

Aalto-yliopisto
Insinöörیتieteiden korkeakoulu
Insinöörیتieteiden kandidaattiohjelma

Kandidaatintyö

Viimeisen kilometrin ongelma henkilöliikenteessä

29.11.2020

Benjam Hokkanen

Tekijä Benjam Hokkanen

Työn nimi Viimeisen kilometrin ongelma henkilöliikenteessä

Koulutusohjelma Insinööritieteiden kandidaattiohjelma

Pääaine Rakennettu ympäristö**Pääaineen koodi** ENG3044

Vastuupettaja Tuomas Ilmavirta

Työn ohjaaja(t) Jouni Ojala

Päivämäärä 29.11.2020**Sivumäärä** 24+1**Kieli** Suomi

Tiivistelmä

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan viimeisen kilometrin ongelmaa henkilöliikenteessä. Tutkimusalueeksi on rajattu Helsingin seutu ja Helsingin seudun liikenteen (HSL) joukkoliikennealue. Työssä tutkittiin jo käytössä olevia ratkaisuja sekä tulevaisuudessa syntyviä ratkaisuja. Kandidaattintyö tehtiin kirjallisuuskatsauksena.

Viimeisen kilometrin ongelmalla henkilöliikenteessä tarkoitetaan matkaa kuljetusketjun viimeisestä sovelluksesta matkan määränpäähen. Helsingin seudulla tehtiin syksyllä 2018 4,7 miljoonaa matkaa, joista 39 % tehtiin henkilöautoilla ja 60 % kestäväillä liikennemuodoilla. Helsingin seudun maankäytön, asumisen ja liikenteen (MAL 2019) suunnitelmassa on tavoitteena nostaa kestävä liikenteen osuus 70 %:iin ja panostaa raideliikenteen ja pyöräilyn investointeihin. Jotta joukkoliikenteen ja pyöräilyn osuutta saadaan kasvatettua, tarvitaan tehokkaita ratkaisuja viimeisen kilometrin ongelmaan.

Tutkimuksessa huomattiin, että käytössä olevat viimeisen kilometrin ratkaisut eivät integroidu tehokkaasti nykyiseen joukkoliikennejärjestelmään. Monet palvelut ovat irrallisia käytössä olevasta lippujärjestelmästä, ja matkojen ketjuttaminen ei toimi yhden palvelun kautta. Monet uudet viimeisen kilometrin ratkaisut palvelevat lähinnä aikuisväestöä, jolloin lapset, vanhukset ja liikuntarajoitteiset jäävät palveluiden ulkopuolelle. Pyöräilyn edistämiseen ja pyöräilyn liityntäpysäköinnin parantamiseen tulisi lisätä resursseja. Tulevaisuudessa lippujärjestelmää tulisi muuttaa siten, että lippujärjestelmä tukisi viimeisen kilometrin sovellusten käyttöä. Tulevaisuuden ratkaisuihin robottibussien yleistyminen ei ole vielä toteutumassa lähiaikoina, mutta yhdistämällä robottibussit kutsukyytipalveluihin voitaisiin saavuttaa tehokas ja edullinen ratkaisu viimeisen kilometrin ongelmaan.

Avainsanat Viimeisen kilometrin ongelma, kaupunkipyörät, robottibussit, MaaS, liityntäliikenne, kutsukyyti, sähköpotkulaudat

Sisällysluettelo

1 Johdanto.....	1
2 Taustatiedot	3
2.1 Viimeisen kilometrin ongelma	3
2.2 Matkat Helsingin seudulla	4
3 Käytössä olevia ratkaisuja	7
3.1 Kaupunkipyörät	7
3.2 Sähköpotkulaudat	9
3.3 Liityntäpysäköinti.....	10
3.3.1 Liityntäpysäköinti autolla	11
3.3.2 Liityntäpysäköinti pyörällä.....	13
4 Tulevaisuuden ratkaisuja	15
4.1 Kutsukyytipalvelut	15
4.1.1 Kutsuplus	15
4.1.2 ViaVan.....	16
4.2 Mobility as a service (MaaS).....	17
4.3 Robottibussit.....	18
5 Johtopäätökset	20
Lähteet	22
Liite 1 SAE J3016 Levels of Driving Automation.....	1

Käytetyt lyhenteet ja määritelmät

Termi	Määritelmä
GNSS	Global Navigation Satellite System
Helsingin seutu	Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen, Hyvinkää, Järvenpää, Kerava, Kirkkonummi, Nurmijärvi, Sipoo, Tuusula, Vihti, Mäntsälä ja Pornainen
HSL	Helsingin seudun liikenne
Kehyskunnat	Hyvinkää, Järvenpää, Kerava, Kirkkonummi, Nurmijärvi, Sipoo, Tuusula, Vihti, Mäntsälä ja Pornainen
Kestävät liikkumismuodot	Kävely, pyöräily ja joukkoliikenne
LiDAR	Light detection and ranging
MaaS	Mobility as a Service
MAL 2019	Helsingin seudun maankäytön, asumisen ja liikenteen suunnitelma vuosille 2019–2050
Pääkaupunkiseutu	Helsinki, Espoo, Vantaa ja Kauniainen

1 Johdanto

Helsingin seudulla tehtiin syksyllä 2018 arkipäivänä keskimäärin 4,7 miljoonaa matkaa, joista 39 % tehtiin henkilöautoilla ja 60 % kestäväillä liikkumismuodilla (joukkoliikenne, kävely ja pyöräily). Keskimääräinen matka-aika oli 24 minuuttia ja keskimääräinen matkan pituus 7,3 kilometriä. (Brand et al. 2018.) Helsingin seudun maankäytön, asumisen ja liikenteen suunnitelman (MAL 2019) tavoitteissa on kasvattaa kestävien liikkumismuotojen osuus liikenteestä 70 %:iin ja vähentää liikenteen päästöjä 50 % vuoteen 2030 mennessä sekä nostaa samalla työvoiman saavutettavuutta 10 %. Nämä tavoitteet pyritään toteuttamaan kehittämällä raideliikenteen yhteyksiä ja parantamalla pyöräilyn edellytyksiä. (MAL 2019.)

Pyöräily on kaupungissa nopein liikkumistapa alle 7 kilometrin matkoilla (Motiva 2020), ja sähköpyörien yleistymisen helpottaa pyöräilyn käyttöä arkiliikenteessä. Vasta viime vuosina pyöräilyä on alettu mieltää varteenotettavaksi liikkumisen muodoksi kaupungeissa. Uusia pyöräilyn laatuvaikuttajia rakennetaan pääkaupunkiseudulla ja pyöräteiden talvikunnossapitoon panostetaan. Helsingin kaupunkisuunnitteluviraston pyöräilyn hyöty- ja kustannusraportin (2014) mukaan pyöräilyn investoinnin hyöty-kustannussuhde Helsingissä on 7,8. Jokainen pyöräilyn edistämiseen käytetty euro tuottaa 7,8 euron yhteiskuntataloudelliset hyödyt.

Joukkoliikenteessä on havaittavissa kasvava trendi, jossa runkoliikenne siirtyy raiteille. Uusia raidejoukkoliikenneprojekteja on Suomessa rakenteilla Tampereelle (raitiotie) sekä pääkaupunkiseudulle (Raide-Jokeri, Länsimetron jatke) ja suunnitteilla Turkuun ja Vantaalle (raitiotie) sekä Espooseen (kaupunkirata). Nämä tulevat joukkoliikenteen runkoyhteydet tarvitsevat toimivan, tehokkaan ja houkuttelevan syöttöliikenteen toimiakseen kannattavasti. Tähän tarvitaan toimivia viimeisen kilometrin ratkaisuja.

Tulevaisuudessa uudet liikkumisen ratkaisut, kuten itseajavat autot, robottibussit, kutsukyytipalvelut ja sähköavusteiset kulkuvälineet tulevat muuttamaan aramme liikkumistapoja. Erilaiset liikkumisen palvelut ja niiden yhdistäminen voivat muuttaa tarpeita auton omistamiseen ja vähentää liikkumisen kustannuksia. Yhteiskäytön avulla voidaan myös vähentää erilaisten kulkuvälineiden omistamisen ja ylläpidon kustannuksia. Erilaiset Mobility as a Service (MaaS) -palvelut yleistyvät ja yhdistävät liikkumisen eri muodot yhdeksi helppokäyttöiseksi paketiksi. Uusista teknologioista voi löytyä toimivia ratkaisuja viimeisen kilometrin ongelmaan.

Tässä kandidaatintyössä tarkastellaan käytössä olevia ratkaisuja viimeisen kilometrin ongelmaan, pohditaan niiden sijoittumista Helsingin seudun joukkoliikennejärjestelmään ja tarkastellaan ratkaisujen soveltamista joukkoliikennejärjestelmän kustannusten ja päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi tutustutaan tulevaisuuden ratkaisuihin sekä pohditaan niiden vaikutusta tulevaisuuden joukkoliikennejärjestelmän kehityksessä. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena, ja tarkastelu rajataan Helsingin seudun (Pääkaupunkiseutu ja kehyskunnat) sisäisiin matkoihin ja liikennejärjestelmään. Helsingin seudulla on jo käytössä monia viimeisen kilometrin ratkaisuja ja alueella on pilotoitu tulevaisuuden ratkaisuja, kuten robottibusseja ja kutsukyytipalveluita.

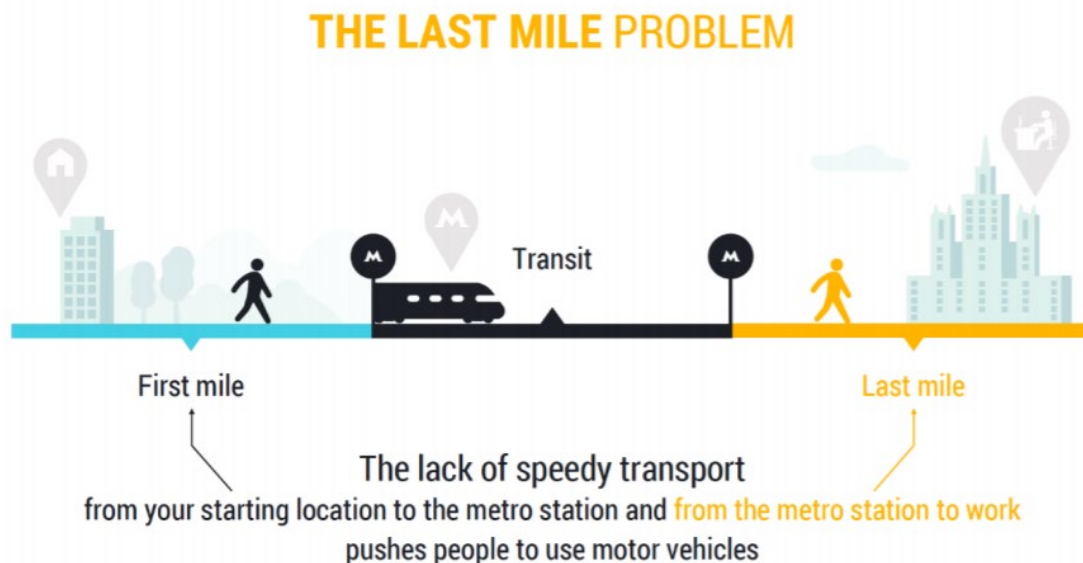
Kappaleessa 2 tutustutaan viimeisen kilometrin ongelmaan ja Helsingin seudun väestön liikkumistottumuksiin. Kappaleessa 3 käydään läpi käytössä olevia viimeisen kilometrin

ongelman ratkaisuja Helsinginseudulla. Kappaleessa 4 esitellään Helsinginseudulla pilotoituja tulevaisuuden ratkaisuja viimeisen kilometrin ongelmaan. Viimeisessä kappaleessa esitellään johtopäätökset ja kehitysehdotukset.

2 Taustatiedot

2.1 Viimeisen kilometrin ongelma

Termi viimeinen kilometri (last mile) määritellään verkoston ensimmäisenä tai viimeisenä osuutena, joka yhdistää käyttäjän runkoverkkoon. Tietoliikenteessä termiä käytetään viimeisestä yhteydestä loppukäyttäjän ja runkoverkon välillä, jolloin siirtonopeudet ovat yleensä hitaampia ja rakennus- ja ylläpitokustannukset kasvavat (Oxford English dictionary 2020). Runkoverkon asentamisen ja ylläpidon kustannukset jakautuvat kaikille verkon käyttäjille, mutta viimeisen osuuden asennus- ja ylläpitokustannukset lankeavat kokonaan viimeisen osuuden käyttäjälle. Tämä sama ongelma tulee vastaan muissakin verkoissa, kuten logistiikassa ja henkilöliikenteessä.



Kuva 1 Viimeisen kilometrin ongelma (Shiv 2020)

Viimeisen kilometrin ongelmalla tarkoitetaan henkilöliikenteessä sitä, että yleensä matkaketjun ensimmäinen tai viimeinen osa lähtöpisteestä runkoverkon pysäkille on hankala tai kallista järjestää. Viimeisen kilometrin ongelma on siis yleensä myös ensimmäisen kilometrin ongelma. Puutteelliset viimeisen kilometrin ratkaisut ohjaavat auton käyttöön matkoilla. (Kuva 1.) Runkoverkosta haarautuvien syöttöliikennereittien matkustajamäärät vähenevät, mitä kauemmaksi runkoyhteydestä kuljetaan. Liikennöintikustannukset kuitenkin pysyvät vakiona matkustajamäärästä riippumatta. Tällöin kyseisen reitin matkakustannukset jakautuvat yhä harvemmille matkustajille, jolloin yksikkökustannukset nousevat. Yleisimmät kävelymatkat pysäkille ovat alle 500 metriä ja tiheävuoariseen runkoliikenteen asemille (junat, metrot ja pikaraitiotiet) ollaan valmiita kävelemään pidempiäkin matkoja (El-Geneidy et al. 2014). Suomalaisen (2014) diplomityössä huomattiin, että kävelyhalukkuus Helsingin metroasemille alkoi vähentyä nopeasti 600–700 metrin etäisyydellä asemasta. Helsingin seudun liikenteen (HSL) suunnitteluohjeen mukaan joukkoliikennejärjestelmä pyritään suunnittelemaan mahdollisimman houkuttelevaksi mahdollisimman pienillä kustannuksilla (Manninen. et al. 2016). Busseilla toteutettu runkoliikenteen liityntä vaatii tarpeeksi matkustajia ollakseen kustannuksiltaan kannattavaa. Tällöin esimerkiksi runkolinjoja syöttävien bussilinjojen ajoreitit joudutaan suunnittele-

maan siten, että matkustajamäärät olisivat tarpeeksi suuret. Tämä pidentää reittejä ja ajo-matkoja. Vuonna 2011 HSL-alueen yksikkökustannukset per matkustajakilometri (Jääskeläinen 2012) eri liikennevälineissä on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. HSL-alueen yksikkökustannukset per matkustajakilometri (Jääskeläinen, T. 2012)

Liikenneväline	Yksikkökustannus
Bussi	0,23 €
Raitiovaunu	0,39 €
Metro	0,06 €
Lähijuna	0,12 €

Bussilla on jopa 2–4-kertaiset yksikkökustannukset verrattuna raskaaseen raideliikenteeseen (metro ja lähijuna). HSL:n toimintamenoista 44 % tulee bussiliikenteestä (HSL 2018). Vertailuna Traficom (2019) mukaan autoilun kilometrikustannukset vaihtelevat 0,37 € ja 0,52 € välillä, riippuen auton käyttövoimasta (15 000 km / v., pitoaika 5 v.). Pyöräilyn hyödyt per kilometri Helsingissä vaihtelevat 0,34 € ja 1,30 € välillä (Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto 2014).

Erilaisilla viimeisen kilometrin ongelman ratkaisulla pyritään parantamaan runkolinjojen saavutettavuutta, jolloin joukkoliikenteestä saadaan houkuttelevampi ja kilpailukykyisempi matkustamisen muoto autoilun rinnalle. Tehokkailla viimeisen kilometrin ratkaisulla voidaan myös vähentää liikkumisen päästöjä vähentämällä henkilöautojen ajosuoritteita. Lisäksi viimeisen kilometrin ongelman ratkaisulla pyritään vähentämään joukkoliikenteen kustannuksia. Kustannuksia laskemalla saadaan säästöt siirrettyä lipun hintaan ja täten nostamaan joukkoliikenteen käyttäjämääriä.

2.2 Matkat Helsingin seudulla

HSL:n liikkumistutkimuksen mukaan Helsingin seudun sisäisten matkojen keskimääräinen pituus oli vuonna 2018 7,3 km. Pääkaupunkiseudun asukkaiden matkat olivat kehyskuntien asukkaiden matkoja lyhyempiä, pois lukien pyöräily, jossa pääkaupunkiseudulla tehtiin pidempiä matkoja kuin kehyskunnissa. Henkilöautoilla ja joukkoliikenteellä tehtiin pääkaupunkiseudulla suurin piirtein saman pituisia matkoja, kun taas kehyskunnissa joukkoliikennematkat olivat huomattavasti pidempiä. 83 %:lla yli 18-vuotiaista asukkaista on henkilöauton ajokortti. Autottomia talouksia on Helsingin seudulla 26 % ja autollisia 74 %. (Brand et al. 2019.) Matkojen keskimääräiset pituudet eri kulkutavoilla on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Helsingin seudun asukkaiden matkojen keskimääräinen pituus (km / matka) kulkutavan ja asuinalueen mukaan vuonna 2018. Helsingin seudun sisäiset matkat. (Brand et al. 2019)

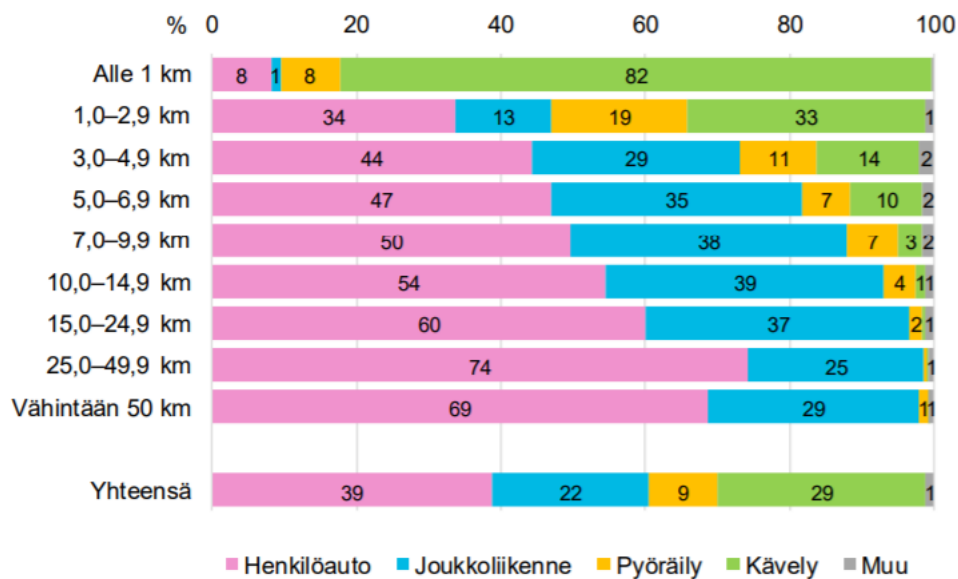
Kulkutapa	Pääkaupunkiseudun asukkaat	Kehyskuntien asukkaat	Helsingin seutu yh- teensä
Henkilöauto	9,9	13,4	11,0
Joukkoliikenne	9,0	26,6	10,5
Pyöräily	3,7	2,4	3,4
Kävely	1,2	1,7	1,3
Muu	6,8	9,4	7,8
Yhteensä	6,4	10,7	7,3

Taulukossa 3 esitellään Helsingin seudun keskimääräiset matka-ajat kulkutavoittain. Keskimääräinen matka-aika oli 24 minuuttia koko Helsingin seudulla. Matka-ajoissa eniten aikaa kuluu joukkoliikenteessä (37 minuuttia), muilla kulkutavoilla matka-ajat ovat keskimäärin 20 minuutin luokkaa.

Taulukko 3. Helsingin seudun asukkaiden matkojen keskimääräinen kesto (minuuttia / matka) (Brand et al. 2019)

Kulkutapa	Pääkaupunkiseudun asukkaat	Kehyskuntien asukkaat	Helsingin seutu yhteensä
Henkilöauto	19	20	20
Joukkoliikenne	36	51	37
Pyöräily	20	16	19
Kävely	19	24	20
Muu	26	26	26
Yhteensä	24	23	24

Kuvassa 2 on esitetty kulkutapajakaumat eri matkoille. Alle 1 kilometrin matkoista 61 % tehtiin kävellen, mutta jo 1–2,9 kilometrin matkoilla auto oli suosituin kulkuväline 34 %:n osuudella. Henkilöauton osuus oli suurin kaikilla yli 1 kilometrin matkoilla. 5–25 kilometrin matkoilla autoilun osuus oli noin 50 % ja joukkoliikenteen noin 35 %. Pyöräilyn osuus oli suurin 1–2,9 kilometrin matkoilla (19 % matkoista), ja pyöräilyn osuus laski tasaisesti matkan pidentyessä. Yli 10 kilometrin matkoista pyörällä tehtiin enää alle 5 %. 81 % matkoista tehtiin yhdellä kulkutavalla (39,3 % vain autolla, 24,9 % vain kävely, 9,9 % vain pyöräily, 7,1 % vain joukkoliikenne). Joukkoliikenteeseen yhdistettiin eniten kävelyä (14,3 % matkoista). Pyöräilyä ja autoilua yhdistettiin kumpaakin noin 1 %:iin matkoista. Joukkoliikennematkoista 73 % tehtiin ilman vaihtoja. (Brand et al. 2019.)



Kuva 2 Kulkutapajakauma (%) eri pituisilla matkoilla vuonna 2018. Helsingin seudun asukkaiden Helsingin seudun sisäiset matkat. (Brand et al. 2019)

3 Käytössä olevia ratkaisuja

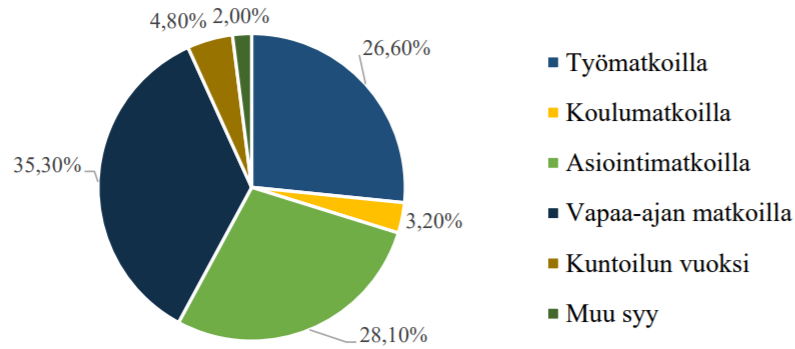
Tässä luvussa tarkastellaan Helsingin seudun alueella käytössä olevia viimeisen kilometrin ratkaisuja. Erilaiset yhteiskäyttökulkuneuvot, kuten kaupunkipyörät, sähköpotkulaudat ja yhteiskäyttöautot yleistyvät kaupungeissa nopealla tahdilla. Pääkaupunkiseudulla käytössä on tällä hetkellä Helsingin ja Espoon yhteinen kaupunkipyöräverkosto ja Vantaalla oma erillinen kaupunkipyöräverkosto. Lisäksi on tarjolla useita yksityisten toimijoiden pyörä- ja potkulautapalveluja, kuten Bond, Voi ja Tier. Liityntäpysäköintiä on järjestetty sekä autoille että pyörille. Liityntäpysäköinti on pääsääntöisesti järjestetty raide-liikenteen yhteyteen.

3.1 Kaupunkipyörät

Useimpien kaupunkipyörien toiminta perustuu kiinteisiin pyöräasemiin, joista pyörät lainataan ja joihin ne palautetaan. Helsingin ja Espoon kaupunkipyöräjärjestelmässä oli vuonna 2020 350 asemaa ja 3500 pyörää. Lisäksi Vantaan erillisessä järjestelmässä oli 100 asemaa ja 1000 pyörää. Helsingin ja Espoon pyöräjärjestelmät ovat yhtenäiset, joten niitä voi käyttää ristiin. Vantaalla on oma järjestelmä, joten Vantaan kaupunkipyöriä ei voi käyttää ristiin Espoon ja Helsingin kaupunkipyörien kanssa. Vuonna 2018 Helsingin ja Espoon kaupunkipyörillä tehtiin 3,2 miljoonaa matkaa, keskimääräinen matkan pituus oli 2 km ja käyttäjiä 48 500. Helsingin ja Espoon kaupunkipyörien kausi alkoi vuonna 2020 23.3. ja päättyi 31.10., joten ympärivuotinen käyttö ei tällä hetkellä ole mahdollista. Vuonna 2020 pääkaupunkiseudun kaupunkipyörien maksut olivat 30 €/kausi, 10 €/viikko tai 5 €/päivä. Maksuun sisältyy rajaton määrä enintään 30 minuutin matkoja, jonka jälkeen veloitus on 1 € jokaisesta ylimenevästä 30 minuutista. Maksimikäyttöaika on 5 tuntia. Palvelun käyttäjän tulee käyttöehtojen mukaan olla vähintään 15-vuotias. (HSL kaupunkipyörät 2020.)

Kaupunkipyörien käyttö on altis säätilojen vaihteluille. Gerbhardin ja Nolanin (2014) tutkimuksessa todettiin, että kylmä sää, sade, pimeys ja korkea kosteusprosentti vähensivät kaupunkipyörien käyttöä Washington D.C.:ssä. Tutkimuksessa todettiin lämpötilan vaikuttavan eniten matkojen pituuteen. Kylmät päivät (-12,2–9,7 °C) lyhensivät matka-aikoja ja lämpimät (21,1–31,7 °C) pidensivät matka-aikoja. Sadepäivinä matkat olivat keskimäärin 2,8 minuuttia lyhyempiä ja pimeään aikaan 3,1 minuuttia lyhyempiä. Kova pakkas (alle -10 °C) lyhensi matka-aikoja noin 50 %. Huomattavaa oli kuitenkin, että kaupunkipyöriä käytettiin myös huonon sään aikana. (Gebhart ja Noland 2014.)

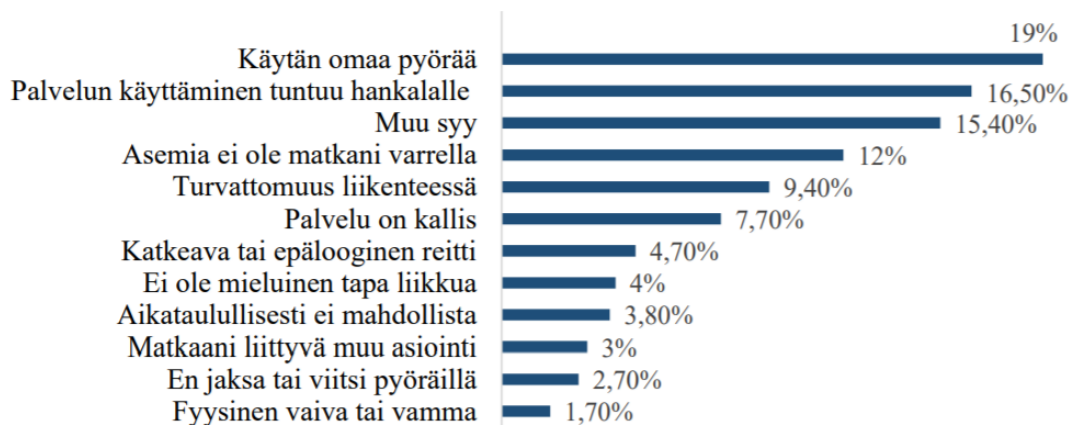
Mikkosen pro gradu -tutkielmassa (2020) tutkittiin kaupunkipyörien käyttöön ja käyttämättömyyteen vaikuttavia tekijöitä. Kaupunkipyöriä käytetään etenkin vapaa-ajan matkoilla, asiointimatkoilla ja työmatkoilla (Kuva 3). Kolmeksi suosituimmaksi syyksi käyttää kaupunkipyörää mainittiin kätevä tapa liikkua, riippumattomuus aikatauluista ja helppous yhdistää joukkoliikennematkaan (Kuva 4). Vain 0,5 % käyttäjistä mainitsi syyksi oman auton puuttumisen. Suosituimmat syyt olla käyttämättä kaupunkipyöriä olivat oman pyörän käyttäminen ja palvelun käytön hankaluus (Kuva 5). Tutkimuksessa todettiin, että vanhemmat ihmiset valitsivat nuorempia useammin turvallisuuden syyksi olla käyttämättä kaupunkipyöriä. Vanhemmissa ikäryhmissä ei myöskään pidetty kaupunkipyöriä mieluisena tapana liikkua verrattuna nuorempiin käyttäjiin. Tutkimuksessa todettiin, että kaupunkipyörien käyttäjäjoukko on rajautunut ja kaupunkipyöräjärjestelmät eivät palvele kaikkia väestöryhmiä tasaisesti. (Mikkonen 2020.)



Kuva 3 Millaisilla matkoilla hyödynnät kaupunkipyörää.
(Mikkonen, T. 2020)



Kuva 4 Kaupunkipyörien käyttöön yhteydessä olevat tekijät. (Mikkonen 2020)



Kuva 5 Käyttämättömyyteen yhteydessä olevat tekijät (Mikkonen 2020)

Kaupunkipyöräjärjestelmät voivat sekä lisätä että vähentää joukkoliikenteen käyttöä. Willbergin pro gradu -tutkielmassa (2019) todettiin, että metro- ja juna-asemien lähetyvillä on enemmän kaupunkipyörien käyttäjiä kuin kaukana asemista. Toisaalta kaupunkipyörät ovat myös korvanneet kävely-, bussi- ja raitiovaunumatkoja. Kaupunkipyöräverkon ulkopuolelta tulevat käyttäjät yhdistävät enemmän kaupunkipyörämatkoja joukkoliikenteeseen kuin verkoston sisällä asuvat käyttäjät. (Willberg, E. 2019.) Jäppisen et al. (2013) tutkimuksessa on myös todettu, että kaupunkipyöräjärjestelmä Helsingin seudulla pienentää matka-aikoja 10 %, lisää joukkoliikenteen potentiaalista asiakasmäärää ja säästää odottelu-aikaa kotona.

3.2 Sähköpotkulaudat

Sähköpotkulaudat ovat yleistyneet nopeasti etenkin Helsingissä. Sähköpotkulaudat ovat akkukäyttöisiä ja niiden nopeus on rajoitettu 20 kilometriin tunnissa. Sähköpotkulaudat luokitellaan kevyiksi sähköajoneuvoiksi, jolloin niillä liikuttaessa pitää noudattaa polkupyöräilijän liikennesääntöjä. Sähköpotkulautojen keräily ja akkujen lataus suoritetaan operaattorin toimesta. Yöaikana huoltoauto keräilee ladattavat potkulaudat ja tuo täyteen ladattuja tilalle. Sähköpotkulautojen toiminta-alue on rajattu virtuaalisesti, ja vuokrauksen voi aloittaa ja lopettaa mihin tahansa vuokrausalueelle. Potkulaudoille voi myös asettaa alueita, joihin vuokrausta ei voi päättää ja alueita, joilla nopeutta on rajoitettu. Vuokraukseen tarvitsee älypuhelinsovelluksen. Käyttömaksuna on yleensä aloitusmaksu lisätynä aikaperusteisella veloituksella. Suurimmilla operaattoreilla aloitusmaksu on 1 € ja aikaperusteinen maksu vaihtelee 0,15–0,30 €/min välillä. Palveluiden käyttöehtojen mukaan käyttäjän tulee olla yli 18-vuotias. (Voi 2020, Tier 2020.)

Töölön sairaalassa hoidettiin 30.5.–7.11.2019 välisenä aikana 74 potilasta, jotka olivat loukkaantuneet sähköpotkulaudan kuljettajana. 65 potilasta kaatui itsekseen, joten yleensä sähköpotkulaudat eivät aiheuta muille osapuolille vahinkoa. Suurin osa tapaturmista sattui yöllä kello 0–4 välillä, ja alkoholin vaikutuksen alaisena oli yli puolet hoideituista. 33 potilasta tarvitsi leikkaushoitoa. Vammoista suurin osa kohdistui päähän. (Virtanen, K. 2019.) Sähköpotkulautooperaattoreista Tier on tuomassa potkulautoihin kypärät vähentääkseen päävammoja. Kokeilu alkaa Tampereella, ja Helsinkiin kypärät ovat tulossa keväällä 2021. (Helsingin Sanomat, 25.8.2020). Toinen suuri ongelma sähköpotkulaudoissa on käyttöehtojen vastainen pysäköinti. Kaduilla näkee keskelle tietä jätettyjä sekä tielle kaatuneita sähköpotkulautoja. Väärinpysäköidyt ja tielle kaatuneet potkulaudat voivat aiheuttaa vaaratilanteita etenkin pimeällä (Kuva 6). Sähköpotkulautoja on myös jätetty esimerkiksi juna-asemien laitureille. Kööpenhaminan kaupunginvaltuusto päätti lokakuussa 2020 kieltää sähköpotkulautojen vuokraamisen keskusta-alueella. Päätöstä perusteltiin sähköpotkulautojen pysäköinnin haitoilla. (Helsingin Sanomat, 9.10.2020.) Väärin pysäköidyt sähköpotkulaudat antavat myös kuvan huonosti hoidetusta järjestelmästä ja tämä vähentää palvelun houkuttelevuutta.



Kuva 6 Tielle kaatunut potkulauta voi aiheuttaa vaaratilanteen tai onnettomuuden.

Kerlin kandidaatintyössä (2020) tutkittiin sähköpotkulautojen elinkaaripäästöjä. Sähköpotkulautojen hiilijalanjälki todettiin suuremmaksi kuin pyöräilyllä, kävelyllä ja julkisella liikenteellä. 89 % päästöistä syntyi sähköpotkulautojen keräilystä, joka oli toteutettu yleensä dieselpakettiautoilla. Sähköpotkulautojen käyttö lisää päästöjä, koska sähköpotkulaudat yleensä korvaavat vähäpäästöisempiä liikkumismuotoja.

3.3 Liityntäpysäköinti

Liityntäpysäköinnissä matka joukkoliikenteen runkoverkkoon suoritetaan joko omalla autolla tai pyörällä. Yleensä liityntäpysäköinti on järjestetty raideverkoston varrella vilkasliikenteisten asemien lähetyvillä. Helsingin seudulla oli vuonna 2019 liityntäpysäköintipaikkoja 11 518 kpl autoille ja 13 319 kpl pyörille. Käyttöaste paikoilla oli autoilla 77 % ja pyörillä 52 % (HSL 2019). HSL:n teettämässä Helsingin seudun työssäkäyntialueen liityntäpysäköintitutkimuksessa selvisi, että käyttäjistä kaksi kolmasosaa on naisia, mikä vastaa osuudeltaan joukkoliikenteen sukupuolijakaumaa. Liityntäpysäköinnin jälkeisistä joukkoliikennematkoista yli puolet oli vaihdottomia. Yleisin matka-aika liityntäpysäköintiin oli 15 minuuttia ja yleisin liityntäpysäköinnin kesto oli 9–10 tuntia. Suurin osa liityntäpysäköintimatkoista on työmatkoja ja suurin osa matkoista alkoi kello 7–9 välillä. Lähes puolella liityntäpysäköinnin käyttäjistä olisi ollut mahdollisuus käyttää myös bussia liityntämatkaan. (Elolähde et al. 2015.)

Liityntäpysäköinnin määrää pyritään kasvattamaan Helsingin seudulla. Vuoteen 2025 mennessä on tarkoitus rakentaa 8200 uutta pyöräpaikkaa ja 6000 uutta autopaikkaa. Nämä luvut sisältävät jo rakennetut Kehäradan ja Länsimetron liityntäpysäköintipaikat (Gruzdaitis et al. 2017). Länsimetron varteen rakennetut autojen liityntäpysäköintipaikat ovat olleet vajaakäytöllä. Espoo onkin tarkentanut liityntäpysäköintimääriä ja pyrkii ohjaamaan liityntäpysäköintiin varattuja rahoja laadukkaaseen pyöräliityntäpysäköintiin (Helsingin Sanomat, 14.10.2020). Nämä pysäköintipaikat tulisivat olemaan katettuja ja mahdollisesti lämpimiä, mikä lisäisi etenkin talvipyöräilyn houkuttelevuutta.

Liityntäpysäköinnistä on hyötyjä monille eri osapuolille. Bäckström et al. (2016) tutkimuksessa on arvioitu, että maantasoinen liityntäpysäköinti maksaa itsensä takaisin yhteiskuntataloudellisina hyötyinä vuoden kuluttua ja rakenteellinen pysäköinti neljän vuoden kuluttua. 75 % hyödyistä muodostuu aikataulusäästöistä. Tutkimuksessa arvioitiin, että Helsinkiin saapuu arkivuorokautena 6000-7000 ajoneuvoa vähemmän liityntäpysäköinnin ansiosta. Eri osapuolten arvioidut hyödyt on esitelty taulukossa 4. (Bäckström et al. 2016.)

Taulukko 4. Liityntäpysäköinnin hyötyjä eri osapuolille. (Bäckström et al. 2016)

Hyötyvä taho	Hyödyt
Sijaintikunta	<ul style="list-style-type: none"> - Saavutettavuus paranee, mikä houkuttelee uusia veronmaksajia - Liityntäpysäköintialueen lähiympäristön palvelut saavat asiakkaita - Tehokkaat liityntäpysäköintiratkaisut mahdollistavat alueen maankäytön kehittämisen - Joukkoliikennetarjonta paranee kaikille joukkoliikenteen käyttäjille
Valtio	<ul style="list-style-type: none"> - Autoliikenne maantieverkolla vähenee, jolloin investointitarve liikenneinfraan pienenee - Yhteiskuntataloudelliset hyödyt - Joukkoliikenneinvestointien kannattavuus paranee matkustajamäärien kasvaessa
Kotikunta	<ul style="list-style-type: none"> - Saavutettavuus paranee, mikä houkuttelee uusia veronmaksajia - Joukkoliikennetarjonta paranee kaikille joukkoliikenteen käyttäjille
Kohdekunta	<ul style="list-style-type: none"> - Autoliikenne katuverkolla vähenee - Pysäköintitarve vähenee - Investointitarve liikenneinfraan pienenee - Liikenteen haitat pienenevät ja ilmanlaatu paranee - Yritykset sijoittuvat hyvien liikenneyhteyksien ääreen, mitä liityntäpysäköinti tukee - Joukkoliikenneasemien lähiympäristön palvelut saavat asiakkaita

3.3.1 Liityntäpysäköinti autolla

Oman auton käyttö liityntäpysäköintiin palvelee etenkin käyttäjiä, jotka asuvat kaukana joukkoliikenteen runkoyhteyksistä. Liityntäpysäköinnin tarkoituksena on vähentää auto liikennettä Helsingin sisäänmenoväylillä ja vapauttaa arvokasta pysäköintitilaa tehokkaampaan maankäyttöön tiiviisti rakennetuilla alueilla. Lisäksi autoilun melu- ja päästöhaitat pienenevät, kun osa matkasta tehdään energiatehokkaasti raiteilla.

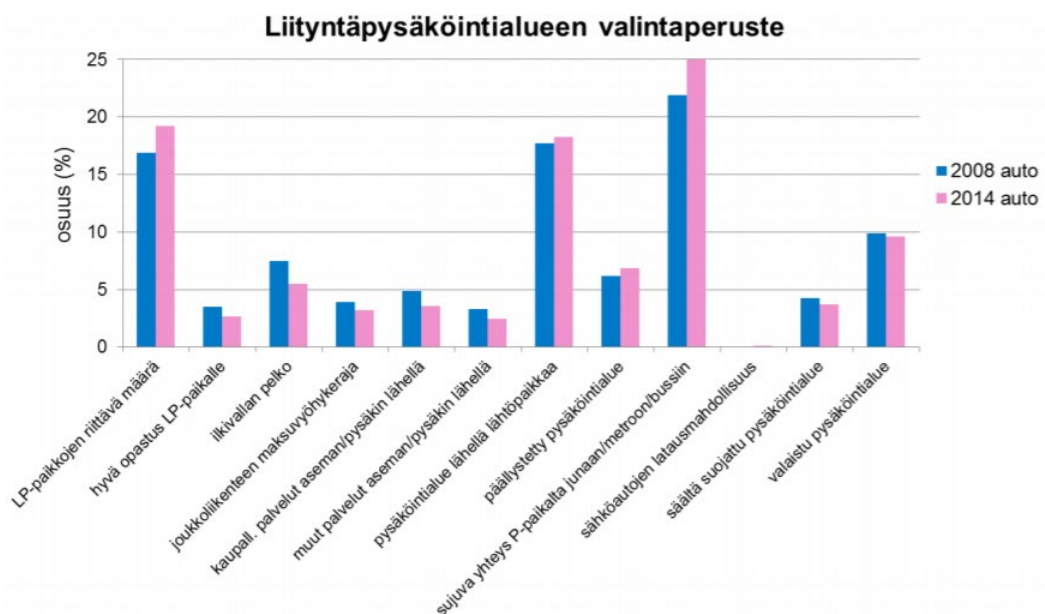
Pysäköinti on järjestetty joko rakenteellisesti pysäköintihallissa tai rakennuksessa, tai aseman vieressä olevalla maantasoisella pysäköintialueella. Pysäköintiä on pyritty rakentamaan isojen kauppakeskusten yhteyteen, jolloin pysäköintipaikkoja voidaan käyttää hyödyksi myös kauppakeskuksen pysäköintiin. Hiljaisemmilla alueilla käytetään aikarajoitusta, kun taas pysäköintihallien yhteydessä pysäköinnistä peritään pieni maksu. Maksu vaihtelee 1–4 € välillä ja vaatii voimassa olevan joukkoliikenteen lipun. Pysäköintiaika on rajattu 10–12 tuntiin, jonka jälkeen yleensä käytetään pysäköintihallissa voimassa olevaa hinnastoa (HSL 2020).

Yksi pysäköintipaikka vaatii tilaa noin 25 m². Toimiva liityntäpysäköinti vaatii sijainnikseen aseman välittömän läheisyyden, joten liityntäpysäköinti tarvitsee paljon tilaa arvokkaalta alueelta lähellä asemaa. Tämä on ristiriidassa MAL-suunnitelmien kanssa, joissa pyritään keskittämään rakentamista radan varteen asemien lähetyville. Tätä ongelmaa pyritään ratkaisemaan jo kaavoituksen aikana. Pysäköintilaitoksissa pyritään yhdistämään liityntä-, asukas- ja asiointipysäköinti, jolloin pysäköinnin käyttöaste pysyisi mahdollisimman korkeana (MAL 2019).

Kolme tärkeintä syytä liityntäpysäköinnin käyttöön autoilijoilla oli vuoden 2014 kyselyssä ajoneuvoliikenteen ruuhkat, hyvät joukkoliikenneyhteydet, sekä vaikeus löytää pysäköintipaikka määränpäässä (Kuva 7). Tärkeimmät perusteet liityntäpysäköintipaikan valintaan olivat sujuva yhteys joukkoliikennevälineeseen ja pysäköintipaikkojen riittävä määrä (Kuva 8).



Kuva 7 Miksi autoilija on valinnut liityntäpysäköinnin. (Elo lähde et al. 2015)



Kuva 8 Miksi autoilija on valinnut juuri tämän liityntäpysäköintialueen. (Elo lähde et al. 2015)

Liityntäliikenne autolla tarvitsee myös toimivan viimeisen kilometrin ratkaisun matkan loppupäässä. Auton käyttämisen houkutus koko matkalle kasvaa, jos määränpäässä kävely kohteeseen jää liian pitkäksi.

3.3.2 Liityntäpysäköinti pyörällä

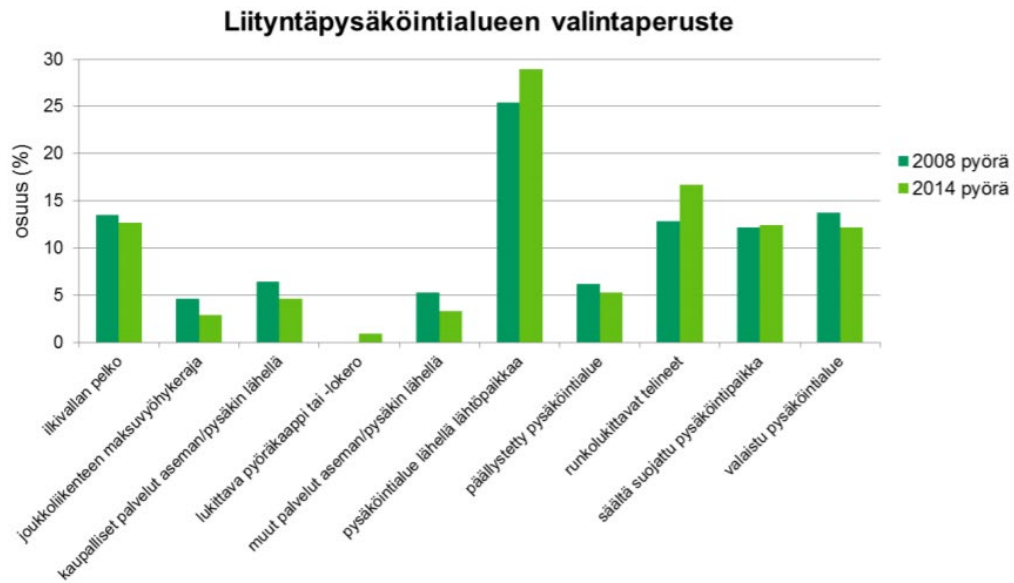
Helsingin seudulla 71 %:lla on pyörä käytettävissä päivittäin. Kehyskunnissa pyörä on käytettävissä 77 %:lla ja pääkaupunkiseudulla 70 %:lla asukkaista. Junaliikenteeseen tukeutuvissa kunnissa pyöräilläään enemmän kuin muualla. Vaikka pyörä on käytettävissä päivittäin, vain 15 % asukkaista pyöräilee päivittäin, ja vain 0,9 %:ssa matkoista pyöräily yhdistettiin joukkoliikenteeseen. 45 % Helsingin seudun asukkaista ei pyöräile lainkaan. (Brand et al. 2019.)

Pyöräily on yleensä nopein liikkumismuoto alle kolmen kilometrin matkoilla. Helsingin seudulla 42 % alle 3 kilometrin matkoista tehdään autoilla (kuva 2). Pyöräilyn kulkutapaosuuden kasvattamisella voisi siis helposti vähentää autoilua ja päästöjä. Pyörän käyttö liityntäliikenteessä vähentää huomattavasti matkojen ovelta ovelle -aikoja. Pyöräily on nopeampi liityntämuoto joukkoliikenteeseen kuin kävely. Pyörää käyttäessä jää matkan ensimmäinen aikatauluodotus pois verrattuna bussilla suoritettuun liityntämatkaan, jossa aikatauluodotus tulee sekä bussilla että runkolinjalla. (Martens 2007).

Tärkeimmät syyt pyörän käyttöön liityntäpysäköintimatkoilla ovat hyvät joukkoliikenneyhteydet liityntäpysäköintipaikalta ja pitkä matka määränpäähen pyörällä (kuva 9) Pyöräilijät pitivät liityntäpysäköintialueen tärkeimpänä valintaperusteena pysäköintialueen läheisyyttä. Muita tärkeitä elementtejä olivat mahdollisuus runkolukitukseen ja suoja ilkivallalta (Kuva 10).



Kuva 9 Miksi pyöräilijä on valinnut liityntäpysäköinnin. (Elolähde et al. 2015)



Kuva 10 Miksi pyöräilijä on valinnut juuri tämän liityntäpysäköintialueen. (Elolähde et al. 2015)

Junissa ja metroissa on myös mahdollista kuljettaa maksutta pyörää, jos vaunuissa on tilaa. Oman pyörän kuljettaminen junassa tai metrossa poistaa määränpään viimeisen kilometrin ongelman. Junissa ja metroissa on yleensä rajallinen määrä pyöräpaikkoja. Etenkin metrossa siirtyminen laiturialueelle on pyörän kanssa hankalaa ja vaatii hissien käyttöä. Tämä lisää matka-aikaa ja laskee oman pyörän käytön houkuttelevuutta.

4 Tulevaisuuden ratkaisuja

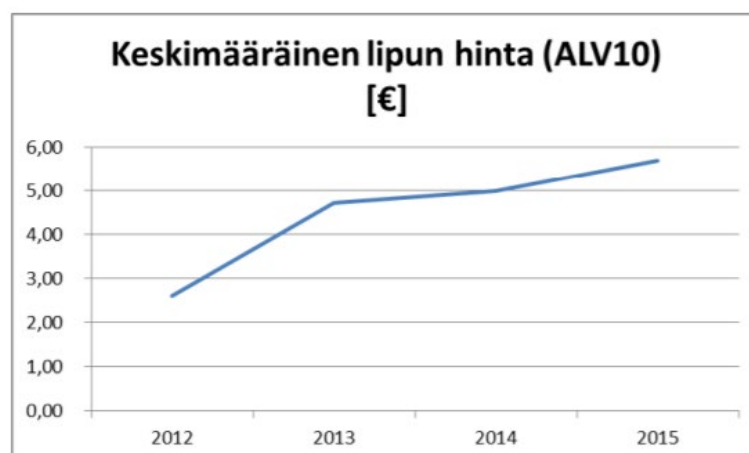
Liikenteen sähköistyminen ja autonominen ajo ovat havaittuja trendejä tulevaisuuden liikkumismuodoissa. Etenkin autonomisessa ajossa on suuri potentiaali muuttaa liikku- mistapojamme ja auton omistustarpeita. Joukkoliikenteessä voidaan saada huomattavia kustannussäästöjä liikenteen automatisaatiolla. Erilaiset digitaaliset palvelut tulevat mah- dollistamaan eri kulkutapojen tehokkaat ketjuttamiset, sekä tulevat parantamaan ajoneu- vojen yhteiskäyttöä. Tässä luvussa esitellään Helsingin seudulla pilotoituja ratkaisuja.

4.1 Kutsukyytipalvelut

Kutsukyytipalveluilla tarkoitetaan aikataulutonta liikennettä, jonka reitti määräytyy halu- tun lähtöpisteen ja päätepisteen välillä. Kutsukyytipalveluita ovat esimerkiksi taksit, sekä ride sharing -palvelut kuten Uber ja Lyft. Kutsukyytipalveluissa voidaan myös yhdistää käyttäjien samansuuntaisia matkoja, jolloin matkan kustannukset jakautuvat useammalle käyttäjälle. Helsingin seudulla on toteutettu kaksi kutsukyytikokeilua: Kutsuplus vuosina 2012–2015 ja ViaVan talvella 2019–2020. Seuraavaksi tarkastellaan näitä kahta palvelua tarkemmin.

4.1.1 Kutsuplus

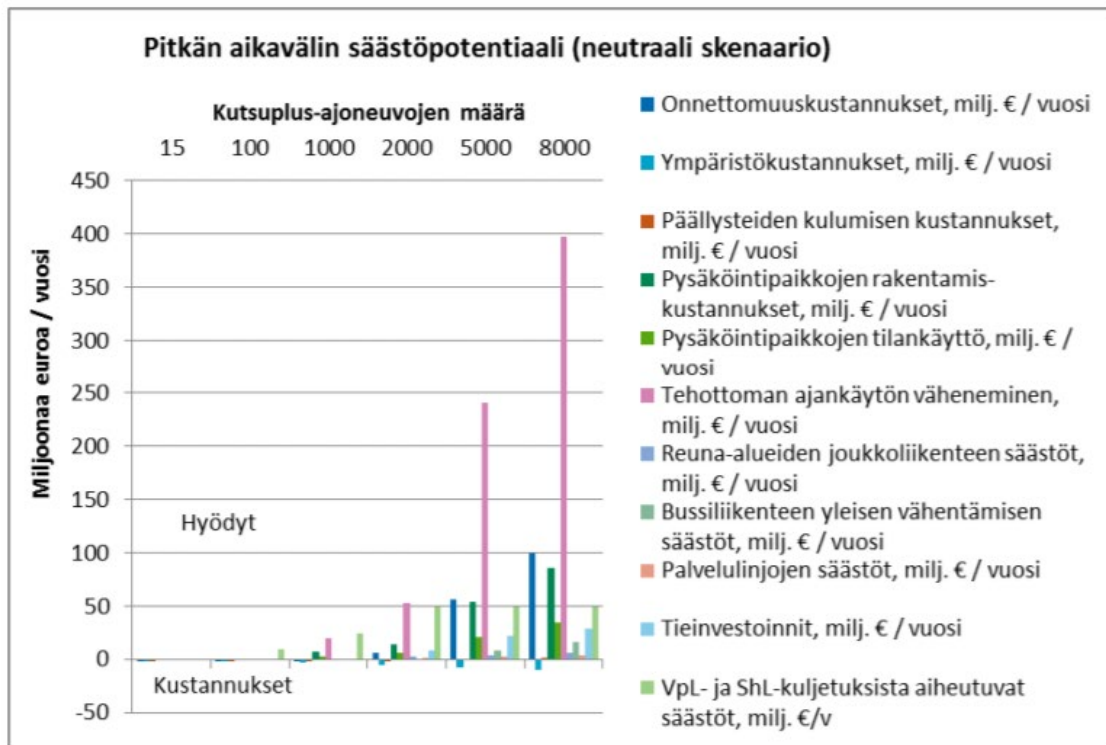
HSL pilotoi vuosina 2012–2015 Kutsuplus-kutsukyytipalvelua. Palvelussa kokeiltiin äly- kästä kyytien yhdistämistä yhdeksänpaikkaisilla pikkubusseilla. Bussit poimivat asiak- kaita bussipysäkeiltä, tai erikseen luoduilta virtuaalipysäkeiltä. Samaan suuntaan ja ai- kaan suuntautuvat matkat yhdistettiin samaan autoon. Tavoitteena oli saada etenkin au- toilijoita siirtymään palvelun käyttäjiksi. Kokeilun alue rajautui pääsääntöisesti Kehä I:n sisäpuolelle ja käytössä oli parhaimmillaan 15 ajoneuvoa. Palvelu oli käytettävissä kello 07:30–23:00 välillä. Matkan hinta oli 3,5 € + 0,45 €/km, hiljaisempina aikoina kello 10:00–14:00 väliset matkat olivat 20 % halvempia. Hinnittelussa käytettiin myös mallia, jossa käyttäjä pystyi maksamaan suuremman hinnan nopeammasta matkasta. Keskimää- räinen lipun hinta oli noin 5 € (Kuva 11), joten käyttäjät olivat valmiita maksamaan jouk- koliikennelippua kalliimman hinnan matkasta. (Rissanen 2016)



Kuva 11 Lipun keskihinta (Rissanen 2016)

Kutsuplussan tavoitteena oli etenkin autoilun korvaaminen kutsukyytipalveluilla. Palve- lua markkinoitiin vahvasti vedoten aikasäästöön. Oman auton käytön korvaaminen kut- sukyytipalvelulla vapauttaa kuljettajan ajan muuhun toimintaan. Autoissa oli myös wifi-

verkko, joka mahdollisti matkaan käytetyn ajan tehokkaan käytön esimerkiksi työskente-
lyyn. Pitkän aikavälin vuosittaiset kustannushyödyt arvioitiin jopa 700 miljoonaan eu-
roon. Suuri osa näistä tuli tehottoman ajankäytön vähenemisestä (Kuva 12).



Kuva 12 Pitkän aikavälin säästöpotentiaali (Rissanen, K. 2016)

Asiakastyytyvyys oli hyvällä tasolla, vaikka kyseessä oli pilotointivaihe. Kokonaisarvo-
sana palvelulle oli 4,7 (asteikko 1–5), kun muiden Helsingin seudun joukkoliikenteen ar-
vosanat vaihtelivat välillä 4,1–4,2. Palvelun matkamäärät kasvoivat voimakkaasti pilo-
tointiaikana. Vuonna 2015 tehtiin jo 100 000 matkaa, vaikka ajoneuvoja oli edelleen käy-
tössä vain 15. Pitkän aikavälin tavoitteena oli nostaa ajoneuvojen määrä 5000–8000 ajo-
neuvoon vuoteen 2027 mennessä. Tällöin kutsuplussin kulkumuoto-osuus olisi ollut 25–
35 % Helsingin seudun matkoista. Vuonna 2014 suunniteltiin ajoneuvojen määrän nosta-
mista 45 autoon, mutta syksyllä 2015 HSL:n hallitus päätti lopettaa kokeilun kohonneiden
kustannusten takia. Kutsuplus-liikenne päättyi 31.12.2015. (Rissanen 2016.)

4.1.2 ViaVan

Talvella 2019–2020 Espoossa oli toinen kutsukyytikokeilu ViaVan. ViaVan käytti ope-
rointiin 8-paikkaisia tila-autoja. Palvelussa oli otettu huomioon myös liikuntarajoitteiset.
Palvelusta oli mahdollista tilata ajoneuvo pyörätuolilla liikkuville. Operointialueena oli
Tapiola, Leppävaara, Niittykumpu ja Matinkylä. Operointialueen kartta on kuvassa 13.
Toimintalogiikka oli samantapainen kuin Kutsuplus-palvelussa. Sovelluksella tilattiin
kyyti, minkä jälkeen samansuuntaiset matkat yhdistettiin. Palvelu käytti olemassa olevaa
bussipysäkkiverkostoa sekä lisäksi virtuaalipysäkkejä. Hinnasto määräytyi matkan pituu-
den mukaan. Ruuhka-aikana hinta oli korkeampi kuin hiljaisempina aikoina. Hinnasto on
esitelty kuvassa 14. (HSL 2020.)

ViaVan-pilotoinnin aikana tehtiin yli 16 000 matkaa, ja käyttäjiä oli yli 1500. Käyttäjistä 96 % oli tyytyväisiä palveluun. 38 %:ssa matkoista toinen päätepiste oli palvelualueen juna- tai metroasema, joten palvelua käytettiin selvästi joukkoliikenteen syöttöliikenteeseen. (HSL 2020.)



Kuva 13 ViaVan operointialue (HSL 2020)

	Ruuhka-aika Arkisin 07-09:30 ja 16-19:00	Muu aika Kaikki muut ajat, mukaan lukien viikonloput ja arkipyhät
Lyhyet matkat < 3km	3.50€	2.50€
Pitkät matkat > 3km	4.50€	4.00€

Kuva 14 ViaVan hinnasto (HSL 2020)

4.2 Mobility as a service (MaaS)

Mobility as a Service (MaaS) voidaan määritellä liikkumisen palveluna, joka tarjoaa yhden sovelluksen alla käyttäjän kaikki liikkumistarpeet. Tällöin käyttäjä voi räätälöidä itselleen sopivan liikkumisen paketin, jossa yhdistellään eri liikkumismuotoja. (Jittrapirom

et al. 2017.) MaaS-palvelut pyrkivät tarjoamaan asiakkaalle kokonaisvaltaisen liikkumisratkaisun. Tarkoituksena on luoda palvelu, joka tarjoaa yhden sovelluksen tai alustan alla käyttäjälleen kaikki tämän tarvitsemat liikkumispalvelut joustavasti. Tarjoamalla yhteiskäyttöautoja, pyöriä ja joukkoliikenteen lippuja pyritään vähentämään auton omistamisen tarvetta ja täten vähentämään liikkumiskustannuksia ja ympäristöhaittoja. Viimeisen kilometrin ongelmaa ratkaistaan sisällyttämällä palveluun esimerkiksi kiinteähintaisia taksimatkoja, kaupunkipyörien käyttöoikeuksia ja sähköpotkulautamatkoja.

Helsingin seudulla tällä hetkellä käytössä on Whim-sovellus, joka yhdistää HSL-alueen joukkoliikenneliput, kaupunkipyörät, Tierin sähköpotkulaudat, taksit ja vuokra-autot yhden sovelluksen alle. Palvelussa voi ostaa joko kuukausipaketteja tai maksaa yksittäisiä matkoja ja vuokrauksia. Käytössä olevat palvelutasot on esitetty kuvassa 15. (Whim 2020.)

	Whim Urban 30 59,7 € /30 päivää	Whim Student 30 32,80 € /30 päivää	Whim Weekend 249 € /30 päivää	Whim Unlimited 499 € / KK
Julkinen liikenne	30 päivän HSL-lippu	30 päivän HSL-opiskelijalippu	30 päivän HSL-lippu	HSL-kertalippu
Kaupunkipyörät	Sisältyy hintaan (maks. 30 min per ajo)	Koko kausi 24,90 €	Sisältyy hintaan (maks. 30 min per ajo)	Sisältyy hintaan (maks. 30 min per ajo)
Taksit	4 x 10 € (maks. 5km), yli 5km normaalihintaan	Maksa matka kerrallaan	-15%	80 matkaa (maks. 5km), yli 5km normaalihintaan
Vuokra-auto	Alkaen 49€ / päivä	Maksa matka kerrallaan	Viikonloppuisin	Rajaton
Sähköpotkulauta	TIER:n standardihinta	TIER:n standardihinta	TIER:n standardihinta	TIER:n standardihinta

Kuva 15 Whim palvelutasot (Whim 2020)

4.3 Robottibussit

Helsingin seudulla on ollut useampi kokeilu robottibussien käytöstä liikenteen seassa. Aalto-yliopiston, Forum Virium Helsingin, Maanmittauslaitoksen, Metropolia ammattikorkeakoulun ja Tampereen Teknillisen Yliopiston yhteinen SOHJOA-projekti on toteuttanut useita kokeiluja sähköisellä autonomisesti ajavalla EasyMile EZ-10 -minibussilla. EZ-10 on ranskalainen 10-paikkainen (6 istuma- ja 4 seisomapaikkaa) akkusähkökäyttöinen pikkubussi, joka kykenee SAE J3016 tason 4 autonomiseen ajoon (Liite 1). Ajoneuvo käytti neljää LiDAR-sensoria, joiden muodostamaa pistepilveä käytettiin sekä navigointiin että esteentunnistukseen. Navigoinnissa käytettiin myös GNSS-signaalia paikannuksen apuna. Pilottivaiheessa bussissa oli jatkuvasti operaattori, joka huolehti ajoneuvon turvallisesta testioperoinnista. Kokeilujen paikkoina on ollut esimerkiksi Hernesaari, Otaniemen kampusalue ja Helsinki-Vantaan lentoasema. (Nissin ja Åman 2018.)

Asiakaskyselyiden mukaan robottibussit lisäävät joukkoliikenteen houkuttelevuutta. Vastaajista 88 % käyttäisi robottibussia enemmän, jos robottibussit olisivat osana joukkoliikennejärjestelmää. Robottibussit nähtiin hyväksi ratkaisuksi yli 400 metrin matkoilla. Ro-

bottibussin käyttäjistä neljäsosa ei olisi valmis maksamaan palvelusta ylimääräistä maksua joukkoliikennelipun lisäksi. Toinen neljäsosa olisi valmis maksamaan 0,3 € ja puolet 0,5 € tai enemmän robottibussimatkasta. (Nissin ja Åman 2018.)

Bussiliikenteessä suurin kuluerä on kuljettajien palkkakustannukset (HSL 2018). Huhdan diplomityössä (2017) vertailtiin robottibussin kustannuksia liityntäliikenteessä. Vertailussa robottibussin päivittäiset operointikustannukset olivat 2,5 kertaa edullisemmat verrattuna vastaavankokoisen diesel- tai sähköpikkubussin operointikustannuksiin. Ilman kuljettajaa toimivilla robottibusseilla saadaan myös järjestettyä kustannustehokkaasti ympärivuorokautinen liikenne.

Pilottiajoissa suurin havaittu epäkohta oli hidas ajonopeus (5–12 km/h). Näin hidas nopeus on kilpailukykyinen lähinnä kävelylle tai hitaalle pyöräilylle. Tosin robottibussi antaa suojaa sateelta ja kylmältä, sekä mahdollistaa liikuntarajoitteisten ihmisten kuljettamisen. Matala operointinopeus aiheutti myös ongelmia muulle liikenteelle. Hitaasti kulkeva robottibussi hidasti muuta liikennettä, ja muut tienkäyttäjät eivät tienneet miten robottibussin ohittamiseen tulisi suhtautua. EZ-10 ei myöskään ollut suunniteltu operoimaan lumisessa ja jäisessä ympäristössä, joten testejä ei pystytty toteuttamaan talviolosuhteissa. Useissa koeajoissa leijailevat lehdet aktivoivat pysäytyksen. (Nissin ja Åman 2018.)

5 Johtopäätökset

Tässä kandidaatintyössä selvitettiin Helsingin seudun käytössä olevia ja tulevia viimeisen kilometrin ongelman ratkaisuja. Työn tavoitteena oli tarkastella jo käytössä olevia viimeisen kilometrin ongelman sovelluksia sekä tulevaisuuden ratkaisuja sekä sitä, miten ne sijoittuvat nykyiseen joukkoliikennejärjestelmään. Helsingissä on jo useampia viimeisen kilometrin ongelman ratkaisuja käytössä, ja tulevaisuuden ratkaisuja on testattu asiakas-ympäristössä asti.

Liityntäpysäköintiä lukuun ottamatta käytössä olevia viimeisen kilometrin ratkaisuja ei ole sidottu nykyiseen joukkoliikennejärjestelmään kovin tehokkaasti. Eri kulkutavat ovat hajautuneet omiin käyttösovelluksiin eikä matkoja saada ketjutettua yhteen. Erilaisilla MaaS-palveluilla onkin suuri potentiaali saada yhdistettyä matkaketjut yhden käyttöalustan alle. Lisäksi monet järjestelmät ovat keskenään kilpailevia, kuten kaupunkipyörät ja sähköpotkulaudat. Tärkeää olisi kehittää ratkaisuja, jolla saadaan siirrettyä autoilevia käyttäjiä kestäviin liikennemuotojen käyttäjiksi. Suurimmat vaikutukset päästöihin saadaan silloin, kun viimeisen kilometrin ratkaisulla pyritään vähentämään autoilua ja dieselbussien käyttöä. Henkilöautojen ja bussien sähköistäminen auttaa näiden liikennemuotojen päästöjen vähentämisessä. Sähköistämällä ei kuitenkaan nopeuteta ajoaikoja eikä välttämättä saavuteta aika- ja kustannussäästöjä. Aina kuitenkin sähköinen sovellus ei ole päästöiltään paras ratkaisu, kuten sähköpotkulautojen tapauksessa huomattiin. Tosin sähköistämällä potkulautojen keräily saataisiin myös koko järjestelmän päästöjä vähennettyä.

Suomen talviolosuhteet tuovat usein haasteita viimeisen kilometrin ongelman ratkaisujen käytettävyyteen. Kaupunkipyörrien, oman pyörän ja potkulautojen käyttö vähenee pimeällä, sateessa ja kylmässä. Hyvällä talvikunnossapidolla voidaan parantaa pyöräilyn edellytyksiä. Esimerkiksi Turussa kaupunkipyöräjärjestelmä on käytössä ympäri vuoden. Helsingin seudun sää ei poikkea merkittävästi Länsi-Suomen säästä. Martensin (2007) tutkimuksen mukaan paras tapa lisätä pyöräilyn liityntäliikennettä on rakentaa tarpeeksi tasokasta pysäköintitilaa pyörille raideliikenteen asemien yhteyteen. Suurin potentiaali pyöräilyn liityntäliikenteen houkuttelevuudessa nähtiin 3–4 kilometrin säteellä asemasta. Pyöräilyn ja bussiliikenteen yhdistämisessä ei havaittu yhtä suurta potentiaalia, paitsi runkolinjoilla. Tutkimuksessa todettiin, että Alankomaissa yksikään toimijoista, kuten kunnat, joukkoliikenteen operaattorit, tieviranomaiset tai valtion viranomaiset, ei pitänyt liityntäliikenteen edistämistä vastuualueenaan. Tarvittiin erityinen työryhmä edistämään liityntäpysäköintiä. (Martens, K. 2007). Liityntäpysäköintiä tulisikin suunnitelmallisesti kehittää raideliikenteen liityntämuotona.

Monet uusista viimeisen kilometrin ongelman sovelluksista, kuten kaupunkipyörät ja potkulaudat, palvelevat vain aikuisväestöä. Esimerkiksi lapset ja liikuntarajoitteiset jäävät yleensä näiden ulkopuolelle. Asiaa voisi korjata kaupunkipyöräjärjestelmissä esimerkiksi tarjoamalla pyörissä paremman mahdollisuuden lasten ja tavaroiden kuljettamiseen. Kaupunkipyöräjärjestelmään voisi esimerkiksi lisätä tavarapyöriä ja lastenistuimilla varustettuja pyöriä. Kaupunkipyöräjärjestelmän sähköistäminen voisi lisätä järjestelmän houkuttelevuutta. Tanskan Randersissa järjestetyssä sähköpyöräpilotoinnissa henkilöautojen kulkuosuus matkoissa laski 11 % tutkimukseen osallistuneiden kesken (Vaarala ja Översti 2017).

Uudet digitaaliset palvelut mahdollistavat uusien hinnoittelumallien käyttämisen matkoissa. Tällä hetkellä julkisen liikenteen lipun hinnat perustuvat eri vyöhykkeisiin, mutta tulevaisuudessa hinnoittelu voisi perustua esimerkiksi käytettyyn kulkutapaan ja palvelutasoon. Tällä hetkellä vyöhykepohjainen hinnoittelumalli ei kannusta käyttämään omaa pyörää tai muita viimeisen kilometrin ratkaisuja. Lipun hinta on aina sama riippumatta siitä, mitä liityntämuotoa käytetään. Jos saavut omalla pyörällä asemalle, on lipun hinta sama kuin käyttäjällä, joka saapuu asemalle bussilla. Lisäksi omaa autoa käyttäessä vyöhykkeisiin perustuvassa hinnoittelumallissa käyttäjä saattaa ajaa pidemmän matkan halvemman vyöhykkeen asemalle, jolloin ajosuorite kasvaa. Tämä ilmiö on huomattu esimerkiksi kehäradalla, jossa Vantaankosken B-vyöhykkeellä oleva 188-paikkainen liityntäpysäköintialue on täynnä, mutta kilometrin päässä sijaitseva C-vyöhykkeellä sijaitseva 496-paikkainen Vehkalan liityntäpysäköintialue on tyhjillään (Helsingin Sanomat 23.8.2019). Kaupunkipyörien houkuttelevuutta voisi kasvattaa sitomalla sen nykyiseen lippujärjestelmään. Samalla matkalipulla voisi käyttää sekä kaupunkipyörää että joukkoliikennettä vaihtoajan puitteissa. Käyttäjät ovat lisäksi valmiita maksamaan korkeampaa hintaa lipusta, kun palvelutaso paranee. Kutsukyytiliikenteen kokeiluissa pidettiin palvelutasoa yleisesti erittäin hyvänä, ja käyttäjät olivat valmiita maksamaan kohonneesta palvelutasosta joukkoliikennelippua korkeamman hinnan.

Autonominen ajo liikenteen seassa ei ole vielä toteutumassa lähiaikoina. Robottibussien nopeuksia tulisi nostaa, jotta matka-ajoina saadaan kilpailukykyisiä esimerkiksi bussiliikenteen ajoaikoihin. Robottibusseilla on myös suuri potentiaali olla vaihtoehtoinen liikumismuoto niille käyttäjille, jotka eivät pysty käyttämään muita viimeisen kilometrin sovelluksia. Tällöin robottibussit tukisivat muita liikkumispalveluita, kuten kaupunkipyöriä. Robottibussit eivät pilotoinnin aikana voineet vielä operoida talviolosuhteissa. Putoilevat lehdet, pöllyävä lumi ja peittyneet tiemerkinnot vaikeuttavat robottibussien navigointia ympäristössä. Robottibussien suurimmat hyödyt saadaan kuljettajakustannuksien pienemisestä. Tavoitteena on yhdistää useampi ajoneuvo etävalvonnan alle, jolloin henkilöstökustannukset pienenevät huomattavasti. Tulevaisuuden ratkaisut voivat tuoda suuriakin muutoksia tapoihin, joilla liikumme. Yhdistämällä kutsukyytiliikenteen ja robottibussit voitaisiin saada edullinen, joustava ja nopea julkisen liikenteen muoto, joka voisi mullistaa tapamme liikkua tulevaisuudessa.

Helsingin seudun joukkoliikennejärjestelmä tarvitsee toimivia viimeisen kilometrin ratkaisuja, jotta voidaan saavuttaa tulevaisuuden kestävä liikenteen kulkutapaosuustavoitteet ja päästötavoitteet. Toimivilla viimeisen kilometrin ratkaisuilla joukkoliikenteen houkuttelevuus kasvaa ja aikataulusäästöillä voidaan saavuttaa hyötyjä sekä yksilö- että yhteiskuntatasolla.

Lähteet

- Brandt, E. Kantele, S. Rätty, P. (2018). Liikkumistottumukset Helsingin seudulla 2018. HSL Helsingin seudun liikenne. 172 s. ISSN 1798-6184.
- Bäckström, J., Lehtinen, A., Holm, M., Suhonen, M. (2016). Liityntäpysäköinnin kustannus- ja vastuujakomallin pilotointi Pasila-Riihimäki -ratakäytävässä. Helsingin seudun liikenne. 65 s. ISSN 1798-6184
- El-Geneidy, A., Grimsrud, M., Wasfi, R. et al. (2014). New evidence on walking distances to transit stops: identifying redundancies and gaps using variable service areas. *Transportation* 41. 193–210 (2014). DOI:10.1007/s11116-013-9508-z
- Elolähde, T., Vihervuori, M., Hyyrynen, I., Helle, J., Huotari, M. (2015). Helsingin seudun työssäkäyntialueen liityntäpysäköintitutkimus 2014. HSL Helsingin seudun liikenne. 58 s. ISSN 1798-6184
- Gebhart, K., Noland, R.B. (2014) The impact of weather conditions on bikeshare trips in Washington, DC. *Transportation* 41, 1205–1225 (2014). DOI:10.1007/s11116-014-9540-7
- Gruzdaitis, L., Bäckström, J., Pohjalainen, E. (2017). Helsingin seudun liityntäpysäköinnin toimenpideohjelma. HSL Helsingin seudun liikenne. 86 s. ISSN 1798-6184
- Helsingin kaupunkisuunnitteluvirasto. (2014). Pyöräilyn hyödyt ja kustannukset Helsingissä. Helsingin kaupunki. 30 s. ISSN 0787-9067
- Helsingin Sanomat (2019). Lähes 500-paikkainen parkkipaikka ammottaa tyhjiyttään Vantaalla, lähistöllä tapellaan pysäköinnistä. Viitattu: 22.11.2020. Saatavilla: <https://www.hs.fi/kaupunki/vantaa/art-2000006213283.html>
- Helsingin Sanomat (2020). Sähköpotkulautayhtiö yrittää vähentää päävammoja lisäämällä lautoihinsa kypärä. Viitattu 10.11.2020. Saatavilla: <https://www.hs.fi/kaupunki/art-2000006613552.html>
- Helsingin Sanomat (2020). Kööpenhamina kieltää sähköpotkulautojen vuokraamisen suoraan kadulta. 09.10.2020. Viitattu 10.11.2020. Saatavilla: <https://www.hs.fi/ulko-maat/art-2000006665104.html>
- Helsingin Sanomat (2020). Autopaikkoja karsitaan länsimetron uusilta asemilta rajusti – Tilalle rakennetaan lisää pysäköintitilaa polkupyörille. Viitattu 10.11.2020. Saatavilla: <https://www.hs.fi/kaupunki/espoo/art-2000006669055.html>
- HSL (2018). Toiminta- ja taloussuunnitelma 2019–2021. 66 s. Saatavilla: https://www.hsl.fi/sites/default/files/hsl_toiminta_ja_taloussuunnitelma2019_2021.pdf
- HSL (2020). Espoon kutsukyytikokeilu päättyy 14. maaliskuuta. Viitattu 08.11.2020. Saatavilla: <https://www.hsl.fi/uutiset/2020/espoo-kutsukyytikokeilu-paattyy-14-maaliskuuta-19311>

HSL (2020). Kutsukyyti-verkkosivut. Viitattu 05.11.2020. Saatavilla: <https://www.hsl.fi/kutsukyyti>

Huhta, R. (2017). Automaattisten pikkubussien hyväksyttävyyys ja kustannusrakenne osana joukkoliikennettä. Diplomityö. Tampereen teknillinen yliopisto, Rakennustekniikan diplomi-insinöörin tutkinto-ohjelma. 97 s.

Jittrapirom, P., Caiati, V., Feneri, A.-M., Ebrahimigharehbaghi, S., Alonso González, M.J., Narayan, J. (2017). Mobility as a Service: A critical review of definitions, assessments of schemes, and key challenges. *Urban Planning*, vol. 2, iss. 2, (2017), pp. 13-25. DOI: 10.17645/up.v2i2.931

Jäppinen, S. Toivonen, T. Salonen, M. (2013). Modelling the potential effect of shared bicycles on public transport travel times in Greater Helsinki: An open data approach. *Applied Geography*. Vol. 43. p 13-24. DOI: 10.1016/j.apgeog.2013.05.010

Jääskeläinen, T. (2012). Joukkoliikenteen yksikkökustannukset 2011. HSL Helsingin seudun liikenne. 44 s. ISSN 1798-6184.

Kerli, M. (2020). Sähköpotkulaudan hiilijalanjälki. Kandidaatintyö. Lappeenrannan-Lahden teknillinen yliopisto LUT. 42 s.

Manninen, A. Peura, M. Rinta, E. Suomalainen, A. (2016). Joukkoliikenteen suunniteluohje HSL-liikenteessä. HSL Helsingin seudun liikenne. 34 s. ISSN 1798-6184

Martens, K. (2007). Promoting bike-and-ride: The Dutch experience. *Transportation Research Part A: Policy and Practice* Volume 41, Issue 4, p. 326-338. DOI: 10.1016/j.tra.2006.09.010

Mikkonen, T. (2020). Kyselytutkimus kaupunkipyörien käyttöön ja käyttämättömyyteen liittyvistä tekijöistä Helsingin, Espoon ja vantaan alueilla. Pro gradu -tutkielma. Liikuntatieteellinen tiedekunta, Jyväskylän yliopisto. 87 s.

Motiva (2020). Näin liikut viisaasti, pyöräily. Viitattu 16.10.2020 Saatavilla: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/nain_liikut_viisaasti/pyoraily

Nissin, O. (toim.), Åman, M. (toim.) (2018). SOHJOA-robottibussi Suomen urbaaneissa olosuhteissa. *Metropolia Ammattikorkeakoulun julkaisusarja TAITO-TYÖELÄMÄKIRJAT* 16. Metropolia Ammattikorkeakoulu. 104 s. ISSN 1799-6007

Oxford English dictionary (2020). "Last mile". Viitattu 22.11.2020. Saatavilla: <https://www.oed.com/view/Entry/106006?redirectedFrom=last+mile#eid325751860>

Rissanen, K. (2016). Kutsuplus – loppuraportti. HSL Helsingin seudun liikenne. 27 s. ISSN 1798-6184.

SAE (2020). SAE J3016 Levels of Driving Automation. Viitattu 08.11.2020. Saatavilla: <https://www.sae.org/news/press-room/2018/12/sae-international-releases-updated-visual-chart-for-its-%E2%80%9Clevels-of-driving-automation%E2%80%9D-standard-for-self-driving-vehicles>

Shiv, A. (2018). Analysis of last mile transport pilot: Implementation of the model and its adaptation among local citizens. Master's thesis. Aalto university. 67 pp.

Tier (2020). Tier-yhtiön verkkosivut. Viitattu 06.11.2020. Saatavilla: <https://www.tier.app/fi/>

Traficom (2019). Ajamisen hinta. Viitattu 15.10.2020 Saatavilla: <https://www.traficom.fi/fi/ajavaihtoehtoa/ajamisen-hinta>

Vaarala, R. ja Översti, K. (2017). Kaupunkipyörän toimintamalli ja toteuttamismahdollisuudet suomalaisittain suurissa kaupungeissa – Tampere, Oulu, Jyväskylä ja Lahti. Liikennevirasto, Liikenne ja maankäyttö. Helsinki 2017. Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 12/2017. 87 s. ISSN-L 1798-6656

Virtanen, K. (2019). Sähköpotkulautailijoiden onnettomuudet. Tieliikenteen turvallisuusseminaari 2019. Traficom. Saatavilla: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/4%20sahkopotkulaudat-vammat-trafficom-11-2019.pdf>

Voi (2020). Voiscooters-yhtiön verkkosivut. Viitattu 06.11.2020. Saatavilla: <https://www.voiscooters.com/fi/>

Whim (2020). Whim-palvelun verkkosivut. Viitattu 08.11.2020. Saatavilla: <https://whimapp.com/fi/>

Willberg, E. (2019). Bike sharing as part of urban mobility in Helsinki – a user perspective. Master's Thesis. Helsinki University. 94 pp.

Liite 1 SAE J3016 Levels of Driving Automation



SAE J3016™ LEVELS OF DRIVING AUTOMATION

	SAE LEVEL 0	SAE LEVEL 1	SAE LEVEL 2	SAE LEVEL 3	SAE LEVEL 4	SAE LEVEL 5
What does the human in the driver's seat have to do?	You <u>are</u> driving whenever these driver support features are engaged – even if your feet are off the pedals and you are not steering			You <u>are not</u> driving when these automated driving features are engaged – even if you are seated in “the driver’s seat”		
	You must constantly supervise these support features; you must steer, brake or accelerate as needed to maintain safety			When the feature requests, you must drive	These automated driving features will not require you to take over driving	
What do these features do?	These are driver support features			These are automated driving features		
	These features are limited to providing warnings and momentary assistance	These features provide steering OR brake/acceleration support to the driver	These features provide steering AND brake/acceleration support to the driver	These features can drive the vehicle under limited conditions and will not operate unless all required conditions are met	This feature can drive the vehicle under all conditions	
	<ul style="list-style-type: none"> • automatic emergency braking • blind spot warning • lane departure warning 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering OR • adaptive cruise control 	<ul style="list-style-type: none"> • lane centering AND • adaptive cruise control at the same time 	<ul style="list-style-type: none"> • traffic jam chauffeur 	<ul style="list-style-type: none"> • local driverless taxi • pedals/steering wheel may or may not be installed 	<ul style="list-style-type: none"> • same as level 4, but feature can drive everywhere in all conditions
Example Features						

Kuva 4 SAE J3016 Levels of Automation (SAE 2020)