



# jamk

## Kiertotalous raskaassa liikenteessä

Katja Kainulainen

Opinnäytetyö, AMK  
Syyskuu 2024  
Logistiikan tutkinto-ohjelma

**Kainulainen, Katja**

### **Kiertotalous raskaassa liikenteessä**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Syyskuu 2024, 47 sivua.

Logistiikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Ilmastonmuutoksen torjuminen vaatii nopeita toimenpiteitä, jotta Pariisin ilmastopimuksen tavoitteet voidaan saavuttaa. Liikenne on merkittävä hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja niin Suomessa kuin EU-tasolla, joten ympäristöystävällisempiin liikennetarkaisuihin siirtyminen on välttämätöntä. Kiertotalous on megatrendi, jonka on tultava osaksi jokaisen yrityksen arvoketjua, kun luonnonvarat hupenevat. Valtioneuvoston periaatepäätöksen mukaan kiertotalouden tulisi olla Suomen talouden perusta vuoteen 2035 mennessä.

Tutkimuksessa selvitettiin kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keinoin millä ohjauskeinoilla raskasta liikennettä pyritään ohjaamaan kohti kiertotaloutta ja miten kiertotalouden periaatteita voidaan toteuttaa raskaassa liikenteessä. Työ kokosi yhteen valtiovallan keinot ja aiempien tutkimusten tulokset kiertotalouden edistämiseksi raskaassa liikenteessä. Työ keskittyi Suomen sisäiseen luvanvaraiseen tavaraliikenteeseen.

Valtiovallan ohjelmissa kiertotalouden menetelmistä vaihtoehtoiset energianlähteet, resurssitehokkuutta parantavat ratkaisut ja digitalisaatio nousivat keskiöön. Aiemmat tutkimukset nostivat kiertotalouden edistämisen keinoiksi vaihtoehtoiset energianlähteet, resurssitehokkuuden, ajoneuvon elinkaaren pidentämisen, materiaalivirtojen kehittämisen, digitalisaation ja kiertotalousliiketoimintamallit.

Tutkimus osoitti, että kiertotalouden kehitystä jarruttavat lineaarisen talousmallin aikana syntyneet rakenteet ja toimintatavat. Ohjauskeinot keskittyvät vähentämään päästöjä verojen ja kustannusten nousun kautta. Digitalisaation kohdalla peräänkuulutettiin yritysten välistä yhteistyötä, mutta lainsäädäntö ja luottamuksen puute voivat olla tiiviin yhteistyön ja tietojenvaihdon esteenä. Kiertotalouden liiketoimintamallit kytkeytyvät vahvasti digitalisaatioon ja edellyttävät sen kehittymistä. Resurssitehokkuus kulkee käsi kädessä kustannussäästöjen kanssa ja monet keinot ovatkin jo käytössä.

### **Avainsanat (asiasanat)**

kiertotalous, raskas liikenne, maantiekuljetus, vihreä logistiikka, kirjallisuuskatsaus

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Kainulainen, Katja**

### **Circular economy in heavy transport**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, September 2024, 47 pages.

Degree Programme in Logistics. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Combating climate change requires urgent action to meet the targets of the Paris Agreement. Transport is one of the main sources of carbon dioxide emissions both in Finland and in the EU, so switching to more environmentally friendly transport is essential. The circular economy is a megatrend that must become part of every company's value chain as natural resources become scarcer. The Finnish Government has made a policy decision that the circular economy should be the foundation of the economy by 2035.

The study used a descriptive literature review to identify the policy instruments to steer heavy transport towards a circular economy and how circular economy principles can be implemented in heavy transport. The work brought together the policy instruments and the results of previous studies to promote the circular economy in heavy transport. The work focused on licensed road freight transport within Finland.

Government programmes focused on alternative energy sources, resource efficiency solutions and digitalisation as circular economy methods. Previous studies identified alternative energy sources, resource efficiency, vehicle life cycle extension, material flow development, digitalisation and circular economy business models as ways to promote the circular economy.

The study found that the development of the circular economy is being slowed by structures and policies that have evolved during the linear economic model. Policies focus on reducing emissions through taxes and increasing costs. The development of digitalisation requires cooperation between companies. However, legislation and a lack of trust can be barriers to close cooperation and information sharing. Circular economy business models are closely linked to and dependent on digitalisation. Resource efficiency goes hand in hand with saving costs, and many measures are already implemented.

### **Keywords/tags (subjects)**

circular economy, heavy transport, road transport, green logistics, literature review

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Tutkimusaineisto ja käytetyt tutkimusmenetelmät .....</b>	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>Kiertotalous.....</b>	<b>8</b>
3.1	Kiertotalouden merkitys ja ajurit .....	8
3.2	Kiertotalouden rooli Suomessa .....	9
3.3	Kiertotalouden liiketoimintamallit .....	11
<b>4</b>	<b>Raskas tieliikenne .....</b>	<b>13</b>
4.1	Maantiekuljetukset Suomessa .....	13
4.2	Tieliikenteen kasvihuonepäästöt .....	13
4.3	Raskaan liikenteen energianlähteet.....	14
<b>5</b>	<b>Kiertotalouden edistäminen raskaassa tieliikenteessä.....</b>	<b>17</b>
5.1	Kiertotaloutta ajavat ohjelmat ja strategiat.....	17
5.2	Ohjaukeinot raskaassa liikenteessä.....	23
<b>6</b>	<b>Kiertotalouden periaatteiden toteuttaminen raskaassa tieliikenteessä.....</b>	<b>27</b>
6.1	Vaihtoehtoiset energianlähteet .....	27
6.2	Resurssitehokkuuden kehittäminen .....	28
6.3	Ajoneuvo osana kiertotaloutta .....	30
6.4	Kiertävät ja tehokkaat materiaalivirrat .....	31
6.5	Digitalisaatio.....	33
6.6	Kestävät liiketoimintamallit .....	33
<b>7</b>	<b>Pohdinta.....</b>	<b>35</b>
	<b>Lähteet .....</b>	<b>38</b>

## Kuviot

Kuvio 1.	Yhdistelmäajoneuvojen käyttövoimaosuudet 2001-2060.....	16
Kuvio 2.	Muiden kuorma-autojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuudet 2001-2060.....	17

# 1 Johdanto

Ilmastonmuutoksen torjuminen vaatii nopeita toimenpiteitä, jotta Pariisin ilmastopöytäkirjan tavoitteet voidaan saavuttaa. Liikenne on merkittävä hiilidioksidipäästöjen aiheuttaja niin Suomessa kuin EU-tasolla, joten ympäristöystävällisempiin liikennetapoihin siirtyminen on välttämätöntä. Kiertotalous on megatrendi, jonka on tultava osaksi jokaisen yrityksen arvoketjua, kun luonnonvarat hupenevat. Kiertotalous edistää kestävästä kehityksestä ja siirtymistä kohti ympäristöystävällisempiä logistiikkaratkaisuja. Myös julkisen vallan säännökset ja sijoittajien kiinnostus ajavat yrityksiä kohti kiertotaloutta. Kiertotalous on osa yrityksen riskiensietokykyä ja se auttaa mukautumaan alalla tuleviin toimintakenttien muutoksiin. Raskas liikenne ei kuitenkaan ole kaikkein helpoimpia aloja kiertotalouden kannalta; se edellyttää isoja muutoksia lineaarisen mallin mukaan toimiviin toimitusketjuihin, toimintatapoihin ja merkittäviä taloudellisia panostuksia.

Valtioneuvosto on tehnyt periaatepäätöksen, jonka mukaan kiertotalouden tulisi olla Suomen talouden perusta vuoteen 2035 mennessä. Suomen tulisi myös olla edelläkävijä kiertotaloudessa. (Kiertotalouden strateginen ohjelma n.d.) Vuosina 2021–2023 työ- ja elinkeinoministeriön toteuttaman liikennealan kestävä kasvun ohjelman tavoitteena oli edesauttaa Suomen roolia liikennealan suunnannäyttäjänä kehitettäessä vähähiilisiä ja kiertotalousmallin mukaisia ratkaisuja liikenteeseen ja logistiikkaan. Ohjelman esiin nostamia keskeisiä toimenpiteitä ovat ajantasainen lainsäädäntö, tutkimustoiminta, kansainvälinen yhteistyö ja pilottikokeilut. Myös uusien teknologioiden, liiketoimintamallien ja nollapäästöisten käyttövoimien aktiivinen ja ennakoiva soveltaminen on oleellista. (Ylisiurunen, Forsblom, Vesa, Orjasniemi, Riihelä 2023, 13.)

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää, millä ohjauskeinoilla raskasta liikennettä pyritään ohjaamaan kohti kiertotaloutta ja miten kiertotaloutta voidaan toteuttaa raskaassa liikenteessä. Työ kokoaa yhteen valtiovallan keinot ja aiempien tutkimusten tulokset kiertotalouden edistämiseen raskaassa liikenteessä. Työ keskittyy Suomen sisäiseen luvanvaraiseen tavaraliikenteeseen. Rajaamalla työ tähän aiheeseen voidaan työssä esittää konkreettisia toimenpiteitä kiertotalouden edistämiseksi. Lainsäädännössä ja erilaisissa julkisen vallan julkaisuissa tarkasteltiin sekä kansallisia että EU:n asettamia vaatimuksia ja kannustimia. Näiden avulla keskityttiin kotimaisten kuljetusalan yritysten liiketoimintakenttään.

Opinnäytetyön taustalla on oma mielenkiintoni kiertotalouteen. Opinnäytetyön toimeksiantajan toimii Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Opinnäytetyössä kiertotaloutta ja raskasta liikennettä tutkittiin kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keinoin ja pyrittiin löytämään vastaus seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

- Millaisia ohjauskeinoja ja kannustimia kiertotalouden edistämiseksi raskaassa tavara-liikenteessä on tarjolla?
- Miten kiertotalouden periaatteita voitaisiin toteuttaa raskaassa tavaraliikenteessä?

Kiertotaloutta ja raskasta liikennettä ei ole yhdistetty vielä kovin monessa suomalaisessa tutkimuksessa. Satu Penttinen (2021) käsittelee kiertotaloutta opinnäytetyössään Kohti kiertotalouden johtamista. Kiertotalouden edistämisen haasteena Penttinen nostaa esiin tutkitun tiedon, ohjeiden ja säännösten hajanaisuuden sekä yhteisen kiertotalouden määritelmän puuttumisen. Yrityksissä parhaiten kiertotaloutta toteuttivat ne toimijat, jotka ovat nostaneet kiertotalouden osaksi strategiaansa. (Penttinen 2023, 53-55.)

Pasi Rönkön (2020) diplomityö Logistiikka kiertotalouden ratkaisuisissa tarkastelee kiertotaloutta globaalina käsitteenä, kiertotalouden hyötyjä yrityksille ja yhteiskunnalle sekä kiertotalouden toteutumisen haasteita. Työssä nousi hyvin logistiikan tärkeä rooli kiertotalouden toteuttamisessa ja että logistiikan aiheuttamat kustannukset voivat olla kiertotalouden toteuttamisen esteenä. (Rönkkö 2020, 9, 83.)

Kati Kuuva (2021) opinnäytetyössä Ekologisen kestävän kehityksen tuomat haasteet logistiikkapalveluyrityksissä tutkittiin millaisia haasteita ja riskejä kestävä kehitys tuo logistiikkapalveluyrityksille. Työssä suoritettuna kyselytutkimuksen perusteella kuljetusyrityksen pyrkivät vähentämään ympäristövaikutuksia hyvällä reittisuunnittelulla ja kuljetustehokkuudella. Työssä todetaan, että suurin kestävän kehityksen aiheuttama haaste on kustannukset. (Kuuva 2021, 5, 32.)

## **2 Tutkimusaineisto ja käytetyt tutkimusmenetelmät**

Tämän opinnäytteen menetelmänä käytettiin kuvailevaa ja narratiivista kirjallisuuskatsausta. Kuvaileva kirjallisuuskatsauksessa tutkimuskysymykset voivat olla väljiä ja aineistoja voidaan käyttää

laajasti. Narratiivisen kirjallisuuskatsauksen avulla voidaan muodostaa laaja, mutta samalla helpolukuinen kuva aiheesta. Tämä opinnäytetyö on narratiivinen yleiskatsaus, jossa tarkoituksena on koota yhteen aiempien tutkimusten keskeiset tulokset ja esittää niistä johdonmukainen sekä ytimessä lopputulos. (Salminen 2011, 6–7.)

Aineisto valittiin implisiittisesti. Implisiittisessä aineiston valinnassa käytettyjä tietokantoja tai sisäänotto- ja arviointikriteereitä ei raportoida, mutta valintaa perustellaan suhteessa tutkimuskysymyksiin. Kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa aineisto reflektoi tutkimuskysymysten kanssa, jolloin aikaisemman tutkimuksen sisällöllinen valinta on tärkeämpää kuin ennalta määritetyt tiukat kriteerit. (Kangasniemi, Utriainen, Ahonen, Pietilä, Jääskeläinen, Liikanen 2013, 295-296). Vilkan (2023) mukaan tutkimuskysymyksiä peilataan aineistonhaun eri vaiheissa löydettyihin aineistoihin ja hyödynnetään aineiston valintoja ja ratkaisuja tehdessä. Sisältöanalyysiin valitaan vain ne tutkimukset, jotka vastaavat tutkimuskysymyksiin. Narratiivinen katsaus mahdollistaa aiemman aineiston järjestämisen ja analysoinnin niin, että se lisää tutkimuksen tekijän ymmärrystä aiheesta ja antaa myös mahdollisuuden luoda teoriaa tutkittavasta aiheesta. (Vilka 2023.) Aineiston ei tarvitse käydä läpi tarkkaa, systemaattista seulaa (Salminen 2011, 7).

Aineiston keruumenetelmänä käytettiin Internetin hakukoneen tuloksia, tietokantahakuja sekä aiempia tutkimusten ja raporttien lähdeaineistoja. Aineistona käytettiin aiempia tutkimuksia, tieteellisiä julkaisuja, artikkeleita, julkisyhteisöjen selvityksiä ja raportteja, dokumentteja sekä lakeja ja asetuksia. Opinnäytetyöhön pyrittiin valitsemaan aineistoja, joita voisi soveltaa Suomen olosuhteisiin ja jotka ovat luotettavan ja puolueettoman tahon julkaisemia. Jotkin lähteet ovat liikennealan toimijoiden julkaisemia, mutta niiden käyttö ei heikennä tutkimuksen luotettavuutta, koska ne kuvaavat alan toimintaympäristöä ja niiden sisältöä verrattiin puolueettomiin lähteisiin. Aineistoa haettiin suomen ja englannin kielellä. Koska kiertotalous kehittyy tällä hetkellä vauhdilla, aineistoksi pyrittiin valitsemaan pääasiassa korkeintaan 4 vuotta vanhoja tutkimuksia. Aineistoa haettiin hakukoneilla, Google Scholarista sekä janet.finna.fi -tietokannan avulla niistä tietokannoista, mihin pääsi JAMK:n käyttäjätunnuksilla.

Tutkimuksen aineisto analysointiin laadullisesti. Laadunarvioinnissa olennaista on tutkimuksen pätevyys, luotettavuus, sovellettavuus, siirrettävyys ja yleistettävyys. Huomiota tulee kiinnittää tutki-

muksen aiheeseen, aineistoon ja sen keräämistapaan sekä tuloksiin ja päätelmiin. On myös tärkeää huomioida tutkimuksen merkitys oman työn sisällölle ja sen lopputulokseen. Kirjallisuuskatsauksessa on myös tärkeää esittää tulokset neutraalisti suosimatta mitään näkökantaa tai tulkin-  
taa. (Vilka 2023.)

Opinnäytetyön tutkimusongelma käsitti kiertotalouden liittämisen osaksi raskaan tieliikenteen toimintaa. Työn teko aloitettiin tutkimussuunnitelmalla, jossa käytiin läpi työn tarkoitus, toteutus ja aikataulutus. Työ jaettiin kahteen osaan, jossa ensimmäisessä tutkittiin Suomen ja EU:n lainsäädäntöä ja kannustimia, joilla raskasta liikennettä ohjataan kiertotalouteen. Toissa osassa tutkittiin aiempien tutkimusten ja tieteellisten artikkeleiden avulla, kuinka kiertotaloutta voitaisiin toteuttaa raskaassa liikenteessä. Opinnäytetyö kokosi yhteen raskaaseen liikenteeseen liittyvät kiertotalouden mallit, sääntelyn ja edellytykset.

## **3 Kiertotalous**

### **3.1 Kiertotalouden merkitys ja ajurit**

Maapallon väestömäärän kasvaessa ja kaupungistuessa luonnonvarojen kulutus jatkaa kasvuaan. Raaka-aineiden hinnat nousevat samalla, kun maailmantalouden epävarmuus tekee niiden saata-  
vuudesta haasteellisempaa. Lineaarinen talousmallin aiheuttama hintojen nousu ja raaka-ainepula altistavat yritykset suurille taloudellisille riskeille. Vaatimukset uuden talousmallin puolesta ovat lisääntyneet. (Towards the circular economy 2013, 6.)

Perinteisessä lineaarisessa talousmallissa tuote valmistetaan, kulutetaan ja hävitetään. Kiertotalouden peruseriaatteena on tuotteen elinkaaren pidentäminen ja jätteen määrän vähentäminen. Tuotteet pyritään pitämään käytössä mahdollisimman pitkään korjaamalla ja kunnostamalla. Tuotteen saavuttaessa elinkaarensa lopun, materiaalit pyritään hyödyntämään aina, kun se on mahdollista. Kiertotaloudessa tuotteiden sisältämät materiaalit itsessään ovat arvokkaita, ja päätyessään kiertoon ne luovat lisäarvoa aina uudelleen. (Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä?  
2023.)



Kiertotalouteen siirtyminen hyödyttää yrityksiä monella tavalla. Se tuo yritykselle resilienssiä ja vähentää yritystoimintaan liittyviä riskejä. Kiertotalous turvaa raaka-aineiden saatavuutta ja vakauttaa hintoja. Tuotteiden suunnitteleminen helposti purettavaksi tekee elinkaarensa päässä olevien tuotteiden käsittelystä kustannustehokkaampaa. Kiertotalous mahdollistaa uusia liiketoimintamalleja ja ansaintamahdollisuuksia uusien palveluiden muodossa. Toimitusketjujen yksinkertaistuminen vähentää niiden aiheuttamia kustannuksia. Kiertotalouteen perustuvat strategiat syventävät yhteistyötä niin tuottajien kuin kuluttajienkin suuntaan ja parantavat yrityksen brändiä. (Weetman 2021, 38.)

Tietoisuus kiertotaloudesta ja sen tärkeydestä on lisääntynyt viimeisen viiden vuoden aikana niin, että kiertotalous on saavuttanut megatrendin aseman. Tästä huolimatta kiertotalous on maailmanlaajuisesti laskussa. Maailmantalouden kasvaessa materiaalin kulutus jatkaa kasvuaan ja suurin osa kulutetusta materiaalista on neitsytmateriaaleja; toissijaisten materiaalin osuus kulutuksessa on laskenut vuoden 2018 9,1 prosentista 7,2 prosenttiin vuonna 2023. (The circularity gap report 2024, 8.)

Kehittyneet maat ovat saavuttaneet historiallisesti ainutlaatuisen pisteen, missä lisääntyvä materiaalinkulutus ei enää lisää ihmisten hyvinvointia. Silti kymmenesosa maapallon väestöstä kuluttaa puolet kaikista materiaaleista ja on näin ollen vastuussa maapallon ekologisen kantokyvyn romahuttamisesta. Kiertotalous mahdollistaa hyvän elämänlaadun ja hyvinvoinnin erottamisen kasvavasta materiaalinkulutuksesta. Jotta todellista muutosta tapahtuisi, olisi hallitusten ja teollisuuden muutettava toimintamallejaan niin, ettei ympäristön kannalta haitallista kehitystä enää tuettaisi. (The circularity gap report 2024, 8, 19–20.)

### **3.2 Kiertotalouden rooli Suomessa**

Kiertotalous on Suomen tulevaisuuden elinehto, jos halutaan sekä saavuttaa ilmastotavoitteet että ylläpitää talouskasvua. Suomella on valtava potentiaali hyödyntää korkean teknologian osaamistaan kiertotalouden kehittämisessä vahvistaen samalla vientiin nojaavaa taloutta. Toisaalta ongelmana on, että vasta pieni osa yhteiskunnasta ja yrityksistä hahmottaa kiertotalouden kokonaiskuvan ja kuinka se voi mullistaa toimintatavat. (Uusi suunta 2021, 18, 21, 67.)

EU:n kiertotalouden toimintasuunnitelma hyväksyttiin Euroopan komissiossa vuonna 2020. Ohjelma edistää kestävien ja kiertotalouden mukaisten tuotteiden valmistusta ja arvoketjujen toimintatapoja. (Kiertotalouden edistäminen EU:ssa n.d.) Seuraavana vuonna Suomessa tehtiin periaatepäätös kiertotalouden strategisesta ohjelmasta. Ohjelman tavoitteena on luoda kiertotaloudesta Suomen talouden perusta vuoteen 2035 mennessä (Kiertotalouden strategisen ohjelman toimeenpano 2021). Ohjelman mukaan kiertotalouteen siirtyminen edellyttää muutosta niin päätöksenteossa kuin yritysten ja kuluttajien asenteissa. Ohjelmassa kiertotalouden korostetaan olevan mahdollisuus, jolla voidaan vahvistaa taloutta ja työllisyyttä. Ohjelman keskeisimmät ehdotukset korostavat kiertotalousosaamisen nostamista niin koulutuksen, elinkeinoelämän kuin taloudenkin keskiöön. Kiertotaloutta edistetään digitalisaation, lainsäädännön ja taloudellisten ohjauskeinojen avulla. (Uusi suunta 2021, 11, 16.)

Suomessa kierrätysaste on alle EU-maiden keskiarvon ja materiaalinkulutus on korkeampaa kuin kymmenen vuotta sitten. Tämä johtuu osittain Suomen talouden rakenteesta, joka poikkeaa monesta EU-maasta. Suomessa on paljon alkutuotantoa, kuten kaivos- ja metsäteollisuutta, mikä nostaa maan materiaalien kulutusta. (Kaariaho & Pirtonen 2022a.) Myös kansantaloudella on merkitystä, sillä korkea bruttokansantuote yhdistetään korkeaan materiaalin kulutukseen. Korkeaa materiaalin kulutusta selittää myös maantieteelliset seikat; suuressa harvaan asutussa maassa laaja infrastruktuuri ja tieverkosto kuluttavat erityisesti rakennusmateriaaleja, kuten hiekkaa ja soraa. Materiaalin kulutuksen mittaaminen ei huomioikaan maantieteellisiä, taloudellisia tai väestön rakenteeseen liittyviä seikkoja. Vertailtavuus eri talouksien välillä on heikkoa, koska mittari suosii maita, jolla ei juurikaan ole alkutuotantoa. (Kaariaho & Pirtonen 2022b.)

Kiertotalous muodostaa noin viisi prosenttia Suomen bruttokansantuotteesta. Kiertotalousalojen liikevaihto on kasvanut noin 4 prosenttia vuodessa, kun kaikilla toimialoilla kasvu on reilun yhden prosentin. (Kaariaho & Pirtonen 2022a.) Kiertotalouden liikevaihto on mahdollista kaksinkertaistaa vuoteen 2030 mennessä. Kiertotalousalan kasvun taustalla voi olla joko perinteisen liiketoimintalan korvaaminen tai kokonaan uuden liiketoiminnan syntyminen perinteisten toimialojen lisäksi. Suomessa 65 prosenttia kiertotalousliiketoiminnan liikevaihtovolyyymista tulee kierrätyksestä ja 30 prosenttia resurssitehokkuusyrityksistä. Suurin osa helposti toteutettavista kiertotalouden materiaalikäyttöjen liiketoiminnoista on jo tehty. Liiketoiminnan kehitys vaatii jatkossa teknologian kehittymistä, materiaalien jalostusarvon nostamista ja tuotteistamista. Kiertotalousliiketoiminnan

kasvu edellyttää resurssitehokkuuden ja hiilineutraaliuden lisäksi alustatalouden ja digitalisaation haltuun ottamista. Liiketoiminnan kasvun lisäksi kiertotalouden arvontuotto koostuu myös epäsuorista tekijöistä, joilla on sekä kansantaloudellista että yhteiskunnallista vaikutusta. Bruttokansantuotteen kasvu, ilmastonmuutoksen hillintä ja luonnonmonimuotoisuuden säilyminen ovat esimerkkejä tekijöistä, jotka syntyvät kiertotalouden käytännöistä. (Ahola, Alarotu, Antikainen, Honkatukia, Järnefelt, Kapanen, Lantto, Laurikkala, Naumanen, Orko, Ritschkoff, Still, Sundqvist-Andberg, Tenhunen, Wiman, Winberg & Åkerman 2020, 10, 24–25, 42.)

Kiertotalousliiketoiminnassa haasteita aiheuttavat lupakäytännöt, sääntely, tuotteistus ja jätemääritelmä-menettely. Raaka-aineiden saatavuuteen ja laadun vaihteluun liittyvät ongelmat hidastavat uusioraaka-aineiden käyttöä. Lisäksi lainsäädäntö on usein monimutkaista pohjautuen enemmänkin kieltoihin kuin kannustimiin. (Ahola ym. 2020, 10–11.) Suomen nykyinen lainsäädäntö on rakentunut lineaarisen talousmallin ympärille ja kiertotalouden kehittyminen tarvitsee sitä edistävää sääntelyä ja vapaaehtoisia ohjauskeinoja. Tällä hetkellä lineaarinen talousmalli mahdollistaa luonnon ekosysteemin saastuttamisen ilman, että siitä aiheutuu kustannuksia saastuttajalle. Sääntelyllä voidaan puuttua ja kohdentaa kustannuksia haittoja aiheuttavaan toimintaan. Kiertotalouteen voidaan ohjata myös verotuksen ja julkisten investointien avulla. EU-sääntelyllä on merkittävä rooli, sillä se ohjaa voimakkaasti kansallisia säädöksiä. (Uusi suunta 2021, 12–13, 36.)

Suomessa rahoituksen löytäminen kiertotalouden innovaatioille voi olla vaikeaa, etenkin, jos innovaatiolla ei näytä olevan nopean aikavälin kasvu- tai vientipotentiaalia. (Uusi suunta 2021, 42.) Pitkät takaisinmaksuajat ja liiketoimintaan liittyvät uudenlaiset riskit vähentävät alalle tehtyjen sijoitusten määrää. Kiertotalousyritysten osuus kaikista pääomasijoituksista on vain noin muutamia prosentteja. Julkisen sektorin rooli onkin tärkeä kiertotalousyritysten alkuvaiheen tukemisessa. (Ahola ym. 2020, 11, 52.)

### **3.3 Kiertotalouden liiketoimintamallit**

Kiertotalouden liiketoimintamallien muuttavat yrityksen tehottomat toiminnot lisäarvoa tuottavaksi liiketoiminnaksi. Spacy, Long ja Spindler (2020) ovat määritelleet kiertotalouden liiketoimintamallit, joita Sitra (2022) mukailee. Liiketoimintamallit ovat raaka-aineiden kierrätys, tuotteen käyttöä pidentäminen, resurssien talteenotto, jakamisalustat ja tuote palveluna. Kolme ensimmäistä

mäistä liiketoimintamallia keskittyvät pääasiassa tuotantoon ja tavaroiden tuottamiseen, sen sijaan jakamislustat ja tuote palveluna kohdistuvat kuluttajan ja tuotteen väliseen yhteyteen. Liiketoimintamallien pääydin on käyttää tuotantoprosesseissa uusiutuvia ja kierrätettäviä materiaaleja sekä ottaa talteen jätteistä ja tuotannon sivuvirroista käyttökelpoiset ja arvoa sisältävät materiaalit. Tuotteiden pidempi elinkaari syntyy tuotteiden huollosta, korjauksesta, päivittämisestä, uudelleenmyynnistä ja -valmistuksesta. Tuotannossa tulisi käyttää uusiutuvaa energiaa ja ottaa talteen myös tuotannon sivuvirtana syntyvä energia. Tuotteiden omistamisen sijaan tuotteita vuokrataan, jaetaan sekä yhteiskäytetään jakamislustojen ja tuote palveluna -mallin kautta. (Kestävää kasvua kiertotalouden liiketoimintamalleista 2022, 47; Spacy, Long & Spindler 2020, 19–20).

Kiertotalouden mukaisen liiketoimintamallin käyttöönoton syyt vaihtelevat yhteiskunnallisten tekijöiden mukaan. Liiketoiminnan muutokseen voivat ajaa kuluttajakäyttäytymisen muutokset, uusi sääntely sekä huoli toimitusketjujen vakaudesta. Muuttuva sääntely voi olla huomattava riski perinteisen liiketoimintamallin mukaisissa yrityksissä. Sääntelyllä tullaan rajoittamaan neitseellisten materiaalien käyttöä ja ne aiheuttavat merkittävän liiketaloudellisen riskin yrityksille, joiden tuotteet tai toiminta ovat riippuvaisia neitseellisistä materiaaleista. Useiden maametallien tuotanto on keskittynyt vain muutamaamaan maahan ja häiriöt toimitusketjuissa voivat aiheuttaa huomattavan riskin valmistajille. Kiertotalouden mallin mukaisella resurssien uudelleenkäytöllä toimitusketjun alttiutta geopolittisille riskeille voidaan selvästi pienentää. Kuluttajien valveutuneisuus ja tietoisuus hankintaketjujen epäeettisyydestä voivat luoda maineriskin perinteisten liiketoimintamallien mukaisille yrityksille. Eettisesti tuotettujen tuotteiden merkintäjärjestelmillä pyritään todistamaan, että hankintaketjut ovat valvottuja ja eettisesti kestäviä. (Circular business models 2019.)

Jotta kiertotalousmallin mukainen liiketoiminta voi onnistua, on yrityksen strategian tähdättävä selkeästi sen toteuttamiseen. Strategian onnistuminen edellyttää niin yrityksen johdon, sidosryhmien kuin asiakkaidenkin ajattelun ja käyttäytymisen muutosta. Yrityksen sisäinen kulttuuri suhteessa kiertotalouteen on ratkaiseva tekijä liiketoiminnan onnistumisessa. Uudet liiketoimintamallit voivat edellyttää innovaatioita, joihin sisältyy investointiriski. Yhteistyö alan muiden toimijoiden kanssa on välttämätöntä, mutta avoimet innovaatiot ja tiedon sekä resurssien jakaminen altistavat yrityksiä immateriaalioikeuksien ja arkaluontoisten tietojen loukkauksille. Myös asiakkaiden tulee olla vastuullisia ja aktiivisia palauttamaan tuotteita kiertoön. Asiakkaiden käytössä tulee olla toimivan palautusjärjestelmän lisäksi helposti saavutettavat huoltopalvelut. (Chen 2020, 51, 53.)

## 4 Raskas tieliikenne

### 4.1 Maantiekuljetukset Suomessa

Maantiekuljetukset ovat ratkaisevan tärkeä kuljetustapa Suomessa toimiville yrityksille. Monipuolisesti tarjolla oleva kalusto, laaja tieverkosto ja kilpaillut hinnat tekevät tiekuljetuksista tehokkaan ja toimivan kuljetusmuodon. Toisaalta kova kilpailu laskee hintoja, mikä aiheuttaa alan yrityksille kannattavuushaasteita. Tämä heikentää yritysten mahdollisuuksia toimintonsa kehittämiseen. Maantiekuljetukset ovat myös huoltovarmuuden kannalta kriittisiä. (Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä 2021.)

Raskaan liikenteen kysynnän ennustetaan kasvavan tulevaisuudessa. Kysynnän taustalla ovat talouskehitys, väestörakenteen muutos, raskaan liikenteen suurimpien käyttäjäryhmien toimialarakenteen ja vientimarkkinoiden kehitys. (Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta 2022, 9). Moilanen, Honkatukia, Rinta-Piirto, Räikkönen ja Sirkiä, (2024, 45) ennustavat raskaiden ajoneuvojen ajosuoritteen kasvavan vuoteen 2040 asti, jolloin kuorma-autoliikenteen suoritteen ennustetaan olevan 12,8 prosenttia suurempi vuoden 2022 tasoa.

Maantiekuljetukset tulevat olemaan Suomessa tärkeä kuljetutapa, vaikka EU pyrkiikin suosimaan muita kuljetusmuotoja. Kuljetusalan tulee kuitenkin siirtyä puhtaampiin polttoaineisiin ja kehittää sekä kalustoaan että jakelujärjestelmiään. Ajoneuvojen on oltava tulevaisuudessa energiatehokkaita ja hiljaisia, kasvava verkkokauppa sekä kaupunkien tavaraliikenne edellyttää viimeisen kilometrin kuljetusten haittojen minimointia ja tiedon tulee kulkea digitaalisesti sekä reaaliaikaisesti. (Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä 2021.)

### 4.2 Tieliikenteen kasvihuonepäästöt

Tieliikenne aiheuttaa noin 20 prosenttia Suomen kasvihuonepäästöistä ja kuorma-autoliikenteen osuus tieliikenteen kokonaispäästöistä oli noin 37 prosenttia vuonna 2022 (Liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys 2023). Vuodesta 2007 lähtien liikenteen kasvihuonepäästöt ovat olleet laskussa. Tähän ovat vaikuttaneet taantuma, autojen energiatehokkuuden paraneminen ja biopolttoaineiden käyttö. (Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus 2022.) Lisäksi raskaan liikenteen kokonaiskilometrit ovat laskeneet noin 4 prosenttia, kun kaluston mitta- ja massamuutokset

ovat kasvattaneet kuormakokoja. Suurin osa ajosuoritteesta syntyy yli 60 tonnin ajoneuvoyhdistelmille, jonka vuoksi kaluston kokomuutokset vaikuttavat merkittävästi päästöihin. (Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta 2022, 4, 29.)

EU-lainsäädäntö edellyttää Suomen vähentävän päästökaupan ulkopuolisen ns. taakanjakosektorin kasvihuonepäästöjä vuoden 2005 tasoon verrattuna 39 prosentilla vuoteen 2030 mennessä. Liikenne kattaa 40 prosenttia taakanjakosektorin päästöistä. Valtioneuvoston vuonna 2021 tekemän periaatepäätöksen mukaan Suomi vähentää kotimaan liikenteen päästöjä EU:n taakanjakosektorilla vähintään 50 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. (Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus 2022.)

Myös kuljetusalan asiakkaat vaativat vähäpäästöisempiä kuljetuksia. Moni toimija tähtää vähähiiliseen tuotantoon ja tuotteidensa hiilineutraaliuteen, mikä luo painetta vähentää logistiikkaketjujen aiheuttamaa ympäristökuormitusta. Panostaminen vähäpäästöisyyteen tuo yrityksille nyt kilpailuetua, mutta vuosikymmenen lopussa se on todennäköisesti monelle yritykselle elinehto, kun asiakkaat edellyttävät fossiilittomia kuljetuksia. (Millä energialla kuljetamme? 2023, 6.)

### **4.3 Raskaan liikenteen energianlähteet**

Liikenteen päästövähennystavoitteet edellyttävät ympäristöystävällisempiä käyttövoimia raskaaseen liikenteeseen. Uusia vaihtoehtoisia käyttövoimia on nyt tarjolla useita. Mikään niistä ei ole ylivertainen toisiinsa nähden ja todennäköisesti tulevaisuudessa raskas liikenne käyttää useampaa eri käyttövoimaa.

Nestemäisiä biopolttoaineilla tarkoitetaan uusiutuvaa dieseliä ja biodieseliä. Biopolttoaineet soveltuvat sellaisenaan osaan nykyisestä ajoneuvokannasta. Biopolttoaineiden tulee täyttää EU:n kestävyyskriteerit, jotta ne hyväksytään biovelvoitteisiin. Biopolttoaineiden tuotanto ei saa kilpailla ruoan tuotannon kanssa eikä raaka-aineita saa hankkia alueilta, jotka heikentävät luonnon monimuotoisuutta tai sitovat paljon hiiltä. Biopolttoaineiden paras lähde onkin jäte- ja tähderaaka-aineet. (Nestemäiset biopolttoaineet n.d.)

Liikenteessä käytettävä kaasu on joko maa- tai biokaasua. Kaasua voidaan säilyttää paineistettuna tai nesteenä. Nesteytetty maa- tai biokaasu on käytössä ainoastaan raskaassa liikenteessä. Kaasukäyttöisen raskaan ajoneuvon päästöt ovat selvästi dieselajoneuvoa pienemmät. Kaasuajoneuvojen yleistymistä on tähän asti hidastanut heikko jakeluverkosto. (Bio- ja maakaasu n.d.)

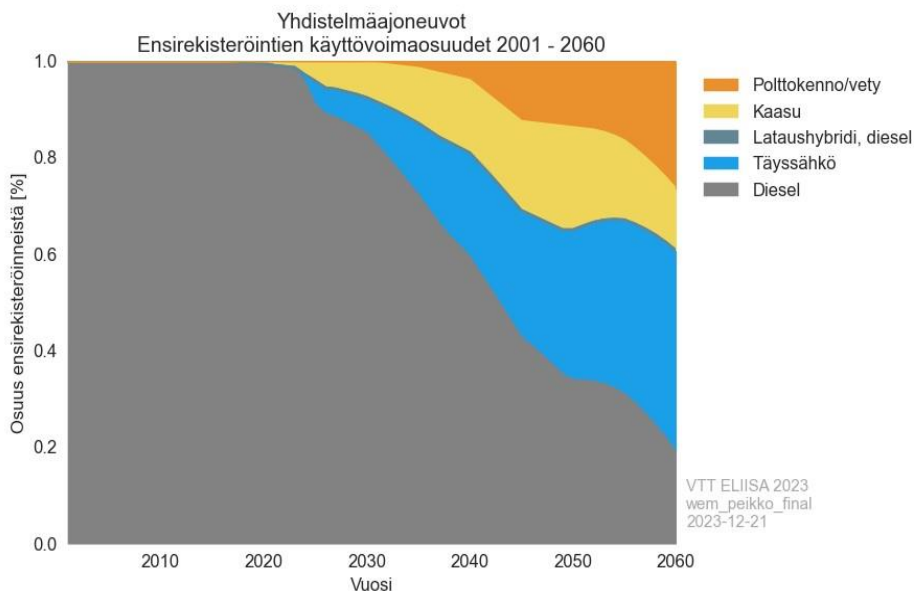
Vedystä syntyy päästönä ainoastaan vesihöyryä, joten sen käytönaikaiset päästöt ovat nolla. Vedyn valmistus vaatii kuitenkin paljon sähköä ja sen ympäristöystävällisyys riippuu täysin tuotetun sähkön hiilidioksidipäästöistä. Vety voi olla kaasuna tai nesteytettynä. Kaasumaisen vedyn pieni tiheys tekee siitä hankalan varastoida, toisaalta nesteytetty vedyn vaatima  $-253\text{ °C}$  lämpötila edellyttää jatkuvaa jäähdytystä. Vety voi toimia joko suoraan polttomoottorin energianlähteenä tai sitä voidaan käyttää sähkön tuottamiseen polttokennossa. (Vety liikenteen energianlähteenä n.d.; Vety 2024.)

Sähköpolttoaineet valmistetaan erottamalla vedestä vety ja happi. Yhdistämällä vety hiilidioksidiin voidaan tuottaa hiilivetyjä, kuten bensiiniä ja dieseliä. Hiilidioksidi voi olla peräisin teollisuuden päästöistä tai ilmasta. Sähköpolttoaineet ovat yhteensopivia sekä nykyisen kaluston että myös jakeluverkoston kanssa. Sähköpolttoaineiden valmistaminen vaatii paljon energiaa, mikä heikentää niiden kokonaistehokkuutta. (Kudel 2021.)

Liikenteen sähköistyminen kehittyi tällä hetkellä nopeasti. Uudet akkutyypit ja megawattitason lataus tekevät sähköajoneuvoista kilpailukykyisen vaihtoehdon jopa vetypolttokennorekoille (Paakkinen 2023). Sähkön ympäristöystävällisyys riippuu sen tuotantotavasta. Vuonna 2023 Suomen sähköntuotannosta 94 prosenttia oli päästötöntä. (Sähkövuosi 2023: Puhdas sähköntuotanto kasvoi, päästöt ja hinnat romahtivat 2024). Raskaiden sähköajoneuvojen lisääntymisen suurin este on puuttuva latausinfra ja ajoneuvojen puuttuessa latausinfraan rakentaminen ei ole kaupallisesti kannattavaa. Tämän vuoksi latausinfraan rakentaminen tarvitsee julkista rahoitusta ja rakentamista vauhdittaa EU:n AFIR-asetus, jossa latausinfra rakennetaan TEN-T tieverkolle. (Ilomäki, Kivari, Kännänen, Takala, Vähätörmä 2023, 8-9.)

VTT (2024) on tehnyt arviot kuorma-autojen käyttövoimien osuuksista vuoteen 2060 saakka. Arvioissa on otettu huomioon EU:n päästöraja-arvot, historiallinen kehitys, ja vähäpäästöisten ajoneuvo-

vojen hankintatuet. Kuviossa 1 on esitetty arvio yhdistelmäajoneuvojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuuksista vuosina 2001-2060. Yhdistelmäajoneuvoissa dieselajoneuvot tulevat säilymään käytössä niin, että niiden osuus kaikista ensirekisteröinneistä on vielä 19 prosenttia vuonna 2060. Kaasukäyttöisten ajoneuvojen määrä on enimmillään noin 20 prosenttia, mutta niiden osuus lähtee laskuun. Vetyajoneuvoja odotetaan liikenteeseen vuodesta 2030 alkaen, mutta merkittävää lisäystä tapahtuu vasta tarkastelujakson loppupuolella. Taulukosta voidaan havaita, että tulevaisuudessa yhdistelmäajoneuvoissa yksikään käyttövoima ei hallitse koko markkinaa, vaan käytössä on sekä sähkö-, kaasu-, vety- että myös dieselajoneuvoja. (Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) 2023.)

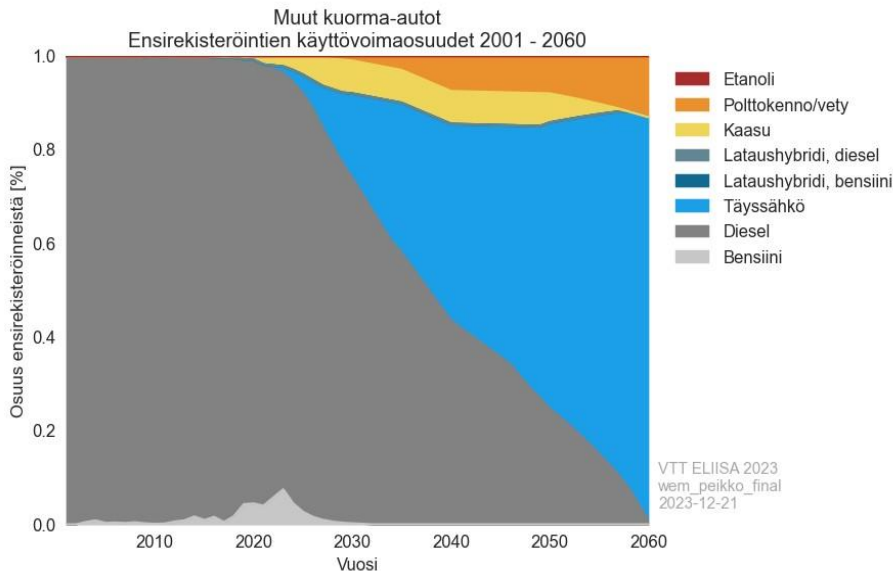


Kuvio 1. Yhdistelmäajoneuvojen käyttövoimaosuudet 2001-2060 (Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) 2023)

Kuviossa 2 on esitetty arvio muiden kuorma-autojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuuksista vuosina 2001-2060. Sähkökuorma-autojen osuuden ennustetaan lähtevän kasvuun ensi vuosikymmenen alussa niin, että 2030 niiden osuus on 21 prosenttia, vuonna 2040 42 prosenttia. Kaasun osuus jää koko tarkastelujaksolla alle 10 prosenttiin ja sen osuus lähtee laskuun vuonna 2050 laskien nolnaan vuoteen 2060 mennessä. Ensimmäiset vetykuorma-autot tulevat markkinoille tämän vuosikymmenen lopussa, mutta niiden osuuden arvellaan jäävän reiluun 10 prosenttiin tarkastelu-



jakson lopussa. Vuoteen 2060 mennessä sähkön arvioidaan hallitsevan markkinoita yli 80 prosentin osuudella. (Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) 2023.)



Kuvio 2. Muiden kuorma-autojen ensirekisteröintien käyttövoimaosuudet 2001-2060 (Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) 2023.)

## 5 Kiertotalouden edistäminen raskaassa tieliikenteessä

### 5.1 Kiertotaloutta ajavat ohjelmat ja strategiat

#### 5.1.1 EU:n ohjelmat

EU-politiikka nojaa Energiatehokkuus ensin -periaatteeseen, jonka mukaan energian kysyntään vaikuttavat kustannustehokkaat toimenpiteet tulee tehdä ennen infrastruktuuriin investoimista. Vuonna 2021 EU julkaisi 55-valmiuspaketin, jossa edistetään vähäpäästöisiä liikennemuotoja, kehitetään verotusta suosimaan vihreää politiikkaa ja uudistetaan päästökauppajärjestelmää. Paketti sisälsi myös AFIR-asetuksen, jolla kehitetään raskaan liikenteen latausinfrastruktuuria ja esitykset raskaan liikenteen päästöraja-arvoista. (Huttunen, Kuuva, Kinnunen, Lemström, Hirvonen 2023, 14,16-17.) Jakeluvuoritelainsäädännön taustalla on direktiivi uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä, jonka EU antoi joulukuussa 2018. Sen mukaan uusiutuvan energian

käytölle on EU:ssa yleistavoite, jonka tavoittamiseksi jäsenvaltiot asettavat omat kansalliset sää-döksensä. EU:n yleistavoite on, että uusiutuvan energian osuus on 32 prosenttia vuonna 2030. Suomen oma tavoite on 51 prosenttia. (EU:n uusiutuvan energian tavoitteet ja lainsäädäntö n.d.)

Euroopan komission kestävä ja älykästä liikkuvuutta koskevan strategia julkaistiin joulukuussa 2020. Strategia edistää liikenteen vihreää ja digitaalista muutosta kehittämällä kestävämpiä liikennemuotoja ja tarjoamalla kannustimia siirtymän toteuttamiseksi. (Perustavanlaatuinen muutos liikkuvuudessa: Komissio esittelee vihreää, älykästä ja kohtuuhintaista liikkuvuutta koskevan suunnitelmansa 2020; Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategia – Euroopan liikenne tulevaisuuden raiteelle 2020, 3.) Saastuttaja maksaa -periaatteen mukaan ulkoiset kustannukset sisällytetään hintoihin, päästöttömien ajoneuvojen kysyntää lisätään hinnoittelun, verotuksen ja tienkäyttömaksujen avulla. Raskaiden ajoneuvojen mittoja ja painoja tulee tarkistaa ja tukea uusien vaihtoehtoista polttoainetta käyttävien ajoneuvojen kehitystä. Kiertotalouden mukaisia palveluita tuetaan osana liikenteen yleistä kestävyttä. (Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategia – Euroopan liikenne tulevaisuuden raiteelle 2020, 3-5.) EU:n uuden kiertotalouden toimintasuunnitelman (2020, 8) mukaan kiertotalouteen siirtymistä liikenteessä edistetään kestäville polttoaineilla, tuotteet palveluina -ratkaisulla ja optimoimalla infrastruktuurin ja ajoneuvojen käyttöä käyttöasteiden kasvattamiseksi.

Heinäkuussa 2023 julkaistu CountEmissions -ehdotus luo puitteet liikennepalveluiden kasvihuonepäästöjen yhteneväiseen laskentaan henkilö- ja tavaraliikenteessä. Ehdotus kattaa myös oletusarvot, joita voidaan käyttää laskennassa. Laskennalla varmistetaan luotettavat ja tasapuoliset tiedot kasvihuonepäästöjen määrästä. Laskennan perusteena on EN ISO 14083:2023 standardi, joka sisältää liikennepalveluiden yhteiset säännöt ja päästölaskentaperiaatteet. Päästöjen laskeminen ei ole yrityksille pakollista, mutta ehdotuksen tarkoituksena on varmistaa, että päästöistä julkistetut tiedot ovat tarkkoja ja vertailukelpoisia. Laskennan avulla yritykset voivat seurata päästöjään ja palveluiden käyttäjät pystyvät tekemään valintoja palvelun ekologisuuden perusteella. (Kysymyksiä ja vastauksia: CountEmissionsEU 2023.)

Vastuullisuutta koskeva sääntely lisääntyy EU:ssa vauhdilla. Tällä hetkellä suurin osa sääntelystä kohdistuu suuriin pörssiyrityksiin, mutta tulevaisuudessa sen piirissä ovat myös pienemmät yritykset. Vuodesta 2026 alkaen kestävyysraportointi vaaditaan myös pienemmiltä pörssiyrityksiltä, jos

tietty ehdot täyttyvät. Valmisteilla on myös vihreiden väittämien direktiivi, jonka tarkoituksena on määritellä minimikriteerit, kun yritys viestii tuotteidensa tai palveluidensa ympäristövaikutuksista. (Kartalle EU:n vastuullisuussäätelyssä – missä mennään? 2023, 2-3, 9.)

### **5.1.2 Suomen kansalliset ohjelmat**

Suomessa on tehty useita erilaisia strategisia ohjelmia, joilla pyritään edistämään kiertotalousmalliin siirtymistä. Tässä kappaleessa esitellään erityisesti raskaan tavaraliikenteen harjoittamiseen vaikuttavat ohjelmat ja nostetaan raporteista esiin ne kohdat, joita voidaan soveltaa ko. alalle. Mukaan on otettu vain valtion virastojen julkaisemat raportit. Raskaan tieliikenteen kannalta merkittävimmät liikennepoliittiset ohjelmat ovat hiiletön liikenne 2045 ja fossiilittoman liikenteen tiekartta. Raskaan tavaraliikenteen yritystoiminnan näkökulmasta alaa pyritään kehittämään elinkeinopoliittisilla logistiikan digitalisaatiostrategialla ja liikennealan kestävän kasvun ohjelmalla.

#### **Hiiletön liikenne 2045**

Vuonna 2018 Liikenne- ja viestintäministeriön työryhmä selvitti keinoja, millä liikenteen kasvihuonepäästöt voitaisiin vuoteen 2045 mennessä kokonaan poistaa (Jääskeläinen, Lohko-Soner & Särkijärvi 2018, 11). Hiiletön liikenne 2045 raportti ennustaa, että tavaraliikenteen ajosuoritteessa olisi kasvua vain vähän vuoteen 2045 mennessä. Raportissa todetaan, että suurin odotus kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi kohdistuu liikennevälineiden uusiutumiseen niin, että nolla- ja vähäpäästöisiä ajoneuvoja olisi ajoneuvokannasta vuonna 2045 100 %. Raskasta kalustoa sitovilla CO<sub>2</sub>-raja-arvoilla voidaan tehokkaasti vaikuttaa EU-alueella myyntiin tulevien ajoneuvojen ominaisuuksiin. Määrä-aikaiset hankintatuet edistäisivät siirtymistä pois fossiilisista polttoaineista. Biopolttoaineiden jakelunelvoite ja biokaasun verovapaus ovat keskeisiä keinoja. Työryhmä ehdottaa myös fossiilisten polttoaineiden kieltämistä vuonna 2045 sekä kilometripohjaista tiemaksua. Työryhmän loppuraportissa mainitaan, että julkisen sektorin periaatteena tulisi olla niin sanottu saastuttaja maksaa -periaate. Keskeisintä on edistää liiketoimintaa, joka pyrkii vähentämään päästöjä, tekeillä siitä aina kannattavampaa kuin päästöjä aiheuttavan liiketoiminnan. (Jääskeläinen ym. 2018, 11, 14-15, 30, 35, 39.)

Tavaraliikenteen päästöjä vähentäviä keinoja ovat digitalisaation hyödyntäminen ja tieliikenteen energiatehokkuustoimet. Digitalisaatiota tulisi käyttää avointen kuljetusverkkojen kehittämiseen,

missä jaetaan tietoa ja parhaita käytäntöjä. Energiatehokkaisiin kuljetusratkaisuihin ohjattaessa polttoainevero on yksi tehokkaimmista keinoista. Sen tarkoituksena on tehdä fossiilisten polttoaineiden käyttäminen kannattamattomaksi ja suosia näin vaihtoehtoisia polttoaineita. Muita energiatehokkuutta kasvattavia keinoja ovat massojen ja mittojen kasvattaminen sekä letka-ajo. Raportissa mainitaan, että sähkökuorma-autojen suurinta sallittua massaa tulisi korottaa 5 % verrattuna vastaavaan polttomoottorikuorma-autoon akkujen painon aiheuttaman hyötykuorman pienenemisen takia. (Jääskeläinen ym. 2018, 13, 36.)

### **Fossiilittoman liikenteen tiekartta**

Fossiilittoman liikenteen tiekartta kokoaa yhteen keinot, joilla liikennesektori pyrkii puolittamaan hiilidioksidipäästöt vuoteen 2030 mennessä ja nollaamaan vuoteen 2045 mennessä (Andersson, Jääskeläinen, Saarinen, Mänttari & Hokkanen 2020, 5.) Raskaan liikenteen kannalta merkittäviä keinoja ovat jakeluvelvoitelaki, energiatehokkuuden parantaminen, liikenteen hinnoittelu ja digitalisaatio.

Fossiilisten polttoaineiden korvaaminen biopolttoaineilla mahdollistaa nopeasti huomattavat päästövähennykset. Jakeluvelvoitelaki nähdään keskeisenä keinona biopolttoaineiden käytön lisäämiseksi, mutta yli 30 prosentin jakeluvelvoite tulisi todennäköisesti aiheuttamaan polttoaineiden hinnannousua. Tämän vuoksi lakia uudistaessa tuleekin huolehtia, että biopolttoaineiden hintakilpailukyky säilyy. Jakeluvelvoitteen tulisi kattaa myös biokaasu ja synteettiset polttoaineet, mutta uusien polttoaineiden että uudet polttoaineet eivät syrjäytä jo käytössä olevia uusiutuvia polttoaineita. (Andersson ym. 2020, 20,23-24, 29.)

EU:n määrittelemät raskaan kaluston CO<sub>2</sub>-raja-arvot ja Euro-asetukset ovat merkittävä keino kuorma-autojen energiatehokkuuden kasvattamisessa. EU:n vaatimukset saattavat aiheuttaa nousupainetta uusien ajoneuvojen hintaan, mutta käytön aikaisten kustannusten arvioidaan laskevan polttoainekustannuksista saatavan säästön myötä. Suomessa on käytössä muita EU-maita raskaampaa HCT-kalustoa, eikä näihin ajoneuvoihin sovelleta EU:n päästöraja-arvoja. Tämän seurauksena HCT-kaluston energiatehokkuus ei kehity yhtä nopeasti kuin pienempien ajoneuvojen, millä voi olla vaikutusta suomalaisten kuljetusten kannattavuuteen. HCT-kuljetukset kuitenkin paranta-

vat merkittävästi raskaan liikenteen energiatehokkuutta ja niitä tulisi jatkossakin hyödyntää entistä paremmin tavaraliikenteessä. HCT-kuljetusten päästövähennykset tulevat todennäköisesti tapahtumaan joko uusiutuvilla tai synteettisillä polttoaineilla. (Andersson ym. 2020, 44-45, 62.)

Digitalisaation avulla voidaan kehittää liikenteen ohjaamista, reittien suunnittelua ja käyttöastetta. Ajantasainen liikennetieto auttaa ohjaamaan liikenteen parhaalle reitille. Digitalisaatio mahdollistaa yritysten välisen yhteistyön kehittymisen ja tavaraliikenteen käyttöasteen parantamisen kuljetusten välityspalveluilla ja yhteisjakeluilla. Pelkästään tyhjänä ajon vähentäminen 5 prosenttiyksiköllä laskisi tavaraliikenteen päästöt vuoden 2016 tasolle. (Andersson ym. 2020, 61-63.)

### **Liikennealan kestävän kasvun ohjelma**

Liikennealan kestävän kasvun ohjelman tavoitteena on kehittää alalla kestäviä ja nollapäästöisiä ratkaisuja ekosysteemisen ajattelun pohjalta sekä mahdollistaa kansainvälisten liiketoimintamallien synty Suomeen vuoteen 2025 mennessä. Liiketoimintatavoitteet perustuvat kiertotalouteen ja vähähiilisiin ratkaisuihin, joilla liikenneala tuodaan osaksi kansainvälisiä kiertotalousmarkkinoita. Ohjelman ajureina toimii ilmastonmuutos, luontokato ja kaupungistuminen sekä työkaluina digitalisaatio, fossiilittomat polttoaineet ja uudet innovaatiot. Ohjelman tarkoituksena on antaa yrityksille johdonmukainen pitkän aikavälin näkymä lainsäädännön kehityksestä, jolla kannustetaan tuotekehitykseen ja investointeihin. (Eiro, Forsblom, Härkin, Reinimäki, Orjasniemi & Teittinen 2021, 9, 12, 17, 33, 47.)

Fossiilittomat polttoaineet ja digitalisaatio luovat perusteet tulevaisuuden liiketoiminnalle. Perinteisesti alan kehitys on keskittynyt kapasiteetin lisäämiseen, mutta nyt mielenkiinto kohdistuu energiatehokkuuteen ja kestäviin ratkaisuihin. Yhteinen visio alan kehityksestä ja avoimiin rajapintoihin perustuvat innovaatiot mahdollistavat verkostoimaisten toimintamallien syntyminen, jotka ovat laajennettavissa globaaleille markkinoille. Uusien digitaalisten ratkaisujen edellytys on avoin datan jakaminen, jolle tarvitaan selkeät pelisäännöt. Digitaalisuus mahdollistaa myös vastuullisuuden todentamisen ja niihin perustuvien liiketoimintamallien luomisen, mikä tuo kilpailuetua. (Eiro ym. 2021, 17, 22, 66-67, 69.)

## Logistiikan digitalisaatiostrategia

Liikenne- ja viestintäministeriön logistiikan digitalisaatiostrategian visiona on hyödyntää digitalisaatiota tehokkaasti kuljetusketjuissa mahdollistaen tiedon saumattoman virtaamisen alan toimijoiden välillä niin kansallisesti kuin kansainvälisestikin. Yhteisillä pelisäännöillä ja toimintatavoilla voidaan luoda uudenlaisia digitaalisia palvelualueita, jotka mahdollistavat laadukkaan ja nopean tiedonsiirron. Tiedonjaon kehittämisen lähtökohta tulee olla markkinaehtoisuus ja taloudellisesti kestävä liiketoimintamallit, jotta uusiin toimintamalleihin tehdyt investoinnit ovat tuottavia. Strategia tähtää myös logistiikan ilmastovaikutusten vähentämiseen tehostamalla ja optimoimalla toimituksia sekä mahdollistamalla alan toimijoiden hiilijalanjäljen seurannan ja toimitusten ympäristövaikutusten arvioinnin. (Lähde, Rautavirta, Miettinen, Syrjänen, Paavola & Lehtilä. 2020, 7-8, 11, 15-16, 18.)

Tiedonjako tulee tapahtua avoimien rajapintojen kautta, jotta se olisi kaikkien alan toimijoiden käytettävissä koko toimitusketjulla. Reaaliaikainen ja automatisoitu tiedonjako välityspalveluilla mahdollistaa kuljetusresurssien tehokkaan käytön, mikä parantaa kuljetusten käyttöastetta. Päästövähenyksiä on mahdollista saavuttaa paremmalla aikatiedon hallinnalla, kun optimointi voidaan tehdä ajantasaisten kuljetustietojen pohjalta. Tiedonjaon tehostaminen mahdollistaa myös uudet toimintamallit logistiikkaketjuissa; kaupunkiliikenteeseen on mahdollista kehittää oma standardoitu jakeluyksikkö, joka mahdollistaa pienemmän jakelukuluston optimaalisen hyödyntämisen. (Lähde ym. 2020, 8-11, 17.)

### 5.1.3 Muut ohjelmat

Sitran julkaiseman Kierrolla kärkeen: Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025 (2016) nostaa logistiikan keskiöön yhtenä komponenttina, jolla Suomi pyrkii olemaan kiertotalouden edelläkävijä. Logistiikka yhdistää eri liiketoiminta-alueita liikuttaessaan niin tavaravirtoja kuin ihmisiäkin. Kapasiteetin hyödyntämisaste, materiaalivirtojen optimointi, biopolttoaineet ja digitalisaatio ovat logistiikan kulmakivet siirryttäessä kohti kiertotalousmallia. (Kierrolla kärkeen: Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025 2016, 10, 13, 14.)

Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry:n julkaisemassa kuljetus- ja logistiikka-alan tavoiteohjelma 2027: Suomi liikenteessä – ja liikkeessä kootaan yhteen logistiikka-alan etujärjestön näkemys tulevasta liikennealan muutoksista. Julkaisun mukaan päätösten kustannusvaikutukset tulee huomioida erityisen tarkasti, koska kuljetuskustannukset vaikuttavat monen muun alan hintoihin. Raskaan liikenteen käyttövoimien verotusta ei tule kiristää ja jakeluelvoite tulisi pitää yhtenäisenä muun Euroopan kanssa. Yritysten investointimahdollisuuksista on pidettävä huolta, jotta yrityksillä säilyy edellytykset investoida puhtaampiin käyttövoimiin. Raskaalle liikenteelle tulisi ottaa käyttöön aikaperusteinen tiemaksu. Liikenteen uudet energianlähteet edellyttävät merkittäviä muutoksia infraan, jolloin infran kunnossapidon ja kehittämisen rahoitus on turvattava. (Kujala, Herrala, Murto, Kojo, Polamo, Eskelinen & Yli-Saunamäki 2022, 6, 7.)

Autoalan green deal on autoalan toimijoiden ja valtion välinen sopimus, jossa pyritään yhteisillä tavoitteilla tukemaan liikenteelle asetettuja päästövähennystavoitteita. Raskaan liikenteen osalta sopimukseen on kirjattu tavoite lisätä biopolttoaineille soveltuvien ajoneuvojen osuutta ja edistää vaihtoehtoisia käyttövoimia. Sopimus on voimassa vuosien 2018–2025 aikana ja vuoden 2022 loppuun mennessä sen oli allekirjoittanut noin puolet raskaan kaluston maahantuojusta ja jälleenmyyjistä. (Autoalan green deal –sopimuksen väliarviointi, kaudelta 11/2018–06/2023 2023, 3, 5.)

## **5.2 Ohjaukeinit raskaassa liikenteessä**

### **5.2.1 Verotus**

Ympäristöverotuksen tarkoitus on ohjata kuluttajia ja yrityksiä vähäpäästöisempiin vaihtoehtoihin. Dieselin alhaisemmalla verokannalla halutaan tukea hyötyliikennettä, mutta päästöohjauksen näkökulmasta sille ei löydy perustetta. Verotuksen päästöohjaus tulisikin kohdentaa samalla tavalla liikennemuodosta riippumatta, mikä tarkoittaa, että veronkevennykset eivät tulisi kohdistua raskaassakaan liikenteessä fossiilisiin polttoaineisiin. (Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti 2021, 9, 214.)

Dieselin polttoaineverotuksen korotus lisäisi raskaan liikenteen verorasitusta noin 1,7 prosenttia. Dieserveron korottamisella asteittain voitaisiin ohjata käyttövoimien valintaa pois fossiilisista polttoaineista. Dieserveron korotuksen aiheuttamia kustannuksia raskaalle liikenteelle voitaisiin eh-

käistä polttoaineiden palautuksella. Ns. ammattidieselille voitaisiin asettaa painoraja, jonka ylittäessä veronpalautus olisi mahdollinen. Ammattidiesel voisi kuitenkin kannustaa käyttämään kuljetuksissa tarpeettoman suuria ajoneuvoja tai sisällyttämään veron piiriin siihen kuulumatonta kuluista. (Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti 2021, 214-215, 218.)

Sähköistyminen on tehokas keino vähentää liikenteen päästöjä, vaikka pitkän matkan raskaat kuljetukset eivät vielä olekaan mahdollisia sähköllä. Tällä hetkellä dieselin alempi verokanta ei kannusta raskasta liikennettä siirtymään sähköön. Sähkön, vedyn ja sähköpolttoaineiden päästöihin vaikuttavat sähkön rajatuotantomuodon päästöt ja päästöoikeuksien kysyntä. Sähkömoottorin korkean hyötysuhteen vuoksi sähkön käyttö aiheuttaa vähemmän päästöjä kuin vedyn tai sähköpolttoaineiden käyttö. (Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti 2021, 110, 115.)

### 5.2.2 Jakeluelvoite

Jakeluelvoitelaille pyritään edistämään uusiutuvien polttoaineiden käyttöä. Uusiutuvien polttoaineiden jakeluelvoite edellyttää polttoaineiden jakelijoiden toimittavan laissa säädetyn osuuden uusiutuvia polttoaineita liikennepolttoaineeksi vuosittain. Vuonna 2030 uusiutuvien polttoaineiden osuus on oltava 34 prosenttia liikenteen energiankulutuksesta (L 1134/2022). Jakeluelvoitelakia on muutettu useaan otteeseen viimeisten vuosien aikana. Biokaasu ja muut kuin biologista alkuperää olevat uusiutuvat nestemäiset ja kaasumaiset liikenteen polttoaineet tuotiin jakeluelvoitelakiin vuonna 2021 (L 603/2021). Jakeluelvoitetta laskettiin vuosille 2022- 2024 13,5 prosenttiin kustannusten nousun vuoksi. Lisäksi Orpon hallitus loivensi jakeluelvoitetta niin, että vuonna 2027 se on 22,5 prosenttia. Hallitusohjelmaan on myös tehty kirjaus liikennesähkön tuomisesta jakeluelvoitelain piiriin. (HE 53/2023 vp.)

Uusiutuvat polttoaineet ovat dieseliä selvästi kalliimpia, mikä ei kannusta niiden käyttöönottoon. Tämän takia jakeluelvoite on ollut ainut keino uusiutuvien polttoaineiden käytön lisäämiseen. (Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti 2021, 110–111.) Uusiutuvien polttoaineiden korkeamman hinnan takia jakeluelvoite nostaa polttoaineiden hintoja (HE 53/2023 vp). Uusiutuvien polttoaineiden hinnoissa on ollut viime vuosina rajuja heilahteluja. Hin-



taan ovat vaikuttaneet mm. Ukrainan sota ja uusiutuvien polttoaineiden tuonti Kiinasta. Lisäksi jakeluvaihteen rikkomisesta aiheutuvat seuraamusmaksutasot nostavat uusiutuvien polttoaineiden hintoja, sillä ne lisäävät uusiutuvien polttoaineiden kysyntää eikä tuotantoa aina ole riittävästi. (Lottonen & Sipilä 2024, 24-25.)

### 5.2.3 CO<sub>2</sub>-raja-arvot

EU asetti vuonna 2019 auton valmistajille yleisimpiä kuorma-autoluokkia koskevat hiilidioksidipäästöjen vähentämistä koskeva tavoitearvot ja niitä päivitettiin helmikuussa 2023. Vuonna 2025 hiilidioksidipäästöjen tavoitearvo on 15 prosenttia ja vuonna 2030 45 prosenttia vuotta 2019 pienempi. Lisäksi päivitettyssä asetuksessa vaaditaan päästövähennysten olevan 45 prosenttia vuoteen 2035 ja 90 prosenttia vuoteen 2040 mennessä. (Kalenoja 2019, 4; EU:n ympäristöneuvostossa hyväksyttiin yleisnäkemyks raskaan kaluston CO<sub>2</sub>-päästöistä 2023.)

Uudessa Euro 7 -asetuksessa tullaan todennäköisesti alentamaan kuorma-autojen päästöjen raja-arvoja. Uudessa asetuksessa asetetaan raja-arvot myös typpioksiduulin kaltaisille epäpuhtauksille, joille ei ole aiemmin ollut sääntelyä. EU:n neuvosto ja Euroopan parlamentti ovat päässeet uudesta asetuksesta alustavasti sopuun joulukuussa 2023. (Euro 7: neuvosto ja parlamentti alustavaan sopuun maantieajoneuvojen päästörajoista 2023.)

### 5.2.4 Päästökauppa

Eurooppa-neuvosto hyväksyi uuden EU:n päästökauppajärjestelmän huhtikuussa 2023. Järjestelmä on osa EU:n 55-valmiuspakettia ja yksi merkittävimmistä välineistä kasvihuonepäästöjen vähennyksessä. Järjestelmän piirissä on 40 prosenttia EU:n päästöistä. Päästökauppajärjestelmä määrittelee hiilelle hinnan ja järjestelmän jäsenet ostavat vuosittain kasvihuonepäästöjensä verran päästöoikeuksia. (55-valmiuspaketti: EU:n päästökauppajärjestelmän uudistus 2024.) Päästökauppajärjestelmän avulla päästövähennykset voidaan toteuttaa tasapuolisesti ja kustannustehokkaasti (HE 71/2023 vp).

Tieliikenteen päästökauppa alkaa vuonna 2027. Järjestelmää sovelletaan tieliikenteelle polttoaineita toimittaviin jakelijoihin. (55-valmiuspaketti: neuvostolta keskeistä lainsäädäntöä vuoden 2030 ilmastotavoitteiden tueksi 2023.) Ainoastaan liikenteelle sallittu päästömäärä on tarjolla

päästöoikeuksina. Tämän yli menevä polttoaine on myytävä bio- tai synteettisinä polttoaineina. Päästökaupan odotetaan nostavan polttoaineen hintaa (Tieliikenteen päästökauppajärjestelmä 2023). Päästökatto pienenee vuosittain 5,43 prosenttia. Tieliikenne sisältyy BRT ETS-päästökauppaan, joka sisältää tieliikenteen ja rakennusten lämmityspolttoaineiden päästöt. (Eilittä 2022.)

### 5.2.5 Muut maksut ja tuet

Hankintatuilla pyritään edistämään vaihtoehtoisia polttoaineita käyttävien raskaiden ajoneuvojen yleistymistä. Etenkin sähkö- ja vetykuorma-autojen hankintahinta on huomattava verrattuna dieselkäyttöisiin ajoneuvoihin, jolloin hankintatuella voidaan tehokkaasti ohjata kysyntää kohti vaihtoehtoisia käyttövoimia. (Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta 2022, 19.) Sähkö-, vety- ja kaasukäyttöisille kuorma-autoille ja sähkökäyttöisille perävaunuille myönnetään hankintatukea 31.12.2024 saakka. Tuki vaihtelee sähkökäyttöisillä ajoneuvoilla 6000–50000 euron välillä ja kaasukäyttöisillä ajoneuvoilla 2000–14000 euron välillä ajoneuvon mukaan. (L 22.12.2021/1289).

Aiemmin EU:n nk. de minimis-asetus esti hankintatuen myöntämisen kaasukäyttöisille ajoneuvoille, joita käytetään toiseen lukuun suoritettaviin maantiekuljetuksiin. EU muutti asetustaan vuoden 2024 alusta niin, että jatkossa kaasukäyttöisen ajoneuvon tukea saa myös maantiekuljetuksiin käytettäviin ajoneuvoihin. (Hallituksen esitys HE 46/2024 vp.) 1.7.2024 alkaen Suomessa tuli voimaan lakimuutos, jossa huomioidaan EU:n muuttunut de minimis-asetus. Nykyistä lakia sovelletaan 31.12.2026 saakka. (Valiokunnan mietintö LiVM 7/2024 vp.) Muuntotukia kuorma-autoille ei tällä hetkellä myönnetä (L 22.12.2021/1289).

Suomessa ei ole käytössä tiemaksuja monesta muusta EU-maasta poiketen. EU:ssa tiemaksuja säännellään eurovinjettidirektiivillä. Jos EU:n jäsenvaltio perii tiemaksuja, sen on noudatettava eurovinjettidirektiiviä. Vinjetin tarkoituksena on edistää vähähiilisempää liikennettä ja kattaa infrastruktuurin ylläpitokustannuksia. EU-maissa tiemaksuilla pyritään usein hinnoittelemaan erityisesti raskaan liikenteen kauttakululiikennettä (Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti 2021, 50). Vuonna 2021 päivitettyssä vinjetissä raskaan liikenteen maksuja porrastetaan hiilidioksidipäästöjen mukaan, mikä mahdollistaa saastuttaja maksaa -periaatteen toteuttamisen. (Eurovinjetit: tiemaksujen uudistus hyväksytty neuvostossa 2021.) Vinjetin

käyttöön otosta on keskusteltu Suomessa useaan otteeseen, viimeksi vuonna 2022, kun hallitus antoi eduskunnalle esityksen ruuhkamaksujen puitelaista. Esitys kuitenkin poistettiin marraskuussa 2022. (Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi ruuhkamaksujen puitelaiksi 2022.)

## **6 Kiertotalouden periaatteiden toteuttaminen raskaassa tieliikenteessä**

### **6.1 Vaihtoehtoiset energianlähteet**

Ajoneuvoissa käytettävä energianlähde on kaikista merkittävin tekijä liikenteen päästöjä vähentäessä. Kalenoja (2019) arvioi Tieliikenteen tietokeskukselle tekemässä raportissaan, että EU:n päästöraja-arvojen asettamisen vaikutus ajoneuvotekniikan kehittymiseen on ratkaisevan tärkeä. Autonvalmistajat voivat toteuttaa raja-arvovaatimukset millä tahansa tekniikalla, mikä jättää tilaa uusille innovaatioille. Kalenoja kuitenkin huomauttaa, että EU:n asetus suosii sähköä, koska päästölaskennassa ei oteta huomioon polttoaineen tuotantoketjua. Tämä taas asettaa biopolttoaineen epäsuotuisaan asemaan, koska laskenta ei huomioi biopolttoaineiden päästöjä vähentävää vaikutusta. (Kalenoja 2019, 4, 5.)

Nestemäisten biopolttoaineiden etuna on, että ne vaativat melko vähän muutoksia nykyisiin järjestelmiin ja ne sopivat nykyiseen kalustoon sekä kuljetustarpeisiin (Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045 2018, 88, 120). Kestävästi tuotettujen biopolttoaineiden saatavuus ja hinta voi muodostua haasteeksi tulevaisuudessa niiden kysynnän kasvaessa. Biopolttoaineita pystytään tuottamaan vuosittain vain rajallinen määrä, joten tavoitteena on, että vuoden 2030 jälkeen biopolttoaineiden absoluuttinen määrä ei nousisi tieliikenteessä. (Jääskeläinen ym. 2018, 21, 27.)

Eurooppalaiset valmistajat uskovat sähkön olevan tulevaisuudessa pääasiallinen raskaan liikenteen käyttövoima. Valmistajat lupaavat tuovansa markkinoille noin 30 nollapäästöistä kuorma-automallia vuoteen 2025 mennessä. Ensimmäiset vetyajoneuvot tulevat sarjatuotantoon arviolta vuosikymmenen lopulla. (Trucks 2024.) Sähkökuorma-autojen odotetaan saavuttavan dieselkuorma-autojen kustannustason tämän vuosikymmenen aikana. Akkujen hintojen odotetaan putoavan lähiaikoina ja sähköajoneuvon polttoaine- ja ylläpitokustannukset ovat pienemmät kuin dieselajoneuvon. Tämä etu korostuu etenkin pitkän matkan kuljetuksissa, mikä edistää myös pitkän matkan

raskaan liikenteen sähköistymistä. Vuodelle 2024 odotetaan useammalta valmistajalta kuorma-autoja, joiden toimintasäde on 500 km, mikä kattaa helposti kuljettajan 4,5 tunnin ajoajan. (Why long-haul trucks can be battery electric 2022,2.)

Liikenteen energianlähteenä käytettävän kaasun keskeinen kysymys on, käytetäänkö maakaasua vai biokaasua. Maakaasu on fossiilinen polttoaine, joka aiheuttaa hiilidioksidipäästöjä. Biokaasun suurin kysymysmerkki on riittävyys. Tästä syystä kaasu nähdään enemmänkin siirtymävaiheen käyttövoimana tekniikan kehittyessä täysin päästöttömiin vaihtoehtoihin. Vedyn arvioidaan olevan merkittävä energiamuoto erityisesti raskaassa liikenteessä pidemmällä matkoilla. Sen etuja sähköön verrattuna ovat pidempi toimintamatka ja vielä toistaiseksi akkujen lataamista lyhyempi tankkausaika. Tällä hetkellä Suomessa ei kuitenkaan vielä ole vedyn tankkauspisteitä. Ensimmäinen vetyasemia suunnitellaan kuitenkin avattavan vuoteen 2025 mennessä ja tavoitteena on avata noin 20 asemaa vuoteen 2030 mennessä. ( Millä energialla kuljetamme? 2023, 16, 18, 20, 30, 44.)

Useat EU-maat, Suomi mukaan lukien, ovat allekirjoittaneet sitoumuksen, jonka mukaan ne siirtävät 100 % päästöttömien raskaan liikenteen ajoneuvojen myyntiin vuoteen 2040 mennessä (Global Memorandum of Understanding on zero-emission medium- and heavy-duty vehicles 2024). Sähkö ja vety ovat tällä hetkellä ainoat energianlähteet, joilla liikenteessä voidaan päästä nollapäästöisyteen. Kummallakin energianlähteellä on etunsa; vetyajoneuvolla on suurempi toimintasäde ja maksimikuorma, toisaalta sähkökuorma-auton hankinta ja ylläpitokustannukset ovat edullisemmat, se on energiatehokkaampi ja sen hiilijalanjälki on pienempi, kun sähköntuotantotapa on sama vedyn kanssa. Lisäksi sähkökuorma-autot hyötyvät jo olemassa olevasta kattavasta henkilöautojen latausverkostosta. (Decarbonizing heavy-duty road transport in Europe 2022.)

## **6.2 Resurssitehokkuuden kehittäminen**

Liikenteen kiertotalous tähtää ennen kaikkea energiankäytön vähentämiseen koko järjestelmässä. Tavoitteita voidaan edistää päästörajoilla, uusiutuvaan energiaan perustuvilla energialähteillä ja kaluston kehittämisellä. Raskaan liikenteen kaluston energiankulutusta voidaan pienentää parantamalla aerodynaamisuutta ja energiatehokkuutta sekä vähentämällä painoa ja vierintävastusta (A Pathway to Zero-Emission Trucking in India 2024, 32.)

Suuri osa tieliikenteen ajoneuvojen kuljetuskapasiteetista on alikäytössä. Ajoneuvojen täyttöasteella on suora yhteys sekä kustannuksiin että päästöihin, mikä tekee täyttöasteesta houkuttelevan, ja myös edullisen, keinon hiilidioksidipäästöjen vähentämiseen. Toisaalta ajoneuvojen vajaakäyttö voi olla kompromissi, joka palvelee yrityksen muita liiketoimintatavoitteita. McKinnonin (2018, 140) mukaan Santén (2016) esittää, että kuljetusalan asiakkaat vaativat lyhyempiä toimitusvälejä, mikä johtaa pienempiin toimituseriin ja tätä kautta kuljetuskapasiteetin vajaakäyttöön. Esimerkiksi JIT -periaate edellyttää tiheämpää ja joustamatonta toimitusrytmiä, mikä heikentää kuljetusten tehokkuutta. Vaikka JIT-periaatteeseen perustuvat strategiat eivät sovi yhteen kuljetuksen resurssitehokkuuden edistämisen kanssa, voi koko toimitusketjun ympäristövaikutukset pienentyä kokonaisuudessaan. Myös nopean toimitusrytmin aiheuttamia ympäristövaikutuksia voidaan pienentää logistiikan huolellisella suunnittelulla ja kuormien yhdistelemisellä jakelukeskuksissa. (McKinnon 2018, 127, 139-140, 143.)

Letka-ajolla voidaan vähentää ajoneuvojen energiankulutusta. Letka-ajossa vähintään kaksi ajoneuvoa ajaa jonossa. Ajoneuvot kommunikoivat keskenään sähköisesti, mikä mahdollistaa tavallista lyhyemmän turvavälin. (Välimäki 2019.) Pienentynyt energiankulutus perustuu ensimmäisen ajoneuvon takana kulkevien ajoneuvojen pienempään ilmanvastukseen. Myös letkan ensimmäisen ajoneuvon on havaittu hyötyvän letka-ajosta (Pekkala, Sorvisto & Heikkilä 2020, 17; viitattu lähteisiin Bakerman 2016, van Ark ja muut 2017). Pekkalan ja muiden tutkimuksessa havaittiin, että Suomen tieverkosto voisi soveltua kohtalaisen hyvin letka-ajamiseen, mutta taajama-alueilla ja liikennevaloissa muu liikenne voi tulla letkassa liikkuvien ajoneuvojen väliin, mikä heikentää letkan kasassa pysymistä. Tämän vuoksi olisi hyvä olla olemassa merkki, joka osoittaisi muulle liikenteelle letka-ajon. Letkaan liittymiseen tulisi myös suunnitella niille erikseen varatut alueet, jotta liittyminen olisi sujuvaa. (Pekkala ym. 2020, 17, 26-27, 29-30.)

HCT (High Capacity Transport) -kuljetukset ovat olleet sallittuja Suomen tieliikenteessä tammi-kuusta 2019 alkaen (Lahti 2019). HCT -ajoneuvoyhdistelmällä tarkoitetaan kuljetusta, joka ylittää sallitut paino- ja pituusrajat, mutta ei kuitenkaan ole erikoiskuljetus. Suuremmilla kuljetuksilla tavoitellaan säästöjä sekä kustannuksissa että päästöissä, kun hyötykuorman suhde kokonaisuudessaan kasvaa (Pidemmät ja raskaammat HCT-rekat 2020). HCT-kuljetusten etuna on myös parempi täyttöaste, kun kasvaneet mitat tuovat yhdistelmiin eri kokovaihtoehtoja, jolloin yhdistelmä on helpompi valita käyttötarkoituksen mukaan. HCT-kuljetusten on arvioitu vähentävän CO<sub>2</sub>-päästöjä

noin 2 prosenttia vuodessa. Pitkän matkan tavaraliikenteestä voisi poistua joka viides ajoneuvo, mikä vähentäisi raskaan liikenteen ajosuoritetta 25 miljoonaa kilometriä vuodessa (HE 17/2020 vp.)

### 6.3 Ajoneuvo osana kiertotaloutta

Ajoneuvon voidaan ajatella olevan täydellinen esimerkki tuotteesta, joka sopii kiertotalouden konseptiin; ajoneuvon halutaan kestävän pitkään mahdollisimman vähällä huolto- ja korjaustoimenpiteillä, osien rikkoontuessa ne tulee olla korjattavissa tai vaihdettavissa, käytön aikaiset päästöt halutaan pitää minimissä ja elinkaaren lopussa oleva tuote kierrätetään mahdollisimman pitkälle. Jotta tähän päästään, on suunnittelussa valittava materiaalit, jotka kuluttavat luonnonvaroja mahdollisimman vähän, ovat kestäviä, korjattavia, vaihdettavia ja uudelleenkäytettäviä. (De Abreu, Da Costa, Da Costa, De Assis, Santos & D'Agosto 2022, 8, 11.)

EU:n direktiivi 200/53/EY sääntelee romuajoneuvoista syntyvän jätteiden ehkäisemistä, uudelleenkäyttöä, kierrätystä ja hyödyntämistä. Ajoneuvon painosta vähintään 85 prosenttia tulee olla uudelleenkäytettävissä tai kierrätettävissä ja vähintään 95 prosenttia uudelleenkäytettävissä tai hyödynnettävissä. (Romuajoneuvot 2023.) Raskaan kaluston valmistajat eivät kuulu EU:n tuottajavastuun lainsäädännön piiriin, vaan laki koskee ainoastaan henkilö- ja pakettiautojen valmistajia. EU:ssa annettiin vuonna 2023 ehdotus, jossa myös ehdotetaan lain ulottamista myös raskaan kaluston valmistajiin (COM(2023) 451 final). Ehdotuksen käsittely on vielä kesken.

Toisin kuin henkilöautot, elinkaarensa päässä oleva raskas kalusto päättyy usein kierrätyksen sijaan kunnostettavaksi. Kunnostetut ajoneuvot ovat usein taloudellisesti kannattavaa myydä kolmansiin maihin, mutta ympäristön kannalta tämä on kestävä ratkaisu, sillä kehittyvistä maista puuttuu kierrätysjärjestelmät ajoneuvojen purkamiseen ja kierrätykseen niiden elinkaaren lopussa. Tämä lisää ympäristön kuormitusta ja aiheuttaa arvokkaiden materiaalien hukkaa. Ajoneuvoteollisuuden tulisiikin varmistaa tuotteidensa koko arvoketju niin, että elinkaarensa päässä olevat ajoneuvot päätyvät valvottuihin kierrätyslaitoksiin. (Saidani, Yannou, Leroy, & Cluzel 2018, 117, 119.)

Autoteollisuuden tuote palveluna -liiketoimintamallissa ajoneuvon valmistaja tai maahantuoja omistaa tuotteen koko sen elinkaaren ajan vastaten myös tuotteen kierrättämisestä (Krummeck,

Yagmur, Braun, Kiemel & Miehe 2022, 2; viitattu lähteeseen Stahel 2016). Ideana on, että jo valmistetut ajoneuvot pidetään kunnossa ja päivitettynä vaihtamalla osia ja komponentteja, sen sijaan, että valmistettaisiin aina uusia ajoneuvoja. (Krummeck ym.2022, 2-3.) Jotta tuote palveluna -malli toimisi, on ajoneuvojen oltava helposti korjattavia, päivitettäviä ja purettavia (Martins, Godina, Azevedo & Carvalho 2021, 1-2). Tuote palveluna mallilla voidaan ehkäistä myös ajoneuvon päätyminen vientiin sen käyttöään lopussa.

Uudelleenvalmistus on olennainen osa kiertotaloutta. Uudelleenvalmistuksen tavoitteena on palauttaa osat uutta vastaavina käyttöön kunnostuksen, puhdistuksen ja uudelleen kokoamisen jälkeen. Uudelleenvalmistus sopii erityisen hyvin autoteollisuuteen, koska ajoneuvojen osat ovat alun alkaenkin valmistettu kestävästä materiaaleista. Autoteollisuus onkin yksi uudelleenvalmistuksen merkittävimmistä toimialoista ja kattaa kaksikolmasosaa koko alan tuotannosta maailmanlaajuisesti. Uudelleenvalmistus tulisi ottaa huomioon jo tuotteen suunnittelussa, mutta kaikkien tuotteiden kohdalla se ei ole mahdollista; tekninen suunnittelu voi olla liian vaikeaa, kallista eikä uudelleenvalmistetun tuotteen laatua voida taata. (Karvonen, Jansson, Vatanen, Tonteri, Uoti & Wessman-Jääskeläinen 2015, 7-8, 17, 26.)

Sähköajoneuvon yleistyessä herää huoli ajoneuvojen akkujen kierrätyksestä. Akkumateriaalien tehokas kierrätys on ensiarvoisen tärkeää kriittisten materiaalien riittävyyden kannalta. Kiertotalouden toteuttaminen sähköajoneuvojen akkujen elinkaareissa on vielä uusi alue, joka tarvitsee sääntelyä, standardeja ja tukea. Sopha, Purnamasari ja Ma´num (2022) toteavat, että suurimpia kiertotalouden esteitä ovat riittämättömät hallitusten toimet ja turvallisuusstandardien puute. Kiertotalouteen ohjaavan sääntelyn ja kannustimien puute vähentää yritysten investointihalukkuutta kierrätyksen mahdollistaviin teknologioihin ja hidastaa yritysten tuloa alalle. Akkujen sisältämien vaarallisten aineiden vuoksi ala tarvitsisi turvallisuusstandardeja. Ajoneuvojen akkuja ei useinkaan ole suunniteltu purettaviksi, mikä vaatii kierrätykseltä erityisosaamista ja lisää kustannuksia. Lisäksi asiakkaiden tietoisuuden puute akkujen kierrätyksen mahdollisuuksista vähentää kierrätykseen palautuvien akkujen määrää. (Sopha, Purnamasari & Ma´num 2022, 2, 10.)

#### **6.4 Kiertävät ja tehokkaat materiaalivirrat**

Ympäristötietoisuuden kasvaessa kierrätettyjen tuotteiden kysyntä kasvaa. Kasvava käänteisen logistiikan tarve parantaa paluukuljetusten täyttöastetta. Materiaalien kuljetus kierrätyslaitoksiin

saattaa kuitenkin aiheuttaa kuljetusmatkojen kasvua, sekä isompien ajoneuvojen käyttötarvetta, mikä kasvattaa kuljetusten päästöjä. (Pöyskö ym. 2020, 40.) Materiaalivirtoja voidaan tehostaa kuljetusyritysten yhteistyöllä sekä kehittämällä konsepteja, joilla yhdistellään toimitus- ja paluu-logistiikkaa entistä tehokkaammin. (van Buren, Demmers, van der Heijden & Witlox 2016, 9.)

Jakelujärjestelmän tehostaminen on keskeisiä keinoja materiaalivirtoja kehitettäessä. Materiaalihukan minimointi, taloudellinen optimointi, tuotteiden elinkaaren tukeminen ja verkostoyhteistyö kehittävät jakelujärjestelmää kiertotalouden keinoin (Ripanti & Tjahjono 2019, 23.) Jakelujärjestelmää voidaan tehostaa sijoittamalla jakelu- ja yhdistelykeskukset optimaaliselle paikalle, käyttämällä puhtaita ja energiatehokkaita kuljetusmuotoja, lyhentämällä ajomatkoja reittioptimoinnilla ja kehittämällä materiaalivirtoja niin, että kuljetuspyyntöjen määrä vähenee (De Abreu, ym. 2022, 12, 13; viitattu lähteisiin Mestre & Cooper 2017 ja Carrasco-Gallego ym 2012).

Käänteinen logistiikka on kiertotaloudessa keskeisessä roolissa tuotteiden elinkaareissa mahdollistamalla paluuvirrat kuluttajilta tuottajille. Kun aiemmin käänteinen logistiikka keskittyi lähinnä joihinkin logistiikan keskeisiin toimintoihin, kuten palautuksiin ja kustannuksiin, nykyään sen tärkein rooli on säilyttää tuotteen hyöty ja arvo. (Ripanti & Tjahjono 2019, 22-23.) Maantieliikenne on avainasemassa käänteisen logistiikan toteutuksessa, mutta logistiikkakustannukset voivat kuitenkin nousta käänteisen logistiikan haasteeksi (Rönkkö, Ayati & Majava 2021, 5). King ja muut (2006, 265) huomauttavat, että elinkaarensa päässä olevien tuotteiden keräily voi nousta uudelleenvalmistuksen suurimmaksi kustannuseräksi. Rönkön ja muiden (2021, 5) mukaan Leppänen ym. (2020) päättelivät, että vähäiset käänteisen logistiikan tavaravirrat harvaan asutuilla alueilla muodostavat tehottoman yhdistelmän.

Jotta jakelujärjestelmä toimisi tehokkaasti materiaalien kiertäessä, tulisi ns. ensimmäisen ja viimeisen mailin kuljetukset yhdistää. Yhdistämisen keskeisin tekijä on ajoitus, johon vaikuttaa tuotteiden määrä ja laatu, etäisyydet, väestötiheys ja liikenneolosuhteet (Agnusdei, Gnoni, Sgarbossa, Govindann 2022, 2; viitattu lähteeseen Agnusdei 2019). Kuljetusten tehokas yhdistäminen etenkin kaupungeissa on tarpeen, sillä kaupunkien tavaraliikenne ja liikenteen volyyymi tulevat kasvamaan tulevaisuudessa mm. kaupungistumisen, väestönkasvun, talouskehityksen ja verkkokaupan yleistymisen myötä (Bosona 2020 1; viitattu lähteisiin Ranieri ym. 2018 ja Visser ym. 2014).



Bányai esittää kaupunkiliikenteen kehittämisen ratkaisuksi yhteistyömalleja, jossa kuljetus- ja noutopyyntöjä välitetään ajoneuvoille reaaliajassa niin, että tehtävän ottaa vastaan ajoneuvo, jolle se sopii parhaiten. Tarvittaessa paketit kootaan keskuksiin, joissa ne säilytetään odottamassa jatko-reittiä. (Bányai 2018, 1,7, 21.) UCC (Urban Consolidation Center) on toimintamalli, jossa ensimmäisen ja viimeisen mailin lähetykset kerätään logistiikkakeskukseen, joka sijaitsee lähellä aluetta, jota se palvelee. UCC ei ole uusi toimintamalli, mutta Lindkvistin ja Melanderin (2022, 2) mukaan Allen ja muut (2012) ovat todenneet tutkimuksissaan, että suurin haaste UCC:lle on niiden taloudellinen kannattamattomuus. Bjorklund ym. (2017) toteavat, että uudet teknologiat voivat olla avuksi toimintojen kehittämisessä kannattavaksi. (Lindkvist & Melander 2022, 2.)

## 6.5 Digitalisaatio

Digitalisaatio on keskeinen osa-alue kestävässä liikennejärjestelmässä. Kasvava datan määrä kehittää reittioptimointia, kun tietoa saadaan esimerkiksi tietyömaista ja ruuhkista. Sähköinen tiedonsiirto mahdollistaa ennakkotietojen lähettämisen toimitusketjun eri vaiheista, mikä edesauttaa resurssien käytön suunnittelua. Digitalisaation suurimmat päästöjä vähentävät vaikutukset tulevat kuljetussuunnittelun ja kokonaisajosuoritteen vähentämisen kautta. Näitä edesauttavat sähköiset tilausjärjestelmät sekä esimerkiksi ajoneuvoihin sijoitettu automaatio, joka avustaa kuljettajaa kulutuksen vähentämisessä. (Pöyskö, Sirkiä, Riihelä, Kujala & Utriainen 2020. 2020, 32, 53.)

Pöyskön ja muiden (2020) mukaan digitalisaation ei voida päätellä vähentävän päästöjä suoraan, vaan sen vaikutukset tulevat välillisesti, kun koko sektorin toiminta tehostuu. (Pöyskö ym. 2020, 18.) Toisaalta Jyväkorven (2023, 23) haastatteluissa tuli ilmi, että digitalisaatio on mahdollistanut huomattavat päästövähennykset alan yrityksissä. Molemmat kuitenkin toteavat, tutkimustietoa digitalisaation päästövähennyksistä on vähän tarjolla (Pöyskö ym. 2020, 72 ja Jyväkorpi 2023, 31).

## 6.6 Kestävät liiketoimintamallit

Kestävyys saatetaan nähdä yrityksissä pakollisena toimenpiteenä, jolla täytetään asiakkaan minimivaatimukset, mutta toisaalta kestävät toimintatavat voivat antaa yritykselle myös kilpailuetua erilaistumisen kautta (Ciccullo, Pero, Gosling, Caridi, Purvis 2020, 1; viitattu lähteisiin Markley ym.

2007 ja Pagell ym 2014). Kestävien toimintatapojen toteuttaminen vaatii yrityksiltä kokonaisvaltaista muutosta, jossa hyödynnetään uutta teknologiaa ja kehitetään liiketoimintamalleja (Lähdeaho 2022, 27).

Katselan ja Brownen (2023) mukaan jakamistalouteen perustuva liiketoiminta koostuu sekä aineellisista että aineettomista jaettavista resursseista. Aineellisia resursseja ovat esimerkiksi lastausalueet, yhdistelykeskukset ja ajoneuvojen kapasiteetti. Lastausalueet ja yhdistelykeskukset ovat pääasiassa yksittäisen toimijan hallussa. Näiden tilojen avaaminen yhteiskäyttöön parantaisi ajoneuvojen täyttöastetta. Esimerkiksi UCC-pisteet vähentäisivät kaupunkialueen jakeluliikennettä. Ulkopuoliselta alihankkijalta ostettu kuljetuspalvelu toimii esimerkkinä ajoneuvojen kapasiteetin jakamistaloudesta. Kun yritykset eivät kuljeta omia tuotteitaan omalla autolla, vaan ostavat palvelun ulkopuoliselta palveluntuottajalta, voi kuljetuspalvelun tarjoaja yhdistellä eri asiakkaiden toimituksia samaan ajoneuvoon. (Katsela & Browne 2023, 56.)

Aineettomia jakamistalouden resursseja ovat data ja liiketoimintamallit. Datan jakaminen parantaa sidosryhmien yhteen toimivuutta ja niiden toteuttamien prosessien tehokkuutta. Jaetut liiketoimintamallit edistävät uusiutuvan energian käyttöä, palvelukeskeisyyttä, ajoneuvojen käytön tehokkuutta ja kuljetusjärjestelmien kehittämistä. Tiedon ja liiketoimintamallien jakaminen tuo toimijoille synergiaetuja, joita niiden olisi mahdotonta yksin saavuttaa. Toisaalta yritykset voivat pelätä, että tiedon jakaminen voisi johtaa asiakkaiden menettämiseen. Luottamuksen ja läpinäkyvyyden puute onkin yksi jakamistalouden suurimmista esteistä. Myös taloudellisen hyödyn määrittely voidaan nähdä ongelmaksi, sillä resurssien omistaja määrittelee kumppanit, tehtävät ja strategiat, jolloin voittojen jakaminen voi muodostua esteeksi yhteistyön muodostumiselle. (Katsela & Browne 2023, 56-58.)

Alustatalouteen perustuva liiketoiminta tuo yhteen kuljetuksen arvoketjuun osallistujat. Myös alustatalous edellyttää yrityksen jakavan tietoa reiteistä, kuljetuskapasiteetista ja hinnasta. Alustapohjainen liiketoiminta on melko helposti toteutettavissa, koska sen käyttöönotto ei vaadi infrastruktuurin digitalisointia. Haasteena on saada mukaan riittävän suuri määrä osallistujia, sillä alustan luoma arvo riippuu sen osallistujamäärästä. (Meyer, Horvat, Hitzler, Do 2018, 16-17.)

Alustatalouden keskeiset toimijat luovat kumppaniekosysteemin, joka edellyttää vuorovaikutusta ja luottamusta (Dinu, Rosca, Burciu, Oprea, Ilie, Stere, Rusca 2024, 15).

Alustatalous optimoi resurssien käyttöä ja alentaa kustannuksia digitalisaation avulla. Alusta perustuu kysynnän ja tarjonnan yhdistämiseen. Se mahdollistaa palvelujen vertailun, mikä auttaa asiakasta valitsemaan oikean palvelun. Hinnoittelu voi perustua kustannuksiin tai olla kysyntälähtöistä. Yhteistyö alustan toimijoiden välillä voi olla horisontaalista, jolloin toimitusketju samalla tasolla toimivat tekevät yhteistyötä, esimerkiksi kuljetusyrietykset tekevät yhteistyötä toiminnoissaan. Vertikaalisessa yhteistyössä vuorovaikutuksen osapuolet toimivat toimitusketjun eri tasoilla, esimerkiksi lähettäjä ja kuljetusyrietyt tekevät sopimuksen toimituksesta. (Dinu ym. 2024, 19-21.)

Logistiikka-alalla on mahdollisuus ottaa rooli kiertotalouden mahdollistajana tuottamalla lisäarvo-palveluita teollisuudelle tuotteiden elinkaaren eri vaiheissa. Tämä vaatii laajaa yhteistyötä, joissa yritykset optimoivat yhdessä toimitusketjunsä niin, että ne ottavat huomioon tuotteiden koko elinkaaren ja luovat integroituja logistiikkaratkaisuja. (van Buren, Demmers, van der Heijden & Witlox 2016, 10.) Raskaan liikenteen kiertotalouden kehittyminen vaatii ennen kaikkea alan suurimpien asiakkaiden siirtymistä kiertotalouteen. Niin kauan, kun suuret teollisuudenalat eivät toimi kiertotalousmallin mukaan, ei logistiikka-alallakaan ole riittäviä kannustimia muuttaa toimintamalliaan. Kuljetusyrietykset saattavat myös tuntea, että heidän on mahdotonta muuttaa liiketoimintamalliaan, koska asiakkaiden toiminta määrittää niin vahvasti koko alan toimintatavat. (van Buren ym. 2016, 12-13.)

Kiertotalousmallin hidasteena toimivat perinteiset rakenteet ja käytänteet, jotka ovat kehittyneet lineaarisen talousmallin aikana. Lainsäädännön tulkinta voi estää innovatiivisten ratkaisujen kehittämistä, mikä hidastaa kiertotalouden edistymistä. Esimerkiksi yritysten tiivis yhteistyö alan toimintatapojen kehittämiseksi voidaan luokitella kartelliiksi. Toisaalta yrityksillä ei välttämättä ole halua lähteä muuttamaan nykyisiä toimintatapojaan, jos ne saavuttavat niillä nyt jo riittävän hyödyn. Uudenlaiset liiketoimintamallit vaativat myös erityisosaamista, jota perinteisillä kuljetusyrietyksillä ei ehkä ole sekä isoja investointeja, joiden välitön hyöty ei ole näkyvissä. (van Buren, ym. 2016, 11-12.)

## **7 Pohdinta**

Opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää kuvailevan kirjallisuuskatsauksen keinoin millä ohjauskeinoilla raskasta liikennettä pyritään ohjaamaan kohti kiertotaloutta ja miten kiertotaloutta voidaan

toteuttaa raskaassa liikenteessä. Työ kokosi yhteen Suomen ja EU:n keinot sekä aiempien tutkimusten tulokset kiertotalouden edistämiseen raskaassa liikenteessä. Työ keskittyi Suomen sisäiseen luvanvaraiseen tavaraliikenteeseen. Kirjallisuuskatsauksessa pyrittiin ottamaan huomioon tulosten sovellettavuus Suomen olosuhteisiin.

Teoriaosuus käsitteli kiertotalouden ajureita, kiertotalouden liiketoimintamalleja ja kiertotalouden roolia Suomessa. Raskaan liikenteen teoriaosuus keskittyi tavaraliikenteen merkitykseen Suomessa, sen aiheuttamiin kasvihuonepäästöihin ja uusiin, vaihtoehtoihin energianlähteisiin. Päästöt ovat merkittävin tekijä raskaan liikenteen ympäristövaikutuksista puhuttaessa, minkä takia raportti käsittelee paljon keinoja niiden hillitsemiseen.

Valtiovallan erilaiset strategiset ohjelmat sisälsivät samoja elementtejä kiertotalouden edistämiseen kuin kirjallisuuskatsauskin toi esille, mutta keinot keskittyvät ainoastaan, määräaikaista ja rajallisia hankintatukia lukuun ottamatta, päästövähennyksiin kustannuksia nostamalla. Nykyinen alennettu dieserverokanta toimii päinvastaisesti eli ei edistä siirtymistä fossiilittomiin polttoaineisiin. Päästövähennykset ovat merkittävä osa kiertotaloutta, mutta muihin kiertotalouden keinoihin ne eivät juuri kannusta.

Kiertotalouden menetelmistä vaihtoehtoiset energianlähteet, resurssitehokkuutta parantavat ratkaisut ja digitalisaatio nousivat keskiöön useammassakin raportissa. Digitalisaation kohdalla peräänkuulutettiin yritysten välistä yhteistyötä, mutta kovin konkreettisia keinoja sen toteuttamiseksi ei ole vielä tarjolla. Kirjallisuuskatsaus toi esille, että kiertotalouden kehitystä hidastavat lineaarisen talousmallin aikana muodostuneet rakenteet; esimerkiksi lainsäädäntö ja luottamuksen puute voivat olla tiiviin yhteistyön ja tietojenvaihdon esteenä.

Vähemmälle huomiolle valtiovallan raporteissa ja toimenpideohjelmissa jäi esimerkiksi materiaalivirtojen kehittäminen, jonka avulla voitaisiin kehittää raskaan liikenteen ajosuoritetta. Myöskään ajoneuvojen elinkaaren pidentämistä ei ole otettu huomioon. Kiertotalouden liiketoimintamallit kytkeytyvät vahvasti digitalisaatioon ja edellyttävät ensin sen kehittymistä. Monet kiertotaloutta edistävät keinot kulkevat käsi kädessä kustannusten alentamisen kanssa ja ovat jo nyt käytössä; reittioptimointi, polttoainetta säästävät ratkaisut ja ajoneuvon täyttöasteen parantaminen ovat olennainen osa sekä kustannussäästöjä että resurssitehokkuutta.

Tutkimusaineistona pyrittiin käyttämään melko uusia, pääasiassa korkeintaan 4 vuotta vanhoja, aineistoja, mikä tekee tutkimustuloksista luotettavia. Toisaalta jotkin vanhemmat strategiset ohjelmat tai raportit olivat edelleen ajankohtaisia, koska niistä ei oltu tehty uusia versioita. Joissakin lähteissä vanhempi tieto oli edelleen paikkaansa pitävää, joten niiden mukaan ottaminen ei heikentänyt tutkimuksen ajankohtaisuutta tai luotettavuutta. Mahdollisia jatkotutkimusaiheita voisi olla esimerkiksi kuljetusalan yritysten vapaaehtoiset keinot sekä mahdollisuudet ja resurssit kiertotalouden edistämiseen.

## Lähteet

55-valmiuspaketti: neuvostolta keskeistä lainsäädäntöä vuoden 2030 ilmastotavoitteiden tueksi. 2023. Lehdistötiedote Euroopan unionin neuvoston verkkosivulla 25.4.2023. Viitattu 29.6.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2023/04/25/fit-for-55-council-adopts-key-pieces-of-legislation-delivering-on-2030-climate-targets/>.

55-valmiuspaketti: EU:n päästökauppajärjestelmän uudistus. 2024. Ingografiikka EU:n verkkosivulla 27.1.2024. Viitattu 29.6.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/infographics/fit-for-55-eu-emissions-trading-system/>.

Ahola, A., Alarotu, M., Antikainen, M., Honkatukia, J., Järnefelt, V., Kapanen, J., Lantto, R., Laurikala, M., Naumanen, M., Orko, I., Ritschkoff, A., Still, K., Sundqvist-Andberg, H., Tenhunen, A., Wiman, H., Winberg, I. & Åkerman, M. Kiertotalouden ekosysteemit. 2020. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2020:13. Viitattu 20.5.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162083/TEM\\_2020\\_13.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162083/TEM_2020_13.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

Andersson A., Jääskeläinen, S., Saarinen, N., Mänttari, J. & Hokkanen E. 2020. Fossiilittoman liikenteen tiekartta -työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:17. Viitattu 17.6.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162508/LVM\\_2020\\_17.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162508/LVM_2020_17.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

Agnusdei, G.P., Gnoni, M.G., Sgarbossa, F. & Govindann, K. 2022. Challenges and perspectives of the Industry 4.0 technologies within the last-mile and first-mile reverse logistics: A systematic literature review. *Transportation Business & Management*, 45, C. Viitattu 24.8.2024. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100896>.

A Pathway to Zero-Emission Trucking in India. 2024. International Transport Forum. Viitattu 1.8.2024. <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/pathway-zero-emission-trucking-india.pdf>.

Autoalan green deal –sopimuksen väliarviointi, kaudelta 11/2018 – 06/2023. 2023. Ympäristöministeriö, green deal –sopimusten arvioinnit, 3. auto-alan sopimuksen väliarviointi 2023. Viitattu 25.6.2024. <https://www.sitoumus2050.fi/documents/20143/824856/TIIVISTELM%C3%84+Julkinen+versio+auto-alaan+green+deal+sopimuksen+arviointi+2023.pdf/7e132104-6d65-9e62-8cae-594004b35906>.

Bányai, T. 2018. Real-Time Decision Making in First Mile and Last Mile Logistics: How Smart Scheduling Affects Energy Efficiency of Hyperconnected Supply Chain Solutions. *Energies*, 11,7, 1833. Viitattu 24.8.2024. <https://doi.org/10.3390/en11071833>.

Bio- ja maakaasu. N.d. Autoalan Tiedotuskeskuksen verkkosivu. Viitattu 3.9.2024. [https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet\\_ja\\_kayttovoimat/bio-ja\\_maakaasu](https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/bio-ja_maakaasu).

Bosona, T. 2020. Urban Freight Last Mile Logistics—Challenges and Opportunities to Improve Sustainability: A Literature Review. *Sustainability*, 12, 21, 8769. Viitattu 24.8.2024. <https://doi.org/10.3390/su12218769>.

Browne, M. & Katsela, C. 2023. The scope for more sustainable urban freight transport through shared resources, An exploratory study. *Transportation Research Procedia*, 79, 52-59. Viitattu 31.7.2024. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2024.03.009>.

Business Models for the Circular Economy. 2019. OECD:n raportti 3.4.2019. Viitattu 25.5.2024. <https://www.oecd-ilibrary.org/sites/e59f8dd6-en/index.html?itemId=/content/component/e59f8dd6-en>.

Chen, C. 2020. Improving Circular Economy Business Models: Opportunities for Business and Innovation. *Johnson Matthey Technology Review*, 64, 1, 48 – 58. Viitattu 25.5.2024. <https://technology.matthey.com/content/journals/10.1595/205651320X15710564137538>.

Ciccullo, F., Pero, M., Gosling, J., Caridi, M. & Purvis, L. 2020. When Sustainability Becomes an Order Winner: Linking Supply Uncertainty and Sustainable Supply Chain Strategies. *Sustainability*, 12, 15, 6009. Viitattu 31.7.2024. <https://doi.org/10.3390/su12156009>.

COM(2020) 98 final. Uusi kiertotalouden toimintasuunnitelma puhtaamman ja kilpailukykyisemmän Euroopan puolesta. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Viitattu 8.6.2024. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0021.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:9903b325-6388-11ea-b735-01aa75ed71a1.0021.02/DOC_1&format=PDF).

COM(2020) 789 final. Kestävän ja älykkään liikkuvuuden strategia – Euroopan liikenne tulevaisuuden raiteelle. Komission tiedonanto Euroopan parlamentille, neuvostolle, Euroopan talous- ja sosiaalikomitealle ja alueiden komitealle. Viitattu 8.6.2024. [https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0004.02/DOC\\_1&format=PDF](https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:5e601657-3b06-11eb-b27b-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF).

COM(2023) 451 final. Ehdotus. Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset ajoneuvojen suunnittelua koskevista kiertotalousvaatimuksista ja romuajoneuvojen jätehuollosta, asetusten (EU) 2018/858 ja 2019/1020 muuttamisesta sekä direktiivien 2000/53/EY ja 2005/64/EY kumoamisesta. Annettu 13.7.2023. Viitattu 12.8.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?uri=COM%3A2023%3A451%3AFIN&qid=1651223944578>.

Decarbonizing heavy-duty road transport in Europe. 2022. Artikkelinä Kearney.com verkkosivulla 8.10.2022. Viitattu 5.8.2024. <https://www.kearney.com/industry/energy/article/decarbonizing-heavy-duty-road-transport-in-europe>.

De Abreu, V., Da Costa, M., Da Costa, V., De Assis, T., Santos, A. & D'Agosto, M. 2022. The Role of the Circular Economy in Road Transport to Mitigate Climate Change and Reduce Resource Depletion. *Sustainability*, 14, 14, 8951. Viitattu 9.8.2024. <https://doi.org/10.3390/su14148951>.

Dinu, O., Rosca, E., Burciu, S., Oprea, C., Ilie, A., Stere, A.S. & Rusca, F. 2024. Integrative Framework for Platform-Based Business Models to Drive Climate Neutrality in Logistics. *Sustainability*, 16, 1418. Viitattu 31.7.2024. <https://doi.org/10.3390/su16041418>.

Eilittä, E. 2022. Tieliikenteen ja rakennusten päästökauppa ETS BRT. Työ- ja elinkeinoministeriö 1.12.2022. Viitattu 4.7.2024. <https://energiavirasto.fi/documents/11120570/142649517/Eilitt%C3%A4+Eleonoora+tieliikenteen+ja+rakennus->

[ten+p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppa.pdf/6a8a9b36-0d33-1354-0fdf-ea44e69f5f1d/Ei-litt%C3%A4+Eleonoora+tieliikenteen+ja+rakennus-ten+p%C3%A4%C3%A4st%C3%B6kauppa.pdf?t=1670404418609.](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_17+2020.aspx)

Eiro, L., Forsblom, M., Härkin, N., Reinimäki, S., Orjasniemi T. & Teittinen, H. 2021. Liikennealan kestävän kasvun ohjelma 2021–2023. Viitattu 14.6.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163301/VN\\_2021\\_60.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163301/VN_2021_60.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

EU:n uusiutuvan energian tavoitteet ja lainsäädäntö. N.d. Työ- ja elinkeinoministeriön verkkosivu. Viitattu 7.6.2024. <https://tem.fi/uusiutuva-energia-eu-lainsaadanto>.

EU:n ympäristöneuvostossa hyväksyttiin yleisnäkemyks raskaan kaluston CO<sub>2</sub>-päästöistä. 2023. Tiedote valtioneuvoston verkkosivulla 17.10.2023. Viitattu 8.5.2024. <https://valtioneuvosto.fi/-/1410829/eu-n-ymparistoneuvostossa-hyvaksyttiin-yleisnakemys-raskaan-kaluston-co2-paastoista>.

Euro 7: neuvosto ja parlamentti alustavaan sopuun maantieajoneuvojen päästörajoista. Lehdistötiedote Euroopan unionin neuvoston verkkosivulla 18.12.2023. Viitattu 8.5.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2023/12/18/euro-7-council-and-parliament-strike-provisional-deal-on-emissions-limits-for-road-vehicles/>.

Euroinjetti: tiemaksujen uudistus hyväksytty neuvostossa. 2021. Lehdistötiedote Euroopan unionin neuvoston verkkosivulla 9.11.2021. Viitattu 29.7.2024. <https://www.consilium.europa.eu/fi/press/press-releases/2021/11/09/eurovignette-road-charging-reform-adopted-by-council/>.

Global Memorandum of Understanding on zero-emission medium- and heavy-duty vehicles. 2024. Drive to zero verkkosivusto. Viitattu 2.8.2024. <https://globaldrivetozero.org/mou-nations/>.

Hallituksen esitys HE 46/2024 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan määräaikaisesta tukemisesta annetun lain muuttamisesta. Viitattu 30.7.2024. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_46+2024.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_46+2024.aspx).

Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi ruuhkamaksujen puitelaiksi. 2022. Uutinen valtionvarainministeriön verkkosivulla. Viitattu 29.7.2024. <https://vm.fi/hanke?tunnus=VM100:00/2022>.

HE 17/2020 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi tieliikennelain muuttamisesta ja siihen liittyviksi laeiksi. Viitattu 22.8.2024. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_17+2020.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_17+2020.aspx).

HE 53/2023 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain 5 §:n muuttamisesta. Julkaistu 12.10.2023. Viitattu 28.6.2024. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE\\_53+2023.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/HallituksenEsitys/Sivut/HE_53+2023.aspx).

HE 71/2023 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle päästökauppalain sekä laiksi biopolttoaineista, bionesteistä ja biomassapolttoaineista annetun lain 2 ja 33 §:n muuttamisesta. Julkaistu 13.5.2024. Viitattu 29.6.2024. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/YmVL\\_18+2023.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/YmVL_18+2023.aspx).



Huttunen, R., Kuuva, P., Kinnunen, M., Lemström, B. & Hirvonen, P. 2023. Hiilineutraali Suomi 2035 – kansallinen ilmasto- ja energiastrategia. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:53. Viitattu 7.6.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM\\_2022\\_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y,%20https://www.aut.fi/files/2770/Kayttovoimaennusteet\\_2023\\_06\\_13.pdf](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164321/TEM_2022_53.pdf?sequence=1&isAllowed=y,%20https://www.aut.fi/files/2770/Kayttovoimaennusteet_2023_06_13.pdf).

Ilomäki, R., Kivari, M., Käsnänen, S., Takala, J. & Vähätörmä P. 2023. Raskaan liikenteen ajoneuvojen latausinfra. Tarveselvitys. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2023:1. Viitattu 10.5.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164612/LVM\\_2023\\_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164612/LVM_2023_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Jakeluvelvoite. N.d. Energiaviraston verkkosivu. Viitattu 29.6.2024. <https://energiavirasto.fi/jakeluvelvoite>.

Jyväkorpi, L. 2023. Tieliikenteen kappaletavarakuljetuksien kasvihuonekaasupäästöjen vähentäminen logistiikan digitalisaation avulla. Opinnäytetyö, AMK. Logistiikan tutkinto-ohjelma, Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Viitattu 31.8.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/807730/Opinn%20E4ytety%20F6\\_LauraJyv%20E4korpi.pdf;jsessionid=3E1455FD7D23267295901E73E28B566A?sequence=2](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/807730/Opinn%20E4ytety%20F6_LauraJyv%20E4korpi.pdf;jsessionid=3E1455FD7D23267295901E73E28B566A?sequence=2).

Jääskeläinen, S., Lohko-Soner K., & Särkijärvi, J. 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. 2018. Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 13/2018. Viitattu 7.5.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161210/LVM\\_13\\_18\\_Toimenpideohjelma%20hiilettomaan%20liikenteeseen%202045%20Liikenteen%20ilmastopolitiikan%20tyoryhman%20loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161210/LVM_13_18_Toimenpideohjelma%20hiilettomaan%20liikenteeseen%202045%20Liikenteen%20ilmastopolitiikan%20tyoryhman%20loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Kaariaho, T. & Pirtonen, H. 2022a. Kiertotalous edistyy Suomessa hitaasti – merkittävimmät askeleet kohti asetettuja tavoitteita ovat vielä ottamatta. Artikkelit Tilastokeskuksen verkkosivulla 20.12.2022. Viitattu 18.5.2024. <https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/kiertotalous-edistyy-suomessa-hitaasti-merkittavimmat-askleet-kohti-asetettuja-tavoitteita-ovat-viela-ottamatta>.

Kaariaho, T. & Pirtonen, H. 2022b. Ammennamme Suomen luonnosta aiempaa vähemmän materiaaleja – Onko irtikytkentä alkanut? Mitä indikaattorit kertovat kulutuksesta? Artikkelit Tilastokeskuksen verkkosivulla 22.12.2022. Viitattu 18.5.2024. <https://stat.fi/tietotrendit/artikkelit/2022/ammennamme-suomen-luonnosta-aiempaa-vahemman-materiaaleja-onko-irtikytkenta-alkanut-mita-indikaattorit-kertovat-kulutuksesta>.

Kalenoja, H. 2019. Paketti-, kuorma- ja linja-autojen tulevaisuuden käyttövoimat – tiekartta vuoteen 2040. Tieliikenteen tietokeskus. Viitattu 8.5.2024. [https://www.aut.fi/files/2009/Hyotyajoneuvojen\\_kayttovoimat\\_tiekartta.pdf](https://www.aut.fi/files/2009/Hyotyajoneuvojen_kayttovoimat_tiekartta.pdf).

Kangasniemi, M., Utriainen, K., Ahonen, S., Pietilä, A., Jääskeläinen, P. & Liikanen, E. 2013. Kuvailuva kirjallisuuskatsaus: eteneminen tutkimuskysymyksestä jäsenettyyn tietoon. Hoitotiede, 25 4, 291–301. Viitattu 21.9.2024. <https://journal.fi/hoitotiede/article/view/128286/77409?acceptCookies=1>.

Kartalle EU:n vastuullisuussäätelyssä – missä mennään? 2023. Elinkeinoelämän keskusliiton julkaisu 21.11.2023. Viitattu 10.6.2024. [https://ek.fi/wp-content/uploads/2023/11/EK\\_Vastuullisuuden-EU\\_saantely\\_etenee\\_Paivitetty\\_21.11.2023.pdf](https://ek.fi/wp-content/uploads/2023/11/EK_Vastuullisuuden-EU_saantely_etenee_Paivitetty_21.11.2023.pdf).

Karvonen, I., Jansson, K., Vatanen, S., Tonteri, H., Uoti, M. & Wessman-Jääskeläinen, H. 2015. Uudelleenvalmistus osana kiertotaloutta. VTT. Viitattu 10.8.2024. <https://publications.vtt.fi/pdf/technology/2015/T207.pdf>.

Kestävää kasvua kiertotalouden liiketoimintamalleista. 2022. Sitran julkaisuja. Viitattu 19.5.2024. <https://www.sitra.fi/app/uploads/2022/02/kestavaa-kasvua-kiertotalouden-liiketoimintamalleista-2-1.pdf>.

Kierrolla kärkeen: Suomen tiekartta kiertotalouteen 2016-2025. 2016. Sitran selvityksiä 117. Viitattu 25.6.2024. <https://media.sitra.fi/app/uploads/2017/02/Selvityksia117-3.pdf>.

Kiertotalouden edistäminen EU:ssa. N.d. Artikkelit ympäristöministeriön verkkosivulla. Viitattu 11.5.2024. <https://ym.fi/kiertotalouden-edistaminen-eu-ssa>.

Kiertotalouden strateginen ohjelma. N.d. Ympäristöministeriön verkkosivusto. Viitattu 15.4.2024. <https://ym.fi/kiertotalousohjelma>.

Kiertotalouden strategisen ohjelman toimeenpano. 2021. Tiedote ympäristöministeriön verkkosivulla. Viitattu 11.5.2024. <https://ym.fi/hankesivu?tunnus=YM046:00/2021>.

King, A., Burgess, S., Ijomah, W. & McMahon, C. 2006. Reducing Waste: Repair, Recondition, Remanufacture or Recycle? Sustainable development, 14, 4, 257-267. Viitattu 19.8.2024. <http://dx.doi.org/10.1002/sd.271>.

Kudel, S. 2021. Voivatko sähköpolttoaineet auttaa ilmastonmuutoksen pysäyttämisessä? Artikkelit UPM:n verkkosivustolla 30.11.2021. Viitattu 26.9.2024. <https://www.upmbiofuels.com/fi/artikkelit/biopolttoaineet/21/voivatko-sahkopolttoaineet-auttaa-ilmastonmuutoksen-pysayttamisessa/>.

Kujala, A., Herrala, A., Murto, P., Kojo, J., Polamo, H., Eskelinen, U. & Yli-Saunamäki, A. 2022. Suomi liikenteessä – ja liikkeessä. Kuljetus- ja logistiikka-alan tavoiteohjelma 2023-2027. Viitattu 1.7.2024. [https://skal.fi/wp-content/uploads/2022/12/SKAL\\_tavoiteohjelma\\_2023-2027.pdf](https://skal.fi/wp-content/uploads/2022/12/SKAL_tavoiteohjelma_2023-2027.pdf).

Kuljetusmuotojen roolit tavaraliikenteessä 2021. Artikkelit Traficom:n verkkosivulla 23.12.2021. Viitattu 4.9.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/kuljetusmuotojen-roolit-tavaraliikenteessa>.

Kuiva, K. 2021. Ekologisen kestävä kehityksen tuomat haasteet logistiikkapalveluyrityksissä. Opinnäytetyö, AMK. Kaakkois-Suomen ammattikorkeakoulu, liiketoiminnan logistiikka. Viitattu 16.4.2024. <http://www.theseus.fi/handle/10024/501169>.

Krummeck, P., Yagmur, D. D., Braun, D., Kiemel, S., & Miehe, R. 2022. Designing component interfaces for the circular Economy—A case study for product-as-a-service business models in the automotive industry. Sustainability, 14, 21, 13851. Viitattu 10.8.2024. <https://doi.org/10.3390/su142113851>.

Kysymyksiä ja vastauksia: CountEmissionsEU. 2023. Euroopan komission verkkosivu 11.7.2023. Viitattu 8.6.2024. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/qanda\\_23\\_3774](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/qanda_23_3774).

L 1134/2022. Laki uusiutuvien polttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja väliaikaisesta muuttamisesta. Viitattu 28.6.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2022/20221134>.

L 22.12.2021/1289. Laki vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan sekä ajoneuvon vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivaksi muuntamisen määräaikaisesta tukemisesta. Viitattu 30.7.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2021/20211289>.

L 603/2021. Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta. Viitattu 28.6.2024. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2021/20210603#Pidm46111191521216>.

Lacy, P., Long, J & Spindler, W. 2020. Lacy, Peter, et al. The Circular Economy Handbook: Realizing the Circular Advantage. Viitattu 18.5.2024. <https://doi.org/10.1057/978-1-349-95968-6>.

Lahti, O. 2019. Pitkät HCT-rekat yleistyvät. Uutinen Traficomien verkkosivulla 13.6.2019. Viitattu 22.8.2024. <https://www.traficom.fi/fi/tilastot-ja-julkaisut/blogit/pitkat-hct-rekat-yleistyvat>.

Liikenne- ja kuljetusalan vähäpäästöisen liikenteen tiekartta. 2022. Tiivistelmäraportti 11.3.2022. Autoalan tiedotuskeskus. Viitattu 2.3.2024. [https://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen\\_tiekartta\\_Tiivistelmaraportti\\_2022.pdf](https://www.aut.fi/files/2196/Liikenteen_tiekartta_Tiivistelmaraportti_2022.pdf).

Liikenteen hiilidioksidipäästöjen kehitys. 2023. Uutinen Autoalan Tiedotuskeskuksen verkkosivulla 15.12.2023. Viitattu 8.5.2024. [https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen\\_kasvihuonekaasupaastot](https://www.aut.fi/tilastot/liikenteen_kasvihuonekaasupaastot).

Liikenteen kasvihuonekaasupäästöt ja energiankulutus. 2022. Uutinen liikenne- ja viestintävirasto Traficomien verkkosivulla 13.12.2022. Viitattu 8.5.2024. <https://tieto.traficom.fi/fi/tilastot/liikenteen-kasvihuonekaasupaastot-ja-energiankulutus>.

Liikenteen verotuksen uudistamista selvittävän työryhmän loppuraportti. 2021. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:26. Viitattu 24.6.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163110/VM\\_2021\\_26.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163110/VM_2021_26.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Lindkvist, H. & Melander, L. 2022. How sustainable are urban transport services? A comparison of MaaS and UCC, Research in Transportation Business & Management. 43, 100829. Viitattu 24.8.2024. <https://doi.org/10.1016/j.rtbm.2022.100829>.

Lottonen, J. & Sipilä, E. 2024. Selvitys hallitusohjelman uusiutuvien polttoaineiden jakeluvuoroitusta koskevien kirjausten vaikutuksista sekä RED III-direktiivin kansallisesta toimeenpanosta. Viitattu 1.7.2024. [https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/196402993/Jakeluvuoroituseselvitys\\_HO\\_REDIII\\_12022024\\_AFRY.pdf/208d520a-0daf-5700-8522-ee119c64ed10/Jakeluvuoroituseselvitys\\_HO\\_REDIII\\_12022024\\_AFRY.pdf?t=1707744320788](https://valtioneuvosto.fi/documents/1410877/196402993/Jakeluvuoroituseselvitys_HO_REDIII_12022024_AFRY.pdf/208d520a-0daf-5700-8522-ee119c64ed10/Jakeluvuoroituseselvitys_HO_REDIII_12022024_AFRY.pdf?t=1707744320788).

Lähde, N., Rautavirta, M., Miettinen, A., Syrjänen, V., Paavola, T. & Lehtilä, O. 2020. Logistiikan digitalisaatiostrategia: Kohti tehokasta ja kestävää logistiikkaa digitalisaatiolla. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 2020:13. Viitattu 15.6.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162463/a\\_LVM\\_2020\\_13.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162463/a_LVM_2020_13.pdf?sequence=7&isAllowed=y).

Lähdeaho, O. 2022. Competitiveness through sustainability: Drivers for logistics industry transformation. Väitöskirja. LUT-yliopisto, tekniikan tohtorikoulutus. Viitattu 31.7.2024. [https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164888/Oskari%20L%c3%a4hdeaho\\_A4.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://lut-pub.lut.fi/bitstream/handle/10024/164888/Oskari%20L%c3%a4hdeaho_A4.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Mannola, M. 2019. Ilmastonmuutos ja kestävä kehitys Väyläviraston toiminnassa. Väyläviraston julkaisuja 49/2019. Viitattu 30.4.2024. [https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/173223/vj\\_2019-49\\_978-952-317-736-9.pdf?sequence=5&isAllowed=y](https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/173223/vj_2019-49_978-952-317-736-9.pdf?sequence=5&isAllowed=y).

Martins, A. V., Godina, R., Azevedo, S. G. & Carvalho, H. 2021. Towards the development of a model for circularity: The circular car as a case study, Sustainable Energy Technologies and Assessments, 45, 101215. Viitattu 10.8.2024. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2021.101215>.

McKinnon, A. 2018. Decarbonizing Logistics: Distributing Goods in a Low Carbon World. New York: Kogan Page Limited. Viitattu 20.8.2024. <https://janet.finna.fi>, ProQuest Central.

Meyer, N., Horvat, D. & Hitzler, C.D. 2018. Business Models for Freight and Logistics Services. Working Paper Sustainability and Innovation No. S 08/2018. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research ISI. Viitattu 31.7.2024.

Millä energialla kuljetamme? 2023. Raskaan liikenteen käyttövoimasiirtymän tilannekuva. Suomen Kuljetus ja Logistiikka SKAL ry. Viitattu 8.5.2024. [https://skal.fi/wp-content/uploads/2023/01/skal\\_kayttovoimasiirtyma\\_raportti\\_20230110.pdf](https://skal.fi/wp-content/uploads/2023/01/skal_kayttovoimasiirtyma_raportti_20230110.pdf).

Mitä kiertotalous on ja miksi sillä on merkitystä? 2023. Artikkelin Euroopan parlamentin verkkosivulla. Viitattu 29.4.2024. <https://www.europarl.europa.eu/topics/fi/article/20151201STO05603/mita-kiertotalous-on-ja-miksi-silla-on-merkitysta>.

Moilanen, P., Honkatukia, J., Rinta-Piirto, J., Räikkönen, A. & Sirkiä, A. 2024. Traficommin tutkimuksia ja selvityksiä 8/2024. Viitattu 8.5.2024. [https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/VLE%202024\\_0.pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/VLE%202024_0.pdf).

Nestemäiset biopolttoaineet. N.d. Autoalan Tiedotuskeskuksen verkkosivu. Viitattu 3.9.2024. [https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet\\_ja\\_kayttovoimat/biopolttoaineet](https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet_ja_kayttovoimat/biopolttoaineet).

Paakkinen, m. 2023. Sähköinen liikenne kehittyy ennätysvauhtia – on aika panostaa raskaan liikenteen latausinfraan. Blogi VTT:n verkkosivulla 14.9.2023. Viitattu 3.9.2024. <https://www.vttresearch.com/fi/uutiset-ja-tarinat/sahkoinen-liikenne-kehittyy-ennatysvauhtia-aika-panostaa-raskaan-liikenteen>.

Pekkala, V., Sorvisto, M. & Heikkilä, R. 2019. Raskaan liikenteen letka-ajamisen hyödyntämismahdollisuuksien selvittäminen Suomessa, loppuraportti. Rakenteet ja rakentamisteknologia, Oulun

yliopisto. Viitattu 21.8.2024. <https://oulurepo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/37246/isbn978-952-62-2627-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Penttinen S. 2023. Kohti kiertotalouden johtamista. Opinnäytetyö, AMK. Jyväskylän ammattikorkeakoulu, tekniikan ala, logistiikan tutkinto-ohjelma. Viitattu 15.4.2024. [https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/745690/Penttinen\\_Satu.pdf?sequence=2&isAllowed=y](https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/745690/Penttinen_Satu.pdf?sequence=2&isAllowed=y).

Perusskenaariot energia- ja ilmastotoimien kokonaisuudelle kohti päästöttömyyttä (PEIKKO) 2023. Tieliikenteen PEIKKO-WEM-PERUS-skenaarion tulostaulukot, liitetaulukko. Viitattu 10.5.2024. <https://www.hiisi2035.fi/>.

Perustavanlaatuinen muutos liikkuvuudessa: Komissio esittelee vihreää, älykästä ja kohtuuhintaista liikkuvuutta koskevan suunnitelmansa. 2020. Euroopan komission lehdistötiedote 9.12.2020. Viitattu 8.6.2024. [https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip\\_20\\_2329](https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/fi/ip_20_2329).

Pidemmät ja raskaammat HCT-rekat. 2020. Traficomien verkkosivu 13.2.2020. Viitattu 22.8.2024. <https://www.traficom.fi/fi/liikenne/tieliikenne/pidemmat-ja-raskaammat-hct-rekat?toggle=Julkaisuja%20ja%20tutkimustuloksia>.

Pöyskö, T., Sirkiä, A., Riihelä, A., Kujala, R. & Utriainen, M. 2020. Logistiikan digitalisaation ilmasto-vaikutukset. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisu 2020:8. Viitattu 31.8.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162319/LVM\\_2020\\_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162319/LVM_2020_8.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Ripanti, E. F., & Tjahjono, B. 2019. Unveiling the potentials of circular economy values in logistics and supply chain management. *The International Journal of Logistics Management*, 30, 2, 723-742. Viitattu 15.8.2024. <https://doi.org/10.1108/IJLM-04-2018-0109>.

Romuajoneuvot. 2023. Euroopan unionin verkkosivu 30.3.2023. Viitattu 12.8.2024. <https://eur-lex.europa.eu/FI/legal-content/summary/end-of-life-vehicles.html>.

Rönkkö, P. 2020. Logistiikka kiertotalouden ratkaisuisissa. Diplomityö, Oulun yliopisto, teknillinen tiedekunta, tuotantotalouden maisteriohjelma. Viitattu 15.4.2024. <http://jultika.oulu.fi/Record/nbnfioulu-202005201984>.

Rönkkö, P., Ayati, S.M. & Majava, J. 2021. Remanufacturing in the Heavy Vehicle Industry—Case Study of a Finnish Machine Manufacturer. *Sustainability* 2021, 13, 19, 11120. Viitattu 19.8.2024. <https://doi.org/10.3390/su131911120>.

Saidani, M., Yannou, B., Leroy, Y. & Cluzel, F. 2018. Heavy vehicles on the road towards the circular economy: Analysis and comparison with the automotive industry. *Resources, Conservation and Recycling*, 135, 108-122. Viitattu 10.8.2024. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.06.017>.

Salminen, A. 2011. Mikä kirjallisuuskatsaus? Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin. Vaasa: Vaasan Yliopisto. Viitattu 6.9.2024. [https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn\\_978-952-476-349-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn_978-952-476-349-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

Sopha, B., Purnamasari, D. & Ma'mun S. 2022. Barriers and Enablers of Circular Economy Implementation for Electric-Vehicle Batteries: From Systematic Literature Review to Conceptual Framework. *Sustainability*. 14, 10, 6359. Viitattu 10.8.2024. <https://doi.org/10.3390/su14106359>.

Sähkövuosi 2023: Puhdas sähköntuotanto kasvoi, päästöt ja hinnat romahtivat. 2024. Tiedote Energiategollisuuden verkkosivulla 11.1.2024. Viitattu 3.9.2024. <https://energia.fi/tiedotteet/sahkokuusi-2023-puhdas-sahkontuotanto-kasvoi-paastot-ja-hinnat-romahtivat/>.

The Circularity Gap Report 2024. 2024. Circle Economy Foundation. Viitattu 11.5.2024. <https://www.circularity-gap.world/2024>.

Tieliikenteen päästökauppajärjestelmä. Artikkelit ilmasto-opas.fi verkkosivulla 12.6.2023. Viitattu 29.6.2024. <https://www.ilmasto-opas.fi/artikkelit/tieliikenteen-paastokauppajarjestelma>.

Towards the circular economy. 2013. e Ellen MacArthur Foundation. Viitattu 29.4.2024. <https://emf.thirdlight.com/file/24/xTyQj3oxiYNMO1xTFs9xT5LF3C/Towards%20the%20circular%20economy%20Vol%201%3A%20an%20economic%20and%20business%20rationale%20for%20an%20accelerated%20transition.pdf>.

Trucks. 2024. Artikkelit European Federation for Transport and Environment AISBL verkkosivustolla 15.4.2024. Viitattu 2.8.2024. <https://www.transportenvironment.org/topics/trucks>.

Uusi suunta. 2021. Ehdotus kiertotalouden strategiseksi ohjelmaksi. Valtioneuvoston julkaisu 2021:1. Viitattu 12.5.2024. [https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/a2775be4-5f8e-4286-94e3-f5b4a5cc906a/b1666d0a-2ec3-48c9-b1be-df8b9ef7b785/ESITYS\\_20220408081013.PDF](https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/a2775be4-5f8e-4286-94e3-f5b4a5cc906a/b1666d0a-2ec3-48c9-b1be-df8b9ef7b785/ESITYS_20220408081013.PDF).

Valiokunnan mietintö LiVM 7/2024 vp. Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi vaihtoehtoisella käyttövoimalla toimivan ajoneuvon hankinnan määräaikaisesta tukemisesta annetun lain muuttamisesta. Viitattu 30.7.2024. [https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/LiVM\\_7+2024.aspx](https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/LiVM_7+2024.aspx).

van Buren, N., Demmers, M., van der Heijden, R. & Witlox, F. 2016. Towards a Circular Economy: The Role of Dutch Logistics Industries and Governments. *Sustainability*, 8, 7, 647. Viitattu 6.8.2024. <https://www.mdpi.com/2071-1050/8/7/647>.

Vety. 2024. Artikkelit Motivan verkkosivulla 20.2.2024. Viitattu 3.9.2024. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava-liikenne-ja-liikkuminen/valitse-auto-viisaasti/energialahteet/vety>.

Vety liikenteen energianlähteenä. N.d. Artikkelit Autoalan Tiedotuskeskuksen verkkosivulla. Viitattu 3.9.2024. <https://www.aut.fi/tieliikenne/polttoaineet-ja-kayttovoimat/vety>.

Vilkkä, H. 2023. Kirjallisuuskatsaus metodina, opinnäytetyön osana ja tekstilajina. Helsinki: Art House. Viitattu 6.9.2024. <https://janet.finna.fi/>, Ellibs.

Välimäki, M. 2019. Letkassa tulevaisuuteen. Abroad Turun sataman verkkolehti 29.1.2019. Viitattu 20.8.2024. <https://aboard.portofturku.fi/2019/01/letkassa-tulevaisuuteen/>

Weetman, C. 2021. A circular economy handbook: how to build a more resilient, competitive and sustainable business. Toinen painos. New York: Kogan Page Limited. Viitattu 30.4.2024. <https://janet.finna.fi>, VLeBooks.

Why long-haul trucks can be battery electric. 2022. Artikkel. Transport & Environment verkkosivulla 15.2.2022. Viitattu 2.8.2024. [https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2022\\_02\\_battery\\_electric\\_trucks\\_HDV\\_factsheet.pdf.pdf](https://www.transportenvironment.org/uploads/files/2022_02_battery_electric_trucks_HDV_factsheet.pdf.pdf).

Ylisiurunen, K., Forsblom, M., Vesa, J., Orjasniemi, T., Riihelä, A. 2023. Ohjelmayhteistyö liikennealan kestävän kasvun vauhdittamiseksi 2018–2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2024:3. Viitattu 20.4.2024. [https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165383/VN\\_2024\\_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/165383/VN_2024_3.pdf?sequence=1&isAllowed=y)