

Akkutuotanto ja liikenteen CO₂- päästöt

Kirjoittajat: Laura Sokka, Marko Paakkinen, Saija Vatanen, Mikko Pihlatie

Raportin nimi Akkutuotanto ja liikenteen CO ₂ -päästöt		
Asiakkaan nimi, yhteyshenkilö ja yhteystiedot Vesa Koivisto Suomen Malmijalostus Oy PL 800, 00101 Helsinki		Asiakkaan viite
Projektin nimi Akkutuotanto ja liikenteen CO ₂ -päästöt		Projektin numero/lyhytnimi 123669 BatteryCO2
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tässä työssä vertailtiin kahden eri akkukennotuotantokapasiteetin, 10 GWh/a ja 16 GWh/a, vaikutusta liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin. Laskenta perustui kolmeen eri vaihtoehtoon: 1) kaikki akut asennettiin ladattaviin hybridi ajoneuvoihin, 2) kaikki akut asennettiin täyssähköautoihin ja 3) 40 % akuista asennettiin täyssähköautoihin ja 60 % ladattaviin hybridi autoihin. Näitä verrattiin bensiinikäyttöiseen polttomoottoriautoon. Käytönaikaisen latauksen sähköntuotannon osalta tarkasteltiin kolmea eri skenaariota: suomalaista ja keskimääräistä eurooppalaista sähköntuotantoprofiilia sekä vaihtoehtoa, jossa kaikki sähkö tuotetaan tuulivoimalla.</p> <p>Laskelmat osoittivat, että suurimmat kokonaispäästövähennykset saavutetaan vaihtoehdossa, jossa kaikki akut asennetaan ladattaviin hybridi autoihin. Tämä johtuu yksinomaan siitä, että samasta akkukennojen määrästä pystytään tuottamaan noin kuusinkertainen määrä ladattavia hybridejä verrattuna täyssähköautoihin, ja autojen käytönaikaisten päästöjen ero on kohtalaisen pieni, olettaen ladattavalla hybridillä sähköajon osuudeksi 80%. Vähennykset olivat suurimmat skenaariossa 1, jossa käytetty sähkö tuotettiin tuulivoimalla, ja pienimmät keskimääräistä eurooppalaista sähköä käyttäneissä vaihtoehdoissa (skenaario 3).</p> <p>Elinkaarivaiheittainen tarkastelu osoitti, että prosentuaalisesti suurin osa päästöistä muodostui ladattavan hybridin tapauksessa käytetystä polttoaineesta sekä sähköstä. Täyssähköauton tapauksessa suurimmat vaikutukset aiheutuvat sähköntuotannossa sekä akkujen valmistukseen käytettyjen raaka-aineiden tuotannosta. Muiden akun tuotantovaiheiden osuus kokonaispäästöistä oli hyvin pieni.</p>		
Espoo 18.12.2019 Laatija	Tarkastaja	Hyväksyjä
Laura Sokka Erikoistutkija	Ari Hentunen Tutkija	Miika Rämä Tutkimustiimin päällikkö
VTT:n yhteystiedot Vuorimiehentie 3, Espoo. PL 1000, 02044 VTT.		
Jakelu (asiakkaat ja VTT) FMG Oy, VTT Oy		
<i>VTT:n nimen käyttäminen mainonnassa tai tämän raportin osittainen julkaiseminen on sallittu vain Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:ltä saadun kirjallisen luvan perusteella.</i>		

Sisällysluettelo

Sisällysluettelo.....	2
1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet	3
2. Toteutus.....	3
3. Tulokset.....	6
4. Johtopäätökset ja yhteenveto.....	11
Lähdeviitteet.....	12

1. Toimeksiannon kuvaus ja tavoitteet

Ilmaston lämpenemisen rajoittaminen reilusti alle kahteen asteeseen suhteessa esiteolliseen aikaan tämän vuosisadan loppuun mennessä edellyttää todella nopeita ja tehokkaita kasvihuonekaasupäästöjen vähennystoimia. Liikenne aiheuttaa tällä hetkellä noin 20 prosenttia Suomen kaikista kasvihuonekaasupäästöistä ja noin 40 prosenttia ei-päästökauppasektorin päästöistä. Kotimaan liikenteen hiilidioksidipäästöt olivat yhteensä noin 11,1 miljoonaa tonnia vuonna 2017 (Tilastokeskus 2019a). Globaalisti liikenteestä aiheutui noin 7,9 GtCO₂ päästöjä vuonna 2016 (24 % kaikista päästöistä) (IEA 2019).

Kansallisen energia- ja ilmastostrategian tavoittena on vähentää liikenteen kasvihuonekaasupäästöjä noin 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä (Huttunen 2017). Koska liikenteen päästöistä tieliikenteen osuus on noin 90 prosenttia, tarvitaan toimenpiteitä nimenomaan tieliikenteen, ja erityisesti autoilun päästöjen vähentämiseen. Keskeinen toimenpide tässä on toisaalta fossiilisen polttoaineen korvaaminen vaihtoehtoisilla, eli käytännössä biopohjaisilla, polttoaineilla, sekä ennen kaikkea polttomoottoriautojen korvaaminen sähköautoilla.

Tämän selvityksen tavoitteena oli verrata toisiinsa tietyn akkutuotantomäärän päästövähennysvaikutusta suhteessa polttomoottoriajoneuvojen päästöihin, kun akut asennettiin joko sähköautoihin tai ladattaviin hybrideihin.

2. Toteutus

Arviointimenetelmänä tässä selvityksessä käytettiin elinkaariarviointia (*life cycle assessment, LCA*) (Curran 2013). LCA on menetelmä tietyn tuotteen, palvelun tai järjestelmän potentiaalisten ympäristövaikutusten kvantitatiiviseen ja systemaattiseen arviointiin läpi koko sen elinkaaren. Elinkaariarviointi perustuu ISO standardeihin, ennen kaikkea standardeihin ISO 14040:2006 (Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet), sekä (ISO 14044:2006, Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja).

Työn tavoitteena oli vertailla kahden eri akkukennotuotantokapasiteetin, **10 GWh/a** ja **16 GWh/a**, vaikutusta liikenteen kasvihuonekaasupäästöihin.

Laskennassa tarkasteltiin kolmea eri vaihtoehtoa:

- 1) Kaikki akut asennetaan täyssähköautoihin.
- 2) Kaikki akut asennetaan ladattaviin hybridiajoneuvoihin.
- 3) 40 % akuista asennetaan täyssähköautoihin ja 60 % ladattaviin hybridiautoihin.

Vaihtoehdon kolme prosenttiosuudet (40 % täyssähköautoihin ja 60 % ladattaviin hybrideihin) valittiin Global EV Outlook 2018 -raportin skenaarioiden perusteella (IEA 2018). Näitä verrattiin bensiinikäyttöisen polttomoottoriauton aiheuttamiin käytönaikaisiin päästöihin. Käytönaikaisen latauksen sähköntuotannon osalta tarkasteltiin kolmea eri skenaariota:

- 1) Kaikki sähkö tuotetaan tuulivoimalla
- 2) Kaikki sähkö tuotetaan keskimääräisellä suomalaisella sähköllä
- 3) Kaikki sähkö tuotetaan keskimääräisellä eurooppalaisella sähköllä

Tällä hetkellä myynnissä olevista automalleista haettiin valmistajaa ja mallia, joka tarjoaisi parhaan vertailtavuuden eri autotyyppien välillä. Tällä perusteella kaikkien autovaihtoehtojen oletettiin olevan merkkiä Kia. Sähköauto ja ladattava hybridi oletettiin malliksi Kia Niro. Koska Kialla ei ole Nirossa pelkkää bensiinikäyttöistä versiota, valittiin bensiiniauton malliksi lähin vastaava bensiinimalli eli Sportage. Tarkempia tietoja autoista sekä muista laskennan oletuksista esitetään taulukossa 1. Autojen elinkaaresta tarkastelussa huomioitiin vain akkujen valmistus (hybridi ja täyssähkö) sekä käytön aikaiset päästöt. Muiden elinkaaren vaiheiden oletettiin olevan samat eri vaihtoehtoisissa, eli akkua lukuunottamatta koko muun voimalinjan (bensiinimoottori, sähkömoottori, invertteri) elinkaaripäästöt oletettiin samoiksi.

Ladattavan hybridin hiilidioksidipäästöt riippuvat pääasiassa sähköllä ajettavien kilometrien osuudesta suhteessa kokonaiskilometrimäärään, joten sen osalta laskelmaan sisältyy eniten epävarmuuksia. Tässä laskelmassa laskettiin ladattavan hybridin päästöt käyttäen autolle ilmoitettuja WLTP-kulutuslukemia sähkön ja polttoaineen osalta yhdistetyssä ajosyklissä. Vertailun vuoksi tehtiin tarkistuslaskelma, jossa hyödynnettiin EPA:n¹ kyseiselle automallille ilmoittamia kulutuslukemia pelkällä sähköllä ja pelkällä bensiinillä ajettaessa, olettaen sähköllä ajamisen osuudeksi 80% kilometreistä (Motiva 2019). Lopullisissa tuloksissa on käytetty laskelmien pohjana WLTP-kulutuslukemia.

Myynnissä olevien täyssähköautojen akkujen koko vaihtelee tällä hetkellä noin välillä 38 - 100 kWh. Keskimäärin eurooppalaisten myyntitilastojen mukaan täyssähköautoissa oli vuoden 2019 ensimmäisellä vuosineljänneksellä 55 kWh kokoinen akku, ja tarkasteltaessa tulossa olevia uusia malleja, voidaan olettaa keskiarvon nousevan lähelle 60 kWh:a lähivuosina. Vastaavasti ladattavissa hybrideissä akun keskikoko oli alkuvuonna 2019 noin 11 kWh. Tähän tarkasteluun akun kooksi valittiin täyssähköautolle 64 kWh (Kia e-Niro), jolloin 10 GWh vastaisi akkuja 156 250 täyssähköautoon ja 16 GWh 250 000 täyssähköautoon. Ladattavalle hybridille valittiin 8,9 kWh akusto (Kia Niro PHEV). Tällöin 10 GWh vastaa 1 123 596 ladattavaa hybridiautoa ja 16 GWh 1 797 753 ladattavaa hybridiautoa.

Autojen eliniäksi oletettiin 21 vuotta skenaarioissa 1 ja 2 (nykyisin keskimäärin 20,6 vuotta Autoalan tiedotuskeskuksen (2019) mukaan ja 15 vuotta skenaariossa 3 (Mehlhardt et al. 2011)). Skenaarioissa 1 ja 2 akut oletettiin vaihdettavan kerran kymmenen vuoden käytön jälkeen. Skenaariossa 3, jossa autojen käyttöikä oli vain 15 vuotta, akut oletettiin vaihdettavan vain 25 prosenttiin autoista kymmenen vuoden käytön jälkeen. Skenaarioissa 1 ja 2 vuotuisiksi ajokilometreiksi oletettiin 15 400 km vuodessa (Henkilöliikennetutkimus 2016 / Väylä, s. 77) ja 12 000 km skenaarioissa 3 (ODYSSEE-MURE H2020 project).

Taulukko 1. Laskennassa käytettyjä lähtötietoja.

	Bensiiniauto	Ladattava hybridi	Täyssähköauto	Yksikkö	Lähde
	Kia Sportage 1.6 GDI 177 hv EX	Kia Niro 1.6 GDI plug-in hybrid EX	Kia e-Niro EX		
Omamassa	1502-1562	1576	1748	kg	Valmistajan ilmoitus
Akkukoko	-	8,9	64	kWh	Valmistajan ilmoitus
WLTP-kulutus (sähkö)		12,2	14,1	kWh/100 km	Valmistajan ilmoitus
WLTP-kulutus (benssiini)	7,6-8,2	1,4	0	l/100 km	Valmistajan ilmoitus

¹ Kia Niro PHEV Fuel economy, <https://www.fueleconomy.gov/feg/Find.do?action=sbs&id=40863>

WLTP-toimintamatka sähköllä		49	455	km	Valmistajan ilmoitus
Ensimmäisen akun valmistuksen päästö	0	757	5440	kg	FMG 2019
Toisen akun valmistuksen päästö		312	2240	kg	Philippot et al. 2019
Auton käyttöaika Suomessa	21	21	21	a	Autoalan tiedotuskeskus 2019
Auton käyttöaika EU:ssa keskimäärin	15	15	15	a	Mehlhardt et al. 2011
Akun kestoikä		10-15	10-15	a	VTT:n arvio

Taulukko 2. Päästölaskennassa käytettyjä lähtötietoja.

Päästökomponentti	Päästö	Yksikkö	Lähde
Akkuvalmistuksen ominaispäästöt 2019	85	kg CO ₂ /kWh	FMG 2019
Akkuvalmistuksen ominaispäästöt 2029 (oletus)	35	kg CO ₂ /kWh	Philippot et al. 2019
Bensiinin ominaispäästöt WTT	87	g CO ₂ eq/MJ	JEC 2014
Bensiinin energiatiheys	41,9	MJ/kg	Tilastokeskus 2019b
Bensiinin tiheys (95E10)	0,75	kg/l	
Bensiinin ominaispäästöt / l, WTT	2733,975	g	

Koska sähköntuotannon päästöjen odotetaan laskevan voimakkaasti kasviuonekaasupäästöjen vähentämistoimien johdosta, skaalattiin skenaarioiden 1 ja 3 laskennassa käytettyä sähköntuotannon päästökerrointa alaspäin yli ajan (Taulukot 3 ja 4). VTT:n arvio perustuu aiemmin tehtyyn päästömallinnustyöhön (esim. Koljonen et al. 2019).

Taulukko 3. Suomalaisen sähköntuotannon ominaispäästöjen oletettu kehitys

Vuodet	Kerroin	Yksikkö	Lähde
2019-2024	184	g CO ₂ /kWh	SYKE 2019
2025-2029	90	g CO ₂ eq./kWh	VTT: n arvio
2030-2034	75	g CO ₂ eq./kWh	VTT:n arvio

2035-2041	60	g CO _{2eq} /kWh	VTT:n arvio
-----------	----	--------------------------	-------------

Taulukko 4. Keskimääräisen eurooppalaisen sähköntuotannon oletettu ominaispäästöjen muutos

Vuodet	Päästökerroin	Yksikkö	Lähde
2019-2024	424	g CO _{2eq} /kWh	Ecoinvent Database, v. 3.5, data for ENTSO-E countries, low voltage ²
2025-2029	382	g CO _{2eq} /kWh	Arvioitu EU-tavoitteiden ja päästöoikeuksien suunnitellun vähenemän perusteella.
2030-2034	305	g CO _{2eq} /kWh	Arvioitu EU-tavoitteiden ja päästöoikeuksien suunnitellun vähenemän perusteella.
2033	214	g CO _{2eq} /kWh	Arvioitu EU-tavoitteiden ja päästöoikeuksien suunnitellun vähenemän perusteella.

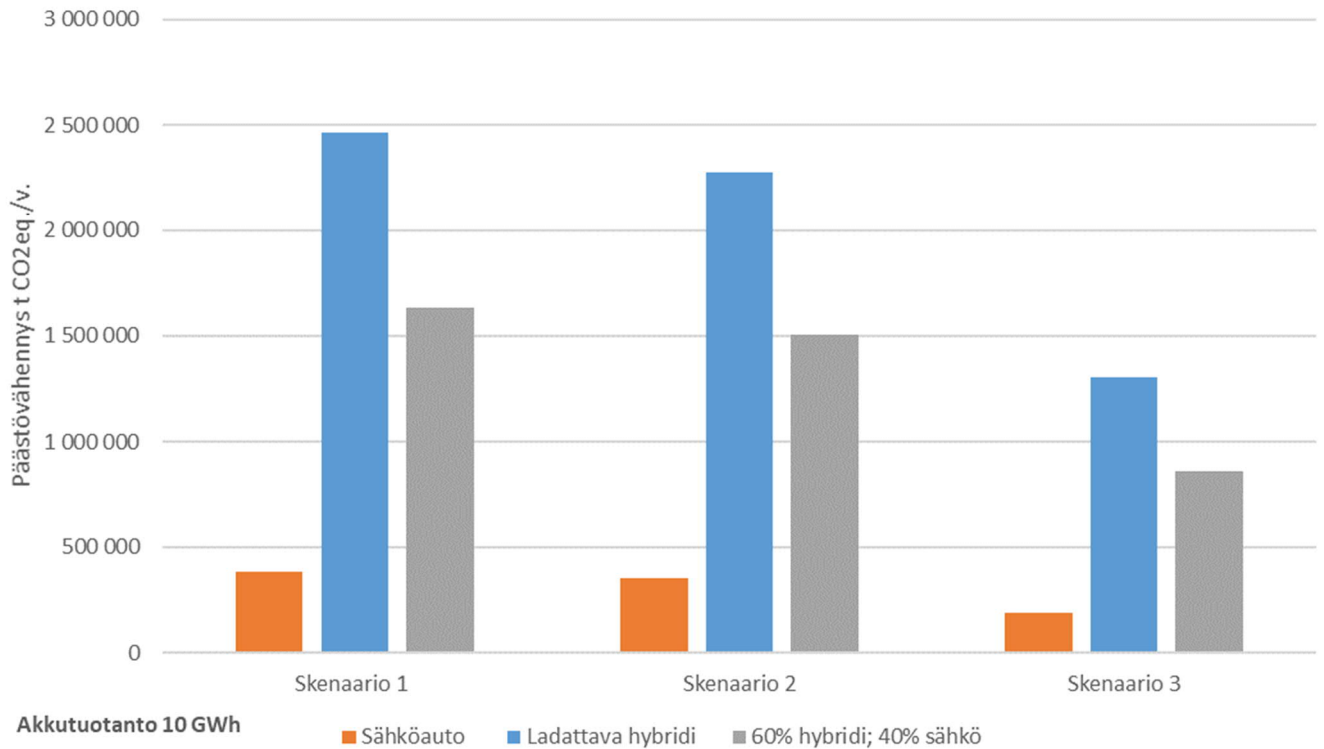
3. Tulokset

Kuvassa 1 esitetään saavutettavat päästövähennykset suhteessa vastaavaan määrään polttomoottoriautoja vuositasona kun akkutuotantokapasiteetti on 10 GWh. Skenaarioissa 1 ja 2 vuotuiseksi ajomatkaa on oletettu 15 400 km ja skenaariossa 3 12 000 km. Kaikissa tarkastelluissa skenaarioissa suurimmat vähennykset saadaan ladattavilla hybrideillä (vähennysprosentti 71-77 % skenaarioissa 1 ja 2; 52 % skenaariossa 3³). Toiseksi suurimmat vähennykset tuottaa hybridien ja sähköautojen yhdistelmä (vähennysprosentti 34-51 %) ja pienimmät pelkkien sähköautoakkujen tuottaminen. Kuvassa 2 päästövähennys on

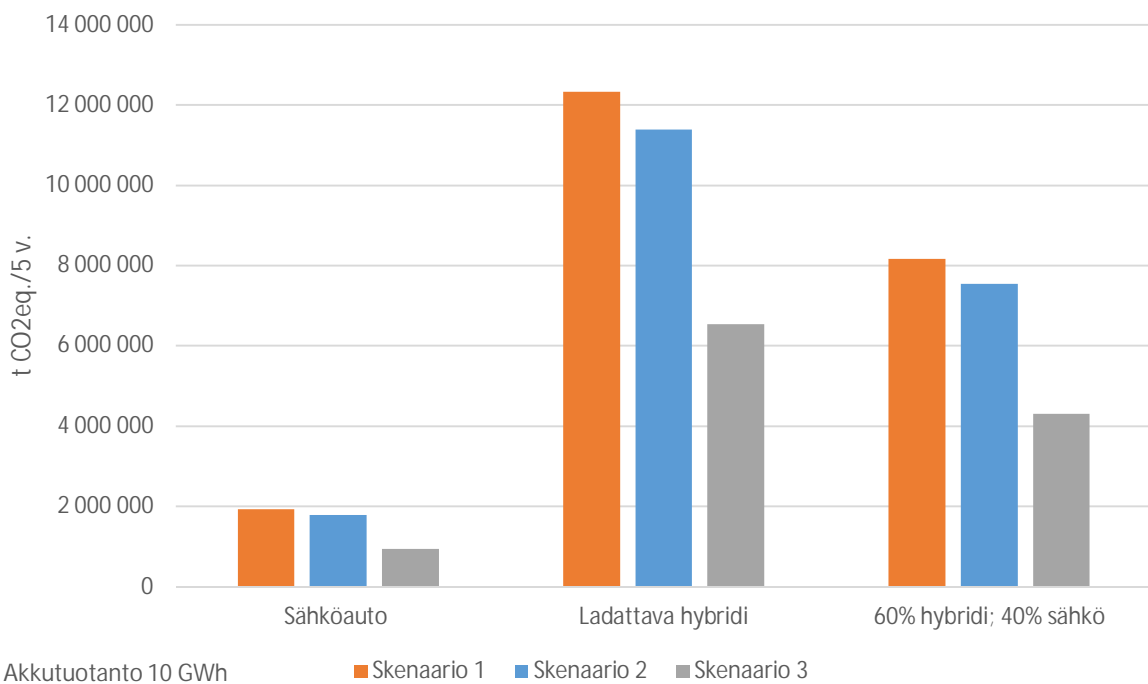
² ENTSO-E tarkoittaa "European Network of Transmission System Operators" -järjestöä, joka edustaa 43 sähkön siirtoverkko toimijaa (*electricity transmission system operators*) 36:sta Euroopan maasta.

³ Selvästi pienempi päästövähennys skenaariossa 3 johtuu pienemmästä vuotuisesta ajomatkaasta sekä suuremmista sähköntuotannon ominaispäästöistä.

laskettu viidelle vuodelle.

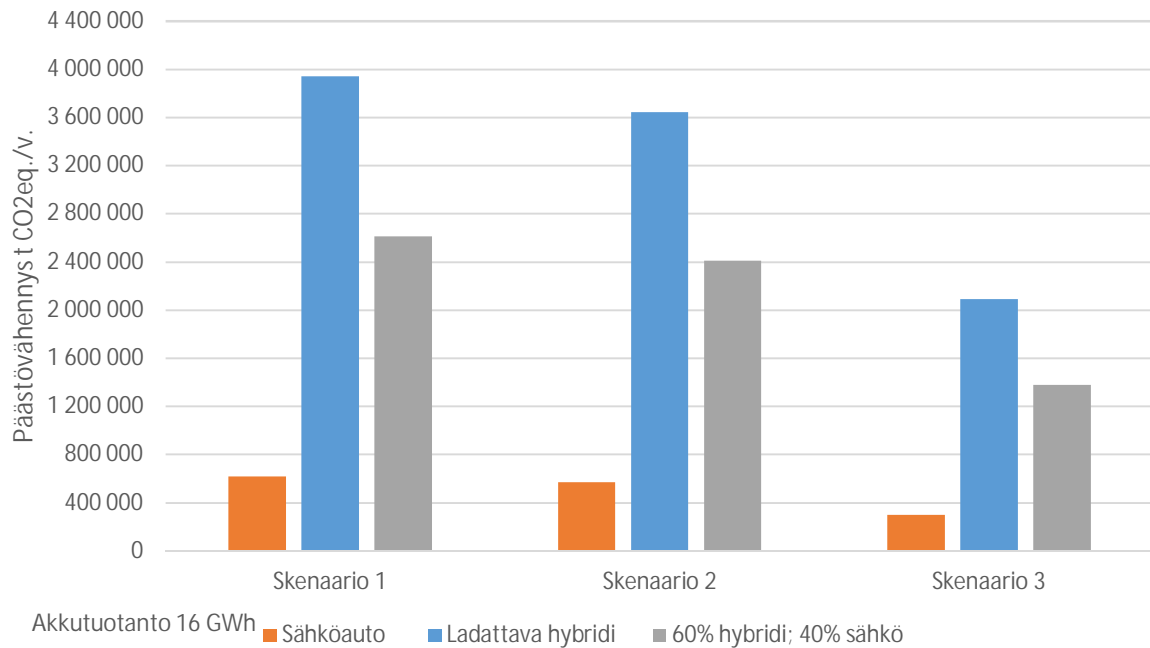


Kuva 1. Päästövähennys (t CO₂eq./v) suhteessa vastaavaan määrään polttomoottoriautoja kun akkutuotantokapasiteetti 10 GWh/a.

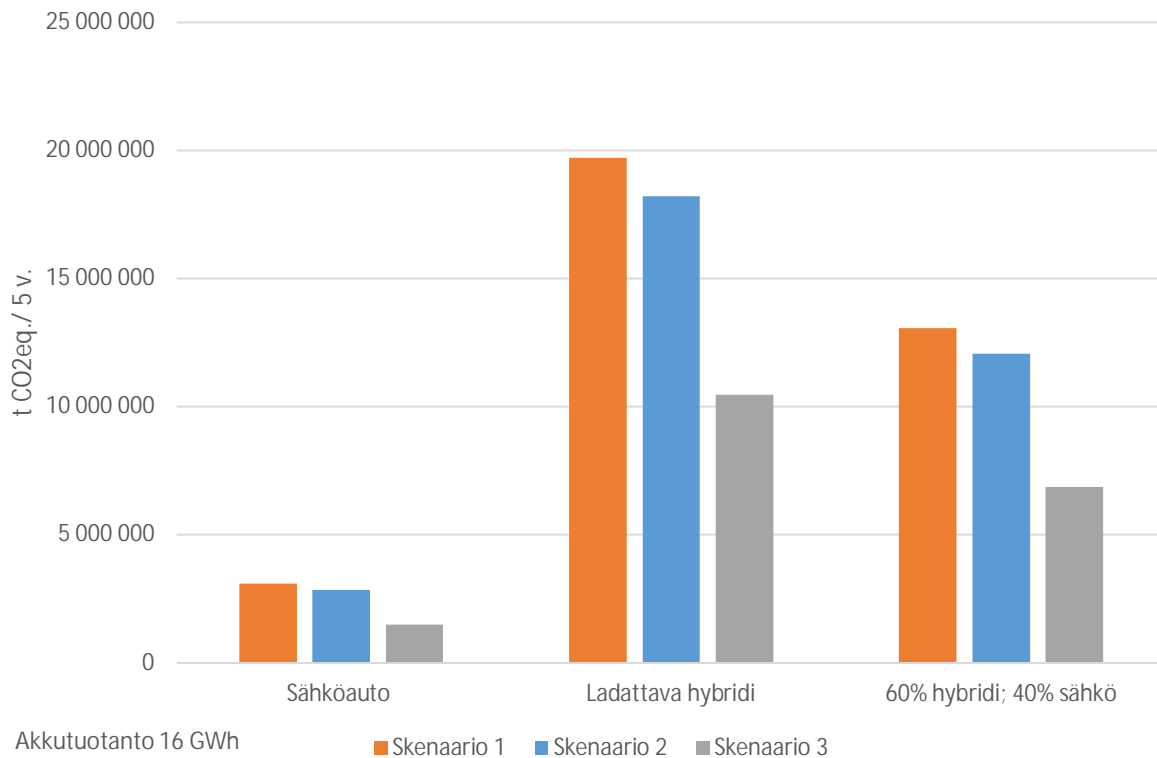


Kuva 2. Päästövähennys (t CO₂eq.) laskettuna viidelle vuodelle kun akkutuotantokapasiteetti 10 GWh/a. .

Odotetusti 16 GWh akkutuotantokapasiteetin kohdalla tilanne on samanlainen: Suurimmat päästövähennykset tuottavat ladattaviin hybrideihin asennettavat akut (kuva 3). Näiden aikaansaamat päästövähennykset ovat suurimmat kaikissa skenaarioissa. Pienimmät vähennykset tuottaa sähköautovaihtoehto. Kuvassa 4 päästövähennys on esitetty viidelle vuodelle.



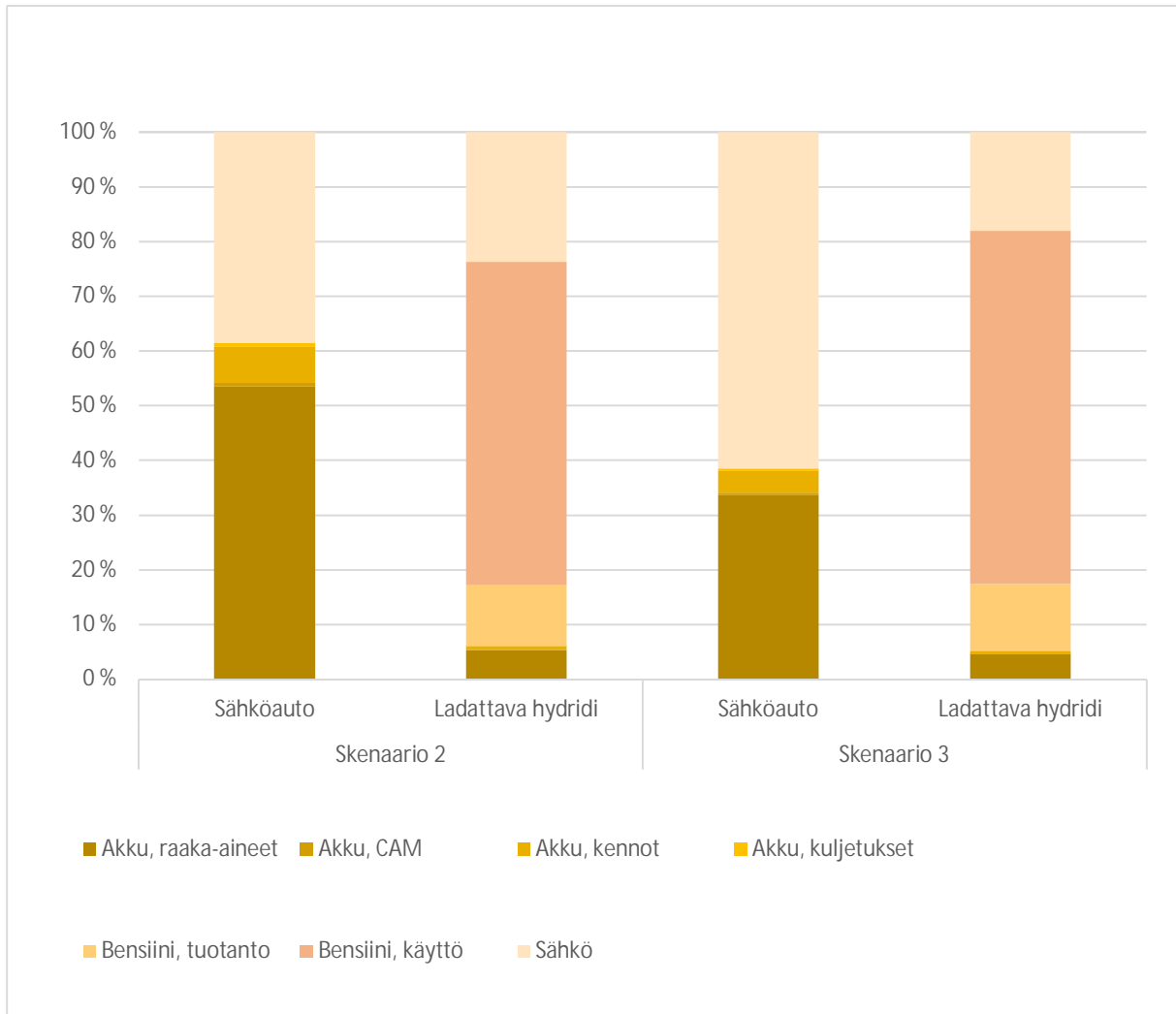
Kuva 3. Päästövähennys (t CO2eq./v.) suhteessa vastaavaan määrään polttomoottoriautoja kun akkutuotantokapasiteetti 16 GWh/a.



Kuva 4. Päästövähennys (t CO₂eq.) laskettuna viidelle vuodelle kun akkutuotantokapasiteetti 16 GWh/a.

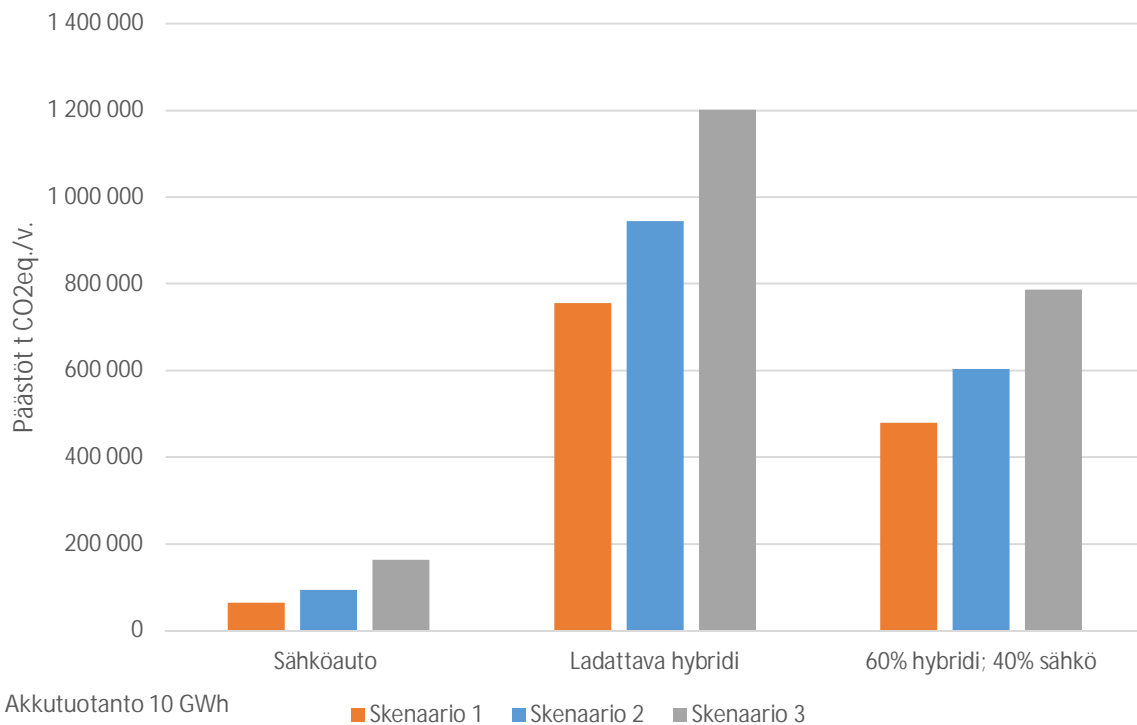
Kuvassa 5 on eritelty päästöjen muodostumista elinkaarivaiheittain skenaarioissa 2 ja 3 (10 GWh akkutuotannolla). Ladattavassa hybridiautossa suurin osa päästöistä muodostuu bensiinin käytöstä. Sähköntuotannosta aiheutuu noin 15-30 % päästöistä skenaariosta riippuen. Akkujen tuotannossa merkittävimmän elinkaarivaiheen muodostaa raaka-aineiden tuotanto, jonka osuus akuntuotannon kokonaispäästöistä on käytetyn lähteen mukaan on yli 85 %.

Sähköautojen kohdalla akku muodostaa yli 50 % päästöistä skenaariossa 2 (suomalainen sähköntuotantoprofiili). Sen sijaan skenaariossa 3, jossa käytetään keskimääräistä eurooppalaista sähköä, sähköntuotannosta aiheutuu yli 50 % kokonaispäästöistä. Kuten ladattavan hybridinkin tapauksessa, myös sähköautojen kohdalla akun tuotannon päästöistä suurin osa aiheutuu raaka-aineiden tuotannosta.



Kuva 5. Päästöjen muodostuminen elinkaarivaiheittain skenaarioissa 2 ja 3 (10 GWh tuotantokapasiteetti).

Vertailun vuoksi kuvassa 6 on esitetty 10 GWh akkukapasiteetin tuottamat kokonaispäästöt autoihin asennettuna. Tarkasteltaessa näitä eri vaihtoehtojen tuottamia päästöjä nähdään, että päästöt ovat pienimmät sähköautojen kohdalla ja suurimmat ladattavien hybridien. Koska sähköautoakkuja saadaan tarkastellulla valmistuskapasiteetilla vain noin kuudesosa ladattavien hybridien akkujen määrästä, jää päästövähennysten kokonaismäärä paljon pienemmäksi sähköautovaihtoehdossa.



Kuva 6. Kokonaispäästöjen määrä eri vaihtoehtoissa (t CO₂eq./v.) 10 GWh akkutuotantokapasiteetilla.

4. Johtopäätökset ja yhteenveto

Tulosten perusteella ladattavalla hybridillä saavutettiin suurimmat kokonaispäästövähennykset kaikissa skenaarioissa, mikä johtuu suoraan akkujen riittämisestä noin kuusinkertaiseen määrään autoja verrattuna täyssähköautoihin. Päästövähennykset olivat suurimmat skenaariossa 1, jossa käytetty sähkö tuotettiin tuulivoimalla, ja pienimmät keskimääräistä eurooppalaista sähköä käyttäneissä vaihtoehtoissa (skenaario 3).

Elinkaarivaiheittainen tarkastelu osoitti, että prosentuaalisesti suurin osa päästöistä muodostui ladattavan hybridin tapauksessa käytetystä polttoaineesta sekä sähköstä. Täyssähköauton tapauksessa suurimmat vaikutukset aiheutuvat sähköntuotannosta sekä akkujen valmistukseen käytettyjen raaka-aineiden tuotannosta. Muiden akun tuotantovaiheiden osuus kokonaispäästöistä oli hyvin pieni.

Tuloksia tarkasteltaessa on kuitenkin huomioitava, että ladattavan hybridin päästöt vaihtelevat huomattavasti riippuen auton käytöstä, vuosittaisesta ajosuoritteesta ja sääolosuhteista, sekä auton käyttäjän lataamistottumuksista. Tässä tarkastelussa ladattavien hybridien sähköllä ajamisen osuudeksi oletettiin 80 %.

Lisäksi on huomattava, että tässä tarkasteltiin yhtä automerkkiä ja -mallia. Tulokset saattaisivat hieman poiketa esitetyistä, mikäli tarkastelussa olisi ollut keskimääräinen auto kustakin teknologiasta.

Lähdeviitteet

- Autoalan tiedotuskeskus. 2019. Henkilöautojen keskimääräinen romutusikä. Saatavilla: . (viitattu 16.5.2019)
- Curran, M. A. 2013. Life cycle assessment: a review of the methodology and its application to sustainability. *Current Opinion in Chemical Engineering*, 2(3), 273-277.
- Ecoinvent. 2019. Saatavilla: <https://www.ecoinvent.org/> (viitattu 16.5.2019)
- Ellingsen et al. 2014. Life Cycle Assessment of a Lithium-Ion Battery Vehicle Pack. *Journal of Industrial Ecology*. Vol 18, 113-124.
- Huttunen, R. 2017. Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017. Helsinki: Työ- ja elinkeinoministeriö. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>
- IEA. 2019. CO₂ Emissions Statistics. Saatavilla: <https://www.iea.org/statistics/co2emissions/>. (viitattu 16.5.2019)
- IEA 2018. Global EV Outlook 2018. Towards cross-modal electrification. OECD / IEA.
- ISO 14040:2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Periaatteet ja pääpiirteet.
- ISO 14044:2006. Ympäristöasioiden hallinta. Elinkaariarviointi. Vaatimukset ja suuntaviivoja.
- JEC, Joint Research Centre-EUCAR-CONCAWE collaboration. 2014. Well-to- Wheels analysis of future automotive fuels and powertrains in the European context. Well-to-Tank report, Version 4a. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Energy and Transport. Saatavilla:https://iet.jrc.ec.europa.eu/about-jec/sites/iet.jrc.ec.europa.eu/aboutjec/files/documents/report_2014/wtt_appendix_4_v4a.pdf (viitattu 16.5.2019)
- Koljonen, T., Soimakallio, S., Lehtilä, A., Similä, L., Honkatukia, J., Hildén, M., ... & Tuominen, P. (2019). Pitkän aikavälin kokonaispäästökehitys. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 24/2019. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.
- Mehlhart, G., Merz, C., Akkermans, L., & Jordal-Jorgensen, J. (2011). European Second-Hand Car Market Analysis, Final Report. Öko-Institut eV and COWI for the European Commission, http://ec.europa.eu/clima/policies/transport/vehicles/docs/2010_
- Motiva. 2018. Rakennusten energiatehokkuusdirektiivin (EPBD) mukaiset sähköautojen latausvalmiudet ja latauspistevaatimukset, taustaselvitys Suomen toimeenpanoa varten Saatavilla: <https://www.motiva.fi/ratkaisut/energiansäilytys-suomessa/co2-laskentaohje-energiansäilytyksen-hiilidioksidipäästöjen-laskentaan/co2-päästökertoimet> (viitattu 16.5.2019)
- Philippot, M.; Alvarez, G.; Ayerbe, E.; Van Mierlo, J.; Messagie, M. 2019. Eco-Efficiency of a Lithium-Ion Battery for Electric Vehicles: Influence of Manufacturing Country and Commodity Prices on GHG Emissions and Costs. *Batteries* 2019, 5, 23.
- Suomen ympäristökeskus (SYKE) 2019. Suomen sähkönhankinnan päästöt elinkaarilaskelmissa. Saatavilla: https://www.ymparisto.fi/fi-FI/Kulutus_ja_tuotanto/Resurssitehokkuus/Elinkaariajattelu/Sahkonhankinnan_paastot Viitattu 27.05.2019.

Tilastokeskus 2019a. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt. Saatavilla:
<http://liikennejarjestelma.fi/ymparisto/paastot-ilmaan/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot/> (viitattu 16.5.2019)

Tilastokeskus 2019b. Polttoaineluokitus. Saatavilla:
http://tilastokeskus.fi/tup/khkinv/khkaasut_polttoaineluokitus.html (viitattu 16.5.2019)