



Karelia-ammattikorkeakoulu
Rakentamisen vihreä siirtymä -projekti

Päästökertoimien laskentametodit ja lähteet

Joona Kainulainen Projektikoordinaattori



POHJOIS-KARJALA
Maakuntaliitto

**BUSINESS
JOENSUU**



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

Projektia rahoitetaan osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian vuoksi toteuttamia toimia

Sisältö

1	Päästökertoimien laskenta.....	1
1.1	Polttoaineet.....	1
1.2	Kylmäaineet.....	1
1.3	Työkoneet.....	2
1.4	Työmaa.....	2
2	Scope 2.....	3
2.1	Sähkö.....	3
2.2	Kaukolämpö ja -jäähdytys.....	4
3	Scope 3.....	5
3.1	Materiaalit.....	5
3.2	Investoinnit.....	5
3.3	Sähkön ja kaukolämmön epäsuorat päästöt (WTT).....	6
3.4	Polttoaineiden epäsuorat päästöt (WTT).....	6
3.5	Jätteet ja loppukäsittely.....	7
3.6	Autotietokanta, maantiematkustus ja maantiekuljetukset.....	7
3.7	Lentomatkustus ja lentokuljetukset.....	8
3.8	Laivaliikenne.....	9
3.9	Raideliikenne.....	10
3.10	Majoituspalvelut.....	11
3.11	Ruoka ja Juoma, Etätyöt ja Internet.....	11
3.12	Satunnaiset kertoimet.....	12
	Lähteet.....	13

1 Päästökertoimien laskenta

1.1 Polttoaineet

Kategoriat ”öljy & maakaasu”, ”hiili & turve”, ”biopolttoaineet” sekä ”sekapolttoaineet” ovat scope 1 -luokan päästökertoimia. Kertoimet on laskettu pohjautuen tilastokeskuksen vuosittain julkaisemaan ”Polttoaineluokitus”- julkaisun tiedoilla [1]. Julkaisun tiedoista on kerätty laskettavien kohteiden päästöt (t/TJ), alempi lämpöarvo (GJ/t) sekä tiheys (t/m³). Päästökertoimet laskettiin käyttämällä seuraavia kaavoja:

- $Päästöt (t/TJ) * (Alempi\ lämpöarvo\ (GJ/t) / 1000) * Tiheys\ (t/m^3) =$
Päästökerroin muodossa CO₂ kg/l
- $Päästöt (t/TJ) * (Alempi\ lämpöarvo\ (GJ/t) / 1000) = Päästökerroin$
muodossa CO₂ kg/kg tai CO₂ kg/m³

Lopullinen kerroin muodostuu, kun edellisten kaavojen tuloksiin yhdistetään ekvivalenttilisä. Ekvivalenttilisän tarkoituksena on pelkkien hiilidioksidipäästöjen lisäksi ottaa huomioon metaani- ja typpipäästöjen aiheuttamat vaikutukset. Ekvivalenttilisän määrä arvioitiin käyttäen brittiläisen Defran (Department for Environment, Food & Rural Affairs) julkaisemaa päästötietokantaa [2].

- $Päästökerroin\ muodossa\ CO_2\ kg/l,\ kg/kg\ tai\ kg/m^3 * (1 +$
Ekvivalenttilisäprosentti)

Biopolttoaineiden osalta lopullisissa päästökertoimissa on otettu huomioon ainoastaan CO₂ ulkopuolinen osuus.

1.2 Kylmäaineet

Kylmäaineiden päästökertoimet on laskettu uusimman IPCC-raportin mukaisesti [3]. Yleisesti käytössä on kuitenkin kylmäainekertoimet perustuen vanhempiin raportteihin. Tätä on perusteltu muun muassa reiluudella kuluttajia kohtaan mutta pääsyy on luultavasti valmistajien toiveissa. Esimerkiksi yleisesti käytössä oleva R-32 kylmäaineen lämmityspotentiaali (GWP) nousi uusimmassa raportissa arvoon 771 ylittäen sääntelijöiden asettaman 750 raja-arvon

matalavaikutteisille kylmäaineille [4]. Tämän työn tavoite on kuitenkin käyttää mahdollisimman uutta ja tarkkaa tietoa päästökertoimien lähteinä, jolloin kertoimet on laskettu uusimman raportin mukaan. Erilaisten seosaineiden suhteita on saatavilla Darment-sivustolla [5].

1.3 Työkoneet

Työkoneiden päästökertoimien laskentaan on käytetty Lipaston julkaisemaa TYKO 2020 Suomen työkoneiden päästömallia [6]. Päästömallista saatiin tietoon eri koneiden teho (kW), oletettu kuormitusaste, keskimääräinen kulutus (g/kWh) sekä keskimääräinen käyttöaika vuodessa (h/a). Näiden tietojen lisäksi hyödynnettiin ”öljy & maakaasu”-osioon laskettuja dieselin sekä bensiinin päästökertoimia (CO_{2e} kg/l) sekä näiden tiheyksiä (m³). Tällöin kertoimia voidaan helposti päivittää vuosittaisten muutosten mukaisesti. Työkoneille laskettiin päästökerroin jokaista käyttötuntia kohden seuraavasti:

- *Teho (kW) * Kuormitusaste (%) * Keskimääräinen käyttöaika vuodessa (h/a) * (Keskimääräinen kulutus (g/kWh) / Polttoaineen tiheys (g/l)) = Työkoneen polttoaineen kulutus vuodessa (l/a)*
- *Työkoneen polttoaineen kulutus vuodessa (l/a) / Keskimääräinen käyttöaika vuodessa (h/a) = Polttoaineen kulutus (l/h)*
- *Diesel/Bensiini päästökerroin (CO_{2e} kg/l) * Polttoaineen kulutus (l/h) = Suorat päästöt (scope 1) päästökerroin työkoneelle (kg CO_{2e}/h)*

Lisäksi työkoneille on laskettu vapaaehtoisesti käytettävä epäsuorien päästöjen kerroin (scope 3) sekä molemmat huomioon ottava koko elinkaaren päästökerroin seuraavasti:

- *Polttoaineen hankinnasta aiheutuvien päästöjen kerroin (kg CO_{2e}/l) * Polttoaineen kulutus (l/h) = Epäsuorien päästöjen (scope 3) päästökerroin työkoneille (kg CO_{2e}/h)*
- *Suorien päästöjen kerroin (kg CO_{2e}/h) + Epäsuorien päästöjen kerroin (kg CO_{2e}/h) = Elinkaaren päästökerroin (kg CO_{2e}/h)*

1.4 Työmaa

Työmaan aiheuttamat päästöt laskettiin Co2data-tietokannassa olevan tutkimusraportin pohjalta [7]. Tutkimuksessa on esitetty seitsemän eri

asuinrakennusprojektin aiheuttamat työmaapäästöt muodossa kg CO₂e/m². Kolmen projektin kulutustiedot on jaoteltu sähkön, kaukolämmön sekä fossiilisten polttoaineiden käyttöön [8,9]. Päästötiedot laskettiin uudelleen käyttäen vuoden 2021 päästökertoimia, jolloin saadaan nykytilaa vastaavaa päästötietoa. Päästökertoimien avulla tutkimusten päästöt saatiin jaoteltua GHG-protokollan mukaisesti suoriin ja epäsuoriin päästöihin. Muiden projektien päästöt suhteutettiin edellä mainittujen projektien avulla regressioyhtälöksi. Lopullinen asuintalotyömaiden päästökerroin muodostettiin laskemalla keskiarvo kaikkien työmaiden päästöistä jaoteltuna suoriin ja epäsuoriin päästöihin. Koulu- ja päiväkotityömaiden päästöt ovat 1,3 kertaiset asuinrakennuksiin verrattuna sekä toimistorakennukset 1,7 kertaiset CO₂datan laskumallin mukaan. Kertoimet ovat muodossa kg CO₂e/m² rakennuksen nettoalaa kohti.

Co₂datan kerroin maa- ja perustustöille on jaoteltu suoriin ja epäsuoriin päästöihin käyttäen päivitettyjä kertoimia. Stabiloinnin kerroin on suoraan co₂datasta.

- *Uusi dieselin elinkaaren päästökerroin / Aiemmin käytetty dieselin elinkaaren päästökerroin = Päästökertoimien suhde*
- *Alkuperäinen maatöiden kerroin * Päästökertoimien suhde * (Dieselin suorien päästöjen kerroin / Dieselin elinkaaren päästökerroin) = Kerroin suorille päästöille maatöistä*
- *Alkuperäinen maatöiden kerroin * Päästökertoimien suhde * (Dieselin epäsuorien päästöjen kerroin / Dieselin elinkaaren päästökerroin) = Kerroin epäsuorille päästöille maatöistä*

2 Scope 2

2.1 Sähkö

Sähkön päästökerroin on laskettu käyttäen kolmesta lähteestä saatuja päästötietoja, joiden pohjalta lopullinen kerroin muodostuu lukujen keskiarvona. [10,11,12]. Päästökertoimeen on lisätty 2%:n ekvivalenttilisä, jotta kerroin ottaa

huomioon myös muut päästölähteet hiilidioksidin lisäksi [13]. Sähkön jäännösjakauma on peräisin Energiavirastolta, joka julkaisee tiedon vuosittain sivuillaan [14].

2.2 Kaukolämpö ja -jäähdytys

Kaukolämmön Suomen keskimääräinen päästökerroin on laskettu Tilastokeskuksen [11] ja Energiateollisuuden [15] tietojen mukaan. Saatuun kertoimeen on lisätty 2%:n ekvivalenttilisä, jotta kerroin ottaa huomioon myös muut päästölähteet hiilidioksidin lisäksi. Paikallisvoiman kaukolämmön päästölaskurin tiedoista [16] on koostettu kaupunki- ja kaukolämpöyhtiökohtaiset tarkat päästökertoimet. Kaukojäähdytyksen osalta tietoja on kerätty eri palveluntarjoajien sivustoilta, jotka kaikki ovat ilmoittaneet päästöiksi 0. Keskimääräinen energijakomenetelmällä laskettu päästökerroin on peräisin CO2datan energiapäästötiedoista [18].

3 Scope 3

3.1 Materiaalit

Materiaalit-kategoriaan on lisätty veden käyttö, jonka päästöiksi on luokiteltu vedentuotannon sekä vedenjakelun arvioitu energiankulutus. Tiedot kulutuksesta ovat peräisin HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelut) tiedoista [17]. Lopullinen kerroin on viiden edellisen vuoden päästöistä laskettu keskiarvo.

Rakennusmateriaalien tiedot ovat CO2data-palvelusta [18]. Käytettävät kertoimet on kerätty jokaisen materiaalin yhteydessä olevasta taustaraportista, josta käytettävä kerroin on valittu periaatteella Suomi > Eurooppa > Muu maailma. Käytettävät kertoimet eivät siis ole samat kuin CO2datan tuotekohtaisilla sivuilla ilmoitetaan. Syynä tähän on se, että CO2data käyttää kertoimissaan konservatiivisia kertoimia, jotka ovat raporteissa laskettuja kertoimia merkittävästi suurempia.

3.2 Investoinnit

Investointeihin on koottu ajoneuvojen valmistuksesta aiheutuvia päästömääriä. Lähteenä on tutkimus, jossa vertailtiin eri ajoneuvojen kokoluokan ja käyttövoiman vaikutusta auton päästöihin [19]. Sähköautojen akun osuus voidaan laskea myös erikseen akun koon mukaan (CO_2e kg/kWh) käyttäen ICCT:n tutkimuksen päästökerrointa [30].

Polkupyörän valmistuspäästöt on laskettu ECF:n (European Cyclists' Federation) tutkimuksen pohjalta [20]. Tutkimuksessa valmistuksen päästöiksi on arvioitu 5g CO_2e joka on jaettu 8 vuodelle ja 2400 km vuosittaiselle ajomäärälle. Valmistuksen päästö on laskettu tästä pohjautuen:

- $0,005$ (kg/ CO_2e) * 8 * 2400 = 96 kg CO_2e .

Sähköpyörän osalta on käytetty vastaavaa kaavaa mutta lähtöarvona on käytetty tutkimuksessa mainittua 7g CO_2e . Sähköpyörälle on laskettu elinkaaren aikainen päästökerroin tutkimuksessa mainitun kulutuksen ja Suomen keskimääräisen sähkön elinkaari päästöjen avulla:

- *(Sähkön keskimääräinen päästökerroin Suomessa (CO₂e kg/kWh) + sähkön epäsuorien päästöjen kerroin (CO₂e kg/kWh) / Tutkimuksessa käytetty sähkön päästökerroin (CO₂e kg/kWh) * Tutkimuksen alkuperäinen päästökerroin ((CO₂e kg/km)*

Moottoripyörien valmistuspäästöt perustuvat moottoripyörien ilmastovaikutuksia tarkastelleeseen tutkimukseen [21].

3.3 Sähkön ja kaukolämmön epäsuorat päästöt (WTT)

Sähkön epäsuorien päästöjen tiedot on laskettu Tilastokeskuksen [11] sekä Energiategollisuuden [22] Energiavuosi julkaisujen tiedoilla. Julkaisuista on kerätty eri tuotantomuotojen prosenttiosuus sähköntuotannon kokonaismäärästä. Tuotantomuodoille on CO₂datan julkaisusta [23] päästökerroin epäsuorien päästöjen osalta (esim louhinta, kuljetukset, infra). Lisäksi epäsuorien kertoimien lähteenä on käytetty DEFRA:n (Department for Energy Security and Net Zero) päästötietokantaa [24]. Laskenta tapahtuu seuraavasti:

- *Tuotettu sähkö Suomessa (kWh) * Tuotantomuodon osuus (%) * Epäsuorien päästöjen kerroin (kg/kWh) = Tuotantomuodon epäsuorat päästöt (kg CO₂)*
- *Kaikkien tuotantomuotojen epäsuorien päästöjen summa (kg CO₂) / Tuotettu sähkö Suomessa (kWh) = Suomen sähköntuotannon epäsuorien päästöjen kerroin (kg/kWh)*

Kaukolämmön osalta laskenta on tehty vastaavalla tavalla. Lähteinä Tilastokeskuksen Energiavuosi-julkaisut [11], Tilastokeskuksen tietokanta kaukolämmön tuotannosta [25] sekä Energiategollisuuden Kaukolämpövuosi-julkaisut [26].

3.4 Polttoaineiden epäsuorat päästöt (WTT)

Polttoaineiden epäsuorien päästöjen kertoimet ovat vuosilta 2020 – 2022 DEFRA:n julkaiseman tietokannan pohjalta [24]. Uusimmat kertoimet on laskettu Euroopan Komission julkaiseman ”JEC Well-toTank report v5” – julkaisun pohjalta [27]. Julkaisun tiedoista haettiin polttoainekohtaiset päästöt

(g/MJ) valmistukselle, kuljetukselle sekä prosessoinnille. Tämän lisäksi tarvitaan Tilastokeskuksen Polttoaineluokitus-julkaisun tietoja lämpöarvolle sekä joissain tapauksissa tiheydelle [1].

- *Valmistuksen, kuljetuksen ja prosessoinnin CO₂e päästöt (g/MJ) * Alempi lämpöarvo (MJ/kg) = CO₂e päästöt (g/kg)*
- *CO₂e päästöt (g/kg) * Tiheys (kg/l) / 1000 = Epäsuorat CO₂e päästöt (g/l)*

3.5 Jätteet ja loppukäsittely

Yhdyskuntajätteiden päästökertoimet ovat peräisin Visit Finlandin ”Matkailun CO₂-laskuri” -tiedoista [28]. Rakennusjätteen kertoimet ovat CO₂datan [18] tiedoista ja pitävät sisällään jätteenkäsittelyn osuuden (ei kuljetuksia).

Jäteveden kerroin on HSY:n (Helsingin seudun ympäristöpalvelut) tiedoista [17]. Lopullinen kerroin on viiden edellisen vuoden päästöistä laskettu keskiarvo.

Kulkuvälineistä moottoripyörän sekä sähkömoottoripyörän loppukäsittelyn kerroin on peräisin Barcelonassa tehdystä tutkimuksesta [29]. Autojen loppukäsittelyn kertoimet ovat tutkimuksesta, jossa vertailtiin eri ajoneuvojen kokoluokan ja käyttövoiman vaikutusta auton päästöihin [19].

3.6 Autotietokanta, maantiematkustus ja maantiekuljetukset

Autotietokannan päästötiedot on koostettu European Environment Agency:n tietokannasta ”CO₂ emissions from new passenger cars” [31]. Lopullinen päästötieto syntyi, kun jokaisen automallin päästöistä tehtiin vuosittainen keskiarvo. Tietoja on kerätty vuodesta 2010 vuoteen 2022 saakka.

Tietokannasta on lisäksi koostettu vuosittainen keskimääräinen päästö jokaista polttoainetyyppiä kohden.

Linja-automatkustuksen päästökerroin on laskettu Lipaston tietokannan mukaan, josta saadaan linja-autoilla ajettut kilometrit sekä polttoaineen kulutus [32]. Päästökerroin scope 3 matkustusta varten laskettiin seuraavasti:

- *Polttoaineen kulutus (l/a) * Diesel päästökerroin 2023 (kg/l) / Ajetut kilometrit (km/a) / 20 = Linja-automatkustuksen päästöt (CO₂e/hkm)*

Päästökerroin on henkilökilometriä kohden ja se on arvioitu keskimääräisellä matkustajamäärällä 20. Arvio on tehty pohjautuen aiheesta tehtyyn diplomityöhön [33]. Mopojen ja moottoripyörien polttoaineenkulutus ja ajomäärä on Traficomien tilastoista [34]. Koska mopojen ja moottoripyörien ajomäärät on tilastoissa yhdistettynä, on erottelun apuna käytetty suhdelukua, joka on peräisin WWF:n ilmastolaskurista [35].

- *Polttoaineen kulutus (l/a) * Bensiini päästökerroin 2023 (kg/l) / Ajetut kilometrit (km/a) / Suhdeluku = Moottoripyörän / Mopon päästöt (CO₂e/km)*

Pakettiautojen sekä kuorma-autojen kertoimet on laskettu vastaavasti pohjautuen Traficomien tilastoihin mutta suhdelukua ei kyseisten ajoneuvojen laskentaan tarvittu.

Maantiekuljetuksia laskettiin CO₂datan kuljetusten päästökerroinraporttien pohjalta [18]. Polttoaineen kulutus on jaoteltu maantieajon ja kaupunkiajon välille sekä erilaisten kuormamäärien mukaan. CO₂datan raporteissa on käytetty vanhempia kertoimia, joten alkuperäisen tutkimuksen päästökertoimien avulla on selvitetty jokaisen eri kuljetuksen polttoaineen kulutus litroina. Kun kuljetuksen kuluttama litramäärä tonnikipometriä kohden on tiedossa, voidaan laskennassa käyttää uusia vuoden 2023 päästökertoimia ja laskea suorat, epäsuorat ja elinkaaren päästökertoimet.

- *Suorien/epäsuorien päästöjen polttoainekohtainen kerroin (kg CO₂e/l) * Polttoaineen kulutus (l/tkm) = Suorien/epäsuorien päästöjen kerroin kuljetukselle (CO₂e kg/tkm)*

3.7 Lentomatkestus ja lentokuljetukset

Lentomatkestuksesta aiheutuvia päästöjä on kerätty viiden eri laskurin [36-40] tuloksista. Laskureiden tulokset eroavat toisistaan siinä, miten ne ottavat huomioon RFI-kertoimen (Radiative Forcing Index), joka on päästöjen yhteenlasketun lämmitysvaikutuksen ja hiilidioksidipäästöjen

lämmitysvaikutuksen suhdeluku välillä 1-5 [37]. Laskureiden avulla selvitetiin päästötietoja kolmelle erilaiselle lentomatkatyypille; kotimaan lennot, lyhyet ulkomaan lennot (< 3000km) sekä pitkät ulkomaan lennot (> 3000km). Kotimaan lentoja laskennassa on mukana 16, lyhyitä ulkomaan lentoja 10 sekä pitkiä 9. Jokaisen laskurin tiedoista koostettiin keskiarvot, joiden pohjalta lopullinen matkakohtainen kerroin saatiin muodostettua muotoon *kg CO₂/hkm*, jossa hkm = henkilökilometriä. Helikopterimatkustukselle kertoimet on laskettu pohjautuen kulutustietoihin tuntia kohden [41].

Lentorahdin päästöjä on laskettu kotimaan osalta kolmella laskurilla ja ulkomaan lentojen osalta neljällä päästölaskurilla [42-45]. Samoin kuin lentomatkustuksen osalta, laskurien tiedot eroavat pääasiassa käytetyn RFI-kertoimen kautta. Lopullinen kerroin muodostuu myös samaan tapaan kuin lentomatkustuksessa; eri laskureiden ja matkojen päästöistä muodostetaan keskiarvo jokaista kategoriaa kohden (kotimaa, lyhyet- ja pitkät ulkomaanlennot). Laskureiden oletusrahtina käytettiin tonnin painoista kuljetusta, jolloin lopulliset kertoimet ovat muodossa *kg CO₂/tkm*.

3.8 Laivaliikenne

Laivakuljetusten päästöjä on kerätty CO₂datan kuljetustiedoista [18], Traficomien Merima-julkaisusta [46] sekä Elisa Majamäen diplomityöstä [47]. Tiedoista saatiin jokaiselle kuljetustyypille polttoaineen kulutus muodossa *kg/tkm*, jonka avulla voitiin laskea uudet päästökertoimet käyttäen tuoreimpia polttoaineiden päästötietoja.

- *Polttoaineen kulutus (kg/tkm) * Polttoaineen päästökerroin (kg CO₂e/kg) = Suorat päästöt (kg CO₂e/tkm)*
- *Polttoaineen kulutus (kg/tkm) * Polttoaineen epäsuorien päästöjen kerroin (kg CO₂e/kg) = Epäsuorat päästöt (kg CO₂e/tkm)*
- *Suorat päästöt (kg CO₂e/tkm) + Epäsuorat päästöt (kg CO₂e/tkm) = Elinkaaren aikaiset päästöt (kg CO₂e/tkm)*

3.9 Raideliikenne

Raideliikenteen päästökertoimet on jaettu tavara- ja matkustusliikenteen osalta omiksi kertoimiksi. Tietoa tavaraliikenteen määristä on saatu Tilastokeskuksen ”tavaraliikenne neljänneksittäin”-tietokannasta [48] sekä energiankäyttötietoja Lipaston RAILI-tietokannasta [49]. Diesel- ja sähkötavarajunien ajomääriä ei Tilastokeskus ole määritellyt, joten jakauma ajettujen kilometrien mukaan tehtiin mukailien tutkimusta rautatieliikenteen käyttövoimista tavaraliikenteessä [50]. Dieselvetureiden osuudeksi tavaraliikenteessä vuonna 2021 arvioitiin 25 % ja sähkövetureiden 75 %. Lopullinen päästökerroin laskettiin seuraavasti:

- $\text{Käytetty polttoaine (l/a tai kWh/a)} / (\text{Tavaraliikenne (tkm)} * \text{arvioitu osuus (sähkö/diesel \%)}) = \text{Energian käyttö (l/tkm tai kWh/tkm)}$
- $\text{Energian käyttö (l/tkm tai kWh/tkm)} * \text{Suorien päästöjen kerroin (polttoöljy tai sähkö)} = \text{Suorat päästöt CO2e kg/tkm}$
- $\text{Energian käyttö (l/tkm tai kWh/tkm)} * \text{Epäsuorien päästöjen kerroin (polttoöljy tai sähkö)} = \text{Epäsuorat päästöt CO2e kg/tkm}$
- $\text{Suorat päästöt CO2e kg/tkm} + \text{Epäsuorat päästöt CO2e kg/tkm} = \text{Elinkaaripäästöt CO2e kg/tkm}$

Matkustusliikenne on laskettu samaan tapaan käyttäen Lipaston tietokantaa [49] sekä Tilastokeskuksen ”henkilöliikenne neljänneksittäin”-tietokantaa [51]. Henkilöliikenteen matkamäärien jakauma on arvioitu 90 % sähkölle ja 10 % dieselille.

- $\text{Käytetty polttoaine (l/a tai kWh/a)} / (\text{Henkilökilometrit (hkm)} * \text{arvioitu osuus (sähkö/diesel \%)}) = \text{Energian käyttö (l/hkm tai kWh/hkm)}$
- $\text{Energian käyttö (l/hkm tai kWh/hkm)} * \text{Suorien päästöjen kerroin (polttoöljy tai sähkö)} = \text{Suorat päästöt CO2e kg/hkm}$
- $\text{Energian käyttö (l/hkm tai kWh/hkm)} * \text{Epäsuorien päästöjen kerroin (polttoöljy tai sähkö)} = \text{Epäsuorat päästöt CO2e kg/hkm}$
- $\text{Suorat päästöt CO2e kg/hkm} + \text{Epäsuorat päästöt CO2e kg/hkm} = \text{Elinkaaripäästöt CO2e kg/hkm}$

Sähköllä kuljetut matkat tavara- ja henkilöliikenteessä ovat suorien päästöjen osalta päästöttömät, sillä VR ilmoittaa käyttävänsä uusiutuvia energiamuotoja.

Metron ja raitiovaunun päästötiedot on saatu suoraan julkaisun tiedoista [52]. Myös näiden liikennemuotojen suorat päästöt ovat nolla, sillä ne kulkevat uusiutuvien energiamuotojen avulla.

3.10 Majoituspalvelut

Majoituspalveluiden päästöt perustuvat Cornell Hotel Sustainability Benchmarking -indeksiin (CHSB) [53]. Indeksien tiedoista on haettu keskiarvo päästötieto jokaista maata ja kaupunkia kohden muodossa $kg\ CO_2e$. Keskiarvo päästötieto on jaettu luvulla 1.5, jonka jälkeen lopullinen päästökerroin muodostuu muotoon $kg\ CO_2e/yö$. Jakolasku perustuu tutkimukseen [54], jossa arvioidaan osan huoneista olevan yhden hengen ja osa kahden hengen käytössä, jolloin tarkemman huonekohtaisen päästökertoimen luominen onnistuu näin paremmin.

Hostellimajoitusten päästötiedot on johdettu suoraan aiemmin laskettujen hotellimajoitusten pohjalta. Edellinen tutkimus [54] arvioi, että hostellimajoitus aiheuttaa 75 % pienemmät päästöt kuin hotellimajoitukset, joten hostellimajoituksen kerroin saadaan kertomalla hotellimajoituksen päästökerroin luvulla 0,25.

3.11 Ruoka ja Juoma, Etätyöt ja Internet

Ruokien ja juomien päästökertoimet on kerätty K-Ryhmän julkaiseman raportin tiedoista [55]. Päästökertoimeksi on laskettu keskiarvo jokaisen tuotteen tiedossa olevista päästöistä muodossa $kg\ CO_2-ekv / kg$. Alkoholituotteiden päästökertoimet ovat peräisin Visit Finlandin kehittämästä matkailun CO_2 -laskurista [28].

Etätyöskentelyn päästökerroin on laskettu mukailien Ecoact:in julkaisemaa raporttia [56]. Tiedoiksi laskentaan tarvitaan "työtarvikkeiden keskimääräinen tehontarve (W) sekä "työpisteen keskimääräinen valaistuksen tarve" (W), jotka saatiin CIBSE:n tekemästä tutkimuksesta [57]. Lisäksi tarvitaan "lämmitystarve tunnissa" (kWh/m^2) [58] sekä "keskimääräinen huoneistokoko" (m^2) [59].

Etätyökertoimia on laskettu kolme kappaletta; ”työvälineet ja valaistus”, ”lämmitys” sekä edellisten kertoimien summa.

- *(Työtarvikkeiden keskimääräinen tehontarve (140W) + Työpisteen keskimääräinen valaistuksen tarve (10W)) / 1000 * Sähkön päästökerroin (kg CO₂e/kWh) = Etätyövälineiden ja valaistuksen päästöt (kg CO₂e/h)*
- *Lämmitystarve tunnissa (0,009 kWh/m²) * Keskimääräinen huoneistokoko” (80m²) * Kaukolämmön päästökerroin (kg CO₂e/kWh) = Lämmityksen päästöt (kg CO₂e/h)*

3.12 Satunnaiset kertoimet

Satunnaiset päästökertoimet on kerätty vaihtelevista tietolähteistä, eikä niille ole määritetty omaa kategoriaa. Muutama päästökerroin on peräisin K-Ryhmän raportista [55]. Vaatekankaiden päästökertoimia on kerätty Wrap:n [60] sekä UNIDO:n [61] tutkimuksista.

Lähteet

1. Tilastokeskus. 2023. Polttoaineluokitus.
https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html
2. Defra. 2023. Greenhouse gas reporting: conversion factors.
<https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>
3. IPCC. 2021. The Earth's Energy Budget, Climate Feedbacks and Climate Sensitivity Supplementary Material.
https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/downloads/report/IPCC_AR6_WGI_Chapter07_SM.pdf
4. Hardi. 2021. UN Report Increases GWP Value of R-32, Will Not Impact Use in Low-GWP Products. <https://hardinet.org/posts/un-report-increases-gwp-value-of-r-32-will-not-impact-use-in-low-gwp>
5. Darment. 2023. Kylmäaineet. <https://darment.fi/tuoteosasto/kylmaaineet/>
6. Lipasto. 2020. Suomen työkoneiden päästömalli.
<http://lipasto.vtt.fi/tyko/index.htm>
7. Co2data. 2023. Report – Process – Construction site.
<https://www.co2data.fi/rakentaminen/reports/Construction%20process%20R01.00.pdf>
8. Hämäläinen Jari. 2012. Rakennustyömaan energiatutkimus.
<https://www.rt.fi/globalassets/rakentamisen-kehittaminen/rakennustyomaan-energiatutkimus.pdf>
9. Rintamäki Emilia. 2016. Rakennusten rakentamisvaiheen energiankulutus.
<https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/129928/Emilia%20Rintam%C3%A4ki%20-%20Kandidaatinty%C3%B6.pdf?sequence=3>

10. Fingrid. 2023. Sähkötuotannon ja -kulutuksen CO₂-päästöarvot.
<https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/#https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>
11. Tilastokeskus. 2021. Energiavuosi 2021.
https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2021/html/suom0011.htm
12. Energiateollisuus. 2023. Sähkötuotannon polttoaineet ja CO-päästöt.
https://energia.fi/files/1414/Sahkontuotannon_kk_polttoaineet_heinakuu23.pdf#https://energia.fi/files/1414/Sahkontuotannon_polttoaineet_helmikuu.pdf
13. Suomen ilmastopaneeli. 2020. Koronan jälkeinen aika: ilmastotoimet ja vihreä elvytys. https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/09/Ilmastopaneeli_raportti_vihrea-elvytys_final.pdf#https://www.ilmastopaneeli.fi/wp-content/uploads/2020/09/Ilmastopaneeli_raportti_vihrea-elvytys_final.pdf
14. Energiavirasto. 2023. Sähkön jäännösjakauma. <https://energiavirasto.fi/-/vuoden-2022-jaannosjakauma-julkaistu>
15. Energiateollisuus. 2023. Kaukolämpövuosi.
https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi_2022.pdf
16. Paikallisvoima. 2022. Kaukolämmön päästölaskuri.
<https://klpaastolaskuri.fi/>
17. HSY. 2023. Helsingin seudun ympäristöpalvelujen (HSY) energia- ja materiaalitaseet sekä kasvihuonekaasupäästöt.
<https://www.avoindata.fi/data/fi/dataset/helsingin-seudun-ymparistopalvelujen-hsy-energia-ja-materiaalitaseet-seka-kasvihuonekaasupaasto>
18. CO₂data. 2023. Rakentamisen päästötietokanta. <https://www.co2data.fi/>

19. Ager-Wick Ellingsen L, Singh B, Hammer Strømman A. 2016. The size and range effect: lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/11/5/054010/data>
20. ECF. 2011. Cycle more often – cool down the planet. https://ecf.com/system/files/Cycle_More_Often_2_Cool_Down_the_Planet.pdf
21. Science Direct. 2022. Life cycle assessment and economic analysis of the electric motorcycle in the city of Barcelona and the impact on air pollution. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722005113>
22. Energiatallisuus. 2023. Energiavuosi 2022 Sähkö. https://energia.fi/files/4428/Sahkovuosi_2022.pdf
23. CO2data. 2021. Specific emissions for district heat, district cooling and electricity used in buildings. <https://co2data.fi/reports/REPORT-ENERGY-SERVICE-02022021.pdf>
24. Defra. 2023. Conversion factors 2023. <https://www.gov.uk/government/publications/greenhouse-gas-reporting-conversion-factors-2023>
25. Tilastokeskus. 2022. Kaukolämmön tuotanto Suomessa, 2000-2021. https://pxdata.stat.fi/PxWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__salatuo/statfin_salatuo_pxt_12b7.px/
26. Energiatallisuus. 2023. Kaukolämpövuosi. https://energia.fi/files/5650/Kaukolampovuosi_2022.pdf
27. European Commission. 2020. JEC Well-to-Tank report v5. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC119036>

28. Visit Finland. 2022. Matkailun CO₂-laskuri.
<https://co2calc.visitfinland.fi/materiaalit>
29. Carranza G, Do Nascimento M, Fanals J, Febrer J, Valderrama C. 2022. Life cycle assessment and economic analysis of the electric motorcycle in the city of Barcelona and the impact on air pollution.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969722005113>
30. ICCT. 2021. A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric passenger cars.
https://theicct.org/sites/default/files/publications/Global-LCA-passenger-cars-jul2021_0.pdf
31. European Environment Agency. 2023. CO₂ emissions from new passenger cars. <http://co2cars.apps.eea.europa.eu/>
32. Lipasto. 2020. Suomen tieliikenteen päästöjen kehitys.
<http://lipasto.vtt.fi/liisa/aikasarja.htm>
33. Möttönen, R. 2012. Relative energy consumption of transport modes in Finland.
https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/6125/master_m%c3%b6tt%c3%b6nen_reko_2012.pdf?sequence=1&isAllowed=y
34. Traficom. 2022. Mopojen, moottoripyörien ja mopoautojen päästöt ja kulutus. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/mopojen-moottoripyorien-ja-mopoautojen-paastot-ja-kulutus>
35. WWF. 2022. Ilmastolaskuri. <https://www.ilmastolaskuri.fi/>
36. ICAO. 2023. Carbon Emissions Calculator.
<https://applications.icao.int/icec/Home/Index>
37. Lentolaskuri. 2023. Lentolaskuri. <https://lentolaskuri.fi/>
38. Finnair. 2023. Lentojen päästölaskuri. <https://finnair.chooosetoday.fi/>

39. Myclimate. 2023. Flight carbon footprint calculator.
https://co2.myclimate.org/en/portfolios?calculation_id=5695851
40. Atmosfair. 2023. Calculate flight emissions.
<https://www.atmosfair.de/en/offset/flight/>
41. Travel and Climate. 2022. Climate footprint of activities.
<https://travelandclimate.org/climate-footprint-activities>
42. Carboncare. 2023. CO2 Calculator. <https://www.carboncare.org/en/co2-emissions-calculator.html>
43. Finnair. 2023. Cargo's carbon footprint.
<https://finnaircargo.choose.today>
44. Logward. 2023. CO2 Calculator for Logistic & Transportation.
<https://www.logward.com/freebies/co2-calculator>
45. Webcargo. 2023. Air Freight Carbon Footprint Calculator.
<https://www.webcargo.co/knowledge-base/tools/freight-co2-emissions-calculator/>
46. Traficom. 2021. MERIMA – Suomen kansainvälisten merikuljetusten päästöt.
https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/MERIMA_Tulo_sraportti_2005-2019_26012021_FINAL.pdf
47. Majamäki Elisa. 2019. Tracking environmental pressures from recreational boating.
https://aalto.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/39928/master_Majamaki_Elisa_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
48. Tilastokeskus. 2022. Tavaraliikenne neljänneksittäin.
https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rtie/?tablelist=true

49. Lipasto. 2022. Suomen rautatieliikenteen päästöt ja energiankäyttö vuonna 2021. <http://lipasto.vtt.fi/raili/perus2021.htm>
50. Liikennevirasto. 2018. Rautatieliikenteen käyttövoimat tavaraliikenteessä. https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/152412/lts_2018-16_978-952-317-524-2.pdf?sequence=1&isAllowed=y
51. Tilastokeskus. 2022. Henkilöliikenne neljänneksittäin. https://pxdata.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/StatFin/StatFin__rtie/?tablelist=true
52. Citicap. 2020. Päästökertoimien määrittäminen Citicap-sovellukseen. <https://www.lahti.fi/tiedostot/paastokertoimien-maarittely/>
53. Greenview. 2021. Cornell Hotel Sustainability Benchmarking Index. <https://greenview.sg/services/chsb-index/>
54. Travel & Climate. 2022. Methodology Report. https://travelandclimate.org/sites/default/files/methodology_report_for_travelandclimate_version3.pdf
55. K-Ostokset. 2023. K-Ostosten hiilijalanjälkimittarin tuoteryhmien ilmastovaikutusarviot. https://assets.ctfassets.net/kt8yvydomzor/2yiWR6i2O4endhqTcosr9B/b85f85030fc904f51fda89f635a2912f/Tuoteryhmien_ilmastovaikutusarviot_K-Ostosten_hiilijalanj_alkimittarissa_l_hestymistavan_kuvaus_p_ivitetty_04-2023.pdf
56. Ecoact. 2020. Homeworking emissions Whitepaper. <https://info.ecoact.com/hubfs/0%20-%20Downloads/Homeworking%20emissions%20whitepaper/Homeworking%20Emissions%20Whitepaper%202020.pdf?hsLang=en>

57. CIBSE. 2012. Guide F Energy efficiency in buildings.
<https://www.cibse.org/knowledge-research/knowledge-portal/guide-f-energy-efficiency-in-buildings-2012>
58. Energiatehokas Koti. 2020. Suuntaa antavia ohjevoja.
https://www.energiatehokaskoti.fi/perustietoa/hyva_tietaa/suuntaa-antavia_ohjevoja
59. Tilastokeskus. https://www.stat.fi/til/asas/2020/01/asas_2020_01_2021-10-14_kat_001_fi.html#https://www.stat.fi/til/asas/2020/01/asas_2020_01_2021-10-14_kat_001_fi.html
60. Wrap. 2012. A Carbon Footprint for UK Clothing and Opportunities for Savings.
https://www.researchgate.net/publication/306145659_A_Carbon_Footprint_for_UK_Clothing_and_Opportunities_for_Savings
61. UNIDO. 2017. Leather Carbon Footprint.
https://leatherpanel.org/sites/default/files/publications-attachments/leather_carbon_footprint_p.pdf