

Opinnäytetyö (AMK)

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

2024

Niko Järvensivu

# Polttomoottoriauton ja sähköauton ympäristökuormituksen vertailu



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Ajoneuvo- ja kuljetustekniikka

Kesäkuu 2024 | 33 sivua

Niko Järvensivu

## Polttomoottoriauton ja sähköauton ympäristökuormituksen vertailu

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää, kumpi on ympäristön kannalta parempi valinta: vanhan polttomoottoriauton romuttaminen ja uuden sähköauton ostaminen, vai vanhan polttomoottoriauton loppuun ajaminen.

Opinnäytetyön tarkasteluun valittiin keskinäiseen vertailuun kaksi autoa, 18-vuotias Honda Accord, sekä uusi Volvo C40. Tutkimuksessa selvitettiin ja pohdittiin sähköauton elinkaaren vaikutuksia ympäristökuormitukseen sen valmistuksesta lähtien. Polttomoottoriauton ympäristökuormitusta tutkittiin ainoastaan nykyhetkestä elinkaaren loppuun.

Opinnäytetyön lopputuloksena todettiin, ettei vertailusta voi tehdä tarkkoja johtopäätöksiä. Vertailu sisältää useita loppupäätelmään vaikuttavia muuttujia, joten aihetta pohdittiin teoreettisten lukujen perusteella.

Asiasanat:

polttomoottorit, sähköauto, hiilijalanjälki

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Automotive and Transportation Engineering

June 2024 | 33 pages

Niko Järvensivu

## Comparison of the Carbon Footprint of an Electric Car and an Internal Combustion Car

The purpose of this student degree was to find out which is better for the environment, scrapping an old car with an internal combustion engine, and buying a new electric vehicle, or using the old vehicle until the end of its useful life.

Two vehicles were chosen for this degree, an 18 year old Honda Accord, and a brand new Volvo C40 electric car. The mission was to find out the carbon footprint of an electric vehicle during its useful life, beginning from the manufacturing step. The carbon footprint of the internal combustion vehicle was only determined from the present time, to the end of the vehicles life.

As a result of this student degree, it was found out that one can't make any specific conclusions of this research. The comparison includes so many changing factors, so this study was only thought out on a theoretical level.

Keywords:

internal combustion engine, electric vehicle, carbon footprint

# Sisältö

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1 Johdanto</b>  | <b>6</b>  |
| <b>2 Ympäristökysymykset</b>                                 | <b>7</b>  |
| <b>3 Esimerkkiautojen esittely</b>                           | <b>9</b>  |
| <b>4 Sähköauton kehitys</b>                                  | <b>11</b> |
| 4.1 Tekniset eroavaisuudet                                   | 11        |
| 4.2 Käyttöominaisuuksien vertailu                            | 12        |
| <b>5 Sähköauton elinkaaripäästöt</b>                         | <b>14</b> |
| 5.1 Akuston valmistaminen                                    | 14        |
| 5.2 Akuston käyttöiän määrittäminen                          | 16        |
| 5.3 Akuston kierrätys  | 18        |
| 5.4 Sähköntuotannon vaikutus ympäristöystävällisyyteen       | 19        |
| <b>6 Polttomoottoriauton hiilijalanjälki</b>                 | <b>22</b> |
| 6.1 Öljyntuotannon hiilijalanjälki bensiinin valmistuksessa  | 22        |
| 6.2 Moottoriöljyjen ja muiden nesteiden aiheuttama kuormitus | 24        |
| <b>7 Tuloksia ja pohdintaa</b>                               | <b>26</b> |
| <b>8 Yhteenveto</b>  | <b>30</b> |
| <b>Lähteet</b>   | <b>31</b> |

## Kuviot

|   |    |
|---|----|
| Kuvio 1. Volvon elinkaaripäästöt (Volvo Cars 2022). | 20 |
| Kuvio 2. Well to Tank -arvo (JRC 2014).             | 24 |

## Taulukot

|  |    |
|--|----|
| Taulukko 1. Volvon elinkaaripäästöt (Volvo Cars 2022). | 16 |
| Taulukko 2. Well to Tank -arvo (Mizuho Group 2004).    | 23 |
| Taulukko 3. Well to Tank -arvo (Zemo Partners 2022).   | 23 |
| Taulukko 4. Accordin päästöt (Traficom 2024).          | 27 |

# 1 Johdanto

Autoilun tulevaisuus ja sähköistyvät energiamuodot: Nämä kaksi ajankohtaista aihetta ovat jatkuvasti esillä. Ei ihme, sillä kyseessä on suuri ja välttämätön muutos kohti ympäristöystävällisempää huomista.

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, onko vanhan polttomoottoriauton ajaminen loppuun ympäristön kannalta parempi ratkaisu, kuin uuden sähköauton ostaminen. Tarkoituksena on perehtyä aiheeseen ainoastaan ekologisesta näkökulmasta. Taloudellinen näkökulma otetaan huomioon vain, jos sillä on auton elinkaaren pituutta arvioidessa merkitystä. Opinnäytetyöhön valittiin kaksi esimerkkiajoneuvoa: vanha polttomoottorikäyttöinen auto sekä uusi täyssähköinen auto. Tavoitteena on käydä läpi molempien ajoneuvojen elinkaarenaikaiset päästöt.

## 2 Ympäristökysymykset

Ilmaston lämpenemisen hillitseminen on ihmiskunnan ja maapallon tulevaisuuden kannalta välttämätöntä. Ilmastonmuutoksesta on puhuttu jo pitkään, sillä kasvihuonekaasujen lisääntyminen ilmakehässä kiihdyttää ilmaston lämpenemistä. Suomessa liikenteen päästöt muodostivat vuonna 2020 21.5 % osuuden kaikista kasvihuonepäästöistä. Suurin osa tästä tuli tieliikenteestä. (Traficom 2022.) EU:n tavoite on olla hiilineutraali vuoteen 2050 mennessä, kun taas Suomi on sitoutunut tähän tavoitteeseen jo vuoteen 2035 mennessä (Ulkoministeriö 2023). Jotta näihin tavoitteisiin voidaan päästä, tulee liikenteen päästöjä karsia merkittävästi, sillä nykytahdilla tavoitteet ovat epärealistisia.

EU:n sekä Suomen valtion ajamat päästötavoitteet kannustavat ihmisiä vaihtamaan vanhat autot ekologisempiin vaihtoehtoihin, koska Suomen autokanta on tällä hetkellä Euroopan vanhinta. Keskimääräinen ikä liikennekäytössä olevalle autolle vuonna 2022 oli 12,9 vuotta. Keskimääräinen romutusikä oli 22,2 vuotta. (Autoalan Tiedotuskeskus 2022a.) Auton vaihtoon kannustetaan sähköauton hankintatuilla sekä romutuspalkkioilla. Täyssähköautosta ei tarvitse myöskään tällä hetkellä maksaa autoveroa. Tämä luo taloudellisesta näkökulmasta painetta, sillä monella kotitaloudella Suomessa ei ole mahdollisuutta päivittää autoaan ekologisempaan versioon.

Tieliikenteen päästöistä merkittävä osa muodostuu yksityisautoilusta. Tehokkain keino päästöjen vähentämiseen olisi vähentää autoilua ja pyrkiä käyttämään ekologisempaa vaihtoehtoa, kuten julkista liikennettä tai polkupyörää. Tämä olisi suotavaa, sillä pakokaasupäästöt heikentävät ilmanlaatua erityisesti kaupunkialueilla. Autoilun vähentäminen ei kuitenkaan monelle ole mahdollista, sillä Suomi on harvaan asuttu ja pitkien etäisyyksien maa. Oma auto on arjen mahdollistaja ja useissa tapauksissa välttämätön työkalu elämään.

EU:n standardointi päästöille alkoi jo vuonna 1970 (direktiivi 70/220/EEC). Vuonna 1992 ensimmäinen Euro-standardi "Euro 1" asetettiin. Tarkoituksena oli pienentää uusien autojen pakokaasujen CO-päästöjen määrää. Euro 1 -

standardin myötä katalysaattorit yleistyivät uusissa autoissa. (The AA 2017.) Vuosien varrella Euro-luokitukset ovat tiukentuneet vaatien autovalmistajia yhä pienempipäästöisen ajoneuvojen valmistukseen. Tiukoista päästörajoituksista johtuen yhä harvempi valmistaja tarjoaa lähitulevaisuudessa polttomoottoriautoja. Esimerkiksi Volvo on ilmoittanut lopettavansa dieselautojen tuotannon vuoden 2024 alussa (Volvo Cars Global Newsroom 2023).

Tilastokeskuksen (2023) julkaiseman tiedotteen mukaan Suomen ajoneuvorekisterissä oli vuoden 2022 päättyessä yli 7,1 miljoonaa ajoneuvoa, joista liikennekäytössä oli runsaat 5,2 miljoonaa. Liikennekäytössä olevia henkilöautoja oli hieman vajaa 3,7 miljoonaa. Näistä täyssähköisiä henkilöautoja oli noin 46 tuhatta kappaletta. (Tilastokeskus 2023.)

Koko maailmassa arvioidaan olevan lähteestä riippuen noin 1,4 miljardia ajoneuvoa. Kaikkien näiden ajoneuvojen romuttaminen ja niiden korvaaminen uusilla sähköajoneuvoilla ei ole realistinen vaihtoehto. Jo olemassa olevien polttomoottoriajoneuvojen muuttaminen ympäristöystävälliseksi olisi lyhyellä aikavälillä paljon realistisempi ratkaisu. Se mahdollistaisi näiden ajoneuvojen käyttämisen niiden elinkaarensa loppuun asti.

Fossiilisten polttoaineiden rinnalla tarjotaan ympäristöystävällisiä vaihtoehtoja, kuten korkeaseosetanoli (RE85) sekä uusiutuva diesel (HVO).

Polttomoottoriajoneuvoja voidaan myös muuttaa kaasukäyttöisiksi, jolloin voidaan hyödyntää ympäristöystävällisempää biokaasua. Nämä ovat ympäristön kannalta parempia ratkaisuja, mutta pidemmällä aikavälillä eivät kestäviä. Varsinkaan, kun ekotuotteet eivät taloudellisesti ole kuluttajalle kannattavia. Niiden tuottaminen on kallista, mikä näkyy suoraan tuotteiden hinnoittelussa. Tuotannolla ja raaka-aineilla on myös rajoitteensa, jonka vuoksi niitä ei voida hyödyntää kaikissa ajoneuvoissa globaalisti.



### 3 Esimerkkiautojen esittely

Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kahden eri henkilöauton elinkaaren aikana aiheuttamaa kokonaiskuormitusta ympäristölle. Vertailussa otetaan huomioon nykyhetkestä eteenpäin aiheutuneet päästöt. Sähköauton kuormituksessa huomioidaan myös valmistamisesta aiheutuneet päästöt. Polttomoottoriauton kohdalla ei huomioida vanhoja, käytönaikaisia päästöjä, eikä myöskään valmistuksen aikana syntyneitä päästöjä.

Kysymys on hyvin ajankohtainen monille autollisille kotitalouksille Suomessa sekä globaalisti. Pitäisikö vanha, käytetty polttomoottoriauto ajaa elinkaarensa loppuun, vai hankkiutua siitä eroon ja ostaa uusi sähköauto? Kysymykseen ei välttämättä ole olemassa selkeää vastausta, sillä se riippuu monesta eri tekijästä. Esimerkiksi polttomoottoriauton polttoaineenkulutuksella, sekä sähköauton sähkön tuottotavoilla, on iso merkitys arvioidessa kokonaispäästöjä. Tuotetaanko sähkö uusiutuvasti tuuli- tai aurinkoenergialla, vai hiilivoimalassa, tai käytetäänkö polttomoottoriautossa uusiutuvia polttoaineita.

Tutkimuksen lähtökohdaksi on valikoitu kaksi henkilöautoa, toinen uusi ladattava täyssähköauto ja toinen vanha bensiinikäyttöinen polttomoottoriauto. Sähköautoksi vertailuun valikoitui vuosimallin 2023 Volvo C40. Tämä valittiin siksi, että Volvo-konserni tiedottaa julkisesti omien ajoneuvojensa valmistuksen aiheuttamasta ympäristökuormituksesta. Näihin tiedotteisiin tulee suhtautua kriittisesti, sillä kyseisiä tietoja käytetään myös yrityksen mainonnassa. Tässä työssä ei ole mahdollisuutta selvittää jokaisen komponentin valmistuskuormituksia, joten tutkimus perustuu valmistajien ilmoittamiin tuloksiin. Näiden avulla pyritään selvittämään, paljonko yhden sähkö-Volvon valmistaminen kuormittaa ympäristöä, tähän mukaanluettuna akuston valmistaminen.

Volvon omassa vertailussa on sähköautoa vertailtu uuteen polttomoottoriautoon. Tässä opinnäytetyössä vertaillaan kuitenkin vanhaa polttomoottoriautoa ja uutta täyssähköautoa, joten Volvon selvityksestä hyödynnetään heidän ilmoittamansa kuormitus täyssähköauton elinkaarelle.

Polttomoottoriautoksi valikoitui vuoden 2006 Honda Accord kahden litran vapaasti hengittävällä bensiinimoottorilla. Auto tarjoaa edelleen nykyaikaan hyvät ominaisuudet, kuten varustuksen, turvallisuuden sekä kohtuullisen polttoainetalouden. Se on myös kokoluokassaan keskikokoinen perheauto, eli eurooppalaisittain D-segmentin auto. Volvo C40 edustaa J-segmenttiä, eli kompaktia katumaasturia, joka vastaa hyvin nykypäivän kokoluokkaa normaalista perheautosta.

Onko sähköautolla ajaminen todellakin niin ekologisesti kestävää, kuten tällä hetkellä annetaan ymmärtää? 18 vuotta vanhan Hondan ajaminen loppuun on hyvin suhteellista, eikä sen lopullista käyttöikää voi varmuudella ennustaa. Kaikki riippuu auton nykykunnosta. Jos huomioidaan keskimääräinen romutusikä, lähes 23 vuotta, on Hondalla vielä keski-ikänsä puolesta kuusi vuotta elinaikaa jäljellä.

## 4 Sähköauton kehitys

Ensimmäiset sähköautot keksittiin jo 1800-luvulla, mutta nykyaikaisia sähköautoja ryhdyttiin myymään kansainvälisillä markkinoilla vasta 2010-luvulla. Tätä ennen sähköautot olivat lähinnä olleet kokeilumielessä tehtyjä malleja, kuten esimerkiksi vuonna 2008 esitelty Tesla Roadster. Ensimmäinen todellinen massatuotettu sähköauto markkinoilla oli Nissan Leaf. Markkinoille tullessaan sille luvattiin noin 160 kilometrin toimintamatka täydellä akulla. Ensimmäisten sähköautojen akustossa ei ollut kunnollista jäähdytysjärjestelmää, joten kustannussyistä akkuja viilennettiin passiivisesti ilmavirralla, joka ei ollut riittävä verrattuna nykyaikaiseen nestejäähdytysjärjestelmään. Suurella lämpötilanvaihtelulla on negatiivinen vaikutus akkukennojen elinikään.

Sähköautoilun suurimpia ongelmia oli alkuvaiheessa autojen pieni akkukapasiteetti, jolloin niiden toimintamatka oli hyvin lyhyt. 10 vuotta sitten latauspaikkoja oli myös vähän johtuen sähköautojen marginaalisesta määrästä. Autoalan Tiedotuskeskuksen mukaan vuoden 2010 lopussa Suomeen oli rekisteröity 23 täyssähköautoa. Ladattavia hybridejä alkoi ilmestyä markkinoille vuonna 2012. Kehitys on ollut reipasta, sillä sähköautojen määrä on lähes tuplaantunut vuosien 2022-2023 aikana. Marraskuussa 2023 sähköautoja oli liikenteessä hieman alle 80 000 kappaletta. Alkuaajoista on tultu eteenpäin myös latausverkoston suhteen, sillä latauspaikkoja löytyy Suomesta nyt lähes joka paikkakunnalta. Maaliskuussa 2022 latausasemia oli 1700, joista pikalatureita oli lähes puolet. (Autoalan Tiedotuskeskus 2023b.)

### 4.1 Tekniset eroavaisuudet

Teknisestä näkökulmasta sähköauto on polttomoottoriautoa paljon yksinkertaisempi laite. Sähkövirta ladataan akkuihin ulkoa verkkovirrasta tai otetaan käyttöön regeneroivalla jarrutuksella. Näin ajoneuvon hidastuessa otetaan talteen energiaa, joka siirretään takaisin akun käyttöön. Tästä johtuen sähköauton perinteisiä jarruja käytetään polttomoottoriautoa vähemmän.

Ajoakussa olevan tasavirran muuttaa invertteri vaihtovirraksi sähkömoottorin käyttöön. Sähköautoissa ei ole polttomoottoriauton tapaan perinteistä vaihdelaatikkoa, sillä sähkömoottorin tuottama voima välittyy vetäville pyörille yhdellä kiinteällä välityssuhteella.

Sähköauton huoltaminen on siis yksinkertaisempaa kuin polttomoottoriautossa, sillä liikkuvia osia on vähemmän. Koska perinteistä polttomoottoria tai vaihteistoa ei ole, niihin liittyviä huoltoja, kuten öljynvaihtoja, ei luonnollisesti tarvitse tehdä. Vastapainona sähköauton akut painavat suhteellisen paljon, mikä saattaa vaikuttaa alustan komponenttien ennenaikaiseen kulumiseen. Edellä mainitun regeneroivan jarrutuksen takia perinteisiä jarruja ei tarvita normaalissa ajossa, joten ne ovat alttiina jumiutumaan käyttämättömyyden takia.

#### 4.2 Käyttöominaisuuksien vertailu

Sähköauton ja polttomoottoriauton käyttöominaisuuksissa on myös eroja. Suomen olosuhteissa erityisesti auton lämmitys sekä viillennys aiheuttavat omia haasteitaan erityisesti sähköautolle. Sähköauton esilämmitykseen sekä ajonaikaiseen lämmitykseen käytetään akustosta saatavaa sähkövirtaa, joka samalla vaikuttaa alentavasti toimintasäteeseen. Esilämmitys onnistuu myös latauspistokkeen kautta, jolloin se ei vaikuta akun varaustilaan. Polttomoottoriautoja voidaan esilämmittää perinteisesti lohkolämmittimellä tai polttoainekäyttöisellä lisälämmittimellä.

Polttomoottorin käydessä syntyy hukkalämpöä, jota hyödynnetään matkustamon lämmityksessä. Kylmä polttomoottori ja kylmä sähköauton akusto eivät toimi energiatehokkaasti, jonka vuoksi esilämmittäminen on pakkasilla suotavaa käyttövoimasta riippumatta. Sähköautoihin on mallista riippuen mahdollista saada akun esilämmitys, joka helpottaa auton energiatehokkuutta, sekä parantaa lataustehokkuutta kylmillä keleillä (Kia 2022)

Polttomoottorin ja sähköön vertailussa yleensä isona asiana nostetaan polttomoottorin tankkaamisen helppous verrattuna sähköauton lataamiseen.

Polttomoottorinauton tankkaus hoituu yleensä muutamassa minuutissa riippumatta siitä, mitä tankkiin laitetaan. Sähköauton akun saa pikalaturilla ladattaessa lähes tyhjästä noin 80 % varaukseen keskimäärin puolessa tunnissa. Kotilataus perinteisestä pistorasiasta voi kestää jopa 30 tuntia. Kotilataus ei ole suositeltavaa pistorasiasta, sillä se on hidasta, ja siihen liittyy paloturvallisuusriskejä. Siksi on suositeltavaa asentaa latausasema, jonka avulla pystyy lataamaan autoa turvallisesti esimerkiksi yön yli.

Sähköauton latausta on hyvä ajatella kuten puhelimen latausta. Akkua kannattaa ladata aina vähän, kun se on mahdollista, esimerkiksi työpaikalla, kaupan pihalla tai kotona. Akun kestävyys kannalta sitä ei tulisi päästää täysin tyhjäksi eikä myöskään ladata täyteen 100 % varaukseen. Pikalatureissa piilee akun keston kannalta merkittävä ongelma, sillä pikalaturilla ladattaessa akun tasapainotusta ei pystytä kunnolla toteuttamaan. Akunhallintajärjestelmä ei pysty jakamaan jännitettä tasapuolisesti kaikille kennoille, jonka johdosta ne saattavat pitkällä aikavälillä vaurioitua suurella teholla lataamisesta, tai ainakin niiden käyttöikä saattaa lyhentyä.

## 5 Sähköauton elinkaaripäästöt

### 5.1 Akuston valmistaminen

Sähköauton akusto on sen tärkein, sekä samalla eniten kysymyksiä herättävä komponentti. Akustot ovat pääasiassa Litium-ioni-akkuja, joiden rakentamiseen käytetään maan uumenista saatavia erinäisiä jalometalleja, kuten nikkeliä, mangaania tai koboltia. Yhdysvaltojen kongressin tutkimuspalvelun (CRS) vuonna 2022 julkaisemassa raportissa mainitaan, että 70 % koko maailman sähköautojen akkutuotannosta on peräisin Kiinasta. Kuitenkin 70 % Yhdysvalloissa myytyjen sähköautojen akuista on tuotettu kotimaisesti. Raportissa nostetaan esille huomio, että julkista dataa siitä, mistä päin maailmaa USA:ssa tuotettujen akkujen jalometallit ovat peräisin, ei ole saatavilla. (Congress Research Center 2022.)

Samana selvityksen mukaan kaivostoimintaan liittyy kysymysmerkkejä. Tutkimus on tehty siltä pohjalta, miten Yhdysvaltojen akkutuotantoa voitaisiin kehittää, ja raaka-aineita saada kotimaisesti. Tutkimuksessa huomautetaan, että sähköautojen yleistyessä näiden jalometallien tarve kasvaa, mutta kysyntään ei välttämättä pystytä vastaamaan tarjonnalla. Uusien kaivosten avaaminen on kongressin mukaan työläs prosessi, joka voi viedä vuosia aikaa. (Congress Research Center 2022.)

Myös kaivosalueiden ympäristövaikutukset herättävät kysymyksiä. Litiumin ja muiden metallien kaivaminen kuluttaa mm. suuria määriä vettä, sekä tuhoaa kaivosalueen ympäristön ekosysteemiä. Artikkelissa mainitaan, että yleisesti kaivosalueen ympäristövaikutuksista ei ole tehty tutkimuksia, sillä akkuihin liittyvät tutkimukset pääosin keskittyvät yleisesti akkujen valmistamiseen ja kierrättämiseen, ja harvemmin tuovat ilmi kaivostoiminnan sosiaalisia vaikutuksia esimerkiksi sen lähistöllä asuviin ihmisiin. (Agusdinata ym. 2018.)

Europarlamentin vuonna 2023 julkaisemassa tutkimuksessa on selvitetty polttomootoriauton sekä täyssähköauton valmistuksen aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Tutkimuksen mukaan bensiinikäyttöisen

polttomoottoriauton valmistus vuonna 2020, kulutti noin 10 - 50 g/CO<sub>2</sub> eq/km. (*Equivalent per Kilometer*). Vastaava sähköauton valmistus aiheutti 10 - 110 g/CO<sub>2</sub> eq/km. Sähköauton valmistaminen aiheuttaa tämän tutkimuksen mukaan noin puolet enemmän kasvihuonepäästöjä kuin bensiiniauton. Huomioitavaa on, että tutkimuksen arvion mukaan 2050-luvulla sähköauton valmistuskuormitukset olisi saatu pudotettua vastaavan bensiiniauton tasolle. (EU-parlamentti 2023.) Tähän on mahdollista vaikuttaa esimerkiksi lyhentämällä raaka-aineiden sekä osien kuljetusmatkaa, sekä kehittää akustot yhdisteistä, jotka ovat helpommin saatavissa, halvempia, sekä eettisesti parempia vaihtoehtoja.

Tällä hetkellä sähköauton korkeat kasvihuonepäästöt tuotantovaiheessa selittyvät yksinkertaisesti akuston materiaalien hankkimiseen vaadittavalla energialla, sekä kuljetukseen liittyvillä kustannuksilla. Akkujen valmistukseen tarvitaan hankalasti saatavia raaka-aineita, joiden louhimisen aiheuttamia paikallispäästöjä ei ole kunnolla tutkittu. Akkujen valmistuspaikka saattaa olla toisella puolella maailmaa verrattuna kaivokseen, joka tietysti lisää rahdin aiheuttamaa päästökuormitusta.

Volvon sähkömallin valmistuksen aiheuttamat ympäristökuormitukset ovat 30 % korkeammat verrattuna polttomoottoriversioon, eikä tähän sisällytetä akuston osuutta. Jos akuston valmistus huomioidaan, lisää se valmistuksen aiheuttamaa kuormitusta vielä 70 % alkuperäisestä. Polttomoottoriauton materiaalien valmistus aiheuttaa 14 tonnia hiilidioksidipäästöjä, kun taas sähköauton kuormitus on akku mukaan lukien 25 tonnia hiilidioksidia. Päästöarvot on esitetty taulukossa 1. Tutkimuksessa huomautetaan, että sähköauton hyödyt tulevat esiin käyttövaiheessa, kun perinteistä bensaa ei käytetä. (Volvo Cars 2022.)

Taulukko 1. Volvon elinkaaripäästöt (Volvo Cars 2022).

| Vehicle type                          | Materials production and refining | Li-ion battery modules | Volvo Cars manufacturing | Use phase emissions | End-of-life | Total     |
|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------|--------------------------|---------------------|-------------|-----------|
| XC40 ICE (E5 petrol)                  | 14                                | -                      | 1.7                      | 43                  | 0.6         | <b>59</b> |
| C40 Recharge (global electricity mix) | 18                                | 7                      | 1.4                      | 24                  | 0.5         | <b>50</b> |
| C40 Recharge (EU-28 electricity mix)  | 18                                | 7                      | 1.4                      | 16                  | 0.5         | <b>42</b> |
| C40 Recharge (wind electricity)       | 18                                | 7                      | 1.4                      | 0.4                 | 0.5         | <b>27</b> |

Taulukossa on arvioitu Volvon kokonaispäästöt osa-alueittain. Lukemat ovat esitetty kertoimina taululukon luku kertaa 1000 kg hiilidioksidia (tn/CO<sub>2</sub>).

## 5.2 Akuston käyttöiän määrittäminen

Sähköauton käytönaikaisia paikallispäästöjä ei ole. Siitä syntyykin monilla valmistajilla harhaanjohtava mainos "Zero Emission". Paikallispäästöissä tämä pitää paikkaansa, mutta kokonaiskuvassa ei niinkään. Kokonaiselinkaarta arvioidessa, ajoneuvon käyttöaikana tehdyt valinnat vaikuttavat eniten siihen, kuinka ympäristöystävälliseksi sähköautolla ajo oikeasti tulee. Tähän vaikutetaan sillä, miten akkuihin ladattava sähköenergia on tuotettu. Miten sähköautoa ladataan, kuinka suurella jännitteellä, annetaanko akuston päästä täysin tyhjäksi tai ladataanko se täydeksi asti. Nämä kaikki vaikuttavat merkittävästi akuston käyttöikäen.

Europarlamentin julkaisemassa tutkielmassa on arvioitu myös sähköauton käytönaikaisia päästöjä. Selvityksen mukaan polttomoottoriauton käytönaikaiset hiilidioksidipäästöt ovat 6 - 7 kertaa isommat verrattuna valmistuksen aikaisiin päästöihin. Sähköauton tapauksessa sama arvo on 1,8-kertainen, eli merkittävästi vähemmän. Parlamentti arvioi tulevaisuudessa käytönaikaisten päästöjen vähenevän merkittävästi, kun sähkönsäätö saadaan ympäristölle paremmaksi suosimalla enemmän uusiutuvia tuotantomuotoja. (EU-parlamentti 2023.)



Kuten edellä mainittiin, sähköauton pikalataaminen useasti heikentää akuston ikää, sillä akun tasapainotusta ei pystytä toteuttamaan. Autot, joilla ajetaan pitkiä matkoja, ladataan useammin pikalaturilla. Vastaavasti myös autolla ajaminen kylmässä ilman akun lämmitystä heikentää akuston elinikää.

Autovalmistajat myöntävät akustoille keskimäärin kahdeksan vuoden tai 160 000 km takuun. Volkswagenin, Volvon, sekä Peugeotin akkukapasiteetin luvataan olevan vähintään 70 % akkutakuun rautessa (Peugeot 2023, Volkswagen 2023, Volvo Cars 2023). Jos akun kapasiteetti on suoraan verrannollinen toimintamatkaan, esimerkkipä auto Volvo C40 tapauksessa tämä tarkoittaisi 148 km pienempää toimintamatkaa kahdeksan vuoden käytön jälkeen. Volvon toimintamatka uutena on luvattu 479 km täydellä latauksella malliston pienimmällä akulla. Volvo arvioi autonsa elinkaaren olevan 200 000 km, tai 15 vuotta. Keskimääräisellä 20 000 km vuosiajolla, tulee Volvon kilometrimittariin 160 000 km 8 vuoden aikana. Mikäli auton elinkaari on laskettu 200 000 km, auton romutusikä on jo 10 vuoden ikäisenä.

Kysymystä herättää myös se, onko akustoa taloudellisesti järkevää vaihtaa 8 - 10 vuotta vanhaan sähköautoon. Autonvalmistajan näkökulmasta akun vaihtaminen ei varmastikaan ole järkevää, joten tämä vastuu siirtyy takuun päättymisen jälkeen kuluttajalle. Enemmän ajaville sähköautoilijoille akuston heikentyminen tulee luonnollisesti nopeammin ajankohtaiseksi. Kuluttajan tehtävänä on siis päättää, vaihdattaako sähköautoonsa kalliin akun, vai onko auto jo tässä vaiheessa valmis kierrätettäväksi. Realistisesti ajateltuna monet kuluttajat todennäköisesti romuttavat autonsa, jos akuston korjaus ei kuulu akkutakuuseen tai sen korjaus ei ole mahdollista.

Huomiota herättää myös ajatus vaihtoakkujen saatavuudesta, jos niihin tarvittavista jalometalleista on pulaa. Tulevaisuudessa se luo painetta akkujen kierrätykseen, jotta vanhoja akkuja saadaan mahdollisuuksien mukaan korjattua, tai purettua jatkojalostukseen. Mikäli sähköautoon vaihdetaan vaikkapa 10 vuoden ikäisenä uusi akusto, voidaan akuston valmistuksen aiheuttamat ympäristöpäästöt elinkaaren aikana kertoa kahdella.

Akkutakuun loppumisen jälkeen kuluttaja itse määrittää, mikä on auton elinkaaren pää. Sama ilmiö on myös polttomoottoriautoissa. Jos 15 vuotta vanhan auton elinkaaren pää on arvioitu esimerkiksi 300 000 kilometriin, monet silti jatkavat autoillaan ajamista, vaikka se ei taloudellisesti olisi kannattavaa. Kulutusosien, kuten jarrujen, puslien tai laakerien vaihdolla, vanhalla autolla voidaan ajaa jopa enemmän kuin valmistajan ilmoittaman kilometrimäärän. Sähköauton akustoa voi ikään kuin verrata polttomoottoriauton moottoriin tai vaihteistoon. Yksittäinen kallis remontti, jota kuluttaja ei halua enää maksaa, sinetöi auton kohtalon. Polttomoottorin kestävyys voi myös kuluttaja itse vaikuttaa hyvällä ja ennenaikaisella huollolla. Akustoa ei voi ennakoivasti huoltaa yhtä paljon kuin polttomoottoria, vaan sen kuluminen on väistämätöntä, mutta käyttöolosuhteilla voi sitä hieman hidastaa.

Volvon tutkimuksessa sähköauton käyttövaiheessa ympäristökuormitus riippuu, mistä sähkö on tuotettu. Käytönaikaiset päästöt on arvioitu koko elinkaaren, eli 200 000 ajokilometrin ajalle. C40 sähköauton kulutus on arvioitu olevan 211 Wh/km. Näin ollen lopulliseksi tulokseksi Volvo arvioi EU-28 jakeluverkolla päästöt 16 000 kg hiilidioksidia, tuulivoimalla 400 kg, ja maailmanlaajuisella jakeluverkolla 24 000 kg. Vertailun vuoksi polttomoottorisen XC40:n käytönaikaiset päästöt olivat 43 000 kg. (Volvo Cars 2021.)

### 5.3 Akuston kierrätys

Sähköautojen lisääntymisen myötä näyttää autoteollisuus siirtyvän yhä enemmän kertakäyttökulttuuriin, eli auton ei ole tarkoituskaan kestää monia kymmeniä vuosia. Teollisuudessa painotetaan enemmän auton kierrätysmahdollisuuksia, eikä pitkää käyttöikää ja kestävyyttä. Tulevaisuudessa siis autojen kierrätysmenetelmillä on entistäkin suurempi merkitys, jotta arvokkaat raaka-aineet saadaan uudelleen käyttöön.

Kun akku on tehnyt tehtävänsä, esimerkiksi ajan myötä kulunut, tai onnettomuuden myötä vaurioitunut, jäljelle jää sen hävittäminen. Kuten valmistukseenkin, myös kierrättämiseen liittyy monia kysymysmerkkejä. Litium-

ioni-akut ovat ongelmajätettä, jonka kierrättäminen ei ole yksinkertaista tai halpaa. Jos auton akusto on vielä osittain toimintakuntoinen, selvitetään voiko vaurioituneen akun korjata vaihtamalla siihen ehjät akkumoduulit. Toinen vaihtoehto käytetyille akkupaketille on sen toissijainen käyttökohde, kuten sen hyödyntäminen varavirtalähteenä esimerkiksi vesi tai tuulivoimalassa (Fortum 2024).

Kun akku lopulta kierrätetään, puretaan siitä hyödynnettävät ja ehjät osat. Purkaminen on monimutkaista, sillä autovalmistajat käyttävät rakenteeltaan erilaisia akkuja, joiden purkuun ei ole olemassa yhtenäistä menetelmää. Lisäksi purkutyö on hidasta, käsin työskentelyä, joka sisältää riskejä korkeajännitteen, sekä akkujen painon vuoksi. Tästä johtuen purkutyö vaatii työntekijöiltä korkeaa sähkötyöturvallisuuden koulutusta. (Xiao ym. 2023.) Suomessa Fortum organisaationa mainostaa kierrättävänsä litium-ioni-akkuja. Akut puretaan mekaanisesti, jossa niistä erotellaan erinäiset muovit, alumiini sekä kupari, jotka lähetetään edelleen kierrätettäväksi. Jäljelle jäävä ”musta massa” erotellaan vesikemiallisella menetelmällä niin, että siinä olevat jalometallit voidaan kierrättää ja lähettää uusiokäyttöön käytettäväksi uusissa akuissa. (Fortum 2024.)

Volvo-organisaation tutkimus auton kierrätyksestä on arvioitu niin, että autosta poistetaan ainoastaan ajoakku ja koko loppuauto paalataan. Todellisuudessa autosta puretaan todennäköisesti kierrätettäviä purkuosia jatkokäyttöön muissa autoissa. Volvon mukaan auton kierrättämiskustannukset eivät lisää merkittävästi kokonaiskuormitukseen auton elinkaaren aikana. Sähköauton kierrätyskuormitus on 500 kg, ja polttomootoriauton 600 kg hiilidioksidia. (Volvo Cars 2021.)

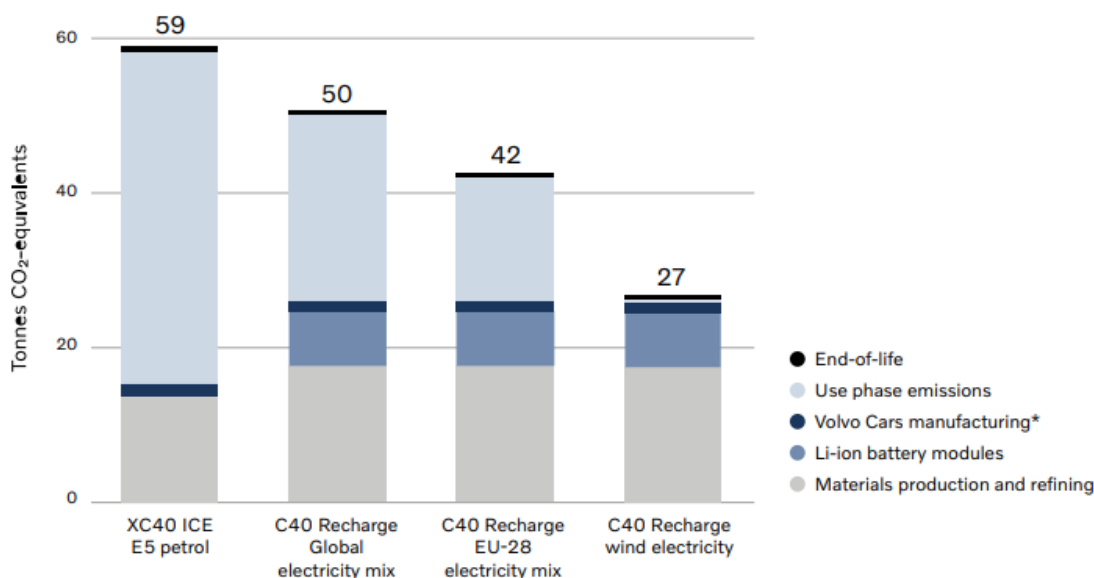
#### 5.4 Sähköntuotannon vaikutus ympäristöystävällisyyteen

Sähköauton käytönaikaiseen hiilijalanjälkeen vaikuttavat sähköntuotantotavat. Vaikka sähköauto ei paikallisesti tuota mitään haitallisia kaasuja ilmaan, sen päästöt aiheutetaan sähköntuotannossa. Suomessa sähköntuotanto oli vuonna

2022 tuotettu 54 prosenttisesti uusiutuvalla energialla. Uusiutuvilla, sekä ydinvoimalla, katettiin yhteensä 89 % koko sähköntuotannosta Suomessa. (Tilastokeskus 2022.) Muualla Euroopassa on hieman hajontaa Suomeen verrattuna, esimerkiksi Saksassa vain 44 % sähköstä oli uusiutuvalla energialla tuotettua vuonna 2022 sekä tämän lisäksi ydinvoiman osuus oli 6 % (Destatis 2022). Koko maailman mittakaavassa kuitenkin ylivoimaisesti suurin osa sähköntuotannosta tulee edelleen öljyllä, hiilellä, tai kaasulla tuotettuna (Our World In Data 2022).

Sähköntuotannolla on siis suuri merkitys siihen, kuinka ympäristöystävällistä sähköautolla ajaminen on. Aikaisemmin viitatussa Volvon hiilijalanjäljen vertailussa oli mainittu, että pelkästään tuulivoimalla tuotetulla energialla päästään tasoihin polttomoottoriauton kanssa 49 000 km ajon jälkeen. Eurooppalaisella EU-28-jakelusekoitteella päästään samaan 77 000 km jälkeen ja koko maailman sähköntuotannon mukaan 110 000 km jälkeen. Volvon mukaan EU:n alueella hiilidioksidiekvivalentin ero polttomoottoriautoon on 30 % sähköauton eduksi. (Volvo Cars 2021.)

Elinkaaripäästöt on esitelty kuviossa 1.



*\*Volvo Cars manufacturing includes both factories as well as inbound and outbound logistics.*

Kuvio 1. Volvon elinkaaripäästöt (Volvo Cars 2022).

Europarlamentin tutkimuksen mukaan sähköauton etu polttomoottoriin olisi 54 % (EU-parlamentti 2022). Jos sähköautoa voitaisiin ladata pelkästään tuulivoimalla, olisi sähköautoilu siis ympäristölle hyvinkin ystävällinen vaihtoehto. Tuulivoiman tuoton rajallisuuden vuoksi se ei onnistu kuin murto-osalta käyttäjistä. Selkeäksi ongelmaksi tällä hetkellä nousee sähköntuotannon epäpuhtaus ja sen suora vaikutus sähköauton hiilijalanjälkeen. Pohjoismaissa uusiutuvien energiamuotojen tuotanto on muuta Eurooppaa edellä. Tulevaisuudessa sähköntuotantoon saadaan toivottavasti lisää uusiutuvien energianlähteiden voimaloita. Akun valmistus kasvattaa sähköauton hiilijalanjälkeä, joten energian tuotantotavoilla tasataan eroja polttomoottoriautoon.

## 6 Polttomoottoriauton hiilijalanjälki

Polttomoottoriauton päästöt ovat olleet huolenaihe pitkään. Fossiilisen polttoaineseoksen palaessa auton moottorissa, muodostuu pakokaasuun ympäristölle haitallisia kaasuja, kuten hiilidioksidia. Hiilidioksidin pääsy ilmakehään heikentää otsonikerrosta, joka puolestaan edistää ilmaston lämpenemistä. Tämä on ydinsyy sille, miksi sähköautoja kehitetään. Halutaan löytää vaihtoehto, joka voisi kehityksen tuloksena olla hiilineutraali.

On selvää, että polttomoottoriauton valmistaminen ei tuota yhtä paljon ympäristöpäästöjä, sillä akustoa ei tarvitse valmistaa. Polttomoottoriauton käytönaikaiset päästöt ovat kuitenkin merkittävästi suuremmat. Sen hiilijalanjälkeen vaikuttaa myös kulutus. Mitä pienempi kulutus, sitä vähemmän ympäristölle haitallisia kaasuja pääsee ilmakehään.

Polttomoottorin kehityksen kannalta eletään hetkeä, jolloin autovalmistajat pohtivat, kannattaako sen tekniikkaan enää panostaa. Euro-standardit kiristyvät entisestään, jolloin polttomoottorin kehittäminen ei ehkä ole enää kannattavaa. Tästä johtuen monet valmistajat ovat ilmoittaneet siirtyvänsä täysin sähköiseksi yllättävän nopealla aikataululla.

### 6.1 Öljyntuotannon hiilijalanjälki bensiinin valmistuksessa

Polttomoottoriauton hiilijalanjälkeen liittyy myös muitakin asioita, kuin itse ajoneuvon valmistus sekä polttoaineen palaminen ja siitä syntyvät kaasut. Öljynjalostus kuormittaa ympäristöä merkittävästi. Tähän voidaan laskea mukaan sekä polttomoottoriauton polttoaineen valmistuksesta, että rahdista syntynyt kuormitus. Niin sanotulla "Well to Tank" -menetelmällä pyritään arvioimaan tätä kuormitusta mahdollisimman hyvin. Siihen lasketaan mukaan kaikki kuormitukset öljyporauksesta jalostukseen, kuljetukseen, sekä tankkaukseen. Mizuho Groupin vuonna 2004 tekemässä tutkimuksessa arvioitiin, että perinteiselle bensiinille luku on 12,19 g-eq CO<sub>2</sub>/MJ. Suurin osa tästä (9,36 g) muodostui jalostamisprosessista (Mizuho Group 2004). Kyseinen

arvo oli “tulevaisuuden bensiinille”. Tutkimuksessa on huomioitu tuotantoketju Lähi-Idästä Japaniin, sekä se on julkaistu 20 vuotta sitten.

Taulukko 2. Well to Tank -arvo (Mizuho Group 2004).

Table 2.1.3 WTT GHG emissions of petroleum based fuel production pathways [g eq-CO<sub>2</sub>/MJ]

|                         |                            | Conventional<br>diesel | Low sulfur<br>diesel | Ultra low<br>sulfur diesel | Conventional<br>gasoline | Future<br>gasoline | Kerosene | Naphtha | Heavy<br>fuel oil | Crack<br>fuel oil |
|-------------------------|----------------------------|------------------------|----------------------|----------------------------|--------------------------|--------------------|----------|---------|-------------------|-------------------|
| Crude oil<br>extraction | Operation                  | 0.76                   | 0.76                 | 0.76                       | 0.76                     | 0.76               | 0.76     | 0.74    | 0.75              | 0.76              |
|                         | Flare combustion           | 0.38                   | 0.38                 | 0.38                       | 0.38                     | 0.38               | 0.38     | 0.38    | 0.38              | 0.39              |
|                         | Associated CO <sub>2</sub> | 0.33                   | 0.33                 | 0.33                       | 0.33                     | 0.33               | 0.33     | 0.32    | 0.33              | 0.33              |
|                         | CH <sub>4</sub> vent       | 0.04                   | 0.04                 | 0.04                       | 0.04                     | 0.04               | 0.04     | 0.03    | 0.04              | 0.04              |
| Overseas transportation |                            | 0.92                   | 0.92                 | 0.92                       | 0.92                     | 0.92               | 0.92     | 0.90    | 0.91              | 0.92              |
| Refining                |                            | 2.66                   | 3.64                 | 5.08                       | 8.59                     | 9.36               | 1.91     | 3.33    | 4.14              | 3.94              |
| Domestic transportation |                            | 0.37                   | 0.37                 | 0.37                       | 0.41                     | 0.41               | 0.39     | -       | -                 | -                 |
| Fueling vehicles        |                            | 0.00                   | 0.00                 | 0.00                       | 0.00                     | 0.00               | -        | -       | -                 | -                 |
| Total                   |                            | 5.45                   | 6.43                 | 7.88                       | 11.42                    | 12.19              | 4.72     | 5.70    | 6.54              | 6.38              |

Taulukossa on arvioitu Japanin markkinoille tuotettavien polttoaineiden Well to Tank arvo. (equivalent CO<sub>2</sub> per megajoule).

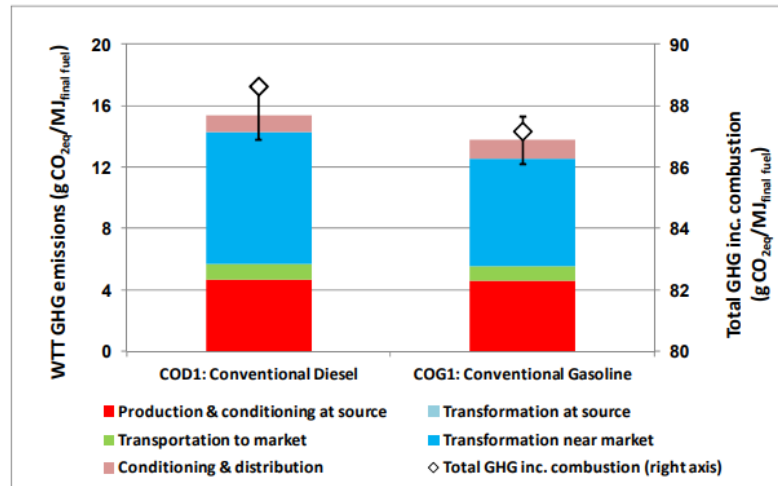
Zemo Partnersin julkaiseman arvion mukaan bensiinin päästöt ovat 18,82 g-CO<sub>2</sub>/MJ, ja yhden bensiinilitran kuormitus on 613,28 g hiilidioksidia. Arvot on esitelty Taulukossa 3. Zemo Partners arvioi Ison-Britannian hiilijalanjälkeä. (Zemo Partners 2022.)

Taulukko 3. Well to Tank -arvo (Zemo Partners 2022).

| Liquid Fuels                                     | g CO <sub>2</sub> e/Litre | g CO <sub>2</sub> e/MJ<br>(Net CV) | % change from 2020– 2021 |
|--|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Pump Petrol (average biofuel blend) <sup>1</sup> | 613.28                    | 18.82                              | 0.00%                    |
| Pump Diesel (average biofuel blend) <sup>1</sup> | 609.86                    | 16.97                              | 0.00%                    |
| Bioethanol <sup>1</sup>                          | 415.84                    | 19.54                              | -23.68%                  |
| Biodiesel (RTFO average) <sup>1</sup>            | 363.33                    | 10.97                              | -13.34                   |
| Hydrogenated Vegetable Oil (HVO) <sup>1</sup>    | 351.78                    | 10.25                              | 65.00%                   |
| Biodiesel (UCO) <sup>1</sup>                     | 342.52                    | 10.35                              | -1.86%                   |

Euroopan kuormitusta arvioi Euroopan Komission tekemä tutkimus, jonka mukaan “WTT” arvo on 14 g-CO<sub>2</sub>/MJ (JRC 2014). Arvot ovat näkyvissä kuviossa 2.

Figure 4.2-2: WTT GHG emissions balance for crude oil based fuels



Kuvio 2. Well to Tank -arvo (JRC 2014).

## 6.2 Moottoriöljyjen ja muiden nesteiden aiheuttama kuormitus

Autoissa käytetään monia eri nesteitä, kuten öljyä, jarru- sekä jäähdytinnestettä. Erinäiset öljyt, kuten moottori- ja vaihteistoöljyt valmistetaan pohjimmiltaan samasta raakaöljystä, samoin kuin bensiini. Näitä kutsutaan mineraaliöljyiksi. Öljyä voidaan valmistaa myös keinoitekoisesti, jolloin niitä kutsutaan synteettisiksi öljyiksi. Synteettinen öljy valmistetaan pohjimmiltaan myös raakaöljystä, mutta sen ominaisuuksia muokataan kemiallisessa prosessissa, jota kutsutaan synteetiksi. Näin synteettisiin öljyihin pystytään valmistamaan erilaisia ominaisuuksia, kuten kuumankestoa sekä parempaa suojaustehoa. (Mobil 2024.)

Jotta vertailu olisi mahdollisimman tasapuolinen, huomioidaan tässä vain moottori- ja vaihteistoöljyjen käyttö. Sähköautossakin joudutaan käyttämään jäähdytys- ja jarrunesteitä. Moottoriöljyjen ja muiden voiteluaineiden ympäristökuormitusta on hankala määritellä. Voiteluaineet ovat raakaöljyn jalostamisen sivutuotteita. Tarkkaa kuormituksen määrää voi olla jopa mahdoton selvittää, sillä se riippuu niin monesta asiasta, kuten polttoaineenkin



jalostus. On huomioitava raakaöljyn kuljetuksen aiheuttamat kuormituksen porausalueelta jalostamoon, sekä valmiin tuotteen siirto jalostamosta eteenpäin. Tuotantolaitoksessa tulee huomioida lämpöenergian, sähköenergian sekä tuotantoalueen jätteiden aiheuttama kuormitus. Käytönaikaiseen kuormitukseen tulee huomioida mahdollinen moottorin öljynkulutus tai vuotaminen ympäristöön. (API 2023.)

Jäteöljy on ongelmajätettä, joka tulee kierrättää oikeaoppisesti. Jos jäteöljy päästetään ympäristöön, tuhoaa se merkittävästi esimerkiksi alueen pohjavesistöjä. Näin ollen jäteöljy tulee toimittaa jäteasemille, jotka hoitavat sen kierrätyksestä. Jäteöljystä voidaan puhdistamalla valmistaa esimerkiksi uusia voiteluaineita. (Lassila&Tikanoja 2024.) Jos moottoriöljy hävitetään väärin öljynvaihdon jälkeen, voidaan sen katsoa lisäävän polttomoottoriauton ympäristökuormitusta.

## 7 Tuloksia ja pohdintaa

Molempien ajoneuvojen ajomäärät ovat samat, eli 20 000 kilometriä vuodessa. Sähköauton kuormitus on arvioitu Volvon tutkimuksessa EU-alueella ladattaessa 42 000 kg CO<sub>2</sub>-päästöjä auton elinkaaren aikana. Tähän kaikkeen lukeutuu myös akun valmistaminen. Jos ajatellaan auton elinkaarta Volvon mallin mukaisesti, on se kierrätyskunnossa 200 000 kilometrin jälkeen. Näin ollen 20 000 kilometrin vuosiajolla auton käyttöikä on 10 vuotta. Oletusarvona tässä on myös, ettei akkupakettia jouduta koskaan korjaamaan tai vaihtamaan. Kun autolla ajetaan 20 000 kilometriä vuodessa, viikkotasolla se tarkoittaa noin 416 ajokilometriä. 42 000 kg jaettuna 200 000 km ajosuoritukselle, tarkoittaa kaiken kaikkiaan Volvo C40 kuormitukseksi 210 grammaa CO<sub>2</sub>-päästöjä per kilometri.

Ajatellaan 18 vuotta vanhan Honda Accordin olevan tässä kohtaa 200 000 kilometriä ajettu. Arvioidaan polttomoottoriautoa niin, että sillä ajetaan vielä 10 vuotta, ja samat 200 000 kilometriä, samoin kuin sähkö-Volvolla ajettaisiin, jos käyttäjä päättäisi vaihtaa autoa tässä kohtaa. Näin ollen Honda olisi arviointijakson lopussa 28 vuotta vanha, ja 400 000 km ajettu. Opinnäytetyön kirjoitushetkellä tämä vastaisi vuonna 1996 käyttöönotettua ajoneuvoa. Vuoden 2023 lopussa oli ajoneuvorekisterissä vielä 14 556 vuonna 1996 käyttöönotettua ajoneuvoa (Traficom 2023).

Hondan käytönaikaiset päästöt ovat 184 g per kilometri. Näin ollen 200 000 kilometrin matkalla päästöt olisivat 36 800 kg CO<sub>2</sub>:ta, Polttoainekulutus on Traficomien mukaan 7,8 litraa sadalla kilometrillä (Traficom 2024). Tarkat arvot ovat nähtävissä Taulukossa 4. Todellisuudessa kokemuksen perusteella kyseisen auton keskikulutus on noin 8,5 l/100 km.

Taulukko 4. Accordin päästöt (Traficom 2024).

| Ajoneuvon kulutus- ja päästötiedot |           |
|------------------------------------|-----------|
| Päästötaso (päästöluokka)          | E83RII-05 |
| <b>BENSIINI</b>                    |           |
| Kulutus maantieajossa (l/100km)    | 6,20      |
| Kulutus kaupunkiajossa (l/100km)   | 10,60     |
| Yhdistetty kulutus (l/100km)       | 7,80      |
| CO <sub>2</sub> Yhdistetty (g/km)  | 184,00    |
| CO (g/km)                          | 0,35000   |
| NO <sub>x</sub> (g/km)             | 0,00800   |
| HC/THC (g/km)                      | 0,03600   |

Lasketaan arvot käyttäen virallista kulutuslukemaa. Käytetään laskelmassa Euroopan Komission tekemää tutkimusta, jonka mukaan bensiinin hiilidioksidikuormitus on 14 grammaa per MJ (JRC 2014). Bensiinin energiatiheys on noin 30,9 MJ/l (Neste 2022). Näin ollen yhden bensiinilitran tuottaminen aiheuttaa 432 g CO<sub>2</sub>-päästöjä. Tämän kertomalla 7,8 litralla saadaan 100 km ajon jälkeen luvuksi 3,374 kg. 1000 km ajolla luku on 33,74 kg, ja 200 000 km ajolla 6748,56 kg CO<sub>2</sub>-päästöjä. Kun tähän lisätään polttoaineen palamisesta syntynyt päästö, saadaan Hondan 200 000 kilometrin ajomäärällä 43 548 kg. Todellinen kulutus on suurempi, ja riippuu tietenkin lämpötiloista ja talvella esilämmityksestä.

Vertailun vuoksi Volvon raportin mukaan bensiinikäyttöisen XC40:n kuormitus on samaa luokkaa, 43 000 kg ajoneuvon käyttöaikana. Volvon pakokaasupäästöt ovat 173 g/km. (Volvo Cars 2022.)

Volvo C40 -sähköauton päästöt koko elinkaaren aikana ovat 42 000 kg, eli sama, kuinka paljon polttomoottoriauton käytönaikaiset päästöt ovat. Arvoja ei kuitenkaan voi suoraan verrata toisiinsa, sillä monet seikat voivat muuttaa lopputulosta suuntaan tai toiseen. Polttomoottoriauton voiteluöljyt nostavat

arvoa hieman, kuten myös käytettävällä polttoaineella on vaikutusta kokonaiskuormitukseen. Jos auto konvertoidaan kulkemaan E85-polttoaineella, voidaan kuormitusta vähentää merkittävästi. Näin voitaisiin päästä myös sähköautoa pienempiin lukemiin, jolloin voidaan sanoa polttomoottoriauton loppuun ajamisen olevan varmasti ympäristöystävällisempi vaihtoehto. Jos taas sähköautoa ladataan uusiutuvalla energialla, päästään polttomoottoriautoa parempiin lukemiin.

Näin ollen saatavilla olleiden seikkojen perusteella ei voida yksiselitteistä vastausta kysymykseen antaa. Sähköauto voi olla ekologisempi kuin vanha polttomoottoriauto, kuin myös toisinpäin. Kaikki riippuu käyttäjästä sekä käyttöolosuhteista. Uuden polttomoottoriauton ja uuden sähköauton välillä taas eroja löytyy selkeästi, koska uusi polttomoottoriauto täytyy myös valmistaa. Siinä suhteessa voidaan sanoa sähköauton olevan ympäristövaikutuksiltaan ekologisempi. Tässä vertailussa vanhan auton valmistuskustannuksia ei laskettu.

Sähköauton käytössä piilee kuitenkin mahdollisesti enemmän riskejä, jotka vaikuttavat lopputulemaan. Sähköauton tapauksessa esimerkiksi yksi vaurio akkupakettiin tai tekninen vika, jonka vuoksi akusto joudutaan vaihtamaan, tuhoaa täysin sähköauton etumatkan ympäristöystävällisyyden näkökulmasta. Jos akusto joudutaan vaihtamaan, kyseinen sähköauto ei ole enää millään tavalla ekologinen elinkaarensa loppuajaksi.

Sähköauton ympäristöystävällisyydestä vastaa siis hyvin paljon käyttäjä itse. Maksaako käyttäjä esimerkiksi tuulivoimalla tuotetusta sähköstä, ajaako hän autollaan lyhyitä matkoja, ja akkua oikeaoppisesti ladaten? Käyttäjän valinnat vaikuttavat siis pääosin sähköauton käytönaikaiseen kuormitukseen. Tästä havainnosta päästään suoraan kysymykseen, mihin tarkoitukseen sähköauto oikeasti soveltuu, ja onko se tulevaisuudessa ainut käyttövoima autoille?

Sähköauto soveltuu erinomaisesti kaupunkialueille, jossa käyttäjä ajaa lyhyitä matkoja, ja lataa akkua kotilaturista. Auto on paikallispäästötön, joka auttaa kaupunkien ilmanlaatuongelmissa. Vaikka sähköautoista löytyy pidemmän kantaman versioita, nykyiset versiot osoittavat sen, ettei sähköauto toimi pitkää

matkaa ajavalle tarpeeksi hyvin. Lataaminen ei ole riittävän tehokasta verrattuna polttomootoriauton tankkaamiseen, ja nykyisellä pikalataustahdilla akut kuluvat ennenaikaisesti. Akuston valmistamiseen liittyy tällä hetkellä kysymyksiä, joihin ei ole vastattu kunnolla.

Sähköautojen kehitys on alkuvaiheessa ja voi viedä vuosikymmeniä, ennen kuin niiden tuotanto ja kierrätys saadaan kehitettyä niin ekologiseksi kuin mahdollista. Pidemmällä aikavälillä toivon mukaan sähköautojen akkuja voidaan tuottaa uusiutuvista materiaaleista, autoja ladattua pääosin uusiutuvilla sähköntuotantotavoilla, sekä auton kierrätys yksinkertaisemmaksi. Sähköauto on yksi hyvä vaihtoehto tulevaisuuden käyttövoimaksi, mutta ajatus kokonaan sähköisestä liikenteestä ei ole realistinen.

## 8 Yhteenveto

Tutkimuksen tehtävänä oli selvittää, kannattaako vanha polttomoottoriauto vaihtaa uuteen täyssähköautoon, vai kannattaisiko se ajaa elinkaarensa loppuun saakka. Selkeää vastausta tähän ei saatu, sillä vastaus riippuu monesta eri muuttujasta.

Asiaan perehtymisen myötä heräsi esiin kysymyksiä päästöttömänä mainostetun sähköauton ympäristöystävällisyydestä. Nimitys on harhaanjohtava, sillä kuten mikä tahansa energianmuoto, sähkölläkin on oma hiilijalanjälkensä. Sähköautoissa on paljon hyviä puolia, mutta myös huonoja puolia, joita ei ole vielä tutkittu tarpeeksi. Sähköautokaan ei välttämättä ole hyvä vaihtoehto, vaan vain vähemmän huono.

## Lähteet

Agusdinata, D. B.; Liu, W.; Eakin, H. & Romero, H. 2018. Kirjoitus akkujen valmistuksen ympäristövaikutuksista. Viitattu 4.11.2023.

<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aae9b1/pdf>

API 2023. Moottoriöljyn hiilijalanjälki. Viitattu 6.4.2024.

<https://www.api.org/-/media/files/certification/engine-oil-diesel/publications/api%20tr%201533.pdf>

Autoalan Tiedotuskeskus 2023a. Taulukko liikennekäytössä olevista autoista. Viitattu 1.11.2023.

[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/liikennekaytossa\\_olevat\\_autot](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/liikennekaytossa_olevat_autot)

Autoalan Tiedotuskeskus 2023b. Taulukko sähköautojen määrän kehityksestä. Viitattu 1.11.2023.

[https://www.aut.fi/tilastot/autokannan\\_kehitys/sahkoautojen\\_maaran\\_kehitys](https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahkoautojen_maaran_kehitys)

Congress Research Center 2022. Yhdysvaltojen kongressin tutkimus sähköautojen valmistuksesta. Viitattu 4.11.2023.

<https://crsreports.congress.gov/product/pdf/R/R47227>

Destatis 2024. Saksan sähköntuotannon taulukko. Viitattu 30.1.2024.

<https://www.destatis.de/EN/Themes/Economic-Sectors-Enterprises/Energy/Production/Tables/gross-electricity-production.html>

Fortum 2024. Akuston kierrättämisen prosessi. Viitattu 10.12.2023.

<https://www.fortum.com/about-us/our-company/strategy/decarbonisation-joint-effort/second-life-batteries-hydropower-plant>

JRC 2014. Arvio Euroopan WTT arvoista. Viitattu 19.3.2024.

[https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85326/wtt\\_report\\_v4a\\_april2014\\_pubsy.pdf](https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC85326/wtt_report_v4a_april2014_pubsy.pdf)

Kia 2022. Kian uutinen EV6 sähköauton akun esilämmitysjärjestelmästä. Viitattu 4.6.2024

<https://lehti.kia.fi/lisaa-tehoa-viilean-kelin-latauksiin-kia-ev6-saa-paivityksena-akuston-esilammituksen-navigoitaessa-laturille/>

Lassila&Tikanoja 2024. Jäteöljyn kierrätyksestä. Viitattu 5.4.2024.

<https://www.lt.fi/palvelut/teollisuuspalvelut/vaarallinen-jate-ongelmajate/jateoljyn-kierratys>

Mizuho 2004. Arvio Japanin WTT arvoista. Viitattu 3.4.2024.

<https://www.mizuhogroup.com/binaries/content/assets/pdf/information-and-research/insights/wtwghg041130.pdf>

Mobil 2024. Synteettisen öljyn hyödyt. Viitattu 4.3.2024.

<https://www.mobil.fi/fi-fi/miksi-kannattaa-valita-synteettinen-moottorioljy/synteettisen-oljyn-edut>

Our World In Data 2022. Taulukko sähköntuotantotavoista. Viitattu 11.2.2024.

<https://ourworldindata.org/energy-mix>

Peugeot 2023. Peugeotin sähköautojen akkutakuu. Viitattu 24.11.2023.

<https://www.peugeot.fi/omistajan-palvelut/tiepalvelu/akuston-takuu.html>

The AA 2023. EU:n päästöstandardit. Viitattu 1.11.2023.

<https://www.theaa.com/driving-advice/fuels-environment/euro-emissions-standards>

Tilastokeskus 2022. Suomen sähköntuotannon taulukko. Viitattu 10.1.2024.

<https://stat.fi/julkaisu/cl8mo29omxf8t0duky5aa8i1>

Traficom 2022. Liikenteen päästöjen osuus kaikista kasvihuonepäästöistä Suomessa. Viitattu 24.11.2023.

<https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikennejarjestelman-ymparistollinen-kestavyys>

Ulkoministeriö 2023. Suomen päästötavoitteista. Viitattu 24.11.2023.

<https://um.fi/ilmastoulkopolitiikka>

Volkswagen 2023. Volkswagenin sähköautojen akkutakuu. Viitattu 24.11.2023

<https://www.volkswagen.fi/fi/auton-hankinta/takuu.html#sahkoautojen-akkutakuu>

Volvo Cars 2023. Volvon sähköautojen akkutakuu. Viitattu 24.11.2023.

<https://www.volvocars.com/fi/cars/electric-cars/>

Volvo Cars Global Newsroom 2023. Volvon uutinen dieselautojen tuotannon loppumisesta. Viitattu 2.11.2023.



<https://www.media.volvocars.com/global/en-gb/media/pressreleases/317640/volvo-cars-declares-the-end-of-diesel-at-climate-week-nyc-our-last-diesel-car-will-be-produced-in-ea>

Volvo Cars 2021. Volvon raportti C40 sähköauton ympäristöystävällisyydestä. Viitattu 1.11.2023

<https://www.volvocars.com/images/v/-/media/market-assets/intl/applications/dotcom/pdf/c40/volvo-c40-recharge-lca-report.pdf>

Xiao J., Chengran C. & Wang B. 2023. Sähköauton akuston purkaminen ja kierrätys. Viitattu 1.12.2023. <https://www.mdpi.com/2313-0105/9/1/57>

Zemo Partners 2022. Taulukko Ison-Britannian WTT arvoista. Viitattu 15.3.2024.

<https://www.zemo.org.uk/work-with-us/buses-coaches/low-emission-buses/well-to-tank.htm>