

Hiilijalanjälkiraportti
Volvo C40 Recharge



V O L V O

Sisältö

Yhteenveto	3
Kirjoittajat ja yhteystiedot	7
Termit ja määritelmät	8
1. Elinkaariarvioinnin (LCA) yleinen kuvaus	11
1.1 LCA:n periaatteet	11
1.2 LCA:n standardit	12
2. Metodologia	13
2.1 Tuotteet	13
2.2 Työtavan yleiskatsaus	14
2.3 Auton materiaalikoostumuksen määrittelyn metodologia	15
2.4 Tavoitteen ja laajuuden määrittelmä	16
2.4.1 Tarkoitettu yleisö	16
2.4.2 Järjestelmän rajat	16
2.4.3 Toiminnallinen yksikkö	17
2.4.4 Kohdistamiset	17
2.4.5 Järjestelmän laajennus	17
2.4.6 Oletukset ja rajoitukset	17
3. Elinkaari-inventaarion (LCI) analyysi	18
3.1 Materiaalien tuotanto ja jalostus	18
3.1.1 Alumiinin tuotanto ja jalostus	19
3.1.2 Teräksen tuotanto ja jalostus	19
3.1.3 Elektroniikan tuotanto ja jalostus	19
3.1.4 Muovien tuotanto ja jalostus	20
3.1.5 Muut materiaaliluokat, tuotanto ja jalostus	20
3.1.6 Sähkön käyttö materiaalien tuotannossa ja jalostuksessa	20
3.2 Akkumoduulit	20
3.3 Volvon valmistus ja logistiikka	20
3.3.1 Logistiikka	20
3.3.2 Volvon tehtaat	21
3.4 Käyttövaihe	21
3.5 Auton elinkaaren loppuvaihe	22
4. Tulokset	24
4.1 C40 Recharge verrattuna XC40 ICE -malliin (E5-bensiini)	24
4.2 C40 Recharge verrattuna XC40 Recharge -malliin	27
4.3 Materiaalien ja komponenttien tuotanto	28
5. Herkkyyksianalyysi	30
5.1 Tulevien EU-28-sähköverkkojen tutkiminen käyttövaihetta varten	30
5.2 Alueellisten datajoukkojen tutkiminen materiaalien tuotantoa varten (EU verrattuna globaaliin)	31
6. Keskustelua	32
6.1 Sähköntuotantoyhdistelmän valinnan tärkeys autoa ladattaessa	32
6.2 Painopisteen siirtyminen	33
6.3 Energialähteet materiaalien tuotantoon ja jalostukseen	33
6.4 Materiaalien tuotannon ja jalostuksen tekninen kehitys	33
6.5 Akkujen kehitys	33
6.6 Metodologisten valintojen vaikutukset	33
6.7 Parempaa läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä	34
7. Loppupäätelmät	35
Liitteet	
1 Luettelo Volvon materiaalikirjaston materiaaliluokista	36
2 Yhteenveto komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista	38
3 kaaren loppua koskevia oletuksia ja menetelmiä	39
A4.1 Kuljetus	39
A4.2 Purkaminen	39
A4.3 Esikäsittely	39
A4.4 Paloittelu	39
A4.5 Materiaalin kierrätys	40
A4.6 Loppusijoitus – polttaminen ja kaatopaikka	40
A4.7 Tietojenkeruu	40
4 Valitut datajoukot	41



Volvo Cars on sitoutunut siirtymään pelkkien sähköautojen valmistajaksi vuoteen 2030 mennessä. Tämä on autoteollisuuden kunnianhimoisin sähköistämissuunnitelma ja tärkeä askel Volvolle saavuttaa ilmaston neutraalius koko arvoketjussa vuoteen 2040 mennessä. Lyhyellä aikavälillä Volvo pyrkii vähentämään autokohtaista hiilijalanjälkeä 40 prosentilla vuosien 2018 ja 2025 välisenä aikana. Suunnitelma on SBTI:n (Science Based Target Initiative) vahvistuksen mukaisesti linjassa vuoden 2015 Pariisin sopimuksen¹ kanssa, jonka tavoitteena on rajoittaa ilmaston lämpeneminen 1,5 asteeseen esiteollisiin tasoihin verrattuna. Volvo on sitoutunut myös viestimään konkreettisista lyhyen aikavälin toimista luotettavalla tavalla esimerkiksi julkaisemalla kaikkien uusien malliensa hiilijalanjäljen.

Volvo C40 Recharge on Volvon toinen täyssähköauto ja ensimmäinen malli, jonka Volvo lanseeraa vain täyssähköversiona. Hiilijalanjälkiraportti osoittaa merkittävää vähennystä kasvihuonekaasupäästöissä verrattuna polttomoottoria (ICE) käyttävään autoon – erityisesti, jos sähköautoa ladataan uusiutuvalla sähköllä. Hiilijalanjälki on myös pienempi kuin XC40 Recharge -mallilla, mikä johtuu pääasiassa paremmasta aerodynamiikasta.

Tämä raportti esittää uuden täyssähköisen Volvo C40 Recharge -mallin hiilijalanjäljen verrattuna Volvo XC40 Recharge -täyssähköautoon ja Volvo XC40 ICE -malliin, jotka molemmat lanseerattiin

vuonna 2020. C40 Rechargen tuotanto käynnistyi syksyllä 2021. XC40-mallien hiilijalanjäljet julkaistiin vuonna 2020, mutta ne on nyt päivitetty.

¹ <https://unfccc.int/process-and-meetings/the-paris-agreement/the-paris-agreement>

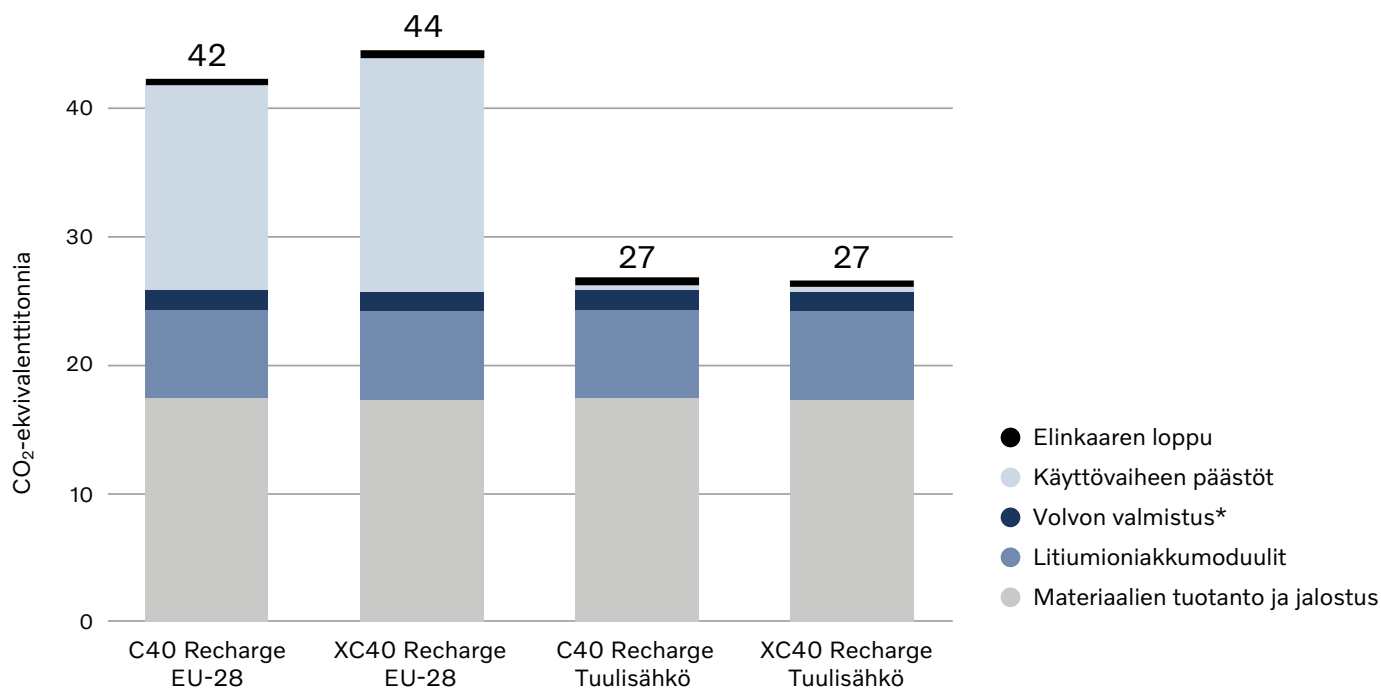
Metodologia perustuu elinkaariarviointiin (LCA) ISO LCA -standardien² mukaan. Ajetun kokonaismatkan oletetaan olevan 200 000 kilometriä. Yleisesti ottaen oletuksia tehdään tässä tutkimuksessa konservatiivisesti, jotta epävarmojen tietojen vaikutusta ei aliarvioitaisi. Siksi tulosten vertailussa toisten autonvalmistajien lukuihin täytyy olla tarkkaavainen.

C40 Rechargen, XC40 Rechargen (molemmat ladattu EU-28-sähköllä) ja XC40 ICE -mallin (tankattu 5 prosenttia etanolia sisältävällä bensiinillä (E5)) hiilijalanjäljet ovat noin 42, 44 ja 59 CO₂-ekvivalenttitonnia. Katso kuvat i (Recharge-mallit) ja ii (XC40 ICE verrattuna C40 Recharge -malliin). C40 Rechargella on noin 5 prosenttia pienempi hiilijalanjälki kuin XC40 Rechargella elinkaarensa aikana, kun autoa ladataan EU-28-sähköntuotantoyhdistelmällä, ja hieman yli 10 prosenttia pienempi hiilijalanjälki käyttövaiheessa. C40 Rechargen pienempi hiilijalanjälki

verrattuna XC40 Recharge -malliin johtuu pääasiassa C40 Rechargen paremmista aerodynaamisista ominaisuuksista.

Kuvassa ii on eritelty C40 Rechargen hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä käyttövaiheessa. Hiilijalanjälki on noin 50, 42 tai 27 CO₂-ekvivalenttitonnia, kun C40 Recharge -autoa ladataan globaalilla sähköntuotantoyhdistelmällä, EU-28-sähköntuotantoyhdistelmällä tai tuulivoimalla. Tämän vuoksi käytettävän sähkön valinta on erittäin tärkeä hiilijalanjäljen kannalta.

Lisäksi tuloksissa oletetaan vakiohiili-intensiteetti auton koko elinkaaren ajalta. Hiili-intensiteetin tulevan vähennystrendin vaikutusta EU-28-sähkössä tutkitaan herkkyyksianalyyseissa. Elinkaaren hiilijalanjälki pienenee odotetusti, mutta ei niin paljon kuin lähes 100-prosenttisen uusiutuvan sähkön, kuten tuulivoiman, tapauksessa.

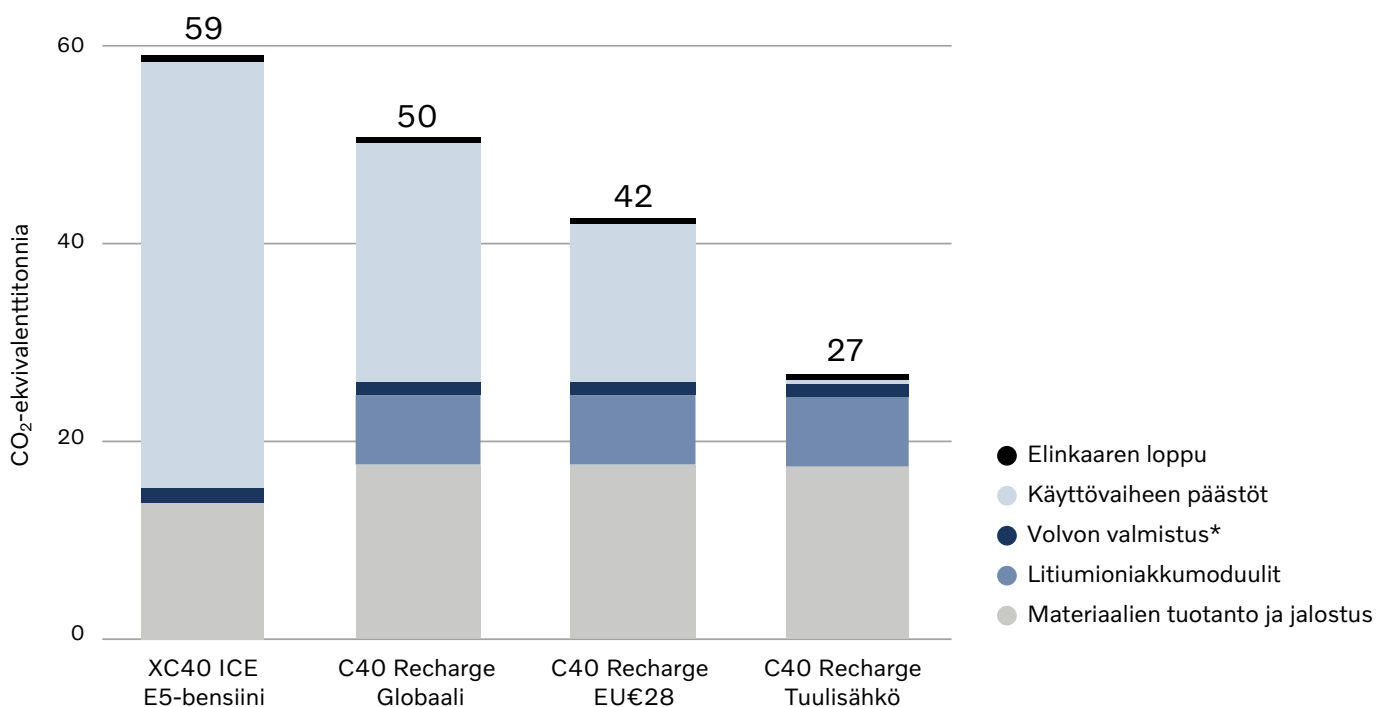


* Volvon valmistus sisältää tehtaata sekä saapuvan ja lähtevän logistiikan.

Kuva i. C40 Recharge- ja XC40 Recharge -mallin hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalenttitonneina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyörätetyt arvot).

² ISO 14044:2006 "Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines" ja ISO 14040:2006 "Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework"



* Volvon valmistus sisältää tehtaat sekä saapuvan ja lähtevän logistiikan.

Kuva ii. C40 Recharge- ja XC40 ICE -mallin hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalenttitonneina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyöristetyt arvot).

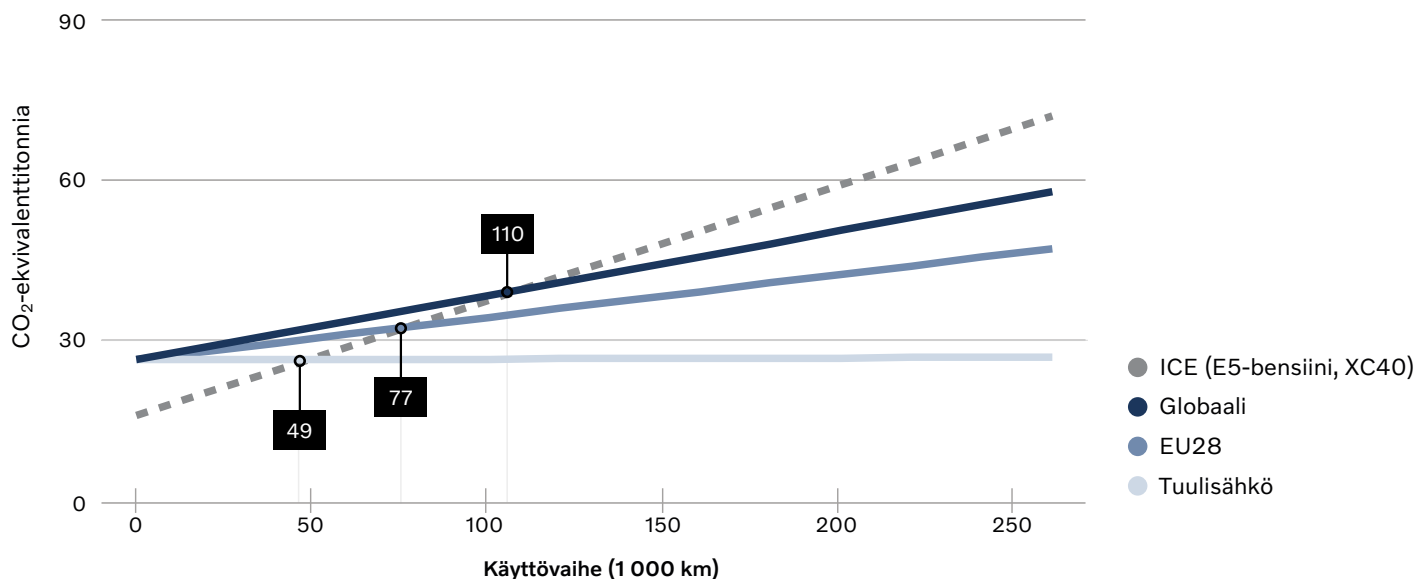
Kertyneet päästöt materiaalien tuotannosta ja jalostuksesta, litiumioniakkumoduuleista ja C40 Rechargen valmistusvaiheista ovat lähes 70 prosenttia korkeammat kuin XC40 ICE -mallissa. Sähköauton käyttövaiheen päästöt ovat kuitenkin matalammat kuin polttomoottoriauton. Tämä käy ilmi kuvasta iii, josta on mahdollista nähdä sähköauton lataamiseen käytetyn sähköntuotantoyhdistelmän perusteella kilometrimäärä, jolloin C40:n kokonaishiilijalanjäljestä tulee pienempi kuin XC40:n jalanjälki.

Autojen sähköistäminen aiheuttaa painopisteen siirtymän käyttövaiheesta materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheeseen. Volvon strategiana on vähentää tämän vaiheen kasvihuonekaasupäästöjä (GHG) 25 prosentilla autoa kohti vuosien 2018 ja 2025 välisenä aikana, mikä on kunnianhimoinen aloitus matkalla kohti ilmastoneutraaliutta vuoteen 2040 mennessä. Alumiinin, litiumioniakkumoduulien ja teräksen tuotanto on suurin päästöjen aiheuttaja. Tämän vuoksi Volvo pyrkii aktiivisesti vähentämään materiaalien ja osien hiilijalanjälkeä esimerkiksi lisäämällä kierrätetyn aineksen määrää materiaaleissa.

Litiumakkuteknologia on vielä suhteellisen nuorta, joten siinä on paljon potentiaalia parannuksille. Toivottavasti tämän tutkimuksen päätelmät antavat lisäohjeistusta toimintojen priorisointiin.

On huomionarvoista, että hiilijalanjäljen laskennassa kuvataan automallien versioita, joiden materiaaleja on hankittu maailmanlaajuisesti. Tuloksia ja tietoja joidenkin materiaalien alueellisesta hankinnasta EU:ssa tutkitaan herkkyyksianalyyseissa, ja ne osoittavat, että alueellisten tietojen vaikutus voi olla merkittävä. Muita metodologisia valintoja, joilla on suuri vaikutus lopputulokseen, ovat hylkytavaraa koskevat kohdistamismenetelmät. Tässä tutkimuksessa hylkymateriaalien GHG-päästöt kohdistetaan autoon, vaikka paljon materiaalia käytetään myös muissa tuotteissa kierrätyksen kautta.

Vaikka tämä raportti on suhteellisen läpinäkyvä, tulevien parannusten kannalta on tärkeää saavuttaa vielä enemmän läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä toimitusketjuissa ja hiilijalanjälkiraporteissa.



Kuva iii. Kriittisen pisteen kaavio: GHG-kokonaispäästöt ajettujen kilometrien mukaan XC40 ICE -mallissa (katkoviiva) ja C40 Recharge -mallissa (eri sähköntuotantoyhdistelmät käyttövaiheessa). Kohdassa, jossa linjat risteävät, on kahden auton välinen kriittinen piste. Kaikki elinkaaren vaiheet käyttövaihetta lukuun ottamatta on referoitu ja määritetty aloituspisteeksi kullekin viivalle nollan kilometrin kohdalle.

Tärkeimmät havainnot

- C40 Rechargella on noin 5 prosenttia pienempi kokonaishiilijalanjälki kuin XC40 Recharge -mallilla, kun sitä ladataan EU-28-sähköllä käyttövaiheessa, mikä johtuu pääasiassa paremmista aerodynaamisista ominaisuuksista.
- C40 Rechargella on pienempi kokonaishiilijalanjälki kuin XC40 ICE -mallilla (E5-bensiini) kaikilla analysoiduilla sähkölähteillä käyttövaiheessa.
- Materiaalien tuotanto ja jalostus sekä akkumoduulien tuotanto ja valmistus C40 Recharge -autolle aiheuttavat lähes 70 prosenttia korkeammat GHG-päästöt XC40 ICE -malliin (E5-bensiini) verrattuna.
- Erittäin todennäköinen EU-28-sähkön hiili-intensiteetin väheneminen pienentää C40 Recharge -auton hiilijalanjälkeä, kun tätä sähköä käytetään ajamiseen. Huomattavasti pienempi hiilijalanjälki saavutetaan kuitenkin, jos autoa ladataan uusiutuvalla sähköllä, kuten tuulivoimalla.
- Alumiinin ja litiumioniakkumoduulien tuotannolla on suhteellisen suuri hiilijalanjälki, ja kumpikin niistä käsittää noin 30 prosenttia C40 Rechargen kaikkien materiaalien ja komponenttien kokonaishiilijalanjäljestä.
- Metodologiaavalinta vaikuttaa merkittävästi kokonaishiilijalanjälkeen. Tarkkaavaisuutta vaaditaan, kun tämän raportin tuloksia verrataan toisten autonvalmistajien hiilijalanjälkiin.

Kirjoittajat

Elisabeth Evrard,

Sustainability Centre, Volvo Cars

Jennifer Davis,

Sustainability Centre, Volvo Cars

Karl-Henrik Hagdahl,

Sustainability Centre, Volvo Cars

Rei Palm,

Sustainability Centre, Volvo Cars

Julia Lindholm,

IVL Swedish Environmental
Research Institute

Lisbeth Dahllöf,

IVL Swedish Environmental
Research Institute

Kirjoittajat haluavat kiittää Andrea Egeskogia, Christoffer Kreweria ja Ingrid Rådea heidän arvokkaasta panoksestaan.

Yhteystiedot

Rei Palm,

Sustainability Centre, Volvo Cars
rei.palm@volvocars.com

Termit ja määritelmät

Osuuspohjainen lähestymistapa

Osuuspohjainen lähestymistapa LCA:han tarkoittaa, että siinä arvioidaan, mikä osuus globaalista ympäristötaakasta kuuluu tuotteelle. Tämä poikkeaa seuraamuksellisesta lähestymistavasta, joka antaa arvion, kuinka tuotteen tuotanto ja käyttö vaikuttavat globaaleihin ympäristötaakoihin³.

BEV

Akkusähköajoneuvo. BEV on sähköauto, joka käyttää vain ladattaviin akkuihin varastoitunutta kemiallista energiaa, eikä siinä ole toissijaista voimanlähdettä.

Hiilijalanjälki

Tuotteen aiheuttamat kokonaiskasviuonekaasupäästöt (GHG), esitetty CO₂-ekvivalentteina ja laskettu yleensä elinkaariarvioinnin (LCA) metodologialla

Luonnehdinta

LCA:n laskentatoimenpide, jossa kaikkia tiettyyn vaikutusluokkaan kuuluvia päästöjä, kuten ilmaston lämpenemiseen vaikuttavia kasvihuonekaasupäästöjä (GHG), luonnehditaan yksittäisenä ”valuuttana”. Ilmaston lämpenemisessä hiilijalanjälkeä kuvataan usein CO₂e:n massayksikkönä.

Kehdosta portille

Kehdosta portille -arviointi sisältää tuotteen elinkaaren osia, eli matkan alkuvaiheesta tehtaan portille. Se sisältää materiaalien ensisijaisen tuotannon sekä tutkitun tuotteen tuotannon, mutta siihen eivät kuulu tuotteen käyttö- ja loppuvaiheet. Alihankkija voi toimittaa komponentin, osan tai alirakenteen kehdestä portille -LCA:n OEM-valmistajalle, jotta OEM voi sisällyttää sen OEM:n tuotteen LCA:han.

Kehdosta hautaan

Kehdosta hautaan -arviointi sisällyttää kehdestä portille -arviointiin verrattuna myös tuotteen käyttö- ja loppuvaiheet, eli se kattaa tuotteen koko elinkaaren.

Datajoukko (LCI- tai LCIA-datajoukko)

Datajoukko, joka sisältää tuotteen elinkaaritietoja tai muita viitetietoja (esimerkiksi tehdas, prosessi) ja käsittää kuvaavat metatiedot ja kvantitatiivisen elinkaari-inventaarion ja/tai elinkaaren vaikutusarvioinnin.⁴

Elinkaaren loppuvaihe

Elinkaaren loppuvaihe tarkoittaa tuotteen elinkaaren päätöstä. Perinteisesti se sisältää jätteiden keruun ja käsittelyn, kuten uudelleenkäytön, kierrätyksen, polttamisen, kaatopaikat jne.

EU-28 ja EU-28-sähköntuotantoyhdistelmä

LCA:ssa käytetyt tiedot ovat peräisin GaBi Professional- ja ecoinvent-tietokannoista. Termillä EU-28 kuvataan yleisten tietojen maantieteellistä aluetta, ja se sisältää kaikki 27 EU:n jäsenvaltiota sekä Iso-Britannian. Sähköautojen käyttövaiheen sähköntuotantoyhdistelmäksi voidaan valita joko maan sähköverkko tai tietty energianlähde. Käytössä on GaBin viimeisin sähköntuotantoyhdistelmä, jonka viitevuosi on 2017.

Toiminnallinen yksikkö

Tuotejärjestelmän määrällinen suoritus, jota käytetään viiteyksikkönä.

GaBi

GaBi on Spheran toimittama LCA-mallinnusohjelmisto, jota on käytetty mallinnukseen tässä tutkimuksessa.⁵

³ Ekvall T., 2019. Attributional and Consequential Life Cycle Assessment | IntechOpen

⁴ “The Shonan guidelines”, <https://www.lifecycleinitiative.org/wp-content/uploads/2012/12/2011%20-%20Global%20Guidance%20Principles.pdf>

⁵ GaBi, Sphera, <http://www.gabi-software.com/sweden/index/>

GHG

Kasvihuonekaasut. Kasvihuonekaasut ovat kaasuja, jotka kiihdyttävät ilmaston lämpenemistä. Niitä ovat esimerkiksi hiilidioksidi (CO₂), metaani (CH₄), typpioksidi/ilokaasu (N₂O) ja myös freonit/CFC:t. Kasvihuonekaasut lasketaan usein CO₂e:n massayksikkönä, jossa e on lyhenne ekvivalentista. Katso lisätietoja luonnehdinnasta.

ICE

Sisäinen polttomoottori. ICE-ajoneuvo käyttää polttoaineeseen varastoitunutta kemiallista energiaa, eikä siinä ole toissijaista voimanlähdetä.

Vaikutusluokka

Luokka, joka edustaa ympäristöllisiä näkökulmia kohteesta, jolle elinkaaren inventaarioanalyysin tulokset määritetään.

Litiumioniakku

Ladattava akku, jossa litiumionit kulkevat negatiivisesta elektrodista elektrolyytin läpi positiiviseen elektrodiin akun tyhjenemisen aikana ja takaisin akun lataamisen aikana.

Elinkaari

Tuotejärjestelmän peräkkäiset ja yhdistyvät vaiheet raaka-aineiden hankinnasta loppusijoitukseen.

Elinkaariarviointi, LCA

Tuotejärjestelmän tietojen ja ympäristövaikutusten koostaminen ja arviointi koko elinkaaren ajalta.

LCA-mallinnusohjelmisto

LCA-mallinnusohjelmistoa, kuten GaBi, käytetään LCA:n suorittamiseen. Sitä käytetään sisäisten tietokantojen mallinnukseen ja hallintaan, ja se sisältää tietokantoja tietokantatoimittajilta, laskee LCA-tuloksia jne.

Elinkaari-inventaarioanalyysi, LCI

Elinkaariarvioinnin vaihe, joka sisältää tietojen koostamisen ja määrien määrittämisen tuotteelle sen elinkaaren ajalta.

Elinkaaren vaikutusarviointi, LCIA

Elinkaariarvioinnin vaihe, jossa pyritään ymmärtämään ja arvioimaan tuotejärjestelmän mahdollisten ympäristövaikutusten suuruutta tuotteen elinkaaren ajalta.

Elinkaaritulkinta

Elinkaariarvioinnin vaihe, jossa inventaarioanalyysin ja vaikutusarvioinnin löydöksiä arvioidaan suhteessa määritettyyn tavoitteeseen ja laajuuteen, jotta saavutetaan johtopäätökset ja suositukset.

Materiaalin käyttöaste, MUD

Käytetyn materiaalin osuus kokonaismäärästä, joka tarvitaan osan tuottamiseen. Esimerkiksi jos 100 kg terästä tarvitaan tuottamaan 70-kiloinen teräsosa, MUD on valmistuksessa syntyneen hylkytavarana vuoksi 0,7.

PCB

Piirilevy.

Prosessi

Joukko toisiinsa liittyviä tai vuorovaikutuksessa oleva toimintoja, jotka muuntavat syötetyt tiedot tuloksiksi. Prosessit voidaan jakaa luokkiin, kuten materiaali, energia, kuljetus tai muu palvelu.

Raaka-aine

Ensi- tai toissijainen materiaali, jota käytetään tuotteen tuottamiseen.

Yksinkertainen rajaus

Yksinkertainen rajaus on kierrätyksen mallinnusmenetelmä. Se tarkoittaa, että jokaiselle tuotteelle määritetään tuotteen elinkaaren prosessien ympäristölliset taakat. Tämä tarkoittaa, että kierrätetyn materiaalin käytön mukana tulee taakka materiaalin keräämisestä ja kierrätyksestä, mikä on yleensä pienempi kuin ensisijaisen materiaalin tuotannon. Samalla hyvitystä ei anneta kierrätyksestä tai kierrätetyn materiaalin luomisesta. Sitä kutsutaan myös kierrätetyn sisällön lähestymistavaksi ja 100/0-menetelmäksi.

Järjestelmän rajat

Joukko ehtoja, jotka määrittävät, mitkä yksikköprosessit ovat osa tuotejärjestelmää.

Jäte

Aineet tai esineet, jotka haltijan tulee hävittää.





1. Elinkaariarvioinnin (LCA) yleiskuvaus

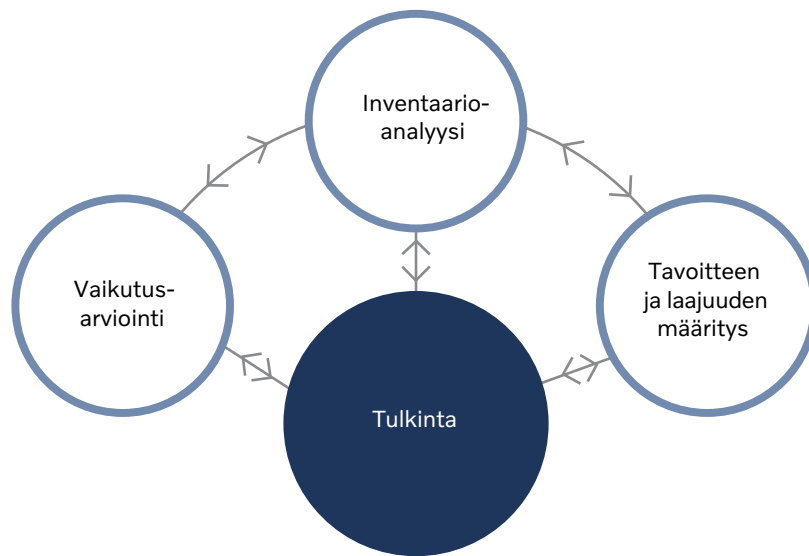
1.1 LCA:n periaatteet

Elinkaariarvioinnin (LCA) metodologiaa käytetään määrittäessä, mitä vaikutuksia tuotteella tai palvelulla on ympäristöön. Euroopan komissio on päättänyt, että elinkaariarviointit antavat parhaan toimintakehyksen arvioitaessa tuotteiden mahdollisia ympäristövaikutuksia⁶. Metodologia kehitettiin, koska syntyi tarve huomioida tuotteen koko elinkaari ympäristövaikutuksia tutkittaessa sen sijaan, että perehdyttäisiin vain yhteen prosessiin kerrallaan. Jos keskitytään vain yhteen prosessiin kerrallaan, vaarana on, että yhden osa-alueen ympäristövaikutuksen väheneminen voi johtaa suurempaan ympäristövaikutukseen jollakin toisella osa-alueella. Tämän ilmiön ehkäisemiseksi LCA:han pyritään sisällyttämään kaikki prosessit kehdestä hautaan. LCA on aina tutkimus prosessien ympäristövaikutuksista järjestelmän rajojen sisällä, jotka on määritetty LCA:n tavoitteessa ja laajuudessa. Siksi on tärkeää muistaa, että tuotteen tai palvelun kaikkia ympäristövaikutuksia ei voi aina ottaa huomioon.

Kuvassa 1 näkyvät LCA:n eri vaiheet.

Ensiksi on määritettävä LCA:n tavoite ja laajuus. Järjestelmän rajat on ilmoitettava selkeästi, sillä niillä on suora vaikutus LCA:n tulokseen. Kun tavoite ja laajuus on määritetty, inventaarioanalyysi voi alkaa. Siinä järjestelmän rajojen sisällä olevien prosessien tiedot kootaan yhteen. Tiedot voidaan esittää raportissa, ja niitä kutsutaan sitten LCI:ksi (elinkaari-inventaario). Lisäksi LCA:ssa inventaarioanalyysin tietoja käsitellään myös vaikutusarviointivaiheessa, jossa eri päästöt (esim. CO₂, SO₂, NO_x) lajitellaan eri luokkiin niiden ympäristövaikutusten mukaan. Näitä luokkia voivat olla esimerkiksi ilmaston lämpeneminen, happamoituminen ja rehevöityminen. Tutkitun järjestelmän kokonaisympäristövaikutus voidaan määrittää vaikutusarvioinnin kautta. LCA on iteratiivinen prosessi, jossa esimerkiksi tulosten tulkinta voi johtaa tavoitteen ja laajuuden, inventaarioanalyysin tai vaikutusarvioinnin uudelleentarkasteluun, jotta voidaan luoda lopullinen arviointi, joka parhaalla tavalla lähestyy vastausta kaipaavaa kysymystä.

⁶ Tiedote integroidusta tuotekäytännöstä (COM (2003)302)



Kuva 1. Elinkaariarvioinnin yleisten vaiheiden kuvaus, ISO 14040.

LCA:han voidaan sisällyttää myös neljäs vaihe, jota kutsutaan painotukseksi. Tässä vaiheessa tuloksia kootaan lisää. Eri ympäristövaikutuksia painotetaan suhteessa toisiinsa esimerkiksi poliittisten tavoitteiden, taloudellisten tavoitteiden tai eri aineiden kriittisten kuormitusten perusteella. Tässä tutkimuksessa käytetty LCA-metodologia ei sisällä painotusta, sillä siinä tutkitaan vain yhtä vaikutusluokkaa (ilmastonmuutos).

1.2 LCA-standardit

Metodologia noudattaa standardeja ISO 14044:2006 “Environmental management — Life cycle assessment — Requirements and guidelines” sekä ISO 14040:2006 “Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework”. Nämä standardit poikkeavat muista standardeista, joita käytetään yleisesti autoteollisuudessa esimerkiksi tuotteiden testauksessa ja sertifiointissa, sillä niissä on vain

vähän tiukkoja vaatimuksia. Sen sijaan ne tarjoavat pääasiassa yleisiä LCA-ohjeita, kuten: LCA:n tavoitteen ja laajuuden määrittäminen, elinkaari-inventaarioanalyysin (LCI) vaihe, elinkaaren vaikutusarvioinnin (LCIA) vaihe, elinkaaren tulkintavaihe, LCA:n raportointi ja kriittinen arviointi,

LCA:n rajoitukset, LCA-vaiheiden väliset suhteet sekä arvovalintojen ja valinnaisten elementtien käyttöehdot. Standardit koskevat kaikkien tuotteiden ja palvelujen LCA-arviointeja, eivätkä ne tarjoa riittävästi tietoja, jotta eri valmistajien autojen LCA-arviointeja voitaisiin verrata keskenään.

ISO 14044:n lisäksi

GHG-protokollakehyksen osaa “Product Life Cycle Accounting and Reporting Standard”⁷ on käytetty ohjeena metodologisissa valinnoissa.

Nämä standardit poikkeavat muista autoteollisuuden yleisesti esimerkiksi testauksessa ja sertifiointeissa käyttämistä standardeista, sillä ne sisältävät vain vähän tiukkoja vaatimuksia.

⁷ Product Life Cycle Accounting Reporting Standard. Published by World Resources Institute and World Business Council for Sustainable Development. Product-Life-Cycle-Accounting-Reporting-Standard_041613.pdf

2. Metodologia



2.1 Tuotteet

Volvon autot tässä tutkimuksessa voidaan luokitella seuraavasti:

- **BEV** – sähköauto
- **ICE** – polttomoottoriauto

Tämän tutkimuksen metodologia on sama kuin vuonna 2020, jolloin suoritettiin XC40 ICE (E5-bensiini)- ja XC40 Recharge -mallien LCA-arviointeja.

Tutkitut autot on esitetty *taulukossa 1*. Akkujen kokonaisenergia C40 Recharge- ja XC40 Recharge -malleissa on 71–78 kWh.

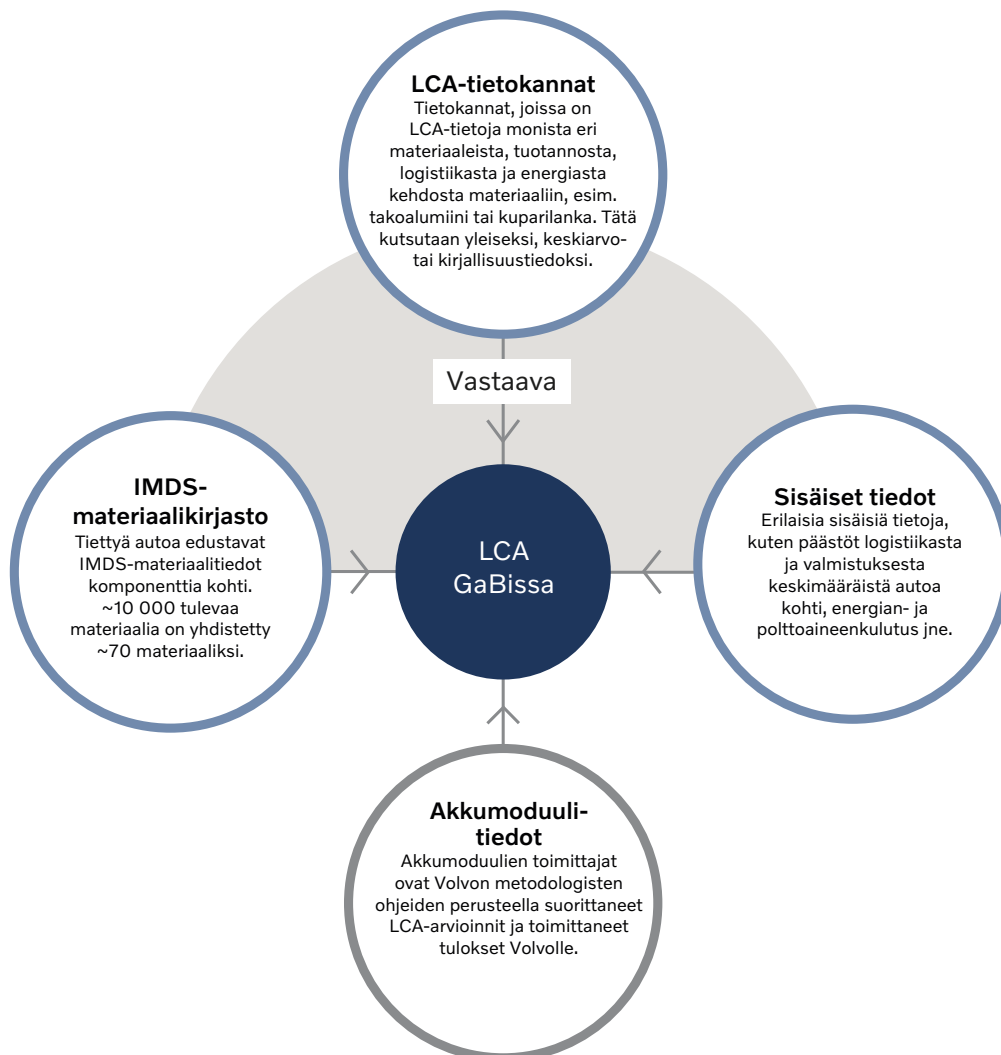
Auto	Kokonaispaino (kg)
C40 Recharge	2180
XC40 Recharge	2170
XC40 ICE	1690

Taulukko 1. Tutkitut autot ja niiden painot kilogrammoissa

2.2 Työtavan yleiskatsaus

Kuvassa 2 on yleiskatsaus siitä, kuinka työ autojen hiilijalanjälkien saamiseksi etenee. On olemassa neljä päätapaa, joilla lopullista LCA:ta varten tarvittavat tiedot hankitaan. Tuonti GaBiin (*katso termit ja määritelmät*) tapahtuu erityisellä kartoitustyökalulla, jonka toimittaa Sphera. Sen nimi on GaBi-DFX⁸. GaBin syötelähteet ovat:

- IMDS⁹ (International Material Data System) - tietolomakkeet, jotka sisältävät tietoja komponenttien materiaali koostumuksesta
- The LCA-tietokannat ecoinvent¹⁰ 3.7.1 ja GaBi LCA -tietokanta 2021.1 (GaBi Professional)¹¹
- Volvon toiminnoista saatavat tiedot, kuten tehtaat ja logistiikka
- Akkumoduulien LCA, jonka suorittavat akkutoimittajat Volvon ja Polestarin opastamana ja tukemana



Kuva 2. Yleiskatsaus LCA:n työtavasta

⁸ GaBi DfX, <http://www.gabi-software.com/international/software/gabi-dfx/>

⁹ IMDS, www.mdssystem.com

¹⁰ ecoinvent, www.ecoinvent.org

¹¹ GaBi LCI -tietokannat, <http://www.gabi-software.com/databases/gabi-databases/>

2.3 Auton materiaali koostumuksen määrittelyn metodologia

Materiaaliluettelo (BoM) on tärkeä LCA-elementti, ja se koostuu autossa käytetyistä osista ja niiden painoista ja materiaaleista. Auton materiaaliluettelo poimitaan Volvon tuotetietohallintajärjestelmästä KDP. Tätä luetteloa ei voi kuitenkaan syöttää suoraan LCA-malliin GaBissa, vaan sitä on kehitettävä ja koostettava useassa vaiheessa sopivaksi materiaaliluetteloksi.

Materiaalitiedot, litiumioniakkumoduuleja lukuun ottamatta, tulevat IMDS:n tietolomakkeista. Kokonainen auto IMDS:ssä koostuu noin 10 000 eri materiaalista. Jotta materiaalien määrä olisi hallittavissa GaBissa, ne yhdistetään noin 70:een Volvon määrittämään materiaaliluokkaan Volvon kehittämässä materiaalikirjastossa, Volvo IMDS ML:ssä.

Materiaaliluettelo KDP:stä ladataan Volvon IMDS:n iPoint Compliance Agent (iPCA) -järjestelmään. Tässä järjestelmässä luodaan materiaaliluettelo, joka tuodaan Volvo IMDS ML:ään, jossa kaikki materiaalit kartoitetaan Volvon määrittämiin materiaaliluokkiin.

Jotta toimintatapa olisi tehokas ja järjestelmällinen, kartoitus tapahtuu automaattisesti. Materiaalien luokitus säännöt määritetään IMDS:n materiaali-luokan, materiaalin nimen ja aineen sisällön mukaan. On myös mahdollista kohdentaa materiaaleja manuaalisesti Volvo IMDS ML:ssä, mutta tämä tapahtuu mahdollisimman rajoitetusti. Näissä LCA-arvioinneissa käytetään Volvo IMDS ML -versiota 8 **taulukossa 2** lueteltujen materiaaliluokkien kanssa. Kokonainen materiaaliluokkien luettelo on *liitteessä 3 – Luettelo Volvon materiaalikirjaston materiaaliluokista*.

Volvo IMDS ML:n materiaaliluetteloa on muotoiltava lisää, jotta se voidaan tuoda GaBiin. GaBin vaatima muotoilu lisätään erityisellä muotoilutyökalulla, ja myös tämä vaihe on automaattinen.

Tuonti GaBiin tapahtuu erityisellä kartoitustyökalulla GaBi DfX, jonka toimittaa Sphera. Kartoituksessa kukin materiaali yhdistetään tiettyyn elinkaari-inventaarion datajoukkoon ja tarvittaessa valmistusprosessin datajoukkoon.

Litiumioniakkujen kohdalla käytettiin toimittaja-kohtaisia hiilijalanjälkitietoja IMDS-tietojen sijaan. Litiumioniakkujen tuotannolla on suuri vaikutus tulokseen, ja se koostuu monimutkaisista valmistusvaiheista. Lisäksi käytettävissä olevien datajoukkojen vaihtelevuus ja tarkkuus on rajoitettua litiumioniakkujen kohdalla.

Materiaalin Materiaalin tyyppi	Materiaaliluokkien määrä
Teräs ja rauta	5
Alumiini	1
Magnesium	1
Kupari	2
Sinkki	1
Lyijy, akku	1
Magneetti	2
Polymeerit	Noin 40*
Luonnonmateriaalit	4
Lasi	3
Elektroniikka	1
Nesteet	11
Määrittelemätön	1

* Sisältää täytetyt/täyttämättömät

Taulukko 2. Volvon määrittelemät materiaaliluokat Volvo IMDS ML -versiossa 8. Huomaa, että litiumioniakut käsitellään erikseen, eivätkä ne sisälly taulukkoon.

2.4 Tavoitteen ja laajuuden määritelmä

Tämän tutkimuksen metodologian tavoitteena on arvioida C40 Recharge -mallin hiilijalanjälkeä ja verrata sitä XC40 Recharge- ja XC40 ICE -mallin (E5-bensiini) hiilijalanjälkeen. Toinen tavoite oli käyttää C40 Rechargen hiilijalanjälkeä akun latauksessa käytetyn sähköntuotantoyhdistelmän sekä materiaalien tuotannon datavalintojen muutosten vaikutusten tutkimiseen.

Tämä metodologia on kehitetty ottaen huomioon ympäristövaikutuksen ilmakehän lämmityspotentiaali (GWP)¹² ja auto yksityiskohtaisella tasolla.

2.4.1 Tarkoitettu yleisö

Tarkoitettu yleisö ovat päättäjät, autojen asiakkaat, tutkijat, suuri yleisö ja sisäinen tutkimus- ja kehitystyö.

2.4.2 Järjestelmän rajat

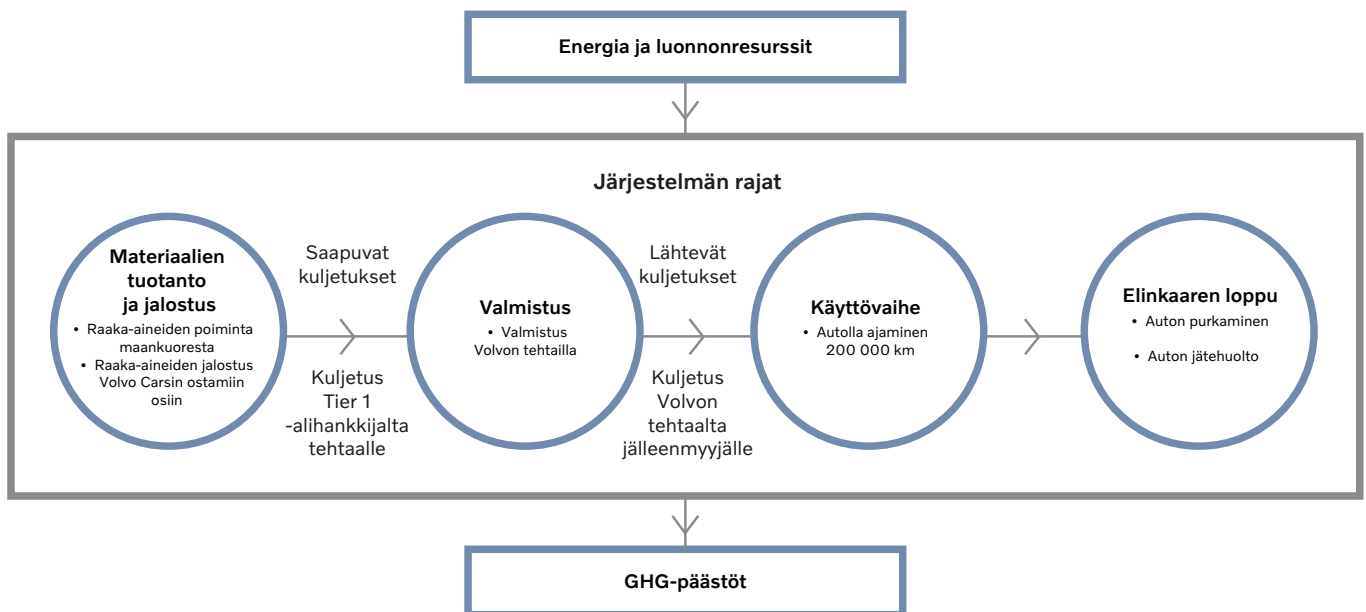
Tehty tutkimus on elinkaariarviointi (LCA), joka koskee pelkkiä kasvihuonekaasuja, eli niin kutsuttua hiilijalanjälkeä.

Polttomoottoriautojen pakokaasupäästöistä on otettu huomioon vain hiilidioksidipäästöt, ja metaani- ja typpioksidipäästöt (CH₄ ja N₂O) on jätetty pois. CH₄ ja N₂O muodostavat pienen murto-osan bensiiniauton pakoputken GHG-päästöistä, eikä näiden päästöjen pois jättämisellä katsota olevan vaikutusta tämän tutkimuksen johtopäätöksiin.¹³

Tutkimus sisältää auton elinkaaren kehdestä hautaan alkaen raaka-aineiden poiminnasta ja jalostuksesta ja päättyen auton elinkaaren loppuun, katso **kuva 3**. Tärkeimmät oletukset, epävarmuudet ja rajaukset on kuvattu *kohdassa 2.4.6 Oletukset ja rajoitukset*.

Infrastruktuurin elinkaarten päästöt on sisällytetty tutkimukseen niiltä osin kuin niitä on ollut saatavilla LCA-tietokannoissa. Infrastruktuurin aktiivista tiedonkeruuta tai mallinnusta ei ole tehty tässä tutkimuksessa.

Yleisiä tietoja, toimittajakohtaisista erityistiedoista poiketen, on käytetty useimmissa alkupään prosesseissa, kuten raaka-aineiden tuotanto- ja valmistusprosesseissa. Tämän vuoksi joissakin valmistuksen arvoketjuissa on komponenttikohtaisia vaiheita, joita ei ole otettu mukaan tutkimukseen.



Kuva 3. Kaavio tutkimusta järjestelmästä ja eri elinkaarivaiheista

¹² CML2001-Aug.2016, ilmaston lämpenemispotentiaali (GWP 100 vuotta, laskettu 100 vaikutusvuodelle päästöjen alkamis päivästä), pois lukien biogeeninen hiili

¹³ GaBi-tietojen analyysi henkilöautolle, EURO 6

On todennäköistä, että nämä prosessit ovat kokoonpanoprosesseja Volvon Tier 1 -alihankkijoilla. Näiden prosessien vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen on todennäköisesti erittäin vähäinen.

Tuotantotiedot koskevat nykyistä tilannetta, mikä tarkoittaa, että ajamisen sähköntuotantoyhdistelmän hiili-intensiteetti on myös tuore, vaikka se todennäköisesti muuttuu auton odotetun elinkaaren aikana (15 vuotta). Lähestymistavan vaikutusta testattiin herkkyyksianalyysissa, katso sivu 30.

Tutkimus suoritettiin globaalilla lähestymistavalla, mikä tarkoittaa, että raaka-aineiden tuotannossa ja jalostuksessa käytetyt yleiset datajoukot eivät ole aluekohtaisia. Globaaleja keskiarvoja on käytetty niin paljon kuin mahdollista. Tietoja siitä, kuinka datavalinnan periaate voi vaikuttaa tuloksiin, on herkkyyksianalyysissa sivulla 31.

2.4.3 Toiminnallinen yksikkö

Toiminnallinen yksikkö määrittää tarkasti tutkimuksen kohteen. Se määrittää tutkittavan tuotteen päätoiminnan ja antaa viitteen, johon syötteet ja tulosteet voidaan yhdistää, ja on perusta tuotteiden tai palvelujen vertailulle ja analysoinnille.

Tämän tutkimuksen toiminnallinen yksikkö on:

- 200 000 kilometriä ajatun Volvo-auton käyttö
- Tulokset esitetään CO₂-ekvivalentteina toiminnallista yksikköä kohti.

2.4.4 Kohdistamiset

Sata prosenttia hylkytavaran kokonaispäästöistä on kohdistettu autoihin. Tämä tarkoittaa, että hiilijalanjäljen laskentaan sisällytetty teräksen ja alumiinin tuotettu määrä ei sisällä pelkkää auton materiaalin määrää vaan myös koko valmistusketjussa syntyneen hylkytavaran. Metodologia käyttää rajaustapaa, joka on suositeltu menetelmä EPD-järjestelmän¹⁴ mukaan. Tämä menetelmä noudattaa "saastuttajat maksavat" -periaatetta, joka tarkoittaa, että jos useat tuotejärjestelmät

jakavat saman materiaalin, jätteen aiheuttava tuote kantaa ympäristövaikutuksen. Tämä taas tarkoittaa, että järjestelmän raja on määritetty pisteeseen, jolla on "matalin markkina-arvo". Jos materiaali ei kuitenkaan mene uuteen tuotejärjestelmään, loppusijoitus sisältyy auton elinkaareen.

2.4.5 Järjestelmän laajennus

Tässä tutkimuksessa ei ole käytetty järjestelmän laajennusta, eli hyvitystä ei ole annettu esimerkiksi materiaalien kierrätyksestä ja muun materiaalin tuotannon kompensoinnista tai jätteen polttamisesta muodostuneesta energiasta.

2.4.6 Oletukset ja rajoitukset

Yleisesti ottaen oletuksia on tehty konservatiivisesti ennaltaehkäisevää periaatetta noudattaen, jotta tuntemattomien tietojen vaikutusta ei aliarvioitaisi. Lisäprosesseja on lisätty malliin tarvittaessa, jotta todellisia päästöjä voidaan kuvata tarkemmin.

Inventaario ei sisällä:

- Volvon prosesseja, kuten liikematkoja, R&D-toimintoja tai muita epäsuoria päästöjä
- Volvon infrastruktuuria, kuten rakennusten, varastojen tai muiden tuotannossa käytettävien laitteiden valmistusta ja kunnossapitoa
- Teiden rakennusta ja kunnossapitoa käyttövaiheessa
- Renkaiden ja maantien kulumisen päästöjä käyttövaiheessa
- Autojen kunnossapitoa käyttövaiheessa

Tämä tutkimus ei keskity muutoksiin, eli se ei ole seuraamuksellinen¹⁵ eikä se ota huomioon uusiutumisvaikutuksia¹⁶.

Tällä metodologialla kehitettyjä hiilijalanjälkiä ei tule eritellä alempiin tasoihin, kuten järjestelmä- tai komponenttitasolle, ilman varmistusta siitä, että hyväksyttävä tietotaso saavutetaan myös tutkitussa alajärjestelmässä.

¹⁴ <https://environdec.com/resources/documentation#generalprogrammeinstructions>

¹⁵ Seuraamuksellinen LCA, <https://consequential-lca.org/clca/why-and-when/>

¹⁶ <https://esrc.ukri.org/about-us/50-years-of-esrc/50-achievements/the-rebound-effect/>

3. Elinkaari-inventaario-analyysi (LCI)



Tässä luvussa esitetään kaikki inventaariota koskevat syöttötiedot ja metodologiset valinnat.

3.1 Materiaalien tuotanto ja jalostus

Materiaalien tuotanto ja jalostus (katso **kuva 3**) perustuvat materiaaliluetteloon, joka sisältää materiaalin koostumuksen ja painon. Mallinnukseen GaBissa käytettävä materiaaliluettelo on kehitetty erityisesti LCA-mallinnukseen, ja se raportoi auton koostumuksen noin 70 materiaaliluokan perusteella. Auton kokonaispaino jaetaan näihin materiaaliluokkiin.

GaBissa jokaiseen materiaaliin on liitetty yksi tai useampi datajoukko (joka sisältää LCI-tiedot), joka esittää materiaalin tuotantoa ja jalostusta kussakin materiaaliluokassa. Katso *liite 4 – Valitut datajoukot*. Materiaalin tuotantoa ja jalostusta mallinnetaan käyttämällä datajoukkoja GaBi Professional -tietokannasta 2021.1 ja ecoinvent 3.7.1 -tietokannasta. Datajoukot on valittu Volvon yleisten datajoukkojen valintametodologian mukaisesti. Joidenkin raaka-aineiden kohdalla ei ollut käytettävissä datajoukkoja juuri kyseisille materiaaleille, ja niissä on käytetty samantyyppisten materiaalien datajoukkoja.

Auton koko painoa vastaava materiaalityyppi sisältyy LCA:han, mutta pieni määrä materiaaleja on luokiteltu määrittelemättömäksi materiaaliksi Volvo IMDS ML:ssä. **Taulukossa 3** näkyy määrittelemättömän materiaalin osuus auton kokonaispainosta (mukaan lukien akkumoduulit).

Automalli	Määrittelemättömän materiaalin osuus
C40 Recharge	1.6%
XC40 Recharge	1.0%
XC40 ICE	0.9%

Taulukko 3. Määrittelemättömän materiaalin osuus eri autoissa

Koska määrittelemätön luokka näyttää sisältävän pääasiassa määrittelemättömiä polymeerejä, niissä on käytetty polyamidin (nailon 6) datajoukkoja. Tämä oletus perustuu siihen, että polyamidi on polymeeri,

jolla on suurin hiilijalanjälki LCA:ssa käytetyistä polymeeritiedoista. Kaikkien täytettyjen polymeerien on oletettu sisältävän 78 % polymeeriä, 14 % lasikuitua ja 8 % talkkia, mikä edustaa IMDS:ssä raportoitujen täytettyjen polymeerien keskiarvoa.

Useimmissa tapauksissa datajoukkoja, jotka sisältävät sekä raaka-aineen tuotannon että kokoamisvalmiiden komponenttien valmistuksen, ei ole käytettävissä. Tämän vuoksi useimmissa materiaaliluokissa on käytetty useita datajoukkoja, jotka esittävät osien jalostusta ja tuotantoa. Osien lisäjalostusta ja -valmistusta kuvaavien osien datajoukot on lueteltu *liitteessä 2 – Yhteenveto komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista*.

Useimmissa tietokantojen datajoukoissa, jotka esittävät materiaalien tuotanto- ja jalostusprosesseja, ei ole ollut mahdollista muokata sähköä, eli niissä on käytetty sisäänrakennettua sähköä.

3.1.1 Alumiinin tuotanto ja jalostus

Valu- ja takoalumiinin osuudeksi on oletettu 65 % valualumiinia ja 35 % takoalumiinia. Tämä perustuu raportille “Aluminium content in European passenger cars”¹⁷. Kaiken takoalumiinin oletetaan käyvän läpi alumiinilevyjen valmistusprosessin. Oletus, että takoalumiini on alumiinilevyä, on konservatiivinen, sillä levytuotanto synnyttää enemmän hylkytavaraa kuin useimmat muut takoprosessit. Valualumiini käy läpi valuprosessin.

Auton alumiiniosien valmistusprosesseissa syntyvä hylkytavara sisältyy hiilijalanjälkeen, ja koska rajausta käytetään pisteessä, jossa hylkytavaraa tuotetaan tehtaalla, hylkytavaran tuotannon kokonaisjalanjälki kohdistetaan autoon, vaikka alumiinijäte lähetetään kierrätykseen ja sitä käytetään muissa tuotteissa. Materiaalin käyttöaste valu- ja takoalumiinin valmistuksessa löytyy *liitteestä 2 – Yhteenveto komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista*. Kaiken alumiinin oletetaan olevan primaarialumiinia, eli sitä tuotetaan bauksiittimalmista.

3.1.2 Teräksen tuotanto ja jalostus

Materiaaliluokassa ”seostamaton teräs” käytetty raaka-ainedatajoukko käsittää valssatun ja sinkityn teräksen. Valmistusprosessi lisättiin kaikkeen teräkseen. Valittu valmistusprosessi riippuu siitä, onko teräs Volvon stanssaama vai ei. Siksi seostamattomaksi teräkseksi materiaalikirjastossa luokiteltu teräs on jaettu kahteen alaryhmään teräksen valssauksen ja sinkityksen jälkeisen valmistusprosessin mukaan:

1. Teräs, joka käsitellään ja stanssataan Volvon tehtailla. Materiaalin käyttöaste on Volvon tietojen mukainen.
2. Muu teräs, joka kohdistetaan auton eri osiin. Materiaalin käyttöaste on valitun tietokannan datajoukon, eli kirjallisuusarvon mukainen.

Auton teräsosien valmistuksessa syntyvä hylkytavara sisältyy hiilijalanjälkeen, ja siinä käytetään samaa rajausta kuin alumiinin kanssa. Materiaalin käyttöaste teräksen valmistusvaiheille löytyy *liitteestä 2 – Yhteenveto komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista*.

3.1.3 Elektroniikan tuotanto ja jalostus

Materiaaliluokka ”elektroniikka” sisältää piirilevyt (PCB) ja niille asennetut komponentit. Se ei sisällä alustaa, kaapeleita tai muita osia, joita esiintyy elektroniikkakomponenttien kanssa. Kaikki materiaalit, joita käytetään muiden elektroniikkalaitteiden kuin piirilevyjen kanssa, on lajiteltu muihin luokkiin, kuten kupari tai erityyppiset polymeerit. Elektroniikkaluokassa on käytetty yleistä datajoukkoa ecoinvent 3.7.1:stä. Tämä datajoukko edustaa lyijyttömien piirilevyjen tuotantoa.

¹⁷ https://www.european-aluminium.eu/media/2714/aluminum-content-in-european-cars_european-aluminium_public-summary_101019-1.pdf

3.1.4 Muovien tuotanto ja jalostus

Polymeerimateriaaleissa on käytetty ruiskupuristusprosessia, joka esittää muoviosien prosessointia polymeeriraaka-aineesta. Materiaalin käyttöaste muovien valmistusprosessille löytyy *liitteestä 2 – Yhteenveto komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista*.

3.1.5 Muut materiaaliluokat, tuotanto ja jalostus

On olemassa joitakin raaka-aineita, joiden käsittelytiedot puuttuvat LCA-tietokannoista. Näissä tapauksissa materiaalin paino kaksinkertaistettiin arvioksi prosessointia varten. Tämä tarkoittaa, että valmistusprosessilla oletetaan olevan sama hiilijalanjälki kuin itse raaka-aineen tuotannolla. Tätä on sovellettu vain vähäpätöisimmissä materiaaleissa (painon mukaan).

3.1.6 Sähkön käyttö materiaalien tuotannossa ja jalostuksessa

Globaalia keskimääräistä sähköntuotantoyhdistelmää on sovellettu materiaalien tuotannossa ja jalostuksessa. Tämä mallinnettiin käyttämällä kansainvälisen energiajärjestön (IEA)¹⁸ tilastotietoja ja GaBin sähködatajoukkoja, sillä globaalille sähköntuotantoyhdistelmälle ei ole valmista datajoukkoa GaBin tietokannassa. Tätä sähköntuotantoyhdistelmää käytetään muutamalle¹⁹ osittain kootulle prosessille GaBi-tietokannoissa, joissa on mahdollista lisätä sähköntuotantoyhdistelmä valinnan mukaan sekä sähköautojen käyttövaihe.

3.1.7 Erot materiaalien tuotantotiedoissa verrattuna edelliseen LCA-raporttiin

Uudelleenlaskenta on suoritettu päivitettyillä tuotantotiedoilla, jotta automallit ovat vertailukelpoisia. Samalla on otettu käyttöön tiettyjä parannuksia.

Määritettyjä materiaaleja on nyt enemmän, ja tako- ja valualumiinin välistä suhdetta on hienosäädetty. Täytettyjen polymeerien keskimääräistä koostumusta on säädetty, ja tietokantojen tietoja on päivitetty. Myös logistiikan ja Volvon tehtaiden tietoja on päivitetty.

3.2 Akkumoduulit

Sähköauton akusto koostuu kannattimesta, akunhallintajärjestelmästä, jäähdytysjärjestelmästä, väyläkiskoista, kennomoduuleista, termisistä virtausesteistä, manuaalisesta irtikytkennästä ja kannesta. Volvo ostaa moduulit CATLilta ja LG Chemiltä, jotka yhteistyössä raportin kirjoittajien kanssa suorittivat kehdestä portille -LCA:n moduulien hiilijalanjäljestä (Volvon logistiikkaan asti). Moduulit on tämän vuoksi poistettu materiaaliluettelosta, joka perustuu IMDS-tietoihin, ja mallinnettu erikseen koko auton LCA:ssa. Kaikki muut akuston osat sisältyvät materiaaliluetteloon, joka perustuu IMDS-tiedoille.

3.3 Volvon valmistus ja logistiikka

3.3.1 Logistiikka

GHG-päästöissä kuljetuksissa Tier 1 -alihankkijoilta Volvon tuotantolaitokseen (saapuva kuljetus) on sovellettu Volvon saapuvien kuljetusten kokonaispäästöjä jaettuna samana vuonna tuotettujen autojen kokonaismäärällä. Samalla tavoin päästöt kuljetuksista Volvon tehtailta jälleenmyyjille (lähtevät kuljetukset) on koottu Volvon lähtevien kuljetusten kokonaispäästöistä jaettuna samana vuonna myytyjen autojen kokonaismäärällä. Laskennan perustana on käytetty kuljetusmenetelmien verkostoa (NTM)²⁰.

¹⁸ <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/world-gross-electricity-production-by-source-2019>

¹⁹ Prosessit, jotka käyttävät sähköntuotantoyhdistelmää, ovat valurautatuotanto, kumin vulkanointi ja viisi lisävalmistusprosessia.

²⁰ <https://www.transportmeasures.org/en/>

3.3.2 Volvon tehtaat

GHG-päästöt sähkön käytöstä, lämmön käytöstä ja eri polttoaineiden käytöstä kussakin tehtaassa laskettiin käyttämällä tehdaskohtaisia syöttötietoja.

Autokohtaiset GHG-päästöt laskettiin jakamalla tehtaassa GHG-kokonaispäästöt samana vuonna tehtaalla tuotettujen autojen tai moottorien kokonaismäärällä.

C40 Recharge -mallia valmistetaan aluksi Gentin tehtaalla Belgiassa. XC40 ICE- ja XC40 Recharge -malleja valmistetaan Kiinan Luqiaossa ja Gentissä. Päästöt Volvon valmistustoiminnoista on laskettu suhteessa kussakin tehtaassa toukokuun 2020 ja huhtikuun 2021 välisenä aikana tuotettujen autojen määrään. Moottoritehtaissa käytettiin vuoden 2019 tietoja. Näin tehtiin, jotta vältyttiin jaksolta maaliskuu–huhtikuu 2020 keskellä koronapandemiaa, jolla oli merkittävä vaikutus tuotantoon.

3.4 Käyttövaihe

Jotta auton päästöt käyttövaiheessa voidaan laskea, tarvitaan ajettu matka ja pakokaasupäästöt kilometriä kohti sekä polttoaineketjun alkupään päästöt polttoaineen ja sähkön tuotannosta.

Volvon autojen ajomatkaksi on määritetty 200 000 km, joka on myös tämän tutkimuksen toiminnallinen yksikkö.

Polttoaineeseen ja energiaan sekä autolla ajamiseen liittyvät GHG-päästöt on jaettu kahteen luokkaan:

- **Polttoaineketjun alkupää (WTT)** – Sisältää käytetyn polttoaineen tai sähkön tuotannon ja jakelun aikana syntyvät ympäristövaikutukset. ICE-autossa käytettäväksi polttoaineeksi oletetaan bensiini, jossa on 5 % etanolia. Molempien polttoaineiden tuotantoon liittyvät päästöt on huomioitu.

Sähköntuotanto on mallinnettu alueellisen (globaali tai EU-28) verkon tai erityisen energianlähteen (tuuli) mukaan. Laskelmat globaalin sähkön-tuotantoyhdistelmän datajoukon saavuttamiseksi on kuvattu luvussa 3.1.5.

- **Polttoaineketjun loppupää (TTW)** – Sisältää käytön aikaiset pakokaasupäästöt. Tämä on C40 Recharge- ja XC40 Recharge -mallissa nolla, ja sen oletetaan olevan XC40 ICE -mallissa 173 g CO₂/km (perustuu XC40 ICE -bensiiniautojen keskiarvolle).

XC40 ICE -mallin TTW-päästötiedot perustuvat WLTP-ajosykliin (Worldwide Harmonized Light Vehicle Test Procedure, käytetään autojen sertifiointiin EU:ssa). WLTP-tietoja käytettiin myös C40 Rechargen ja XC40 Rechargen energiankulutuslukujen hankinnassa. Latauksen aikana syntyvät häviöt sisältyvät sähköautojen sähkökäyttöön. Tässä tutkimuksessa käytetyn C40 Rechargen sähkökäyttö oli 211 Wh/km (perustuu tulevien C40 Recharge -autojen arvioidulle keskiarvolle). XC40 Rechargen sähkökäyttö oli hieman suurempi, 241 Wh/km (perustuu tuotettujen XC40 Recharge -autojen keskiarvolle). Autojen paino on samanlainen, mutta C40 Recharge käyttää vähemmän energiaa ajamisen aikana pääasiassa korin paremman aerodynamiikan ansiosta.

3.5 Auton elinkaaren loppuvaihe

3.5.1 Prosessin kuvaus

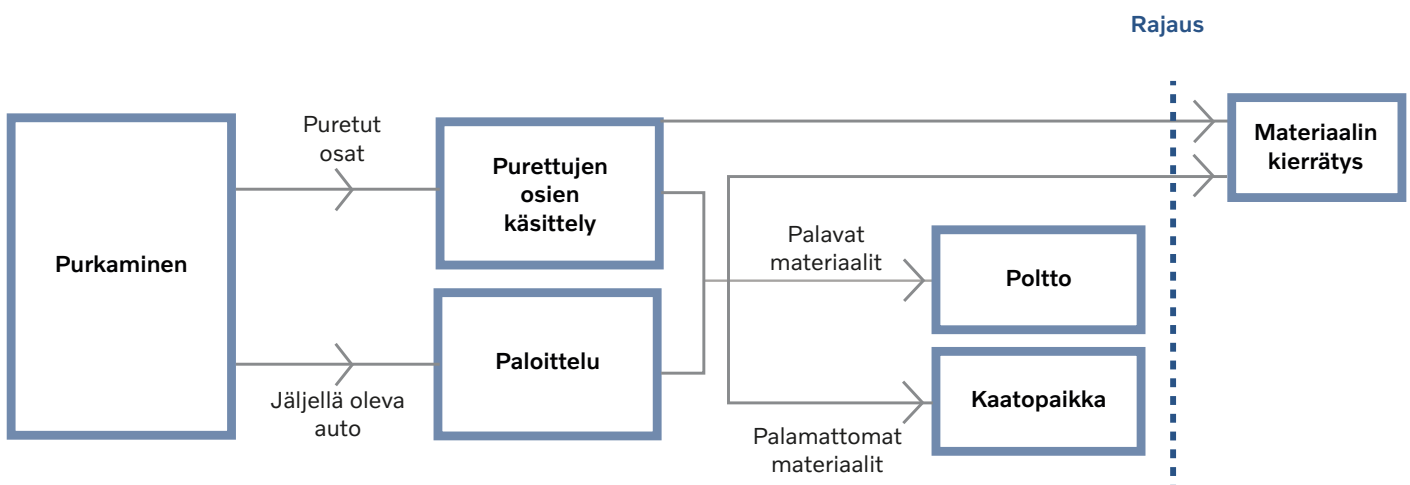
Elinkaaren lopussa kaikki autot kerätään ja lähetetään elinkaaren loppuvaiheen käsittelyyn.

Luvussa 2.4.4 Kohdistamiset kuvattua metodologiaa sovelletaan. Keskittyminen matalimman markkina-arvon pisteeseen ”saastuttaja maksaa”-periaatteen mukaisesti tarkoittaa purkamisen ja esikäsittelyn (kuten paloittelu ja tietyn komponentin esikäsittely) kaltaisten vaiheiden sisällyttämistä, mutta mukaan ei ole otettu materiaalien erottelua, jalostusta tai uudelleenkäyttöä toisessa tuotejärjestelmässä.

Elinkaaren loppuvaihe mallinnettiin esittämään globaaleja keskiarvotilanteita mahdollisimman hyvin. Käsittely koostuu purkamisvaiheesta, jossa poistetaan vaaralliset komponentit ja kierrätykseen kelpaavat komponentit. Tämän jälkeen puretut osat käsitellään, ja jäljellä oleva auto paloittellaan. Materiaalityypistä riippuen palaset jatkavat joko materiaalin kierrätykseen, polttoon tai kaatopaikalle. **Kuvassa 4** on yleiskatsaus koko vaiheesta.

Purkuvaiheessa autosta irrotetaan vaaralliset ja/tai arvokkaat komponentit:

- Akut
- Polttoaine
- Pyörät, renkaat
- Nesteet:
 - jäähdytysnesteet
 - pakkasneste
 - jarruneste
 - ilmastointikaasu
 - iskunvaimenninneste
 - tuulilasin pesuneste
- Öljyt:
 - moottori
 - vaihdelaatikko
 - vaihteisto
 - hydraulioöljyt
- Öljynsuodattimet
- Katalysaattori
- Turvatyyny ja turvavöiden esikiristimet



Kuva 4. Elinkaaren lopun järjestelmän rajat

Globaalissa näkökulmassa polttoaineiden, öljyjen ja jäähdytysnesteen käsittely viittaa yleensä polttamiseen. Renkaat kerätään kumin uudelleenkäyttöä varten ja lyijyakut lyijyn talteen ottamiseksi. Katalysaattori sisältää arvometalleja, ja se puretaan kierrätettäväksi. Öljynsuodattimet poltetaan, kuten myös turvatyynyt ja turvavöiden esikiristimet, jotka puretaan turvallisuus-syistä mahdollisen kierrätysarvon sijaan.

Litiumioniakku otetaan pois autosta ja lähetetään kierrätykseen. Kaikki muut auton osat paloitellaan. Tässä prosessissa auton materiaalit pilkotaan osiin niiden fyysisten ja magneettisten ominaisuuksien mukaan.

Tyypillisiä paloja ovat:

- rautametallit (teräs, valurauta jne.)
- ei-rautametallit (ruostumaton teräs, alumiini, kupari jne.)
- kevyet osat (muovit, keramiikka jne.)

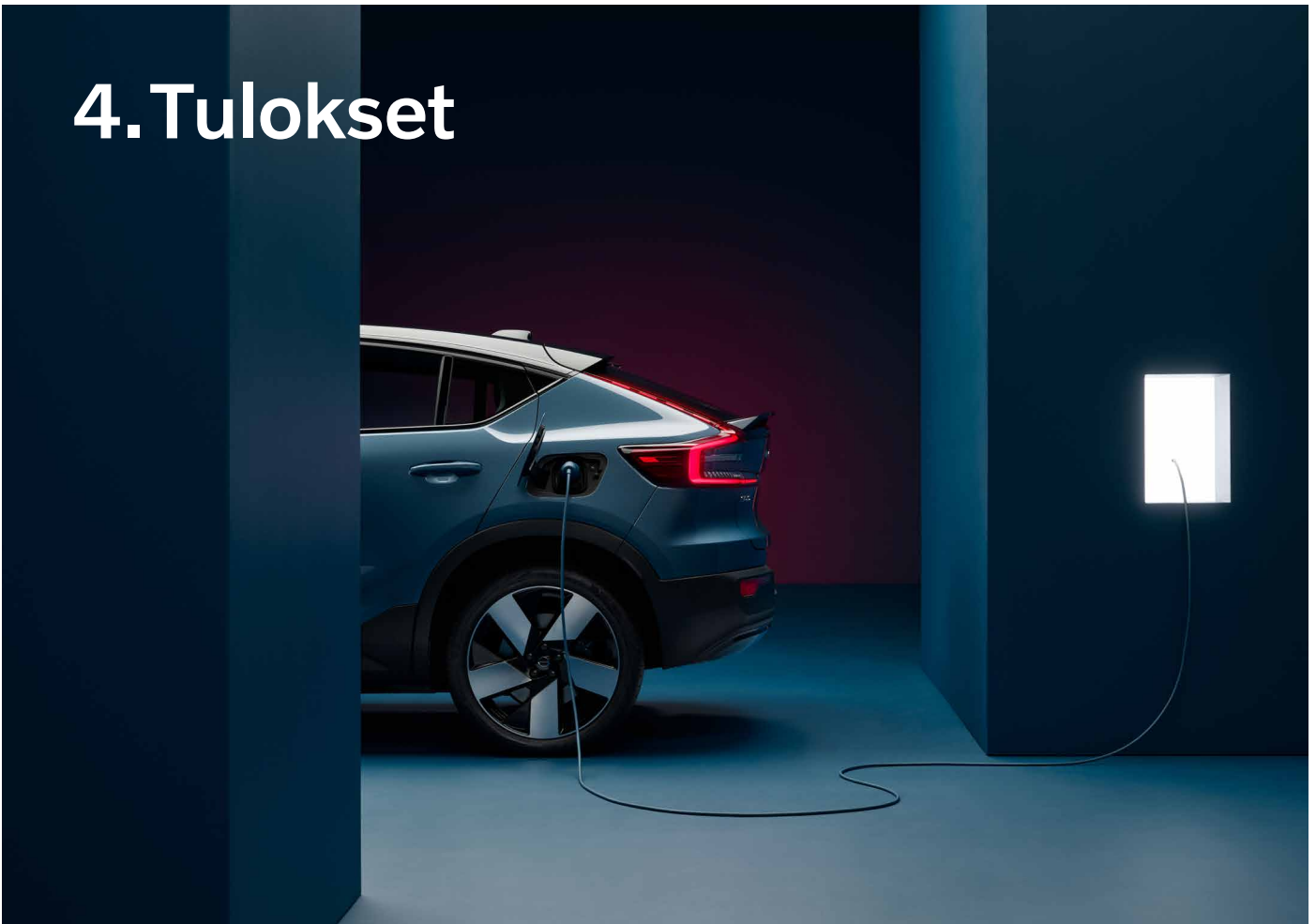
Metallipalat voidaan lähettää jatkojalostukseen ja kierrätykseen. Kevyen palan palava osa voidaan polttaa energian tuottamiseksi, tai koko pala voi päätyä kaatopaikalle. Tässä tutkimuksessa oletetaan, että materiaalien palavat virrat poltetaan, ja palamattomat materiaalit lähetetään kaatopaikalle.

Globaalin painopisteen vuoksi energian talteenottoa ei ole sisällytetty polttovaiheisiin, vaikka joillakin Volvon markkinoilla energiaa otetaan talteen jätteen poltosta. Tämä melko konservatiivinen oletus on tehty, koska monilla markkinoilla energian talteenottoa ei ole, ja tietoja siitä, kuinka yleistä energian talteenotto on palavissa virroissa, ei tunneta.

Materiaalihävikin arviointi jalostuksessa ja paloitellun jälkeen on rajausmenetelmän asettamien järjestelmän rajojen ulkopuolella. Lisätietoja elinkaaren loppuvaiheesta on *liitteessä 3 – Elinkaaren loppua koskevia oletuksia ja menetelmiä.*



4. Tulokset



4.1 C40 Recharge verrattuna XC40 ICE -malliin (E5-bensiini)

C40 Recharge -mallin ja XC40 ICE -mallin (E5-bensiini) hiilijalanjälkien vertailu osoittaa, että C40 Rechargen hiilijalanjälki on 15 prosenttia pienempi kuin XC40 ICE -mallin globaalin sähköntuotantoyhdistelmän kanssa laskettuna (**kuva 5** ja **taulukko 4**). Jos C40 Recharge -autoa ladataan EU-28-sähköllä, jalanjälki on lähes 30 prosenttia pienempi kuin XC40 ICE -auton, ja tuulivoimalla lataaminen pienentää jalanjälkeä yli 50 prosenttia.

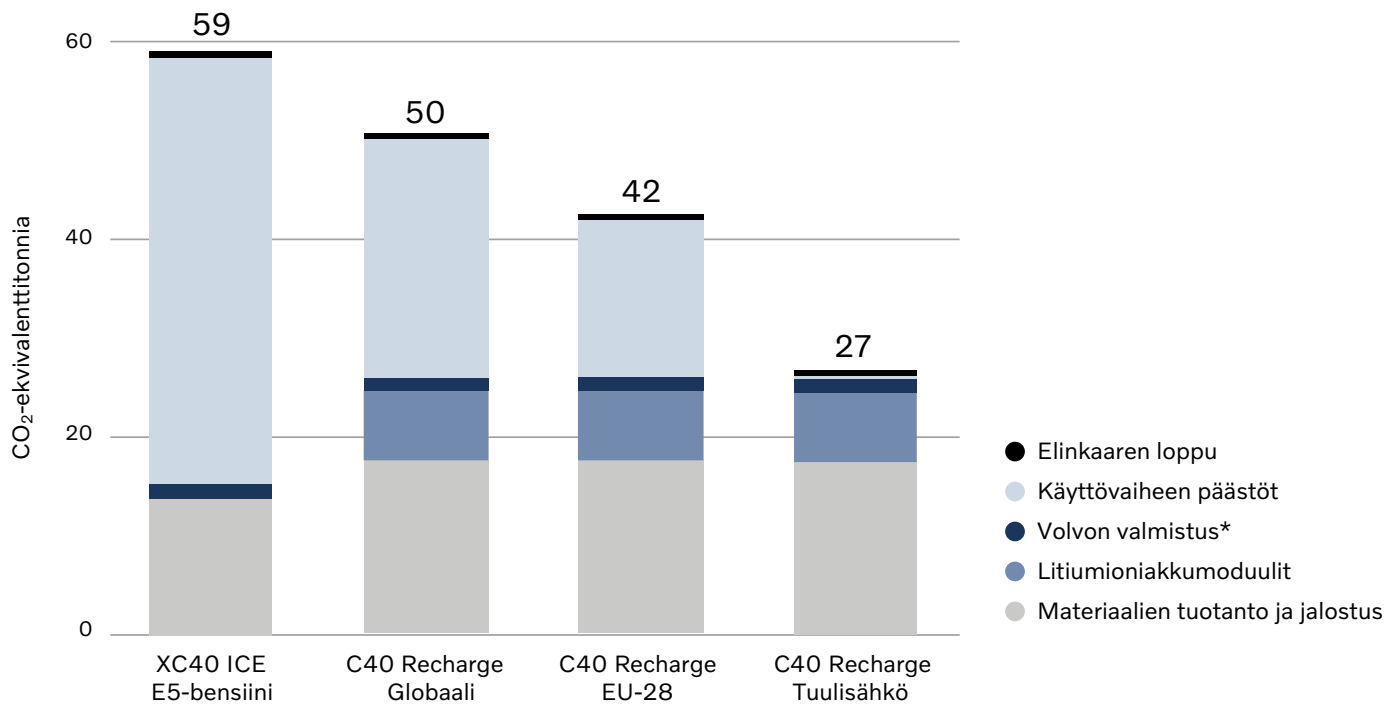
Materiaalien tuotanto- ja jalostusvaihe (pois lukien litiumioniakkumoduulien tuotanto) aiheuttaa lähes 30 prosenttia enemmän GHG-päästöjä C40 Recharge -autolle XC40 ICE -malliin verrattuna. Tämä johtuu

pääasiassa C40 Rechargen suuremmista materiaali-
määristä ja alumiinin suuremmasta osuudesta. Kun
mukaan otetaan litiumioniakkumoduulit ja Volvon
valmistustoiminnot, GHG-päästöt ovat lähes

**Jos litiumioniakku
otetaan mukaan
materiaalien tuotanto-
ja jalostusvaiheeseen,
hiilijalanjälki on lähes
70 prosenttia
suurempi.**

70 prosenttia suuremmat C40
Recharge -mallille XC40 ICE
-malliin verrattuna. Mutta kun
mukaan lasketaan käyttövaiheen
päästöt, C40 Rechargen koko-
naishiili-jalanjälki on yhä pienempi
XC40 ICE -malliin verrattuna
kaikilla kolmella analysoidulla
sähköntuotantoyhdistelmällä.

Volvon valmistustoiminnot ja
elinkaaren lopun käsittely kasvattavat kokonaishiili-
jalanjälkeä vain hieman. Jos litiumioniakku otetaan
mukaan materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheeseen,
hiilijalanjälki on lähes 70 prosenttia suurempi.



*Volvon valmistus sisältää tehtaot sekä saapuvan ja lähtevän logistiikan.

Kuva 5. C40 Recharge- ja XC40 ICE -mallin hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalentttonneina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyöristetyt arvot).

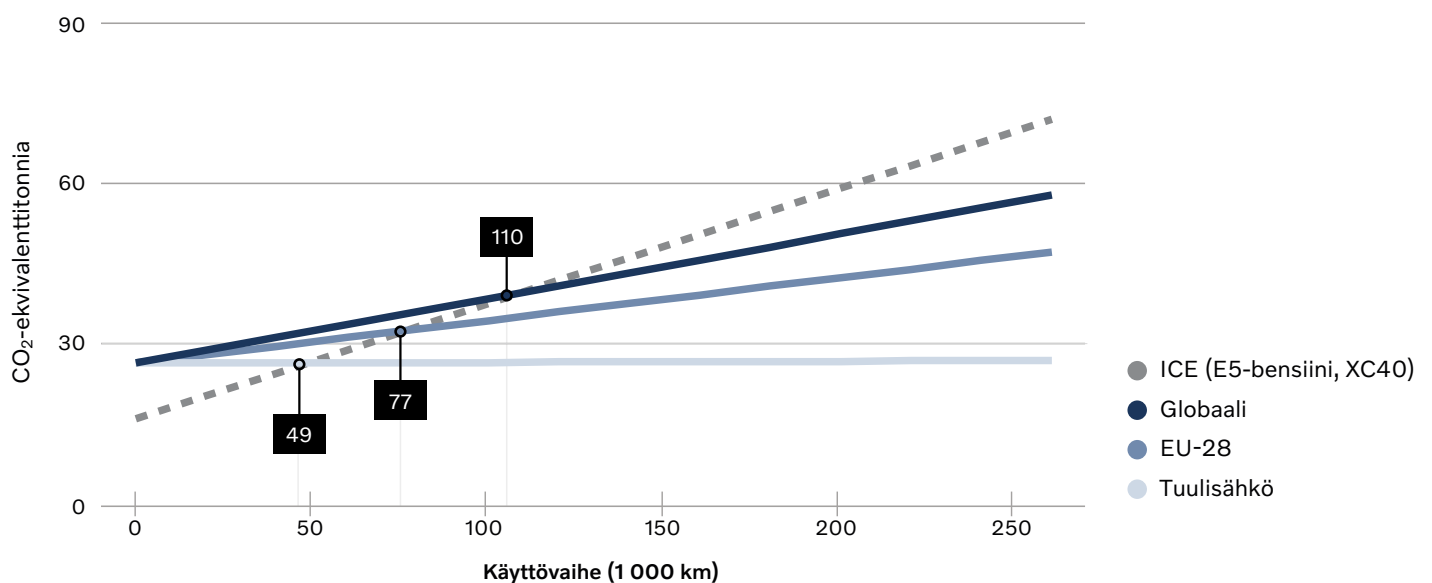
Autotyyppi	Materiaalin tuotanto ja jalostus	Litiumioniakkumoduulit	Volvon valmistus	Käyttövaiheen päästöt	Elinkaaren loppu	Yhteensä
XC40 ICE E5-bensiini	14	-	1.7	43	0.6	59
C40 Recharge Globaali	18	7	1.4	24	0.5	50
C40 Recharge EU-28	18	7	1.4	16	0.5	42
C40 Recharge Tuulisähkö	18	7	1.4	0.4	0.5	27

Taulukko 4. XC40 ICE- ja XC40 Recharge -mallien hiilijalanjälki, eri sähköntuotantoyhdistelmät C40 Rechargelle.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalentttonneina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyöristetyt arvot) ja elinkaaren vaihetta kohti.

Vaikka kokonaispäästöt kaikista vaiheista C40 Rechargen käyttövaihetta lukuun ottamatta ovat suuremmat kuin XC40 ICE -mallilla, C40 Recharge synnyttää elinkaarensa aikana vähemmän päästöjä, koska päästöt ovat pienemmät käyttövaiheessa. Kriittisen pisteen kohta riippuu GHG-päästöjen

erosta auton tuotannossa ja siitä, kuinka hiili-intensiivinen sähköntuotantoyhdistelmä on käyttövaiheessa. Kolmella LCA:n sähköntuotantoyhdistelmällä kriittinen piste on 49 000, 77 000 ja 110 000 kilometrin kohdalla, ja ne kaikki ovat auton oletetun käyttöiän (200 000 km) sisällä.



Kuva 6. Kriittisen pisteen kaavio: GHG-kokonaispäästöt ajettujen kilometrien mukaan XC40 ICE -mallissa (katkoviiva) ja C40 Recharge -mallissa (eri sähköntuotantoyhdistelmät käyttövaiheessa). Kohdassa, jossa linjat risteävät, on kahden auton välinen kriittinen piste. Kaikki elinkaaren vaiheet käyttövaihetta lukuun ottamatta on referoitu ja määritetty aloituspisteeksi kullekin viivalle nollan kilometrin kohdalle.

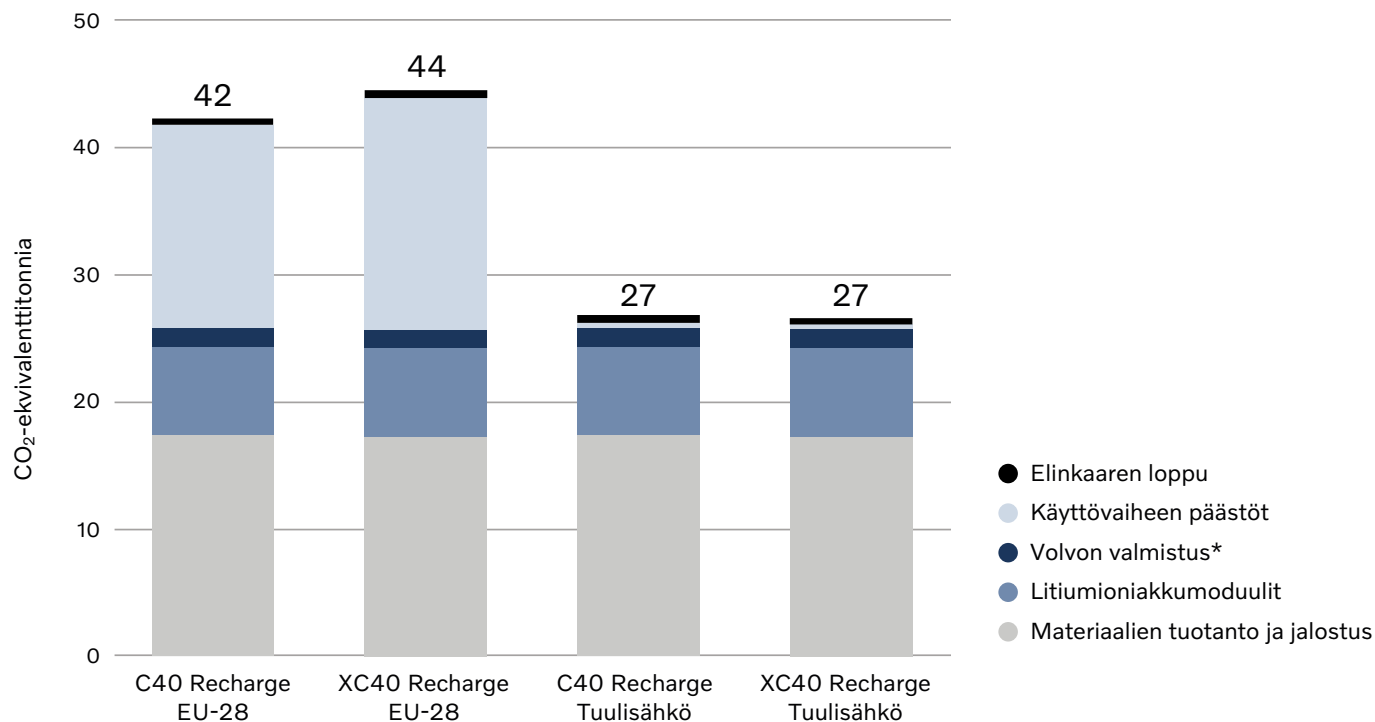
Autotyyppi	Kriittinen piste (km)
C40 Recharge, globaali sähkö / XC40 ICE	110,000
C40 Recharge, EU-28-sähkö / XC40 ICE	77,000
C40 Recharge, tuulisähkö / XC40 ICE	49,000

Taulukko 5. Kilometrimäärä kriittiseen pisteeseen XC40 ICE- ja C40 Recharge -mallilla eri sähköntuotantoyhdistelmillä

4.2 C40 Recharge verrattuna XC40 Rechargeen

C40 Rechargen hiilijalanjälki on hieman pienempi XC40 Recharge -malliin verrattuna, kun auton

lataamiseen käytetään EU-28-sähköä. Tämä johtuu pääasiassa paremmasta aerodynamiikasta. Katso vertailu **kuvasta 7** ja **taulukosta 6**.



* Volvon valmistus sisältää tehtaat sekä saapuvan ja lähtevän logistiikan.

Kuva 7. C40 Recharge- ja XC40 Recharge -mallin hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalenttitoimintoina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyöristetyt arvot).

Autotyyppi (käyttövaihe)	Materiaalien tuotanto ja jalostus	Litiumioniakku-moduuli	Volvon valmistus	Käyttövaiheen päästöt	Elinkaaren loppu	Yht.
C40 Recharge (globaali)	18	7	1.4	24	0.5	50
C40 Recharge (EU-28)	18	7	1.4	16	0.5	42
C40 Recharge Recharge (Tuuli)	18	7	1.4	0.4	0.5	27
XC40 Recharge (globaali)	17	7	1.5	28	0.5	54
XC40 Recharge (EU-28)	17	7	1.5	18	0.5	44
XC40 Recharge (Tuuli)	17	7	1.5	0.4	0.5	27

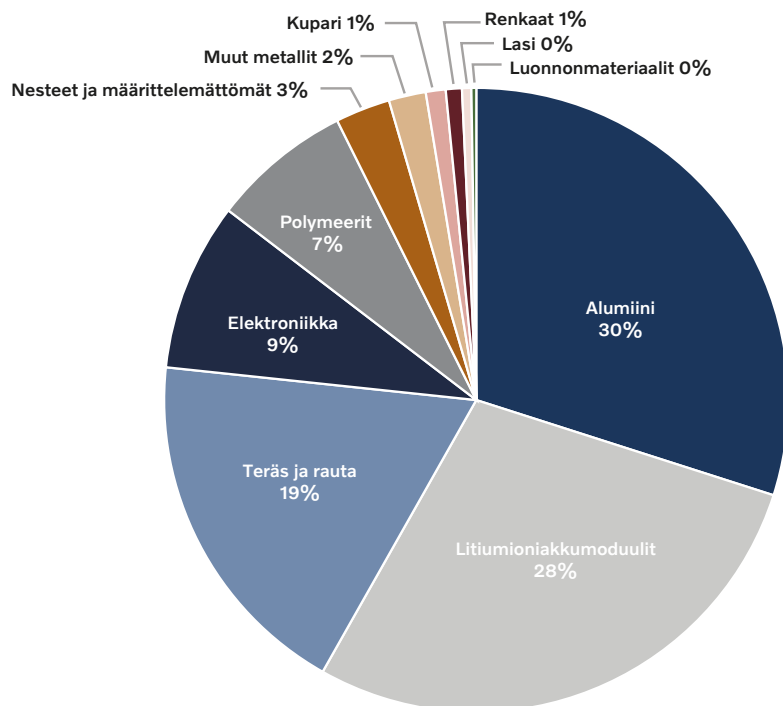
Taulukko 6. C40 Recharge- ja XC40 Recharge -mallin hiilijalanjälki eri sähköntuotantoyhdistelmillä auton lataamisessa.

Tulokset esitetään CO₂-ekvivalenttitoimintoina toiminnallista yksikköä kohti (kokonaismatka 200 000 km, pyöristetyt arvot).

GHG-päästöt materiaali- ja jalostusvaiheessa C40 Recharge -mallille ovat noin 1 prosenttia suuremmat kuin XC40 Recharge -mallille. Tämä johtuu pääasiassa auton suuremmasta alumiinimäärästä XC40 Rechargeen verrattuna ja joistakin “määrittelemättömistä” materiaaleista. Tämä kompensoituu, kun esimerkiksi EU-28- tai globaalia sähköntuotantoyhdistelmää käytetään autolla ajamiseen. Tuulivoimaa käytettäessä kokonaishiilijalanjälki on suurin piirtein sama, 27 CO₂-ekvivalenttitonnia, käyttövaiheen pienestä hiilijalanjäljestä johtuen. GHG-päästöjen taso käyttövaiheessa EU-28-sähköllä on lähes 13 prosenttia matalampi C40 Recharge -mallissa, ja vastaava taso elinkaaren hiilijalanjäljessä on noin 5 prosenttia matalampi.

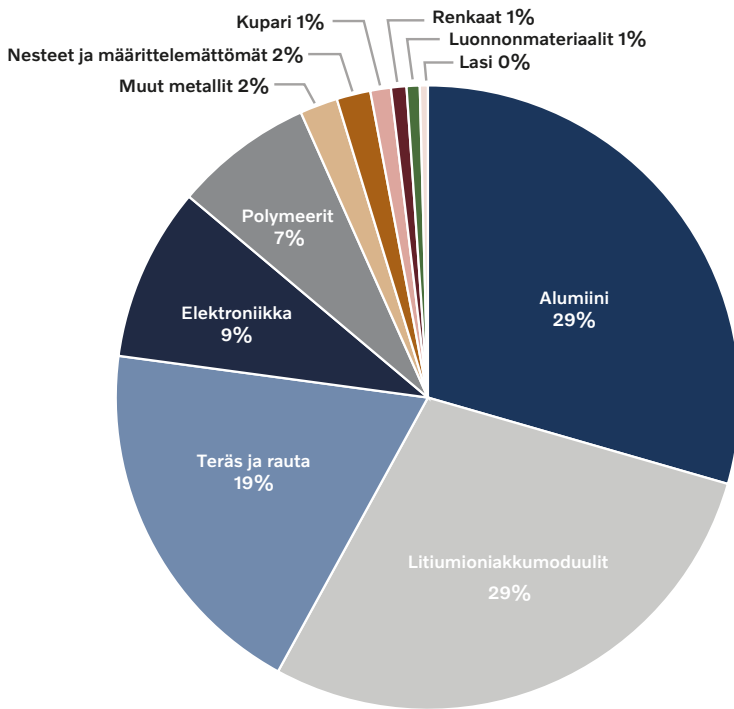
4.3 Materiaalien ja komponenttien tuotanto

Tässä luvussa on lisätietoja siitä, kuinka eri materiaalityypit ja komponentit vaikuttavat GHG-päästöihin materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa (mukaan lukien litiumioniakkujen tuotanto). Katso **kuvista 8–10** eri materiaalityyppien vaikutukset. **Kuvassa 8** on C40 Recharge, **kuvassa 9** XC40 Recharge ja **kuvassa 10** XC40 ICE (E5-bensiini).



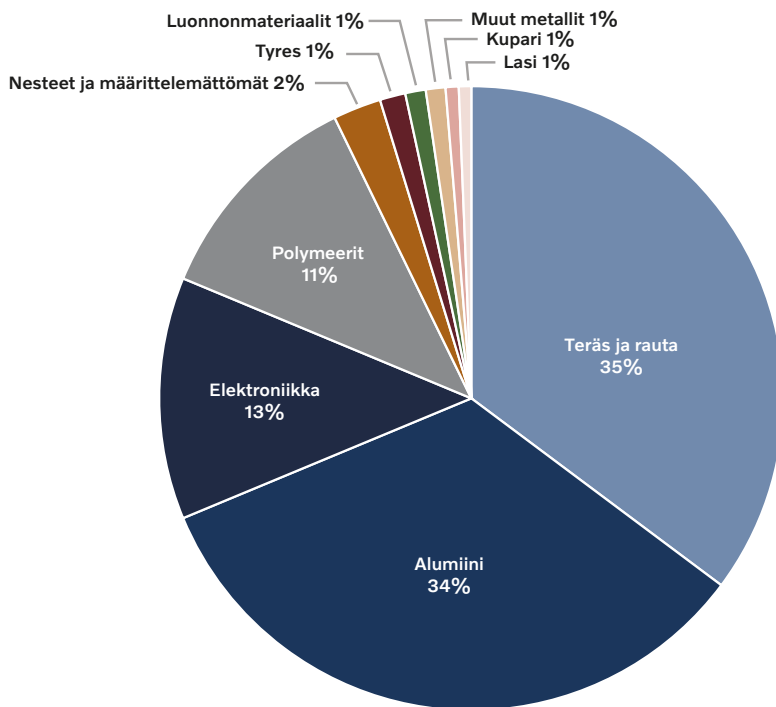
Kuva 8. C40 Recharge.

Vaikutus GHG-päästöihin eri materiaalityyppien ja litiumioniakkumoduulien tuotannosta materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa.



Kuva 9. XC40 Recharge.

Vaikutus GHG-päästöihin eri materiaalityyppien ja litiumioniakkumoduulien tuotannosta materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa.



Kuva 10. XC40 ICE.

Vaikutus GHG-päästöihin eri materiaalityyppien ja litiumioniakkumoduulien tuotannosta materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa.

C40 Recharge -mallissa GHG-päästöt alumiinin ja litiumioniakkujen tuotannosta muodostavat suurimman osuuden, 30 ja 28 prosenttia. Teräs, rauta ja polymeerimateriaalit muodostavat 19, 9 ja 7 prosentin osuuden. Päästöt materiaalien ja komponenttien tuotannosta XC40-mallissa ovat samanlaisia.

XC40 ICE -mallissa suurimmat GHG-päästöihin vaikuttavat tekijät ovat teräs ja rauta (35 prosenttia) sekä alumiini (34 prosenttia).

Lisätietoja siitä, kuinka hiilijalanjälkeä voidaan pienentää ja mihin toimenpiteisiin Volvo on ryhtynyt, on luvussa 5.2 Herkkyyksianalyysi ja luvussa 6 Keskustelua.

5. Herkkyyshanalyysi

Koska suurin osa tämän tutkimuksen tiedoista on konservatiivisia, on kiinnostavaa tutkia todennäköisempien tietojen vaikutusta hiilijalanjäljen tuloksiin. Yksi esimerkki on erittäin todennäköinen tilanne, jossa sähkön hiili-intensiteetti Euroopassa vähenee sähköauton oletetun käyttöiän aikana. Toinen testattu esimerkki on eurooppalaisten materiaali-tuotantotietojen käytön vaikutus globaalien tietojen sijaan. Tämä on erityisen merkityksellistä, kun otetaan huomioon, että ensimmäisiä C40 Recharge -autoja tuotetaan Euroopassa monilla alueellisesti hankituilla osilla ja materiaaleilla.

5.1 Tulevien EU-28-sähköverkkojen tutkiminen käyttövaihetta varten

C40 Rechargen käyttöiän aikana uusiutuvien energialähteiden osuus eurooppalaisessa sähkössä todennäköisesti kasvaa. Tutkimuksessa valittiin kuitenkin konservatiivisempi lähestymistapa käyttämällä nykyistä eurooppalaista EU-28-sähköä auton koko käyttöiän ajaksi. Tämän vuoksi tehtiin testi, kuinka realistisempi uusiutuvan energian kasvava trendi vaikuttaa kokonaishiilijalanjälkeen. Katso **kuvasta 11** GHG-päästöt C40 Rechargen käyttövaiheessa.

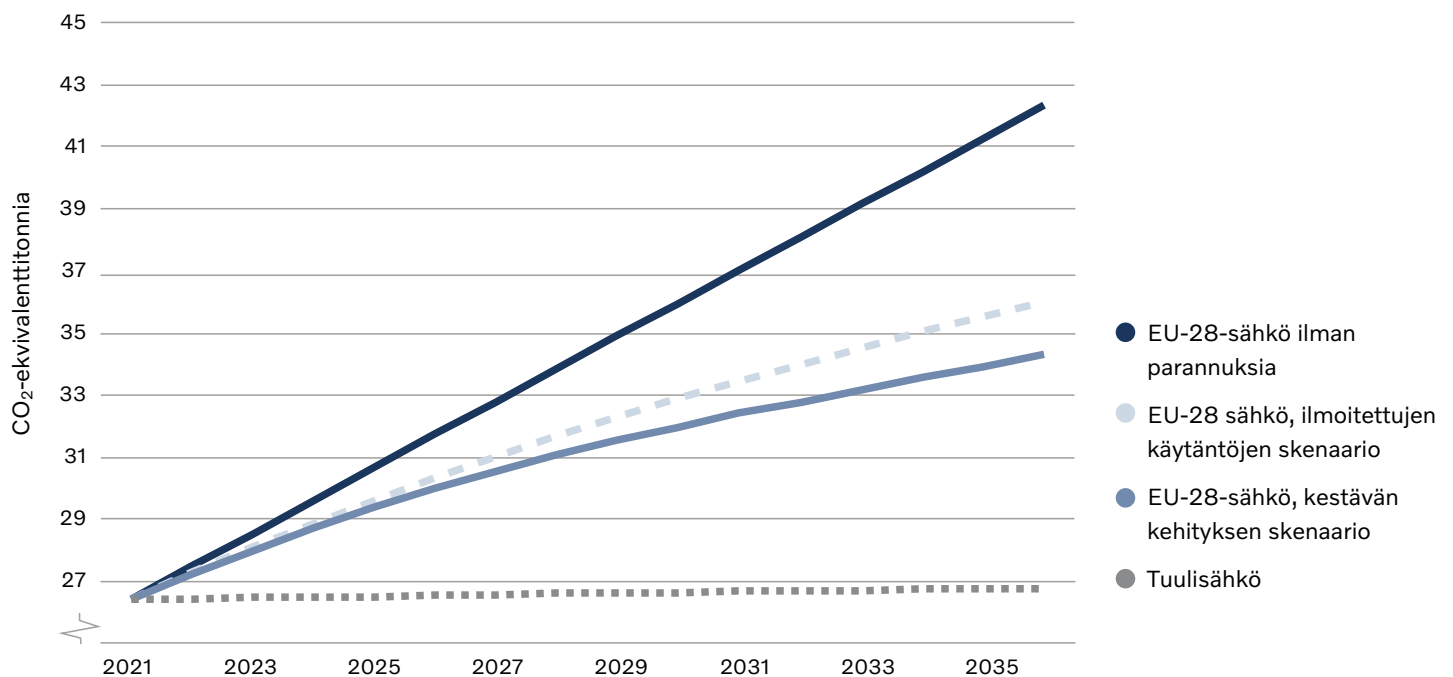
Eri EU-28-skenaariot ovat IEA:lta²¹, ja ne on mallinnettu GaBissa.

Ilmoitettujen käytäntöjen skenaario kuvastaa olemassa

olevien käytäntöjen vaikutusta, ja aikomukset ja *kestävän kehityksen skenaario* kartoittavat reitin kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttamiseksi Pariisiin sopimuksen mukaisesti rajoittamalla lämpötilan nousun “selvästi alle 2 asteeseen”.

Kuvassa näkyy, kuinka uusiutuvien energianlähteiden suurempi käyttö eurooppalaisessa sähkössä vaikuttaa GHG-päästöihin myönteisesti. Siitä käy myös ilmi, että uusia käytäntöjä tarvitaan, jotta Pariisiin sopimuksen ilmastotavoitteet saavutetaan. Tehokkain tapa vähentää GHG-päästöjä on muuttaa hiili-intensiteetiltään vähäisempään sähköön, kuten tuulivoimaan, jonka päästökerroin on vain noin 3 prosenttia nykyisen EU-28-sähkön päästö-kertoimesta (GaBi-tietokannan mukaan).

²¹ World Energy Outlook 2017 – Analyysi – IEA



Kuva 11. GHG-kokonaispäästöt C40 Rechargen arvioidun elinkaaren aikana.

Kaikki vaiheet käyttövaihetta lukuun ottamatta ovat mukana ja kunkin linjan aloituspisteenä vuonna 2021.

5.2 Alueellisten datajoukkojen tutkiminen materiaalien tuotantoa varten (EU verrattuna globaaliin)

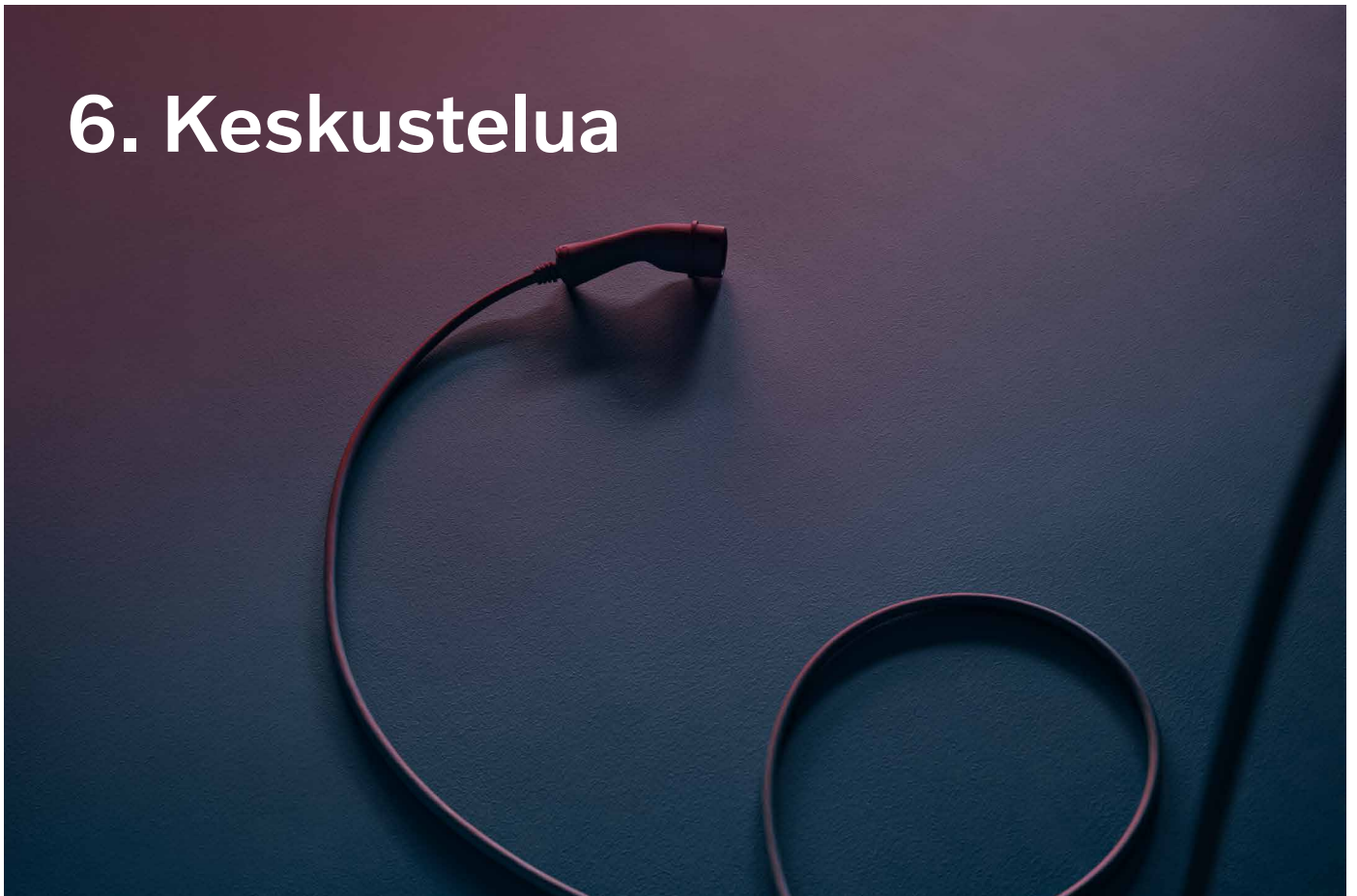
Tässä herkkyysanalyysissä oletetaan, että jotkin C40 Rechargen materiaalit tuotetaan Euroopassa globaalin hankinnan sijaan. Itse asiassa autoa valmistetaan Gentissä, Belgiassa, ja materiaaleja hankitaan osittain alueellisesti. Materiaalien tuotannon päätiedot, jotka muutettiin eurooppalaiseksi keskiarvoksi globaalin sijaan, ovat alumiini, teräs, rauta, polymeerit ja renkaat. Elektroniikka- ja litiumioniakkumoduulitietoja ei muutettu. Eurooppalaisten tietojen päästökertoimet globaaliin verrattuna ovat matalammat näille valituille datajoukoille: noin 50 prosenttia alumiinille, 10 prosenttia teräkselle ja raudalle, 10 prosenttia polymeereille ja 5 prosenttia renkailla. Tämä laskelma antaa noin 17 prosentin vähennyksen GHG-päästöistä materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa sekä litiumioniakkumoduuleissa.

Tulos osoittaa selvästi, että hankinta toimittajilta, joiden tuotteilla ja materiaaleilla on pienempi hiilijalanjälki jo tänään, voi pienentää merkittävästi auton kokonaishiilijalanjälkeä. Tämä potentiaali todennäköisesti kasvaa, kun myös muut yhtiöt poistavat hiiltä arvoketjuistaan. Se osoittaa myös, että tutkimuksen maantieteellisellä laajuudella on suuri vaikutus kokonaistuloksiin ja siihen, miksi elinkaariarviointi voi näyttää liian konservatiivisen tai optimistisen tuloksen tosielämän tilanteeseen verrattuna.

Tulokset osoittavat myös, että vähennyspotentiaali eroaa materiaalien kesken. Primaarialumiinin tuotannon hiilijalanjälki riippuu paljon käytetystä sähköstä, minkä vuoksi yleiset tiedot vaihtelevat alueittain.

Teräksen tuotannon alueelliset erot ovat huomattavasti vähäisemmät kuin alumiinin, ja hiilijalanjäljen pienentäminen vaatii globaalin energiajärjestelmän teknologista muutosta ja hiilen poistamista. Tätä käsitellään laajemmin keskusteluluvussa.

6. Keskustelua



Tämä C40 Recharge-, XC40 Recharge- ja XC40 ICE -mallien hiilijalanjälkiraportti tarjoaa tietoa elinkaaren eri vaiheiden vaikutuksista hiilijalanjälkeen (katso **kuvat 5 ja 7**) sekä päästöjen perimmäisistä syistä. Nämä tiedot auttavat ymmärtämään päästöjä paremmin ja vähentämään niitä. Vertailut näyttävät erot ja yhtäläisyydet sähköauto- ja polttomoottoriautotekniikan välillä sekä sähköistämisen potentiaaliset hyödyt.

6.1 Sähköntuotantoyhdistelmän valinnan tärkeys autoa ladattaessa

Vaihtoehtoisen sähkön testaaminen C40 Rechargen käyttövaiheessa osoittaa, että sähkölähteen valinta autoa ladattaessa on kriittinen osatekijä auton elinkaaren hiilijalanjälkeä määritettäessä.

Tuulivoimalla käytettävän C40 Recharge -auton hiilijalanjälki on puolet XC40 ICE -mallin hiilijalanjäljestä 200 000 kilometrin kokonaismatkalla.

Euroopan markkinoiden skenaariot osoittavat, että sähköntuotannon hiili-intensiteetti voi vähentyä jatkossa. Tämä tarkoittaa, että sähköautojen hiilijalanjälki pienenee jatkuvasti, vaikka aktiivista valintaa uusiutuvan energian käytön suhteen ei tehtäisi. Uusiutuva energia tuottaa kuitenkin huomattavasti suuremman positiivisen vaikutuksen ilmastoon.

6.2 Painopisteen siirtyminen

Kun otetaan huomioon keskimääräinen globaali sähköntuotanto, elinkaaren vaikutus on noin 50:50 materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheen ja käyttövaiheen välillä (*kuva 5*). Tuulipohjaisen sähkön valitseminen auton lataamiseen puolestaan vähentää elinkaaren hiilijalanjälkeä merkittävästi EU-28- tai globaaliin sähkөөn verrattuna, jolloin materiaalien tuotanto- ja jalostusvaihe on hallitseva. Tämä siirtää painopisteen materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheeseen ja korostaa sen GHG-päästöjen vähentämisen tärkeyttä. Volvo pyrkii vähentämään materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheen GHG-päästöjä 25 prosentilla autoa kohti vuosien 2018 ja 2025 välisenä aikana, mikä on kunnianhimoisen aloitus matkalla kohti ilmastoneutraaliutta vuoteen 2040 mennessä.

Volvon strategiana on vähentää hiilijalanjälkeä materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa 25 prosentilla autoa kohti vuosien 2018 ja 2025 välisenä aikana, mikä on kunnianhimoisen alku matkalle kohti ilmastoneutraaliutta vuoteen 2040 mennessä.

6.3 Energialähteet materiaalien tuotantoon ja jalostukseen

Energialähteen valinnalla materiaalien tuotanto- ja jalostusvaiheessa on myös vaikutus kokonaishiilijalanjälkeen. Esimerkiksi jotkin metallin tuotantoprosessit, kuten primaarialumiinin tuotannon sulatusprosessi sekä teräksen tuotannon sähköuuni, kuluttavat paljon sähköä. Sähkölähteen muuttamista ei kuitenkaan ole vielä testattu laskelmissa, sillä monia taustadatajoukkoja ei voi muuttaa.

Sähkön valinnan mahdollisesta vaikutuksesta annetaan viitteitä herkkyysoanalyysissä, jossa testattiin materiaalien tuotannon alueellisia keskiarvotietoja globaalin sijaan myös näiden metallien kanssa.

6.4 Materiaalien tuotannon ja jalostuksen tekninen kehitys

Materiaalien vaikutuksen vähentäminen edellyttää tehokkaampaa tuotantoa, kierrätetyn aineksen

runsaampaa käyttöä ja enemmän uusiutuvaa energiaa tuotannossa. Tämän vuoksi Volvo tutkii parhaillaan mahdollisuutta käyttää tuotteissaan fossiilivapaata terästä, jolla on erittäin vähäiset GHG-päästöt, sekä lisätä kierrätetyn materiaalin osuutta.

Eri muovien polymeerien tuotannon GHG-päästöt ovat myös tällä hetkellä merkittäviä. Näitä päästöjä voidaan vähentää lisäämällä kierrätettyjen muovien ja

biomuovien osuutta, mikä puolestaan vähentäisi myös fossiilisten kasviuonekaasujen päästöjä käytön jälkeisessä poltossa. Volvon tavoitteena on käyttää tuotteissaan vähintään 25 prosenttia kierrätettyjä tai biopohjaisia muoveja vuoteen 2025 mennessä²².

6.5 Akkujen kehitys

Sähköautojen voimansiirtotekniikka on yhä nuorta verrattuna polttomoottorivoimansiirtoon, mikä tarkoittaa suhteellisen runsasta potentiaalia parannuksiin. Viimeaikaisten tutkimusten mukaan akkutuotannon hiilijalanjälki on pienentynyt viime vuosina, ja tämän trendin uskotaan jatkuvan.

²² Volvo asettaa kierrätetyille muoville 25 prosentin tavoitteen vuodesta 2025 | Reuters

6.6 Metodologisten valintojen vaikutukset

Kohdistamismenetelmän valinta aiheuttaa sen, että kaikki hylkytavarain muodostumisesta aiheutuvat GHG-päästöt kohdistetaan autoihin. Tämä puolestaan saa aikaan suhteellisen suuren hiilijalanjäljen Volvon valmistamille autoille verrattuna joihinkin muihin tutkimuksiin, joissa hylkymateriaaliksi päätyvän materiaalin tuotanto on jätetty pois²³. Lisäksi käytetyt metallin tuotannon datajoukot ovat keskiarvotietoja, ja lisätutkimusta tarvitaan, jotta voidaan arvioida, missä määrin nämä tiedot poikkeavat Volvon toimitusverkostosta. Herkkyyksianalyysi osoittaa, että jos jonkin materiaalin tuotannon, kuten alumiinin, tiedot ovat eurooppalaisia eivätkä globaaleja, saavutetaan huomattavasti pienempi hiilijalanjälki. Tämä osoittaa, kuinka tärkeää on hankkia materiaaleja, joilla on pieni hiilijalanjälki.

On tärkeää muistaa, että tämä tutkimus on konservatiivinen. Tämän vuoksi kaikki alumiini on primaarialumiinia ja tuotettu bauksiittimalmista, vaikka on todennäköistä, että suuri osa valualumiinin tuotannosta perustuu kierrätetylle metallille²⁴. Primaarialumiinin tuotanto on paljon energiaintensiivisempää kuin kierrätetyn alumiinin²⁵, joten todelliset GHG-päästöt alumiinin tuotannosta ovat todennäköisesti vähäisemmät.

6.7 Parempaa läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä

Arvoketjujen läpinäkyvyyttä ja jäljitettävyyttä on parannettava, ja tämä on erityisesti haaste monimutkaisille tuotteille, kuten autoille, elektroniikalle ja litiumioniakuille.

Esimerkiksi elektroniikan tuotannon tiedoissa on paljon epävarmuutta johtuen tuotannon monimutkaisuudesta eri raaka-aineilla ja alihankkijoilla. Elektroniikkaosien LCI-tiedot ovat puutteellisia, ja tähän ongelmaan on kiinnittänyt huomiota esimerkiksi Argonne National Laboratory²⁶.

Ehdotettu uusi litiumioniakkusäädös määrittää vaatimuksen ”akkupasseille”, jotka edesauttavat jäljitettävyyttä toimitusketjussa. Lisäksi pyritään tarkempaan LCI-tietoihin todellisilta tuotantolaitoksilta, mikä siirtää painopisteen pois teollisuuden keskiarvotiedoista. Menetelmien ja tietojen harmonisointi on erittäin monimutkaista, joten nämä parannukset ovat ehdoton edellytys, jotta voidaan varmistaa tarkempi hiilijalanjäljen raportointi tulevaisuudessa. Sitä tarvitaan luottamuksen rakentamiseksi yhteiskuntien taisteluun ilmastonmuutosta vastaan. Useita askeleita tähän suuntaan on jo otettu, ja digitalisointi on niissä avainasemassa (esimerkiksi Euroopan komissio ja niin kutsuttu ”Green Deal²⁷”).



²³ Esimerkiksi GREET-laskentamalli, <https://greet.es.anl.gov/>

²⁴ Material Economics, 2020. Preserving value in EU industrial materials – A value perspective on the use of steel, plastics and aluminium. <https://materialeconomics.com/latest-updates/preserving-value-in-eu-industrial-materials>

²⁵ <https://www.iea.org/reports/aluminium>

²⁶ Dai, Q., Kelly, J.C., Gaines, L. & Wang, M., 2019. Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications.

Batteries 2019, 5 (48) Batteries | Free Full-Text | Life Cycle Analysis of Lithium-Ion Batteries for Automotive Applications (mdpi.com)

²⁷ A European Green Deal | European Commission (europa.eu)

7. Loppupäätelmät

C40 Rechargen kokonaishiilijalanjälki on noin 5 prosenttia pienempi kuin XC40 Rechargen, kun autoa ladataan EU-28-sähköllä. Kokonaishiilijalanjälki on myös pienempi kuin XC40 ICE -mallissa (E5-bensiini) kaikilla analysoiduilla sähköntuotantoyhdistelmillä käyttövaiheessa

C40 Rechargen kokonaishiilijalanjälki on noin 5 prosenttia pienempi kuin XC40 Rechargen, kun autoa ladataan EU-28-sähköllä. Kokonaishiilijalanjälki on myös pienempi kuin XC40 ICE -mallissa (E5-bensiini) kaikilla analysoiduilla sähköntuotantoyhdistelmillä käyttövaiheessa.

EU-28-sähköllä ladatun C40 Rechargen ja XC40 Rechargen sekä E5-bensiinillä toimivan XC40 ICE -mallin hiilijalanjäljet ovat 42, 44 ja 59 CO₂-ekvivalentttonnia 200 000 kilometrin ajomatalla. Recharge-mallien pienempi hiilijalanjälki XC40 ICE -malliin verrattuna johtuu vähäisemmistä kasvihuonekaasupäästöistä käyttövaiheessa. C40 Rechargen hiilijalanjälki on 5 prosenttia pienempi kuin XC40:n samalla ajomatalla ja ladattaessa EU-28-sähköllä (42 tonnia verrattuna 44 tonniin). C40 Rechargen pienempi hiilijalanjälki XC40 Rechargeen verrattuna johtuu auton korin paremmista aerodynaamisista ominaisuuksista. Eri sähköntuotantoyhdistelmiä verrattaessa C40 Rechargen hiilijalanjälki globaalilla, EU-28-sähköllä ja tuulivoimalla on 50, 42 ja 27 CO₂-ekvivalentttonnia.

C40 Rechargen ja yleensä sähköautojen hiilijalan-

jälki voi olla pian entistä pienempi akkuteknologian ja globaalien energijärjestelmien parannusten sekä materiaalien ja osien tuotannon pienemmän hiilijalanjäljen ansiosta.

Kriittisen pisteen analyysissä tutkitaan, minkä ajomatkan jälkeen C40 Rechargen hiilijalanjäljestä tulee pienempi kuin XC40 ICE -mallin (E5-bensiini). Se osoittaa, että testattujen sähköntuotantoyhdistelmien kaikki kriittiset pisteet syntyvät 200 000 kilometrin kokonaisajomatkan sisällä. Kriittisen pisteen jälkeen C40 Rechargen hiilijalanjälki paranee lineaarisesti XC40 ICE -malliin verrattuna. Mitä pidempi käyttöikä, sitä parempi C40 Rechargen suhteellinen hiilijalanjälki. On syytä huomata, että sähköautoa, jota myydään markkinnalla, jolla on hiili-intensiivistä sähköntuotantoa, voi tosiaan ladata uusiutuvasta energiasta lähtöisin olevalla sähköllä, mikä pienentäisi hiilijalanjälkeä merkittävästi.

Lisäksi tuloksissa oletetaan vakiohiili-intensiteetti vaihtoehtoisessa sähköntuotantoyhdistelmässä auton elinkaaren ajan, mikä todennäköisesti yliarvioi kokonaishiilijalanjäljen ainakin Euroopassa, kuten EU-28-sähkön herkkyysanalyysistä voidaan nähdä.

Liite 1 – Luettelo Volvon materiaalikirjaston materiaaluokista

Materiaalin nimi	Materiaaliryhmä
ABS (täytetty)	Polymeerit
ABS (täyttämätön)	Polymeerit
AdBlue	Nesteet
Alumiini (matcat)	Alumiini
Anodi*	
Aramidi	Polymeerit
ASA (täytetty)	Polymeerit
ASA (täyttämätön)	Polymeerit
Jarruneste	Nesteet
Valurauta (matcat)	Teräs ja rauta
Katalyyttipinnoite	Lasi
Katodi*	
Kupari	Kupari
Kupariseokset	Kupari
Puuvilla	Luonnonmateriaalit
Vaimennin	Polymeerit
Diesel	Nesteet
E/P (täytetty)	Polymeerit
E/P (täyttämätön)	Polymeerit
Elastomeeri	Polymeerit
Elektroniikka	Elektroniikka
EPDM	Polymeerit
EVAC (täytetty)	Polymeerit
EVAC (täyttämätön)	Polymeerit
Ferriittimagneetti	Muut metallit
Float-lasi	Lasi
Kitka	Luonnonmateriaalit
GF-kuitu	Lasi
Glykoli	Nesteet
Lyijy, akku	Muut metallit
Nahka	Luonnonmateriaalit

Materiaalin nimi	Materiaaliryhmä
Voiteluaineet (matcat)	Nesteet
Magnesium	Muut metallit
NdFeB	Muut metallit
NR	Polymeerit
PA (täytetty)	Polymeerit
PA (täyttämätön)	Polymeerit
PBT (täytetty)	Polymeerit
PBT (täyttämätön)	Polymeerit
PC (täytetty)	Polymeerit
PC (täyttämätön)	Polymeerit
PC + ABS (täytetty)	Polymeerit
PC + ABS (täyttämätön)	Polymeerit
PE (täytetty)	Polymeerit
PE (täyttämätön)	Polymeerit
PET (täytetty)	Polymeerit
PET (täyttämätön)	Polymeerit
Petroli	Nesteet
PMMA (täytetty)	Polymeerit
PMMA (täyttämätön)	Polymeerit
Polyesteri	Polymeerit
Polyuretaani (matcat)	Polymeerit
POM (täytetty)	Polymeerit
POM (täyttämätön)	Polymeerit
PP (täytetty)	Polymeerit
PP (täyttämätön)	Polymeerit
PVB (täytetty)	Polymeerit
PVB (täyttämätön)	Polymeerit
PVC (täytetty)	Polymeerit
PVC (täyttämätön)	Polymeerit
R-1234yf	Nesteet
R-134a	Nesteet

Materiaalin nimi	Materiaaliryhmä
SBR	Polymeerit
Erotin, litiumakku*	Nesteet ja määrittelemättömät
Silikonikumi	Polymeerit
Teräs, sintrattu	Teräs ja rautajälki
Teräs, ruostumaton, austeniittinen	Teräs ja rautajälki
Teräs, ruostumaton, ferriitti	Teräs ja rauta
Teräs, seostamaton	Teräs ja rauta
Rikkihappo	Nesteet
Kestomuovielastomeerit (matcat)	Polymeerit
Kestomuovit (matcat)	Polymeerit
Rengas	Polymeerit
Määrittelemätön	Nesteet
Pesuneste	Nesteet
Puu (paperi, selluloosa...)	Luonnonmateriaalit
Sinkki	Muut metallit

* Ei käytetty tämän raportin hiilijalanjäljen ilmoittamisessa, koska litiumioniakkumoduulit on mallinnettu erikseen.

Liite 2 – Yhteenvedo komponenttien valmistuksen datavalinnoista ja oletuksista

Materiaali	Oletus komponentin valmistuksesta	Kommentti	Materiaalin käyttöaste lisäkomponentin valmistuksessa
Valurauta	Ei ylimääräisiä prosesseja	Valittu datajoukko sisältää jo autossa	
Nesteet	Ei ylimääräisiä prosesseja	Oletus, että nesteet eivät tarvitse jatkojalostusta raaka-aineen (itse nesteen) tuotannon jälkeen	
Renkaat	Ei ylimääräisiä prosesseja	Oletus, että vulkanisoinnin jälkeisissä prosesseissa on vain vähäiset GHG-päästöt	
Kupari (lanka)	Ei ylimääräisiä prosesseja	Oletus, että valmistuksen jälkeinen prosessointi kuparilangaksi tuottaa hyvin vähän päästöjä ja jätettä	
NdFeB-magneetit	Ei ylimääräisiä prosesseja	Valittu datajoukko sisältää jo sähkömoottoreissa käytettävän valmiin magneetin tuotannon	
Elektroniikka (PCB:t)	Ei ylimääräisiä prosesseja	Valittu datajoukko sisältää jo valmiin piirilevyn tuotannon	
Valualumiini	Valuprosessi		95%
Takoalumiini	Rullaus + alumiinilevyn syväveto	Oletetaan esittävän erityyppisiä takoprosesseja	63%
Teräs (osissa, alihankkijat)	Teräslevyn syväveto	Teräksessä oletetaan noudatettavan konservatiivista tapaa	63%
Teräs (stanssattu Volvolla)	Tehtaan hylkytavara	Volvon tehtaalla stanssauksessa muodostuva teräshylkytavara, teräs työnkulun ”autorakenteissa”	Luottamuksellinen
Ruostumaton teräs	Teräslevyn syväveto	Teräksessä oletetaan noudatettavan konservatiivista tapaa	63%
Polymeerit	Ruiskupuristus	Oletetaan esittävän erityyppisiä prosesseja	98%
Muut materiaalit	Raaka-aineen paino x2	Päästöt raaka-aineen tuotannosta on kerrottu kahdella, millä kompensoidaan jatkojalostusta ja -käsittelyä	50%

Liite 3 – Elinkaaren loppua koskevia oletuksia ja menetelmiä

A3.1 Kuljetus

Kierrätykseen lähetettävien materiaalien kuljetus sisältyy, ja sen oletetaan olevan 1 500 km kuorma-autolla.

A3.2 Purkamisen

Purkamisvaihe on maailmanlaajuisesti yhä enimmäkseen manuaalinen prosessi, minkä vuoksi tämän vaiheen energiankulutusta ei huomioitu. Koska purettujen osien paino on pieni, näiden komponenttien mahdollinen lisäkuljetus jätettiin huomiotta.

A3.3 Esikäsittely

Esikäsittely sisällytettiin seuraaville puretuille komponenteille:

- Lyijyhappoakku
- Katalysaattori (vain ICE-autot)
- Renkaat
- Litiumioniakut (vain sähköautot)

Lyijyhappoakkujen, katalysaattorin ja renkaiden esikäsittelyvaiheessa käytettiin ecoinvent-datajoukkoja. Litiumioniakun kuljetukseksi oletettiin 1 500 km kuorma-autolla kierrätyskeskukseen. Jäljellä oleville puretuille osille ei tehty inventaariota, sillä niiden purkamisen on pääasiassa varotoimenpide, ja niitä käsitellään tämän jälkeen samalla tavalla kuin muuta autoa. Poltettavat nesteet ja öljyt eivät läpikäy esikäsittelyä.

A3.4 Paloittelu

Paloitteluprosessissa auto pilkotaan pienempiin osiin. Tämä prosessi käyttää sähköä. Jotta voitiin arvioida tarvittava energiamäärä, käytettiin henkilöauton ja paloittelun ecoinvent 3.7.1 -datajoukon yksikköä energiankulutus/kg. Tässä prosessissa käytetty sähkö mallinnettiin globaaliksi keskiarvoiseksi sähköverkko-

yhdistelmäksi luvussa 3.1.6 kuvatun mukaisesti. Metallipäästöt veteen ja ilmaan jätettiin huomiotta ilmastomuutokseen keskittyvän laajuuden perusteella.

Koko auto erityiseen esikäsittelyyn lähetettyjä osia lukuun ottamatta kulkee paloitteluprosessin läpi. Lisäkuljetusta ei ole huomioitu, koska paloittelu tapahtuu samassa paikassa kuin purkamisen.

A3.5 Materiaalin kierrätys

Tämä on paloittelusta jäävien metallien sekä esikäsiteltyjen komponenttien materiaalien päätepiste. Elinkaaren loppuvaiheen mallinnuksen rajausmenetelmästä riippuen tämä vaihe on elinkaaren rajojen ulkopuolella eikä sitä tarvitse sisällyttää inventaarioon, lukuun ottamatta kuljetusta materiaalin kierrätykseen.

A3.6 Loppusijoitus – polttaminen ja kaatopaikka

Puretut nesteet ja öljyt sekä poltettavat paloitellut osat poltetaan ilman energian talteenottoa. Energian talteenoton poisjättäminen liittyy LCA:n globaaliin laajuuteen. Jäteöljyjen polttamisen mallinnuksessa käytettiin jäteöljyn käsittelyn ecoinvent-datajoukkoa.

Paloittelumateriaalin palamisesta syntyvien päästöjen mallinnuksessa käytettiin sekamuovien polttamisen datajoukkoa tähän vaiheeseen kulkevan virtauksen pääsisällön perusteella. Painon pääosa on peräisin auton muoveista. Valittu datajoukko oli sekamuovin EU-28-polton GaBi Professional -datajoukko.

Palamattomat materiaalit, kuten keramiikka ja lasi, ovat pieni osa autoa, mutta ne muodostavat osuuden paloitelluista osista, joita ei voi polttaa. Tämä virtaus joko sijoitetaan kaatopaikalle tai kierrätetään täytemateriaaliksi. Molemmat tapaukset on mallinnettu lasin/inertiaineen kaatopaikkasijoituksen datajoukolla GaBi Professionalista.

Paloittelussa erotettujen kierrätettävien materiaalien kuljetukseksi arvioidaan 1 500 km kuorma-autolla.

A3.7 Tietojenkeruu

Tämä osio tarjoaa yleiskatsauksen kuhunkin elinkaaren vaiheeseen liittyvistä tiedonkeruutoiminnoista.

Täydellinen luettelo datajoukosta on *liitteessä 4 – Valitut datajoukot*.

Rajausmenetelmän mukaan **taulukossa 7** esitetyt prosessit sisältyvät tiedonkeruuseen.

Purkamisvaihe	Esikäsittelyvaihe	Loppusijoitus
Akut	Erillinen käsittely. Lyijyn talteenotto lyijyhaposta ja litiumioniakun purkaminen	Materiaaliluokan mukaan*
Polttoaine		Polttaminen
Renkaat	Esikäsittely renkaiden kierrätystä varten	Ei mitään (kierrätykseen)
Nesteet (jäähdytys-nesteet, jarruneste jne.)		Polttaminen
Öljyt (moottori, vaihteisto jne.)		Polttaminen
Öljynsuodattimet		Polttaminen
Katalysaattori	Esikäsittely jalometallien poimimiseksi	Ei mitään (kierrätykseen)
Turvatyynyt ja turvavöiden esikirstimet	Räjähteiden purku, paloittelu	Ei mitään (kierrätykseen)
Muu auto	Paloittelu	Materiaaliluokan mukaan*

* Metallit kierrätykseen, palava materiaali polttoon (pääasiassa muovit) ja jäännös kaatopaikalle

Taulukko 7. Prosessit elinkaaren loppuvaiheen tietojenkeruussa

Liite 4 – Valitut datajoukot

Viimeisin ecoinvent-tietokanta on 3.7.1, jota käytetään tässä tutkimuksessa, Kaikki muut lähteet ovat GaBi Professionalista ja laajennustietokannoista.

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
ABS					
ABS (täytetty)					
ABS (täytetty)	GLO	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ABS (täytetty)	RER	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ABS (täyttämätön)					
ABS (täyttämätön)	GLO	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ABS (täyttämätön)	RER	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
AdBlue					
AdBlue	EU-28	Urea (46% N)	agg	Fertilizers Europe	20.4.2020
AdBlue	EU-28	Hanavesi pintavedestä	agg	ts	20.4.2020
Alumiini					
Alumiini	GLO	Alumiiniharkko IAI 2015	agg	IAI/Sphera	1.2.2021
Alumiini	EU-28+EFTA	Primaarialumiiniharkko (2015)	agg	European Aluminium	1.2.2021
Aramidi					
Aramidi	DE	Aramidikuitu (para-aramidi)	agg	ts	28.12.2020
ASA (täytetty)					
ASA (täytetty)	GLO	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ASA (täytetty)	RER	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ASA (täyttämätön)					
ASA (täyttämätön)	GLO	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
ASA (täyttämätön)	RER	Akrylinitriili-butadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Jarruneste					

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
Jarruneste	GLO	Dietyleeniglykoli	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Valurauta					
Valurauta	DE	Valurautaosa (auto) – avoimet energiatulot	p-agg	Sphera	1.2.2021
Katalyyttipinnoite					
Katalyyttipinnoite	ZA	Platinaryhmämetallirikaste	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kupari					
Kupari	EU-28	Kuparilanka (Eurooppa 2015)	agg	DKI/ECI	1.2.2021
Kupariseokset					
Kupariseokset	GLO	Kupari (99,999 % elektrolyysista)	agg	Sphera	1.2.2021
Kupariseokset	GLO	Sinkki	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kupariseokset	GLO	Tina	agg	Sphera	1.2.2021
Puuvilla					
Puuvilla	GLO	Tekstiili, kudottu puuvilla	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Vaimennin					
Vaimennin	RER	Polymetyylimetakrylaattilevy (PMMA)	agg	PlasticsEurope	1.2.2021
Diesel					
Diesel	EU-28	Dieselseos huoltoasemalla	agg	Sphera	1.2.2021
E/P (täytetty)					
E/P (täytetty)	RoW	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
E/P (täytetty)	RER	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
E/P (täyttämätön)					
E/P (täyttämätön)	RoW	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
E/P (täyttämätön)	RER	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri					
Elastomeeri	RoW	Kalsiumkarbonaatti, saostettu	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	RER	Kalsiumkarbonaatti, saostettu	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	RoW	Kalkki	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	RER	Kalkki	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	GLO	Nokimusta	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
Elastomeeri	GLO	Polyeteenitereftalaatti, granulaatti, amorfinen	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	GLO	Sinkkioksidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	RER	Sinkkioksidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	GLO	Synteettinen kumi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elastomeeri	RER	Synteettinen kumi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Elektroniikka					
Elektroniikka	GLO	Johdotuslevy, pinta-asennus, määrittämätön, sis. lyijyä	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
EPDM					
EPDM	DE	Etyleenipropeenidieeni-elastomeeri (EPDM)	agg	Sphera	1.2.2021
EVAC (täytetty)					
EVAC (täytetty)	RoW	Etyleenivinyylisetaattisekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
EVAC (täytetty)	RER	Etyleenivinyylisetaattisekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
EVAC (täyttämätön)					
EVAC (täyttämätön)	RoW	Etyleenivinyylisetaattisekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Ferriittimagneetti					
Ferriittimagneetti	GLO	Ferriitti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Float-lasi					
Float-lasi	EU-28	Float-tasolasi	agg	Sphera	1.2.2021
Kitka					
Kitka	DE	Valurautaosa (auto), avoimet energiatulot	p-agg	Sphera	1.2.2021
Kitka	GLO	Zirkoniumoksidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Grafiitti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Bariumsulfidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Baryytti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Alumiinihydroksidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Magnesiumoksidi	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	GLO	Laajennettu vermikuliitti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kitka	EU-28	Hehkutettu petrolikoksi	agg	Sphera	1.2.2021
GF-kuitu					

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
GF-kuitu	GLO	Lasikuitu	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
GF-kuitu	RER	Lasikuitu	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Glykoli					
Glykoli	EU-28	Etyleeniglykoli	agg	PlasticsEurope	1.2.2021
Lyijy, akku					
Lyijy, akku	DE	Lyijy (99,995 %)	agg	Sphera	1.2.2021
Nahka					
Nahka	DE	Naudan nahka, tuore, teurastamolta	agg	Sphera	1.2.2021
Voiteluaineet					
Voiteluaineet	EU-28	Voiteluaineet jalostamalla	agg	Sphera	1.2.2021
Magnesium, yleinen					
Magnesium, yleinen	CN	Magnesium	agg	Sphera	1.2.2021
NdFeB-magneetti					
NdFeB-magneetti	GLO	Kestomagneetti, sähköauton moottori	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
NR					
NR	DE	Luonnonkumi (NR)	agg	Sphera	1.2.2021
PA (täytetty)					
PA (täytetty)	RoW	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PA (täytetty)	RER	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PA (täyttämätön)					
PA (täyttämätön)	RoW	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PA (täyttämätön)	RER	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PBT (täytetty)					
PBT (täytetty)	DE	Polybutyleenitereftalaatti-granulaatti (PBT)	agg	Sphera	1.2.2021
PBT (täyttämätön)					
PBT (täyttämätön)	DE	Polybutyleenitereftalaatti-granulaatti (PBT)	agg	Sphera	1.2.2021
PC (täytetty)					
PC (täytetty)	GLO	Polykarbonaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PC (täyttämätön)					
PC (täyttämätön)	GLO	Polykarbonaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PC+ABS (täytetty)					
PC+ABS (täytetty)	GLO	Polykarbonaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
PC+ABS (täytetty)	GLO	Akryliniiriibutadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PC+ABS (täyttämätön)					
PC+ABS (täyttämätön)	GLO	Polykarbonaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PC+ABS (täyttämätön)	GLO	Akryliniiriibutadieeni-styreeni-sekapolymeeri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PE (täytetty)					
PE (täytetty)	RoW	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PE (täytetty)	RER	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PE (täyttämätön)					
PE (täyttämätön)	RoW	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PE (täyttämätön)	RER	Polyeteenituotanto matala tiheys, granulaatti	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PET (täytetty)					
PET (täytetty)	GLO	Polyeteenitereftalaatti, granulaatti, amorfinen	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
PET (täyttämätön)					
PET (täyttämätön)	GLO	Polyeteenitereftalaatti, granulaatti, amorfinen	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Petroli					
Petroli	EU-28	Bensiiniseos (tavallinen) jalostamalla	agg	Sphera	1.2.2021
PMMA (täytetty)					
PMMA (täytetty)	RER	Polymetyylimetakrylaatti levy (PMMA)	agg	PlasticsEurope	1.2.2021
PMMA (täyttämätön)					
PMMA (täyttämätön)	RER	Polymetyylimetakrylaatti levy (PMMA)	agg	PlasticsEurope	1.2.2021
Polyesteri					
Polyesteri	GLO	Kuitu, polyesteri	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Polyuretaani (matcat)					
Polyuretaani (matcat)	RoW	Polyuretaani, jäykkä vaahto	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Polyuretaani (matcat)	RER	Polyuretaani, jäykkä vaahto	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
POM (täytetty)					
POM (täytetty)	EU-28	Polyoksimeteeni (POM)	agg	PlasticsEurope	1.2.2021

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
POM (täyttämätön)					
POM (täyttämätön)	I y	Polyoksimeteeni (POM)	”dd	Ööäö4äl Ü ÖJ	1.2.2021
PP (täytetty)					
PP (täytetty)	c > °	Polypropeeni, granulaatti	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
PP (täyttämätön)					
PP (täyttämätön)	c > °	Polypropeeni, granulaatti	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
PVB (täytetty)					
PVB (täytetty)	? I	Polyvinyylibutyaaligranulaatin (PVB) sivutuote etyyliasettaatti	”dd	ä ÖpJÛ	1.2.2021
PVB (täyttämätön)					
PVB (täyttämätön)	? I	Polyvinyylibutyaaligranulaatin (PVB) sivutuote etyyliasettaatti	”dd	ä ÖpJÛ	1.2.2021
PVC (täytetty)					
PVC (täytetty)	Ú»	Polyvinyylikloridituotanto, jousituksen polymerisaatio	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
PVC (täytetty)	ÚI Ú	Polyvinyylikloridituotanto, jousituksen polymerisaatio	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
PVC (täyttämätön)					
PVC (täyttämätön)	Ú»	Polyvinyylikloridituotanto, jousituksen polymerisaatio	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
PVC (täyttämätön)	ÚI Ú	Polyvinyylikloridituotanto, jousituksen polymerisaatio	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
Ú ^					
Ú ^	? I	R-1234yf-tuotanto, (arvio)	”dd	öä	30.11.2020
Ú ”					
Ú ”	c > °	Kylmäaine R134a	”dd	J4»v J” ö	1.3.2021
ä / Ú					
ä / Ú	? I	Styreenibutadieenikumi (S-SBR)	”dd	ä ÖpJÛ	1.2.2021
Silikonikumi					
Silikonikumi	? I	Silikonikumi (RTV-2, kondensaatio)	”dd	ä ÖpJÛ	1.2.2021
Teräs, sintrattu					
Teräs, sintrattu	c > °	Kuumasinkitty teräs	”dd	» ÜeäöJœ	1.2.2021
Teräs, sintrattu	I y	Kuumasinkitty teräs	”dd	» ÜeäöJœ	1.2.2021
Teräs, ruostumaton, austeniittinen					

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
Teräs, ruostumaton, austeniittinen	EU-28	Ruostumaton teräs kylmävalssattu rulla (304)	p-agg	Eurofer	1.2.2021
Teräs, ruostumaton, ferriitti					
Teräs, ruostumaton, ferriitti	EU-28	Ruostumaton teräs kylmävalssattu rulla (430)	p-agg	Eurofer	1.2.2021
Teräs, seostamaton					
Teräs, seostamaton	GLO	Kuumasinkitty teräs	agg	worldsteel	1.2.2021
Teräs, seostamaton	EU	Kuumasinkitty teräs	agg	worldsteel	1.2.2021
Rikkihappo					
Rikkihappo	EU-28	Rikkihappo (96 %)	agg	Sphera	1.2.2021
Kestomuovielastomeerit (matcat)					
Kestomuovielastomeerit (matcat)	DE	Polypropeeni / etyleeni-propeenidieenielastomeeri-granulaatti (PP/EPDM, TPE-O)	agg	Sphera	1.2.2021
Kestumuovot (matcat)					
Kestumuovot (matcat)	RoW	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Kestumuovot (matcat)	RER	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Rengas					
Rengas	DE	Styreenibutadieenikumi (S-SBR)	agg	Sphera	1.2.2021
Rengas	EU-28	Vesi (deionisoitu)	agg	Sphera	1.2.2021
Määrittelemätön					
Määrittelemätön	RoW	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Määrittelemätön	RER	Nailon 6	agg	ecoinvent 3.7.1	1.3.2021
Pesuneste					
Pesuneste	DE	Etanoli	agg	Sphera	1.2.2021
Puu					
Puu	EU-28	Laminoitu viilu (EN15804 A1-A3)	agg	Sphera	1.2.2021
Sinkkiseokset					
Sinkkiseokset	GLO	Korkean luokan sinkki	p-agg	IZA	1.2.2021

Valmistusprosessit

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
Alumiini, valmistus (DE, EU-28)					
	DE	Valualumiiniosa	u-so	ts	1.1.2020
	EU-28	Alumiinilevy – alumiinin rullaus, harkko	p-agg	ts	20.4.2020
	DE	Alumiinilevy, syväveto	u-so	ts	1.1.2020
Valmistus (yleisoletus)					
		Valmistus (yleisoletus)	u-so		15.5.2020
Valmistus, nahka (yleisoletus)					
		Valmistus, nahka	u-so		1.6.2020
Polymeerien (kaikki luokat) valmistus (GLO)					
	DE	Muovin ruiskupuristusosa	u-so	ts	1.2.2019
Ruostumattoman teräksen valmistus (DE)					
	DE	Teräslevyn syväveto (monitaso)	u-so	ts	1.1.2020
Seostamaton teräs, valmistus (DE, VCC-data)					
	DE	Teräslevyn syväveto (monitaso)	u-so	ts	1.1.2020
		Teräksen valmistus (VCC-data)	u-so		11.5.2020
	DE	Alumiinin valuosa	u-so	ts	1.1.2020
	EU-28	Alumiinilevy – alumiinin rullaus, harkko	p-agg	ts	20.4.2020
	DE	Alumiinilevyn syväveto	u-so	ts	1.1.2020

Sähköverkkoyhdistelmä

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
EU-28-sähköverkko					
EU-28-sähköverkko	EU-28	Sähköverkko 1 kV–60 kV	agg	Sphera	1.3.2021
Sähkö tuulivoimasta					
Sähkö tuulivoimasta	EU-28	Sähkö tuulivoimasta	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko					
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö ligniitistä	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö maakaasusta	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö vesivoimasta	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö ydinvoimasta	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö tuulivoimasta	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö raskaasta polttoöljystä (HFO)	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö aurinkopaneeleista	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö jätteestä	agg	Sphera	1.3.2021
GLO-sähköverkko	EU-28	Sähkö maalämmöstä	agg	Sphera	1.3.2021
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2025					
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2025	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2025) (pieniä parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2030					
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2030	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2030) (pieniä parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2040					
EU-28-sähköverkko – ilmoitetut käytännöt 2040	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2040) (pieniä parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021

Materiaali	Sijainti	Nimi	Tyyppi	Lähde	Pvm
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2025					
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2025	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2025) (isoja parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2030					
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2030	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2030) (isoja parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2040					
EU-28-sähköverkko – kestävä kehitys 2040	EU-28	Sähköverkkoyhdistelmä (2040) (isoja parannuksia kestävässä kehityksessä)	agg	Sphera	1.6.2021

V O L V O