

PÄÄSTÖKERTOIMIEN MÄÄRITTÄMINEN CITICAP-SOVELLUKSEEN

Tähän dokumenttiin on koottu tiivistetysti tietoja perusteista, joilla liikumisen päästökertoimet on määritetty Citicap -hankkeessa kehitettyyn sovellukseen. Testausvaiheessa käytetyt päästökertoimet on osittain päivitetty 2020 alussa. Peruseriaate on se, että kaikkiin liikumistapoihin on sisällytetty elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt, jotka aiheutuvat polttoaineen palamisesta, polttoaineen/sähkön valmistamisesta ja ajoneuvojen valmistamisesta. Polttoaineen palamisesta johtuvat päästöt eri kulkuneuvoille on koottu pääosin VTT:n Lipasto tietokannasta. Polttoaineiden valmistuksen päästöt on koottu erilaisista kirjallisuuslähteistä ja tietokannoista. Ajoneuvojen valmistamisen päästöihin liittyy merkittävin epävarmuustekijä. Nämä tiedot on koottu erilaisista kirjallisuuslähteistä. Taustalaskennassa käytettäviä päästökertoimia voidaan muokata ja päivittää sitä mukaan kun uutta tietoa on saatavilla.

POLTTOAINEEN JA LIIKKUMISENERGIAN VALMISTUKSEN PÄÄSTÖT

Fossiilisten polttoaineiden valmistuksen päästöt aiheutuvat öljyn pumppaamisesta, kuljettamisesta ja jalostamisesta. European Commission (2015) laajan selvityksen mukaan EU:n alueella myytävän bensiinin valmistuksen päästökerroin on 18,97 gCO_{2eq}/MJ ja dieselin 18,17 gCO_{2eq}/MJ.

Tässä selvityksessä käytettyjä uusiutuvia liikenteen polttoaineita ovat biokaasu, uusiutuva/biodiesel ja etanoli. Uusiutuvien liikennepolttoaineiden päästökertoimet vaihtelevat hyvin laajalla skaalalla mm. raaka-aineesta ja tuotantoteknologiasta johtuen ja EU:n direktiivi 2018/2001 mukaan esimerkiksi lantapohjainen biokaasun päästökerroin voi olla jopa negatiivinen. Tässä selvityksessä on oletettu, että Suomessa käytettävät biopoltonesteet (bio- ja uusiutuva diesel, sekä etanoli) tuotetaan etupäässä jätteen ja tähdepohjaisista raaka-aineista ja ne johtavat noin 80% päästöalennamaan fossiilisiin polttoaineisiin verrattuna. Näin ollen näille kaikille on käytetty arvoa 19 gCO_{2eq}/MJ sisältäen jakelun (direktiivi 2018/2001). Biokaasun elinkaaren aikaisiksi päästöiksi on oletettu niin ikään 19 gCO_{2eq}/MJ (Seppälä et al. 2019)

Tässä selvityksessä Suomen keskimääräiselle sähköntuotannolle on käytetty arvoa 43,9 gCO_{2eq}/MJ. Tämän lisäksi vesisähkön tuotannon päästökertoimeksi on valittu 4 gCO_{2eq}/MJ ja tuulisähkölle 2 gCO_{2eq}/MJ. (Motiva 2019, Dolan et al. 2012, Raadal et al. 2011) Keskimääräistä sähköntuotannon päästökerrointa on käytetty sähköautojen liikkumiseen, kun taas junien, metrojen ja raitiovaunujen on oletettu kulkevan pääasiassa uusiutuvalla sähköllä, johtuen VR:n ja HSL:n sähkönhankinnasta.

AJONEUVOJEN VALMISTUKSEN PÄÄSTÖT

Ajoneuvojen valmistuksen päästöistä ja päästöjen jakautumisesta henkilökilometriä kohden löytyy melko heikosti tarkkoja Suomen olosuhteisiin soveltuvia tietoja. Näihin päästöihin vaikuttaa merkittävästi se, kuinka paljon ajoneuvoa käytetään sen elinkaaren aikana (km) ja kuinka suuri täyttöaste keskimäärin saavutetaan (matkustajia). Tämän lisäksi esimerkiksi sähköautojen akkujen valmistuksen päästöihin liittyen on julkaistu paljon uusia tutkimuksia.

Valmistuksen päästöjen merkitys korostuu henkilöautoilla, joiden elinkaaren aikainen käyttöaste on huomattavasti matalampaa kuin joukkoliikennevälineillä. Joukkoliikennevälineiden valmistuksen päästöjen mataluus henkilökilometriä kohden johtuu erityisesti siitä, että valmistuksen päästöt jakautuvat suurelle määrälle liikkumiskilometrejä ja matkustajia. Joukkoliikennevälineillä tiedot perustuvat pääasiassa Chester & Horwath (2009) ja Nordelöf et al. (2019) julkaisun tietoihin. Tässä selvityksessä käytetyt päästökertoimet joukkoliikennevälineiden valmistukselle ovat:

- Junat, metrot, raitiovaunut 3 gCO_{2eq}/hkm
- Bussi 8 gCO_{2eq}/hkm

Polkupyöräilyn päästöt aiheutuvat ainoastaan polkupyörän valmistamisen päästöistä. Tässä niiden on oletettu olevan noin 5 gCO_{2eq}/km (European cyclist federation 2011). Tätä hanketta varten tehtiin myös päivitetty laskenta polkupyörän valmistuksen päästöistä ja tulokseksi saatiin niin ikään noin 5 gCO_{2eq}/km.

Henkilöautojen valmistuksen päästöt on laskettu EEA (2018) raportissa esitettyjen tietojen pohjalta. Raportin mukaan valmistus vaiheen päästöt ovat karkeasti 4 tCO_{2eq} pienille, 6 tCO_{2eq} keskikokoisille ja 9 tCO_{2eq} suurille polttomoottoriautoille. Sähköautojen valmistuksen päästöiksi on arvioitu noin 10 tCO_{2eq} (EEA 2018; Emilsson & Dahllöf 2019). Tässä tarkastelussa oletuksena on, että autoilla ajetaan elinkaaren aikana noin 350 000 km ja tänä aikana sähköautoihin ei vaihdeta akustoa. Näin ollen päästökertoimet valmistamisesta liikkua kilometriä kohden ovat 11,4 gCO_{2eq}/km pienille, 17,1 gCO_{2eq}/km keskikokoisille ja 25,7 gCO_{2eq}/km suurille polttomoottoriautoille, sekä 28,6 gCO_{2eq}/km sähköautoille.

POLTTOAINEEN PALAMISESTA JA SÄHKÖN VALMISTUKSESTA AIHEUTUVAT PÄÄSTÖT AJON AIKANA

Junat. VTT:n Lipasto tietokannan pohjalta voidaan laskea, että erilaisten junatyyppien sähkönkulutus Suomessa on keskimäärin noin 0,3 MJ/hkm. VR Group ilmoittaa käyttävänsä 100% uusiutuvaa, vesivoimalla tuotettua sähköä. (VR 2018) Tämän lisäksi satunnainen dieselin käyttö aiheuttaa 1,4 gCO_{2eq}/hkm päästön (Säynätjoki 2018). Näillä tiedoilla sähkön tuotannosta ja dieselin käytöstä aiheutuva päästökerroin on noin 2,6 gCO_{2eq}/hkm.

Metrot ja raitiovaunut. VTT:n Lipasto tietokannan mukaan metrojen keskimääräinen sähkönkulutus on 0,65 MJ/hkm ja raitiovaunujen 0,86 MJ/hkm. Metrojen ja raitiovaunujen sähkö hankitaan kokonaan uusiutuvista energialähteistä siten, että 50% tuotetaan tuulella ja 50% vesivoimalla (HKL). Näin ollen uusiutuvan sähkön käytöstä aiheutuu metroille 2,0 gCO_{2eq}/hkm ja raitiovaunuille 2,6 gCO_{2eq}/hkm päästöt.

Bussi. Kulkukauppasovellus ei tunnista tapahtuuko liikkuminen kaupunkibussissa vai pitkänmatkan linja-autossa. Molemmille bussityypeille on oletettu, että polttoaineesta on 15% uusiutuvaa. Polttoaineen kulutuksille ja suorille päästöille on käytetty VTT:n Lipasto tietokannan keskimäärisiä tietoja, kuitenkin niin, että paikallisbussien matkustajakohtainen päästökerroin on säädetty vastaamaan 11 matkustajaa, joka voidaan karkeasti laskea Lahden paikallisbussien keskimääriseksi matkustajamääräksi. Henkilöliikennetutkimuksen (2016) tietojen pohjalta voidaan laskea, että keskimäärisestä bussilla ajettua kilometristä 40% tehdään paikallisbusseilla ja 60% pitkän matkan busseilla. Näiden tietojen pohjalta voidaan laskea, että henkilöä kohden kuljetun bussikilometrin fossiilisen polttoaineen palamisesta aiheutuva päästö on keskimäärin noin 44,6 gCO_{2eq}/hkm.

Henkilöauto (bensa ja diesel). Bensa ja diesel käyttöisten henkilöautojen keskimääräiseksi kulutukseksi on valittu VTT:n Lipasto tietokannan mukaisesti 2,1 MJ/km (diesel) ja 2,3 MJ/km (bensa). Tämä koostuu maantieajosta 73% ja katuajasta 27 %. Tässä selvityksessä on käytetty oletusta, että Suomessa fossiilisten polttoaineiden sekaan sekoitetaan noin 15% uusiutuvaa komponenttia (Jääskeläinen 2017). Suorat kasvihuonekaasupäästöt ovat 159 gCO_{2eq}/km (bensa) ja 141 gCO_{2eq}/km (diesel), joista 85% aiheutuu fossiilisesta bensasta ja loput 15% hiilidioksidista on biogeenistä (aiheutuu etanolin tai uusiutuvan dieselin palamisesta), eikä sitä ole otettu mukaan tarkasteluun. Näin ollen suorat fossiiliset kasvihuonekaasupäästöt ajamisesta ovat 135 gCO_{2eq}/km (bensa) ja 120 gCO_{2eq}/km (diesel) ja keskimääräiselle autolle 128 gCO_{2eq}/km. Seppälä et al. (2019) pohjalta on laskettu suorat päästöt myös pienelle ja isolle henkilöautolle joka käyttää bensaa tai dieseliä. Pienen auton päästöt ovat 106 ja suuren 134 gCO_{2eq}/km.

Henkilöauto (sähkö). Sähköauton kulutukseksi on valittu Seppälä et al. (2019) esittämä noin 0,17 kWh/km. Näin ollen sähköauton ajamisen päästöt johtuen keskimääräisestä suomalaisesta sähköntuotannosta ovat noin 27 gCO_{2eq}/km. Tämä toki riippuu voimakkaasti käytetyn sähkön tuotannon päästökertoimesta.

Henkilöauto (kaasu). VTT:n Lipasto tietokannan mukaan kaasukäyttöisen henkilöauton kaasun kulutus on noin 1,9 MJ/km. Kulkukauppasovelluksessa on oletettu, että kaasukäyttöinen auto kulkee pääasiassa biokaasulla. Biokaasun valmistuksesta aiheutuvat päästöt ovat siis noin 36 gCO_{2eq}/km

Biopolttoaineet korkeina sekoitussuhteina. Uusiutuvan dieselin ja etanolin tankkaaminen korkeina sekoitussuhteina johtaa käyttäjän oman hiilijalanjäljen merkittävään alenemiseen ja polttoaineista ja ajosta aiheutuvat päästöt ovat karkeasti samaa luokkaa kuin biokaasun käytössä. Jakeluvelvoitelainsäädännöstä johtuen tällöin kuitenkin vähennetään fossiilisen polttoaineen sekaan sekoitettavan uusiutuvan komponentin määrä, jolloin systeemitasolla päästövähennykset kumoutuvat ainakin osittain. Tästä syystä Citicap -sovelluksessa käytetään myös Seppälä et al. (2019) esitettyä tulkintaa siitä, että biopolttonesteiden tankkaaminen korkeina sekoitussuhteina ei laske päästöjä systeemitasolla.

KOKONAISPÄÄTÖS ELINKAAREN AJALTA

Seuraavaan taulukkoon 1 on koottu edellä kuvattujen laskentaperusteiden mukaisesti muodostuvat elinkaaren aikaiset kasvihuonekaasupäästöt eri kulkuvälineille.

Taulukko 1. Päästökertoimet Citicap-sovelluksessa

	Suorat päästöt fossiilisten polttoaineiden palamisesta [gCO _{2eq} /hkm]	Polttoaineiden ja energian valmistus [gCO _{2eq} /hkm]	Ajoneuvojen valmistus [gCO _{2eq} /hkm]	Yhteensä [gCO _{2eq} /hkm]
Bussi	44,6	10,6	8	63,2
Juna	0	2,6	3	5,6

Raitiovaunu	0	2,6	3	5,6
Metro	0	2,0	3	5,0
Henkilöauto (keskimääräinen)	127,5	41,0	17,1	185,6
Henkilöauto (pieni)	105,8	34,0	11,4	151,2
Henkilöauto (suuri)	133,7	42,9	25,7	202,3
Henkilöauto (kaasu)	0	36,1	17,1	53,2
Henkilöauto (sähkö)	0	26,9	28,6	55,4
Pyörä	0	0	5	5

LÄHTEET

Chester, M., V., Horvath, A. 2009. Environmental assessment of passenger transportation should include infrastructure and supply chains. Environmental research letters 2009 (4)

Direktiivi 2018/2001

Dolan et al. 2012 Life Cycle Greenhouse gas emissions of utility-scale wind power. Systematic review and harmonization

EEA. 2018. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. 13/2018.
<https://www.eea.europa.eu/publications/electric-vehicles-from-life-cycle>

Emilsson, E., Dahllöf, L. 2019. Lithium-Ion Vehicle Battery Production. Status 2019 on Energy Use, CO₂ Emissions, Use of Metals, Production Environmental Footprint, and Recycling. Swedish Energy Agency.

European Commission. 2015. Study on actual GHG data for diesel, petrol, kerosene and natural gas. Final report.

European cyclist federation. 2011. Cycle more often 2 cool down the planet. Quantifying CO₂ savings of cycling. <https://ecf.com/groups/cycle-more-often-2-cool-down-planet-quantifying-co2-savings-cycling>

HKL. HKL ja ympäristö. http://www.matkustapuhtaasti.fi/fi/HKL_ja_ymparisto

Jääskeläinen, S. 2017. Liikenteen uusiutuvan tavoitteet 2017. Liikenne- ja viestintäministeriö. https://www.energiavirasto.fi/documents/10191/0/Saara+J_Liikenne+ja+uusiutuvat_UE+p%C3%A4iv%C3%A4_20170124.pdf/96723949-d77b-4af2-855c-5602ba99f958

Liikennevirasto. 2018. Henkilöliikennetutkimus 2016. Suomalaisten liikkuminen.

Motiva. 2019. CO₂ päästökertoimet. https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiankaytto_suomessa/co2-laskentaohje_energiankulutuksen_hiilidioksidipaastojen_laskentaan/co2-paastokertoimet

Nordelöf, A., Romare, M., Tivander, J. 2019. Life cycle assessment of city buses powered by electricity, hydrogenated vegetable oil or diesel. Transportation Research part D. 75, 211-222

Raadal et al. 2011 Life Cycle Greenhouse gas emissions from generation of wind and hydro power. Renewable and sustainable energy reviews.

Seppälä, J., Munther, J., Viri, R., Liimatainen, H., Weaver, S., Ollikainen, M. 2019. Autolaskurin käyttöopas ja laskennan perusteet. Suomen Ilmastopaneeli. 11/2019

Säynätjoki, T. 2018. Sähköpostikirjeenvaihto.

VR. 2018. Ilmastonmuutoksen hillintä.
<https://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/vastuullisuus/ymparisto/ilmastonmuutoksen-hillinta/>

VTT Lipasto tietokanta. <http://lipasto.vtt.fi/>