



SMART MOBILITY KIERTOTALOUDEN TUKENA

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2022

Tia Möttönen

Tarkastajat: Tutkijatohtori Nina Tura

Nuorempi tutkija Aino-Maria Hakamäki

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT

LUT Teknis-luonnontieteellinen

Tuotantotalous

Tia Möttönen

Smart mobility kiertotalouden tukena

Tuotantotalouden kandidaatintyö

2022

45 sivua, 5 kuvaa ja 2 taulukkoa

Tarkastajat: Tutkijatohtori Nina Tura ja nuorempi tutkija Aino-Maria Hakamäki

Avainsanat: kiertotalous, smart city, smart mobility, kestävyys, liikkumisjärjestelmät, liikkuvuus

Ilmastonmuutoksen sekä voimakkaan kaupungistumisen myötä tehokkaille ja kestäville liikkumisjärjestelmille on yhä suurempi tarve. Tämän kandidaatintyön tarkoituksena on selvittää, millä tavoin älykäs liikkuvuus eli smart mobility tukee kiertotalouden mallia. Aihetta tarkastellaan erityisesti kiertotalouden liiketoimintamallien sekä pääperiaatteiden avulla. Tutkimus pohjautuu kirjallisuuskatsaukseen, ja sen tukena hyödynnetään reaali maailman esimerkkejä älykkään liikkuvuuden sovelluksista.

Tutkimuksen tulokset osoittavat, että älykkään liikkuvuuden sekä kiertotalouden väliltä löytyy monipuolisesti synergioita. Muun muassa dataan pohjautuva julkisen liikenteen, huolto- ja liikenneinfrastruktuurin suunnittelu sekä optimointi tukevat tehokkaampaa resurssien käyttöä. Lisäksi ne ovat yhteydessä kaupungin ilmanlaadun paranemiseen. Merkittävimmiä älykkään liikkuvuuden ja kiertotalouden yhtäläisyyksiksi osoittautuivat liikenteen päästöjen vähentyminen, nopeutunut muutos kohti uusiutuvaa energiaa, ajoneuvojen yksityisomistuksen väheneminen, pidemmät elinkaaret ennakoivalla kunnossapidolla, resurssitehokkuus sekä pienempi materiaali- ja energiakulutus.

Älykäs liikkuvuus tukee myös kestävä kehityksen sosiaalista ja taloudellista puolta, jotka yhdessä ympäristöllisen puolen kanssa takaavat kestävä kiertotalouden implementoinnin. Esimerkiksi yhdistettyjen ja autonomisten ajoneuvojen teknologialla ekologinen ajaminen helpottuu, mikä edelleen luo kustannussäästöjä ja parantaa ajoturvallisuutta.

Sisällysluettelo

Tiivistelmä

1	Johdanto.....	4
1.1	Työn tavoitteet ja tutkimusongelmat.....	5
1.2	Työn menetelmät, rajaukset ja rakenne.....	5
2	Kiertotalous	7
2.1	Lineaaritaloudesta kiertotalouteen	7
2.2	Kiertotalous	8
2.3	Kiertotalouden liiketoimintamallit	9
2.4	Kiertotalouden mukainen liikkuminen.....	11
3	Smart mobility	14
3.1	Smart city	14
3.2	Smart mobility.....	16
3.3	Smart mobilityn hyödyt ja haasteet.....	19
4	Smart mobility sovelluksia kiertotalouden kontekstissa	21
4.1	Whim – Liikkuminen palveluna.....	21
4.2	Transport for London – Liikenteen optimointi	22
4.3	Otonomo – Ajoneuvodatan alusta.....	24
4.4	BloxCar – Vertaisvuokrausalusta.....	25
5	Johtopäätökset: smart mobility kiertotalouden osana.....	27
5.1	Kiertotalouden ja älykkään liikkuvuuden synergiat.....	27
5.2	Tulevaisuus	31
6	Yhteenveto.....	33
6.1	Tulokset.....	33
6.2	Tutkimuksen luotettavuus	35
	Lähteet	36

1 Johdanto

Kaupungistuminen on ollut voimakasta jo useita vuosikymmeniä; siitä huolimatta sen odotetaan vain vahvistuvan tulevaisuudessa. Vuoden 2018 puolella kaupunkialueilla asui yhteensä noin 55 prosenttia maailman populaatiosta. Ennusteen mukaan kyseisen luvun on arvioitu nousevan 66 prosenttiin vuoteen 2050 mennessä. (UNEP 2018) Kasvavan kaupunkiväestön myötä huomio kiinnittyy yhä vahvemmin myös toimiviin liikkumisjärjestelmiin (Paiva et al. 2021; United Nations 2021). Liikkuvuus on yksi elintärkeistä osista kaupunkitaloudessa, kun tarkastellaan yhteiskunnan toimivuutta kokonaisuutena. Kuitenkin liikkuvuuden merkittävyydellä on myös käänteinen puoli. Liikkumisjärjestelmät, jotka eivät tue kestävästä kehitystä, voivat olla hyvinkin vahingollisia koko yhteiskunnalle. Tällä hetkellä vakiintuneet kaupunkien liikkumisjärjestelmät mukautuvat pitkälti lineaarisen talousmallin ominaisuuksiin: liikenne on fossiilipolttoaineista riippuvaisin ala ja yksityisautoilu on hallitsevassa asemassa. (IEA 2021; The Ellen MacArthur Foundation 2019) Samaan aikaan ilmastomuutoksen aiheuttama paine pakottaa ihmiskuntaa siirtymään uusiin toimintamalleihin ja innovatiivisiin ratkaisuihin, jotka mahdollistavat kestävämmän tulevaisuuden.

Kiertotalous on talousmalli, joka perustuu resurssien uudelleenhyödyntämiseen; tällä tavoin muun muassa saasteiden sekä jätteiden synty pyritään minimoimaan (Geissdoerfer et al. 2017). 13 prosenttia globaalista resurssikulutuksesta on yhteydessä liikkuvuuteen sekä 90 prosenttia kaupunkien ilmansaasteista on peräisin ajoneuvoista (The Ellen MacArthur Foundation 2017): nämä viestivät suuresta tarpeesta kestäväälle ja kiertotalouden mukaiselle liikkumisjärjestelmälle. Älykkäissä kaupungeissa digitaalisilla ratkaisulla pyritään parantamaan sekä tehostamaan kaupunkiympäristöä (European Commission 2022). Konseptiin lukeutuu älykäs liikkuvuus, eli smart mobility, jonka keskeisimmät tavoitteet kietoutuvat juurikin kestävämmän kaupunkiliikenteen luomisen sekä ilmanlaadun parantamisen ympärille (Benevolo et al. 2016; Faria et al. 2017).

1.1 Työn tavoitteet ja tutkimusongelmat

Vaikka älykkään kaupungin sekä älykkään liikkuvuuden konseptit ovat hiljalleen nousseet ratkaisuvaihtoehdoksi vallitsevaan kestävyyskriisiin (Toli & Murtagh 2020), olemassa oleva tutkimus painottuu kuvastamaan älykästä kaupunkia sekä sen ulottuvuuksia laaja-alaisesti kestävä kehityksen näkökulmasta. Aikaisempia tutkimuksia on jonkin verran sekä älykkään kaupungin että kiertotalouden mahdollisuuksista, mutta tutkimus näiden kahden aihealueen synergioista on vielä hyvin vähäistä. Tulevaisuudessa kestävämpien liikkumisjärjestelmien merkitys tulee olemaan yhä suurempi ja ratkaisuja tarvitaan jo kiireesti kestävyyskriisin hallintaan. Nämä tekijät johdattelevat meidät tämän tutkimuksen ajankohtaiseen aiheeseen. Tämän kandidaatintyön tavoitteena on tarkastella älykästä liikkuvuutta kiertotalouden sekä erityisesti kiertotalouden liiketoimintamallien näkökulmasta. Työssä pyritään löytämään yhtäläisyyksiä älykkään liikkuvuuden ja kiertotalouden väliltä. Lisäksi työssä perehdytään älykkään liikkuvuuden tulevaisuuteen kiertotalouden näkökulmasta.

Kandidaatintyön päätutkimuskysymys on:

- *Millä tavalla älykäs liikkuvuus tukee kiertotaloutta?*

Jotta saavutettaisiin syvempi ymmärrys aiheesta, päätutkimuskysymystä lähestytään kahden apututkimuskysymyksen avulla:

- *Mitä kiertotalouden mukainen liikkuminen vaatii ja pitää sisällään?*
- *Minkälaisia kiertotalouden mukaisia case-esimerkkejä älykkäästä liikkuvuudesta löytyy?*

1.2 Työn menetelmät, rajaukset ja rakenne

Tämä kandidaatintyö pohjautuu kirjallisuuskatsaukseen sekä lähteinä on käytetty aiheeseen pohjautuvaa teoriakirjallisuutta ja muuta kirjallisuutta. Tutkimuksessa käytetään apuna erityisesti viime aikoina julkaistuja tieteellisiä artikkeleita. Lisäksi työssä hyödynnetään olemassa olevia reaali maailman yritys esimerkkejä älykkään liikkuvuuden sovelluksista, jotka nivoutuvat teorian kanssa yhtenäiseksi ilmiön kuvaukseksi ja joiden pohjalta aihetta on helppompaa lähestyä.

Työssä on kaksi merkittävää rajausta. Ensinnäkin työ on rajattu käsittelemään pelkästään älykkääseen kaupunkiin kuuluvaa älykästä liikkuvuutta; kuitenkin aiheen syvällisen ymmärryksen muodostamiseksi, teoriaosiossa määritellään kokonaisuudessaan älykkään kaupungin konsepti. Tämän lisäksi älykkään liikkuvuuden kestävyyttä lähestytään vain kiertotalouden näkökulmasta, eikä työssä huomioida muita kestävän kehityksen mukaisia järjestelmiä tai viitekehyksiä. Nämä rajaukset ovat oleellisia, jotta niiden muodostamaan kokonaisuuteen – toistaiseksi puutteelliseen tutkimusaiheeseen – voidaan paneutua mahdollisimman syvästi.

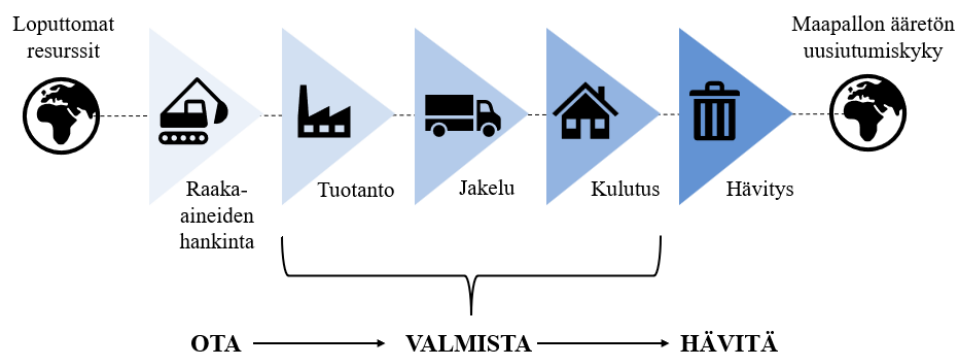
Työn ensimmäisen osion tarkoituksena on johdatella lukija aiheeseen sekä antaa tiivistetty kuva työn tavoitteista, tutkimusongelmista, rajauksista sekä sisällöstä. Toinen luku on omistettu kiertotalouden talousmallille; osiossa käsitellään aihetta erityisesti liikkuvuuden näkökulmasta. Kolmas osio puolestaan pitää sisällään älykkään kaupungin kuvauksen painottuen vahvasti älykkääseen liikkuvuuteen. Lisäksi samaisessa osiossa pyritään tuomaan merkittävimpiä älykkään liikkuvuuden hyötyjä ja haasteita ilmi. Neljännessä osiossa käsitellään, minkälaisia kiertotaloutta tukevia älykkään liikkuvuuden case-esimerkkejä on olemassa. Kyseisessä osiossa käsitellään myös näihin esimerkkeihin liittyviä keskeisimpiä haasteita. Viides osio painottuu tarkemmin älykkään liikkuvuuden ja kiertotalouden yhtäläisyyksien kuvaamiseen aikaisempien osioiden pohjalta. Tämän lisäksi osiossa käsitellään älykkään liikkuvuuden tulevaisuuden kuvaa. Viimeisessä osiossa eli yhteenvedossa vastataan tutkimuskysymyksiin tiivistetysti ja perehdytään tutkimuksen luotettavuuteen.

2 Kiertotalous

Tässä luvussa perehdytään kiertotalouden konseptiin kirjallisuuden pohjalta. Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään lineaaritaloutta sekä sen aiheuttamia haasteita. Seuraavassa kahdessa alaluvussa määritellään kiertotalouden käsite sekä käsitellään kiertotalouden viiden liiketoimintamallin keskeisimpiä ominaisuuksia. Neljännessä alaluvussa keskitytään luomaan kattava kuva kiertotalouden mukaisesta liikkumisesta; lisäksi alaluvun lopussa on yritysesimerkki, joka pyrkii yhdistämään aikaisemman teoriaosan reaalimaailmaan.

2.1 Lineaaritaloudesta kiertotalouteen

Lineaaritalous on ollut dominoivassa asemassa teollisesta vallankumouksesta lähtien niin maailmanlaajuisen tuotannon kuin kulutuksen osalta (Esposito et al. 2017; Ghosh 2020, 1). Tämä vallitseva yksisuuntainen malli näkyy esimerkiksi siinä, minkälaisiksi teollisuuden prosessit sekä toimitusketjut ovat muokkautuneet ajan saatossa. Lineaaritalous määritellään tyypillisesti lähestymistavaksi, jossa noudatetaan ”ota, valmista, hävitä” -kulttuuria (Sillanpää & Ncibi 2019, 18). Tarkemmin malli muodostuu raaka-aineiden hankkimisesta, tuotteen valmistuksesta, jakelusta, kulutuksesta sekä käytetyn tuotteen eli jätteen hävittämisestä joko polttaen tai kaatopaikkoja hyödyntäen. (Schulte 2013) Käytettyjä materiaaleja ei siis lajitella, eikä niitä hyödynnetä uudelleenvalmistusmielessä enää kulutuksen jälkeen. **Kuva 1** havainnollistaa lineaaritalouden perinteisen toimintamallin.



Kuva 1. Lineaaritalous (Mukaiillen Wautelet 2018).

Lineaarinen malli tukee massatuotantoa (Esposito et al. 2017): toimitusketjut on suunniteltu optimaaliseen tehokkuuteen, jolloin maksimaalinen tuotanto mahdollistuu pienin kustannuksin. Jos järjestelmässä huomioitaisiin esimerkiksi tuotteiden korjaaminen uudelleenkäyttöä varten, kustannusten määrä nousisi häiriten samalla tuotannon optimoitua virtausta. (Schulte 2013) Vallitseva lineaarimalli on auttanut taloudellisen kasvun saavuttamisessa, mutta kestämyydessään suistanut planetaariset rajat niiden kestäväyden ylärajoille tai jopa ylitse (Raworth 2017, 90; Sillanpää & Ncibi 2019, 38). Kun arvokkaat materiaalit päätyvät jätteeksi ja mahdollisuus uudelleenhyödyntämisestä sivuutetaan, luonnonvarojen määrä pääsee ehtymään ja maailman ekosysteemi kärsii. Samaan aikaan väestönmäärän jatkuva kasvu sekä kulutuksen nousu asukasta kohti tekevät tilanteesta yhä haastavamman. (Korhonen et al. 2018) Mallia tukeva implisiittinen oletus siitä, että ympäristö pystyy tarjoamaan jatkossakin tarpeelliset resurssit yhteiskunnan toimintoihin, on johtanut merkittäviin ympäristöongelmiin (Wiesmeth 2021, 12). Lineaaritalous ei toimi kestävästi: tilalle tarvitaan malli, joka tukee ekosysteemiä ja mahdollistaa resurssien kiertokulun.

2.2 Kiertotalous

Kiertotalous tarjoaa vaihtoehtoisen ja kestäväen toimintamallin koko yhteiskunnalle ja sen toiminnolle. Kiertotalouden konsepti pohjautuu monen eri tieteenalan, kuten teollisen ekologian ja ekotehokkuuden, käsitykseen kyseisestä ilmiöstä (Korhonen et al. 2018), jonka vuoksi kiertotaloudelle ei löydy yhtä ainoaa määritelmää. Kirchherr et al. (2017) ovat keränneet artikkeliinsa jopa 114 kiertotalouden määritelmää tieteellisestä kirjallisuudesta. Myös Liederin & Rashidin (2016) mukaan, kiertotalouden määrittelyyn löytyy hyvin monenlaisia mahdollisuuksia. Konseptin ydinajatus piilee kuitenkin resurssien uudelleenhyödyntämisessä. Kirchherr et al. (2017) määrittelevät kiertotalouden taloudelliseksi systeemiksi, jossa lineaaritaloudelle tyypillinen ”*end-of-life*” -ajattelutapa vaihdetaan uudelleenkäytön, kierrätyksen ja materiaalin uusimisen malleihin niin tuotannon, jakelun kuin kulutusprosessien osalta. Kiertotalouteen kuuluu laaja joukko erilaisia toimijoita, kuten kuluttajia, yrityksiä ja kaupunkeja, jotka yhdessä pyrkivät kohti kestäväää kehitystä pitäen sisällään ympäristön laadun turvaamisen, taloudellisen menestyksen sekä sosiaalisen tasa-arvon.

Geissdoerfer et al. (2017) tarjoavat vastaavanlaisen määritelmän kiertotaloudelle. Kyseisen määritelmän mukaan kiertotalous on regeneratiivinen järjestelmä, jossa resurssien käyttö,

jäte, saasteet ja energiahukka minimoidaan hidastamalla, sulkemalla ja kaventamalla materiaali- ja energiasilmukoita. Tämä on mahdollista saavuttaa pitkäkestoisten tuotteiden ja palveluiden suunnittelulla, huollolla, korjauksella, uudelleenkäytöllä, uudelleenvalmistuksella, kunnostuksella ja kierrättämisellä. Myös Korhosen et al. (2018) määritelmässä toistuu syklisen materiaalivirtojen sekä uusituvan energian hyödyntäminen kiertotalouden toteuttamiseksi. Lisäksi samaisessa määritelmässä painotetaan, että menestyksenkäs kiertotalous edistää kaikkia kolmea kestävän kehityksen ulottuvuutta: ympäristöllistä, taloudellista sekä sosiaalista puolta. Kyseinen lähestymistapa ei ole kuitenkaan niin yleisesti nähtävissä. Vuonna 2017 vain 13 % tieteellisistä määritelmistä viittasi kiertotalouden ohessa kaikkiin kolmeen kestävän kehityksen ulottuvuuteen; eriosien huomiotta jättäminen voi johtaa kestävämpään kiertotalouden implementointiin (Kirchherr et al. 2017). Tässä kandidaatintyössä kiertotalous nähdään taloudellisena järjestelmänä, jossa pyritään etenkin uudelleenhyödyntämisen, suunnittelun ja korjaustoimenpiteiden avulla hidastamaan, sulkemaan ja kaventamaan materiaali- ja energiasilmukoita huomioiden samalla niin ympäristön laadun, taloudellisen kasvun kuin sosiaalisen tasa-arvon turvaamisen.

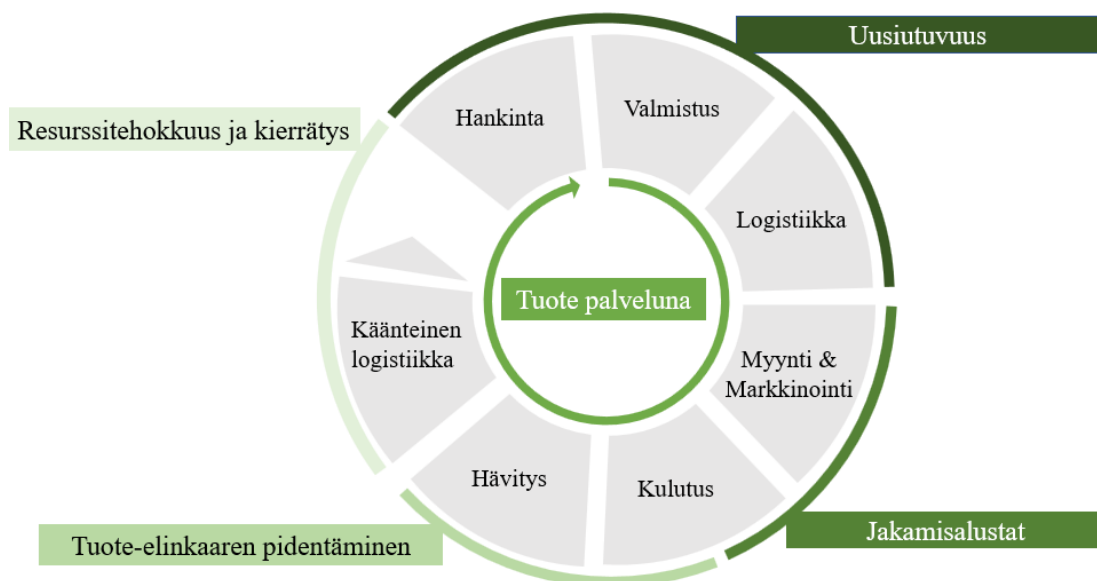
2.3 Kiertotalouden liiketoimintamallit

Kiertotalouden mukainen toiminta sekä asetettujen tavoitteiden saavuttaminen edellyttävät innovaatioita niin liiketoimintamallien, teknologian kuin sosiaalisen puolen saralta (European Environment Agency 2021). The Ellen MacArthur Foundation (2013) painottaa innovatiivisten liiketoimintamallien tärkeyttä ja ajankohtaisuutta, jotta etenkin nykyiset omistajuuspohjaiset mallit pystytään vaihtamaan maksupohjaisiin malleihin. Olennaista on kuitenkin ylläpitää saman aikaisesti yrityksen antaman arvolupauksen houkuttelevuutta. Sitran (2019) määritelmän mukaan kiertotalouden liiketoimintamallit voidaan jakaa viiteen eri kategoriaan:

- 1) Uusiutuvuus (*Renewability*)
- 2) Jakamislustat (*Sharing platforms*)
- 3) Tuote palveluna (*Product as a Service, PaaS*)
- 4) Tuote-elinkaaren pidentäminen (*Product life extension*)
- 5) Resurssitehokkuus ja kierrätys (*Resource efficiency and recycling*)

Uusiutuvuus viittaa uusiutuvan, biopohjaisen sekä kierrätetyn materiaalin ja energian hyödyntämiseen liiketoiminnassa; tämän merkittävyys on kasvanut kokonaisvaltaisesti yritys-toiminnassa, jotta energia- ja materiaalisilmukat saadaan suljettua eikä jätettä syntyisi (Bocken et al. 2016; Liu & Ramakrishna 2021, 27). Jakamislustat puolestaan tukevat kiertotaloutta mahdollistamalla käyttämättömien resurssien – kuten tavaroiden ja palveluiden – hyödyntämisen yhdistämällä resurssin omistajan ja käyttäjän (Aboulamer 2018). Jakamislustoista löytyy potentiaalia kokonaiskulutuksen vähentämiseen (Frenken & Schor 2017); toisaalta ne tukevat myös tehokkaampaa resurssikäyttöä, kun tuote voidaan esimerkiksi vuokrata siksi aikaa, kun se on käyttämättömänä.

Tuote palveluna on yksi keskeisimmistä kiertotalouden liiketoimintamalleista, koska se edellyttää kestävien ja laadukkaiden tuotteiden valmistamista (Sitra 2019). Kyseisessä mallissa asiakkaat eivät osta tuotetta itselleen vaan esimerkiksi vuokraavat sen palveluna yritykseltä. Tuote palveluna -liiketoimintamallin mukaiset tuotteet eivät hajoa herkästi eivätkä vaadi vaikeita korjaustoimenpiteitä. Niiden osat ovat helposti vaihdettavissa, ja elinkaaren lopussa tuotteet viedään uudelleenvalmistukseen tai kierrätykseen. Niin kuin **Kuva 2** havainnollistaa – toisin kuin muut liiketoimintamallit – tuote palveluna vaikuttaa tuotteen koko arvoketjussa. Mallin mukaan yrityksen on mahdollista saada sitä korkeampi arvo kulutetusta tuotteesta, mitä helpommin se pystytään muun muassa kunnostaa tai kierrättää käyttöiän lopussa. (Liu & Ramakrishna 2021, 29)

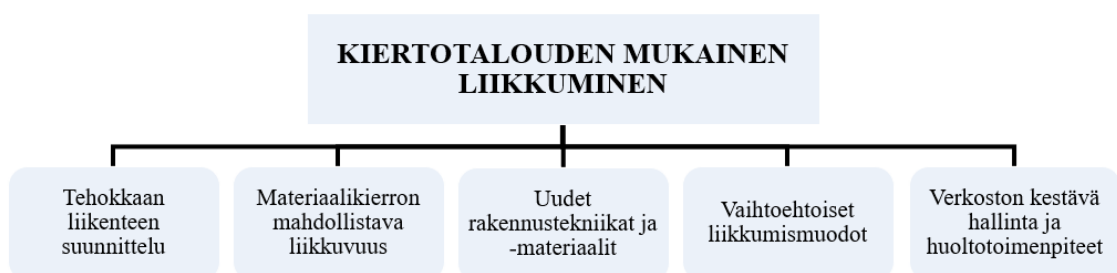


Kuva 2. Kiertotalouden liiketoimintamallit arvoketjussa (Mukaiillen Teknologiateollisuus et al. 2019).

Tuote-elinkaaren pidentämiseen kuuluu toimenpiteet, joiden avulla tuote pystytään palauttamaan käyttökelpoiseen tilaan siten, että sen alkuperäisestä markkina-arvosta on vielä jonkin verran jäljellä. Tyypillisesti tuote korjataan, kunnostetaan tai uudelleen valmistetaan sen käyttöön pidentämiseksi. (Milios 2021) Viimeinen liiketoimintamalli on resurssitehokkuus ja kierrätys; etenkin siinä vaiheessa, kun aikaisempia liiketoimintamalleja ei voida enää hyödyntää tuotteen kunnostamiseksi, arvokkaiden materiaalien talteenoton ja kierrättämisen painoarvot kasvavat. Tarkoituksena on konvertoida jäte ja sivutuotteet sekundääriraaka-aineiksi. (Liu & Ramakrishna 2021, 28-30) Resurssitehokkuuteen sisältyy myös materiaali- ja energiatehokkaat ratkaisut (Sitra 2021). Kun tarkastellaan näiden viiden mallin sisältöjä, pystytään erottelemaan niitä yhdistäviä tekijöitä, jotka myös samalla tiivistävät hyvin kiertotalouden ytimen. Talousmallin pääperiaatteisiin kuuluu jätteen ja päästöjen vähentäminen, tuotteiden ja materiaalin kierrätys sekä luonnon elvyttäminen (The Ellen MacArthur Foundation 2022); liiketoimintamallien voidaan katsoa kietoutuvan näiden teemojen ympärille.

2.4 Kiertotalouden mukainen liikkuminen

Kiertotalouden mukainen liikkuminen on mahdollista toteuttaa hyvin monipuolisoin keinoin kaupunkialueilla. The Ellen MacArthur Foundationin (2019) mukaan se vaatii muutoksia, jotka tukevat parempia taloudellisia ratkaisuja, ehostavat asukkaiden sosiaalista elämää sekä mahdollistavat luonnon monimuotoisuuden säilyttämisen. Kiertotalouden mukaista liikkumista voidaan lähestyä viiden eri vaiheen avulla, kuten **Kuva 3** esittää. Näihin kuuluvat tehokkaan liikenteen suunnittelu, materiaalikierron mahdollistava liikkuvuus, uusien rakennustekniikoiden hyödyntäminen, vaihtoehtoisten liikkumismuotojen löytäminen sekä verkoston kestävä hallinta ja huoltotoimenpiteet tehokkaampaa suorituskykyä varten.



Kuva 3. Kiertotalouden mukainen liikkuminen (The Ellen MacArthur Foundation 2019).

Merkittävää tehokkaan liikenteen suunnittelussa on monipuolisen liikennejärjestelmän luominen: kaupungin infrastruktuuri määrää pitkälti asukkaiden liikkumistottumukset. Muun muassa kattava julkinen liikenne sekä painotus kevyen liikenteen väylissä vähentävät yksityisautoilun tarvetta. Tällöin myös energia- sekä materiaalikulutus saadaan pienemmäksi. Myös sähköautoja tukeva infrastruktuuri, kuten latauspisteet, puoltaa uusiutuvaan energiaan siirtymistä, mikä on kiertotaloudelle ominaista. Lisäksi tämän työn kannalta yksi keskeisimmistä tehokkaamman suunnittelun mahdollistajista on datan hyödyntäminen. Datan avulla pystytään optimoimaan muun muassa julkisen liikenteen ja rahdin reittejä ja aikatauluja, sekä sitä myötä vähentämään päästöjä ja ruuhkia. Toisaalta kulkuneuvojen ja infrastruktuurin suunnittelussa tulisi huomioida resurssitehokkuus sekä uudenlaiset rakennusmateriaalit ja -tekniikat. Ajoneuvojen osien valmistuksessa kuluu paljon niin energiaa kuin materiaalia; kun hyödynnetään korjaus-, uudelleenkäyttö- sekä kierrätysmahdollisuuksia, kiertotaloudelle ominainen materiaalikierto toteutuu. Esimerkiksi modulaarinen tuotesuunnittelu tekee auton osien vaihtamisesta helpompaa, mikä puolestaan mahdollistaa autojen pidemmät elinkaaret. (Jain 2020; The Ellen MacArthur Foundation 2019)

Vaihtoehtoiset liikkumISRatkaisut tarjoavat vastineen vallitsevalle yksityisautoilun trendille. Tästä yksi esimerkki on liikkuminen palveluna, toisin sanoen MaaS (*Mobility-as-a-Service*), jonka voidaan sanoa sijoittuvan yksityisten ja julkisten liikkumismuotojen välimaastoon (The Ellen MacArthur Foundation 2019). MaaS voidaan määritellä käyttäjäkeskeiseksi liikkumisen jakelujärjestelmäksi, johon on koottu yhteen erilaiset liikkumiseen liittyvät palvelut, kuten yhteisauto- ja taksipalvelut, julkinen liikenne sekä polkupyörävuokraus. Digitaalisen palvelujärjestelmän avulla käyttäjä pystyy räätälöimään eri tilanteisiin sopivat liikkumISRatkaisut omien tarpeidensa pohjalta. MaaS-ratkaisut vähentävät yksityisomistuksen tarvetta, tukevat kestäväää kehitystä ja tarjoavat saumattoman kokonaisuuden liikkumisen suunnittelulle sekä maksamiselle. (UITP 2019) Vaihtoehtoiisiin liikkumismuotoihin kuuluu myös muun muassa asukkaiden aktiivinen elämäntyyli, jota voidaan edesauttaa kompakteilla kaupunkiratkaisuilla (The Ellen MacArthur Foundation 2019). Ennen kaikkea kävely sekä pyöräily luokitellaan kaikista ympäristöystävällisimmiksi liikkumismuodoiksi (United Nations 2021).

Liikenneverkoston tehokas ja kestävä hallinta sekä huoltotoimenpiteet liittyvät myös vahvasti kiertotalouden mukaiseen liikkumiseen. Yksi esimerkki tästä on kestävyyttä tukevat hankinnat, kuten energiatehokkaiden liikennevalojen hankinta. (The Ellen MacArthur

Foundation 2019) Vastaavasti infrastruktuurin kuntoa voidaan tarkkailla upottamalla sensoreita teihin ja tekemällä huoltotoimenpiteitä reaaliaikaisen datan pohjalta. Tällä tavoin pystytään parantamaan teiden suorituskykyä sekä samalla säästämään kustannuksissa. (IPA 2017) Koko liikenneverkoston hallinnassa tulisi siis huomioida laaja-alaisesti kestävät toimenpiteet, jotta kestävyyskriisin eteen saataisiin tehtyä muutoksia mahdollisimman tehokkaasti.

Vuonna 2001 perustettu Riversimple on hyvä esimerkki yrityksestä, joka on lähtenyt liiketoimintamallillaan sekä innovatiivisella teknologiallaan toteuttamaan kiertotalouden mukaista liiketoimintaa. Tämä start-up -lähtöinen yritys on vetypolttoajoneuvojen (*Fuel Cell Vehicle, FCV*) valmistaja Iso-Britanniasta (Randall 2020). Riversimplen tavoitteena on pyrkiä systemaattisesti poistamaan yksityisajoneuvojen negatiivisia ympäristövaikutuksia. Ensinnäkään yritys ei omista omia vetypolttoajoneuvoja vaan vuokraa ne toimittajilta: toimittajat voivat siis uudelleenhyödyntää kennojen korkealaatuiset ja pitkäkestoiset materiaalit, kun niiden vuokra päättyy. Riversimple ei myöskään myy autojaan vaan vuokraa ne asiakkaille; auton kuukausivuokra pitää sisällään huollon, vakuutuksen ja polttoaineen. Koska osa autosta kuuluu osien toimittajille, kaikilla osapuolilla on yhteinen tavoite tehdä mahdollisimman laadukas ajoneuvo. Tätä tukee myös yrityksen uniikki hallintorakenne, johon kuuluu edustajat kuudesta eri sidosryhmästä, sisältäen sijoittajat, ympäristöasiantuntijat, asiakkaat, henkilökunnan, kaupalliset kumppanit ja palveluyhteisön. Kun toiminnan kannalta kaikki merkittävät sidosryhmät ovat mukana päätöksenteossa, pystytään hyödyntämään kaikkien osapuolten ydinosaamista ja siten luomaan mahdollisimman paljon asiakasarvoa. (CQI & IRCA 2016) Kun ajoneuvon päästöttömyys yhdistetään vuokrauspalvelumalliin ja materiaalikiertoon, kiertotalouden keskeisimmät piirteet toteutuvat erinomaisesti. Yritys on vielä toistaiseksi testausvaiheessa, mutta ensimmäisen Rasa-automallin sarjatuotanto pitäisi näillä näkymin alkaa vuoden 2023 puolella Walesissa (Randall 2020).

3 Smart mobility

Tässä luvussa käsitellään älykkään kaupungin sekä erityisesti siihen kuuluvan älykkään liikkuvuuden konsepteja. Ensimmäisessä alaluvussa perehdytään älykkään kaupungin määrittelyyn, minkä jälkeen keskitytään tarkemmin älykkään liikkuvuuden sisältöön. Viimeiseksi käsitellään vielä älykkään liikkuvuuden merkittävimpiä hyötyjä sekä haasteita.

3.1 Smart city

Termiä ”*smart city*” eli älykäs kaupunki käytettiin ensimmäistä kertaa 1990-luvun alkupuolella. Kuitenkin, kuten myös aikaisemman kiertotalouskäsitteen tapauksessa, termille löytyy hyvin monenlaisia määritelmiä. (Chourabi et al. 2012) Ensimmäisissä määritelmissä keskiössä oli nimenomaan teknologia; ajan kuluessa käsitys älykkäistä kaupungeista on kuitenkin laajentunut ja uudemmissa määritelmissä huomioidaan vahvemmin muun muassa eri sidosryhmien rooli (LugoSantiago 2020, 14). Määritelmien laajaan kirjoon vaikuttaa etenkin se, että älykkäitä kaupunkeja voidaan tarkastella niin ekologisesta, teknologisesta, taloudellisesta, organisaationaalista kuin sosiaalisesta näkökulmasta (Lara et al. 2016). Älykästä kaupunkia voidaan kuvata pyrkimyksenä parantaa kaupungin sekä sen asukkaiden taloudellisia, sosiaalisia ja ympäristöllisiä standardeja (Mohanty et al. 2016). Monipuolista teknologiaa hyödyntäen kaupunki pystyy tehostaa toimintaansa eri osa-alueilla, parantaa palveluiden laatua ja edistää kansalaisten hyvinvointia (TWI 2022). Älykkäissä kaupungeissa yhdistyvät monenlaiset tieto- ja viestintäteknologiaratkaisut (*Information and Communication Technology, ICT*); esimerkiksi erilaisia sensoreita, dataa, asioiden internetiä (*Internet of Things, IoT*) ja tekoälyä hyödynnetään parempien ratkaisujen löytämiseksi (Benevolo et al. 2016; IBM 2022; Lai et al. 2020).

Hallin (2000) mukaan älykäs kaupunki on turvallinen, ympäristöystävällinen ja tehokas tulevaisuuden kaupunkikeskus, koska kaupungin rakenteet suunnitellaan, rakennetaan ja huolletaan edistyksellisten ja integroitujen materiaalien, sensorien ja verkkojen avulla. Nämä puolestaan yhdistetään tietokannoista, seurannasta ja päätöksentekoa algoritmeista koostuviin tietojärjestelmiin. Lazaroiu & Roscia (2012) puolestaan näkevät älykkään kaupungin

tulevaisuuden haasteena, tarkemmin kaupunkimallina, jossa teknologia palvelee asukkaita ja parantaa heidän taloudellista ja sosiaalista elämänlaatua. Caragliu et al. (2009) uskovat kaupungin olevan älykäs, kun investoinnit inhimilliseen ja sosiaaliseen pääomaan sekä tavanomaiset ja modernit viestintäinfrastruktuurit tukevat kestäväää talouskasvua, korkeaa elämänlaatua ja viisasta luonnonvarojen hallintaa.

Modernimmat älykkäät kaupungit keskittyvät etenkin kestävien ja tehokkaiden ratkaisujen hyödyntämiseen (Silva et al. 2018). Tämän myötä älykkäät kaupungit ovat nousseet potentiaaliseksi ratkaisuksi nopean kaupungistumisen aiheuttamiin kestävyysaasteisiin, kuten ilmansaasteiden hallintaan (Toli & Murtagh 2020). Viime aikoina hiljalleen yleistynyt termi älykkäistä kaupungeista on älykäs kestävä kaupunki (*smart sustainable city*) (Bibri & Krogs-tie 2017), joka on myös tämän työn kannalta luontainen lähestymistapa aiheeseen. Bibrin (2018) mukaan älykäs kestävä kaupunki on syntynyt tieto- ja viestintäteknologian, kestävään kehityksen diffuusion sekä kaupungistumisen leviämisen yhteydessä. International Telecommunication Union (2014) on määritellyt älykkään kestävään kaupungin innovatiiviseksi kaupungiksi, joka hyödyntää tieto- ja viestintäteknologiaa elämänlaadun, kaupunkitoiminnan sekä palveluiden tehokkuuden ja kilpailukyvyn parantamiseksi; määritelmässä painotetaan etenkin älykkäiden kaupunkien osallisuutta sekä nykyisten että tulevien sukupolvien tarpeiden täyttämässä niin taloudellisen, sosiaalisen kuin ympäristöllisen näkökulman kannalta.

Tyypillisesti älykkäitä kaupunkeja pohjustaa neljä keskeistä pilaria, joita ovat institutionaalinen, fyysinen, sosiaalinen ja taloudellinen infrastruktuuri. Puolestaan älykkäiden kaupunkien eri ulottuvuudet pyrkivät tukemaan näitä pilareita. (Sharif & Pokharel 2022; Silva et al. 2018) Giffinger et al. (2007) ovat jaotelleet nämä ulottuvuudet kuuteen eri kategoriaan, joista jokainen on merkittävä osa-alue smart city -kokonaisuuden rakentamisessa. Näihin kuuluvat älykäs talous, älykkäät ihmiset, älykäs hallinto, älykäs liikkuvuus, älykäs ympäristö sekä älykäs eläminen. Aikaisempia määritelmiä täydentäen, älykäs kaupunki pyrkii tähdätä menestykseen näissä kuudessa osa-alueessa (Giffinger et al. 2007). Tässä työssä paneudutaan tarkemmin älykkään liikkuvuuden osa-alueeseen.

3.2 Smart mobility

Liikkuvuuden on sanottu olevan yksi tärkeimmistä mutta myös vaikeimmista kaupunkien osa-alueista (Benevolo et al. 2016; Ejaz & Anpalagan 2019, 4; Seuwou et al. 2020): huonosti suunniteltu ja hallinnoitu liikkumisjärjestelmä vaikuttaa negatiivisesti myös muihin yhteiskunnan osa-alueisiin ja toisinpäin. Älykkäitä kaupunkiprojekteja on ajanut eteenpäin etenkin pyrkimys parantaa kaupungin ilmanlaatua sekä vähentää ruuhkien määrää; erityisesti älykkään liikkuvuuden implementoinnilla pystytään vaikuttamaan näihin haasteisiin (Appio et al. 2019; Sharif & Pokharel 2022). Dameri & Ricciardi tutkivat 42:ta smart city -projektia, joista 18:ssa oli sisällytettyä älykäs liikkuvuus -ulottuvuus: odotettavissa on, että tulevaisuudessa toimivan kaupunkiliikkumisjärjestelmän merkitys vain kasvaa, kun kaupungit tulevat kasvamaan entisestään. Älykäs liikkuvuus on itsessään hyvin laaja visio (Faria et al. 2018). Albinon et al. (2015) mukaan älykkäässä liikkuvuudessa käytetään tieto- ja viestintäteknologiaa kaupunkiliikenteen parantamiseksi. Puolestaan Giffinger et al. (2007) sisällyttävät älykkääseen liikkuvuuteen paikallisen, kansallisen ja kansainvälisen saavutettavuuden, tieto- ja viestintäteknologiainfrastruktuurin saatavuuden, ja kestävät, innovatiiviset ja turvalliset liikennejärjestelmät. Älykäs liikkuvuus nähdään tyypillisesti myös yhtenä päävaihtoehtona kestävämmän liikennejärjestelmän saavuttamisessa. Konseptin voidaan sanoa koostuvan hypoteettisesti äärettömästä määrästä erilaisia ratkaisuja, joiden yhdistävänä tekijänä tyypillisesti toimii ICT:n hyödyntäminen tehokkaamman, kattavamman ja kestävämmän kaupunkiliikenteen luomiseksi. ICT:n rooli ei ole kuitenkaan pakollinen kyseisissä ratkaisuissa. (Benevolo et al. 2016; Seuwou et al. 2020) Farian et al. (2017) mukaan älykäs liikkuvuus voidaan jakaa yhdeksään merkittävään osa-alueeseen, kuten **Kuva 4** esittää.



Kuva 4. Älykkään liikkuvuuden pääosa-alueet (Mukaiillen Faria et al. 2017).

Älykkäät liikennejärjestelmät muodostuvat verkostoista, joissa kerätään ja prosessoidaan historiallista sekä reaaliaikaista liikennedatata parempien ratkaisuiden löytämiseksi. Tähän sisältyy esimerkiksi viestintäjärjestelmät, joiden avulla yhdistetyt ajoneuvot voivat viestiä toisilleen liikenteen vaaratilanteista. Älykkäissä liikennevaloissa puolestaan yhdistyvät perinteiset liikennevalot sekä erilaiset sensorit ja tekoäly: tavoitteena on muodostaa ohjausjärjestelmä, jossa liikennevalot pystytään optimoimaan liikennevirtojen mukaisesti. Älykkäissä valaistuksessa käytetään yhdistettyjä LED-valoja muun muassa paremman valaistuksen sekä energiansäästön aikaan saamiseksi. Ajoturvallisuutta puolestaan edistetään esimerkiksi infrastruktuuriin sekä toisiinsa yhdistetyillä ajoneuvoilla; käytännössä auto voi esimerkiksi ilmoittaa kuljettajalle, jos huonolla näkyvyydellä juoksija on lähestymässä risteystä tai kauan liikennevalot pysyvät vielä vihreinä (Dekra 2021; Eliot 2019). Älykkäät pysäköintijärjestelmät tarkastelevat parkkialueen saapuvia ja lähteviä ajoneuvoja; näin pystytään tuottaa täsmällistä tietoa vapaista parkkipaikoista sekä sitä myötä säästää ihmisten aikaa ja vähentää turhia päästöjä ja ruuhkia. Älykkäät maksujärjestelmät keskittyvät maksuprosessien tehostamiseen muun muassa teknologian ja yhdistettyjen ajoneuvojen avulla. Muun muassa ravintoloiden autokaista- tai bensa-asemamaksut voidaan tulevaisuudessa suorittaa automaattisesti, kun ajoneuvo tunnistaa sijainnin ja muut maksutapahtumaan liittyvät muuttujat (VeriFone 2022). Sähköisellä sekä vihreällä liikkuvuudella pyritään ennen kaikkea parantamaan liikkuvuuden kestävyyttä ja säästämään resursseja kuitenkin vaikuttamatta kaupunkien tai liikkumisjärjestelmien kasvuvauhtiin. Samaan tavoitteeseen pyritään myös jakaminen ja kaupunkiliikkuvuus -kategoriolla, johon kuuluu esimerkiksi auton ja pyörän jakamisjärjestelmät sekä optimoidusti yhdistetyt kuljetusmuodot tietyn matkan toteuttamiseen. (Faria et al. 2017) On arvioitu, että liikenteen hiilidioksidipäästöt voisivat laskea jopa 60 %, jos kaupunkiliikenne nojautuisi yhteis- sekä sähköajoneuvoihin (International Transport Forum 2018).

Koska älykkääseen liikkuvuuteen vaikuttaa monenlaiset avain toimijat, on kyseistä konseptia kannattavaa tarkastella myös erikseen heidän näkökulmastaan työn kannalta oleellisia esimerkkejä hyödyntäen. Nämä toimijat jakautuvat julkisen puolen liikkuvuuteen, yksityiseen ja kaupalliseen liikkuvuuteen, infrastruktuuriin ja käytäntöihin, ja älykkäisiin liikennejärjestelmiin (Benevolo et al. 2016). **Taulukko 1** antaa tämän työn kannalta keskeisiä esimerkkejä jokaisesta neljästä kategoriasta.

Taulukko 1. Älykkään liikkuvuuden kategoriat (Benevolo et al. 2016).

Kategoria	Esimerkki
Julkisen puolen liikkuvuus	Sähköautot ja autonomiset autot
	Vaihtoehtoiset polttoaineet
	Joukkoliikenteen integroitu hallinta
	Integroidut lippujärjestelmät
Yksityinen ja kaupallinen liikkuvuus	Sähköautot ja autonomiset autot
	Vaihtoehtoiset polttoaineet
	Auton ja pyörän jakamisjärjestelmät
	Vuokrauspalvelut ja kyydin jakaminen
Infrastruktuuri ja käytännöt	Sähköautoinfrastruktuuri
	Polkupyörä- ja bussikaistat
	Jalankulkualueet ja autovapaat alueet
	Kannustimet uusiutuviin polttoaineisiin
	Julkisen liikenteen aikataulujen ja kaupunkien uudelleensuunnittelu
Älykkäät liikennejärjestelmät	Kaupunkiliikenteen ohjaus (<i>Urban Traffic Control</i>)
	Julkisen liikenteen hallintajärjestelmät (sis. suunnittelun, monitoroinnin ja raportoinnin)
	Integroidut järjestelmät liikkuvuuden hallintaan

Julkisen puolen liikkuvuuteen sisältyy ratkaisut, jotka edesauttavat ajoneuvokannan ja polttoaineiden muutosta. Lisäksi kategoriaan sisältyy kattavamman ja laadukkaamman julkisen liikenteen mahdollistavat ratkaisut, kuten integroidut lippupalvelut. Puolestaan yksityinen ja kaupallinen sektori pitää sisällään esimerkiksi monipuolisen kokoelman uudenlaisia ajoneuvo- ja liikkuvuusvaihtoehtoja, jotka vaikuttavat myös asukkaiden suosimiin liikkumistapoihin. Kolmanteen kategoriaan sisältyy ensinnäkin älykästä liikkuvuutta tukevat infrastruktuuriprojektit: tarkoituksena on ennen kaikkea muuttaa autoilun vallitseva trendi kestävämmän liikkuvuuden suuntaan. Samaan kategoriaan kuuluvilla käytännöillä pyritään varmistamaan, että kaupungin päätöksenteko on linjassa älykkään liikkuvuuden kanssa. Viimeinen osio on älykkäät liikennejärjestelmät (*Intelligent Transport Systems, ITS*), jotka ovat

edistyneitä ICT:tä hyödyntäviä sovelluksia datan ja tiedon keräämiseen, varastointiin ja prosessointiin, kuten edellisessä osiossa ilmeni. (Benevolo et al. 2016)

Yhdistettyjen sekä autonomisten ajoneuvojen (*Connected and Autonomous Vehicles, CAV*) rooli älykkäässä liikkuvuudessa on äskettäin voimistunut teknologiakehityksen myötä. Kyseiset ajoneuvot ovat yhteyksissä toisiinsa sekä infrastruktuuriin: ne keräävät dataa jatkuvasti ympäristöstä ja lähettävät informaatiota muille tienkäyttäjille ja infrastruktuurijärjestelmille. Yhdistetyillä ja autonomisilla ajoneuvoilla voidaan saavuttaa hyvin monenlaisia hyötyjä koko yhteiskunnan mittakaavassa. Ensinnäkin hiilidioksidipäästöjen määrä laskee ja saadaan kustannussäästöjä, kun teknologian avulla ekologinen ajaminen helpottuu (Xu et al. 2021). CAV:n katsotaan parantavan myös sosiaalista tasa-arvoa, kun autonomisuuden ansiosta esimerkiksi vanhuksien ja liikkumisrajoitteen omaavien ihmisten matkustaminen helpottuu. Toisaalta CAV:t pystyvät myös reagoimaan nopeammin ympäristön muutoksiin kuin ihminen, minkä myötä liikenneonnettomuuksien määrä vähenee ja ajoturvallisuus lisääntyy. (Elliott et al. 2019; NSW Government 2022; Seuwou et al. 2020)

3.3 Smart mobilityn hyödyt ja haasteet

Älykkään liikkuvuuden implementoinnilla on mahdollista nopeuttaa kaupungin siirtymistä kestävämpään liikkumisjärjestelmään; toisaalta se tarjoaa myös monia muita hyötyjä koko kaupungin mittakaavassa. Ensinnäkin älykkäällä liikkuvuudella voidaan vähentää päästöjen määrää, kuten aikaisemmin ilmeni. Muun muassa erilaiset älykkään liikkuvuuden mukaiset jakamisjärjestelmät, optimoitu julkinen liikenne sekä kaupunki-infrastruktuurin suunnittelu kevyen liikenteen ympärille puoltavat päästöjen pienentymistä, joka on yhteydessä asukkaiden kohentuneeseen terveydentilaan (Tran & Brand 2021). Kevyen liikenteen ratkaisuilla voidaan vaikuttaa myös melun hallintaan. Lisäksi älykkäällä liikkuvuudella voidaan vähentää ruuhkia ja kustannuksia sekä nopeuttaa liikkumista paikasta A paikkaan B, kun liikennettä ja koko liikkumisjärjestelmää optimoidaan monipuolisesti ICT:n avulla. Viimeisenä merkittävänä hyötynä on turvallisuuden edistäminen, johon pystytään vaikuttamaan esimerkiksi dataan pohjautuvan liikennesuunnittelun avulla, kuten liikenneonnettomuuksien analysoinnilla ja niihin pohjautuvilla muutoksilla. (Benevolo et al. 2016; Faria et al. 2017; Seuwou et al. 2020)

Älykäs liikkuvuus on konseptina sen verran uusi, että siihen liittyy ainakin vielä toistaiseksi merkittäviä haasteita. Ensinnäkin älykäs liikkuvuus tarvitsee toimivan infrastruktuurin, joka palvelee esimerkiksi sähköautojen yleistymistä tai tehokasta julkisen liikenteen verkostoa. Kysymys muodostuu, miten älykkään liikkuvuuden vaatima infrastruktuuri saadaan sulautettua osaksi lujittuneita kaupunki-infrastruktuureita. Koska älykkään kaupungin ulottuvuudet pohjautuvat hyvin pitkälti datan ja ICT:n hyödyntämiseen, merkittäväksi haasteeksi nousee myös turvallisuuden ja yksityisyyden suojaaminen; kun koko ajan yhä enemmän henkilökohtaista dataa liikkuu yhdistettyjen laitteiden, ihmisten ja yritysten välillä, koko tietoverkosto on alttiina kyberuhille. Myös toimijoiden yhteistyön, hallinnon ja lainsäädännön merkittävyys kasvavat, jotta eri sidosryhmien toiminta ja päätökset tukevat älykkään liikkuvuuden ratkaisuja (Docherty et al. 2018). Toisaalta älykäs liikkuvuus ei toimi, jos itse kaupungin asukkaita ei saada sitoutettua muutokseen. Tämän myötä keskeiseksi haasteeksi nousee se, miten asukkaat/kuluttajat saadaan mukaan aloitteisiin ja ratkaisuihin ja miten pystytään implementoimaan älykäs liikkuvuus siten, että se on kaikkien ihmisryhmien etujen mukainen. (Paiva et al. 2021) Alapuolella oleva **Taulukko 2** kokoaa nämä merkittävimmät älykkään liikkuvuuden hyödyt ja haasteet.

Taulukko 2. Merkittävimmät älykkään liikkuvuuden hyödyt ja haasteet.

Hyödyt	Haasteet
<ul style="list-style-type: none"> • Päästöjen vähentäminen • Ruuhkien vähentäminen • Turvallisuuden lisääminen • Melun hallinta • Liikkumisen nopeutuminen • Kustannussäästöt 	<ul style="list-style-type: none"> • Infrastruktuurin rakentaminen • Yksityisyyden suoja • Kattavan ja toimivan yhteistyöverkoston muodostaminen • Kuluttajien sitouttaminen aloitteisiin • Kokonaisuuden hallinnointi

Viimeisenä merkittävänä haasteena voidaan pitää älykkään liikkuvuuden kompleksisen kokonaisuuden hallinnointia. Kun kyseessä on miljoonista yhdistetyistä osista muodostuva kokonaisuus, jossa pyörii valtavasti reaaliaikaista dataa, koko verkoston monitorointi muodostuu haasteelliseksi ja kalliiksi tehtäväksi. Hallinnoinnin sujuvoittamiseksi tarvitaan muun muassa kehittyneitä ohjelmistoja ja tehokkaita teknologisia ratkaisuja. (Paiva et al. 2021; Silva et al. 2018)

4 Smart mobility sovelluksia kiertotalouden kontekstissa

Tässä osiossa esitellään reaali maailman case-esimerkkejä älykkään liikkuvuuden sovelluksista. Näiden valinnassa on suosittu toisistaan eroavia esimerkkejä, joista samalla löytyy kiertotalouteen liittyviä ominaisuuksia. Osiossa käsitellään neljä esimerkkiä eri aihepiireistä: liikkuminen palveluna, liikenteen optimointi, ajoneuvodatan alusta sekä auton vuokrausalusta. Tutkimuksen luotettavuuden kasvattamiseksi esimerkkien ohella käsitellään myös niihin liittyviä keskeisimpiä haasteita.

4.1 Whim – Liikkuminen palveluna

Whim on suomalaisen yrityksen MaaS Globalin mobiilisovellus, joka tarjoaa keskitetysti erilaisia liikkumisvaihtoehtoja yhden palvelun alla. Vuonna 2015 perustettu MaaS Global on maailman ensimmäinen Mobility-as-a-Service -operaattori. Sovelluksen avulla asiakkailla on pääsy kaikenlaisiin kaupunkiliikennepalveluihin, kuten julkiseen liikenteeseen, kaupunkipyöriin, sähköpotkulautoihin, takseihin sekä vuokra-autoihin. (Whim 2022a) Tämän lisäksi sovelluksessa voi suunnitella sopivia reittejä ja ostaa erilaisia kertalippuja tai vaihtoehtoisesti esimerkiksi useiden kulkuvälineiden kattavia kausilippuja (Sallinen 2020). Whimin toiminta pohjautuu useasta palvelimesta kerättyyn dataan ja sen yhdistämiseen, mikä puolestaan mahdollistaa helpon tiedon saatavuuden kuluttajille (Salminen 2018). Konsepti pyrkii sujuvoittamaan liikkumista, helpottamaan ihmisten arkea ja luomaan vihreämpiä kaupunkeja (Whim 2022d). Kirjoitushetkellä Whim-sovellus toimii seitsemässä eri kaupungissa ympäri maailmaa, muun muassa Helsingissä, Itävallan Viennassa sekä Japanin Tokiossa (Whim 2022a). Tämä start-up -lähtöinen yritys on saanut toimintavuosiensa aikana merkittäviä sijoittajia kiinnostumaan konseptista: mukana toiminnan rahoituksessa on esimerkiksi Toyota Financial Services (Sallinen 2020). Alustalla oli tehty vuoden 2021 loka-kuuhun mennessä yhteensä 20 miljoonaa matkaa (Whim 2022b).

MaaS Global pyrkii toiminnallaan vähentämään etenkin auton omistamisen tarvetta ja edistämään kestävä kehityksen mukaisia toimenpiteitä. Tavoitteena on pyrkiä korvaamaan miljoona henkilöautoa Whim-sovelluksella vuoteen 2030 mennessä ja samalla vähentää

globaaleja hiilidioksidipäästöjä. (Whim 2022c) Maas-konseptin edelläkävijyydellään Whim muun muassa voitti kestävästä kehitystä tukevien kiertotalouspalveluiden sarjan Best Mobile Service 2019 -kilpailussa (Whim 2019). MaaS Global sekä Whim ovat kuitenkin kohdanneet MaaS-liiketoimintamallille tyypillisiä ongelmia, jotka ovat aiheuttaneet kasvuhaasteita. Pysyvien asiakkaiden sitouttaminen alustalle sekä pienet myyntikomissiot ovat keskeisiä esimerkkejä vallitsevista ongelmista. Zipper (2020) on havainnollistanut komissiomaksujen skaalaa hyvin: jos MaaS-yritys saa 5 % komission 4 dollarin sähköpotkulautavuokrauksesta, 10 000 viikoittaista matkaa tekisi yritykselle vain 208 000 dollaria vuodessa. (Lappalainen 2021; Zipper 2020) Koska MaaS-ratkaisut kuuluvat aikaisemman teoriaosion pohjalta vahvasti kiertotalouden mukaiseen liikkumiseen sekä kestävämpään liikkumisjärjestelmään, edellä mainittujen ongelmien ratkominen on tärkeää. Keskeisiä tutkimusaiheita on muun muassa, miten asiakkaat saadaan sitoutettua MaaS-alustalle ja miten MaaS-yritysten liiketoiminta saadaan mahdollisimman kannattavaksi.

4.2 Transport for London – Liikenteen optimointi

Transport for London (TfL) on vuonna 2000 perustettu Lontoon liikennejärjestelmästä vastaava hallinnollinen elin. TfL:n alla toimii suurin osa Lontoon liikenneverkostosta; sen hallinnointi ylettyy Lontoon busseihin, metroverkostoon, raitiovaunuihin, erilaisiin tieinfrastruktuureihin kuten kävely- ja pyöräteihin, autoteiden ylläpitoon, kuljetuspalveluihin, liikennevaloihin ja moneen muuhun. (ORR 2022; TfL 2022c) TfL on tiiviissä yhteistyössä Lontoon pormestarin kanssa ja pyrkii toteuttamaan vahvasti kaupungin liikennestrategiaa. Strategian yhtenä tavoitteena on, että 80 prosenttia kaikista Lontoon matkoista tehtäisiin kävellen, pyöräillen tai julkisella liikenteellä vuoteen 2041 mennessä. (TfL 2021) TfL hyödyntää laajasti datalähtöisyyttä liikenteen parantamisessa. Anonyymin datan avulla saadaan informaatiota ihmisten, kulkuneuvojen ja julkisen liikenteen kulkureiteistä ja aikatauluista. Dataa kerätään esimerkiksi Wi-Fi yhteydellä kuluttajien matkapuhelimista, lippuostoista, kameroista, paikallisista Oyster-matkakorteista sekä kulkuneuvojen ja teiden sensoreista. (Forsdick 2019; TfL 2022c) Yhdistämällä ja analysoimalla näistä kohteista kerättyä dataa, TfL pyrkii järjestämään paremman kaupunkiliikenteen: mukaan lukeutuu esimerkiksi optimoidut julkisen liikenteen reitit, pienemmät ruuhkat, ilmanlaadun parempi hallinta sekä vallitsevien liikennetrendien seuraaminen (Deloitte 2017).

TfL pyrkii kannustamaan lontoolaisia etenkin kävelemään: kaupungilla on oma kävelyyn keskittyvä toimintasuunnitelma. Jotta kävelyolosuhteita pystytään parantamaan, täytyy tietää, missä nykyiset ongelmakohdat sijaitsevat ja missä olisi parantamisen varaa. TfL tutkii datan pohjalta muun muassa kävelijöiden ja muiden matkustajien määriä ja ikiä sekä heidän tyypillisiä matkareittejä. Vastaavasti se pyrkii aktiivisesti selvittämään, mitkä syyt estävät ihmisiä kävelemästä enemmän. Konkreettinen esimerkki löytyy liikenneruuhkista. TfL:n tekemän asiakastutkimuksen mukaan 21 prosenttia lontoolaisista koki liikenteen suuren määrän estoksi kävelylle, oli taustalla sitten turvallisuuskysymys tai muu vastaava. Tämän seurauksena TfL on kerännyt dataa muun muassa liikenteen virtaavuudesta, autojen nopeuksista ja liikennevalojen odotusajoista. Kriittisten paikkojen nopeusrajoituksia sekä jalankulkijoiden odotusaikoja pienentämällä kaupunki on saanut aikaan positiivisia muutoksia. (TfL 2018; TfL 2020) TfL:n (2018) mukaan myös julkisen liikenneverkoston parantaminen kasvattaa kävelymääriä, koska matkat pysäkeille/pysäkeiltä tehdään yleisesti kävellen. Kyseistä ilmiötä tukee Panterin et al. (2016) tekemä tutkimus; heidän löydöksiensä mukaan kestävän liikenneinfrastruktuurin, kuten bussikaistojen, kävelyalueiden ja pyöräkaistojen, myötä myös asukkaiden aktiivinen elämäntyyli on mahdollista saada nousuun.

Erityisesti datan yhdistäminen eri lähteistä auttaa kaupunkisuunnittelussa ja sitä myötä kehitysprojektien priorisoinnissa. TfL yhdistää tietoja muun muassa eri kävelyteiden, kävelykelpoisten matkojen sekä kävelyesteiden analyyseistä. Näin on mahdollista tehdä yksityiskohtainen kartoitus siitä, missä kävelykokemusta voitaisiin parantaa, mistä alueilta löytyisi potentiaalia suurempiin kävelijämääriin ja mitkä alueet ovat kriittisimpiä kehityskohteita. (TfL 2018) Transport for Londonin data on avointa ja kaikkien käytettävissä, jotta innovatiivisia ratkaisuja saataisiin mahdollisimman paljon niin liikenteen ongelmiin kuin sosiaaliin ja taloudellisiin haasteisiin. Kyseistä dataa hyödyntää parhaillaan 17 000 kehittäjää sekä jopa yli 600 applikaatiota on luotu sen pohjalta (TfL 2022b). Arvion mukaan tietokannan julkaiseminen maksoi 1,2 miljoonaa euroa, mutta sen avulla on saavutettu yhteensä jopa 157 miljoonan euron vuotuiset taloudelliset säästöt sekä hyödyt huomioiden kuluttajat, kaupunki ja TfL. (Deloitte 2017) Jos ajatellaan koko kestävän kehityksen konseptia, niin avoimella datalla kuin kävelyolosuhteiden parantamisella voidaan tukea sen kaikkia kolmea ulottuvuutta. Muun muassa ilmanlaatu paranee autoilun vähentymisen myötä, innovatiivisuus luo uusia työpaikkoja ja asukkaiden yhteisöllisyys kasvaa kävelykulttuurin voimistuessa (TfL 2018; The Ellen MacArthur Foundation 2019).

Koska dataa kertyy jatkuvasti hyvin suuria määriä koko Lontoon liikenteestä, keskeiseksi haasteeksi on tunnistettu se, miten kerättyä dataa pystytään hyödyntämään mahdollisimman parhaalla, turvallisimmalla ja tehokkaimmalla tavalla. The London Data Commissionin (2020) mukaan kaupungin data on edelleen pirstoutunutta julkisten instituutioiden kesken ja osa hyödyllisistä tiedoista on yritysten seinien sisällä saavuttamattomissa. Erityisesti yhä tiiviimmän yhteistyön luominen niin yritysten, hallinnollisten elinten kuin muiden kaupunkien välille on todettu keskeiseksi kulmakiveksi. Yhteistyön myötä muun muassa juurikin datan saavutettavuus helpottuu. Edelleen yhtenäistetyt datan keräämis- ja jakamisperiaatteet tehostavat valtavien datamäärien hyödyntämistä. (The London Data Commission 2020) Kun huomioidaan vielä dataan liittyvä yksityisyyden suojan haaste, TfL:n syvempi yhteistyö teknologiayritysten kanssa mahdollistaisi esimerkiksi uusimman teknologian hyödyntämisen yksityisyyden turvaamiseksi.

4.3 Otonomo – Ajoneuvodatan alusta

Otonomo Technologies Ltd. on vuonna 2015 perustettu pilvipohjaisen ajoneuvodatan alustan ja markkinapaikan tarjoaja. Otonomoa hyödyntää tällä hetkellä muun muassa 16 ajoneuvojen alkuperäisvalmistajaa (*Original Equipment Manufacturer, OEM*) sekä yli 100 ohjelmistotuottajaa. Alustalle kertyy päivittäin dataa yli neljästä miljardista datalähteestä, jotka ovat peräisin yli 40 miljoonasta yhdistetystä ajoneuvosta. Dataa kerätään esimerkiksi ajoneuvojen sijainneista, onnettomuuksista, polttoainetiloista, nopeuksista, jarrutuksista sekä matkojen pituuksista (Otonomo 2022a; Otonomo 2022b; Otonomo 2022d). Kerätyt tiedot muotoillaan ja harmonisoidaan, minkä jälkeen ne siirtyvät asiakkaiden käyttöön; datan avulla organisaatiot voivat optimoida omaa liiketoimintaa sekä kehittää erilaisia ajoneuvoja ja kuljetusratkaisuja. Otonomon tavoitteena on luoda liikkuvuuden ekosysteemi, jossa dataa käytetään monipuolisesti ajokokemuksen parantamiseen. (Otonomo 2021) Alustan dataa voidaan käyttää muun muassa älykkäiden kaupunkien päästöjen hallintaan, liikenteenohjaukseen, sähköautoinfrastruktuurin suunnitteluun, pysäköintiratkaisuihin, MaaS-sovelluksiin ja moneen muuhun (Otonomo 2022c).

Yksi keskeinen datan käyttökohde on ajoneuvojen ennakoiva kunnossapito. Historiallisten trendien tilastollinen analyysi ja diagnostiset virhekoodit auttavat selvittämään, milloin ajoneuvo todennäköisesti tulee tarvitsemaan huoltotoimenpiteitä. Ajoneuvon tilaa voi

tarkastella muun muassa ajokilometrimäärien, rengaspaineiden ja öljyn lämpötilan pohjalta. Tämän myötä asiakkaat voivat siis rakentaa Otonomon datasta sovelluksia, jotka auttavat kuluttajia seuraamaan ajoneuvojensa lähes reaaliaikaista tilaa ja tekemään huoltopäätöksiä. (Otonomo 2022b) Ennakoivat huoltotoimenpiteet auttavat esimerkiksi säästämään kustannuksissa, kasvattavat turvallisuutta ja mahdollistavat sen, että ajoneuvo pysyy hyvässä kunnossa pidemmän aikaa (Theissler et al. 2021).

Koska kyseessä on valtavasti henkilökohtaista dataa keräävä ja myyvä yritys, yksityisyyden suojan turvaaminen on suuri haaste. Vaikka Otonomon liiketoiminta pohjautuu anonyymiin dataan, kyseisen datan on sanottu olevan melko helposti deanonymisoitavissa. Otonomon ympärillä käydään parhaillaan keskustelua siitä, miten yritys käsittelee arkaluontoisia tietoja ja onko sillä kuluttajien täysi suostumus liittyen esimerkiksi ajoneuvojen sijaintidataan. (Cox 2022) Parempien ajoneuvoratkaisujen kehittämiseksi Otonomon kaltaiset data-alustat ovat merkittäviä; tästä syystä yksityisyyden suojan ylläpito ja lainsäädännön huomioiminen on oltava ykkösprioriteetteja, jotta vastaavanlainen liiketoiminta on mahdollista.

4.4 BloxCar – Vertaisvuokrausalusta

Vuonna 2015 perustettu BloxCar on suomalainen autojen vertaisvuokrapalvelu, jonka toiminta ylettyy koko Suomeen (Sitra 2017). BloxCar:sta pystyy vuokraamaan auton yksityiseltä henkilöltä; tällä hetkellä alustalta löytyy 600 vuokrattavaa autoa. Vastaavasti auton omistajat pystyvät vuokrata oman autonsa muiden käyttöön silloin, kun he eivät sitä itse tarvitse. (BloxCar 2022b) Alustalta löytyy eri hintaisia ja merkkisiä ajoneuvoja aina paketti- ja henkilöautoista museoajoneuvoihin (BloxCar 2022a). Palvelu ottaa itselleen 30 prosenttia auton vuokraushinnasta (Sitra 2017). BloxCar tarjoaa asiakkailleen myös muun muassa integroidut vakuutus- ja maksupalvelut, jotka tekevät vuokrauksesta entistä helpompaa sekä turvallisempaa (Sitra 2018). Yrityksen arvot ovat kietoutuneet pitkälti kestävyuden ympärille (BloxCar 2022b). Eurooppalainen auto on keskimäärin 92 prosenttia ajasta parkkeeratuna (The Ellen MacArthur Foundation et al. 2015). Vastaavasti yksi yhteiskäyttöauto pystyy korvaamaan jopa 15 yksityisomistusajoneuvoa (BloxCar 2022c). Tämän myötä BloxCar on lähtenyt liikkuvuuden resurssiviisauteen sekä kiertotalouteen mukaan.

Ericsson – ruotsalainen tieto- ja viestintäteknologian tarjoaja – on tutkinut autojen sekä pyörien yhteiskäyttöjärjestelmien potentiaalia kuluttajien näkökulmasta. Kyseisessä tutkimuksessa selvisi, että yli puolet kuluttajista odottavat erilaisten jaettujen liikkumispalveluiden kasvavan seuraavan vuosikymmenen aikana. Kuitenkin hyvin mielenkiintoinen yksityiskohta on se, että vain noin yksi kymmenestä on valmis käyttämään itse kyydin- ja autonjakopalveluita, koska se merkitsisi muun muassa tinkimistä nykyisestä mukavuudentasosta. Kyseessä on siis melkoinen ristiriita. Erityisesti lapsiperheet kokevat auton omistamisen tärkeäksi, ottaen huomioon esimerkiksi turvaistuimet. (Laya & Vyas 2021) Tämä koko ilmiö liittyy työssä jo aikaisemmin ilmenneeseen haasteeseen: miten kuluttajat saadaan sitoutettua älykkään liikkuvuuden ratkaisuihin. Voidaan päätellä, että auton jakamisjärjestelmät pitää tehdä kuluttajille houkuttelevammaksi vaihtoehdoksi kuin yksityisautoilu. Erilaisten ajoneuvojen tarjoaminen eri markkinasegmenteille, integroidut vakuutus- ja maksupalvelut sekä yksityisautoilua edullisemmat yhteiskäyttöautot ovat esimerkkejä potentiaalisista muutoksen mahdollistajista. Todettakoon hyvin ajankohtaisen tutkimusaiheen liittyvän siihen, miten kuluttajat saadaan mukaan ajoneuvojen jakamisjärjestelmiin, jotta näissä piilevä suuri potentiaali saadaan hyödynnettyä.

5 Johtopäätökset: smart mobility kiertotalouden osana

Tämän osion tarkoituksena on käsitellä kattavasti älykkään liikkuvuuden sekä kiertotalouden yhtäläisyyksiä aikaisempien teoriaosioiden sekä reaali maailman esimerkkien pohjalta. Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään merkittävimpiä synergioita älykkään liikkuvuuden ja kiertotalouden väliltä; näitä tarkastellaan ensiksi kiertotalouden liiketoimintamallien kautta. Tämän jälkeen keskitytään tarkemmin muihin kiertotalouden ominaisuuksien ja pääperiaatteiden toteutumiseen. Toisessa alaluvussa puolestaan paneudutaan älykkään liikkuvuuden tulevaisuuden kuvaan.

5.1 Kiertotalouden ja älykkään liikkuvuuden synergiat

Kirjallisuuskatsauksen pohjalta löytyi merkittäviä yhtäläisyyksiä älykkään liikkuvuuden ja kiertotalouden väliltä; myös kiertotalouden liiketoimintamallien periaatteet olivat hyvin näkyvillä erilaisissa älykkään liikkuvuuden sovelluksissa. Ensinnäkin älykkääseen liikkuvuuteen sisältyvät auton ja pyörän jakamisalustat, kuten auton vertaisvuokrauspalvelu BloxCar, ovat suoraan yhteydessä kiertotalouden jakamisalustaliiketoimintamalliin: mallin ansiosta materiaalikulutus pienenee, kun yksityisomistuksen tarpeesta luovutaan. Samanaikaisesti resursseja käytetään yhä tehokkaammin, kun muuten käyttämättömänä olevat ajoneuvot esimerkiksi vuokrataan tarpeessa olevalle. Kuitenkin vastaavanlaisen liiketoiminnan keskeinen haaste liittyy siihen, miten ajoneuvojen yhteiskäyttäjärjestelmistä tehdään yksityisautoilua houkuttelevampi vaihtoehto kuluttajille.

MaaS eli liikkuminen palveluna -ratkaisujen voidaan sanoa tukevan tuote palveluna -liiketoimintamallille tyypillistä periaatetta, koska kuluttaja esimerkiksi tilaa kyydin palveluna auton omistamisen sijasta. Muun muassa MaaS Globalin Whim-sovelluksen avulla kuluttajalla on pääsy monenlaisiin ajoneuvojen vuokrapalveluihin, julkiseen liikenteeseen sekä takseihin, jotka olemassaolollaan vähentävät henkilöautotarvetta ja hiilidioksidipäästöjä. Lisäksi MaaS-ratkaisujen myötä kiertotaloudelle ominainen kokonaiskulutuksen vähentyminen käy toteen yksityisomistuksen vähentyessä. MaaS-yrityksillä on kuitenkin ollut

ongelmia toiminnan kannattavuuden kanssa: hyvin keskeinen tutkimusaihe liittyy muun muassa siihen, miten asiakkaat saadaan sitoutettua MaaS-alustalle.

Kiertotalouden liiketoimintamalli tuote-elinkaaren pidentäminen pitää sisällään erilaisia kunnostus- ja huoltotoimenpiteitä, joiden avulla tuotteen arvo säilyy pidempään ja elinkaari pitenee. Tutkimuksessa selvisi, että datan pohjalta voidaan tutkia esimerkiksi ajoneuvon kuntoa, minkä avulla voidaan tehdä päätöksiä tulevista huoltotoimenpiteistä. Muun muassa ajoneuvodatan alusta Otonomo antaa asiakkailensa mahdollisuuden hyödyntää dataansa ennakoivan kunnossapidon ratkaisuihin, jotka auttavat ylläpitämään ajoneuvon kuntoa pidempään. Ennakoiva kunnossapito tukee myös kaikkia kiertotalouteen kuuluvia kestävän kehityksen osia: pidemmät elinkaaret tukevat ympäristöllistä puolta, sosiaalista puolta tukee huoltotoimenpiteiden ylläpitämä turvallisuus ja taloudellista puolta tukee ennakoivan kunnossapidon mahdollistamat kustannussäästöt. Kuitenkin yksityisyyden suojaaminen ja turvaaminen on oltava Otonomon kaltaisen yrityksen perusta, jotta liiketoiminta ylipäättensä mahdollistuu.

Uusiutuvuuden liiketoimintamalli edellyttää uusiutuvien materiaalien ja energian hyödyntämistä liiketoiminnassa; älykkäästä liikkuvuudesta löytyi paljon ominaisuuksia, joiden avulla voidaan nopeuttaa muutosta kohti uusiutuvaa energiaa liikenteen osalta. Tutkimuksen pohjalta ilmeni, että erilaiset käytännöt, joilla pyritään mahdollistamaan älykkään liikkuvuuden ratkaisut, kuuluvat myös itse älykkään liikkuvuuden piiriin. Siten voidaan sanoa, että esimerkiksi älykkääseen liikkuvuuteen kuuluvat uusiutuvien polttoaineiden kannustimet tukevat kyseistä kiertotalouden liiketoimintamallia. Tämän lisäksi muun muassa sähköautoinfrastruktuurin suunnittelu datan pohjalta puoltaa ajoneuvokannan muutosta kohti uusiutuvaa energiaa. Kun kaupungissa on oikeissa paikoissa ja riittävästi sähköautojen latauspisteitä, sähköautoilu mahdollistuu yhä useammalle ihmiselle. Kun tähän lisätään uusiutuvilla energiantuotantomuodoilla tuotettu sähkö, perinteiset fossiilipolttoaineet vaihtuvat uusiutuvaan energiaan ja päästöjen määrä saadaan laskuun.

Viides ja samalla viimeinen kiertotalouden liiketoimintamalli – resurssitehokkuus ja kierrätys – näkyy pitkälti tuotteiden arvoketjun loppupäässä: malliin kuuluu etenkin jätteiden muuttaminen sekundääriraaka-aineiksi. Tämän vuoksi kyseinen liiketoimintamalli ei kuulu yhtä vahvasti älykkääseen liikkuvuuteen kuin aikaisemmat mallit. Siitä huolimatta huomioiden resurssitehokkuutta ylläpitävät materiaali- ja energiatehokkaat ratkaisut synergioita on löydettävissä. Mainittakoon näistä esimerkkinä resurssitehokkuutta ylläpitävät

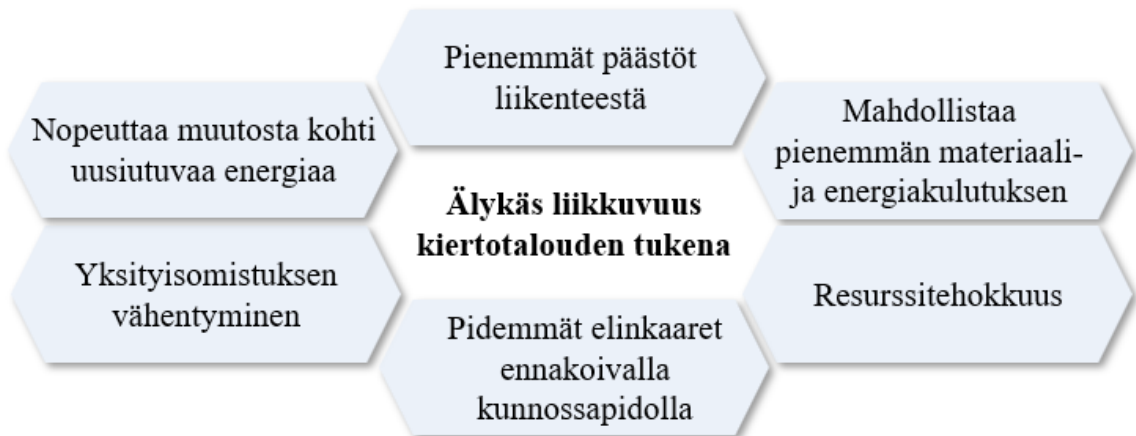
jakamisjärjestelmät. Lisäksi kun julkisen liikenteen reitit ja aikataulut optimoidaan vastaamaan yhä useamman matkustajan tarpeita, saadaan tällöin samalla energiamäärällä kuljetettua suurempi määrä matkustajia. Täten suhteellinen energiankulutus laskee.

Edellä mainittujen viiden kiertotalouden liiketoimintamallin lisäksi älykäs liikkuvuus tukee muita kiertotalouden keskeisiä ominaisuuksia. Ensinnäkin tehokkaan liikenteen toteuttaminen, johon kuuluu juurikin edellä mainittu julkisen liikenteen optimointi, on tutkimuksen pohjalta yksi keskeisin keino saavuttaa kiertotalouden mukainen liikkumisjärjestelmä. Kun dataa saadaan kerättyä monipuolisesti sensorien, kameroiden, puhelimien, matkakorttien ja lippuostojen avulla, on mahdollista selvittää muun muassa asukkaiden ja ajoneuvojen liikkeet, tyypilliset reitit ja aikataulut. Tunnistamalla datan pohjalta vallitsevia liikkumistrendejä ja ongelmakohtia oikeanlaisten muutosten tekeminen sujuu jouhevammin. Esimerkiksi ajoneuvojen sijainteja ja virtauksia analysoimalla liikenteenohjausta voidaan muokata enemmän liikennevirtoja vastaavaksi. Puolestaan tarkastelemalla parkkialueen saapuvia ja lähteviä ajoneuvoja pystytään antamaan täsmällistä tietoa vapaista paikoista niitä tarvitseville. Toisaalta sopeuttamalla julkisen liikenteen pysäkit sekä lähtöajat ihmisvirtojen mukaan yhä useampi kokee julkisen liikenteen itselleen vaihtoehdoksi, jolloin myös yksityisautoilu vähenee. Kaikkien näiden kolmen esimerkin avulla voidaan sujuvoittaa liikennettä ja pienentää odotusaikoja, ruuhkia ja päästöjä, mikä puolestaan edelleen sujuvoittaa asukkaiden arkea sekä parantaa kaupungin ilmanlaatua.

Vaikkakin yllä mainitut resurssitehokkaat, vähäpäästöiset ja kokonaiskulutusta pienentävät ratkaisut ovat tärkeitä edistysaskeleita, joita yhteiskunnassa täytyy tehdä, ei kaikista kestävimpiä liikkumismuotoja eli kävelyä ja pyöräilyä pidä unohtaa. Tutkimuksen pohjalta selvisi, että dataa pystytään yhtä lailla hyödyntämään kevyenliikenteen infrastruktuurin suunnittelussa ja parantamisessa. Transport for London on elävä esimerkki merkittävästä elementistä, joka on lähtenyt tavoittelemaan aktiivisempaa sekä kestävämpää liikkumiskulttuuria dataohjautuvasti. Muun muassa kävelijöiden olosuhteita pyritään parantamaan tarkastelemalla datan avulla liikenteen virtaavuutta sekä liikennevalojen odotusaikoja: positiivisiin tuloksiin on päästy sekä nopeusrajoituksia että kävelijöiden odotusaikoja pienentämällä. Kevyen liikenteen yleistyessä materiaalikulutus ja päästöt saadaan laskuun, mikä on kiertotaloudelle ominaista.

Kun tarkastellaan yleiseltä tasolta kiertotalouden sekä älykkään liikkuvuuden määritelmiä ja sisältöjä, näiden yhdistävänä tekijänä toimii vahvasti kestävyys. Kiertotaloudessa pyritään

vähentää jätettä ja päästöjä, mahdollistaa tuotteiden ja materiaalien kierto sekä yleisesti elvyttää luontoa. Puolestaan älykkään liikkuvuuden määritelmässä toistuu kestävämmän liikennejärjestelmän mahdollistaminen. Tutkimuksen pohjalta älykkäällä liikkuvuudella pystytään vähentämään etenkin liikenteen päästöjä esimerkiksi sähköautojen, julkisen liikenteen, jakamisjärjestelmien, älykkään pysäköinnin sekä yleisesti tehokkaamman liikenteen suunnittelun avulla. Vastaavasti materiaali- ja energiasilmukoita on mahdollista hidastaa ja kaventaa muun muassa samaisten jakamisjärjestelmien, ennakoivan kunnossapidon sekä kevyeen liikenteen ratkaisuilla. Voidaan siis sanoa, että älykkään liikkuvuuden ratkaisut sekä niiden positiiviset ympäristövaikutukset auttavat yhteiskuntaa siirtymään regeneratiiviseen malliin ja tukevat luonnon elvyttämistä. **Kuva 5** kokoaa tutkimuksen pohjalta merkittävimmät kiertotalouteen liittyvät älykkään liikkuvuuden hyödyt.



Kuva 5. Kiertotalouteen liittyvät älykkään liikkuvuuden hyödyt.

Tutkimuksessa selvisi, että vaikka kiertotalous liittyy pitkälti ympäristön laadun turvaamiseen, ei sosiaalista tai taloudellista puolta voi jättää huomioimatta, jos pyritään implementoimaan kiertotalous kestävästi. Toisaalta myös älykkään kaupungin määritelmässä toistui kaikkien kolmen osa-alueen huomioon ottaminen. Taloudellinen puoli näkyy älykkäässä liikkuvuudessa kahdella keskeisellä tavalla. Näistä ensimmäinen on kustannussäästöt, joita syntyy muun muassa ennakoivan kunnossapidon, liikenteen optimoinnin sekä CAV:n mahdollistaman ekologisen ajamisen seurauksena. Toinen puolestaan liittyy innovatiivisuuteen. Tutkimuksen pohjalta älykkääseen liikkuvuuteen kuuluu vahvasti erilaiset data-alustat, joiden pohjalta pystytään tekemään parempia liikenneratkaisuja. Etenkin avoimien

tietokantojen on katsottu olevan yhteydessä innovatiivisen toiminnan kasvuun sekä uusien työpaikkojen syntyyn, mikä edelleen puoltaa taloudellista kehitystä. Puolestaan sosiaalista puolta tukee liikenneturvallisuuden lisääntyminen, jonka mahdollistaa muun muassa ennakkoiva kunnossapito sekä yhdistettyjen ja autonomisten ajoneuvojen teknologia. Lisäksi autonomiset ajoneuvot ovat yhteydessä tasa-arvon vahvistumiseen, kun niiden teknologian avulla esimerkiksi vanhuksien matkustaminen helpottuu. Yhteenvedona voidaan siis sanoa älykkään liikkuvuuden tukevan kaikkia kolmea kestävän kehityksen ulottuvuutta, jotka kuuluvat myös kiertotalouteen.

5.2 Tulevaisuus

Teknologian kehittyessä myös dataan pohjautuva optimointi on mahdollistunut; organisaatioiden, kuten Otonomon tai Transport for Londonin, erilaiset tietokannat ja datan alustat ovat tukeneet uusien innovatiivisten älykkään liikkuvuuden ratkaisujen syntymistä. Ilmastomuutoksen ja yhteiskunnan teknologistumisen myötä kestäville ja optimoiduille liikeneratkaisuille on tarvetta, minkä vuoksi vastaavanlaisten datan alustojen voidaan katsoa olevan yhä tiiviimmässä osassa tulevaisuuden liikennejärjestelmiä. Etenkin avoimet tietokannat ovat osoittautuneet menestyksekkäiksi usealta eri kannalta: tutkimuksen pohjalta ne luovat muun muassa taloudellisia säästöjä ja uusia työpaikkoja. Vastaavasti dataan pohjautuvat ratkaisut auttavat esimerkiksi kaupungin päästöjen hallinnassa. Tulemme varmasti näkemään lähitulevaisuudessa datan hyödyntämistä yhä monipuolisemmin ja useammin muun muassa niin kävelyalueiden ja muun infrastruktuurin, korjaustoimenpiteiden, julkisen liikenteen kuin MaaS-ratkaisujen suunnittelussa. Toisaalta tämän myötä myös yksityisyyden suojan merkittävyys sekä haasteellisuus tulevat kasvamaan yhä enemmän.

Kulkuvälineiden yhteiskäyttöjärjestelmät osoittautuivat keskeiseksi älykkään liikkuvuuden keinoksi vähentää kokonaiskulutusta. Jotta muutos kestävämpään yhteiskuntaan tapahtuu nopeammin, täytyy huomio myös kiinnittää uusiutuviin polttoaineisiin sekä autonomisiin ja yhdistettyihin ajoneuvoihin. Tämän myötä tulevaisuuden autokannan tulisi muodostua yhä vahvemmin näiden ratkaisujen yhdentymästä, jota kuvastaa myös hiljalleen vakiintunut termi ”ACES” (*Autonomous, Connected, Electric, Shared*) (Eliot 2019). Yhdistämällä ajoneuvojen autonomisuuden, yhdistyneisyyden, sähköisyyden sekä jakamiskulttuurin toisiinsa, yhteenlaskettu positiivinen vaikutus yhteiskuntaan saadaan suuremmaksi.

Tutkimuksen pohjalta merkittävimmät konseptiin liittyvät kiertotaloutta tukevat hyödyt ovat resurssitehokkuus, pienempi kokonaiskulutus, sosiaalisen tasa-arvon parantuminen, ajoturvallisuuden lisääntyminen, kustannussäästöt sekä päästöjen väheneminen.

On mielenkiintoista nähdä, millä tavalla vakiintuneet autovalmistajat tulevat tulevaisuudessa vastaamaan ilmastonmuutoksen vaatimaan kestävyysmuutokseen. Valtavirrasta poikkeajia on jo tosin olemassa: esimerkiksi vetypolttokennoajoneuvojen valmistaja Riversimple yhdistää liiketoiminnassaan päästöttömyyden, vuokrauspalvelumallin ja materiaalikierron teemat. Tämä yritys antaa hyvän esimerkin muille valmistajille, mihin suuntaan omaa liiketoimintaa voisi tulevaisuudessa viedä. Nähtäväksi jää, lähtevätkö myös muut ajoneuvovalmistajat esimerkiksi samantyyliiseen vuokrauspalvelumalliin mukaan, kun nykyiselle massatuotantoon ja yksityisautoiluun perustuvalla kulttuurilla on saatava muutos.

6 Yhteenveto

Tämän osion tarkoituksena on muodostaa tiivistetty yhteenveto tehdystä tutkimuksesta. Ensimmäisessä alaluvussa käsitellään tutkimuksen merkittävimpiä tuloksia ja vastataan samalla tutkimuskysymyksiin. Toisessa ja samalla työn viimeisessä alaluvussa tarkastellaan tutkimuksen luotettavuutta.

6.1 Tulokset

Tämän kandidaatintyön tarkoituksena oli tutkia, millä tavalla älykäs liikkuvuus tukee kiertotalouden talousmallia. Tutkimus toteutettiin kirjallisuuskatsauksen muodossa, minkä tukena hyödynnettiin myös älykkään liikkuvuuden case-esimerkkejä kattavamman aiheen kuvaamisen luomiseksi. Tässä alaluvussa vastataan ensiksi apututkimuskysymyksiin, joiden johdattelemana vastataan päätutkimuskysymykseen tiivistetysti edellisen johtopäätösosion pohjalta.

Ensimmäinen apututkimuskysymys oli:

- *Mitä kiertotalouden mukainen liikkuminen vaatii ja pitää sisällään?*

Kiertotalouden mukainen liikkuminen muodostuu sellaisesta liikennejärjestelmästä, jossa on otettu monipuolisesti huomioon kestävän kehityksen kaikki kolme osa-aluetta; paremmat taloudelliset ratkaisut, asukkaiden sosiaalisen elämän ehostaminen sekä luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen ovat avaintekijöitä. Kiertotalouden mukaisen liikkumisjärjestelmän suunnittelussa tulisi huomioida etenkin sen tehokkuus sekä monipuolisuus. Esimerkiksi julkisen liikenteen optimointi ja paremmat infrastruktuuriratkaisut sujuvoittavat liikennettä ja vähentävät päästöjä sekä ruuhkia. Lisäksi liikkumisjärjestelmän tulisi nojautua materiaali-kiertoon sekä kestäviin rakennustekniikoihin: muun muassa kierrätetyt materiaalit, osien uudelleenhyödyntäminen ja korjaustoimenpiteet tukevat resurssitehokkuutta sekä kokonaiskulutuksen pienentymistä. Keskeistä on myös tarjota monipuolisesti vaihtoehtoisia liikkumistapoja yhä useammalle. Liikkuminen palveluna eli MaaS-sovellukset sekä aktiivista elämäntyyliä tukevat infrastruktuuriratkaisut, kuten kävelyalueet, ovat esimerkkejä, joiden avulla

yksityisautoiluriippuvuutta voidaan hillitä. Nämä kaikki kiertotalouden mukaisen liikkumisjärjestelmän tekijät nivoutuvat yhteen paremman liikenneverkoston hallinnan kanssa. Jotta muutoksia saadaan aikaan ja ne vievät kestävämpään suuntaan, täytyy koko verkoston hallinnoinnin sitoutua pyrkimyksissään kohti kestävä kehityksen mukaisia tavoitteita.

Toinen apututkimuskysymys oli:

- *Minkälaisia kiertotalouden mukaisia case-esimerkkejä älykkästä liikkuvuudesta löytyy?*

Tutkimukseen pyrittiin löytämään toisistaan eroavaisia älykkään liikkuvuuden sovelluksia, jotka tukevat kiertotalouden periaatteita. Vaikkakin kyseessä on melko uusi konsepti ja reaaliaikaisen maailman esimerkkejä ei ole vielä valtavasti, muun muassa kiertotalouden liiketoimintamallien ominaisuuksia oli hyvin nähtävillä esimerkeissä, kuten aikaisemmassa osiossa ilmeni. MaaS Globalin Whim-sovellus nojaa tuote palveluna -malliin; sovellus tukee muun muassa kyydin tilaamista palveluna vähentäen yksityisomistusrippuvuutta. Jakamisalustamalliin puolestaan lukeutuu auton vertaisvuokrauspalvelu BloxCAR, joka toiminnallaan kyseenalaistaa auton omistamisen tarpeen sekä edesauttaa resurssitehokkuutta. Sovelluksia löytyi myös datan hyödyntämisestä monipuolisesti liikkuvuuden parantamiseen: Otonomo Technologies Ltd. tarjoaa ajoneuvodataa esimerkiksi ennakoivaan kunnossapitoon, joka liittyy kiertotalouden tuote-elinkaaren pidentäminen -malliin. Myös Transport for London käyttää kerättyä dataa muun muassa niin julkisen liikenteen optimointiin kuin kävelyalueiden parantamiseen. Tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että älykkään liikkuvuuden sovellukset tukevat kiertotaloutta etenkin päästöjä ja kokonaiskulutusta vähentämällä, resurssitehokkuudella sekä uusiutuvuutta tukevilla ratkaisuilla.

Kandidaatintyön päätutkimuskysymys oli:

- *Millä tavalla älykäs liikkuvuus tukee kiertotaloutta?*

Tutkimuksen löydöksiin tukeutuen voidaan sanoa, että älykäs liikkuvuus tukee kiertotaloutta hyvin monipuolisesti. Älykkästä liikkuvuudesta löytyy sopivia esimerkkejä jokaiseen viiteen kiertotalouden liiketoimintamalliin. Vastaavasti myös kiertotalouden pääperiaatteet – päästöjen väheneminen, materiaalikierto sekä luonnon elvytys – liittyvät vahvasti älykkään liikkuvuuden ratkaisuihin. Erityisesti dataan pohjautuvat ratkaisut, kuten julkisen liikenteen, huoltotoimenpiteiden, MaaS-sovellusten sekä kevyenliikenteen väylien suunnittelu ja optimointi, auttavat vähentämään kokonaiskulutusta sekä luopumaan yksityisomistuksen

tarpeesta. Tutkimuksen pohjalta kiertotalouteen kuuluvat merkittävimmät älykkään liikkuvuuden hyödyt ovat pienemmät päästöt liikenteestä, nopeutunut muutos kohti uusiutuvaa energiaa, yksityisomistuksen väheneminen, pidemmät elinkaaret ennakoivalla kunnossapidolla, resurssitehokkuus sekä pienempi materiaali- ja energiakulutus. Tämän lisäksi älykäs liikkuvuus tukee myös kestävä kehityksen sosiaalista ja taloudellista puolta, jotka yhdessä ympäristöllisen puolen kanssa takaavat kestävä kiertotalouden implementoinnin. Kestävät toimintamallit ja innovatiiviset ratkaisut ovat elintärkeitä ilmastonmuutoksen hallinnassa, minkä vuoksi etenkin dataan pohjautuva liikennejärjestelmän optimointi tulee varmasti olemaan hyvin vahvassa roolissa tulevaisuuden kaupungeissa.

6.2 Tutkimuksen luotettavuus

Tutkimuksen luotettavuus muodostuu useasta eri tekijästä; luotettavuus tyypillisesti kasvaa, kun tutkimus nojaa moneen eri lähteeseen. Luotettavuuden parantamiseksi tämä kandidaattityö pohjautuu useaan vertaisarvioituun lähteeseen. Etenkin käsitteiden ja konseptien avaamisessa on pyritty muodostamaan keskustelua eri akateemisten lähteiden näkökulmien välille. Älykkään liikkuvuuden konseptin uutuuden vuoksi lehtiartikkelien ja kirjojen tukena on käytetty eri yritysten verkkosivuja ja niiden tarjoamia esimerkkejä, jotta tutkimuksesta on pystytty tekemään mahdollisimman kattava. Laadukkaiden lähteiden takaamiseksi työssä on suosittu yleisesti tunnettujen tahojen – kuten The Ellen MacArthur Foundationin – verkkosivuja.

Tyypillisesti yritykset pyrkivät luomaan hyvin positiivisen kuvan tarjoamistaan tuotteista, palveluista ja ratkaisuista omilla verkkosivuillaan, mikä toimii eräänlaisena markkinointikeinona. Taustalla voi kuitenkin olla merkittäviä ongelmakohtia tai haasteita. Jos tätä ei huomioida tehdyssä tutkimuksessa, voidaan päätyä puolueellisiin ja liian positiivissävytteisiin tuloksiin. Tässä tutkimuksessa yritys-esimerkkiosioihin on otettu tueksi muita lähteitä, joiden avulla on tuotu esiin kyseisiin liiketoimintoihin liittyvät haasteet ja ongelmat sekä sitä kautta pyritty luomaan puolueetonta keskustelua aiheiden ympärille.

Lähteet

- Aboulamer, A. (2018) Adopting a circular business model improves market equity value. *Thunderbird International Business Review*. Vol. 60, nro. 5, s. 765-769.
- Albino, V., Berardi, U. & Dangelico, R. M. (2015) Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*. Vol. 22, nro. 1, s. 3-21.
- Appio, F., Lima, M. & Paroutis, S. (2019) Understanding Smart Cities: Innovation ecosystems, technological advancements, and societal challenges. *Technological Forecasting & Social Change*. Vol. 142, s. 1-14.
- Benevolo, C., Dameri, R. P. & D'Auria, B. (2016) Smart Mobility in Smart City – Action Taxonomy, ICT Intensity and Public Benefits. *Empowering organizations*. s. 13-28.
- Bibri, S. E. (2018) Smart sustainable cities of the future: the untapped potential of big data analytics and context aware computing for advancing sustainability. Springer: Germany.
- Bibri, S. E. & Krogstie, J. (2017) Smart sustainable cities of the future: An extensive interdisciplinary literature review. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 31, s. 183-212.
- BloxCar. (2022a) Autonvuokraus. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://bloxcar.fi/fi/autonvuokraus?range=1,50&at=60.1699,24.9384&sort=distance,asc>
- BloxCar. (2022b) Etusivu. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://blox-car.fi/fi>
- BloxCar. (2022c) Yritys. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://blox-car.fi/fi/company>
- Bocken, N. M. P., de Pauw, I., Bakker, C. & van der Grinten, B. (2016) Product design and business models strategies for a circular economy. *Journal of Industrial and Production Engineering*. Vol. 33, nro. 5, s. 308-320.
- Caragliu, A., Bo, C. D. & Nijkamp, P. (2009) Smart cities in Europe. In 3rd Central European Conference in Regional Science. s. 45-60.

Chourabi, H., Taewood, N., Walker, S., Gil-Garcia, J. R., Mellouli, S., Nahon, K., Pardo, T. A & Scholl, H. J. (2012) Understanding Smart Cities: An Integrative Framework. 2012 45th Hawaii International Conference on System Sciences. s. 2289-2297.

Cox, J. (2022) Class-Action Lawsuit Targets Company that Harvests Location Data from 50 Million Cars. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 26.4.2022]. Saatavilla: <https://www.vice.com/en/article/y3v95k/car-location-data-otonomo-class-action-lawsuit>

CQI & IRCA. (2016) Intelligent Design: Meet Hugo Spowers, the brains behind the car and business model of the future. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.3.2022]. Saatavilla: <https://www.riversimple.com/wp-content/uploads/2016/07/QualityWorld1606.pdf>

Dameri, R. P. & Ricciardi, F. (2017) Leveraging Smart City Projects for Benefitting Citizens: The Role of ICTs. *Springer Optimization and Its Applications*. Vol. 125, s. 111-128.

Dekra. (2021) Connected vehicles for a safe road interaction. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 19.3.2022]. Saatavilla: <https://www.dekra-product-safety.com/en/connected-vehicles-safe-road-interaction>

Deloitte. (2017) Assessing the value of TfL's open data and digital partnerships. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://content.tfl.gov.uk/deloitte-report-tfl-open-data.pdf>

Docherty, I., Marsden, G. & Anable, J. (2018) The governance of smart mobility. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. Vol. 115, s. 114-125.

Ejaz, W. & Anpalagan, A. (2019) Internet of Things for Smart Cities: Technologies, Big Data and Security. Cham: Springer International Publishing.

Eliot, L. (2019) Fireworks About ACES As Key Acronym For The Future Of Mobility And Self-Driving Cars. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 31.3.2022]. Saatavilla: <https://www.forbes.com/sites/lanceeliot/2019/07/04/fireworks-about-aces-as-key-acronym-for-the-future-of-mobility-and-self-driving-cars/?sh=2115a247654e>

Elliott, D., Keen, W. & Miao, L. (2019) Recent advances in connected and automated vehicles. *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*. Vol. 6, nro. 2, s. 109-131.

Esposito, M., Tse, T. & Soufani, K. (2017) Is the Circular Economy a New Fast-Expanding Market? *Thunderbird International Business Review*. Vol. 59, s. 9-14.

European Commission. (2022) Smart cities. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2022]. Saatavilla: https://ec.europa.eu/info/eu-regional-and-urban-development/topics/cities-and-urban-development/city-initiatives/smart-cities_en#related-policies

European Environment Agency. (2021) A framework for enabling circular business models in Europe. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.2.2022]. Saatavilla: <https://www.eea.europa.eu/publications/a-framework-for-enabling-circular>

Faria, R., Brito, L., Baras, K. & Silva, J. (2017) Smart mobility: A survey. 2017 International Conference on Internet of Things for the Global Community (IoTGC), s. 1-8.

Forsdick, S. (2019) Big data in transport: How TfL is tracking and improving journeys with tech. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://www.ns-businesshub.com/technology/big-data-in-transport-tfl/>

Frenken, K. & Schor, J. (2017) Putting the sharing economy into perspective. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Vol. 23, s. 3-10.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M. P. & Hultink, E. J. (2017) The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of cleaner production*. Vol. 143, s. 757-768.

Ghosh, S. K. (2020) Circular Economy: Global Perspective. Singapore: Springer Singapore Pte. Limited.

Giffinger, R., Fertner, C., Kramar, H., Kalasek, R., Pichler-Milanovic, N. & Meijers, E. (2007) Smart cities: ranking of European medium-sized cities. Vienna: Vienna University of Technology.

Hall, R. E. (2000) The Vision of A Smart City. 2nd International Life Extension Technology Workshop. Paris: France.

IBM. (2022) Smart city technology revolutionizes infrastructure. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2022]. Saatavilla: <https://www.ibm.com/industries/government/infrastructure-citizen-services>

IEA. (2021) Transport: Improving the sustainability of passenger and freight transport. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 1.4.2022]. Saatavilla: <https://www.iea.org/topics/transport>

Infrastructure and Projects Authority, IPA. (2017) Transforming Infrastructure Performance. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2022]. Saatavilla: https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/664920/transforming_infrastructure_performance_web.pdf

International Telecommunication Union, ITU. (2014) Agreed definition of a smart sustainable city. Focus Group on Smart Sustainable Cities, SSC-0146 version Geneva, 5-6 March.

International Transport Forum. (2018) How to Make Urban Mobility Clean and Green. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2022]. Saatavilla: <https://www.itf-oecd.org/urban-mobility-clean-green>

Jain, D. (2020) Circular Mobility For a Resilient Urban Environment. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.2.2022]. Saatavilla: <https://www.circularcities.asia/post/circular-mobility-for-a-resilient-urban-environment>

Kirchherr, J., Reike, D. & Hekkert, M. (2017) Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation & Recycling*. Vol. 127, s. 221-232.

Korhonen, J., Honkasalo, A. & Seppälä, J. (2018) Circular Economy: The Concept and its Limitations. *Ecological Economics*. Vol. 143, s. 37-46.

Lai, C. S., Jia, Y., Dong, Z., Wang, D., Tao, Y., Lai, Q. H., Wong, R. T. K., Zobaa, A. F., Wu, R. & Lai, L. L. (2020) A Review of Technical Standards for Smart Cities. *Clean Technologies*. Vol. 2, nro. 3, s. 290–310.

Lappalainen, E. (2021) Liike hyytyy. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://www.hs.fi/visio/art-2000008002897.html>

Lara, A. P., Moreira Da Costa, E., Furlani, T. Z. & Yigitcanlar, T. (2016) Smartness that matters: towards a comprehensive and human-centered characterization of smart cities. *Journal of Open Innovation*. Vol. 2, nro. 1, s. 1-13.

Laya, A. & Vyas, N. (2021) Shared mobility: Why ‘they’ should all be sharing their cars. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 25.4.2022]. Saatavilla: <https://www.ericsson.com/en/blog/2021/3/shared-mobility-they-should-share-cars>

Lazaroiu, G. C. & Roscia, M. (2012) Definition methodology for the smart cities model. *Energy*. Vol. 47, nro. 1, s. 326-332.

Lieder, M. & Rashid, A. (2016) Towards circular economy implementation: a comprehensive review in context of manufacturing industry. *Journal of cleaner production*. Vol. 115, s. 36-51.

Liu, L. & Ramakrishna, S. (2021) An Introduction to Circular Economy. Gateway East, Singapore: Springer.

LugoSantiago, J. A. (2020) Leadership and Strategic Foresight in Smart Cities: A Futures Thinking Model. Cham: Springer International Publishing.

Milios, L. (2021) Overarching policy framework for product life extension in a circular economy – A bottom-up business perspective. *Environmental Policy and Governance*. Vol. 31, nro. 4, s. 330-346.

Mohanty, S. P., Choppali, U. & Kougianos, E. (2016) Everything you wanted to know about smart cities: The Internet of things is the backbone. *IEEE consumer electronics magazine*. Vol. 5, nro. 3, s. 60-70.

NSW Government. (2022) Connected and Automated Vehicles Plan: The benefits and challenges. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 8.4.2022]. Saatavilla: <https://future.transport.nsw.gov.au/plans/connected-and-automated-vehicles-plan/benefits-and-challenges>

Office of Rail and Road, ORR. (2022) Transport for London. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://www.orr.gov.uk/about/who-we-work-with/governments/transport-london>

Otonomo. (2021) Otonomo, Leading Platform and Marketplace for Vehicle Data, to List on Nasdaq Through a Business Combination with Software Acquisition Group Inc. II. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.3.2022]. Saatavilla: <https://otonomo.io/press-releases/otonomo-saii-spac/>

Otonomo. (2022a) Connected Car Data for Insurers. [verkkojulkaisu]. Viitattu 13.3.2022]. Saatavilla: <https://otonomo.io/use-cases/innovative-car-insurance-car-data/>

Otonomo. (2022b) Connected Car Data for Predictive Maintenance. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.3.2022]. Saatavilla: <https://otonomo.io/use-cases/predictive-maintenance-car-data/>

Otonomo. (2022c) Connected Car Data Use Cases. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.3.2022]. Saatavilla: <https://otonomo.io/use-cases/>

Otonomo. (2022d) Fleet Data: Connected Vehicle Data for Efficient Fleet Management. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 13.3.2022]. Saatavilla: <https://otonomo.io/use-cases/fleet-management-car-data/>

Paiva, S., Ahad, M. A., Tripathi, G., Feroz, N. & Casalino, G. (2021) Enabling Technologies for Urban Smart Mobility: Recent Trends, Opportunities and Challenges. *Sensors (Basel, Switzerland)*. Vol. 21, nro. 6, s. 2143.

Panter, J., Heinen, E., Mackett, R. & Ogilvie, D. (2016) Impact of new transport infrastructure on walking, cycling, and physical activity. *American journal of preventive medicine*. Vol. 50, nro. 2, s. 45-53.

Randall, C. (2020) Riversimple to make fuel cell vehicles in Wales by 2023. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.3.2022]. Saatavilla: <https://www.electrive.com/2020/10/22/riversimple-to-launch-serial-production-of-fuel-cell-vehicles-by-2023/>

Raworth, K. (2017) Doughnut economics: seven ways to think like a 21st-century economist. London: Random House Business Books.

Sallinen, S. (2020) MaaS Global mullistaa liikennettä matka kerrallaan. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/caset/2020/maas-global-mullistaa-liikennetta-matka-kerrallaan>

Salminen, R. (2018) Mikä ihmeen Whim? – Uusi palvelu yhdistää bussit, taksit, kaupunkipyörät ja vuokra-autot yhden klikkauksen alle, mutta väheneekö yksityisautoilu? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-10171507>

Schulte, U. G. (2013) New business models for a radical change in resource efficiency. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. Vol. 9, s. 43-47.

Seuwou, P., Banissi, E. & Ubakanma, G. (2020) The Future of Mobility with Connected and Autonomous Vehicles in Smart Cities. In *Digital Twin Technologies and Smart Cities*. Cham: Springer International Publishing. s. 37-52.

Sharif, R. A. & Pokharel, S. (2022) Smart City Dimensions and Associated Risks: Review of literature. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 77, 103542-.

Sillanpää, M. & Ncibi, C. (2019) *The Circular Economy: Case Studies about the Transition from the Linear Economy*. Elsevier Science & Technology.

Silva, B. N., Khan, M. & Han, K. (2018) Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities. *Sustainable Cities and Society*. Vol. 38, s. 697-713.

Sitra. (2017) Autojen vertaisvuokraamisen edistäminen palveluna. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/caset/autojen-vertaisvuokraamisen-edistaminen-palvelulla/>

Sitra. (2018) Shareit Blox Car. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/artikkelit/shareit-blox-car/>

Sitra. (2019) New business models play a key role in enterprises' strategies. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 5.2.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/en/articles/new-business-models-play-key-role-enterprises-strategies/>

Sitra. (2021) Kiertotalouden kiinnostavimmat 2.1. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.4.2022]. Saatavilla: <https://www.sitra.fi/hankkeet/kiertotalouden-kiinnostavimmat/>

Teknoliateollisuus, Accenture & Sitra. (2019) Circular economy business models for the manufacturing industries. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 10.3.2022]. Saatavilla: https://teknoliateollisuus.fi/sites/default/files/19092018_tapahtuman_esitykset_0.pdf

The Ellen MacArthur Foundation. (2013) *Towards the circular economy Vol. 1: an Economic and business rationale for an accelerated transition*. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.2.2022]. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/towards-the-circular-economy-vol-1-an-economic-and-business-rationale-for-an>

The Ellen MacArthur Foundation. (2017) *Cities and the circular economy*. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 3.4.2022]. Saatavilla: <https://archive.ellenmacarthurfoundation.org/explore/cities-and-the-circular-economy>

The Ellen MacArthur Foundation. (2019) *Circular Economy Cities: Urban Mobility System*. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 20.2.2022]. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy-opportunity-and-benefit-factsheets>

The Ellen MacArthur Foundation. (2022) What is a circular economy? [verkkojulkaisu]. [Viitattu 15.3.2022]. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/topics/circular-economy-introduction/overview>

The Ellen MacArthur Foundation, SUN & McKinsey Center for Business and Environment. (2015) Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 14.3.2022]. Saatavilla: <https://ellenmacarthurfoundation.org/growth-within-a-circular-economy-vision-for-a-competitive-europe>

The London Data Commission. (2020) Data for London, Recommendations from the London Data Commission. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 26.4.2022]. Saatavilla: https://www.londonfirst.co.uk/sites/default/files/documents/2020-09/LDCReport_.pdf

Theissler, A., Pérez-Velázquez, J., Kettelgerdes, M. & Elger, G. (2021) Predictive maintenance enabled by machine learning: Use cases and challenges in the automotive industry. *Reliability engineering & system safety*. Vol. 215, s. 107864-.

Toli, A. M. & Murtagh, N. (2020) The Concept of Sustainability in Smart City Definitions. *Frontiers in Built Environment*. Vol. 6, nro. 77.

Tran, M. & Brand, C. (2021) Smart urban mobility for mitigating carbon emissions, reducing health impacts and avoiding environmental damage costs. *Environmental research letters*. Vol. 16, nro. 11, s. 114023-.

Transport for London, TfL. (2018) Walking action plan. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.3.2022]. Saatavilla: <https://content.tfl.gov.uk/mts-walking-action-plan.pdf>

Transport for London, TfL. (2020) The Planning for Walking Toolkit. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.3.2022]. Saatavilla: <https://content.tfl.gov.uk/the-planning-for-walking-toolkit.pdf>

Transport for London, TfL. (2021) Annual Report and Statement of Accounts. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://content.tfl.gov.uk/tfl-annual-report-9-august-2021-acc.pdf>

Transport for London, TfL. (2022a) Access your data. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/corporate/privacy-and-cookies/access-your-data#on-this-page-2>

Transport for London, TfL. (2022b) Open data policy. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 4.3.2022]. Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/info-for/open-data-users/open-data-policy>

Transport for London, TfL. (2022c) What we do. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2.3.2022]. Saatavilla: <https://tfl.gov.uk/corporate/about-tfl/what-we-do?intcmp=2582#on-this-page-11>

TWI. (2022) What is a smart city? – Definition and examples. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 22.2.2022]. Saatavilla: <https://www.twi-global.com/technical-knowledge/faqs/what-is-a-smart-city#SmartCityDefinition>

UITP. (2019) Report: Mobility as a Service. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 21.2.2022]. Saatavilla: https://www.metropolis.org/sites/default/files/resources/Report_MaaS_final.pdf

UNEP. (2018) The Weight of Cities: Resources Requirements of Future Urbanization. Paris: International Resource Panel Secretariat.

United Nations. (2021) Sustainable transport, sustainable development. Interagency report for second Global Sustainable Transport Conference.

VeriFone. (2022) Commerce of the Future. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 6.4.2022]. Saatavilla: <https://www.verifone.com/en/us/thought-leadership/commerce-future>

Wautelet, T. (2018) Exploring the role of independent retailers in the circular economy: a case study approach. Thesis for: Master of Business Administration. European University for Economics & Management A.s.b.l.

Whim. (2019) Whim palkittiin parhaana kestävän kehityksen mobiilipalveluna. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://whimapp.com/helsinki/whim-palkittiin-parhaana-kestavan-kehityksen-mobiilipalveluna/>

Whim. (2022a) About us. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://whimapp.com/about-us/>

Whim. (2022b) History. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://whimapp.com/history/>

Whim. (2022c) Sustainability. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://whimapp.com/sustainability/>

Whim. (2022d) Whim in Finland. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://whimapp.com/helsinki/en/whim-in-finland/>

Wiesmeth, H. (2021) Implementing the Circular Economy for Sustainable Development. Amsterdam: Elsevier.

Xu, N., Li, X., Liu, Q. & Zhao, D. (2021) An Overview of Eco-Driving Theory, Capability Evaluation, and Training Applications. *Sensors (Basel, Switzerland)*. Vol. 21, nro. 19, s. 6547.

Zipper, D. (2020) The Problem With ‘Mobility as a Service’. [verkkojulkaisu]. [Viitattu 28.2.2022]. Saatavilla: <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-08-05/the-struggle-to-make-mobility-as-a-service-make-money>