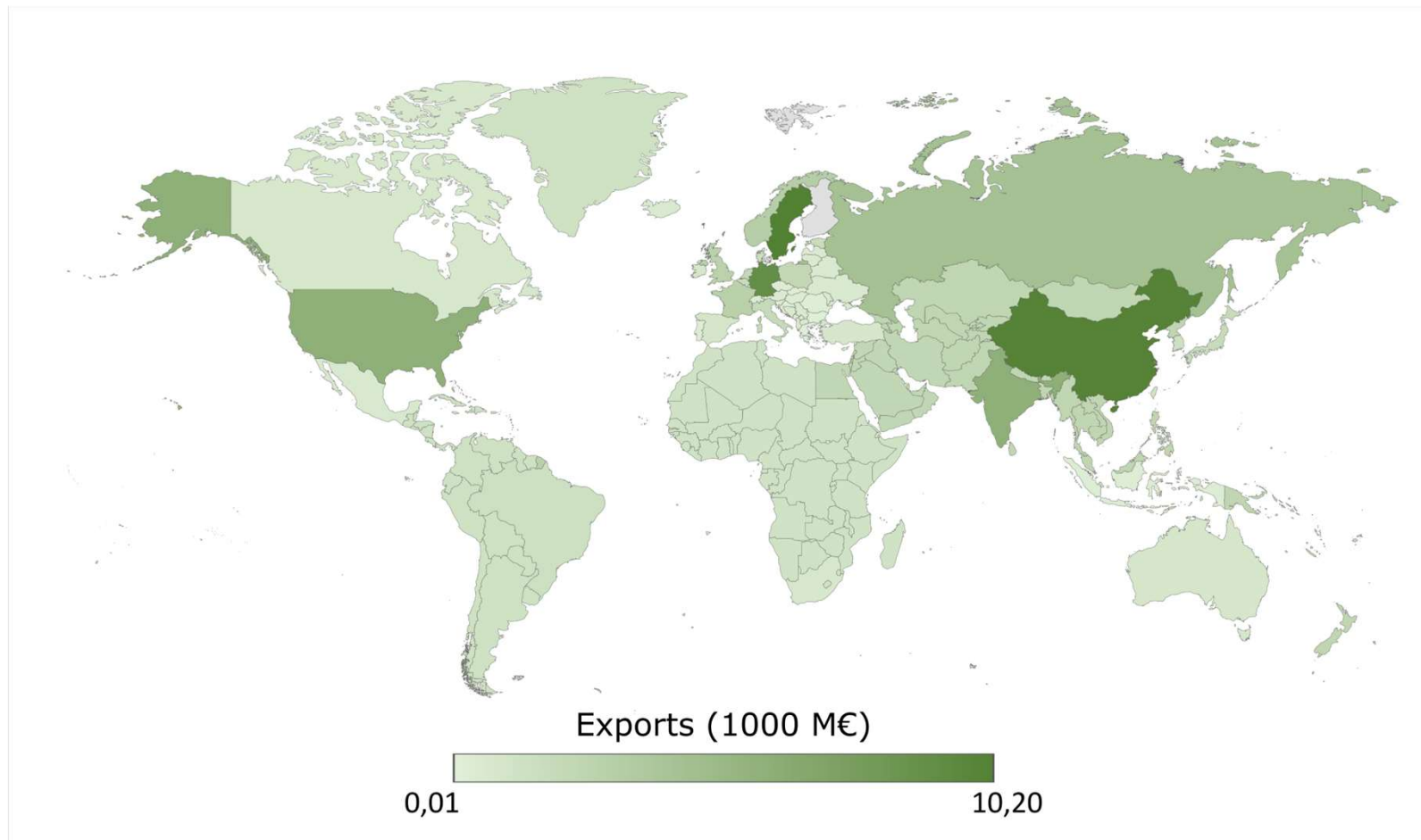


# Käytetyt aineistot ja menetelmät

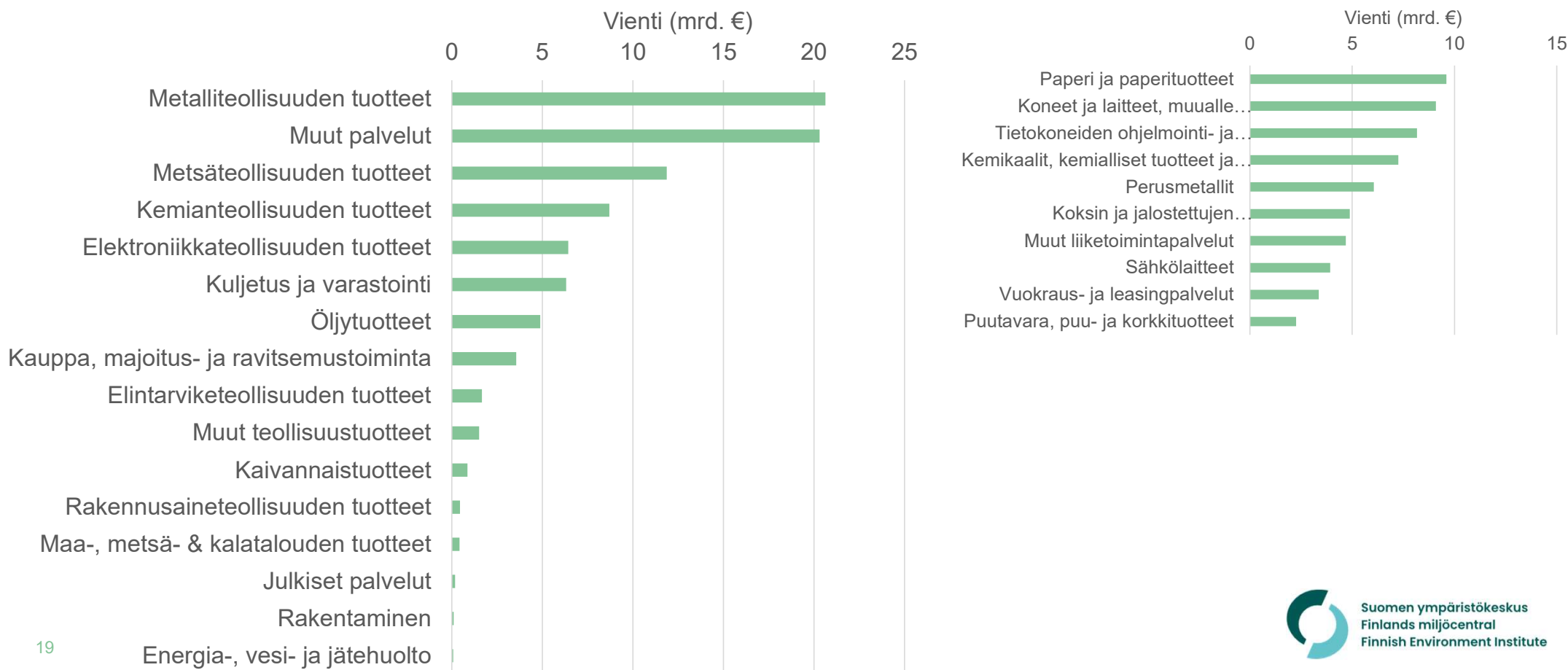


Aineistot noudattavat kansantalouden tilinpidon periaatteita (mm. kotipaikkaperiaate)

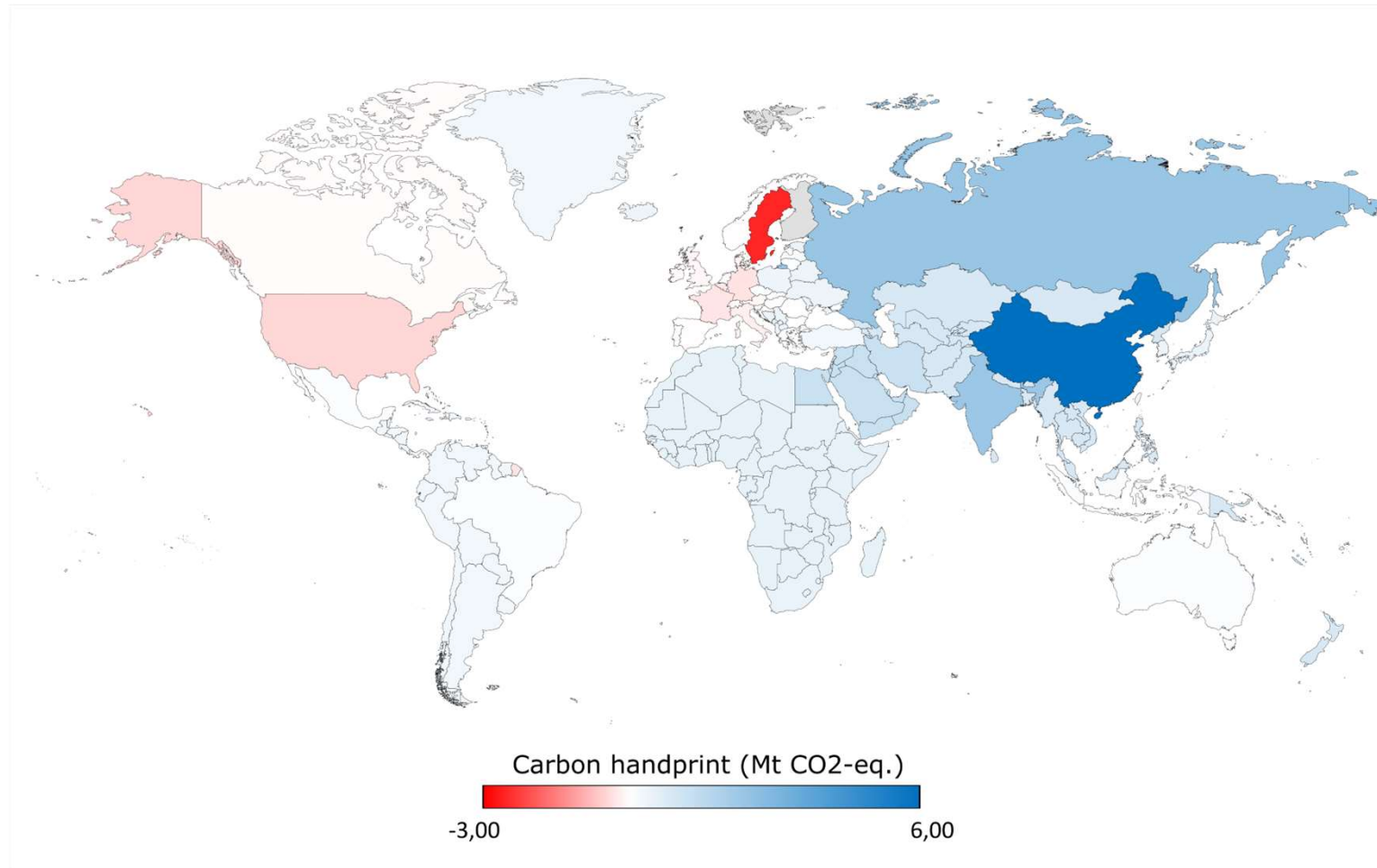
# Vientiä Eurooppaan, Asiaan ja Pohjois-Amerikkaan: vuonna 2019 yht. 87,9 mrd. €



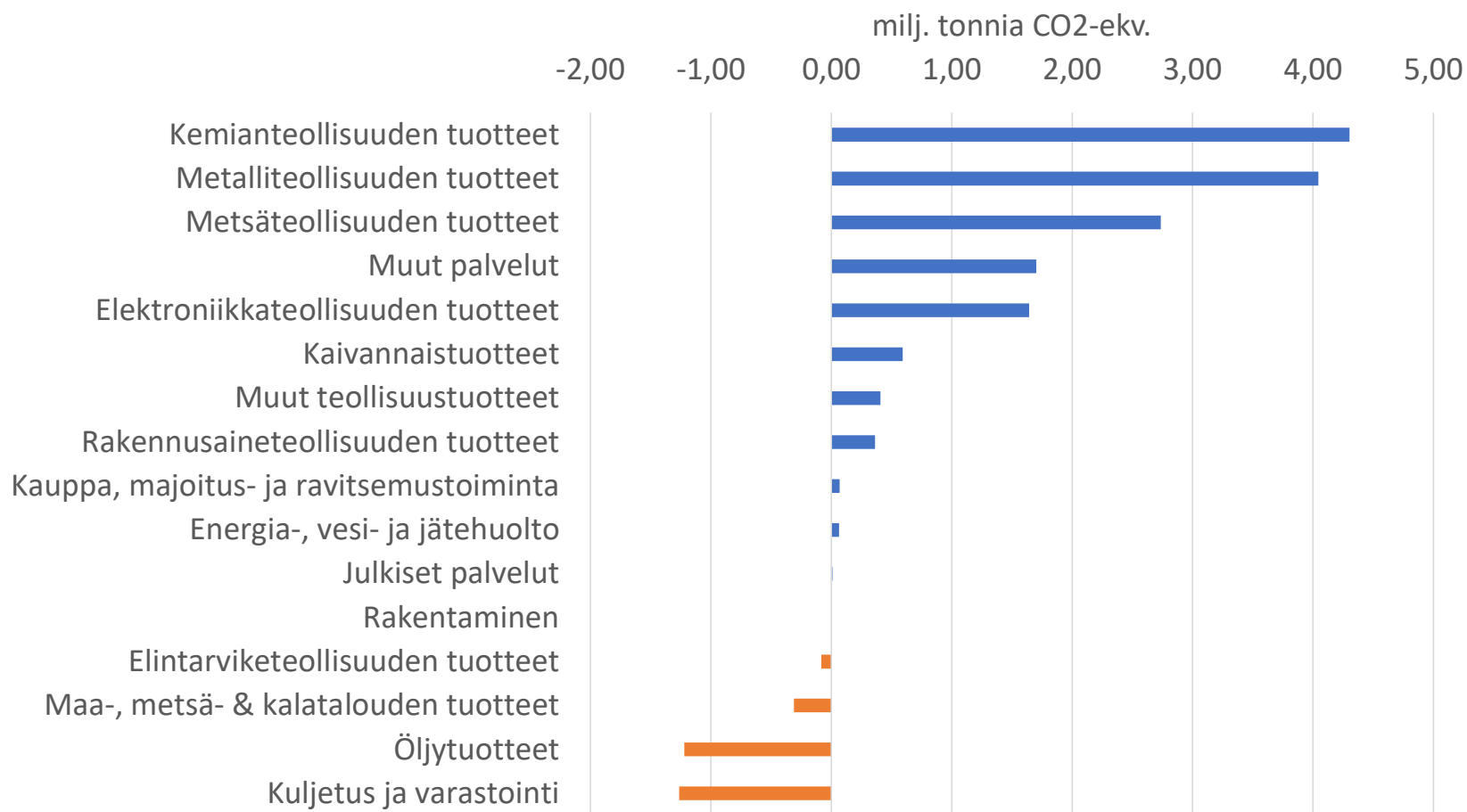
# Viennin arvo tuoteryhmittäin: 16 tuoteryhmää ja top 10 tarkemmalta tasolta



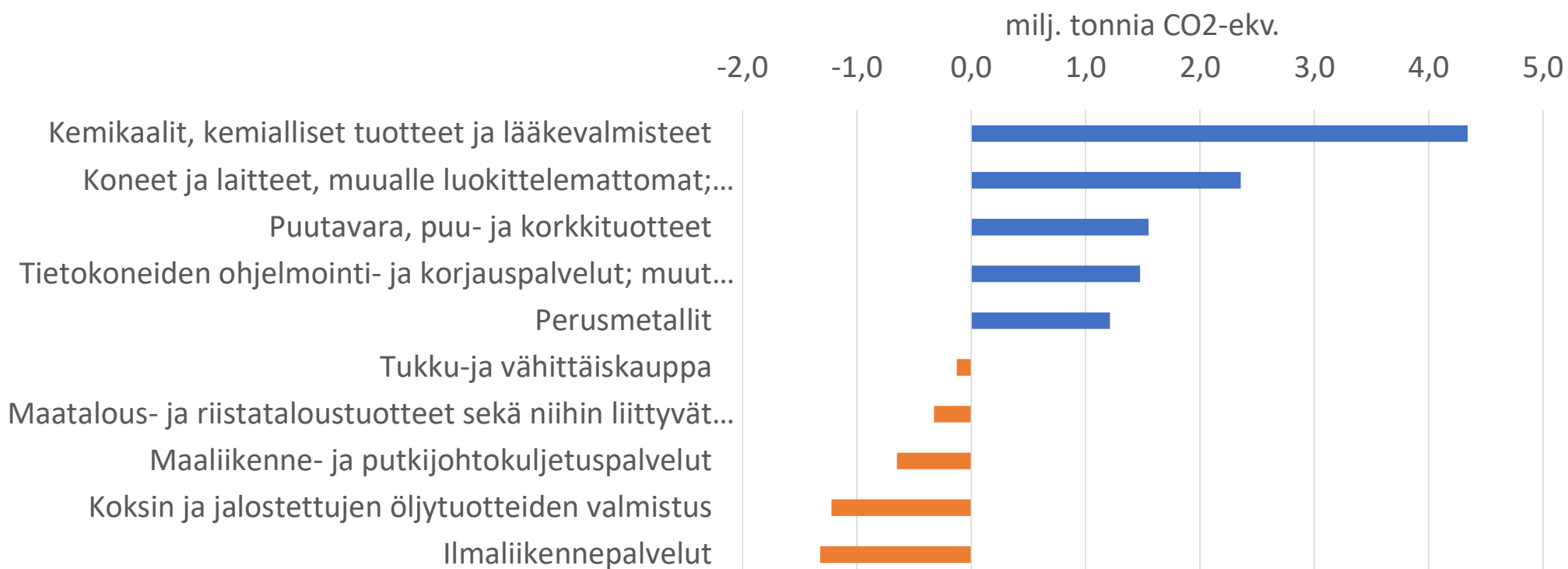
# Hiilikädenjälki syntyy pääosin Aasian markkinoilla: vuonna 2019 yht. 13,1 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.



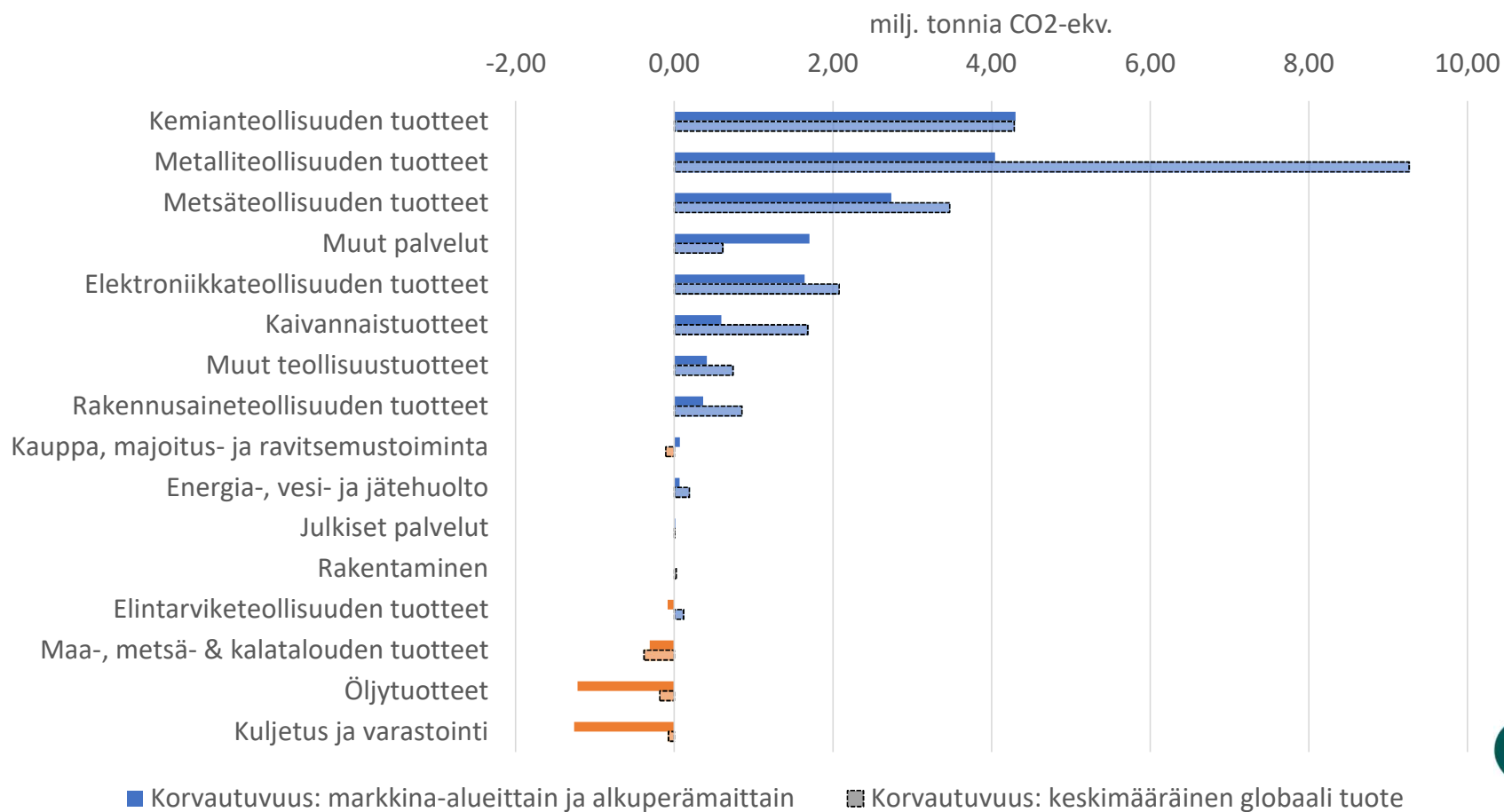
# Suomen viennin kädenjälki 16 tuoteryhmän tarkkuudella vuonna 2019 (milj. tonnia CO2-ekv.)



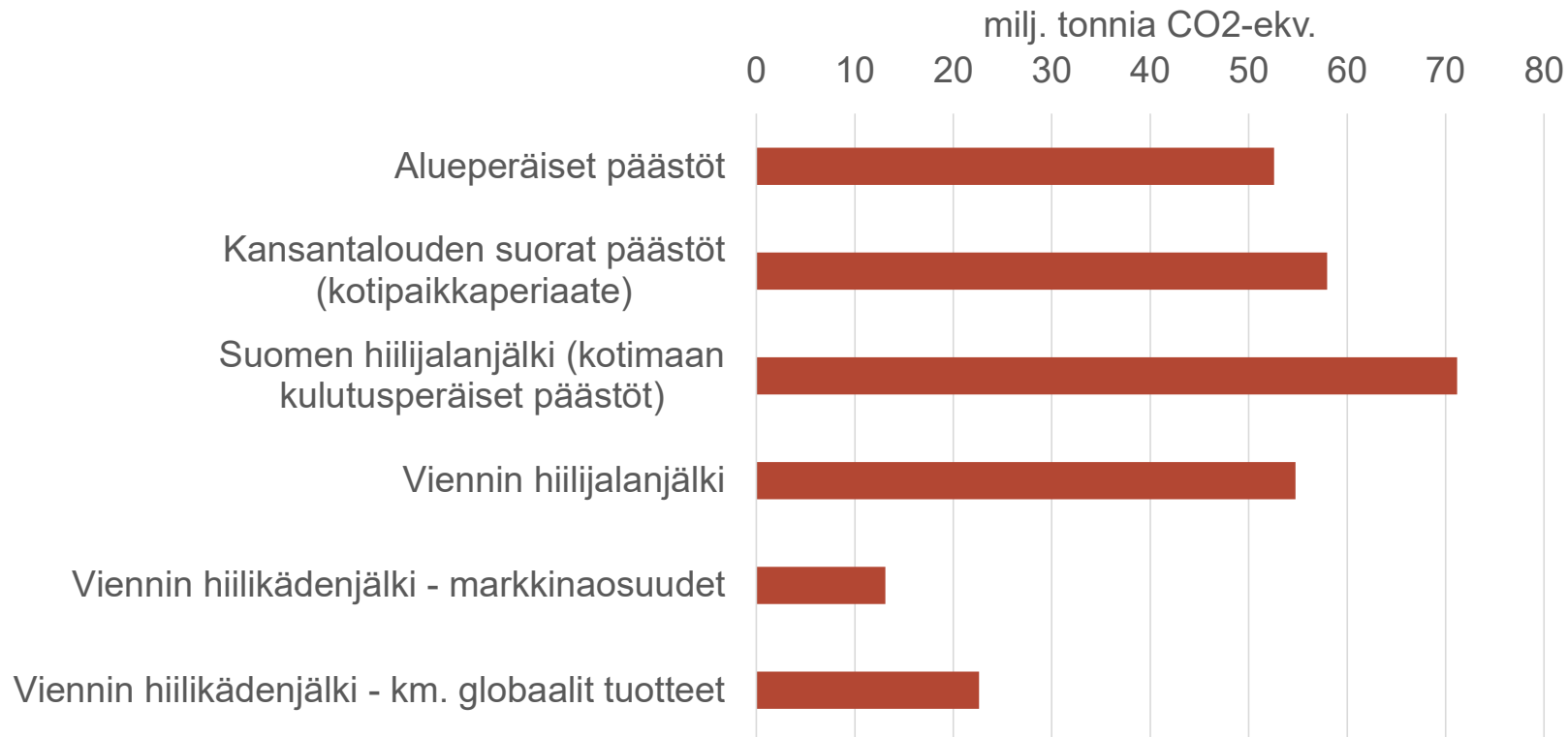
# Suomen viennin hiilikädenjälki 56 tuoteryhmän tasolla (top/bottom 5)



# Vaihtoehtoinen malli: korvautuminen keskimääräisillä globaaleilla tuotteilla – hiilijalanjälki 22,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.



# Hiilikädenjälki suhteessa muihin indikaattoreihin vuonna 2019





# Vertailua muihin tuloksiin

- Suomen viennin hiilikädenjälki 2019: 13,1 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. (markkina-alueet) tai 22,6 Mt CO<sub>2</sub>-ekv. (keskimääräiset globaalit tuotteet)
- Afryn selvitys: 63 Mt CO<sub>2</sub>-ekv
  - Menetelmän yksityiskohdat eivät tiedossa
- Ruotsin viennin hiilikädenjälki
  - Raportti julkaistu huhtikuussa 2024
  - Vastaava menetelmä kuin Syken käyttämä
  - Kolme erilaista korvautuvuusvaihtoehtoa
  - Tulokset vuodelle 2019: 64,5 / 32,1 / 40,4 Mt CO<sub>2</sub>-ekv.
  - Ruotsin viennin arvo 2019 noin 227,9 mrd. euroa (noin 2,6-kertainen verrattuna Suomeen)
  - Keskimääräisten globaalien tuotteiden korvautuvuudella arvioiden Ruotsin viennin hiilikädenjälki 2,9-kertainen verrattuna Suomeen

# Menetelmän rajoituksista ja oletuksista

- Sopii hyvin viennin kokonaisuuden arviointiin
- Toisaalta soveltuu huonommin yksittäisten tuotteiden tai organisaatioiden hiilikädenjäljen arviointiin
- Tulokset jossain määrin herkkiä tuoteryhmäkohtaisille päästökertoimille (herkkyystarkastelut menossa)
- Käytetty oletus korvautuvuudesta erittäin tärkeä

# Menetelmän vahvuuksista

- Vertailtavuus yli ajan
- Huomioi muuttuvat tuotantoketjut ja eri maiden tuotannon muuttuvat päästöt
- Lähestymistapa yhteensopiva KHK-inventaarioiden koostamisen kanssa; kaikki suorat globaalit päästöt allokoidaan mallinnuksessa lopputuotteille
- Menetelmä ei sisällä lopputuotteiden osalta päällekkäistä laskentaa
- Prosessi-LCA:han pohjautuvissa lähestymistavoissa on riski siitä, että kokonaisviennin arvioinnissa osa päästöistä jää allokoimatta tai syntyy päällekkäistä laskentaa
- Lopuksi: estimoitu hiilikädenjälki on "spekulatiivinen" eli arvio vaihtoehtoisesta maailmantilasta
  - vrt. hiilijalanjälki, joka on palautettavissa suoriin fossiilisiin päästöihin

# Viennin vaikutus Suomen metsien hiilinieluun ja sen suhde hiilikädenjälkeen

Sampo Soimakallio  
kehittämispäällikkö



Suomen ympäristökeskus  
Finlands miljöcentral  
Finnish Environment Institute

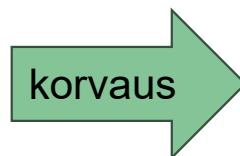
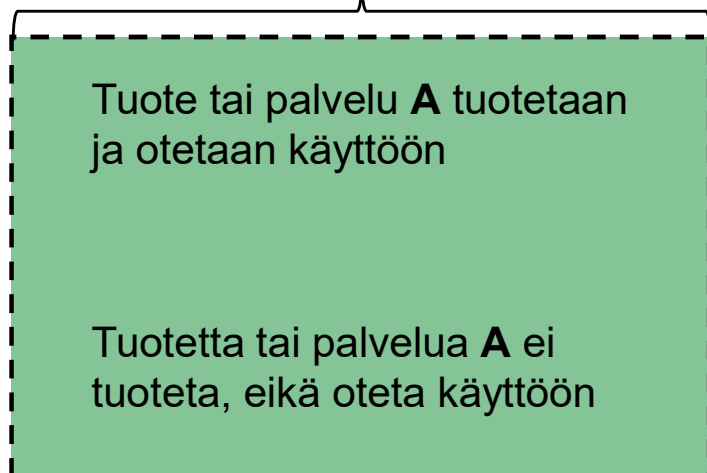
# Maankäyttö ja hiilikädenjälki

- Maankäytön vaikutukset hiilitaseisiin tulisi huomioida
- Maankäytön vaikutukset voivat olla huomattavia, erityisesti maankäyttöintensiivisten tuotteiden kohdalla (metsäteollisuus, maatalous)
- ISO 14067 Hiilijalanjälkistandardi ohjeistaa hiilijalanjäljen laskentaan
  - Maankäyttö tulee laskea suhteessa vertailutilanteeseen, johdonmukaisesti hiilijalanjäljen tavoitteen ja sovellutusalan mukaisesti
- Miten maankäyttö tulisi määritellä johdonmukaisesti hiilikädenjäljessä?

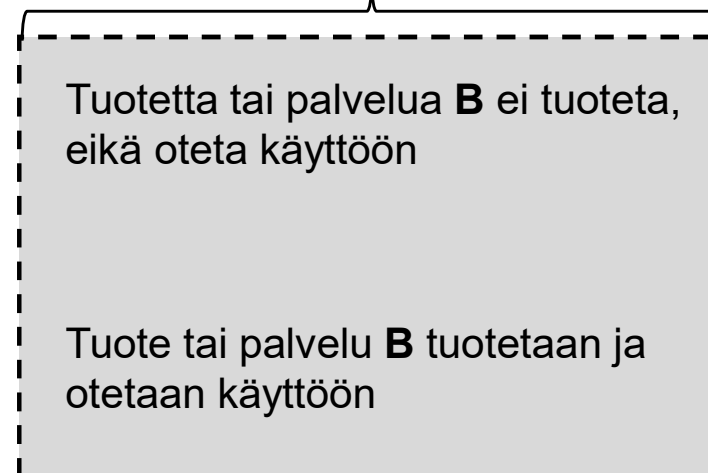
# Hiilikädenjälki: kahden tuotteen tai palvelun hiilijalanjäljen erotus

- Jos hiilikädenjälki määritellään käyttöön otettavan tuotteen tai palvelun ja korvattavan tuotteen tai palvelun hiilijalanjäljen erotuksena → tarkastellaan kahden tilanteen välistä erotusta

Tuotteen tai palvelun A hiilijalanjälki



Tuotteen tai palvelun B hiilijalanjälki



Tuotteen tai palvelun A hiilikädenjälki = B jalanjälki miinus A jalanjälki

# Millainen on puuraaka-aineen hankinnan vaikutus metsien hiilinieluun?

- Tulos riippuu tarkastelujen ajallisesta rajauksesta ja metsän hiilivaraston kehitykseen liittyvistä oletuksista
- Verrataan kahta skenaariota, jossa tarkasteluvuodesta eteenpäin
  - 1) metsiä hakataan joka vuosi tietyn verran (enemmän) vs.
  - 2) metsiä ei hakata lainkaan (tai niitä hakataan tietyn verran vähemmän)
- Systemaattisen katsauksen mukaan metsien hiilinielu jää boreaalisella ja lauhkealla vyöhykkeellä keskimäärin 1,6 hiilitonnia (keskihajonta 0,9) pienemmäksi jokaista metsästä korjattua hiilitonnia kohden vähintään 100 vuodeksi (Soimakallio ym. 2022)
- Suomen metsiä koskevat simulaatiot osoittavat saman suuruista vaikutusta

# Mikä merkitys maankäytön hiilinieluvaikutuksella on viennin hiilikädenjälkeen?

## Puutuotteet korvaavat muualla tuotettuja puutuotteita

- hiilinieluvaikutus muualla miinus hiilinieluvaikutus Suomessa
- Jos molemmat yhtä suuria, vaikutus  $\pm 0$
- Arvion tarkennus vaatisi lisää tietoa

## Puutuotteet korvaavat puulle vaihtoehtoisia tuotteita

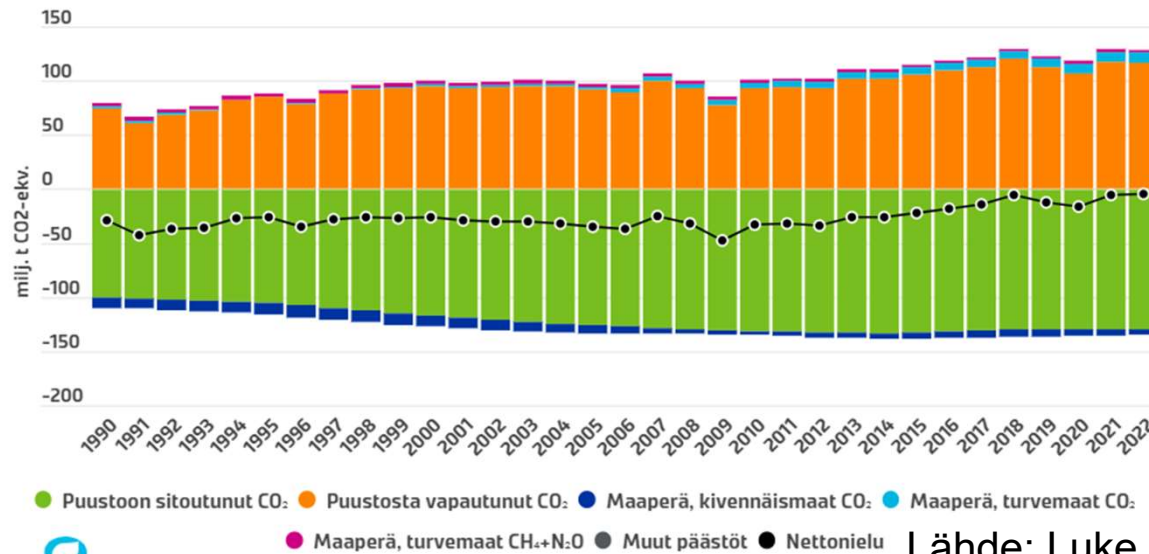
- hiilinieluvaikutus Suomessa (+ tuontipuun osalta ulkomailta)
- Jos tasoa  $1,6 (\pm 0,9) t_C/t_C \rightarrow$
- Metsäteollisuuden raakapuunkäyttö v. 2019 n.  $71 \text{ Mm}^3$ , tästä vientituotteiden määrä: n.  $63 \text{ Mm}^3$
- $63 \text{ Mm}^3$  hakkuut pienentävät nielua n.  $74 (32 - 116) \text{ Mt CO}_2$



# Metsien hiilinielun komponentit

## Metsämaan nettonielun merkittävimmät osat ja nettonielun kehitys 1990 - 2022

Muut päästöt sisältää typpilannoituksen, typen mineralisaation sekä metsäpalojen, kuloutuksen ja ennallistamispoltojen päästöt, yhteensä 0,007 milj. tonnia CO<sub>2</sub>-ekv vuonna 2022.



Lähde: Luke 2024



Puustosta lähinnä hakkuiden myötä vapautuva CO<sub>2</sub> on puuston kasvun jälkeen merkittävin metsien hiilinieluun vaikuttava tekijä

# Johtopäätökset

- Vaikutukset metsien hiilinieluun pitäisi huomioida johdonmukaisesti viennin hiilikädenjäljessä
- Vaikutus korostuu, jos puutuotteiden oletetaan korvaavaan puulle vaihtoehtoisia tuotteita → nieluvaikutuksen sivuuttaminen johtaa erityisen herkästi virheellisiin päätelmiin, koska vaikutus on absoluuttisesti suuri
- Vaikutus vähenee, jos puutuotteiden oletetaan korvaavan muita puutuotteita
  - ei näyttöä siitä, että nieluvaikutus muualla olisi merkittävästi eri suuruinen kuin nieluvaikutus Suomessa

# Lähdeviitteet

Luke 2024. [Kasvihuonekaasuinventaario 2022: maataloussektorin ja maankäyttösektorin lopullisiin tuloksiin ei merkittäviä muutoksia verrattuna joulukuussa 2023 julkaistuihin ennakkotietoihin | Luonnonvarakeskus \(luke.fi\)](#)

Soimakallio, S., Böttcher, H., Niemi, J., Mosley, F., Turunen, S., Hennenberg, K. J., Reise, J. & Fehrenbach, H. (2022). Closing an open balance: The impact of increased tree harvest on forest carbon. *GCB Bioenergy*, 14(8), 989-1000.