

# Kuljetukset

Hämäläinen Ismo, versio 24.10.2022

1 Tausta .....	2
1.1 Tiekuljetusten hiilijalanjälki .....	2
1.2 Vesikuljetukset .....	2
1.3. Rautatiekuljetukset .....	3
1.4. Polttoaineen hankinnan lisäys päästökertoimiin .....	3
2 Tiekuljetukset.....	4
2.1. Tuotenimi, nimike ja standardit .....	4
2.2. Hiilijalanjälki .....	4
3 Vesikuljetukset.....	8
3.1. Tuotenimi, nimike ja standardit .....	8
3.2. Hiilijalanjälki .....	8
4 Rautatiekuljetukset.....	9
4.1. Tuotenimi, nimike ja standardit .....	9
4.2. Hiilijalanjälki .....	9
LÄHTEET .....	10
LIITE 1. Osakuormien laskentakaava (LIPASTO).....	11

# 1 Tausta

## 1.1 Tiekuljetusten hiilijalanjälki

Tieliikenteen kuljetusmäärät kotimaassa ovat vaihdelleet 260–280 miljoonan tonnin välillä vuosina 2010–2020. Kolmannes kaikista kuljetuista tonneista on ollut maa-ainesta kuten soraa, joiden kuljetusetäisyydet ovat keskimäärin lyhyitä noin 20 kilometrin matkoja. Kuorma-autojen suuremman koon salliminen on kasvattanut keskimääräistä kuormakokoa noin kahdella tonnilla, ja pidentänyt keskimääräistä kuljetusmatkaa noin 20 %. (Traficom 2021a)

Vuonna 2021 kotimaan kuorma-autoliikenteessä maa-aineskuljetuksia oli noin 2523 miljoonaa tonnikilometriä ja tavaraa kuljetettiin noin 81,2 tonnia. Muita kuin maa-aineskuljetuksia tehtiin 25 128 miljoonaa tonnikilometriä eli noin 173,5 tonnia vuonna 2021 (SVT 2022). Ulkomaan kuljetusmäärät ovat vaihdelleet vuosina 2010–2020 aikana noin 3–6 miljoonan tonnin välillä ja kuljetussuorite 1,6–3,5 miljardin tonnikilometrin välillä (Traficom 2021a).

Kuljetusten ja työmaatoimintojen on arvioitu aiheuttavan noin 1,1 MT CO<sub>2</sub>e päästöjä, mikä on neljännes kaikesta rakennustoiminnan päästöistä. Infrarakentamisessa puolestaan neljä viidennestä päästöistä syntyy väylärakentamisessa, erityisesti maa- ja kiviaineksen liikuttamisesta. (Raivio ym. 2020)

Noin puolet tiekuljetuskalustosta on massaltaan 3,5–12 tonnia. Suurin osa kuljetussuoritteesta tapahtuu raskaammilla rekoilla. Raskaiden yhdistelmäajoneuvojen osuus on kasvanut vuoden 2013 jälkeen, kun suuremmat massat ja auton mitat mahdollistettiin uusilla säännöksillä (Raivio ym. 2020). Noin 30 prosenttia kuljetuksista tehtiin yli 68 tonnia painavilla ajoneuvoyhdistelmillä, ja pois lukien maa-ainesten kuljetukset, lähes 80 prosenttia kuljetussuoritteesta tapahtuu raskailla yli 48 tonnia painavilla rekoilla. (VTT 2021).

Raskaassa liikenteessä dieselmoottoareiden markkinaosuus on noin 95 prosenttia ja osuuden oletetaan pysyvän yli 90 prosentin tasolla vuoteen 2030 asti (Lehtilä ym. 2021). Liimataisen ym. (2019) mukaan Suomessa voidaan nykyteknologialla sähköistää vain 10 % tiekuljetusten tonnikilometreistä ja skenaariosta riippuen maksimissaan arviolta 35 % tonnikilometreistä teknologian kehittyessä. Suomessa tuotettujen biopolttoaineiden ja bionesteiden tuotantokapasiteetti on yhteensä noin 540 000 tonnia vuodessa (Maa- ja metsätalousministeriö 2022). Biojakeluvaihtoehtojen tiukentumisen myötä nopeampi siirtyminen biopolttoaineisiin vaikuttaa dieselin pumppuhintoihin, koska biopolttoaineiden hinnat ovat fossiilisia polttoaineita korkeampia (Sipilä ym. 2021). Tässä käytetään LIPASTO:n laskentajärjestelmän mukaisia polttoaineiden tunnuslukuja, joissa dieselissä on noin 12 % biopolttoainetta.

## 1.2 Vesikuljetukset

Vesikuljetusten tavaramäärät ovat vaihdelleet 95–112 miljoonan tonnin välillä vuosina 2010–2020, ja kuljetusmäärät ovat pysyneet melko vakaina. Kotimaan kuljetusten osuus on noin 5–10 % kaikista vesikuljetuksista. Tulevaisuudessa kasvua tonnimääräisesti tapahtuisi kemianteollisuuden, kappaletavaran ja sahatavaran viennissä, kun taas paperin, kaivannaisteollisuuden sekä metalliteollisuuden vienti laskisi. (Traficom 2021b).

Kuljetusmäärät keskimäärin vuosina 2018–2020 olivat 25 suurimmassa satamassa (Traficom 2021b):

- Kappaletavara, muu tavara: 21,07 miljoonaa tonnia
- Sahatavara, vaneri ja muut puulevyt: 4,1 miljoonaa tonnia
- Malmit, rikasteet: 9,16 miljoonaa tonnia

- Metallit, metallituotteet: 4,27 miljoonaa tonnia

Vesiliikenteen teknologinen kehitys on ollut hidasta, ja alusten pitkä käyttöikä vaikuttaa osaltaan laivakannan hitaaseen vaihtumiseen. Viime vuosina moottoritekniikat ja parantuneet käyttötehot ovat kuitenkin vähentäneet polttoaineen kulutusta ja päästöjä. (LIPASTO Yksikköpäästöt: Vesikuljetus). Vesiliikenteessä vaihtoehtoiset polttoaineet ja käyttövoimat eivät ole vielä yleistyneet. Nesteytetty maakaasu on puhtain saatavilla oleva fossiilinen polttoaine. Suomessa alukset voivat käyttää Porin, Tornion ja Haminan LNG-terminaaleja ja monet operaattorit toimittavat LNG:tä rekoilla satamiin. Biopolttoaineita on edelleen rajoitetusti saatavilla kuljetustoimiin. (Liikennefakta 2021)

### 1.3. Rautatiekuljetukset

Rautatiekuljetusten kuljetusmäärät ovat vuosina 2010–2020 vaihdelleet 33–41 miljoonan tonnin välillä vuoden keskiarvona. Vuonna 2020 kansainvälisiä kuljetuksia oli 15,9 Mt, ja kotimaan kuljetuksia 22,5 Mt. Tärkeimpiä kuljetettavia tavaralajeja rautatiekuljetuksissa ovat metsäteollisuuden tuotteet raakapuu ja hake. Kuljetuksia oli vuonna 2021 yhteensä 40,2 miljoonaa tonnia ja noin 10,75 miljardia tonnikilometriä. Vuonna 2022 toisella vuosineljänneksellä kuljetettu tonnimäärä laski 31 %. (Traficom 2022).

Rautatieliikenteen päästöt ovat kokonaisuudessaan pieniä verrattuna muihin liikennemuotoihin. Vuonna 2017 sähkökäyttöisten osuus ajetuista kilometreistä oli VR:n mukaan 89,7 prosenttia. Lisäksi junat voivat hyödyntää jarrutusenergiaa. (Liikennefakta 2020). Junaliikenteen päästöt aiheutuvat pääasiassa dieseljunien liikennöinnistä tavarakuljetuksissa. Vuonna 2018 Suomessa oli rataverkostoa 5918 kilometriä, joista sähköistettyä oli 3349 kilometriä.

### 1.4. Polttoaineen hankinnan lisäys päästökertoimiin

Polttoaineen hankintaprosessia kuvataan JRC:n JEC v.5 kaivosta-tankkiin-raportissa (engl. well-to-tank). Siinä kuvataan polttoaineiden tuotanto-, kuljetus-, valmistus- ja jakeluprosesseja erityyppisille polttoaineille, tuotantoreiteille ja kuljetusmenetelmille sekä näiden prosessien päästöt. Jalostamon valmiit tuotteet kuljetetaan joko säiliöautolla suoraan kauppa-asemalle tai pääosin varastolle putkijäljällä, junalla tai proomulla. Laskennassa on käytetty eri kuljetusmuotojen yhdistelmää kunkin muodon todellisen osuuden mukaan Euroopassa. Tässä tietokannassa JEC v.5-raportissa esitettyjen hankintaprosessien päästöt on lisätty LIPASTO:n polttoaineiden tunnuslukuihin, jolloin ne kuvaavat kuljetusten todellisia päästöjä paremmin. VTT LIPASTO on Suomen liikenteen avoin yksikköpäästötietokanta, jonka ylläpito lopetettiin vuonna 2022. LIPASTO:n laskentaperiaatteita on kuvattu tarkemmin julkaisussa Mäkelä & Auvisto (2009).

JEC v.5-raporttiin perustuva dieselhankinta lisätään kunkin ajoneuvotyyppin yksikköpäästöihin, kuten alla olevassa esimerkissä on esitetty puoliperävaunuille. Laivoille käytetään raskaan polttoöljyn kerrointa.

*Taulukko 1. JEC WTT v5 -raportin mukaisen polttoaineen hankinnan lisääminen päästöarvoihin.*

#### **Diesel hankinta, well-to-tank JEC WTT v5 yksikkömuunnos:**

Dieselin yksikkömuunnos [t/TJ to CO<sub>2</sub> (g/l)]:

- $[43,1 \text{ (MJ/l)} * 0,832 \text{ (tiheys)} * 18,857 \text{ (hankinta WTT (g CO}_2\text{/MJ)}] = 676,19295 \text{ g CO}_2\text{/l}$

- Dieselin hankintakertoimen laskenta:  $676,2 \text{ CO}_2 \text{ g/l} / 2339 \text{ CO}_2 \text{ g/l} = 0,2891 \sim 28,9 \%$  lisätään LIPASTO:n diesel mix (2016) arvoon.

#### HFO hankinta, well-to-tank JEC WTT v5

- $[40,4 \text{ (MJ/l)} * 0,980 \text{ (tiheys)} * 5,7 \text{ (hankinta WTT (g CO}_2\text{/MJ))}] = 225,67 \text{ g CO}_2\text{/l}$
- $225,67 \text{ g CO}_2\text{/l} / 3051,72 \text{ g CO}_2\text{/l} = 0,073 \sim 7,3 \%$  % lisätään LIPASTO:n diesel mix (2016) arvoon

#### Päästökerroin hankinnalla, 50 % kuorma, diesel:

- Maantieajo:  $630,27 \text{ (g CO}_2\text{e/km)} * 1,289 \text{ (JEC WTT v5, diesel)} = 812,48 \text{ (g CO}_2\text{e/km)}$
- Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä, 50 % kuorma, maantieajo:  $1,289 \text{ (JEC v.5 WTT, diesel)} * 82,09 \text{ (g CO}_2\text{e /tkm)}$
- Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä, 50 % kuorma, kaupunkiajo:  $1,289 \text{ (JEC v.5 WTT, diesel)} * 135,49 \text{ (g CO}_2\text{e /tkm)}$

## 2 Tiekuljetukset

### 2.1. Tuotenimi, nimike ja standardit

Taulukko 2. Kuljetusten tuotenimi, nimike ja standardit

Tunniste	Nimi
Suomenkielinen nimi	Tiekuljetukset: Rahti
Ruotsinkielinen nimi	Vägtransporter: Gods
Englanninkielinen nimi	Road transport: Freight
Nimike, INFRA 2015	5550 Työmaakuljetukset <ul style="list-style-type: none"> <li>• Pakettiautot (2,7t)</li> <li>• Pieni jakelukuorma-auto (6t)</li> <li>• Suuri jakelukuorma-auto (15t)</li> <li>• Maansiirtoauto (32t)</li> <li>• Puoliperävaunuyhdistelmä (40t)</li> <li>• Täysperävaunuyhdistelmä (60t)</li> <li>• Täysperävaunuyhdistelmä (76t)</li> </ul>

### 2.2. Hiilijalanjälki

Seuraavassa esitetään tiekuljetusten hiilijalanjälkilaskennan taustatiedot (elinkaarivaiheelle A4):

Maantieliikenteessä on kuusi EURO-päästöstandardiluokkaa. Lisäksi käytössä on vapaaehtoinen eurooppalainen EEV-standardi (Enhanced Environmentally friendly Vehicles), joka on asetettu EURO V- ja VI-luokituksen väliin. LIPASTO:ssa ilmoitettu 'keskiarvo vuonna 2016' tarkoittaa eri EURO-luokkien ajoneuvojen painotettua keskiarvoa (kilometrisuuteen perustuen). LIPASTO:n ohjeiden mukaan, tarkempien EURO-luokan tietojen puuttuessa voidaan käyttää keskiarvoriviä. Tätä tietokantaa varten erilaiset osakuormitukset on laskettu LIPASTO:n keskimääräisen EURO-arvon perusteella.

LIPASTO:ssa ilmoitettu 'keskiarvo vuonna 2016' tarkoittaa eri EURO-luokkien ajoneuvojen painotettua keskiarvoa kilometrisuuteen perustuen. LIPASTO:n ohjeiden mukaan, EURO-luokan

tietojen puuttuessa voidaan käyttää keskiarvoriviä. Tätä tietokantaa varten erilaiset osakuormitukset on laskettu LIPASTO:n keskimääräisen EURO-arvon perusteella. LIPASTON perusteella maantie- ja kaupunkiajo kulutuksella ja päästöillä on merkittävä ero tavarankuljetuksessa, minkä vuoksi ne on eri luokkiin myös tässä tietokannassa.

Tässä tietokannassa päästöarvot on annettu valmiiksi laskettuna eri kuorma-asteille. Lisäksi arvot on annettu siirroille, jossa rekkaa ajetaan tyhjänä. Esimerkiksi 50 % kuorma on käytännössä sama kuin täysi (100 %) kuorma yhteen suuntaan ja paluusiirto tyhjänä (0 %) ja aiheuttaa saman määrän CO<sub>2</sub>e-päästöjä. Tämä tarkoittaa, että 50 % kuorman päästökerrointa voidaan käyttää sekä meno-että paluumatkalla. Sama koskee tässä annettuja erilaisia osakuormitusarvoja.

Valitut ajoneuvotyypit ovat ne, jotka katsottiin oleellisiksi rakentamisessa käytetyn tavaraliikenteen päästöjen laskennassa. JEC v.5 raportti kuvaa tieliikenteessä käytettävien polttoaineiden 'kaivosta-tankkiin' -päästöjä. JEC v.5-arvot lisätään päästökertoimeen (kappale 1.4.) kertomalla dieselin kaivosta tankkiin -prosessin osuus koko päästökertoimeen, mukaan lukien palaminen. LIPASTO:n arvoihin lisätään hankinnan lisäpäästöt, jotka ovat 28,9 %.

### InfraDB päästökerroin, siirrot tyhjänä (0 % kuorma):

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Siirto, pakettiauto (2,7 t), 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	238,81
Siirto, pakettiauto (2,7 t), 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	299,16
Siirto, jakelukuorma-auto (6 t), 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	354,36
Siirto, jakelukuorma-auto (6 t), 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	376,80
Siirto, jakelukuorma-auto (15 t), 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	480,99
Siirto, jakelukuorma-auto (15 t), 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	596,71
Siirto, maansiirtoauto, 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	719,41
Siirto, maansiirtoauto, 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	1080,88
Siirto, puoliperävaunuyhdistelmä, 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	812,48
Siirto, puoliperävaunuyhdistelmä, 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	1244,53
Siirto, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	1026,70
Siirto, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 0 % kuorma, kaupunkiajo:	g CO <sub>2</sub> e /km	1590,70
Siirto, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 0 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /km	1123,45
Siirto, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 0 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /km	1754,38

### InfraDB päästökerroin, osakuormat ja täydet kuormat:

#### InfraDB päästökerroin, Pakettiauto (2,7 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	1019,80
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	1296,73
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	555,44
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	715,03
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	522,27
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	673,48
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	422,77
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	548,83
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	273,51
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	361,86

Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	223,76
Kuljetus, pakettiauto (2,7 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	299,53

### InfraDB päästökerroin, jakelukuorma-auto (6 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	520,78
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	572,30
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	284,54
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	321,10
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	267,66
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	303,16
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	217,04
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	249,33
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	141,11
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	168,59
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	115,79
Kuljetus, jakelukuorma-auto (6 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	141,68

### InfraDB päästökerroin, jakelukuorma-auto (15 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	277,45
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	361,85
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	152,75
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	207,15
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	143,84
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	196,10
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	117,12
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	162,95
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	77,03
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	113,22
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	63,67
Kuljetus, jakelukuorma-auto (15 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	96,65

### InfraDB päästökerroin, maansiirtoauto (32 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	203,08
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	321,47
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	114,73
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	188,73
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	108,42
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	179,25
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	89,49
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	150,80
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	61,09

Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	108,14
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	51,63
Kuljetus, maansiirtoauto (32 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	93,91

#### InfraDB päästökerroin, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	179,58
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	284,84
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	103,75
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	168,68
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	98,34
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	160,38
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	82,09
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	135,49
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	57,71
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	98,16
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	49,59
Kuljetus, puoliperävaunuyhdistelmä (40 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	85,71

#### InfraDB päästökerroin, täysperävaunuyhdistelmät (60 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	141,52
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	229,92
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	81,63
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	137,13
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	77,35
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	130,50
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	64,52
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	110,62
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	45,27
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	80,79
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	38,85
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (60 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	70,85

#### InfraDB päästökerroin, täysperävaunuyhdistelmät (76 t)

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 20 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	124,30
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 20 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	202,12
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 37,5 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	72,90
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 37,5 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	121,85
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 40 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	69,23
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 40 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	116,12
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 50 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	58,22

Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 50 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	98,92
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 80 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	41,69
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 80 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	73,12
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 100 % kuorma, maantieajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	36,19
Kuljetus, täysperävaunuyhdistelmät (76 t), 100 % kuorma, kaupunkiajo	g CO <sub>2</sub> e /tkm	64,52

### 3 Vesikuljetukset

#### 3.1. Tuotenimi, nimike ja standardit

Tunniste	Nimi
Suomenkielinen nimi	Vesikuljetukset: Rahti
Ruotsinkielinen nimi	Vattentransport: Gods
Englanninkielinen nimi	Water transport: Freight
Nimike, INFRA 2015	5550 Työmaakuljetukset <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konttilaiva, 1 000 TEU</li> <li>• Irtolastialus, bulk, keskikokoinen</li> </ul>

#### 3.2. Hiilijalanjälki

Seuraavassa esitetään vesikuljetusten hiilijalanjälkilaskennan taustatiedot (elinkaarivaiheille A4):

Päästökertoimet on poimittu LIPASTO:n yksikköpäästökerroin kannasta. Laivaliikenteen LIPASTO-päästökertoimet perustuvat merenkulun MEERI-laskentajärjestelmään vuodelle 2016. Tässä käytetään merirahtiliikenteen keskimääräisiä päästöjä ja energiankäyttöä. MEERI:n laskenta-arvot on tarkastettu yhteistyössä varustamoiden kanssa. LIPASTO-päästötietokanta sisältää erilaisia epäpuhtauksia sekä polttoaineen ja energian kulutuksen. Se sisältää myös lisätietoja alusluokista, kuten keskinopeudesta, käytöstä, etäisyydestä, omapainosta ja pää- ja apukonetehosta. LIPASTO-yksikön päästöissä otetaan huomioon edestakaisten matkojen todellinen kapasiteetin käyttö, minkä vuoksi päästökertoimet voivat olla korkeammat kuin teoreettisempia kuormituskertoimia olettamalla. Satamien päästöt sisältyvät päästökertoimiin. (LIPASTO Yksikköpäästötietokanta: Metodologia: Vesikuljetus)

Päästötietokannan päästökertoimet on poimittu VTT LIPASTO-järjestelmästä, jossa tarjotaan keskimääräiset vesiliikenteen päästöarvot vuodelle 2016. LIPASTO-arvot sisältävät yleiset polttoainetyypit ja ovat EEA Guidebook 2019:n mukaisia. Valitut laivatyyppit arvioitiin olennaisiksi infrarakentamisen hankkeisiin tarvittavien vesiliikenteen tavarakuljetuksiin. Konttilaivojen käyttöprosentti konteista LIPASTO:ssa on 65 % 1000 TEU:n aluksesta. Pienen irtolastialuksen osalta käyttöprosentti on 60 % DWT:n irtolastirahdin painosta. Paluumatkaa ei tarvitse laskea erikseen tässä tietokannassa, sillä se sisältyy LIPASTO:n päästökertoimiin valmiiksi. Raskas polttoöljy (HFO) ei sisällä laskennassa biokomponenttia.

LIPASTO-päästöarvoihin lisättiin JEC kaivosta-tankkiin-päästöarvot edustamaan koko kuljetusprosessin todellisia arvoja. JEC v.5 kaivosta-tankkiin päästöarvo dieselpolttoöljylle on 5,7 g CO<sub>2</sub>e/MJ. JEC-arvot lisätään LIPASTO:n päästökertoimeen kertomalla raskaan polttoöljyn kaivosta-tankkiin-prosessin osuus raskaan polttoöljyn palamisen päästökertoimella. LIPASTO:sta poimituihin arvoihin lisätään hankinnan lisäpäästöt, jotka ovat 7,4 % (raskas polttoöljy, HFO).



Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, konttilaiva, 1 000 TEU	g CO <sub>2</sub> e /tkm	44,9
Kuljetus, irtolastialus, bulk, keskikokoinen	g CO <sub>2</sub> e /tkm	13,4

## 4 Rautatiekuljetukset

### 4.1. Tuotenimi, nimike ja standardit

Tunniste	Nimi
Suomenkielinen nimi	Rautatiekuljetukset: rahti
Ruotsinkielinen nimi	Järnvägstransport: gods
Englanninkielinen nimi	Rail transport: freight
Nimike, INFRA 2015	5550 Työmaakuljetukset <ul style="list-style-type: none"> <li>Konttijuna, diesel, 686 t</li> </ul>

### 4.2. Hiilijalanjälki

Seuraavassa esitetään rautatiekuljetusten hiilijalanjälkilaskennan taustatiedot:

VTT LIPASTO- järjestelmästä poimittiin keskimääräiset raideliikenteen yksikköpäästöarvot vuodelle 2016. LIPASTO-arvot ovat EEA Guidebook 2019 -ohjekirjan mukaisia. Valittua junatyyppiä arvioitiin olennaisena rakennusprosessissa käytetyn rautateiden tavaraliikenteen päästöjen laskennassa. Tyhjien vaunujen takaisinkuljetusta ei tarvitse laskea erikseen, koska ne kuljetetaan takaisin yhdistettynä muihin juniin. LIPASTO:n tyyppisessä junassa kontteja on 99 (TEU), joista 23 on tyhjiä. Ladatun kontin nettokuorma on 9 t/TEU, taarapaino 2,2 t/TEU.

Päästöarvot perustuvat LIPASTO:n Yksikköpäästöt-tietokannan RAILI-laskentamalliin.

Yksikköpäästöt on annettu kuljetusyksikköä ja kilometriä kohti. LIPASTO:n junaliikenteen päästökertoimet perustuvat suurimman rautatieyrityksen VR-konsernin junien tietoihin ja VR:n tilaamiin mittauksiin sekä veturivalmistajien tietoihin.

Pääosa infrarakentamisen materiaaleista on arvioitu kuljetettavan valitulla junatyyppillä, jolle päästöarvo on tuotettu tietokantaan. LIPASTO-päästöarvoihin lisättiin JEC kaivosta-tankkiin-arvot edustamaan koko kuljetusprosessin todellisia arvoja. Raideliikenteen arvo ei sisällä laskennassa biokomponenttia. LIPASTO:sta poimittuun arvoon lisätään hankinnan päästöt, jotka ovat 25,4 % (fossiilinen diesel).

Tuote	Yksikkö	Päästökerroin
Kuljetus, konttijuna, diesel, 686t	g CO <sub>2</sub> e /tkm	22,5

## LÄHTEET

- Aulakoski, A., Montin, P., Lydman, P. & Häyrynen K. 2014. Panospohjaisen CO<sub>2</sub>- laskennan pilotointi väylähankkeessa - Kehä I liittymän parantaminen Kivikonttien eritasoliittymän kohdalla. Liikennevirasto, infra- ja ympäristöosasto. Helsinki 2014. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 18/2014. 38 s; 2 liitettä. ISSN-L 1798-6656, ISSN 1798-6664, ISBN 978-952-255-443-7
- Finland's IIR 2020 Part 3 Transport. Finland's Informative Inventory Report 2020 Under The UNECE CLRTAP and the EU NECD Air Pollutant Emissions 1980-2018.  
<https://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B81920A48-C9F8-4513-A915-217D586FF570%7D/144872>
- Päästöttömät työmaat – kestävien hankintojen green deal -sopimus. 2020. Sitoumus2050.  
<https://sitoumus2050.fi/paastotontyomaa#/>
- Fuel Classification 2020. Statistics Finland.  
[https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut\\_polttoaineluokitus.html](https://www.stat.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html)
- LIPASTO TYKO 2019. Calculation model for working machines. (in Finnish).[http://lipasto.vtt.fi/tyko/tyko\\_menetelma.pdf](http://lipasto.vtt.fi/tyko/tyko_menetelma.pdf)
- LIPASTO unit emissions. Freight. <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/indexe.htm>. Last updated 7.7.2017.
- LIPASTO unit emissions database: Methodology. [http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/infoe\\_tie.htm](http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/infoe_tie.htm)
- Mäkelä K., & Auvinen H. 2009. LIPASTO: Transport Emission Database. In publication : Life cycle assessment of products and technologies. VTT Symposium 262. ISBN 978-951-38-7586-2.  
<https://cris.vtt.fi/en/publications/lipasto-transport-emission-database>
- Prussi, M., Yugo, M., De Prada, L., Padella, M., Edwards, R. and Lonza, L., JEC Well-to-Tank report v5: Annexes. 2020. Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-76-19926-7, doi:10.2760/959137, JRC119036.
- Raivio, T., Laine, A., Klimscheffskij, M., Lehtomäki, J., Heino, A., Jonsson, H., Pokela, P. & Ahlfors M. 2020. Vähähiilinen rakennusteollisuus 2035. Osa 2: Vähähiilisyiden mahdollisuuksien tarkastelu. Taustaraportti. Gaia Consulting. [https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiili\\_seminaaries/raportit\\_lopulliset/rt-raportti-2\\_vahahiilisyiden-mahdollisuudet\\_final.pdf](https://www.rakennusteollisuus.fi/globalassets/ymparisto-ja-energia/vahahiili_seminaaries/raportit_lopulliset/rt-raportti-2_vahahiilisyiden-mahdollisuudet_final.pdf)
- SVT. 2022. Suomen virallinen tilasto (SVT): Tieliikenteen tavarankuljetukset [verkkojulkaisu]. ISSN=1798-2995. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 24.10.2022]. Saantitapa: <http://www.stat.fi/til/kttav/index.html>
- Traficom. 2021a. Tiekuljetusten kuljetusmäärät. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/tiekuljetusten-kuljetusmaarat>
- Traficom. 2021b. Vesikuljetusten kuljetusmäärät. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/vesikuljetusten-kuljetusmaarat>
- Traficom. 2022. Rautatiekuljetusten kuljetusmäärät. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/rautatiekuljetusten-kuljetusmaarat>
- VTT. 2021. Liikenteen kasviuonekaasupäästöjen perusennuste 2020-2045. Päivitetty 13.9.2021. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUISTIO\\_20200422120412.pdf](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUISTIO_20200422120412.pdf)

## LIITE 1. Osakuormien laskentakaava (LIPASTO)

### LIPASTO: Osakuorman laskenta:

$$[e_x = (e_a + ((e_b - e_a) / l_c \times l_x)) / l_x]$$

$$e_x = \text{Päästö tonnikilometriä kohden kuormalla } x \text{ [g/tkm]}$$

$$e_b = \text{Täyden auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]}$$

$$e_a = \text{Tyhjän auton päästö ajoneuvokilometriä kohden [g/km]}$$

$$l_c = \text{Auton kantavuus [t]}$$

$$l_x = \text{Kuorma } x \text{ [t]}$$

**Esimerkki: 50 % osakuorman laskenta LIPASTO:n laskentaohjeiden mukaisesti maantie- ja kaupunkiajolle 40-tonniselle puoliperävaunulle:**

*Maantieajo:*

$$\text{kuorma (12.5t)} = (630 \text{g CO}_2/\text{tkm} + (962 \text{ CO}_2/\text{tkm} - 630 \text{ CO}_2/\text{tkm})/25 \times 12.5\text{t})/12.5\text{t} = 63.7 \text{ g/tkm}$$

*Kaupunkiajo:*

$$\text{kuorma (12.5t)} = (965 \text{ CO}_2/\text{tkm} + (1662 \text{ CO}_2/\text{tkm} - 965 \text{ CO}_2/\text{tkm})/25 \times 12.5\text{t})/12.5\text{t} = 105.1 \text{ g/tkm}$$