



SUOMEN
ILMASTOPANEELI
The Finnish Climate
Change Panel

AUTOKALKULAATTORIN KÄYTTÖOPAS JA LASKENNAN PERUSTEET – HENKILÖAUTOT

Suomen ilmastopaneeli

Jyri Seppälä^{1*}, Joonas Munther¹, Riku Viri², Heikki Liimatainen², Sally Weaver³, Markku Ollikainen³

¹ Suomen ympäristökeskus

² Tampereen yliopisto

³ Helsingin yliopisto

6.6.2023

SISÄLTÖ

1. TARKOITUS JA PERUSPERIAATTEET	1
2. LÄHTÖTIEDOT JA KÄYTTÖLIITYNTÄ	2
2.1. YLEISTÄ	2
2.2. LISÄTIEDOT JA ASETUKSET	2
2.3. AJONEUVOKOHTAISET TIEDOT	2
2.4. POLTTOAINETIEDOT	7
2.5. AJONEUVOJEN KULUTUSTIEDOT	10
2.6. LASKENNAN AJONEUVORIIPPUMATTOMAT OLETUSTIEDOT	12
3. ANALYYSIN TULOS JA SEN TULKINTA	15
4. LASKENTAKAAVAT	17
4.1. PÄÄSTÖJEN LASKENTAPERUSTEET	17
4.2. KUSTANNUSTEN LASKENTA	20
5. LASKURIN KÄYTÖN LAAJENNUKSET	21
5.1. HERKKYYSTARKASTELUT.....	21
5.2. BIODIESELIN, ETANOLIN JA BIOKAASUN ERILLISKÄYTÖN VAIKUTUSTEN ARVIOINTI	22
5.2.1 <i>Jakeluvaiheen vaikutukset</i>	22
5.2.2 <i>Erillistankkauksen päästövaikutusten arviointi käyttäjän näkökulmasta</i>	23
KIRJALLISUUS	25
LIITE. NÄKÖKOHTIA VAIHTOEHTOISIIN KÄYTTÖVOIMIIN	27

1. TARKOITUS JA PERUSPERIAATTEET

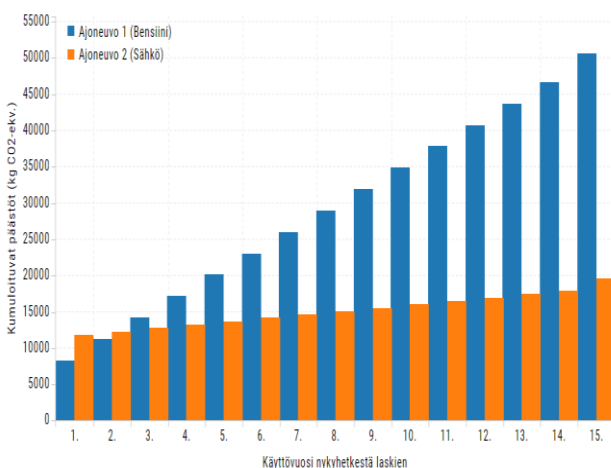
Autokalkulaattori on nettipohjainen laskuri, joka on tarkoitettu kuluttajan henkilöauton hankintapäätöksen tueksi. Laskuri tuo näkyviin eri käyttövoimiin perustuvien autovaihtoehtojen kumulatiiviset (kertyvät) koko elinkaaren kattavat kasvihuonekaasupäästöt ja kustannukset. Laskurin tarkoitus on tuoda esiin eri vaihtoehtojen ilmastovaikutukset, eikä laskurissa huomioida muita vaikutuksia ympäristöön. Käyttäjä voi asettaa 1–6 autovaihtoehtoa vertailtavaksi. Mitä pienemmät kasvihuonekaasupäästöt ovat, sitä parempi auto on ilmaston kannalta. Kohdassa, jossa eri autovaihtoehtojen kumulatiiviset päästöt leikkaavat, paremmuus vaihtoehtojen välillä muuttuu. Vastaava koskee myös kustannuksia.

Vertailun perustana ovat käyttäjän itse arvioimat vuosittaiset ajokilometrit ja eri autovaihtoehtoihin annetut lähtötiedot. Sekä päästöjen että kustannusten osalta on laskuriin sisällytetty joukko oletustietoja, jotka helpottavat käyttäjän lähtötietojen syöttöä ja lopputuloksen tuottamista. Kaikki laskennassa käytettävät lähtötiedot ovat muutettavissa vastaamaan eri automallien tarkkoja tietoja, mikäli ne ovat tiedossa. Osa lähtötiedoista on asetettu yhteisiksi samalla käyttövoimalla toimiville autoille. Ne on valittu vastaamaan parasta nykyistä tietämystä, mutta myös nämä lähtötiedot on mahdollista muuttaa omaan analyysiin.

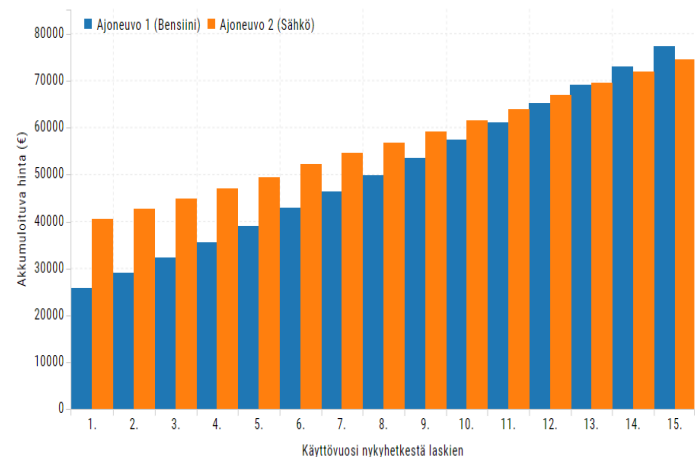
Autolaskuri koostuu seuraavista osa-alueista:

- Vuosittainen ajokilometrimäärä (vaadittava syöttötieto aloitussivun alussa)
- Lisätiedot ja asetukset
- Ajoneuvokohtaiset tiedot
- Polttoainetiedot
- Ajoneuvon kulutustiedot
- Laskennan autovalinnasta riippumattomat oletustiedot
- Lopputulos graafisesti esitettyinä

Kumulatiiviset päästöt (kg CO₂e)



Kumulatiiviset kustannukset €



Kuva 1. Laskuri tuottaa tulokseksi kuvaajat, jossa näkyvät kumulatiiviset päästöt ja kumulatiiviset kustannukset eri autojen välillä.

2. LÄHTÖTIEDOT JA KÄYTTÖLIITYNTÄ

2.1. Yleistä

Ajokilometrien oletuksena on 14 000 km vuodessa, mikä vastaa nykyisin keskivertoauton vuosittaista ajokilometriä (Tilastokeskus 2019).

Käyttäjän laittaessa kursorin tekstin päälle, näytölle ilmestyy mahdollinen lisätteksti opastukseksi.

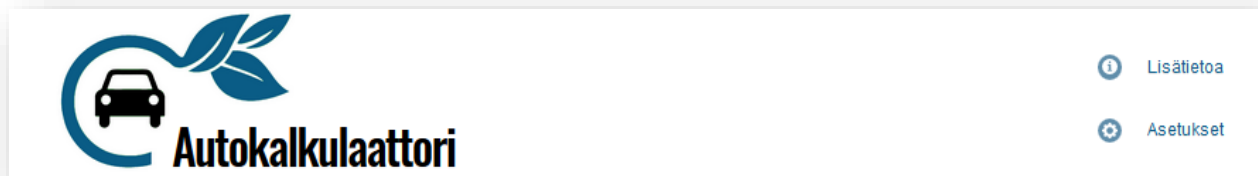
Analyysin graafinen tulostus päästöistä ja kustannuksista muuttuu tarkasteltavien autovaihtoehtojen osalta sitä mukaan, kun lähtötietoja muutetaan.

Painamalla -merkkiä saadaan näkyviin ko. tietokohtaan liittyvät lisäsyöttömahdollisuudet.
 -merkki lisää uuden ajoneuvon analyysiin ja -merkki poistaa ajoneuvon.

Ohjelma toimii kaikissa yleisimmissä selaimissa. Suositeltavaa on käyttää hyvän Javascript-moottorin omaavaa modernia selainta, esim. Google Chromea. Joillakin selaimilla, esimerkiksi Internet Explorer -selaimella, lokalisaatioasetukset eivät tunnistu käyttöjärjestelmän mukaan, jolloin lukujen desimaalierottimena tulee käyttää pistettä.

2.2. Lisätiedot ja asetukset

Autokalkulaattorin oikeassa ylänurkassa on lisätieto- ja asetuskohdat, joista ensimmäinen sisältää tämän dokumentaation ja ajankohtaista tietoa laskurin päivitystilanteesta. Painamalla painiketta ”Asetukset” avautuu laskennassa käytettäviä autoriippumattomia lähtötietoja, joita käyttäjän ei oleteta muuttavan kuin erityistilanteissa. Näistä on kerrottu tarkemmin kohdassa 2.6.



2.3. Ajoneuvokohtaiset tiedot

Käyttäjä voi valita 1–6 vaihtoehtoista henkilöautoa vertailtavaksi. Autojen määrää muutetaan painamalla käyttöliittymän ja -merkkejä.

Tärkeimmät syötettävät tiedot ovat auton kokoluokka, käyttövoima ja hankintahinta. Nuolipainikkeen avulla avautuvat lisätiedot tarkentavat laskentaa, ja sitä kautta voi syöttää myös muita laskennassa oletusarvoisesti puuttuvia parametreja, kuten ajoneuvon jäännösarvon. Ajoneuvolle voi myös syöttää lempinimen, esimerkiksi sen todellisen merkin ja mallimerkinnän, taulukon sarakeotsikon kohdalle.

Ajoneuvokohtaiset tiedot

	Ajoneuvo 1	Ajoneuvo 2
Auton koko	 Keskikokoinen ▼	 Keskikokoinen ▼
Käyttövoima	Bensiini ▼	Sähkö ▼
Hankintahinta (€)	22790 €	37270 €
Akuston koko (kWh)	0 kWh	42,1 kWh

Ensimmäisenä annetaan auton kokoluokka, joka antaa lähtöoletukset auton valmistuksen päästöjen arviointiin. Laskurissa henkilöauton kokoluokkia on neljä ja ne noudattelevat pääosin yleistä segmenttijakoa (katso esim. https://en.wikipedia.org/wiki/Car_classification). Esimerkkejä autojen kokoluokista:

- *Pienet autot* ovat kompakteja kolme- tai viisiovisia autoja, joihin kuuluvat A- ja B-segmentin autot, kuten Ford Fiesta, Volkswagen Polo, BMW i3 ja Renault Zoe.
- *Keskikokoiset autot* edustavat laskurin laajinta ryhmää, ja sisältävät korimalliltaan mm. sedanit, viistoperät ja farmariautot, jotka kuuluvat C- ja D-segmentteihin, kuten Toyota Corolla, Volkswagen Passat, Audi A4, Nissan Leaf ja Hyundai Ioniq.
- *Suuret autot* ovat tila-autoja, katumaastureita tai moottorivilavuudeltaan ja painoltaan tavallista kookkaampia ajoneuvoja, jotka kuuluvat E-, M- ja J-segmentteihin, kuten Mercedes-Benz E, Tesla Model 3, Honda CR-V, Kia e-Niro, Opel Zafira, Mercedes-Benz B.
- *Edustusautojen* joukko on moninainen. Laskurin yhteydessä sillä voidaan viitata urheiluautoon, suuriin katumaastureihin tai muuhun ajoneuvoon, jonka valmistamiseen on käytetty tavanomaista enemmän resursseja ja luonnonvaroja. Luokkaan kuuluu F-, S- ja J-segmenttien autoja, kuten BMW 7, Audi A8, Tesla Model S, Jaguar I-Pace, Porsche Taycan, Volvo XC90, Tesla Model X.

Sähköautojen osalta jaottelu ei noudata tarkasti edellä olevaa jaottelua, vaan sähköautot kuuluvat yleensä ulkomittojaan suurempaan kokoluokkaan. Tämä johtuu siitä, että akuston paino on sähköautossa korimallin ja rungon ohella merkittävä tekijä määrittämään ajoneuvon kokoluokan. Pienet sähköautot ovat tyypillisesti kokonaismassaltaan n. 1100 kg luokkaa, keskikokoiset n. 1500 kg ja isot autot 1800 kg. Kaikki kokonaismassaltaan yli 2100 kilogramman ajoneuvot voidaan tässä yhteydessä tulkita edustusautoksi. Eri käyttövoiman omaavien autojen valmistuksen päästötiedot kokoluokittain on otettu Euroopan ympäristöviraston julkaisusta (EEA 2018).

Kullekin ajoneuvolle valitaan sen pääasiallinen käyttövoima. Valittavana ovat bensiini, diesel, kaasu, etanoli, sähkö, hybridi (bensiini/diesel) ja ladattava hybridi (bensiini/diesel).

Kaasuauto voi käyttää sekä maa- tai biokaasua, minkä takia erillistä biokaasuauto-termiä ei käytetä käyttövoimavalinnassa. Etanoliauto voi käyttää bensiinin ohella pelkästään erillistankattavaa E85-etanolia.

Hybridillä tarkoitetaan tässä kevyt- tai täyshybridiä. Täyshybridi kykenee liikkumaan pelkän sähkömoottorin voimin, kevythybridin sähkömoottori sen sijaan vain avustaa polttomoottoria eikä kykene liikkuttamaan autoa

yksinään. Täyshybridit ja kevythybridit tuottavat kaiken tarvitsemansa energian polttoaineista ja käyttävät sähköä energian varastoinnin muotona. Niitä ei ole mahdollista ladata ulkoisesta lähteestä.

Ladattavat hybridautot poikkeavat perinteisistä täyshybridautoista siinä, että niiden energialähteenä on osittain polttoaine ja osittain ulkoisesti ladattava sähkö. Ladattavassa hybridautossa on bensiini- tai dieselmoottori sekä sähkömoottori ja ajovoima-akku, jota voidaan ladata verkkovirralla ulkopuolisen sähköliitännän kautta.

Ohjelma antaa valitun auton kokoluokan ja käyttövoiman perusteella oletustiedot auton hankintahinnalle (€), kotilatausasteelle (€) ja akuston koolle (kWh). Käyttäjä voi muuttaa näitä oletustietoja vastaamaan itse valitsemiaan vertailuautoja.

Painamalla -merkkiä saadaan näkyviin ajoneuvokohtaiset tarkentavat tiedot.

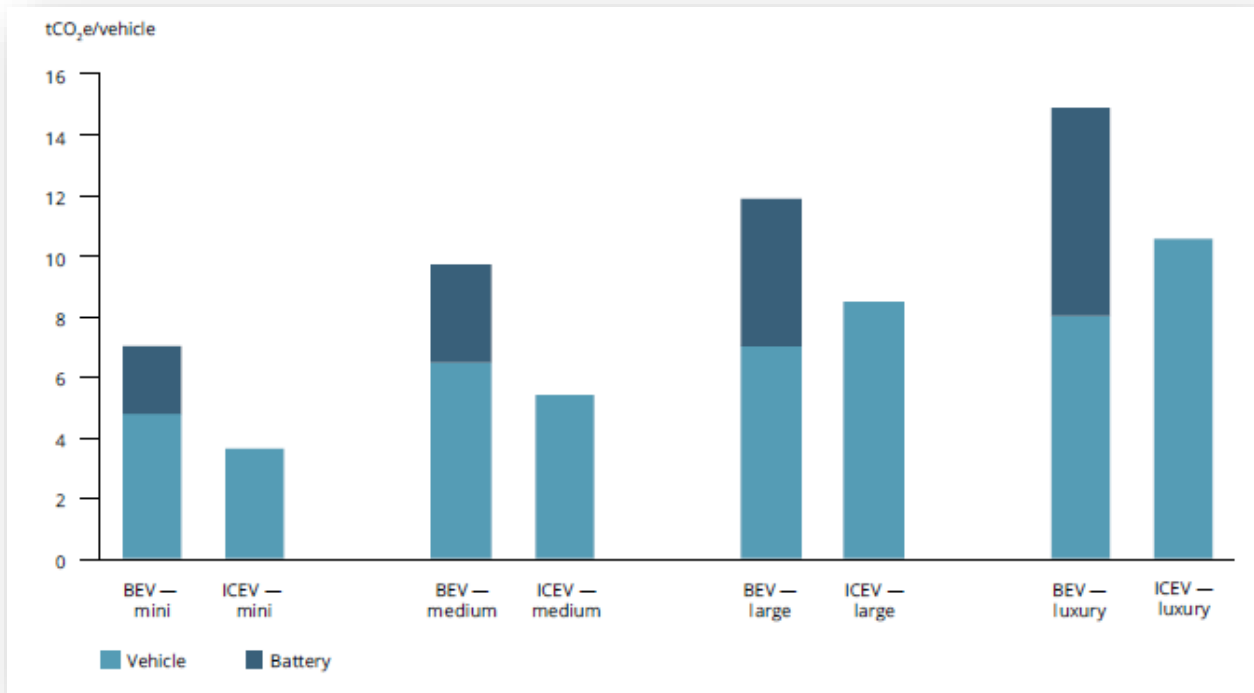
Auton koko	 Keskikokoinen	 Keskikokoinen
Käyttövoima	Bensiini <input type="button" value="v"/>	Sähkö <input type="button" value="v"/>
Hankintahinta (€)	22790 €	37270 €
Kotilatauslaite (€)	0 €	1200 €
<u>Ajoneuvovero* (€/vuosi)</u>	184,32 €	182,86 €
Muut vuosittaiset kustannukset (€)	650 €	650 €
Jäännösarvo (€)	0 €	0 €
Valmistuksen päästöt (t CO2-ekv)	5,36 t	6,52 t
Auton hylkäyksen päästöt (kg CO2-ekv)	956 kg	1242 kg
Akuston koko (kWh)	0 kWh	42,1 kWh
Vaihtoväli akustolle (tkm)	0 tkm	300 tkm
Vaihtoakuston hinta (€/kWh)	0 €/kWh	300 €/kWh
Hyvityspäästö akustolle (kg CO2-ekv.)	0 kg	0 kg
Ulkomailta tuotu ajoneuvo	Ei <input type="button" value="v"/>	Ei <input type="button" value="v"/>
Huolto-ohjelma	A <input type="button" value="v"/> 	B <input type="button" value="v"/> 

Lisätarkennuksiin tulee automaattisesti kokoluokkaan ja käyttövoimaan liittyvät oletustiedot, joita käyttäjän on mahdollisuus tarkentaa ajoneuvomallikohtaisilla täsmällisillä tiedoilla.

Automallikohtainen *ajoneuvovero* on haettavissa Traficomin laskurista klikkaamalla linkkiä [Ajoneuvovero* \(€/vuosi\)](#). Laskuri laskee karkean arvion perustuen empiirisesti Traficomin laskurin avulla haettuihin tuloksiin kutakin käyttövoimaa ja ajoneuvon kokoluokkaa kohden.

Muut vuosittaiset kustannukset. Tähän voi syöttää kaikki muut erikseen määrittelemättömät vuosittaiset kulut, kuten vakuutukset, autopesut ja polttoaineiden lisäaineet (esim. AdBlue). Huoltojen ja renkaanvaihtojen osuus kustannuksissa syötetään erikseen kullekin käyttövuodelle alempana kohdassa "Huolto-ohjelma".

Polttomoottori- ja sähköautojen *valmistuksen kasvihuonekaasupäästötiedot* kokoluokittain on otettu Euroopan ympäristöviraston julkaisusta (EEA 2018) (kuva 2). Ricardon (2011 ja 2015) selvityksiin perustuen hybridien ja ladattavien hybridien valmistuksen päästöt ovat oletuksena laskurissa 10 prosenttia suuremmat pienissä, keskisuurissa ja suurissa autoissa kuin vastaavien puhtaiden polttomoottoriautojen valmistuksen päästöt. Edustusautoissa valmistuksen päästöt on oletettu samaksi kuin vastaavien polttomoottoriautojen päästöt kokoluokittain. Valmistuksen päästöt sisältävät uuden auton muut kuin akuston päästöt. Akuston päästöarviot perustuvat akkukokoon ja se on annettava erikseen. Laskurissa plug-in –ja sähköautojen akkujen oletuskoot perustuvat nykyisin myynnissä olevien eri kokoluokkaan kuuluvien autojen tietoihin, minkä takia laskurin oletusakkujen koot autojen kokoluokissa ovat suurempia kuin mitä kuvassa 2 on esitetty (jossa tiedot vuodelta 2015).



Kuva 2. Sähkö- (BEV = battery electric vehicles) ja polttomooriautojen (ICEV = internal combustion engine vehicle) valmistuksen ja akuston kokonaispäästöt eri kokoluokissa (kuva EEA (2018), alkuperäiset tiedot Elligsten ym. 2016).

Kuvan 2 päästötiedot eivät vastaa akustojen osalta enää autokalkulaattorissa sovellettua akun valmistuksen elinkaarista ominaispäästöä, joka on noin 40 % pienempi (70 g CO₂-ekv./kWh) kuin mitä kuvan 2 yhteydessä on käytetty (noin 115 g CO₂-ekv./kWh). Akustojen nykyinen ominaispäästötieto on Biekerin (2021) ja Green NCAPin (20221) julkaisujen keskiarvo (vrt. liite). Kuvan 2 akkujen päästötiedot voidaan siis jakaa kahdella.

Ladattavilla hybridi- ja sähköautoilla akustojen koko vaihtelee usein mallien sisälläkin (esim. long range -mallit), joten valmistajan ilmoittama akuston koko on syytä selvittää ja käyttää sitä kokoluokkien oletustietojen sijasta.

Akustojen vaihtoväli on viime kädessä käyttäjäkohtainen lähtötieto, vaikka oletukseksi on laitettu 600 000 km pienillä ja keskiuurilla akuilla (alle 50 kWh). Suurilla akuilla vaihtovälioletus on 1 200 000 kilometriä. Arviot perustuvat Biekerin (2021) julkaisutietoihin. Akkujen kapasiteetista on näidenkin kilometrien jälkeen noin 80 % jäljellä (Few ym. 2018). Käytännössä akkujen vaihto ei siis tule siis kysymykseen pienilläkään autoilla.

Hyvityspäästö akuston poistolle tarkoittaa tilannetta, jossa vanhat akut toimitetaan jatko-ohjelmakäyttöön ja tällä toiminnalla saavutetaan päästöhyötyjä. Nyt hankittavan sähköauton tullessa elinkaarensa päähän on selvää, että akuston kierrätysmahdollisuudet ovat hyvät. Akkujen toisiokäyttö myös yleistyy (esim. niitä tullaan käyttämään aurinkopaneelien sähkövarastoina), millä pystytään välttämään fossiilisten polttoaineiden käyttöä. Hajautetun energijärjestelmän varastointikäytön jälkeen akun raaka-aineet todennäköisesti saadaan talteen. EU-lainsäädännössä on tarkat reunaehdot kierrättämiselle (ks. liite). Hyvityspäästön arviointiin liittyy suurta epävarmuutta, mutta liitteen tietoihin perustuen tässä yhteydessä käytetään hyvityspäästön oletustietona maltillisesti 20 % alkuperäisen akuston päästöstä. Hyvityspäästö vähentää ko. määrällä auton koko elinkaaren aikaista päästömäärää.


Auton purku aiheuttaa omat päästönsä ja nämä päästöt on myös arvioitu karkeasti EEA:n (2018) raportista. Määrä on vähäinen ja kaikille autojen kokoluokille on käytetty samaa oletusarvoa.

Elinkaarensa päässä olevan auton kierrätys- ja hyötykäytöt muiden materiaalien kuin akustojen osalta on otettu auton valmistuksen päästöissä huomioon (EEA 2018).

Laskurin oletuksena on, että vertailtavat autot eivät ole tuotu omatoimisesti ulkomailta. Jos kyseessä on kuitenkin käytetyn auton tuonti ulkomailta, niin käyttäjä valitsee ko. kohtaan "Kyllä". Tämän seurauksena käyttäjältä vaaditaan myös täsmällisempi tieto auton autoverosta. Muutoin autovero lasketaan autovaihtoehdolle automaattisesti syötetyn hankintahinnan perusteella.

Laskurissa on mahdollisuus käsitellä autoveroa erikseen, vaikka se on mukana Suomessa hankittujen autojen hankintahinnassa. Käyttäjä maksaa sen samalla tavoin kuin arvonlisäveron. Autoveron mukana olo laskurissa mahdollistaa ulkomailta tuotavien autojen vertailun. Autovero ei sisälly tuontiauton hankintahintaan, jolloin laskuri auttaa tuontiauton autoveron laskennassa. Lähtökohtana on 10 % hankintahinnasta. Oletusarvoisesti sitä ei hyödynnetä laskennassa. Lähtökohtana on n-% hankintahinnasta. Tarkat kertoimet löytyvät linkistä: <https://autolaskuri.netlify.com/data/data.json>

Lähtökohtana on, että käyttäjä itse tallentaa tarkat vertailun kohteena olevat autojen hankintahinnat. Laskurissa on oletusarvoina kokoluokittain ja käyttövoimittain suuntaa antavia oletustietoja.

Käyttäjä voi asettaa tarkan vuosittaisen huolto-ohjelman kustannustiedot klikkaamalla  -painiketta. Käyttäjä voi valita joko A- tai B-kohdan mukaiset oletushuolto-ohjelmat tai sitten jättää huolto-ohjelman kokonaan pois tarkastelusta valitsemalla "Ei". Oletushuolto-ohjelma B on esilaskettu kuvaamaan sähköautoa. Muuttamalla vuosihuollon perushintaa ja rengassarjan hintaa, sekä näiden suoritusvälejä, vuosikohtainen taulukko päivittyy automaattisesti, mikäli käyttäjä ei ole niitä manuaalisesti muuttanut.

Huolto-ohjelma A

Vuosihuollon perushinta (€)

Suurten huoltojen väli (v.)

Uuden rengassarjan hinta (€)

Renkaiden vaihtoväli (v.)

1. vuosi	Vuosihuolto	300	€
2. vuosi	Vuosihuolto	300	€
3. vuosi	Vuosihuolto	300	€
4. vuosi	Vuosihuolto	300	€
5. vuosi	Suurempi huolto	600	€
6. vuosi	Vuosihuolto ja renkaanvaihto	705	€
7. vuosi	Vuosihuolto	300	€
8. vuosi	Vuosihuolto	300	€
9. vuosi	Vuosihuolto	300	€
10. vuosi	Suurempi huolto	600	€
11. vuosi	Vuosihuolto	300	€
12. vuosi	Vuosihuolto ja renkaanvaihto	705	€
13. vuosi	Vuosihuolto	300	€
14. vuosi	Vuosihuolto	300	€
15. vuosi	Suurempi huolto	600	€

Huollon päästöt (kg CO₂-ekv/100 km)

[Tallenna ja sulje](#)

Huoltotoimenpiteiden ulkopuoliset kustannukset arvioidaan kohdassa ”Muut vuotuiset kustannukset”.

Ajoneuvokohtaisten tietojen lopuksi käyttäjälle avautuu myös mahdollisuus muuttaa laskennan oletustietoja, jotka eivät ole ajoneuvokohtaisia. Näitä lähtötietoja käsitellään luvussa 2.2.

2.4. Polttoainetiedot

Laskurissa on oletustietona syksyn 2019 polttoaineiden hintatiedot. Käyttäjä on vapaa muuttamaan näitä hintoja päivän hintatilanteen mukaan.

	Bensiini	Diesel	Biodiesel	Maakaasu	Biokaasu	Etanoli	Sähkö
Hinta	1,519	1,406	1,425	1,30	1,52	1,05	0,13
	€ / l	€ / l	€ / l	€ / kg	€ / kg	€ / l	€ / kWh

^

* Bensiini 95E10, Etanoli E85

Painamalla -merkkiä saadaan näkyviin taulukko päästökertoimien syöttämiseksi:

	Bensiini	Diesel	Biodiesel	Maakaasu	Biokaasu	Etanoli	Sähkö
Käyttöyksikkö	litra (l)	litra (l)	litra (l)	kg	kg	litra (l)	kWh
Suorat päästöt *	2,348	2,689	0,000	2,750	0,000	0,841	0,137
Valmistuksen ja hankinnan päästöt *	0,655	0,750	2,669	0,977	0,950	0,914	0,016
Vuotuinen hintakehitys (%)	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500	1,500

* (kg CO₂-ekv/käyttöyksikkö)

Polttoaineiden suorat päästöt tarkoittavat eri polttoaineiden käytön aikaisia päästöjä per käyttöyksikkö. LCA-lisä tarkoittaa polttoaineiden raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen kasvihuonekaasupäästöjä (kg CO₂-ekv/käyttöyksikkö). Tässä yhteydessä bensiinin ja dieselin päästökertoimissa ei ole mukana jakeluasemilla myytävien polttoaineiden biokomponenttipäästövaikutusta. Se lasketaan erikseen laskurissa polttoaineiden sekoitusuhteen mukaisesti, joka muuttuu ajan kanssa (ks. kohta 4.1).

Bensiinin ja dieselin suorat ja välilliset päästöt ovat peräisin julkaisusta Lutsey (2017). Maakaasun elinkaariset tiedot ovat Ricardon (2016) raportista. Maakaasun hankinnan vuodot ovat mukana ja ne vastaavat arvioitua Keski-Euroopan jakeluverkon kaasun tilannetta, jossa on mukana Venäjän putkistosta tuleva kaasu. Todellisuudessa maakaasun tuotantovaiheen päästöt vaihtelevat maakaasulähteittäin. Venäjän maakaasun päästöistä ei ole tarkkaa arviota.

Biodieselin oletuspäästökertoimet ovat samat kuin tavallisen dieselin, jossa on mukana biodiesel jakeluvelvoitteen osoittama biokomponenttimäärä. Tällä tavalla laskurissa biodieselin käyttäjä päätyy samaan lopputulokseen kuin tavallisen dieselin käyttäjä. Ratkaisun takana on Suomen biopolttoaineiden sekoitevelvoitteen laskentasäännöt ja tosiasia, että kestävien tuoteketjujen omaavien biodieselin määrät ovat globaalisti rajalliset. Suomen bensiinin ja dieselin biopolttoaineiden sekoitevelvoitteen nykyiset pelisäännöt johtavat tilanteeseen, jossa erillistankatulla biodieselillä ei saada systeemitasolla lisää päästövähennyksiä. Jos autoilija jättää tankkaamatta erillisbiodieseliä, niin jakeluvelvoitetta vastaava määrä biopolttoainetta tulee joka tapauksessa lisätä jakeluun. Jos autoilija tankkaa biodieseliä, niin tämä määrä jää lisäämättä tavalliseen dieseliin sekoitteena (ks. myös kohta 2.6 ja liite). Biopohjaisten polttoaineiden

saatavuuden niukkuus johtaa siihen, että systeemitason ajattelu on jakeluelvoitteen rajoittamalla määrällä perusteltua. Jakeluelvoitetta suurempaa määrää ei jää jakeluun, sillä kansainvälinen kysyntä ohjaa sen pois kotimaisesta käytöstä.

Pelkästään biodieseliin perustuva laskenta on mahdollista toteuttaa laskurilla, kun dieselin sekoitelvoitteessa käytettävän biokomponentin elinkaaristen kasviuonekaasupäästöjen päästökerroin muutetaan "Asetus"-kohdassa (ks. kohdat 2.6 ja 5.2.2).

Etanolin elinkaariset päästöt vaihtelevat myös suuresti raaka-aineen lähteestä ja prosessiteknikasta riippuen. Tässä yhteydessä etanolin päästökertoimella tarkoitetaan erikseen myytävän korkeaseosetanolin (E85) päästöjä. Tällä hetkellä ei ole tarkkaa tietoa siitä, mikä on Suomessa erikseen myytävän etanolin keskimääräinen päästökerroin. Sen on oletettu olevan jäteperäistä ja saavuttavan 80 % päästövähennyshyödyn bensiinin elinkaariin päästöihin nähden. Sen sijaan sekoitelvoitteessa olevan etanolin oletetaan vastaavan EU:n tulevia biopolttoaineiden kestävyyskriteeristä (EU 2018) eli sen elinkaarinen päästövähennys bensiiniin nähden on 70 %. Bensiinin sekoitelvoitteessa käytettävän etanolin elinkaaristen kasviuonekaasupäästöjen tieto on määritettävissä laskurin "Asetus"-kohdassa (ks. luku 2.6).

Ilmastokestävä liikenteen etanoli on globaalisti niukkuustuote siinä missä biodiesel. Erillistankattava etanolimäärä on myös mukana Suomen jakeluelvoitteen bio-osuuden laskennassa. Mitä enemmän bioetanolia tankataan erillisjakeluna, sitä vähemmän biodieseliä laitetaan dieselin joukkoon. Näin koska 95E10-bensiiniin ei pystytä enää käytännössä lisäämään nykyisestä tasosta etanolia (ks. liite). Jätepohjaisen etanolin lisääminen on kuitenkin päästöjen hallinnan näkökulmasta järkevää niin kauan kuin sitä pystytään teknistaloudellisesti tekemään, koska sen päästöhyöty on parempi peltopohjaiseen etanoliiin verrattuna (ks. edellinen kappale). Toisaalta E85-polttoaineen 80 % päästövähennyksen ottaminen täysimääräisesti huomioon johtaisi vääränlaiseen viestiin laskurin käyttäjälle.

Edellä mainituista syistä laskurissa on päädytty ratkaisumalliin, jossa E85-polttoaineen erillistankkauksesta muodostuu päästöjä seuraavasti: E85 etanolin määrä (l) kertaa sen päästökerroin lisättynä päästöllä, joka syntyy, kun E85:n kyseisen vuoden jakeluelvoitteen polttoaineiden bio-osuuden ylittävä etanolimäärä vähentää vastaavan energiamäärän biodieseliä dieselpolttoaineesta (ks. laskentakaava luvussa 4.1). Päästövähennys bensiiniin nähden kasvaa ajan myötä, kun dieselin biopolttoaineen määrä kasvaa jakeluelvoitteen bio-osuuden kasvun myötä. Etanoliosuuden on E85:ssä arvioitu olevan 80 %, joka on hieman suurempi kuin Lipaston tiedoista tehty arvio (72 %) vuonna 2016 (VTT 2017).

Biokaasun elinkaariset päästöt vaihtelevat suuresti raaka-aineen lähteestä ja prosessiteknikasta riippuen. Gasumilta saatujen tietojen mukaan heidän myymänsä biokaasun elinkaariset päästöt ovat tällä hetkellä 19 g CO₂-ekv./MJ (Nevalainen 2019). Tämä merkitsee 0,95 kg CO₂-ekv./kg. Tulevaisuudessa päästökerroin saattaa muuttua oletusarvosta muun muassa sen perusteella kuinka lantaa pystytään ohjaamaan biokaasun tuotantoon. Laskurissa biokaasun päästökertoimena on käytetty 0,93 kg CO₂-ekv./kg.

Biokaasu on sisällytetty nykyisin jakeluelvoitteeseen. Tämän takia erillistankattavan biokaasun päästöhyödyt eivät ohjaudu kaasauton käyttäjälle täysimääräisesti. Erillistankattavan biokaasun päästö arvioidaan seuraavasti: tankattava biokaasun määrä kertaa biokaasun päästökerroin lisättynä päästöllä, joka syntyy, kun kyseisen vuoden jakeluelvoitteen kaasun bio-osuuden ylittävä biokaasumäärä vähentää vastaavan energiamäärän biodieseliä jaettavassa kaasussa (ks. laskentakaava luvussa 4.1). Päästövähennys maakaasuun nähden kasvaa ajan myötä, kun jaettavan biokomponentin määrä kasvaa jakeluelvoitteen bio-osuuden kasvun myötä.

Sähkön elinkaariset päästökertoimet edustavat Suomessa tuotetun sähköntuotannon keskimääräistä päästökerointa. Mukana ei ole siis tuonin sähkön osuuden vaikutusta päästökertoimiin. Tuonin sähkön elinkaariset päästötiedot ovat todennäköisesti Suomessa tuotettua sähkön elinkaarisia päästökertoimia pienempiä, sillä yli 70 % sähköstä on tullut viime vuosina Pohjoismaista (Energiateollisuus 2019) ja jatkossa sähkön oletetaan tulevan muualta kuin Venäjältä. Esimerkiksi Ruotsin sähköntuotannon elinkaarinen päästökerroin oli vuonna 2013 noin 2,5 kertaa pienempi kuin Suomessa tuotetun sähkön päästökerroin (Moro ja Lonza 2018).

Sähkön käytön päästölaskelmien lähtötilanteen oletustietona on käytetty tuotannon suoran ominaispäästön päästökerointa, joka vastaa Fingridin ylläpitämää kotimaisen sähköntuotannon keskiarvopäästökerointa

vuonna 2021. Se on määritelty yhdessä Tilastokeskuksen ja Energiategollisuus ry:n kanssa. Suomessa tuotetun sähkön päästökertoimien kesiarvo on ollut tuolloin 81 g CO₂-ekv./kWh (Fingrid 2022). Suomen sähkön raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen päästökerroin on arvioitu Moron ja Lonzan (2018) julkaisun perusteella olevan 16 g CO₂-ekv./kWh. Tieto edustaa vuoden 2014 tilannetta, minkä takia sen voidaan olettaa olleen hieman pienempi vuonna 2021.

Sähkön ominaispäästön kehitys Lehtilän ym. 2021 politiikkaskenaarion (WAM) arvion mukaan on nopeaa. Sen mukaan vuonna 2030 suorien päästöjen ominaispäästö on jo alle 10 g CO₂-ekv./kWh. Tässä yhteydessä laskurin oletusskenaariossa muutos tapahtuu hieman hitaammin siten, että sähköntuotannon suora ominaispäästö pienenee vuoden 2023 arvosta 80 g CO₂-ekv./kWh lineaarisesti arvoon 10 g CO₂-ekv./kWh vuoteen 2035 mennessä. Sen jälkeen se pienenee vuoteen 2040 mennessä arvoon 5 g CO₂-ekv./kWh, jolle tasolle se jää mentäessä ajassa eteenpäin. Muiden sähköntuotannon elinaaristen vaiheiden ominaispäästöt kehittyvät vuoden 2023 arvosta 15 g CO₂/ekv./kWh arvoon 10 g CO₂/ekv./kWh vuoteen 2035 mennessä, jolle tasolle ne jäävät.

Eri polttoaineille on mahdollisuus antaa niille sopiva tulevaisuuden hintakehitys. Kaikilla polttoaineilla on oletuksena, että niiden hinta nousee vuosittain 1,5 %.

2.5. Ajoneuvojen kulutustiedot

Käyttäjällä on mahdollisuus täyttää erilaisia polttoaineyhdistelmiä kulutustietoina ajettua sataa kilometriä kohti. Oletuksena on, että käyttäjän syöttämät tiedot vastaavat varsinaista kulutusta. Bensiinillä tarkoitetaan huoltoasemilla myytävää 95E10-bensiiniä ja etanolilla vastaavasti E85-etanolia.

Käyttäjällä on mahdollisuus myös muuttaa valmistajien antamia kulutustietoja vastaamaan todellista kulutusta niissä tapauksissa, joissa valmistajan ilmoittamat arvot eivät ole pohjoisen olosuhteisiin kohdennettuja. Tässä on apuna karttakuva, jonka avulla käyttäjä voi asettaa kursorin asuinpaikalleen, ja klikkauksen seurauksena polttoaineiden korjauskertoimet muuttuvat paikkakunnan lämpötilaolosuhteiden mukaisesti. Korjauskerrointa voi muuttaa myös oman ajotavan mukaiseksi.

Valmistaja ilmoittaa autojen kulutusarvot ainoastaan mittaustandardin (WLTP) mukaisina. WLTP pyrkii kuvaamaan mahdollisimman hyvin keskimääräisiä ajo-olosuhteita ja EU:ssa sen antamaa CO₂-arvoa korjataan keskilämpötilan perusteella. Yhdistetty kulutus ja lataushybrideillä yhdistetty painotettu kulutus on hyvä referenssiarvo kulutukselle. Jos käyttäjällä on jo auto, josta saa ajotietokoneen kulutusarvoja, niitä on hyvä käyttää laskennan pohjaksi.

Ajoneuvon kulutus

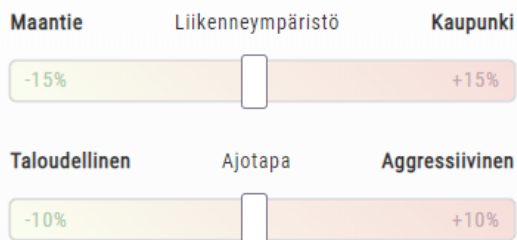
	Bensiini l	Diesel l	Biodiesel l	Maakaasu kg	Biokaasu kg	Etanoli l	Sähkö kWh
Ajoneuvo 1	7,1	0	0	0	0	0	0
Ajoneuvo 2	0	0	0	0	0	0	17

* Kulutusarvot sataa kilometriä kohden (per käyttöyksikkö)

- Syötetyt kulutuksen arvot ovat valmistajan ilmoittamia
- Syötetyt arvot kuvaavat todellisia käytönaikaisia kulutuksia

Kulutuksen korjauskerroin

Kulutuskertoimella kompensoidaan valmistajien ilmoittamien lukujen eroa todellisessa käytössä ilmenevään kulutukseen. Alla olevilla valinnoilla voit tarkentaa oman ajotapasi ja ympäristösi vaikutusta kulutukseen. Merkitsemällä kartalle ajoympäristön keskimääräisen sijainnin voit lisäksi huomioida maantieteellisen sijainnin vaikutuksen kulutukseen. Esimerkiksi sähköautojen kulutus on Suomessa useissa tapauksissa näyttäytynyt jopa 40 % suurempana kuin valmistaja on ilmoittanut.



Kulutuserroin

Sähkö	1,26
Muut polttoaineet	1,1



Käytettäessä valmistajan ilmoittamia kulutusarvoja, ajokäyttäytymisen ja liikenneympäristön vaikutusta kulutukseen voi pyrkiä tarkentamaan oheisilla liukureilla. Ajotavan ja liikenneympäristön lisäksi myös maantieteellisellä sijainnilla on vaikutusta. Karttaan tulee tällöin merkitä piste, joka edustaa ajoneuvon keskimääräistä sijaintia elinkaarensa läpi. Sähköautojen osalta oletetaan energiankulutuksen olevan alimmillaan noin +15 °C lämpötilassa (Liu ym., 2018). Siitä poikkeavat lämpötilat kasvattavat kulutusta.

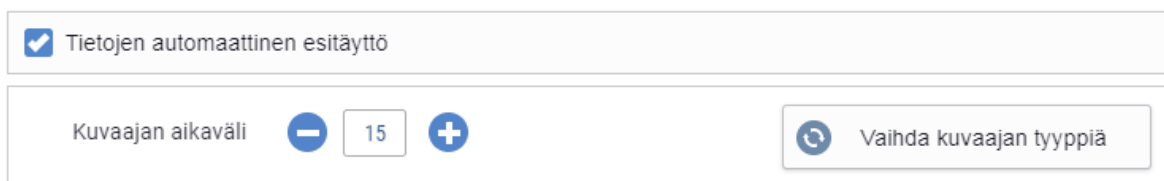
Esimerkiksi $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ asteessa energiankulutus kasvaa noin 75 % ja $50\text{ }^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa¹. Energiankulutus ei siis ole lineaarisesti lämpötilaan sidoksissa. Suomen ympärivuotinen keskilämpötila on läpi maan nollan tuntumassa tai muutamia asteita yli. Esimerkiksi Helsingissä keskilämpötila on vuosina 1980-2015 ollut $+5,9\text{ }^{\circ}\text{C}$ ja Sodankylässä $-0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$. Suomen keskiolosuhteissa jäädään siis sijainnista riippumatta optimilämpötilan alle siten, että energiankulutus on alimmillaan mentäessä kohti lounaista Suomea. Nollassa asteessa laskuri olettaa energiankulutuksen olevan 46 % optimilämpötilaa suurempi ja Helsingissä 26 % optimia suurempi (laskurin oletusarvo). Tunnetut luvut ja tehokkuudet on skaalattu pystyakselin suuntaisesti läpi Suomen siten, että pohjoisimman ja eteläisimmän arvon välillä (Utsjoki -> Kökar) muutos on lineaarinen. Suurin epävarmuustekijä korjauskertoimen käytössä on siinä, kuinka tarkasti valmistajan ilmoittama luku on kohdennettu pohjoiseen ilmastoon. Lisäksi esilämmityksen käyttö saattaa jopa puolittaa energiankulutuksen lisäyksen varsinkin lyhyillä matkoilla. Polttomoottoriautot hyötyvät suhteellisesti enemmän moottorin tuottaman hukkalämmön hyödyntämisestä lämmityksessä, joten kulutuksen muutokset lämpötilan funktiona ovat huomattavasti maltillisempia.



Oletusarvoisesti lämpötilakorjausta ei tehdä lainkaan, ja se vaikuttaa vain vähäisessä määrin polttomoottoriautojen päästöihin. Kun käyttäjä syöttää aiemmin toteutuneet kulutusarvot kulutuskenttään, tulee tällöin huomioitua kaikki kulutukseen vaikuttavat tekijät.

2.6. Laskennan ajoneuvoriippumattomat oletustiedot

Asetuskohdassa (ks. kohta 2.2) avautuu laskennassa käytettäviä ajoneuvosta riippumattomia lähtötietoja, joita käyttäjän ei oleteta muuttavan kuin erityistilanteissa.

Käyttöliittymä



Laskuria on mahdollista käyttää ilman automaattista esitäyttöä muuttamalla esitäytön oletusta. Kuvaajien oletuksena on 15 vuoden tietojen näyttö. Aikajännettä on mahdollisuus kasvattaa ja vähentää  ja  -painikkeilla. Oletuskuvaajana on pylväsdiagrammi, joka voidaan vaihtaa esimerkiksi viivadiagrammiksi, joka soveltuu paremmin autovaihtoehtojen erojen tutkimiseen erityisesti suuremmilla aikajännteillä.

Sähköntuotannon päästöjen laskentaan liittyy kolme muuttujaa. Oletuksena asetettu sähkön siirron ja jakelun tehokkuuskerroin vastaa Suomen sähköjärjestelmän keskimääräistä tilannetta (Honkapuro ym. 2015) eli se on 0,97, kun se Euroopassa on keskimäärin 0,935 (Lutsey 2017). Sähköauton latauksessa tapahtuu myös häviöitä. Latauksen tehokkuuskerroin on laskurissa 0,93, mikä vastaa Euroopan keskiarvotilannetta (Lutsey 2017).

Laskurissa on oletuksena, että sähköntuotannon kasvihuonekaasupäästökerroin ($\text{kg CO}_2\text{-ekv./kWh}$) kehittyi kohdassa 2.4 esiteyllä tavalla perusskenaariossa, joka on oletustietona. Käyttäjä voi halutessaan tehdä oman päästökerroinenaarion tallentamalla vuosittaiset arvot kullekin vuodelle asetuskohdassa.

¹ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261917310929>, kuva 2
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0968090X18302365>, kuva 15
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775316308941>, kuva 4
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378775314017613>, kuva 3

Talukko 1. Autokalkulaattorissa käytettyjen polttoaineiden bio-osuuden kehitys tulevaisuudessa.

Uusi	Bensiini Etanoli %	Diesel Biodiesel %	Kaasu Biokaasu %	Myytävä polttoaine Bio-osuus %
2023	10,0	17	50	13,5
2024	10,0	36	76	28
2025	10,0	37	78	29
2026	10,0	37	78	29
2027	10,0	38,5	80	30
2028	10,0	39,5	80,5	31
2029	10,0	40,5	81	32
2030	10,0	42,8	83	34
.....
2050	10,0	42,8	83	34

Fossiilisen bensiinin ja dieselin biopolttoaineiden osuuksien odotetaan kehittyvän Suomen tekemien jakeluvetojen mukaisesti (Eduskunta 2022). Lain mukaan bensiinin ja dieselin yhteenlasketussa jakelumäärässä tulee täytyä biopolttoaineiden energiasisältöä kuvaava jakelumääräprosenttiosuus. Lähtökohdaksi bensiini- ja dieselautoille on kuitenkin se, ettei nykyisille autoille voi tankata bensiiniseosta, jossa etanolimäärä ylittää 10 %. Tässä on siksi oletettu, että 95E-bensiiniä käytetään nyt valittavana olevissa autoissa tästä eteenpäin (oletus 10 % etanolia). Taustalla on oletus, ettei uutta bensiinistandardia E20 tule markkinoille. Dieselin ja biokaasun bio-osuudet on ekstrapoloitu Tieliikenteen vähähiilisyystiekartan WAM-skenaariossa esitettyjen lukujen perusteella vuoteen 2030 (VTT 2021), jonka jälkeen jakeluvetojen bio-osuudet säilyvät samoina (Taulukko 1). Jos käyttäjä muuttaa jakeluvetojen arvoa vuosien 2030–2050 välillä, välivuosille lasketaan arvot lineaarisesti interpoloiden.

Asetuskohdassa on erikseen mahdollisuus antaa biodieselin biokomponentin elinkaarin päästökerroin (kg CO₂-ekv.), koska sitä ei ole mahdollisuus antaa polttoainetietojen yhteydessä (kohta 2.4). Dieselin biokomponentin elinkaarin päästöjen per litra on oletettu olevan 80 % pienemmät kuin fossiilisen dieselin polton ja valmistuksen elinkaarin päästöt per litra. Lähtökohdaksi on, että Suomessa dieselin sekoitetaan 7 % perinteistä biodieseliä (ns. FAME), joka täyttää RED-direktiivin uusien laitteiden päästövähennysvaatimukset (uusilla laitteilla 70 % pienemmät päästöt kuin fossiilisella dieselillä). Loput sekoitevelvoitteen biodieselistä on parafiinista dieselistä, jolla saavutetaan 80–90 % päästövähennys perinteiseen biodieseliin nähden (Nesteen ja UPM Kymmenen ilmoittamat päästövähennykset).

Laskurissa ei oleteta, että biodieselin lisääntymisen myötä auton kulutus muuttuu, koska parafiinisten biodieselin energiasisällöt vastaavat fossiilisen dieselin energiasisältöä (36 MJ/litra).

Asetuskohdassa voi myös muuttaa bensiinin biokomponentin (etanolin) elinkaarin päästökerrointa (kg CO₂-ekv.). Sen arvo vaihtelee vuosittain raaka-ainepohjasta riippuen. Tässä yhteydessä oletetaan sen olevan keskimäärin 60 % pienemmät kuin fossiilisen bensiinin elinkaarin päästöt per litra.

Käyttäjää voi myös muuttaa eri polttoaineiden energiasisältöä.

Fossiiliset polttoaineet

Polttoaineiden bioperäiset osuudet tulevaisuudessa [Muokkaa](#)

Bensiiniin sekoitetun etanolin elinkaarinen päästökerroin (kg CO ₂ -ekv/l)	0,9009
Dieselin biokomponentin elinkaarinen päästökerroin (kg CO ₂ -ekv/l)	1,03
Bensiinin energiasisältö (MJ/l)	32
Etanolin energiasisältö (MJ/l)	21
Dieselin energiasisältö (MJ/l)	36
Biodieselin energiasisältö (MJ/l)	35,6

Asetuskohdan lopussa voi myös muuttaa seuraavia oletustietoja:

Muita tarkenteita

Sähköauton akuston valmistuksen päästökerroin (kg CO ₂ -ekv/kWh)	60
Uuden akuston vuosittainen hinnan alenema (%)	4
Akuston valmistuksen päästökertoimen vuosikehitys (%)	3.35
Korkotasoa sidotulle pääomalle (%)	2

Auton sähkövoima-akuston oletuspäästökerroin kuvaa akun raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen aiheuttamia kasviuonekaasupäästöjä. Päästökerroin vaihtelee suuresti eri tutkimustulosten välillä (ICCT 2018). Vaihteluväli on 56–200 kg CO₂-ekv./kWh, suurempien arvojen koskiessa Aasiassa valmistettuja akkuja. Suurena selittävänä tekijänä on valmistuksessa käytetyn energian puhtaus ja siten akkujen valmistuksen päästöt eroavat eri maiden ja maanosien välillä. Romare ja Dahllöf (2017) ovat tutkimuksissaan arvioineet energiapäästöjen selittävän vähintään 50 % akuston elinkaarisesta päästökertoimesta. Tässä yhteydessä on käytetty viimeaikaisten tutkimusten keskiarvotulosta (Bieker 2021 ja Green NCAP 2022), joka on vain 70 kg CO₂-ekv./kWh (ks. liite).

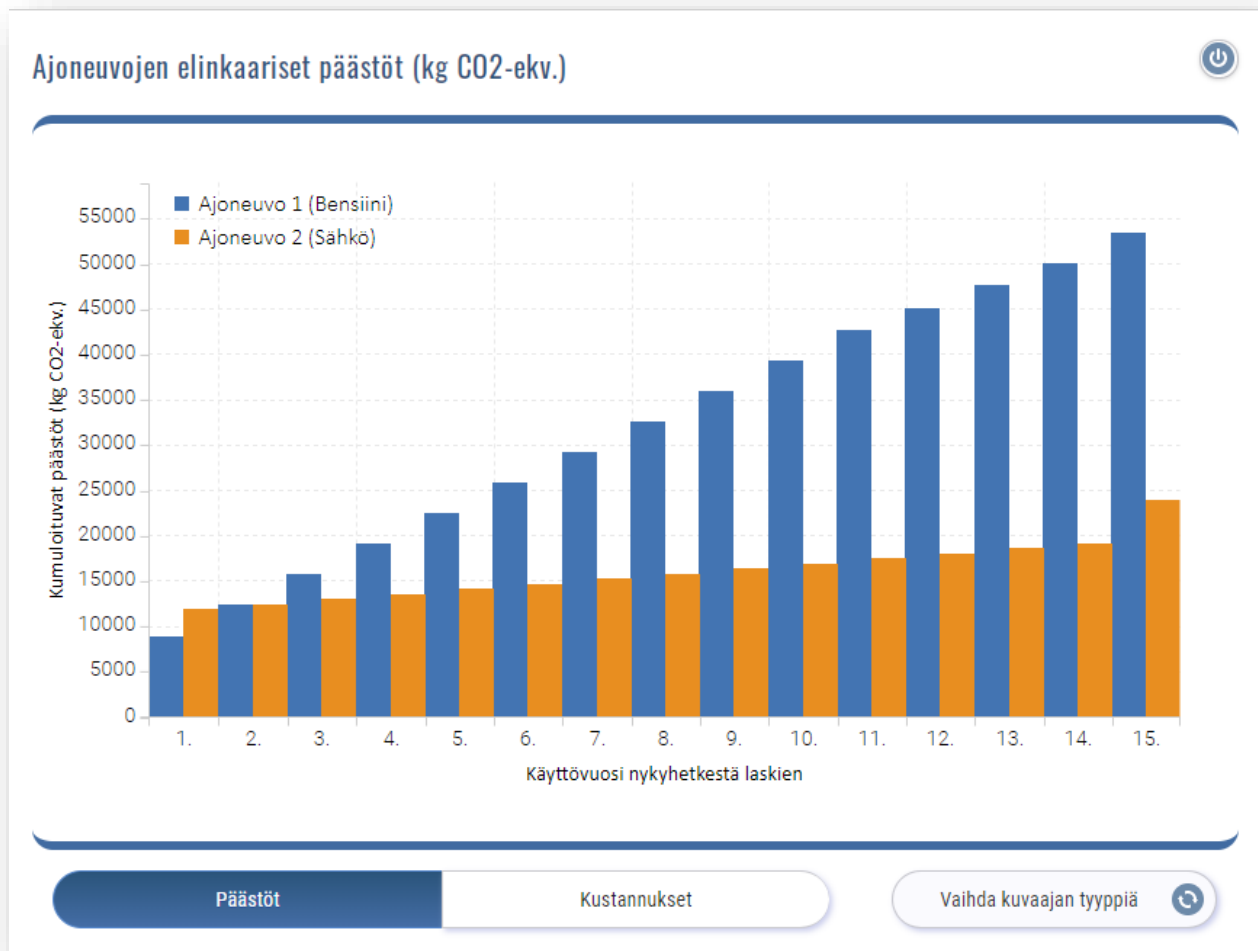
Uuden akuston oletushinta-arvio vastaa nykytilannetta (300 €/kWh) (ks. kohta 2.3). Sen hinnan on oletettu vähenevän noin 4 % vuodessa. Akuston valmistuksen päästökerroin on oletettu vähenevän vastaavasti 3 % vuodessa.

Kustannuslaskentaan (ks. kohta 4.2) varten on mahdollisuus vaihtaa korkotasoa odotetulle pääomalle. Oletuksena on 2 %.

3. ANALYYSIN TULOS JA SEN TULKINTA

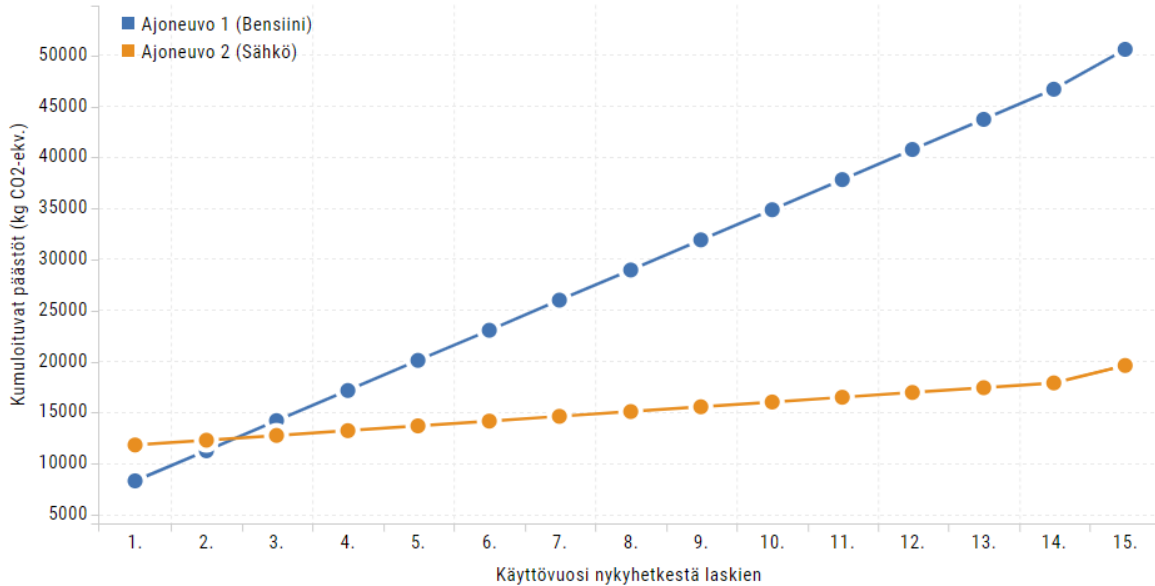
Analyysin päästötulos näkyy oletuksena sovelluksen oikeassa reunassa. Eri autovaihtojen koko elinkaaren aikaiset päästöt lasketaan yhteen kunakin vuonna, jolloin saadaan näkyviin ns. kumulatiiviset päästöt joko pylväinä (oletus) tai viivadiagrammina (käyttäjä voi muuttaa pylväsesityksen viivaesitykseksi) ajan suhteen. Mitä pienemmät kasviuonekaasupäästöt ovat, sitä parempi auto on ilmaston kannalta. Kohdassa, jossa eri autovaihtoehtojen kumulatiiviset päästöt leikkaavat, paremmuus vaihtoehtojen välillä muuttuu. Vastaava esitystapa ja tulosten tulkinta koskee kustannuksia.

Alla olevassa kuvassa sähköauton päästöt ovat jo kahden käyttövuoden aikana vähäisemmät kuin vertailuun otetun bensiiniauton. Kunkin vuoden numeroarvotiedot saadaan näkyviin laittamalla kursori pylväiden tai viivojen päälle.



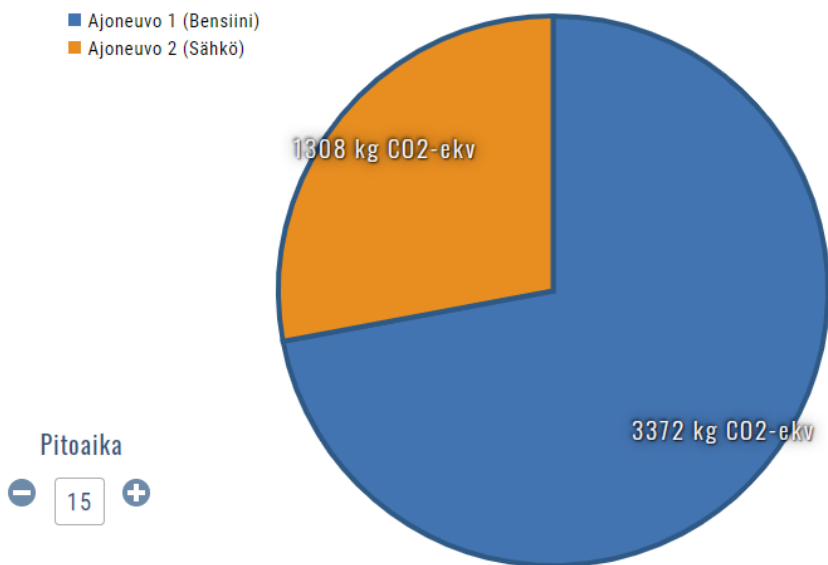
Viivadiagrammi kertoo saman informaation tiedon kuin edellinen pylväsdiagrammi, mutta tutummalla tavalla. Viivadiagrammin käytössä tulee huomata, että samankaltaisia tuloksia tuottavat valinnat näkyvät päällekkäin, jolloin tulosten erottelu ajoneuvojen välillä voi olla vaikeaa.

Ajoneuvojen elinkaariset päästöt (kg CO2-ekv.)



Laskurin neljäs kaaviovaihtoehto kuvaa ajoneuvojen keskimääräisiä vuosittaisia kustannuksia siten, että kustannukset ynnätään yhteen koko tarkasteluväliltä. Mikäli ajoneuvon jäännösarvo halutaan ottaa huomioon, sen voi syöttää ajoneuvokohtaiseen tietotauluun (kappale 2.3).

Keskimääräiset vuosittaiset päästöt (15 vuoden ajalta)



4. LASKENTAKAAVAT

4.1. Päästöjen laskentaperusteet

Eri käyttövoiman omaavien autojen valmistuksen päästötiedot kokoluokittain on otettu Euroopan ympäristöviraston julkaisusta (EEA 2018). Autojen valmistuksen päästöt pitävät mukanaan myös materiaalien hankinnan ja valmistuksen päästöt sekä auton kokoamisen ja materiaalien kierrätyksen vaikutukset. Mukana ei ole kuitenkaan akun materiaalien hankinnan ja valmistuksen päästöjä eikä akuston hyvityspäästöjä. Ne otetaan laskennassa erikseen huomioon omina kohtina.

Elinkaaripäästöjen arviointi

Kunkin autovaihtoehdon päästöt n käyttövuoden jälkeen lasketaan seuraavasti:

$$KP_n(a) = \text{AutoVP}(a) + \text{AkkuVP}(a) + PP_1(a) + \dots + PP_n(a) + \text{AutoH}(a) + \text{AkkuU}(a) + \text{AkkuH}(a) + \text{HP}_n(a) \quad (1)$$

missä

$KP_n(a)$ = autovaihtoehdon a kasvihuonekaasupäästöt hiilidioksidiekvivalenttina n käyttövuoden jälkeen (kg CO₂-ekv.)

$\text{AutoVP}(a)$ = autovaihtoehdon a raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen sekä itse auton valmistamisen päästöt (kg CO₂-ekv.)

$\text{AkkuVP}(a)$ = auton a sähkövoima-akun raaka-aineiden hankinnan ja valmistuksen sekä itse akuston valmistuksen päästöt (kg CO₂-ekv.)

$PP_i(a)$ = auton a polttoaineiden käytön päästöt vuonna i .

$\text{AutoH}(a)$ = auton a hylkäyksen (romutuksen) päästöt

$\text{AkkuU}(a)$ = auton a sähkövoima-akun uusimisen aiheuttamat päästöt (kg CO₂-ekv.)

$\text{AkkuH}(a)$ = auton a sähkövoima-akun hylkäyksen jälkeisen hyötykäytön aiheuttama päästöhyvitys (negatiivinen päästö, kg CO₂-ekv.)

$\text{HP}_n(a)$ = autovaihtoehdon a huoltotoimien päästöt n käyttövuoden jälkeen (kg CO₂-ekv.)

Muuttujien arvot $\text{AutoVP}(a)$, $\text{AutoH}(a)$ ja $\text{AkkuH}(a)$ yhtälössä (1) saadaan suoraan syöttötietona kullekin autovaihtoehdolle. Uusittavien akkujen päästöt vähenevät lineaarisesti siten, että ne ovat 15 vuoden kuluttua 60 % alkuperäisestä. Tässä oletetaan, että akkuteknologiassa tapahtuu kehitystä ja akkujen valmistuksen energiapäästöt vähenevät 80 %:lla. Todettakoon, että Romare ja Dahllöf (2017) ovat tutkimuksissaan arvioineet energiapäästöjen selittävän vähintään 50 % akuston elinkaarisesta päästökertoimesta.

Akuston päästöt lasketaan seuraavasti:

$$\text{AkkuVP}(a) = \frac{\text{akuston koko (kWh)}}{\text{akuston koko (kWh)}} \cdot \text{akuston valmistuksen elinkaarinen päästökerroin (kg CO}_2\text{-ekv./kWh)} \quad (2)$$

95E10-bensiinipolttoaineen käytön päästöt

Henkilöauton a 95E10 -bensiinin käytön päästöt (kg CO₂-ekv) kullekin vuodelle i lasketaan seuraavasti:

$$PP_{95E10}(a) = [(SBP+VBP) \cdot (1-SB_i) + (SEP_i+VEP_i) \cdot SB_i] \cdot VA \cdot K_{95E10}(a) / 100 \quad (3)$$

missä

$PP_{95E10}(a)$ = auton a 95E10-bensiinipolttoaineen käytön päästö vuonna i

SBP = bensiinin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/litra)

VBP = bensiinin elinkaarinen päästökerroin öljyn hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/litra)

SB_i = jakeluvelvoitteen biopolttoaineen (etanolin) osuus (%) vuonna i

SEP_i = etanolin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/litra) vuonna i

VEP_i = etanolin elinkaarinen päästökerroin raaka-aineiden hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/litra) vuonna i

VA = vuosittainen ajokilometrimäärä (km)

$K_{95E10}(a)$ = auton a 95E10-bensiinin kulutus per 100 km (sisältää etanolin jakeluvelvoiteosuuden)

Yhtälössä 3 bensiinin SBP ja VBP arvot saadaan suoraan autokalkulaattorin oletusarvoista, jotka näkyvät käyttäjälle (näkyvä sivulla 8). Niiden oletetaan pysyvän vakiona ajassa eteenpäin. Samassa yhteydessä esitetty etanolin päästökerroin (SEP+VEP) vastaa etanolin oletuspäästökerrointa, jossa etanolilla saa 70 % päästövähennyksen bensiinin elinkaariin päästöihin nähden. 95E10-polttoaineseoksena olevan etanolin päästövähennyksen oletetaan säilyvän tulevaisuudessa myös 70 %:ssa.

Dieselin ja biodieselin käytön päästöt

Dieselauton käytön päästöt vuosittain lasketaan vastaavalla yhtälöllä kuin 3 (PPD_i(a)), mutta jossa bensiinin ja etanolin sijasta ovat dieselin ja biodieselin päästökertoimet (SDP, VDP, SBDP, VBDP).

Biodieselin erillistankkauksen päästöt lasketaan oletustilanteessa vastaavalla tavalla kuin dieselin (ks. kohta 2.5). Biodieselin erillistankkauksen päästövaikutukset ilman jakeluelvoitevaikutusta voidaan laskea kohdassa 5.2.2 esitetyllä tavalla.

Bensiini- ja dieselhybridien polttoaineiden käytön päästöt

Bensiini- ja dieselhybridiautojen polttoaineiden käytön päästöt lasketaan vastaavalla tavalla kuin bensiini- ja dieselautojen polttoaineiden käytön päästöt.

E85-etanolipolttoaineen päästövaikutukset

Kohdan 2.5 mukaisesti E85-etanolipolttoaineen erillistankkauksen päästövaikutus syntyy seuraavien laskentavaiheiden kautta. Ensinnäkin lasketaan E85-polttoaineen päästö käytetyllä litramäärällä yhtälön 3 mukaisesti (PPE85_i(a)). Etanoliosuus E85:ssä on arvioitu olevan 80 %. E85:n etanolin käyttö saa aikaiseksi 80 % vähennyksen bensiinin elinkaariaikaisiin päästöihin eli SEP+VEP = 0,2 * (21/32) * (SBP+VBP), missä (21/32) on etanolin ja bensiinin energiasäilytyksen suhdeluku polttoainelitraa kohti.

Toisena vaiheena E85-tapauksessa lasketaan päästölisä, joka tulee ylimääräisen etanolin syrjäyttäessä biodieselin käyttöä dieselin yhteydessä eli se määrä etanolia, joka tiettyinä vuotena *i* biopolttoaineen jakeluelvoitteen prosenttien yli menevä etanolimäärä vähentää sen verran biodieselin käyttöä. Tämä biodieselin syrjäyttämisen päästölisä, PLBD_i(a) lasketaan yhteen E85 aiheuttaman päästön (PPE85_i(a)) kanssa, jolloin autolle *a* saadaan E85-käytön kokonaispäästövaikutus kunakin vuonna *i* (KPPE85_i(a)) eli

$$KPPE85_i(a) = PPE85_i(a) + PLBD_i(a) = PPE85_i(a) + SMFD_i(a) * [(SFDP + VFDP) - (SDP_i + VDP_i)] \quad (4)$$

missä

PPE85_i(a) = auto *a* E85-etanolipolttoaineen käytön (VA * KE85(a)) päästö vuonna *i*

SMFD_i(a) = auton *a* E85-käytöstä aiheutuva fossiilisen dieselin lisäys dieselin jakeluelvoitemäärässä vuonna *i*

SFDP = fossiilisen dieselin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/litra)

VFDP = fossiilisen dieselin elinkaarinen päästökerroin biodieselin hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/litra)

SDP_i = jakeluelvoitteessa olevan dieselin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/litra) vuonna *i*

VDP_i = jakeluelvoitteessa olevan dieselin elinkaarinen päästökerroin biodieselin hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/litra) vuonna *i*

VA = vuosittainen ajokilometrimäärä (km)

KE85(a) = auton *a* E85-etanolin kulutus per 100 km

Yhtälössä (4) SMFD saadaan laskettua ensin E85:ssä olevan bensiinin ja etanolin energiamäärät litrassa. Bensiinin energiamäärä BE = 32 * (1 - 0,80) = 6,86 MJ ja etanolin energiamäärä EE = 21 * 0,80 = 16,8 MJ. Laskennassa on siis oletettu, että E85-litrassa on tilavuudeltaan 80 % etanolia ja loput bensiiniä.

Prosentuaalisesti yhdessä RE85-litrassa on siis bensiinin energiaa 28 % ja etanolin 72 %. Kunakin vuonna i jakeluelvoitteen mukaisesti bio-osuuden pitäisi olla jaettavasta polttoaineesta X_i %. Ylimenevä etanolimäärä $(EE-(BE+EE)*X_i)$ auton a tankattavasta E85-etanolimäärästä $VA*KE85$) aiheuttaa fossiilisen dieselin tankkauslisän seuraavasti:

$$SMFD_i(a) = ((EE-(BE+EE)*X_i)/X_i)*VA*KE85(a)*23,2/36 \quad (5)$$

jossa 36 on dieselin energiamäärä (MJ/l) ja 23,2 on E85:n energiamäärä (MJ/l)

Kaasuauton polttoaineiden käytön päästöt

Kaasuauton ka polttoaineiden käytön kokonaispäästöt lasketaan 100 kilometriä kohden käytettävien maakaasun, biokaasun ja bensiinin määrien perusteella:

$$KPPi(ka) = [(SPMK+VPMK) * KMK(ka) + KPPBK_i(ka) + (SP95E*VP95E)*K95E(ka)]*VA/100 \quad (6)$$

missä

SPMK = maakaasun palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/kg)
 VPMK = maakaasun elinkaarinen päästökerroin kaasun hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/kg)
 KMK(ka) = kaasuauton ka maakaasun kulutus (kg) 100 kilometriä kohti
 KPPBK _{i} (ka) = kaasuauton ka biokaasun käytön kokonaispäästövaikutukset vuonna i
 SP95E = 95E-bensiinin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv/litra)
 VP95E = 95E-bensiinin elinkaarinen päästökerroin öljyn hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv/litra)
 K95E(ka) = auton ka 95-bensiinin kulutus (l) 100 kilometriä kohti
 VA = vuosittainen ajokilometrimäärä (km)

Biokaasu kuuluu nykyisin jakeluelvoitteen piiriin. Sen takia sen käytön kokonaisvaikutukset muodostuvat biokaasun käytön päästöistä ja bioelvoitteen ylittävän biokaasumäärän epäsuorasta päästolisästä, joka syntyy, kun ko. biokaasumäärä vähentää jaettavan dieselin biodieselosuutta. Maakaasun käyttö on niin pientä tieliikenteessä, että muutoksen oletetaan tapahtuvan jaettavassa biodieselin määrässä. Kaasuauton ka biokaasun kokonaispäästövaikutusten (KPPBK _{i} (ka)) kunakin vuonna i laskenta tehdään seuraavasti vastaavalla tavalla kuin E85-etanolin yhteydessä (yhtälö 4) eli

$$KPPBK_i(ka) = PPBK_i(ka) + PLBD_i(ka) = PPBK_i(ka) + SMFD_i(a)*[(SFDP+VFDP) - (SDP_i+VDP_i)] \quad (7)$$

missä

PPBK _{i} (ka) = auton ka biokaasun käytön ($VA*KPK(ka)$) päästö vuonna i
 PLBD _{i} (ka) = biodieselin syrjäyttämisen päästolisä auton ka käyttämästä biokaasusta vuonna i
 SMFD _{i} (a) = auton ka biokaasun käytöstä aiheutuva fossiilisen dieselin lisäys dieselin jakeluelvoitemäärässä vuonna i
 SFDP = fossiilisen dieselin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv./litra)
 VFDP = fossiilisen dieselin elinkaarinen päästökerroin biodieselin hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv./litra)
 SDP _{i} = jakeluelvoitteessa olevan dieselin palamisen (kulutuksen) päästökerroin (kg CO₂-ekv./litra) vuonna i
 VDP _{i} = jakeluelvoitteessa olevan dieselin elinkaarinen päästökerroin biodieselin hankinnasta jakeluun (kg CO₂-ekv./litra) vuonna i
 VA = vuosittainen ajokilometrimäärä (km)
 KBK(a) = auton a biokaasun kulutus kg per 100 km

Tekijä SMFD _{i} (a) lasketaan yhtälöllä (5) muuten paitsi energiamuunnos (21/36) korvataan biokaasun ja dieselin välisellä suhteella (50/36), jolloin biokaasun kulutus kilogrammoissa muutetaan diesellitroiksi.

Sähköauton ja ladattavien hybridien polttoaineiden käytön päästöt

Ladattavan bensiinihybridin tapauksessa ajon aiheuttamat päästöt lasketaan auton ulkopuolelta hankitun sähkön määrän ja käytetyn bensiinimäärän perusteella. Bensiinin päästöt lasketaan yhtälöllä 3. Kulutetun ostosähkön päästöt lasketaan samalla tavalla kuin sähköautolla (sa). Ne lasketaan seuraavasti:

$$PPI(sa) = [(SSP + VSP) * (1/SHT) * (1/SLT)] * SK(sa) * VA/100 \quad (8)$$

missä

- SPS = sähkön tuotannon suora päästökerroin (kg CO₂-ekv/kWh)
- VPS = sähkön tuotannossa käytettävien polttoaineiden elinkaariset päästöt (kg CO₂-ekv/kWh)
- SHT = sähkön hankintajärjestelmän tehokkuuskerroin
- SLT = sähkön latauksen tehokkuuskerroin
- SK(sa) = auton sa sähkön kulutus (kWh) 100 kilometriä kohti
- VA = vuosittainen ajokilometrimäärä (km)

Ladattavan dieselhybridin päästöt lasketaan vastaavalla tavalla kuin ladattavan bensiinihybridin. Bensiinin tilalla on diesel.

4.2. Kustannusten laskenta

Auton kumulatiiviset kustannukset sisältävät auton ostokustannuksen eli investointikustannuksen, autoveron, ajoneuvoveron, vuosittaiset kustannukset ja sähköauton tapauksessa akuston vaihdon. Vuosittaiset kustannukset sisältävät tankkaus- tai latauskustannukset, ajoneuvoveron, investoinnin koron sekä huollon. Investoinnin korkokustannus on laskettu 2 % korolla auton hankintahinnasta.

Edellä mainittujen lisäksi on mahdollista myös arvioida autolle jokin jäännösarvo. Se ei ole oletusarvoisesti laskurissa, vaan halutessaan käyttäjä voi syöttää ajoneuvon jäännösarvon sille varattuun kohtaan. Tällöin laskuri poistaa syötetyn summan valitun tarkasteluvälin viimeiseltä vuodelta.

Sähköauton tapauksessa laskentakaava käytön aikaisille kumulatiivisille kustannuksille on

$$KK_n(sa) = INV - J + AV + V + \sum_{i=1}^n (W_{c,i}K_i + M_i + AJV_i + r^i * (INV - J)) \quad (9)$$

missä

- $KK_n(sa)$ = kumulatiiviset kustannukset sähköauton käytöstä n vuoden ajalta, €
- INV = ostohinta eli investointikustannus, €
- AV = autovero, €
- J = jäännösarvo, €
- V = akuston vaihdon kustannus, €
- $W_{c,i}K_i$ = sähkön hinta €/kwh kertaa sähkön kulutus kwh/v eli latauskustannukset, € per vuosi
- M = huoltokustannukset, € per vuosi
- AJV = ajoneuvovero, € per vuosi
- r = investoinnin korko, %
- n = tarkasteluväli vuosina.

Ladattavan hybridin tapauksessa:

$$KK_n(h) = INV - J + AV + \sum_{i=1}^n (W_{t,i}K_i + W_{c,i}K_i + M_i + AJV_i + r^i * (INV - J)) \quad (10)$$

missä

- $KK_n(a)$ = Kumulatiiviset kustannukset muun kuin sähköauton käytöstä n vuoden ajalta €
- INV = ostohinta eli investointikustannus, €
- AV = autovero, €
- J = jäännösarvo, €

- $W_{t,i}K_i$ = polttoaineen hinta €/l kertaa polttoaineen kulutus l/vuosi eli tankkauskustannukset, € per vuosi
- $W_{c,i}K_i$ = sähkön hinta €/kwh kertaa sähkön kulutus kwh/v eli latauskustannukset, € per vuosi
- M = huoltokustannukset, € per vuosi
- AJV = ajoneuvovero, € per vuosi
- r = investoinnin korko, %
- n = tarkasteluväli vuosina

Muiden autojen tapauksessa:

$$KK_n(a) = INV - J + AV + \sum_{i=1}^n (W_{t,i}K_i + M_i + AJV_i + r^i * (INV - J)) \quad (11)$$

missä

- $KK_n(a)$ = Kumulatiiviset kustannukset muun kuin sähköauton käytöstä n vuoden ajalta €
- INV = ostohinta eli investointikustannus, €
- AV = autovero, €
- J = jäännösarvo, €
- $W_{t,i}K_i$ = polttoaineen hinta €/l kertaa polttoaineen kulutus l/vuosi eli tankkauskustannukset, € per vuosi
- M = huoltokustannukset, € per vuosi
- AJV = ajoneuvovero, € per vuosi
- r = investoinnin korko, %
- n = tarkasteluväli vuosina

5. LASKURIN KÄYTÖN LAAJENNUKSET

5.1. Herkkyystarkastelut

Laskurin oletustiedot ovat muutettavissa ja muutosten jälkeen tulokset näkyvät sekä päästöjen että kustannusten osalta välittömästi kuvaajissa.

Sähköauton päästöihin vaikuttaa voimakkaasti lataukseen käytettävän sähkön alkuperä. Herkkyystarkasteluun voi valita esimerkiksi ääritilanteet, joissa sähkö on tehty esimerkiksi tuulivoimalla ($10=0+10$ g CO₂-ekv./kWh), hiilellä ($1390=1029+361$) g CO₂-ekv./kWh) tai Euroopan sähkön keskimääräisellä päästökertoimella ($351 = 296 + 45$ g CO₂-ekv./kWh). Tuulen ja hiilivoiman elinkaariset päästökertoimet ovat peräisin julkaisusta Koffi ym. (2017). Euroopan sähköntuotannon keskimääräinen kerroin on peräisin EEA:n (2018) julkaisusta (EU20:n suora päästökerroin vuonna 2016) ja elinkaaristen "upstream"-päästöjen osalta julkaisusta Moro ja Lunza (2018).

Sähköauton akkuihin liittyy suurta epävarmuutta, mikä riippuu ennen kaikkea akkujen alkuperästä. Aasiassa tehdyt akut ovat suuripäästöisimpiä, koska akustojen valmistuksessa käytetyn energian päästöt ovat siellä korkeita. Herkkyystarkasteluun sopiva vaihteluväli akuston valmistuksen päästökertoimella on 60–100 kg CO₂-ekv./kWh (vrt. kohta 2.6).

Autojen valmistuksen päästöihin liittyy melkoista vaihtelua samassa kokoluokassa saman käyttövoiman sisälläkin. Tämän takia autovaihtoehtojen vertailussa on syytä myös arvioida lopputuloksen herkkyys muuttamalla valmistuksen päästökertoimia.

Biopolttoaineiden päästökertoimiin liittyy valmistustekniikan ja raaka-ainepohjan tuomaa vaihtelua, jonka vaikutusta voi tutkia poikkeuttamalla päästövähennyksiä esim. 60–80 % vaihteluvälillä suhteessa fossiilisiin polttoaineisiin.

5.2. Biodieselin, etanolin ja biokaasun erilliskäytön vaikutusten arviointi

5.2.1 Jakeluelvoitteen vaikutukset

Jakeluelvoitteen tarkoituksena on edistää kestävien uusiutuvien polttoaineiden käyttöä moottoribensiinin, dieselöljyn ja maakaasun korvaamiseksi liikenteessä. Uusiutuvan energian kokonaismäärää jakelussa Suomessa määrittävä polttoaineiden jakeluelvoite määritellään lainsäädännössä. Laskennan kannalta jakeluelvoitteen keskeiset osa-alueet ovat seuraavat:

1. Uusiutuvien polttoaineiden osuus: Lainsäädännössä määritellään, miten uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus kehitty liikenteen polttoaineiden loppukäytön energiankulutuksessa. Tämä minimiosuus on määritelty EU:n uusiutuvan energian direktiivissä (RED II). Suomessa on määritelty EU:ta kunniahimoisempi uusiutuvien energialähteiden kasvattamisen osuus liikenteen polttoaineiden loppukulutuksessa. Suomen tavoitteena on saavuttaa 34 % uusiutuvien polttoaineiden osuus liikenteessä vuoteen 2030 mennessä (Laki 13.4.2007/446, 5 §). Jakeluelvoitteessa uusiutuvista lähteistä peräisin olevalla energialla tarkoitetaan bioraaka-aineista tuotetuilla tai valmistetuilla biopolttoaineilla tai biokaasulla, taikka muuta kuin biologista alkuperää olevilla uusiutuvilla nestemäisillä ja kaasumaisilla liikenteen polttoainetta, kuten uusituvan energian avulla valmistettuja synteettisiä liikennepolttoaineita (kuten niin sanottuja sähköpolttoaineita). Nykyisellään biodiesel, etanoli ja myös biokaasu kuuluvat jakeluelvoitteen piiriin.

2. Biopolttoaineiden kestävyyskriteerit: lakiin kuuluu myös varmistaa, että käytetyt biopolttoaineet täyttävät RED II -direktiivin mukaiset kestävyyskriteerit. Näitä kriteereitä ovat esimerkiksi kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen ja kestävä raaka-aineen käyttö. Laskurissa oletetaan, että Suomessa liikennekäytössä käytettävän etanolin ja biodieselin olevan elinkaarisiltaan päästöiltään 80 % fossiilista vastinettaan vähäpäästöisempiä. Tämä on noin 10 % korkeampi päästövähennys kuin mitä RED II-direktiivi edellyttää biopolttoaineiden valmistajilta (oletusarvojen perusteet Suomen tapauksessa on selvitetty tarkemmin luvussa X).

Jakeluelvoitteen toteuttaminen jakelijatasolla edellyttää, että polttoaineiden jakelijat seuraavat lainsäädännön asettamia vaatimuksia ja tavoitteita. Jakelijat voivat toteuttaa velvoitteitaan eri tavoin. Suomessa ei toistaiseksi ole käytössä päästöoikeuksien kauppaa polttoaineiden jakeluelvoitteen osalta, mutta jakelijat voivat tehdä yhteistyötä ja käyttää ns. "velvoitearvojen" siirtoja (Energiavirasto, 2023, kpl 2.14). Velvoitearvojen siirto tarkoittaa, että jakelija voi siirtää osan velvoitteestaan toiselle jakelijalle. Tämä voi tapahtua esimerkiksi silloin, kun jakelija A on ylittänyt oman uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoitteensa ja jakelija B on jäänyt siitä jälkeen. Jakelija A voi siirtää osan ylityksestään jakelija B:lle, jolloin molemmat täyttävät velvoitteensa. Velvoitearvojen siirtojen avulla jakelijat voivat siis joustavasti toteuttaa jakeluelvoitteitaan. Velvoitearvojen siirtojen tarve ilmenee lähtökohtaisesti vain, kun jakelija ei kykene täyttämään velvoitteitaan. Tällöin se osa velvoitteesta, joka tulee täytettäväksi, on siirron mahdollistavan jakelijan bio-osuudesta pois. Päästöjen suhteen tällainen skenaario ei siis tuota uutta päästöhyötyä Suomen rajojen sisällä.

Jos jakelija on kalenterivuonna toimittanut kulutukseen enemmän uusiutuvia polttoaineita kuin jakeluelvoitelaisissa säädetään, jakelija saa ottaa ylimenevän osuuden huomioon seuraavan kalenterivuoden jakeluelvoitetta laskettaessa. Siirtyvä määrä voi kuitenkin olla enintään 30 % sen kalenterivuoden jakeluelvoitetta vastaavasta energiamäärästä, jolloin ylitys tapahtui. Vastaavasti jos jakelija on kalenterivuonna toimittanut kulutukseen enemmän biopolttoaineita, biokaasua tai muuta kuin biologista alkuperää olevia uusiutuvia nestemäisiä tai kaasumaisia liikenteen polttoaineita kuin jakeluelvoitelaisissa säädetään, jakelija saa ottaa ylimenevän osuuden huomioon seuraavan kalenterivuoden lisävelvoitetta laskettaessa. Siirtyvä määrä voi kuitenkin olla enintään 30 % sen kalenterivuoden lisävelvoitetta vastaavasta energiamäärästä, jolloin ylitys tapahtui. Edellä mainitusta joustosta johtuen, vuosittaiset biopolttoainemäärät voivat vaihdella melkoisesti, mutta katsomalla useamman vuoden biopolttoaineiden määrän kehitystä liikenteessä se vastaa jakeluelvoitteen vuosittaista kehitystä hyvin täsmällisesti. Laskurissa ei ole otettu huomioon biopolttoaineiden vuosittaista vaihtelua.

Biopolttoaineet ovat fossiilisia polttoaineita kalliimpia, minkä takia jakelijat ovat pyrkineet optimoimaan kulujaan lisäämällä jakeluun vain sen verran biopolttoaineita kuin laki edellyttää. Lisäksi jakelijan

näkökulmasta voi olla houkuttelevaa myydä biokomponenttina käytettävää tuotetta Suomen rajojen ulkopuolelle kalliimmalla hinnalla ja ostaa toisen jakelijan velvoitearvojen siirtoja täyttääkseen jakeluvelvoitteensa. Tiedot jaettavien biopolttoainekomponenttien alkuperistä ja niiden määristä eivät ole julkisia, minkä takia todellisia Suomessa toteutuneita elinkaarisia päästövähennyksiä ei ole laskurissa pystytty ottamaan huomioon.

Koska biopolttoaineiden erillismyynti lasketaan mukaan jakeluvelvoitteen täyttämiseen, edellä mainittu tilanne johtaa siihen, ettei biopolttoaineiden osuus liikennekäytössä ylitä jakeluvelvoitteen määrittämää lukua. Täten biopolttoaineen erillistankkaamisella ei välttämättä saavuteta sitä päästöhöyryä, joka toteutuisi ilman velvoitearvojen siirtojen mahdollisuutta.

Toisaalta jakelijan on varmistettava, että velvoitearvojen siirtojen ostaminen täyttää lainsäädännön ja kansainvälisen sääntelyn vaatimukset. Lisäksi jakelijan tulee analysoida, miten velvoitteen täyttäminen velvoitearvojen siirtojen avulla vaikuttaa jakelijan maineeseen, asiakassuhteisiin ja pitkän aikavälin kilpailukykyyn. Vaihteleva markkinatilanne voi osaltaan vaikeuttaa sekä oman tuotteen ulkomaanmyynnin, että velvoitearvojen siirtojen hinnan arviointia. Jakelijan on siis seurattava markkinatilannetta varovaisuudella ja arvioitava kokonaisvaikutusta sekä lyhyellä, että pitkällä aikavälillä. Näistä syistä voidaan uskottavasti olettaa, että markkinaehtoisuus ei välttämättä toteudu täysin taloudellisten aspektien suhteen optimoidusti, erityisesti pitkällä aikavälillä tarkastellessa. Laskurin oletusarvo kuvaa kuitenkin käytännössä nykytilannetta, jossa biopolttoaineen erillistankkaamisen aikaansaama päästövähennys korvaa fossiiliseen polttoaineeseen lisättävää bio-osuutta täysimääräisesti. Tulevaisuudessa tilanne voi olla hieman toisenlainen, mikäli jakelijat toimittavat jakelun piiriin enemmän biopolttoainetta kuin laki edellyttää. Biopolttoaineiden erillistankkauksen yleistyminen voi jouduttaa tätä kehitystä.

5.2.2 Erillistankkauksen päästövaikutusten arviointi käyttäjän näkökulmasta

Edellä esitetyistä syistä laskurissa lasketaan oletuksena biodieselin, biokaasun ja etanolin (E85) erilliskäytön päästövaikutus systeemitasolla, jossa biopolttoaineiden elinkaaristen päästöjen lisäksi niiden päästöihin lisätään jakeluvelvoitteen palauttama päästölisiä (jakeluvelvoitteen luvut on esitetty kohdassa 2.6). Mikäli käyttäjä haluaa nähdä ko. polttoaineiden laskennallisen päästön ilman jakeluvelvoitteen vaikutusta, käyttäjällä on mahdollisuus asettaa tämä systeemitason laskentaoletus pois päältä (liukurin arvo muutetaan arvoon 0 %), jolloin laskenta käyttää ainoastaan biopolttoaineiden valmistuksen elinkaarisia päästökertoimia.

Polttoaineiden jakeluvoitteen palauttamien päästöt (avaa klikkaamalla)

Erillistankattavien biopolttoaineiden jakeluvoitteen palauttamien päästöt.	kg CO ₂ /käyttöyksikkö			Jakeluvoite (%)
	Etanoli	Biodiesel	Biokaasu	
Vuosi				
2023	0.907	2.380	3.305	13.5
2024	0.640	1.981	2.751	28
2025	0.640	1.981	2.751	29
2026	0.622	1.953	2.713	29
2027	0.603	1.926	2.675	30
2028	0.585	1.898	2.637	31
2029	0.567	1.871	2.598	32
2030	0.530	1.816	2.522	34
...
2050	0.530	1.816	2.522	34

Huomioitava osuus (%):

100



KIRJALLISUUS

Bieker, G. 2021 A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric cars. White paper. International council on clean transportation (ICCT).

Energiategollisuus 2019. Sähkötillastot. <https://energia.fi/julkaisut/tilastot/sahkotilastot>

Eduskunta 2019. Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi biopolttoöljyn käytön edistämisestä, biopolttoaineiden käytön edistämisessä liikenteessä annetun lain muuttamisesta sekä biopolttoaineista ja bionesteistä annetun lain 2 §:n muuttamisesta. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_29+2018.aspx

EEA 2018. Overview of electricity production and use in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment-4>.

Ellingsen, L. A.-W., Singh, B., Strømman, A.H. 2016. The size and range effect: Lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. Environmental Research Letters 11(5):054010.

Energiavirasto 2023, Jakeluvaihteohje - Ohje uusiutuvien polttoaineiden ja biopolttoöljyn jakeluvaihteohjeen ilmoittamisesta Energiavirastolle, <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/103079467/Jakeluvaihteohje.pdf/7316f5d4-d6bc-643d-d07c-8729a30f57f7/Jakeluvaihteohje.pdf?t=1673609475040>, viitattu 4/2023

EU 2018. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.

European Environment Agency (EEA) 2018. Electric vehicles from life cycle and circular economy perspectives. TERM 2018: Transport and Environment Reporting Mechanism (TERM) report. EEA Report No 13/2018. <https://www.eea.europa.eu/highlights/eea-report-confirms-electric-cars>.

Few, S., Schmidt, O., Offer, G. J., Brandon, N., Nelson, J., Gambhir, A. 2018. Prospective improvements in cost and cycle life of off-grid lithium-ion battery packs: An analysis informed by expert elicitations. Energy Policy, 114, 578–590. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2017.12.033>.

Fingrid 2022. Sähkötillastot CO₂-päästöarvio. <https://www.fingrid.fi/sahkomarkkinainformaatio/co2/>.

Green NCAP 2022. Estimated Greenhouse Gas Emissions and Primary Energy Demand of Passenger Vehicles – 2nd edition. Life cycle methodology and data. Green NCAP, Switzerland.

Koffi, B., Cerutti, A., Duerr, M., Iancu, A., Kona, A., Janssens-Maenhout, G. 2017. CoM Default Emission Factors for the Member States of the European Union. EU.

Honkapuro S., Partanen, J., Haakana, J., Annala, S., Lassi, J. 2015. Selvitys sähkö- ja kaasuinfrastruktuurin energiatehokkuuden parantamismahdollisuuksista. Lappeenrannan yliopiston tutkimusraportti. https://energia.fi/files/1224/Selvitys_sahko_ ja_maakaasuinfrastruktuurin_energiatehokkuuden_parantamismahdollisuuksista_2015.pdf.

ICCT (The International Council on Clean Transportation) 2018. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. Briefing Feb 28, www.theicct.org.

Laki 2007. Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä 13.4.2007/446, <https://finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2007/20070446>, viitattu 4/2023

Lutsey, N. 2017. Integrating electric vehicles within U.S. and European efficiency regulation Working paper 07. ICCT (The International Council on Clean Transportation).

Lehtilä, A., Koljonen, T., Laurikko, J., Markkanen, J., Vainio, T. 2021. Energijärjestelmän ja kasvihuonekaasujen kehitykset. Hiilineutraali Suomi2035 – Ilmasto- ja energiapolitiikan toimet ja vaikutukset. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2021:67.

Lempinen, T. 2021. Kuinka paljon maksaa sähkö- ja hybridi-autojen akkujen uusiminen? Alan insinöörit lyövät nyt eurot pöytään. Ilta-Sanomat 3.7.2021.

Moro, A., Lonza, L. 2018. Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. Transportation Research Part D 64 (2018) 5–14.

Marmioli, B., Messagie, M., Dotelli, D., Van Mierlo, D. 2018. Electricity Generation in LCA of Electric Vehicles: A Review. Applied Science (8) 1384. doi:10.3390/app8081384.

Nevalainen, O. 2019. Biokaasun elinkaariset päästöt, Gasum Oy. 26.10.2019.

Suomen ilmastopaneeli 2019. Seppälä, J., Savolainen, H., Sironen, S., Soimakallio, S., Ollikainen, M. Päästövähennyspolku kohti hiilineutraalia Suomea – hahmotelma. Suomen ilmastopaneelin raportti 7/2019.

Ricardo 2011. Preparing for Life Cycle CO₂ measure. Low carbon vehicle partnerships.

Ricardo 2015. Life cycle emissions from cars. Low carbon vehicle partnerships.

Ricardo 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Report for Transport and Environment (T&E). ED 61479 | Issue Number 1 | Date 16/02/2016.

Romare, M., Dahllöf, L. 2017. The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries, IVL Swedish Environmental Research Institute, 2017. <http://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebedE8559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>.

Tilastokeskus 2018. Sähkön ja lämmön tuotannon hiilidioksidipäästöt (hyödynjakomenetelmällä) -13.3.2. Energia 2018 –taulukkopalvelu.

Tilastokeskus 2019. Konttinen, J.-P. Tieliikenteen ajokilometreissä edelleen hienoista kasvua. Tilastokeskus. http://www.stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2019/tieliikenteen-ajokilometreissa-edelleen-hienoista-kasvua/?fbclid=IwAR3ofh2RxpXNgA0eJds_ou4h-sAzEpFhgeYMQODHMFkOA478

VTT 2021. Polttoaineiden bio-osuudet tulevaisuudessa – syksyn 2021 tieliikenteen WAM-skenaario. Tieliikenteen laskentamalli. Julkaisematon – saatu VTT:ltä.

LIITE. NÄKÖKOHTIA VAIHTOEHTOISIIN KÄYTTÖVOIMIIN

Sähkö

Sähkö on tehtävissä vähäpäästöiseksi uusiutuvien energialähteiden ja ydinvoiman avulla eikä sen määrää rajoita kestävä raaka-ainepohjan rajallisuus. Tämä on keskeinen syy, minkä takia sähköauto näyttyy vaateenottavana osaratkaisuna mentäessä kohti päästötöntä henkilöautoliikennettä. Esimerkiksi energiateollisuus Suomessa uskoo, että sähkön päästöt puolittuvat nykyisestä ensi vuosikymmenellä ja vähenevät marginaaliin 2030-luvulla (Energiateollisuus 2018). Sähköauton käytön aikaiset päästöt vähenevät tämän takia ajan myöten nopeammin kuin bensiiniin ja dieselin päästöt niihin liittyvästä biopolttoainesekoitevelvoitteesta huolimatta. Tällä on erityisesti merkitystä Suomessa, jossa autot viipyvät kauan liikenteessä. Jos nykytilanne säilyy myös tulevaisuudessa, tänä päivänä hankittu auto poistuu liikenteestä vasta 2040.

Suomessa tuotetun verkkosähkön tuotannon kasvihuonekaasujen päästökerroin on keskimäärin jo nyt lähes 3 kertaa alhaisempi kuin Euroopassa keskimäärin. Vuonna 2016 Suomen sähköntuotannon päästöt olivat 113 g CO₂ tuotettua kWh kohti, kun se EU28:ssa oli 296 g/kWh kun lähtökohtana on energiamenetelmällä lasketut päästökertoimet (EEA 2018a). Suomessa sähköverkon häviöt ovat myös pienemmät kuin Euroopassa (Moro ja Lonza 2018). Todettakoon, että polttoaineiden hankinta lisää sähköntuotannon päästöjä noin 20 % edellisiin suoriin päästöihin nähden (Moro ja Lonza 2018).

Sähköauton suurena etuna ovat myös ”nolla”-lähipäästöt, jotka kaupunkiympäristössä ovat edelleen ongelmana myös Suomessa aiheuttaen terveyshaittoja. Keskitetyn sähköntuotannon terveyshaitat ovat vain murto-osa liikenteen aiheuttamista terveyshaitoista Pohjois-Euroopassa (Stanaway ym. 2018). Myös liikennemelu taajamissa vähenee sähköautojen myötä.

Sähköauton ongelmina ovat akkujen hinta ja niiden valmistuksessa aiheutetut päästöt. Akkujen takia sähköautojen valmistuksen elinkaariset päästöt ovat suuremmat kuin vastaavan kokoluokan polttomoottoriautojen (kuva 1). Akkujen päästöintensiteetin lasku on ollut kuitenkin odotettua nopeampaa. Euroopan ympäristöviraston sähköautojen elinkaariautoselvityksessä (EEA 2018b) arvioitiin vielä keskimääräiseksi akkujen valmistuksen elinkaarisiksi päästöiksi noin 111 kg CO₂-ekv./kWh. Romare ja Dahllöf (2017) arvioivat, että Aasiassa valmistettujen akkujen elinkaariset päästöt ovat 120-150 kg CO₂-ekv./kWh. Selvityksessä päädyttiin siihen, että noin puolet akkujen päästöistä syntyy valmistuksessa käytetystä sähköstä.

Bieker (2021) arvioi, että Euroopassa ja Yhdysvalloissa valmistettujen akkujen elinkaarinen päästöintensiteetti olisi ollut keskimäärin vuonna 2021 vain 60 kg CO₂-ekv./ kWh ja Kiinassa valmistettujen 68 kg CO₂-ekv./ kWh. Green NCAP:n LCA-työkaluilla tehty arvio antaa keskimääräiseksi päästökseen 77 kg CO₂-ekv./kWh (Green NCAP 2022).

Puhtaan liikkumisen järjestö (ICCT 2018) ennustaa, että sähkön tuotannon päästökerroin pienenee suurimassa osassa akkuja valmistavissa maissa yli 30 % vuoteen 2030 mennessä, minkä merkitsi päästöjen vähentymistä 17 % akkujen valmistuksessa. Jos sähkö tehdään päästöttömästi, akkujen päästöt per kWh tipahtavat puolella.

Kun akkujen käytöstä luovutaan, niissä on tyypillisesti jäljellä vielä 70–80 % varauskapasiteetista. ICCT (2018) nostaa esille akkujen ”toisen elämän” esimerkiksi uusiutuvien energialähteillä tuotetun sähkön varastona. Varastoinnin avulla vältetyt fossiiliperäiset energiapäästöt vähentävät myös tällä tavalla akkujen valmistuksen päästöjä. ICCT (2018) on esittänyt, että tämä hyvitys voisi olla useita kymmeniä prosentteja alkuperäisen akun valmistuksen päästöistä.

Sähköautojen yleistymisen myötä akkujen kierrätystoiminta paranee ja siihen liittyvä teknologia kehittyy siten, että akkujen raaka-aineesta saada yhä paremmin pienetkin määrät talteen. Romare ja Dahllöf (2017) ovat arvioineet, että tehostunut kierrätys pienetään akkujen elinkaarisia päästöjä 7–17 %. Bieker (2021) on esittänyt, että kierrätyksen hyvityspäästöt olisivat noin 14–25 % akkujen valmistuksen päästöistä. Green NCAP on puolestaan arvioinut kierrätyksen hyötyjen olevan noin 14 % akkujen valmistuksen päästöistä.

Akkuteknologian uskotaan kehittyvän siten, että akuissa 50 % suurempi energiatiheys tullaan saavuttamaan kenties alle 10 vuodessa. Lisäksi akkujen käyttöikä tulee kasvamaan (ICCT 2018).

Akkuihin liittyvistä monista myönteisistä näkymistä huolimatta ongelmana on se, että akut vaativat runsaasti erikoismetalleja. Kaivostoiminta aiheuttaa monia ympäristöongelmia, jotka eivät liity ilmastonmuutokseen (ks. EEA 2018b). Vaikka akkujen kierrätys tehostuu, uusien autojen tarpeen kautta neitseellisten metallirikasteiden määrä kasvaa valtavaksi.

Tietyistä metalleista kuten litiumista voi tulla akkujen valmistuksen niukkuusresurssi, joka rajoittaa sähköautojen maailmanvalloitusta. Tästä niukkuusriskistä huolimatta sähköautoihin on asetettu ilmastopolitiikassa suuret toiveet ja niiden skaalatuvuuspotentialiaali on nähty suurimpana vähähiilisessä henkilöautoliikenteessä. Tämän toiveen täydellinen toteutuminen vaatii kuitenkin vielä akkuteknologiassa murroksen, jossa ei nojauduta niukkoihin materiaaliresursseihin.

Sähköautojen hankintahintojen odotetaan laskevan polttomoottoriautojen tasolle ensi vuosikymmenen jälkipuoliskolla. Halvempien polttoaine- ja huoltokulujen kautta autoilijalla on mahdollisuus kuitenkin saavuttaa sähköautoilla pienemmät autoilun kokonaiskustannukset jo nyt ajan kanssa.

Maakaasu ja biokaasu

Kaasuautojen suosiminen ilmastopolitiikassa perustuu niiden mahdollisuuteen käyttää biokaasua. Maakaasua ja biokaasua käyttävät erikseen sitä varten valmistetut bi-fuel –autot, jotka voivat käyttää tarvittaessa myös bensiiniä. Myös bensiiniautot on mahdollista muuttaa jälkiasennuksen kautta kaasuautoiksi edullisesti.

Maakaasu on metaania, jolla saavutetaan noin 20 % pienempi kasvihuonekaasupäästö bensiiniin nähden, kun tarkastellaan vain suoria polton päästöjä. Ero pienenee selvästi, kun tarkastellaan maakaasun ja bensiinin elinkaarisia kasvihuonekaasupäästöjä (Ricardo 2016). Maakaasuun tuoteketjussa tapahtuu metaanivuotoja, joiden määrä heikentää maakaasun kasvihuonekaasutasetta. Suomessa myytävä maakaasu on peräisin Venäjältä, joiden tarkkoja häviöitä ei tunneta. Maakaasua on runsaasti saatavilla, mutta sen suuret päästöt eivät tee siitä vähähiilisen liikenteen ratkaisua.

Biokaasun päästövähennykset fossiiliseen polttoaineeseen nähden riippuvat tuotantotekniikasta ja raaka-aineen alkuperästä riippuen. RED-direktiivissä esitetyt vaihteluvälit biokaasun kasvihuonekaasuvähennyksiksi ovat biojätteelle 14–78 % ja lietelannalle 72–202 % (EU 2018). Lietelantapohjaisen biokaasun nettonegatiiviset päästöt johtuvat siitä, että toiminnalla estetään lannan metaanipäästöt.

Biokaasun määrää on mahdollista Suomessa moninkertaistaa nykyisestä. Mutikainen ym. (2016) ovat arvioineet teknistaloudellisen potentiaalin olevan 9,3 TWh, mikä riittäisi noin 1,5 miljoonan henkilöauton tarpeisiin. Osa tästä biokaasupotentiaalista olisi järkevää ohjata raskaan liikenteen käyttöön, jossa on muuten vaikea edetä sähköistämisenä. Tämän takia biokaasun käyttöönottoon lisääminen henkilöautoissa on selvä osaratkaisu mentäessä kohti vähähiilistä liikennettä.

Etanoli

Etanolia käytetään seospolttoaineena jakeluasemilla myytävässä bensiinissä. 98 oktaanisessa 98E5-bensiinissä sitä on korkeintaan 5 % ja 95 oktaanisessa 95E10-bensiinissä korkeintaan 10 %. Tämän etanolin alkuperä vaihtelee, mutta keskiönmääräisen etanoliseoksen tulee täyttää EU:n uusiutuvan energian edistämisdirektiivin (RED) (EU 2018) kasvihuonekaasupäästövähennys-kriteerit. Globaalissa mittakaavassa kestävä etanolin käytön määrän kasvua rajoittaa maatalouspohjaisen etanoliponttiaineiden kilpailu ruoantuotannosta.

Etanolin käytön lisäämisen esteenä bensiinissä on standardin puute. Tarvittaisiin standardit E20 tai E30, jotka määrittelisivät bensiinin laatuvaatimukset ja analysointimenetelmät siten, että bensiiniin voitaisiin lisätä enintään 20 % tai 30 % etanolia. Näitä ei ole kuitenkaan vielä tekeillä. Standardin lisäksi tarvittaisiin myös

autot, jotka voisivat käyttää korkeampaa etanoliseosta. Nykyiset autot ovat suunniteltu 95E10-bensiinille. Edellä mainitusta syystä nykyisten bensiinihenkilöautojen päästöt eivät tule vähenemään biopolttoaineiden sekoitevelvoitteen kasvusta huolimatta (ks. kohta biodiesel), koska niissä käytettävä polttoainekoostumus säilyy käytännössä samana tulevaisuudessa.

Suomessa myydään erikseen korkeaseoksista etanolipolttoainetta (E85), joka sisältää 50-85 tilavuusprosenttia etanolia ja loput moottoribensiiniä. Tämä etanoli on toistaiseksi Suomessa pitkälti jättepohjaista, jossa kasviuonekaasupäästövähennykset ovat bensiiniin nähden parhaimmillaan jopa 85 %.

E85-polttoainetta voidaan käyttää ns. flexible fuel -autoissa, joissa voidaan käyttää normaalia bensiiniä vaihtoehtona. Tämän lisäksi useimpiin uudehkoihin bensiiniautoihin voidaan asentaa E85-muutossarja, jonka jälkeen bensiiniauto voi käyttää E85-polttoainetta. Jättepohjaisen bioraaka-ainepohjan potentiaalista ei ole olemassa arviota, mutta sen määrä on kuitenkin autokannan tarpeeseen nähden hyvin rajallinen.

Biodiesel

Dieselissä voidaan käyttää sekoitepolttoaineena enintään 7 % rasvahapon metyyliesteriä, joka sisältää happea. Tätä ns. FAME (=Fatty Acid Methyl Ester) –dieselkomponenttia voidaan valmistaa kasvirasvasta tai -öljystä. Tämän biodieselin mahdollisuudet dieselin kasviuonekaasupäästöjen vähentämisessä ovat rajalliset vähäisestä sekoitemäärästä johtuen.

Parafiinista dieselöljyä voidaan käyttää dieselautoissa fossiilisen dieselöljyn tilalla ilman määrärajoitusta. Parafiiniin dieselöljyihin kuuluvat muun muassa Nesteen kehittämät uusiutuvat dieselpolttoaineet eli NexBTL-polttoaineet sekä UPM-Kymmenen mäntyöljypohjainen BioVerno -diesel.

Suomen tavoitteena on kasvattaa biopolttoaineiden energiasisällön osuutta 34 % jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä vuoteen 2030 mennessä ja säilyttää tämä taso siitä eteenpäin (Eduskunta 2022). Parafiinisen biodieselin rooli tässä Suomen biopolttoaineiden sekoitevelvoitetavoitteessa on ratkaiseva, koska FAME-biodieselkomponentin ja bioetanolin lisäykset ovat liikenteessä rajalliset. Käytännössä tämä merkitsee noin 3 kertaa suurempaa parafiinisten biodieselkomponenttien määrää dieselin jakelussa vuonna 2029 kuin nyt.

Dieseliä käytetään Suomessa tieliikenteessä selvästi enemmän kuin bensiiniä raskaan liikenteen tarpeen takia. Vuonna 2017 Tilastokeskuksen (2019) mukaan tieliikenteessä käytettiin 56 489 TJ bensiiniä, kun dieselin käyttö oli 106 636 TJ. Raskaan liikenteen sähköistyminen on hankalampaa kuin henkilöautokiinteessä, minkä takia ilmastokestävä biodiesel on yksi vartenotettava keino raskaalle liikenteelle siirtyä vähähiilisempään ajosuoritteeseen.

Koska parafiinisten biodieselin kestävä raaka-ainepohja on rajallinen ja sen käyttö pitäisi ohjautua eteenkin raskaan liikenteen käyttöön, siirtyminen pelkästään parafiinisten biodieselin käyttöön henkilöautoliikenteessä ei ole skaalattava ratkaisu mentäessä kohti ilmastokestävää henkilöautoliikennettä.

Vety

Vetytalous on nähty yhtenä isona tulevaisuuden vähähiilisyden ratkaisuna, joka odottaa kuitenkin vielä tuloaan. Vety sopii sähköautojen energialähteeksi. Sitä pystytään valmistamaan energian avulla vedestä, se toimii energiavarastona ja siinä raaka-aineet eivät tule pullonkaulaksi niin kuin akuilla. Energiakäytöstä syntyy epäpuhtauksien sijasta vettä.

Ensimmäiset sarjavalmistetut vetyautot ovat markkinoilla, mutta niiden hinta on vielä kaukana akkusähköautoista. Vedyn laajamittaisemman liikennekäytön esteenä ovat kuitenkin vedyn tuottamisen ja jakelun korkeat kustannukset. Vedyn jakeluun pitäisi rakentaa kokonaan uusi infra ja vety on helposti karkaavana aineena haasteellinen käsitellä.

Power to x

Power-to-x-tekniologia on kehitystyön alla oleva tekniologia, jolla voidaan valmistaa synteettistä, fossiilisia polttoaineita korvaavaa polttoainetta. Raaka-aineiksi tarvitaan hiilidioksidia ilmasta, vetyä vedestä tai tyypeä ilmasta. Valmistusprosessi vaatii runsaasti energiaa, joka tulisi toteuttaa täysin päästöttömästi. Lopputuotteina syntyvää metaania, metanolia ja dimetyylieetteriä voidaan käyttää nykyisten laivojen, kuorma-autojen ja henkilöautojen moottorissa.

Power-to-x –tekniologian ongelmana on vielä tuotteiden hinta. Jos kustannuksia saadaan riittävän alas, polttoaineella olisi valtava skaalautuvuuspotentiaali mentäessä kohti hiilineutraalia liikennettä. Nykyinen olemassa oleva ajoneuvokanta voitaisiin hyödyntää ja polttoaineiden jakelujärjestelmät ovat jo olemassa.

Kirjallisuus

Bieker, G. 2021 A global comparison of the life-cycle greenhouse gas emissions of combustion engine and electric cars. White paper. International council on clean transportation (ICCT).

EEA (European Environmental Agency) 2018a. CO2 emission intensity – electricity generation. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/daviz/co2-emission-intensity>.

EEA (European Environmental Agency) 2018b. Overview of electricity production and use in Europe. <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/indicators/overview-of-the-electricity-production-2/assessment-4>.

Eduskunta 2022. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja väliaikaisesta muuttamisesta <https://www.eduskunta.fi/pdf/HE+174/2022>.

Ellingsen, L. A.-W., Singh, B., Strømman, A.H. 2016. The size and range effect: Lifecycle greenhouse gas emissions of electric vehicles. *Environmental Research Letters* 11(5):054010.

Energiateollisuus 2018. Ener-gia-teol-li-suus: Sähkön ja kaukolämmön päästöt vähenevät arvioitua nopeammin – ennakoitava politiikka mahdollistaa ilmastotoimet. https://energia.fi/ajankohtaista_ja_materiaalipankki/materiaalipankki/energiateollisuus_sahkon_ja_kaukolammmon_paastot_vahenevat_arvioitua_nopeammin_ennakoitava_politiikka_mahdollistaa_ilmastotoimet.html

EU 2018. Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2018/2001, annettu 11 päivänä joulukuuta 2018, uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä.

Green NCAP 2022. Estimated Greenhouse Gas Emissions and Primary Energy Demand of Passenger Vehicles – 2nd edition. Life cycle methodology and data. Green NCAP, Switzerland.

ICCT (The International Council on Clean Transportation) 2018. Effects of battery manufacturing on electric vehicle life-cycle greenhouse gas emissions. Briefing Feb 28, www.theicct.org.

LVM (Liikenne- ja viestintäministeriö) 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2018. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-559-0>; <https://www.lvm.fi/uusimmat-julkaisut>

Marmioli, B., Messagie, M., Dotelli, D., Van Mierlo, D. 2018. Electricity Generation in LCA of Electric Vehicles: A Review. *Applied Science* (8) 1384. doi:10.3390/app808138.

Moro, A., Lonza, L. 2018. Electricity carbon intensity in European Member States: Impacts on GHG emissions of electric vehicles. *Transportation Research Part D* 64 (2018) 5–14.

Mutikainen, M., Sormunen, K., Paavola, H., Haikonen, T., Väisänen, M. 2016. Ramboll Finland. Biokaasusta kasvua – Biokaasuliiketoiminnan ekosysteemien mahdollisuudet. Sitran selvityksiä 11/2016.

Ricardo 2016. The role of natural gas and biomethane in the transport sector. Final Report. Report for Transport and Environment (T&E). ED 61479, Issue Number 1, Date 16/02/2016

Romare, M., Dahllöf, L. 2017. The Life Cycle Energy Consumption and Greenhouse Gas Emissions from Lithium-Ion Batteries, IVL Swedish Environmental Research Institute, 2017. <http://www.ivl.se/download/18.5922281715bdaebedE8559/1496046218976/C243+The+life+cycle+energy+consumption+and+CO2+emissions+from+lithium+ion+batteries+.pdf>.

Stanaway, J. D., Afshin, A., Gakidou, E., Lim, S. S., Abate, D., Abate, K. H., Murray, C. J. L. 2018. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990–2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Stu. *The Lancet*, 392(10159), 1923–1994.

Tilastokeskus 2019. Liikenteen energiankulutus. https://pxhopea2.stat.fi/sahkoiset_julkaisut/energia2018/html/suom0004.htm.