

Essi Nousiainen

LOHJAN RAUTATIEASEMAN LIITYNTÄ- LIIKENTEEN HIILIDIOKSIDIPÄÄSTÖT VUONNA 2030

Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta
Diplomityö
Joulukuu 2019

TIIVISTELMÄ

Essi Nousiainen: Lohjan rautatieaseman liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöt vuonna 2030
Diplomityö
Tampereen yliopisto
Ympäristö- ja energiatekniikan DI-tutkinto-ohjelma
Joulukuu 2019

IPCC:n raportti varoittaa, että maapallon lämpeneminen pitäisi pysäyttää 1,5 asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan, jotta voitaisiin välttää radikaaleilta ilmastolämpenemisen vaikutuksilta. Liikenteen ympäristöpäästöillä on tässä suuri merkitys, sillä liikenne muodostaa noin viidesosan Suomen ympäristöpäästöistä. Suomen tavoite on vähentää liikenteen ympäristöpäästöjä 50 % vuoteen 2030 mennessä. Yksi valtakunnallisista ja Lohjan liikenteeseen vaikuttavista suunnitelmista on uusi nopea junayhteys Turun ja Helsingin välille, jonka yhtenä asemana suunnitelmien mukaan olisi Lempolan asema Lohjalla. Tunnin Junan vaikutusalueella työskentelevistä lohjalaisista potentiaalisia junalla töihin kulkevia on Lohjan asukkaista noin 10 %. Työssä tutkittiin Lohjalta Tunnin Junan vaikutusalueelle töihin matkustavien ihmisten aiheuttamia liityntäliikenteen ympäristöpäästöjä ja päästövähennyspotentiaalia.

Työssä luotiin ensin vertailuskenaario, jossa laskettiin Tunnin Junan vaikutusalueen hiilidioksidipäästöt perustuen Lohjan vuoden 2017 liikenteen päästöarvoihin ja kulkutapaosuuksiin. Potentiaalisten pendelöijien määrä arvioitiin yhdyskuntarakenteen seurannan tilastojen avulla. Tutkittavan alueen hiilidioksidipäästöt olivat arvion mukaan 4 % Lohjan liikenteen kokonaishiilidioksidipäästöistä, eli noin 4,8 miljoonaa kilogrammaa hiilidioksidia. Eri liikenteen päästövähennyskeinojen vaikutusta arvioitiin vertaamalla saatuja arvoja alkuskenaarion hiilidioksidipäästöihin. Tärkeimmiksi päästövähennyskeinoiksi havaittiin kaavoitus, liikkumisen ohjaus, bio-osuuden kasvaminen ja autokannan uusiutuminen. Keskittämällä asuinalueita Lempolan alueelle arvioitiin saavutettavan 19,6 % päästövähennys ja 19 % vähenemä kokonaissuoritteeseen. Liikkumisen ohjauksen vaikutukset päästövähennyksiin olivat 1,2 %. Bio-osuuden kasvattaminen nestemäisissä polttoaineissa 30 %:iin aiheuttaisi 9,2 %:n päästövähennyksen. Perinteisen liikennekaasun vaihtaminen biokaasuun aiheutti vertailuskenaariossa 0,1 %:n päästövähennyksen vuoden 2017 autokannalla. Pelkällä autokannan muutoksella ilman bio-osuuden kasvattamista Autoalan tiedotuskeskuksen autokanta-arviolla päästövähennykseksi saatiin 10,1 % ja VTT:n tutkija Juhani Laurikon autokanta-arviolla 24 %. Yksittäisten toimenpiteiden vaikutusten merkittävyys kuitenkin muuttuvat, kun toimenpiteet yhdistetään.

Työssä luotiin kaksi skenaariota, joissa otettiin huomioon toimenpiteiden yhteisvaikutus. Skenaarioissa kasvatettiin polttoaineiden bio-osuutta ja biokaasun osuutta liikennekaasusta, ja lisäksi huomioitiin liikkumisen ohjaus ja kaavoituksen vaikutus. Skenaariot tehtiin kahdelle eri autokantaennusteelle. Autoalan tiedotuskeskuksen autokantaennusteen perusteella arvioidussa skenaariossa saatiin 35,8 % päästövähennys. Laurikon ennusteella päästiin jopa 46,4 % päästövähennykseen. 50 % päästövähennykseen päästäkseen pitäisi skenaariossa 1 vaikuttaa kaavoituksella pendelöijien asumispaikkoihin niin, että 39 % asuisi Lempolassa tai kestävän joukkoliikennelinjan varrella. Pelkkää joukkoliikennettä lisätessä joukkoliikenteen kulkutapaosuuden pitäisi nousta 22 %. Autokannassa sähkö-, kaas- ja vetyautojen yhteenlaskettu osuus täytyisi olla 23,7 % ja bensiiniautojen osuus 45,3 %. Skenaariossa 2 kaavoituksen vaikutuksesta Lempolaan tai joukkoliikennelinjan varrelle täytyisi saada 28 % pendelöijistä. Pelkällä joukkoliikenteellä päästövähennyksiä toteutettaessa joukkoliikenteen kulkutapaosuus täytyisi olla 6,5 % kaikilla matkanpituuksilla. Kestävillä käyttövoimilla toimivien autojen osuus täytyisi kasvaa 26,7 %:iin. Bensiiniautojen osuus olisi 47,2 %. Jos joukkoliikennelinja saadaan toteutettua uudenaikaisella kaupunkisuunnittelulla ja kaavoituksella ja ajoneuvokanta uusiutuu riittävän nopeasti, on 50 %:n päästövähennys liikenteessä mahdollinen. Jatkotutkimuksena Lohjalla täytyisi tehdä kartoitus joukkoliikennelinjan kannattavuudesta ja sopivasta linjareitistä ottaen huomioon ihmisten asuinpaikat ja joukkoliikennelinjan saavutettavuus.

Avainsanat: liityntäliikenne, hiilidioksidipäästöt, työmatka, juna, asemanseutu

ABSTRACT

Essi Nousiainen: Carbon Dioxide Emissions of Integrated Transport Modes with Railway Transport at Lohja Station in 2030
Master's Thesis
Tampere University
Master of Science (Technology) in Environmental and Energy Engineering
December 2019

In order to avoid the radical effects of global warming the environmental emissions from transport play an important role, as transport accounts for about one fifth of Finland's environmental emissions. Finland's target is to reduce environmental emissions of transport by 50 % by 2030. Lohja is committed to the "Towards a Carbon Neutral Municipality" project, which aims to reduce emissions by 80 % compared to 2007 levels. One of the nationwide plans affecting Lohja's traffic is the new high-speed train connection between Turku and Helsinki called "One-Hour Train". The new Lempola station in Lohja is planned to be one of the train connection stations. Approximately 10 % of Lohja residents would potentially travel to work in the area affected by the train. The study investigated the environmental emissions and reduction potential of connecting traffic from commuters traveling from Lohja by One-Hour Train.

First, an initial scenario was created to calculate the carbon dioxide emissions of the study area based on Lohja's traffic emissions and transit rates in 2017. The number of potential commuters was estimated using community structure statistics. The carbon dioxide emissions of the study area were estimated to be 4 % of the total carbon dioxide emissions of Lohja transport, which is approximately 4,8 million kilograms of carbon dioxide. The effect of different emission reduction measures was evaluated by comparing the values with the baseline scenario. The most important emission reduction measures identified were urban planning, mobility guidance, increasing the bio-content of fuels and modernizing the car fleet. It was estimated that a 19,6 % reduction in emissions and a 19 % reduction in passenger mileage would be achieved by concentrating residential areas in the Lempola area. The estimated reduction in emissions caused by the mobility guidance was 1,2 %. Increasing the bio share in liquid fuels to 30 % would result in a 12,3 % reduction in emissions. The conversion of transport gas to biogas resulted in a 0,1 % reduction in the baseline scenario. Without increasing the bio share of fuels, using the Automobile Information Center's car fleet estimate resulted in an emission reduction of 10.1 % and VTT researcher Juhani Laurikko's fleet estimate resulted in a 24 % reduction. However, the significance of the effects of the individual measures changes when the measures are combined in the final scenarios.

Two final scenarios took into account the increase in bio-content in liquid fuels and transport gas, as well as the mobility guidance and the impact of the urban structure. The scenarios took into account two different car fleet predictions. In scenario 1 where the car fleet prediction of the Automotive Information Center was used, an emission reduction of 35,8 % was achieved. By using the VTT's car fleet prediction, emission reductions of up to 46,4 % were achieved. In order to achieve the 50 % emission reduction in scenario 1, the urban structure should be changed so that 39 % of the train users live in Lempola or along a sustainable public transport line. The share of public transport should increase to 22 %. In the car population the combined share of electric, gas and hydrogen cars should be 23,7 % and the share of petrol cars should drop to 45,3 %. In scenario 2, the urban structure should be changed so that 28% of commuters live in Lempola or along the public transport line. The share of public transport would have to account for 6.5 % of all modes of transport. The share of sustainable cars should increase to 26,7 %. Petrol cars should account for 47,2 % of the vehicle fleet. If the public transport line is completed with a new kind of urban planning and the vehicle fleet is renewed quickly enough, a 50 % reduction in traffic emissions is possible. As a follow-up study, Lohja would have to make an assessment of the profitability and suitability of the public transport line, taking into account people's residences and accessibility of the public transport line. In order to reach the 50 % emission reduction target, Lohja must be able to combine a sufficient number of different emission reduction measures.

Keywords: feeder traffic, carbon dioxide emissions, work trip, train station

ALKUSANAT

Tämä diplomityö on tehty Lohjan kaupungille Hiilineutraali kunta (HINKU) – hankkeen innoittamana. Lohjalta työn ohjaajana toimi Tapio Ruutiainen ja lisäksi suurena apuna ovat olleet Leena Iso-Markku sekä Kalle Lindblom. Haluan kiittää Lohjan kaupunkia kaikesta avusta ja innoituksesta sekä tästä suuresta mahdollisuudesta tutustua itselleni uuteen aihealueeseen. Työn tekeminen on ollut minulle hyvin antoisaa, ja on ollut ilo olla tekemässä tärkeää ilmastotyötä ja mukana kehittämässä kestävämpää tulevaisuuden liikennettä.

Lisäksi haluan kiittää Tampereen yliopiston ohjaajiani professori Jukka Konttista ja TUT Industry Professor Kalle Vaismaata laadukkaasta ohjauksesta ja hyvistä neuvoista läpi työn tekemisen. Kiitokset ansaitsevat myös Kalle Aro biokaasuteollisuuteen liittyvistä neuvoista, sekä liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenoja autokantaennusteihin liittyvistä asiantuntija-arvioista.

Kiitos Ympäristöteekkarikilta ry:lle antoisista vuosista ja opettavaisista hallituspesteistä ja mahdollisuuksista, jollaisia ei olisi saanut missään muualla. Minä saatan lähteä killasta, mutta kiltta ei lähde minusta. Kiitos kaikille uskomattoman ihanille ykiläisille, joihin olen saanut kunnian tutustua. Kiitos Tampereen teknilliselle yliopistolle, Tampereen yliopistolle, Lappeenrannan teknilliselle yliopistolle, TTYY:lle, TREYlle, Haineuvostolle, Koneenrakentajakilta KoRKille, TTSS:lle, TeLElle, Kaplaakille ja kaikille muille yhteisöille, joiden osa olen saanut olla.

Haluan lopuksi kiittää perhettäni opiskeluaikojen tuesta sekä kaikkia rakkaita ystäviäni, jotka ovat aina jaksaneet kannustaa minua läpi pitkän diplomityöprosessin. Haluan kiittää kaikista näistä opiskeluvuosista, joista juuri ystävät ovat tehneet minulle unohtumattomia. Kiitos YKI-bändiläiset vuosien varrelta siitä, että opiskelun ja ainejärjestötoiminnan välissä sain toteuttaa itseäni parhaassa mahdollisessa seurassa. Olitte osa unelmaa, jota en koskaan uskonut kokevani.

Erityisesti haluan osoittaa kiitokset Anniina Ukkoselle ja Saara Pohjalaiselle, joiden merkitykselle elämässäni en edes löydä sanoja, sekä Sakari Pitkäjärvelle yhteisistä vuosista, diplomityön kirjoitushetkistä ja korvaamattomasta vertaistuesta.

Raumalla, 19.12.2019

SISÄLLYSLUETTELO

1. KOHTI HIILINEUTRAALIA LOHJAA	1
1.1 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset	2
1.2 Tutkimusmenetelmät.....	3
2. TUNNIN JUNA LOHJAN LIIKENTEEN UUDISTAJANA	5
2.1 Lohjan kaupunki.....	5
2.2 Rautatieasema.....	6
2.3 Lohjan liikenne	9
2.4 Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöjen nykytilanne	14
3. LIITYNTÄLIIKENNE NYT JA TULEVAISUUDESSA.....	17
3.1 Ihmisen liikkumiskäyttäytyminen	17
3.2 Liityntäliikennemuodot.....	20
3.2.1 Henkilöauto.....	20
3.2.2 Joukkoliikenne	26
3.2.3 Kävely ja pyöräily	28
3.2.4 Kevyet sähköiset kulkuvälineet	30
3.3 Kestävän liikkumisen ohjauskeinot.....	31
3.3.1 Kampanjat ja liikkumisen ohjaus organisaatiossa.....	32
3.3.2 Verotus ja tuet.....	34
3.3.3 Kaupunkirakenne	36
3.3.4 Kestävän liikenteen ratkaisut maailmalla.....	38
3.4 Tulevaisuuden liikkumisen trendit.....	41
3.4.1 MaaS (Mobility as a Service)	41
3.4.2 Autonomiset ajoneuvot ja jakamistalous	43
3.4.3 Ajoneuvokanta vuonna 2030.....	46
4. LOHJAN LIITYNTÄLIIKENTEEN SKENAARIOT	49
4.1 Lohjan pendelöijät vuonna 2030.....	49
4.2 Kulkutapajakauma Tunnin Junan asemalle	52
4.3 Alkuskenaario: vertailukohta	53
4.4 Hiilidioksidipäästöjen vähentämistavat	55
4.4.1 Asuinalueiden kaavoituksen vaikutus.....	55
4.4.2 Liikkumisen ohjauksen vaikutukset kulkutapaan	57
4.4.3 Polttoaineiden bio-osuuden kasvun vaikutus.....	58
4.4.4 Autokannan vaikutukset hiilidioksidipäästöihin	63
4.5 Toimenpiteiden yhteisvaikutukset: loppuskenaariot.....	65
4.6 Energia- ja ilmastostrategian tavoitteiden saavuttaminen – keinot	50
prosentin päästövähennyksiin.....	68
5. YHTEENVETO.....	71
LÄHTEET	78
LIITE 1: TUNNIN JUNAN ALUEELLA TYÖSKENTELEVIENTEN LOHJAN PENDELÖIJIEN MÄÄRÄT JA ASUINPAIKAT	85

KUVALUETTELO

Kuva 1.	<i>Lempolan asemanseudun asettuminen Tunnin Junan varrelle (Serum Arkkitehdit 2018a)</i>	<i>7</i>
Kuva 2.	<i>Ideasuunnitelman rakennemalli Lempolan asemanseudulle (Serum Arkkitehdit 2018a)</i>	<i>8</i>
Kuva 3.	<i>Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy:n ideasuunnitelma joukkoliikenteen järjestämiselle Lempolan asemanseudulla (Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy 2018a).....</i>	<i>9</i>
Kuva 4.	<i>Kulkutapaosuudet läntisellä Uudellamaalla matkan pituuden mukaan (prosenttia pituusluokan matkoista) (Liikennevirasto 2018a)</i>	<i>10</i>
Kuva 5.	<i>Kotimaanmatkojen kulkutapaosuuksien vertailu Suomessa ja henkilöliikennetutkimukseen osallistuneilla seuduilla. (Liikennevirasto 2018a).....</i>	<i>10</i>
Kuva 6.	<i>Läntisen Uudenmaan matkojen tarkoitusten jakaantuminen (Liikennevirasto 2018a).....</i>	<i>11</i>
Kuva 7.	<i>Kävelyn ja pyöräilyn osuus läntisen Uudenmaan asukkaiden matkoista vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)</i>	<i>13</i>
Kuva 8.	<i>Kävelen ja pyöräillen tehtyjen matkojen pituusjakauma läntisellä Uudellamaalla vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)</i>	<i>13</i>
Kuva 9.	<i>Jalankulku- ja pyöräilymatkojen tarkoitus läntisellä Uudellamaalla vuonna (matkaa/henkilö/vuosi) 2016 (Liikennevirasto 2018a)</i>	<i>14</i>
Kuva 10.	<i>Käyttäytymisen muutospyörä (Michie et al. 2011)</i>	<i>18</i>
Kuva 11.	<i>Joukkoliikenteen yleisimmät ovelta ovelle – matkaketjut (Liikennevirasto 2018a).....</i>	<i>20</i>
Kuva 12.	<i>SOHJOA-robottibussi (Nissin & Lehmusjärvi 2018).....</i>	<i>45</i>
Kuva 13.	<i>CRRC:n ART-ajoneuvo eli raiteeton raitiovaunu (CRRC 2017).....</i>	<i>46</i>
Kuva 14.	<i>Tunnin Junan asemat ja junan arvioidut ajoajat eri rataväleillä (Väylä 2019)</i>	<i>50</i>

TAULUKKOLUETTELO

Taulukko 1. Liikkumisen tunnusluvut kulkutavoittain Länsi-Uusimaalla vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)	12
Taulukko 2. Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöt, energiankulutus ja suorite vuonna 2017 ajoneuvotyyppien mukaan (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a)	15
Taulukko 3. Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöjen, energiankulutuksen ja suoritteiden osuudet eri ajoneuvotyyppien mukaan kokonaisliikenteestä (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a)	15
Taulukko 4. Nestemäisiä polttoaineita käyttävien ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)	25
Taulukko 5. Kaasu-, vety- ja sähkökäyttöisten ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c) (Mudryk & Werle 2017)	25
Taulukko 6. Liikennekäytössä olevien autojen lukumäärä käyttövoiman mukaan vuonna 2017 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2018a).....	26
Taulukko 7. Dieselkäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)	27
Taulukko 8. Kaasukäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)	27
Taulukko 9. Sähkökäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)	28
Taulukko 10. Liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenon arvio autokannasta vuonna 2030 (Tekstiviite: Kalenoja 2019).....	47
Taulukko 11. VTT:n tutkija Juhani Laurikon laskelmat autokannan kehittämisestä vuoteen 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b).....	48
Taulukko 12. Lohjalta Tunnin junan vaikutusalueella työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017 (Suomen ympäristökeskus SYKE 2018b, Liite 1)	49
Taulukko 13. Matka-ajat junalla ja henkilöautolla Lempolan asemalta työkaupunkiin (Googlen karttapalvelut 2019) (Väylä 2019)	51
Taulukko 14. Lohjalta Tunnin junalla töihin potentiaalisesti matkustavat ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017 (Yhdyskuntarakenteiden aineistot, liite 1).....	51
Taulukko 15. Lohjalta Tunnin junalla potentiaalisesti työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2030	52
Taulukko 16. Kulkutapaosuudet Lohjalla liityntämatkan pituuden mukaan	53
Taulukko 17. Tunnin Junaan Lohjalta pendelöivien vuosittainen suorite- ja matkamäärä eri kulkutavoilla vertailuskenaariossa.....	54
Taulukko 18. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan	54
Taulukko 19. Pendelöijien lukumäärä asumispaikan ja työskentelykaupungin mukaan vuonna 2030 sekä työmatkojen ja suoritteiden määrä vuodessa	56
Taulukko 20. Matkojen ja suoritteiden jakautuminen kulkutavan mukaan kaavoituksen vaikutus huomioiden.....	57
Taulukko 21. Kulkutapaosuudet matkan pituuksien mukaan liikkumisen ohjaus huomioiden	58

Taulukko 22. Pendelöijien matkat ja suoritemäärät vuodessa liikkumisen ohjaus huomioiden	58
Taulukko 23. Ajoneuvojen käyttövoima ja energiankäyttö vuonna 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b)	59
Taulukko 24. Dieselin vuoden 2030 bio-osuuden laskemisessa käytetyt tunnusluvut (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017e)	60
Taulukko 25. Kaasuautojen määrä vuonna 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018a)	61
Taulukko 26. Kertoimet liikennesuoritteiden jakautumiselle maantie- ja katuajoon eri ajoneuvotyypeillä (Liikennevirasto 2018)	61
Taulukko 27. Kaasukäyttöisten autojen energiankäyttö ja polttoaineenkulutus	62
Taulukko 28. Pendelöijien kokonaishiilidioksidipäästöt Kalenolan autokantaennusteen perusteella	64
Taulukko 29. Pendelöijien kokonaishiilidioksidipäästöt Laurikon autokantaennusteen perusteella	65
Taulukko 30. Henkilöautojen hiilidioksidipäästöt vuonna 2030	65
Taulukko 31. Matkojen ja suoritteiden määrät kulkutavan mukaan skenaariossa 1	66
Taulukko 32. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt skenaariossa 1 jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan	67
Taulukko 33. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt skenaariossa 2 jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan	67
Taulukko 34. Käyttövoimaosuudet ajoneuvokannassa, kun tavoitteena on 50 % päästövähennys skenaariossa 1	70
Taulukko 35. Käyttövoimaosuudet ajoneuvokannassa, kun tavoitteena on 50 % päästövähennys skenaariossa 2	70

LYHENTEET JA MERKINNÄT

ART	engl. Autonomous-Rail Rapid Transit, raiteeton raitiovaunu
ALIISA	LIPASTO laskentajärjestelmän autokantaa koskeva alamalli
EU	Euroopan Unioni
FFV	korkeaseosetanoli
ICLEI	engl. Local Governments for Sustainability, Maailmanlaajuisesti kuntien kestävän kehityksen työtä kehittävä yhteisö
IPCC	engl. Intergovernmental Panel on Climate Change, Hallitustenvälinen ilmastomuutospaneeli
LIPASTO	Suomen tieliikenteen pakokaasupäästöjen laskentajärjestelmä
LIISA	LIPASTO laskentajärjestelmän tieliikennettä koskeva alamalli
MaaS	engl. Mobility as a Service, Liikkuminen palveluna
PHEV(BE)	Pistokehybridiauto, bensiini
PHEV(DI)	Pistokehybridiauto, diesel
YKR	Yhdyskuntarakenteiden aineistot

1. KOHTI HIILINEUTRAALIA LOHJAA

IPCC:n uusimman raportin (IPCC, 2018) mukaan maapallon lämpeneminen pitäisi pysäyttää 1,5 asteeseen verrattuna esiteolliseen aikaan. Maapallon lämpötila on jo noussut yhden asteen, johtuen ihmisen aiheuttamista päästöistä. Yli 1,5 asteen lämpeneminen aiheuttaisi radikaaleja vaikutuksia maapallolla, esimerkiksi merenpinnan nousua, napajäätiköiden sulamista ja koralliriuttojen tuhoutumista. Ilmastonmuutoksella on vaikutusta myös ihmisten terveyteen, elinolosuhteisiin, ruoan ja veden saantiin sekä talouskasvuun. Raportin mukaan ihmisillä on vielä mahdollisuus vähentää hiilidioksidipäästöjä niin, että lämpeneminen saadaan pysäytettyä 1,5 asteeseen, mutta radikaaleja toimenpiteitä on tehtävä välittömästi. Liikenteen ympäristöpäästöjen rajoittaminen on merkittävä osa ratkaisua, sillä liikenne muodostaa noin viidenneksen Suomen ympäristöpäästöistä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b, s.10). YLE uutisoi IPCC:n raportista lokakuussa mainiten liikenteen päästövähennyksien olevan vaikeimpien joukossa, sillä maailma on edelleen hyvin riippuvainen fossiilisesta raakaöljystä. Päästötavoitteisiin päästäkseen öljyn käyttöä olisi rajoitettava merkittävästi. (YLE, 2018a)

Euroopan Unioni on vuonna 2014 Euroopan parlamentin ja neuvoston asetuksessa (EU) 2018/842 sitoutunut vähentämään kasvihuonekaasupäästöjä vähintään 40 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2030 mennessä EU:n sisällä. Muilla kuin päästökauppa-järjestelmään kuuluvilla aloilla vähennyksen tulisi olla 30 prosenttia vuoden 2005 tasoon verrattuna. Tämä asetus perustuu Pariisin sopimukseen, jossa esitetään pitkän aikavälin tavoite, jolla maapallon lämpötilan nousu saataisiin rajoitettua selvästi alle 2 asteeseen suhteessa esiteolliseen aikaan. Liikenteen alan päästöt kattavat lähes neljänneksen Euroopan Unionin kasvihuonekaasupäästöistä. Euroopan Unioni pitää tärkeänä vähentää riippuvuutta fossiilisista polttoaineista kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi. Keinoina asetuksessa mainitaan esimerkiksi energiatehokkuuden edistäminen, sähköinen liikenne ja liikennemuotojen uuden tasapainon luominen. (Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto, 2018)

Suomen tavoite Liikenne- ja viestintäministeriön ”Hiiletön liikenne 2045” – raportin mukaan on olla hiilineutraali vuoteen 2045 mennessä, jolloin ilmakehään päätyvien hiilipäästöjen tulee olla yhtä suuret kuin hiiltä ilmakehästä poistavat hiilinielut. Raportti suosittelee liikenteen hiilidioksidipäästöjen rajoittamiseen vähäpäästöisempiä tai uusiutuvia polttoaineita ja teknologioita, liikennejärjestelmän energiatehokkuuden parantamista

sekä liikenteen päästöjä tuottavan suoritteiden pienentämistä. (Liikenne- ja viestintäministeriö, 2018, s. 11-12) Liikenne tuottaa Suomessa noin 40 prosenttia taakanjakosektorin kasvihuonekaasupäästöistä. Valtioneuvoston vuodelle 2030 luodun kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan liikennesektorilla pyritään jopa 50 prosentin päästöjen vähentämiseen vuoteen 2030 mennessä. Näistä päästöistä noin 90 prosenttia syntyy tieliikenteessä, erityisesti henkilöautoliikenteessä. Tavoitteena on myös nostaa biopolttoainesten osuus myydystä polttoaineesta 30 prosenttiin vuoteen 2030 mennessä. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017, s. 54)

Lohja on ollut aktiivisesti mukana ilmastotyössä ja sitoutunut vuonna 2013 ”Kohti hiili-neutraalia kuntaa” – hankkeeseen (Hinku). Vuonna 2008 perustetun hankkeen tarkoituksena on eri sidosryhmien avulla ideoida ja toteuttaa yhdessä ratkaisuja kasvihuonekaasupäästöjen rajoittamiseksi. Hinku-hanketta rahoittavat ympäristöministeriö, yrityskumppanit sekä useat hankerahoituslähteet. Hinku-kuntien tavoitteena on 80 prosentin päästövähennys vuoteen 2030 mennessä verrattuna vuoden 2007 tasoon. (Suomen ympäristökeskus 2018a)

Vuonna 2016 Suomen hallitus päätti kehysriihessään 5.4. käynnistää jatkosuunnittelun uudesta nopeasta junayhteydestä Turun ja Helsingin välille. Turun ja Helsingin välinen yhteys kuuluu Euroopan unionin TEN-T-ydinverkkokäytävään, joka yhdistää Euroopan suuria kaupunkeja. (Valtionvarainministeriö 2016a, s. 59) Liikennevirasto teki vuonna 2016 selvityksen Helsingin ja Turun välisestä nopeasta ratayhteydestä (Liikennevirasto 2016a). Selvityksen perusteella on laadittu Tunnin Juna – hanke, joka on uusi nopea junayhteys Turun ja Helsingin välille. Junarata on suunniteltu kulkevan suoraan Turusta Salon ja Lohjan kautta Helsinkiin. Uusi junayhteys säästää matkustusaikaa, sillä rata lyhentää junamatkaa Helsingistä Turkuun noin 40 kilometriä. Nykyinen ajoaika Helsingistä Turkuun on 1 h 45 min, kun uusi ajoaika olisi 1h 13 min. Lohjalle junalla pääsisi nopeimmillaan Helsingistä 30 minuutissa. (Lohjan kaupunki 2018b) Junayhteyden uskotaan kasvattavan matkustusmääriä 40 % ja aikasäästöjen, sujuvamman liikenteen ja hiilidioksidipäästöjen vähenemisen uskotaan tuovan noin 30 miljoonan euron säästöt vuosittain. (Hannu Piekkola 2016)

1.1 Työn tavoite ja tutkimuskysymykset

Tämän diplomityön päätavoitteena on selvittää, mitkä ovat Lohjan uuden Lempolan rautatieaseman liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöt vuonna 2030. Liityntäliikennematkat on rajattu vain lohjalaisten työmatkoihin, sillä vapaa-ajan matkojen huomioon ottaminen olisi vaatinut esimerkiksi laajempaa kyselytutkimusta. Alakysymyksinä ovat:

- Millainen on nykyinen Lohjan liikennejärjestelmä ja sen käyttövoimien jakauma?
- Mikä on liityntäliikenteeseen liittyvien työmatkaketjujen osuus?
- Millainen liityntäliikennejärjestelmä Lohjan rautatieasemalla on vuonna 2030?

Jotta uusi liityntäliikennejärjestelmä voidaan kehittää, täytyy tietää, millainen on Lohjan nykyinen liikennejärjestelmä, sen ympäristöpäästöt ja eri käyttövoimien jakauma. Tavoitteena on kehittää liityntäliikennejärjestelmä, joka vähentää ympäristöpäästöjä verrattuna nykyiseen järjestelmään. Tämä työ käsittelee vain uuden rautatieaseman liityntäliikenteeseen liittyviä ympäristöpäästöjä, joten on tärkeää selvittää, mitkä ovat liityntäliikenteeseen liittyvien matkaketjujen osuus Lohjan kokonaisympäristöpäästöistä. Lisäksi täytyy ottaa huomioon uusi asuinalue ja siellä tulevaisuudessa asuvien ihmisten määrä. Uusi liityntäliikennejärjestelmä kehitetään käyttäen hyödyksi olemassa olevia Lohjan liikennereittejä. Liityntäliikennejärjestelmää varten täytyy selvittää tulevaisuuden liikenteen trendit ja etsiä niistä sopivimmat Lohjan tilanteeseen.

1.2 Tutkimusmenetelmät

Työn tutkimusmenetelmänä käytettiin skenaarioanalyysia, jossa tarkoituksena on määritellä mahdolliset lopputulemat tutkittavalle tapahtumalle. Lopputulokset ovat siis vaihtoehtoisia tulevaisuuksia, joihin eri tekijöiden vaikutuksesta voidaan päätyä. Skenaarioanalyysissä kerätään informaatiota, joiden pohjalta tunnistetaan tutkimuksen lopputulokseen vaikuttavat avainmuuttujat ja keskeiset voimat. Tällaisia avainmuuttujia tutkimuksessa ovat esimerkiksi pendelöijien määrä ja asuinpaikat ja liikennejärjestelmään vaikuttavat asiat, kuten autokanta. Avainmuuttujien tunnistaminen määrittelee valittavaa strategiaa ja poistaa epävarmuuksia skenaarioissa. Tutkimusvaiheessa tunnistaan ympäristössä vallitsevat trendit ja mahdolliset kehityssuunnat. Lisäksi huomioidaan kehityssuuntiin liittyvät epävarmuudet ja vaikutukset avainmuuttujiin. Tutkimusvaiheen jälkeen luodaan skenaariot. Skenaarioanalyysin tukena on käytetty kotimaista viranomais- ja sääntäaineistoa, tilastoja ja kansainvälisiä tiedeartikkeleja. Tutkimuksia samantapaisista skenaariotutkimuksista ei löytynyt työtä tehdessä, joten vertailuja muihin samantapaisiin skenaariotutkimuksiin ei voitu tehdä.

Työn ”Tausta”-kappaleessa käsitellään perustietoja Lohjan kaupungista, Hiilineutraali Kunta (Hinku) – hankkeesta ja uudesta rautatieasemasta. Rautatieaseman rakentaminen on seurausta uuden Tunnin Juna – junaväylän rakentamisesta Helsingin ja Turun välille. Lisäksi kappaleessa käsitellään Lohjan liikenteen ja sen ympäristöpäästöjen nykytilannetta. ”Tausta”-kappale pohjautuu Lohjan omiin materiaaleihin, Liikenneviraston tutkimustuloksiin sekä Teknologian tutkimuskeskus VTT:n laskelmiin.

”Teoria”-kappaleessa käsitellään liityntäliikennettä nyt ja tulevaisuudessa. Liityntäliikenteen teoriassa käsitellään ihmisten liikkumiskäyttäytymistä, erilaisia liityntäliikennemuotoja ja kestävä liikumisen ohjauskeinoja. Lisäksi esitellään erilaisia kestävä liikenteen ratkaisuja maailmalla. Lisäksi työssä on koottu tulevaisuuden liikumisen trendejä, kuten liikenteen digitalisaatiota, autonomisia ajoneuvoja ja jakamistaloutta. Lisäksi esitellään kaksi eri ennustetta autokannalle vuodelle 2030. ”Teoria”-kappale pohjautuu tieteellisiin artikkeleihin, valtion teettämiin tutkimuksiin sekä Motivan ja Vernen tuottamiin materiaaleihin. Lisäksi työssä on käytetty asiantuntija-arviota autokannalle vuodelle 2030.

”Tutkimus”-kappaleessa luodaan alkuskenaario ja kaksi erilaista loppuskenaariota Lohjan rautatieaseman liityntäliikenteen ympäristöpäästöille vuonna 2030. Lisäksi käsitellään hiilidioksidipäästöihin vaikuttavien keinojen vaikutusta yksitellen verrattuna alkuskenaarioon, jotta voidaan selvittää niiden vaikutukset. Tutkimuksessa käsitellään yhdyskuntarakenteen seurannan tilastoja, joiden avulla selvitetään liityntäliikenteeseen liittyvien matkaketjujen määrä ja realistisen käyttövoimaosuusennusteet. Skenaariossa 1 käytetään Autoalan tiedotuskeskuksen asiantuntijan Hanna Kalenon autokanta-arviota. Skenaariossa 2 käytetään VTT:n tutkijan Juhani Laurikon tavoitteellista autokanta-arviota, jonka tavoitteena on ollut hiilineutraali liikenne Suomessa vuonna 2045. Lopussa on käsitelty tavoitteita, joihin pitäisi päästä, jotta voitaisiin saavuttaa energia- ja ilmastostrategian 50 %:n päästövähennystavoite. Laskennat perustuvat erilaisiin raportteihin, VTT:n päästölukuihin, kahteen autokanta-arvioon ja yhdyskuntarakenteen seurannan tilastoihin. Yhteenvedossa on koottu työn tärkeimmät rajaukset ja päätökset sekä esitelty tärkeimmät diplomityön tulokset. Lisäksi on esitelty jatkotoimenpiteitä Lohjalle tämän tutkimuksen jälkeen.

2. TUNNIN JUNA LOHJAN LIIKENTEEN UUDIS- TAJANA

2.1 Lohjan kaupunki

Lohjan kaupunki sijaitsee Uudenmaan maakunnassa, Etelä-Suomen läänissä. Lohja on pinta-alaltaan noin 1110 km², josta maapinta-alaa on 939 km² ja siellä asui 47 839 asukasta vuonna 2017 (Tilastokeskus 2019b) (Lohjan kaupunki 2018a). Lohjan naapurikuntia ovat Inkoo, Karkkila, Raasepori, Salo, Siuntio, Somero, Tammela ja Vihti. Lohja on osa pääkaupunkiseudun metropolialuetta. Liikenneyhteydet Lohjan kaupungista hoidetaan tällä hetkellä valtateiden 1 (E18), 2 ja 25 kautta, sekä maantie 10:n ja tavarakuljetus Hanko-Hyvinkää-radan kautta. Lohjan kaupungin alue kuuluu kallioperältään Etelä-Suomen liuskevyöhykkeeseen. Lohjan kunnan alue on tärkeää pohjavesialuetta, joka luo haasteita rakentamiselle. (Lohjan kaupunki 2017a)

Lohjan arvot ovat avoimuus, asukaslähtöisyys, rohkeus ja vastuullisuus. Kaupungin toiminta ja päätöksenteko halutaan tehdä mahdollisimman läpinäkyvästi ja asukkaita kuunnellen. Lohja pyrkii uusiin innovatiivisiin ratkaisuihin ekologisesti, taloudellisesti ja sosiaalisesti vastuullisella ja kestävällä tavalla. Lohjan tavoitteena on kasvattaa asukaslukua noin prosentin verran vuodessa ja lisätä työllisten ja työpaikkojen määrää. Tämän vuoksi sekä sisäisen, että ulkoisen kestävä liikenteen kehitys on äärimmäisen tärkeää. Lohjan kaupunki haluaa kehittää kestäviä liikennemuotoja uusia toimintatapoja ja uutta teknologiaa hyödyntämällä. Lohjan kaupunkistrategian tavoitteina on keskustan, nauhataajaman ja palvelutaajamien kehitys, Tunnin junan asemanseudun kehitys, sekä toimiva liikennejärjestelmä, jossa palvelut ovat helposti ja nopeasti käytettävissä. (Lohjan kaupunki 2017a)

Lohjan kaupunki kuuluu Hinku-kuntiin. Vuosina 2007-2015 Lohja onnistui vähentämään kasvihuonekaasupäästöjään 35 prosenttia, joista suurimmat vähennykset saavutettiin energiasektorilla. Lohja on ollut aiemmin mukana myös ilmastonuojelukampanjassa, joka oli osa kuntien maailmanlaajuisen ympäristöjärjestön ICLEI:n ”Cities for Climate Protection” – kampanjaa. Lohjan kaupungin ilmastostrategiatoimikunta laati vuonna 2008 kunnalle ilmasto-ohjelman vuosilla 2009-2012. Lohjan pitkän aikavälin tavoite on olla hiilineutraali kunta vuonna 2050. Liikenne on yksi ohjelman painopisteitä. (Lohjan kaupunki 2009a) Suomen ympäristökeskus SYKE seuraa HINKU-kuntien kasvihuonekaasupäästöjen kehitystä. HINKU-kuntien päästölaskentaan sisältyy myös läpikulkuliikenne, johon kunta ei juuri voi vaikuttaa.

HINKU-hankkeen sivuilla mainittuja keinoja päästöjen vähentämiseksi ovat muun muassa energiatehokkuuden parantaminen ja uusiutuvan energian käytön lisääminen. HINKU-hankkeen sivuille on kerätty monia mahdollisuuksia liikenteen päästöjen vähentämiseen. Liikenteen päästöihin hanke pyrkii vaikuttamaan esimerkiksi liikkumisen tarpeen vähentämisellä, järkevällä kaavoituksella ja hyvillä kevyen liikenteen väylillä. Lisäksi esille tulevat kimpapakyyti- ja kutsupalvelujen kehittäminen, sähkö-, biokaasu- ja etanoliautot, sekä kunnan sähköauto- ja pyörähankinnat. Julkisen liikenteen suosiota voi hankkeen mukaan kasvattaa riittäväillä vuoroväleillä, kohtuullisilla lippujen hinnoilla ja helppokäyttöisillä mobiilisovelluksilla. (Suomen ympäristökeskus 2014a)

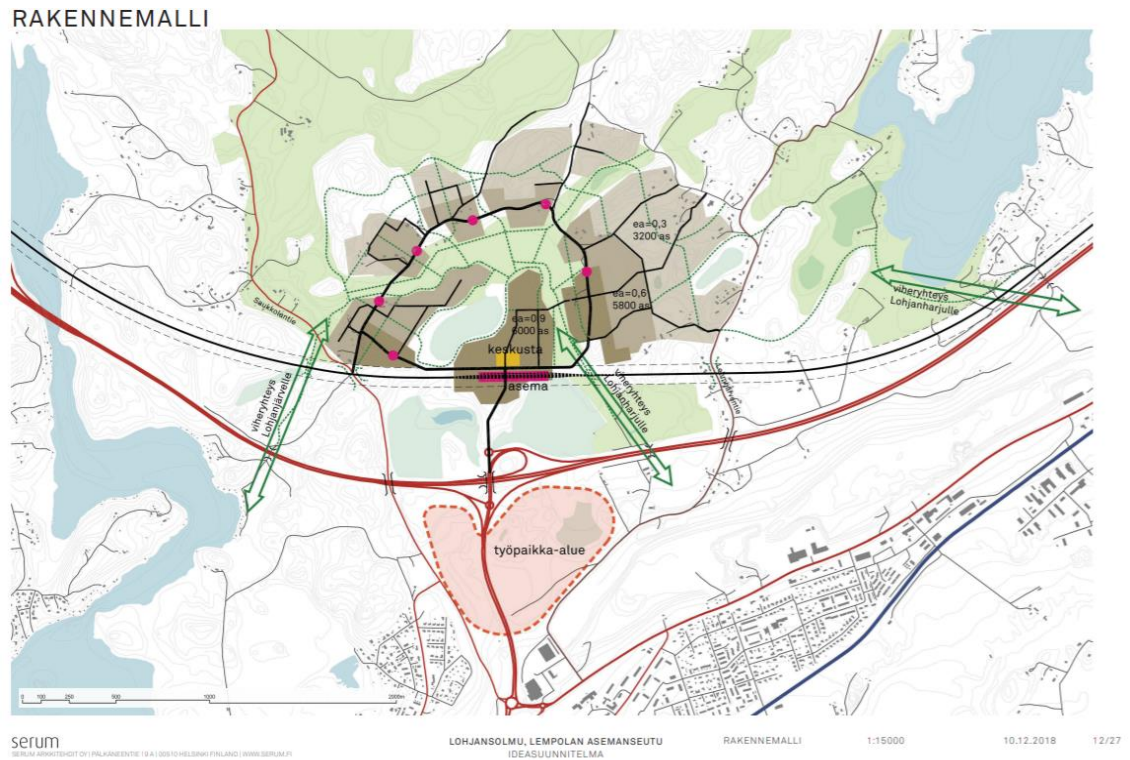
2.2 Rautatieasema

Lohjan kaupunki on luonut asemakaavan Tunnin Junan kulkureitin varrella olevalle rautatieasemalle. Asema tulisi sijoittumaan Lohjalla Lempolan alueelle noin 7 kilometrin päähän Lohjan keskustasta. Kuvassa 1 on esitetty Lempolan aseman sijoittuminen Tunnin Junan kulkureitille. Lohjan tavoitteina Tunnin Junan asemanseudulle on kehittää alueelle nykyaikainen ja urbaani uusi kaupunginosa. Lohjan asukastavoite alueelle on noin 11000-15000 asukasta (Lohjan kaupunki 2018c). Maankäyttö on yksi oleellisimmista ympäristöpäästöjen ohjauskeinoista. Päästöjen kannalta on oleellista sijoittaa asuminen, palvelut, työpaikat ja joukkoliikenne sujuvasti toisiinsa. Tarvittavat palvelut on oltava ihmisiä lähellä ja joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen väylät rautatieaseman lähetyviltä saumattomat keskusta-alueelle. Haasteita Lempolan alueessa on suojelualueet alueen kaakkoisosassa, jotka kuuluvat Natura (SCI)-, luonnonsuojelu- ja harjijensuojeluohjelma-alueeseen. Lisäksi etelä- ja koillisosa on luokan 1 pohjavesialueella. (Lohjan kaupunki 2009a) Lohjan kaupungin sivuilta löytyvän osayleiskaavan (Y5 Lehmijärvi-Pulli) mukaan alue sijoittuu Lohjan nauhataajaman pohjoispuolelle E18-moottorien Lempolan liittymän kohdilla. Alueeseen kuuluu monen kylän aluetta Lehmijärventien, Saukkolan tien ja Mynterlätien ympäristöissä. Osayleiskaavan tavoitteena on varmistaa tehokas maankäyttö Tunnin junan aseman vaikutusalueella. Liittymässä ei nykyisin ole joukkoliikennepalveluja, joten joukkoliikenteen järjestämiseksi alueelle pitää tehdä suuria muutoksia eritasoliittymiin. (Lohjan kaupunki 2018b)



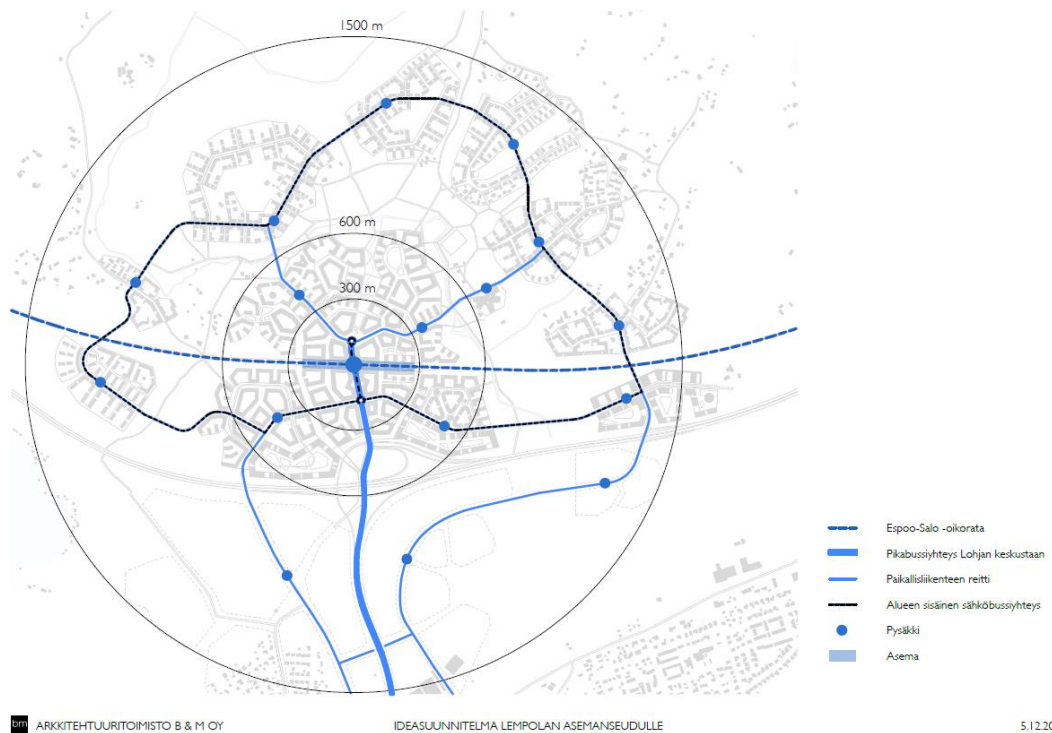
Kuva 1. Lempolan asemanseudun asettuminen Tunnin Junan varrelle (Serum Arkkitehdit 2018a)

Lohjan Lempolan asemanseudusta eli "Lohjansolmusta" on tehty kaksi ideasuunnitelmaa. Ensimmäinen on Serum Arkkitehdit Oy:n tekemä ideasuunnitelma nimeltään "Puis-tokatu". Kuvassa 2 on esitetty ideasuunnitelman mukainen rakennemalli Lempolan asemanseudulle. Suunnitelmassa Lempolan asuinalue ja palvelut rakennettaisiin radan pohjoispuolelle. Rautatieasema yhdistäisi asuinalueen Lohjan keskusta ja aseman eteläpuolelle jätetään tilaa esimerkiksi kaupp- ja työpaikka-alueille. Asuinalueella olisi nauhakaupunkirakenne ja palveluita sisältävä keskus. Suunnitelmassa on myös esitetty joukkoliikenneyhteyden rakentamista keskustan ja aseman välille. Ideasuunnitelmassa on arvioitu, että halvat liikennöintikustannukset mahdollistavat tiheävuorovälisen palvelun esimerkiksi välille "Lempolan juna-asema-Lohjan keskusta-sairaala-Virkkala", mutta mitään todellisia arvioita käyttäjien määrästä tai bussiyhteyden kannattavuudesta ei suunnitelmassa ole esitetty. Lisäksi keskustan ja Lempolan aseman välille on suunniteltu polkupyöräilyn laatukäytävä. Serum Arkkitehtien suunnitelmassa on myös rakennemal-lissa esitetty karkea arvio asukkaiden sijoittumiselle Lempolan aseman seudulle. Kaikki maankäyttö on suunniteltu sijoittuvan puolentoista kilometrin päähän asemasta. Suunni-telmassa on esitetty, että tien E18 liittymä uudistuu, jotta kestävä liikenteen väylät saa-daan rakennettua asemalta Lohjan keskusta. Hiilijalanjäljen minimointiin on panos-tettu suunnittelemalla kevyen liikenteen reitit mahdollisimman houkutteleviksi ja etäisyy-det asemalle lyhyiksi. Tämä nostaa kevyen liikenteen käyttäjien osuutta aseman liityntä-liikenteessä. Ideasuunnitelmassa on kerrottu odotettavissa olevien lähijunien vuorovälin olevan noin puoli tuntia. (Serum Arkkitehdit 2018a)



Kuva 2. Ideasuunnitelman rakennemalli Lempolan asemanseudulle (Serum Arkkitehdit 2018a)

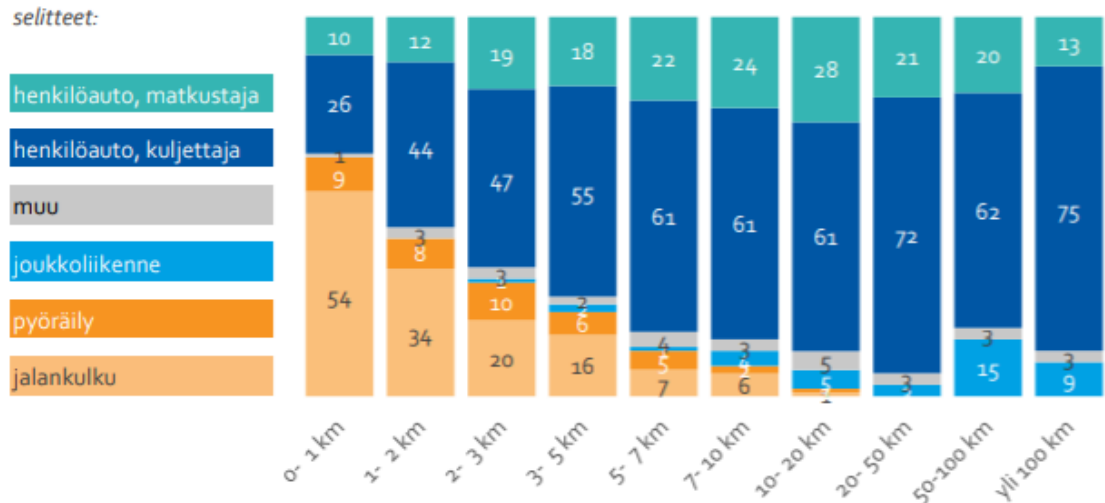
Arkkitehtuuritoimisto B&M Oy:n suunnitelmassa on kiinnitetty huomiota turvallisiin ja kattaviin kevyen liikenteen väyliin. Jalankulku ja pyöräily ovat olleet suunnitteluperusteissa etusijalla. Asuinkorttelit sijoitetaan kävelyetäisyyden päähän asemasta. Suunnitelmassa pientaloalueilta on sujuvat yhteydet asemalle, johon on suunniteltu erillinen pyörien liityntäpysäköinti. Jalankulun ja pyöräilyn yhteyksiä on myös moottoritien yli, jolloin kevyen liikenteen väylä Lohjan keskusta on mahdollinen. Tässä suunnitelmassa on esitetty idea rengasmaisesta sähköbussilinjasta asemalta Lohjan keskusta. Alueelle on suunniteltu myös sisäinen sähköbussiyhteys. Kuvassa 3 on esitetty paikallisliikenteen reitti sekä sisäinen sähköbussireitti. Joukkoliikenteen pysäkit olisivat sijoitettu risteyskohtiin ja julkisten palveluiden yhteyteen. Molemmissa suunnitelmissa oli myös huomioitu liityntäpysäköinti. Liityntäpysäköintiä on suunniteltu erilliseen pysäköintilaitokseen tai myös pihakannen alle. B&M Oy:n suunnitelmassa asuintilaa on suunniteltu jopa 15 000 – 20 000 asukkaalle ja rajautuu noin 2 kilometrin päähän asemasta. Tiivein rakentamisen alue on noin 1 kilometrin päässä asemasta. Tässä suunnitelmassa ei ole erillistä kuvausta asukasmäärästä eri etäisyyksillä asemasta, vain aluetehokkuusluvut. (Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy 2018a)



Kuva 3. Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy:n ideasuunnitelma joukkoliikenteen järjestämiselle Lempolan asemanseudulla (Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy 2018a)

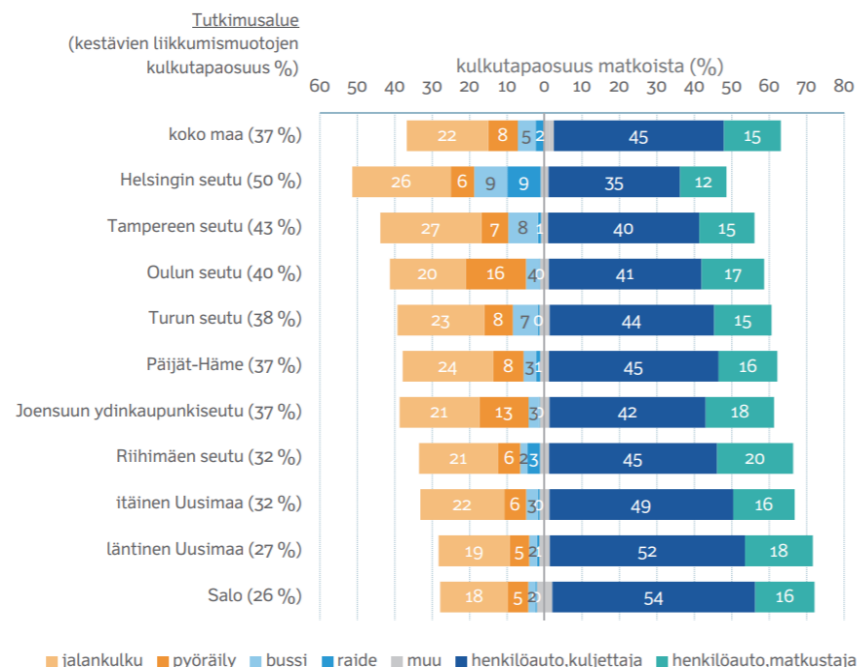
2.3 Lohjan liikenne

Vuonna 2016 tehtiin viimeisin valtakunnallinen Henkilöliikennetutkimus, jolla kerättiin tietoja suomalaisten liikkumisesta. Tutkimuksessa saatiin tietoa eri kulkutavoista ja liikkumiseen vaikuttavista syistä eri asuinalueilla. Lohja oli yksi tutkittavista kaupungeista. Lohjan sisäisiä matkoja oli yhteensä 97 600 matkaa vuorokaudessa. Lohjan sisäisistä matkoista 30 % tehtiin kestävillä kulkutavoilla, eli kävellen, pyörällä tai joukkoliikenteellä. Kuvassa 4 on esitetty kulkutapaosuudet läntisellä Uudellamaalla matkan pituuden mukaan. Lohjan kulkutapajakauma myötäilee koko Länsi-Uusimaan kulkutapajakaumaa, eli kulkutapajakauma on sama. Huomataan, että lyhyillä matkoilla korostuvat kestävät kulkutavat, kuten kävely ja pyöräily. Yli kymmenen kilometrin matkoilla kävelyn ja pyöräilyn osuus on jo häviävän pieni. Joukkoliikenteen osuus on merkittävä vasta yli 20 kilometrin pituisilla matkoilla. (Liikennevirasto 2018a)



Kuva 4. Kulkutapaosuudet läntisellä Uudellamaalla matkan pituuden mukaan (prosenttia pituusluokan matkoista) (Liikennevirasto 2018a)

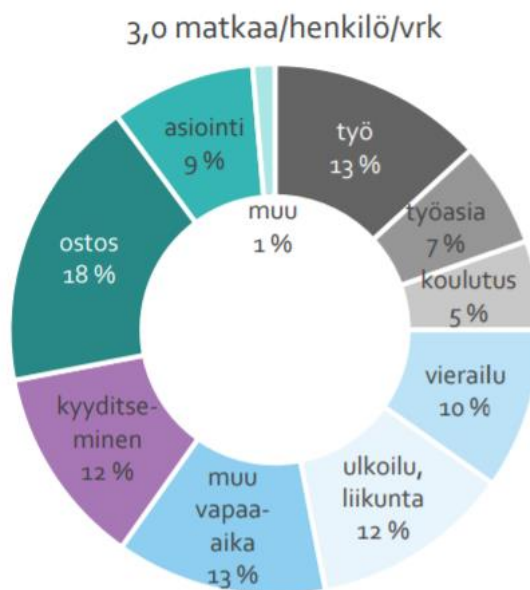
Länsi-Uusimaa ei sijoitu hyvin koko maan vertailussa, jos verrataan kestävien kulkutapojen osuutta eri tutkimusalueiden kesken. Kuvassa 5 on esitetty eri tutkimusalueiden kulkutapaosuudet sekä Suomen keskiarvo. Läntinen Uusimaa sijoittuu toiseksi viimeiseksi kestävien liikkumismuotojen kulkutapaosuudessa 27 %:n osuudella. Koko maan keskiarvo on 37 % ja suurimpaan lukuun yltää Helsingin seutu, jossa kestävien liikkumismuotojen kulkutapaosuus on 50 %. (Liikennevirasto 2018a)



Kuva 5. Kotimaanmatkojen kulkutapaosuuksien vertailu Suomessa ja henkilöliikennetutkimukseen osallistuneilla seuduilla. (Liikennevirasto 2018a)

Läntisen Uudenmaan ja Lohjan kestävien kulkutapojen osuuksiin vaikuttaa toimivien joukkoliikennedyhteyksien puute. Lohjalla ei ole erikseen sisäistä joukkoliikennettä, vaan joukkoliikennematkat tehdään pitkän matkan linja-autoilla tai koulukyydityksillä. Joukkoliikenteen käyttäjiä on läntisellä Uudellamaalla vähän, joten myös henkilöliikennetutkimuksen aineisto sisälsi melko vähän joukkoliikennehavaintoja. Tämän vuoksi tutkimuksen joukkoliikennettä käsittelevät tulokset ovat melko suuntaa-antavia. Kuitenkin joukkoliikenteen matkakohteet keskittyivät tutkimuksen mukaan pääasiassa kodin ja työ-, koulu- tai -opiskelupaikan välisiin matkoihin. (Liikennevirasto 2018a)

Työmatkojen osuus läntisen Uusimaan matkoista oli 13 %. Työhön liittyviä matkoja oli 20 %. Pendelöintimatkat ovat siis vain viidesosa Lohjan kokonaisliikenteestä. Tämän vuoksi Lohjan yleiset liikkumisen tunnusluvut ovat suuntaa-antavia, kun käsitellään työmatkoja, sillä esimerkiksi vapaa-ajan matkat vääristävät tuloksia. Läntisen Uudenmaan matkojen tarkoitusjakauma on esitetty kuvassa 6. Matkojen keskiarvo oli 3 matkaa per henkilö vuorokaudessa.



Kuva 6. Läntisen Uudenmaan matkojen tarkoitusten jakaantuminen (Liikennevirasto 2018a)

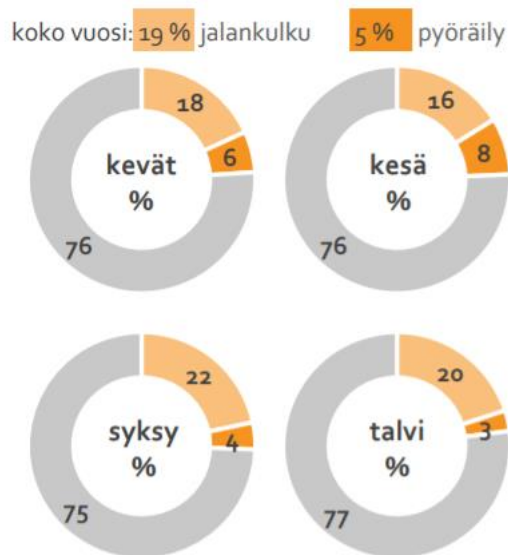
Tutkimuksessa saatiin myös liikkumisen tunnuslukuja läntiselle Uudellemaalle ja ne on esitetty taulukossa 1. Tunnuslukuista selviää, että henkilöautolla tehdään selvästi enemmän matkoja kuin muilla kulkutavoilla. Lohjalla vain 14% asutokunnista ei omista autoa, joten useimmilla asutokunnilla on yksi tai useampi auto. Henkilöautolla tehtyjen matkojen matkaluku on yli kaksinkertainen kestäville kulkutavoilla tehtyihin verrattuna. Jalan tehtyjen matkojen keskipituus oli noin 2 kilometriä ja pyörällä tehtyjen 3 kilometriä. Busilla ja raideliikenteellä tehtyjen matkojen pituudet olivat huomattavasti pidempiä, joka

nostaa kestävillä liikennemuodoilla tehtyjen matkojen keskipituuden 7 kilometriin. Henkilöautoilla tehtyjen matkojen keskipituus oli noin 18 kilometriä. Yhteensä kaikilla liikennemuodoilla matkan pituuden keskiarvo oli 16 kilometriä. Mielenkiintoista tunnusluvussa on, että matka-aika on keskimäärin sama henkilöautolla ja kävelen tai pyörällä tehdyissä matkoissa. Nämä matkat kestävät keskimäärin noin 20-30 minuuttia. Bussi- ja raideliikenteellä tehdyt matkat taas kestävät keskimäärin yli tunnin. Henkilöautolla tehdyt matkasuoritteet ovat selvästi muita kulkutapoja suuremmat. (Liikennevirasto 2018a)

Taulukko 1. Liikkumisen tunnusluvut kulkutavoittain Länsi-Uusimaalla vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)

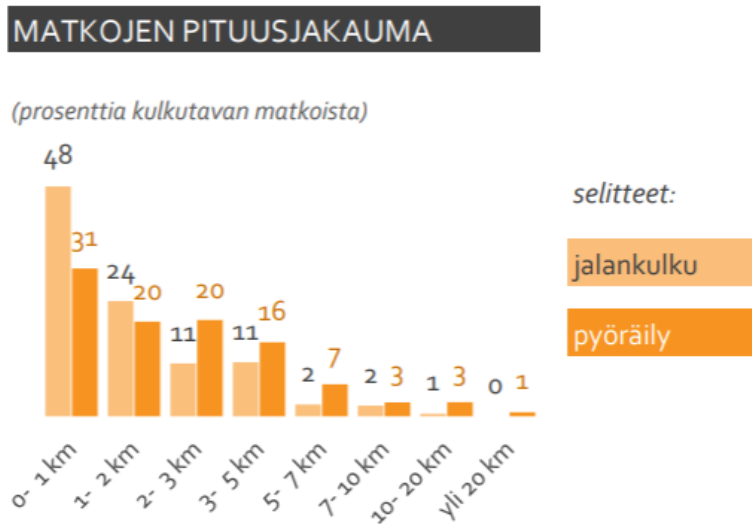
	Matkaluku (matkaa /hlö/vrk)	Matkan keskipituus (km/matka)	Matkasuorite (km/hlö/vrk)	Matka-aika (min/matka)	Kokonais- matka-aika (min/hlö/vrk)
Jalankulku	0,56	1,9	1,1	28	16
Pyöräily	0,15	3,1	0,5	21	3
Bussi	0,06	38	2,4	57	4
Raide	0,02	68	1,3	101	2
Kestävät, yhteensä	0,79	7	5,2	31	24
Henkilöauto, kuljettaja	1,54	19	30	24	36
Henkilöauto, matkustaja	0,54	17	9	22	12
Muu	0,08	26	2,1	37	3
Kaikki	2,96	16	47	26	76

Kuvassa 7 on esitetty kävelyn ja pyöräilyn osuus läntisen Uudenmaan matkoista eri vuodenaikojen mukaan. Läntisellä Uudellamaalla kävelen tehtiin 19 % matkoista ja pyöräilyn keskimäärin 5 % matkoista. Kuvasta 7 nähdään, että pyöräily oli suositumpaa kesäaikaan. Kävelyn prosenttiosuudet taas kasvoivat syksyllä ja talvella verrattuna kesään ja kevääseen. Tämä johtuu luultavasti pyörän vaihtamisesta kävelyyn, koska muiden kulkutapojen prosenttiosuudet pysyivät suurin piirtein samoina. (Liikennevirasto 2018a)



Kuva 7. Kävelyn ja pyöräilyn osuus läntisen Uudenmaan asukkaiden matkoista vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)

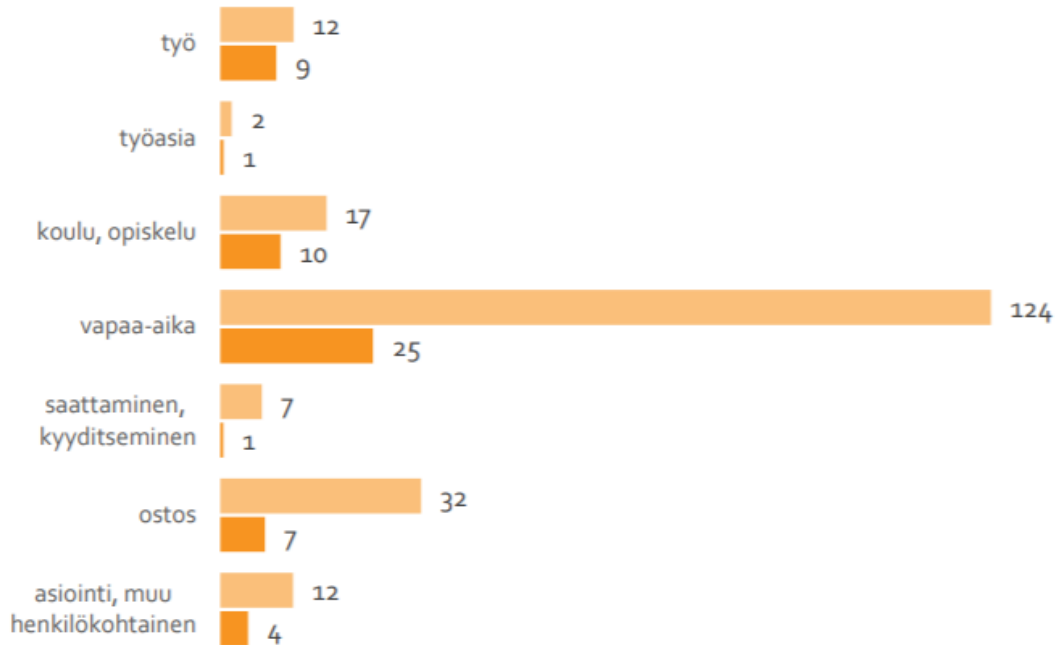
Suurin osa kävelymatkoista on hyvin lyhyitä. Kuvasta 8 nähdään, että jopa 48 % kävelymatkoista on alle kilometrin mittaisia. Kävely on yleinen liikkumistapa alle 5 kilometrin matkoilla. Pyörää käytetään vielä noin 7 kilometrin pituisiin matkoihin, mutta sen pidemmät matkat alkavat olla harvinaisia. Myös polkupyörä on yleinen lyhyillä matkoilla, sillä 31 % pyöräilymatkoista on alle kilometrin mittaisia. (Liikennevirasto 2018a)



Kuva 8. Kävellessä ja pyöräillen tehtyjen matkojen pituusjakauma läntisellä Uudellamaalla vuonna 2016 (Liikennevirasto 2018a)

Suurin osa kävellessä tai pyöräillen tehdystä matkoista on vapaa-ajan matkoja. Kuvasta 9 nähdään, että läntisellä Uudellamaalla tehtiin vuonna 2016 yhteensä 263 matkaa/henkilö/vuosi kävellessä tai pyöräillen. Näistä vapaa-aikaan liittyviä oli yhteensä 149 matkaa

ja työhön tai opiskeluun liittyviä yhteensä 51 matkaa. Tässä työssä käsitellään työmatkoja. Työhön liittyviä matkoja jalan tai pyöräillen oli läntisellä Uudellamaalla yhteensä 24 matkaa per henkilö vuodessa. Kävely ja pyöräily onkin läntisellä Uudellamaalla enemmän vapaa-ajan liikkumisen muoto. (Liikennevirasto 2018a)



Kuva 9. Jalankulku- ja pyöräilymatkojen tarkoitus läntisellä Uudellamaalla vuonna (matkaa/henkilö/vuosi) 2016 (Liikennevirasto 2018a)

2.4 Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöjen nykytilanne

Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy on kehittänyt Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmän (LIPASTO). LIPASTO koostuu kahdesta osasta: liikennevälineiden yksikköpäästökertoimista sekä liikenteen päästöinventaarista. Yksikköpäästötietokannasta löytyy liikennevälineiden käytönaikaiset päästömäärät. Liikenteen päästöinventario (LIISA-malli) taas kertoo Suomen liikenteen vuotuiset kokonaispäästöt ja energiankulutuksen kuntakohtaisesti. Tässä työssä esitellään laskennat vuodelta 2017 ja ne on Lohjan osalta koottu tämän kappaleen taulukoihin. Päästöinventaarion piiriin kuuluvat yhdisteet ovat hiilimonoksidi (CO), hiilivedyt (HC), typen oksidit (NO_x), hiukkaset (PM), metaani (CH₄), typpioksiduuli (N₂O), rikkidioksidi (SO₂) ja hiilidioksidi (CO₂). Lisäksi laskentatuloksina saadaan polttoaineenkulutus, energiankäyttö ja suorite. Näistä tässä työssä käsitellään vain hiilidioksidipäästöjä, energiankäyttöä sekä suoritemääriä. Laskenta perustuu autokohtaisiin vuosisuoritteisiin (km/a) ja suoritekohtaisiin päästökertoimiin (g/km, kWh/km). (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017b) Lohjan liikenteen kokonaishiilidioksidipäästöt ja energiankulutus ovat esitetty taulukossa 2. Tuloksissa on eritelty päästöt eri ajoneuvotyyppien mukaan, joihin kuuluvat

henkilöautot, pakettiautot, linja-autot sekä kuorma-autot. LIPASTOn tuloksissa kunta-kohtaiset päästöt on eritelty tie- ja katuliikenteeseen. Suurin osuus polttoaineista ja energiasta kulutetaan tieliikenteessä, koska siellä ajettujen suoritemäärät ovat suuremmat. Päästöjen kannalta onkin olennaista, millä nopeudella ja missä olosuhteissa auto liikkuu. LIISA-mallissa asia on otettu huomioon suoritekorjauksella. Katusuoritteiden osuus perustuu Liikenneviraston ilmoitukseen katusuoritteiden kokonaismäärästä. Kuntakohtaiset tiedot ovat saatavilla riittävän tarkasti vain Helsingin, Vantaan ja Espoon osalta, joten näiden kuntien tiedossa olevat katusuoritemäärät vähennetään katusuoritteiden kokonaismäärästä. Tämän jälkeen jäljelle jäävä osuus jaetaan kunnille niiden asukasluvun suhteessa. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017b)

Taulukkoon 2 on yhdistetty tie- ja katuliikenteen päästöt. Taulukossa on esitetty myös suoritemäärät eri ajoneuvotyyppien mukaan. Lisäksi pieni osuus liikenteen päästöistä tulee mopoista, mopoautoista sekä moottoripyöristä. Nämä päästöt on jätetty työn ulkopuolelle, koska niiden merkitys Lohjan koko liikenteeseen ja työliikenteeseen on hyvin pieni. Taulukossa 3 on esitetty eri ajoneuvotyyppien hiilidioksidipäästöjen, energiankulutuksen ja suoritteiden osuudet prosentteina kokonaisliikenteestä.

Taulukko 2. Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöt, energiankulutus ja suorite vuonna 2017 ajoneuvotyyppien mukaan (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a)

	CO ₂ [t]	Energia [TJ]	Suorite [Mkm]
Henkilöautot	70982,66	1075,99	480,82
Pakettiautot	12292,33	190,49	66,72
Linja-autot	5397,91	83,67	6,75
Kuorma-autot	38670,35	597,74	38,78
Yhteensä	127343,25	1947,89	593,08

Taulukko 3. Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöjen, energiankulutuksen ja suoritteiden osuudet eri ajoneuvotyyppien mukaan kokonaisliikenteestä (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017a)

	CO ₂ -%	Energia-%	Suorite-%
Henkilöautot	56 %	55 %	81 %
Pakettiautot	10 %	10 %	11 %
Linja-autot	4 %	4 %	1 %
Kuorma-autot	30 %	31 %	7 %
Yhteensä	100 %	100 %	100 %

Tuloksista nähdään, että henkilöautot tuottavat suurimman osan Lohjan liikenteen päästöistä. Henkilöautoliikenne aiheuttaa 56 % yhteenlasketuista hiilidioksidipäästöistä ja kattaa 55 % energiankulutuksesta. Suoritteesta henkilöautojen osuus on yli 80 %. Raskas liikenne saastuttaa ja kuluttaa enemmän energiaa kuin henkilöautot. Hiilidioksidipäästöistä toiseksi suurimman osuuden tuottaa kuorma-autoliikenne, jonka osuus päästöistä

on 30 %. Kuitenkin sen osuus suoritteesta on vain 7 %. Linja-autojen osuus sekä päästöistä että suoritteesta on kaikista pienin. Tässä työssä kiinnostavinta on henkilöautoilun aiheuttama päästömäärä sekä energiankulutus, sillä työmatkaliikenteestä aiheutuvat päästöt johtuvat pääosin henkilöautoliikenteestä. Henkilöautoliikenne tuottaa vuodessa Lohjalla noin 71 000 tonnia hiilidioksidia ja energiankulutus on 1075 TJ. Yhteensä koko Lohjan liikenteen hiilidioksidipäästöt vuodessa ovat noin 127 000 tonnia hiilidioksidia.

3. LIITYNTÄLIIKKENNE NYT JA TULEVAISUUDESSA

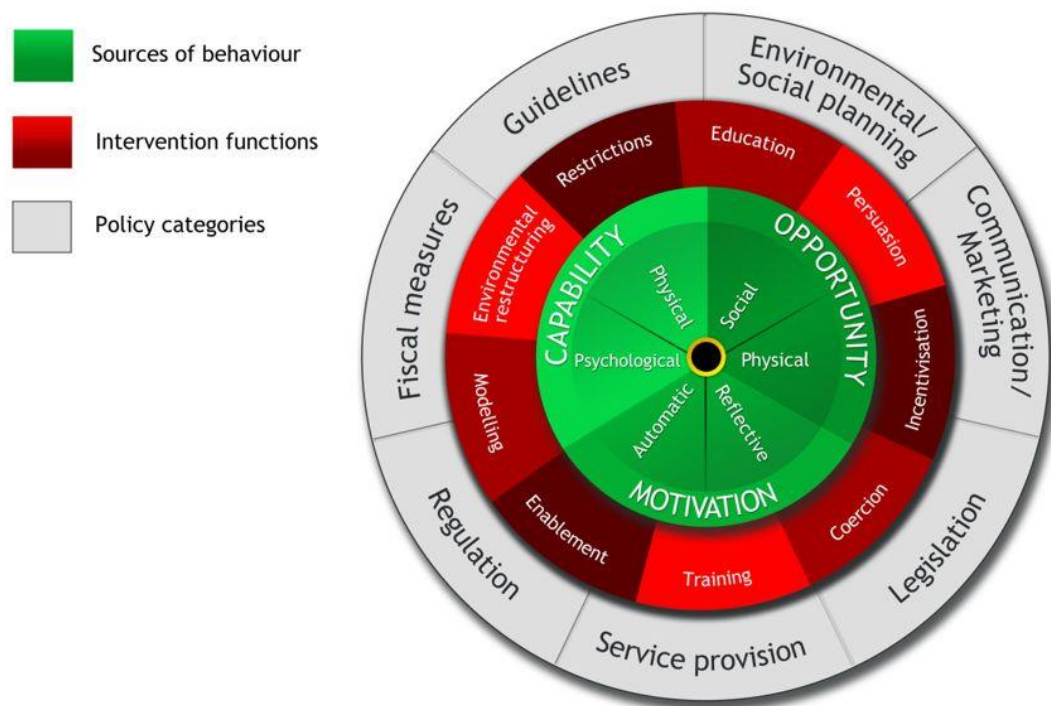
3.1 Ihmisen liikkumiskäyttäytyminen

Ihmisen liikkumiskäyttäytyminen ja kulkutavan valinta on monen eri tekijän summa. Liikkumistavan valinta alkaa liikkumistarpeen muodostumisella. Tärkeimpiä kulkutavan valintaan vaikuttavia asioita ovat matkan pituus, matka-aika, asenteet sekä fyysiset rajoitteet. Matka-aikaan vaikuttavia asioita ovat esimerkiksi pysäköintiin kuluva aika tai joukkoliikenteen odottelu- ja vaihtoajat. Matkan pituuteen vaikuttavat palveluiden, työpaikan ja kodin väliset etäisyydet ja käytettävissä olevat liikkumisreitit ja niiden laatu. Fyysisiä rajoitteita ovat esimerkiksi terveydentila ja käytettävissä olevien kulkumuotojen tarjonta. Varsinkin päivittäisissä matkoissa kuluttaja valitsee kulkumuotonsa yleensä totumuksen kautta. Kulkumuotoa vaihdetaan, jos kuluttaja saadaan kyseenalaistamaan käyttämänsä kulkumuotoa. Kulkumuodon valintaan ei siis välttämättä vaikuta voimakkaat asenteet vaan pelkkä totuttu tapa. Käyttäytymismuutokset vaativat aikaa ja eri ihmisillä on erilaiset valmiusasteet käyttäytymismuutoksen toteuttamiselle. Ympäristötietoinen kuluttaja valitsee mielellään ympäristöystävällisen kulkumuodon. Ympäristöystävällisyys on nykyaikana ollut paljon pinnalla, joten voidaan olettaa kuluttajien valitsevan tulevaisuudessa suuremmalla todennäköisyydellä ympäristöystävällisen vaihtoehdon. Kuitenkin vaikka yksilön tietoisuus ja asenteet muuttuvat, vaikutukset eivät välttämättä näy liikkumisvalinnoissa, vaan totumus vie voiton kulkutavan valinnassa.

Ihmisen liikkumiskäyttäytymiseen voidaan vaikuttaa liikkumisen ohjauksella. Liikkumisen ohjauksella pystytään vaikuttamaan liikkujien asenteisiin ja käyttäytymiseen. Liikkujan käyttäytymisen muutoksen arviointiin on olemassa monia eri malleja. Ne perustuvat käyttäytymisen muutoksen eri vaiheisiin. Liikenneviraston käyttämän Göteborgin kaupungin mallin mukaan käyttäytymismuutoksen vaiheet voidaan jakaa esimerkiksi neljään osaan: tietoisuuden lisäämiseen, osaamisen kartoittamiseen, asenteiden muuttamiseen ja toiminnan ylläpitoon (Liikennevirasto, 2012). Ensimmäisessä vaiheessa tavoitteena on lisätä henkilön tietoisuutta ja saada liikkuja harkitsemaan mahdollista kulkutavan muutosta. Tässä vaiheessa tärkeää on saada tietoa erilaisista vaihtoehdoista liikkumiselle sekä kulkutavan muuttamisen hyödyistä. Toisessa vaiheessa kerrytetään osaamista, eli esimerkiksi kokeillaan erilaisia liikkumistapoja. Kolmannessa vaiheessa vaikutetaan henkilön asenteisiin ja ajattelumalleihin, jotta esimerkiksi kevyen liikenteen kulkutavoista tulisi henkilölle houkuttelevia ja mieluisia. Tässä vaiheessa liikkuja tekee päätöksen kulkutavan vaihtamisesta ja valitsee itselleen mieluisimman kulkutavan. Asennemuutoksen

avulla henkilö muodostaa lopulta tavoitteen käyttää uutta liikkumismuotoa. Viimeisessä vaiheessa henkilö siirtyy toimintaan, eli vaihtaa kulkutapaansa kestäväksi. Tässä vaiheessa tarkoituksena on saada henkilö pysymään päätöksessään ja jatkamaan uuden liikkumismuodon käyttämistä.

Ihmisen liikkumiskäyttäytymisen muutosta voidaan käsitellä myös niin sanotun käyttäytymisen muutospyörän avulla (Michie et al., 2011). Sen avulla voidaan suunnitella muutokseen tähtäävää toimintaa tai tehostaa sitä. Kuvassa 10 on esitetty malli käyttäytymisen muutospyörästä. Käyttäytymisen muutospyörä pohjautuu COM-B-malliin, jossa käyttäytymiselle (Behaviour) on määritelty kolme alkulähdettä: kyvykkyys (Capability), tilaisuus (Opportunity) ja motivaatio (Motivation). Tämä COM-B-malli on muutospyörän sisin kehä. Keskellä muutospyörää on yhdeksän erilaista vaikuttamistoimintoa, joilla pyritään vaikuttamaan käyttäytymisen alkulähteisiin. Eri alkulähteille on määritelty sopivimmat vaikuttamistoiminnot. Uloimmalle kehälle taas on määritetty käyttäytymisen muuttamiselle tärkeitä politiikkatoimia. Ne ohjaavat esimerkiksi kunnallista tai valtakunnallista toimintaa ja tukevat yksilöön tai ryhmiin kohdistuvia vaikuttamistoimintoja.



Kuva 10. Käyttäytymisen muutospyörä (Michie et al. 2011)

Käyttäytymisen muutospyörää voidaan käyttää hyödyksi esimerkiksi henkilöautoilun vähentämisessä työmatkoilla. Työmatkaajalla täytyy olla fyysinen kyvykkyys kävellä tai pyöräillä töihin tai kulkea joukkoliikenteellä. Psyykkinen kyvykkyys taas tarkoittaa tietoja

tai psyykkisiä taitoja ja vahvuutta tarvittavien henkisten prosessien läpikäymiseksi ja muutoksen toteuttamiseksi. Työntekijän täytyy esimerkiksi tietää, millaisia keinoja henkilöautoilun vähentämiseksi on käytettävissä. Tilaisuudet taas voidaan jakaa fyysisiin ja sosiaalisiin tilaisuuksiin. Fyysisiin tilaisuuksiin luetaan ympäristön tarjoamat mahdollisuudet kuten resurssit ja aika, esimerkiksi tässä tapauksessa joukkoliikennevälineet, kevyen liikenteen väylät, oma tai työpaikan tarjoama polkupyörä ja sopivat aikataulut. Henkilöauton korvaaminen kestävän liikenteen keinoilla ei saa viedä työntekijältä kohtuutonta määrää aikaa tai rahaa. Sosiaaliset tilaisuudet taas perustuvat ihmisten väliseen vuorovaikutukseen. Ne tarkoittavat esimerkiksi työpaikan kulttuuria tai sosiaalisia normeja. Kestävä liikkuminen ei saa olla paheksuttava tai vähäteltävä asia työpaikalla tai henkilöautoilun liian suuri meriitti, vaan sosiaalisten normien on tuettava kestävän liikkumisen keinoja. Myös motivaation voi jakaa tiedostettuun sekä automaattiseen motivaatioon. Tiedostettu motivaatio syntyy seurausten punnitsemisesta sekä positiivisten ja negatiivisten vaikutusten käsittelystä. Liikkujan on tiedostettava kestävän liikkumisen hyödyt ympäristölle ja omalle terveydelle. Automaattiseen motivaatioon taas liittyy esimerkiksi rutiininomaiset toimintatavat, tarpeet, estot ja tunnereaktiot. Henkilöautolla työmatkan hoitaminen on helppo jokapäiväinen rutiini, jonka vaihtamiseksi tarvitaan eri vaihtoehtojen tiedostamista ja tiedostettua motivaatiota rutiinin muuttamiseksi.

Vaikuttamistoimintojen avulla tavoitellaan muutosta käyttäytymisen alkulähteissä. Varsinkin sosiaalisiin tilaisuuksiin vaikuttavat työntekijöiden saama koulutus ja kannustimet. Koulutukset ja mainostaminen, sekä erilaiset kampanjat vaikuttavat työntekijöiden suhtautumiseen kevyeen ja julkiseen liikenteeseen. Työpaikka voi myös luoda kannustimia, rajoitteita tai pakotteita. Esimerkiksi voidaan vähentää parkkipaikkojen määrää tai tukea pyörän tai bussilipun hankintaa. Muita vaikuttamistoimintoja ovat ympäristön muuttaminen, mallin antaminen ja muut kuin aiemmin mainitut mahdollistamiskeinot. Kauimmaisella kehällä muutospyörässä ovat politiikkatoimet. Niihin kuuluvat esimerkiksi viestintä ja markkinointi, fyysisen ja sosiaalisen ympäristön suunnittelu, suositukset, sääntely ja palvelujen tarjonta. Kunta voi hyvin vaikuttaa, millaista viestintää ja markkinointia se tarjoaa kuntalaisille kestävästä liikkumisesta esimerkiksi jo varhaiskasvatuksessa, kouluissa ja kunnallisilla työpaikoilla. Kunta on myös merkittävä elin päättämässä liikkumispalveluiden tarjonnasta. Poliitiikkatoimiin kuten verotus ja lainsäädäntö taas on hankalampi vaikuttaa, sillä niitä säätelee yleensä valtio. Verotuksella ja lainsäädännöllä voidaan vaikuttaa kulkutavan lisäksi myös esimerkiksi henkilöauton käyttövoimaan sekä ajosuoritteen suuruuteen.

3.2 Liityntäliikennemuodot

Liityntäliikennejärjestelmä muodostuu aina matkaketjuista. Matkaketjuilla kuvataan kokonaisvaltaisesti ihmisten liikkumista ja selvitetään, miten eri kulkumuotoja käytetään. Matkaketjuajattelu on hyvä keino tarkastella sitä, kuinka automatkat voitaisiin korvata kevyellä liikenteellä tai joukkoliikennepalveluilla. Matkaketju koostuu vähintään kahdesta peräkkäisestä matkasta, ja alkaa ja päättyy aina samaan pisteeseen, esimerkiksi kotiin. Kuvassa 11 on esitetty joukkoliikenteen yleisimmät ovelta ovelle - matkaketjut. Kuvasta 11 nähdään, että yleisin liityntäliikkumismuoto joukkoliikenteeseen on jalankulku, jonka osuus matkoista on 77 %. Henkilöautolla joukkoliikenteeseen liitytään vain 3 % matkoista. Tästä voidaan päätellä, että liityntämatkat joukkoliikenteeseen ovat yleensä hyvin lyhyitä, jolloin kävely on kilpailukykyinen vaihtoehto verrattuna henkilöautoon.



Kuva 11. Joukkoliikenteen yleisimmät ovelta ovelle – matkaketjut (Liikennevirasto 2018a)

3.2.1 Henkilöauto

Valtakunnallisen henkilöliikennetutkimuksen mukaan henkilöauto on yleisin kulkuväline liikenteessä. Henkilöautoilun kulkutapaosuus oli Suomessa vuonna 2016 matkaluvusta 61 % ja matkasuoritteesta jopa 79 %. (Liikennevirasto 2018a, s. 59) Kuitenkin liityntäliikennemuotona joukkoliikenteeseen henkilöauton osuus on valtakunnallisesti vain 3 %. Tästä voidaan päätellä, että henkilöautolla usein halutaan ajaa koko matka ja kynnys henkilöautosta joukkoliikennemuotoon vaihtamiseen on suuri. Henkilöauto on joustava

ja aikatauluista riippumaton liityntäliikennemuoto. Kuitenkin esimerkiksi autoparkin etsimiseen ja parkkeeraamiseen kuluva aika pidentää matkaketjun matka-aikaa. Henkilöauto vaatii myös liikkujalta ajokortin. Kuvassa 4 esiteltiin kulkutapaosuudet matkan pituuden mukaan läntisellä Uudellamaalla, josta huomataan, että henkilöauto on houkutteleva vaihtoehto jo yli 2 kilometrin matkoilla. Jo yli puolet 1-2 kilometrin pituisista matkoista tehdään henkilöautolla. Henkilöauton hiilidioksidipäästöt riippuvat sen käyttövoimasta. Tällä hetkellä henkilöauton käyttövoimia ovat fossiiliset ja bioperäiset nestemäiset polttoaineet, maa- ja biokaasu, sähkö sekä vety. Henkilöautoilua pyritään yleensä liikkumisenohjauksessa vähentämään sen päästöjä tuottavan vaikutuksen vuoksi, sillä auton käyttövoimana toimivat yleensä fossiiliset polttoaineet.

Lohjan liikennejärjestelmä perustuu nykyisin pitkälti fossiilisiin polttoaineisiin. VTT:n LI-PASTO-yksikköpäästötietokanta ottaa huomioon henkilöautoliikenteen nestemäisistä polttoaineista bensiinin, dieselin sekä korkeaseosetanolin. Suomessa kaikki jakelussa olevat liikenteen polttonesteet sisältävät biokomponentteja, mutta niiden osuus vaihtelee. Suomessa on saatavissa kahta erilaista bensiinilaatua, jotka eroavat toisistaan bioetanolin määrässä. E10-bensiinissä on korkeintaan 10 tilavuusprosenttia bioetanoliala ja E5-bensiinissä korkeintaan 5 prosenttia. Korkeaseosetanolissa (E85) on bensiiniin sekoitettu enintään 85 tilavuusprosenttia etanoliala. Dieselpolttoaineet voidaan jakaa ensimmäisen ja toisen sukupolven polttoaineisiin. Ensimmäisen sukupolven biopolttoaineessa (RME, FAME) on korkeintaan 7 tilavuusprosenttia biokomponenttia. Toisen sukupolven biopohjaista dieselöljyä taas voidaan käyttää jopa sellaisenaan. Sitä kutsutaan myös uusiutuvaksi dieseliksi. Vuonna 2016 bensiinin yhteenlaskettu bio-osuus oli yksikköpäästötietokannan mukaan 4,8 % lämpöarvosta ja dieselin bio-osuus 11,5 % lämpöarvosta. Korkeaseosetanolin bio-osuus oli 72 % lämpöarvosta vuonna 2016. Korkeaseosetanolin hiilidioksidipäästöt ovatkin huomattavasti pienemmät kuin bensiinin tai dieselin. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017e)

Polttoaineiden bio-osuudesta määrätään lailla (419/2019), jossa polttoaineen jakelija on velvollinen toimittamaan fossiilisten polttoaineiden lisäksi myös biopolttoaineita kulutukseen. Eri polttoainetyypeille ei ole annettu määräyksiä erikseen, vaan polttoainetoimittaja päättää, mihin polttoaineisiin bio-osuudet sekoitetaan. Bio-osuus tarkoittaa biopolttoaineiden energiasisällön osuutta jakelijan kulutukseen toimittamien moottoribensiinin, dieselöljyn ja biopolttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä. Vuonna 2019 jakeluvaikeus on 18,0 % ja vuonna 2029 ja sen jälkeen 30,0 %. (Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta, 419/2019, 2019) Vuoteen 2020 asti biopolttoaineen energiasisällön lasketaan täyttävän jakeluvaikeutta kaksinkertaisena, jos se on valmistettu tietyistä jätteeksi tai tähteiksi jakeluvaikeutetun liitteessä A

määritellyistä raaka-aineista (Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta, 387/2017, 2017). Vuonna 2030 ei ole käytössä tuplalaskentaa.

Biopolttoaineilla tarkoitetaan nestemäisiä tai kaasumaisia liikenteessä käytettäviä polttoaineita, jotka tuotetaan erilaisista biomassoista. Biopolttoaineista syntyy hiilidioksidipäästöjä poltettaessa, mutta eloperäisestä raaka-aineesta tuotetun polttoaineen katsotaan sitoutuvan kokonaisuudessaan takaisin eloperäiseen aineeseen. Täten on sovittu, että biopolttoaineen käytön aikaiset hiilidioksidipäästöt ovat nolla (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017d). Biopolttoaineiden valmistamisen elinkaari päästöjä ei käsitellä tässä työssä. Bio-osuus lasketaan kulutukseen toimitettujen polttoaineiden energiasisällön kokonaismäärästä. Kansallisen jakeluvelvoitelain mukaan jakeluvelvoite olisi 30 % vuonna 2030. Vuoteen 2020 saakka on voimassa biopolttoaineiden kaksoislaskenta. Kaksoislaskenta tarkoittaa sitä, että jos biopolttoaineen raaka-aineena käytetään jätettä, tähteitä, syötäväksi kelpaamatonta selluloosaa tai lignoselluloosaa, biopolttoaine laskeaan jakeluvelvoitteeseen kaksinkertaisena. (Työ- ja elinkeinoministeriö 2017a, s. 63)

Suomen autokanta uusiutuu hitaasti ja siksi biopolttoaineita pidetään yhtenä ratkaisuna liikenteen päästöjen vähentämiseksi. Tällä hetkellä tieliikenteen autokanta ja polttoaineiden jakelujärjestelmä perustuu pitkälti nestemäisiin polttoaineisiin, joista suurin osa on fossiilisia polttoaineita. Näitä fossiilisia polttoaineita voidaan korvata bioperäisistä materiaaleista tehdyillä polttoaineilla, jolloin infrastruktuuriin ei tarvitse tehdä suuria muutoksia. Esimerkiksi sähkö tai kaasu käyttövoimana vaativat uudenlaisen jakelujärjestelmän liikenteeseen.

Kaasuautot käyttävät polttoaineena paineistettua maa- tai biokaasua tai tarvittaessa bensiiniä. Myös nesteytettyä maa- tai biokaasua käyttäviä ajoneuvoratkaisuja on jo markkinoilla. Kaasuauton teknologia perustuu ottomoottoritekniikkaan, jossa on tyypillisesti kaksoispolttoainejärjestelmä. Järjestelmä on valmistuskustannuksiltaan kalliimpi kuin perinteinen ottomoottori, mutta hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin bensiiniautolla. Biokaasua käytettäessä polttoaine on uusiutuvaa. Maa- ja biokaasu on myös edullista, mutta tankkausasemaverkosto on vielä rajoittunut. Bensiinitankki kuitenkin mahdollistaa kaasuauton käytön myös tankkausasemaverkoston ulkopuolella. Kaasuauton toimintamatka kaasulla on noin 300-600km ja bensiinillä noin 250-700 km. Maakaasu on polttoainekustannuksiltaan noin puolet halvempi kuin bensiini ja biokaasu on uusiutuvista liikennepolttoaineista edullisin. Koska maakaasu on käytännössä metaania, sen käytöllä saavutetaan noin 20 prosentin hiilidioksidipäästöjen vähentymä. Biokaasun hiili

on kasviperäistä, jolloin fossiilisten hiilidioksidipäästöjen vähenemä on huomattava. Lohjalla on vahva maakaasuverkosto, joten kaasuautojen käyttö olisi mahdollista Lohjan alueella. (Motiva 2018)

Täyssähköautojen voimanlähde on sähkömoottori ja sähköenergia varastoidaan akustoon. Sähköauto on hiljainen ja paikallisesti päästötön, sillä se ei tuota ollenkaan välittömiä päästöjä. Välilliset päästöt syntyvät sähköntuotannon aiheuttamista päästöistä. Tämänhetkiselällä sähköntuotantorakenteella sähköauton hiilidioksidipäästöt ovat selvästi pienemmät kuin vastaavalla polttomoottoriautolla. Sähköauton energiakustannukset ovat selvästi pienemmät kuin polttomoottoriautolla ja myös autojen rakenne on yksinkertaisempi, mikä alentaa huoltokustannuksia. Sähköautolla on pieni huollontarve ja pienet käyttökustannukset. Kuitenkin sähköauton käyttöä rajoittaa sen rajallinen toimintamatka. Yhdellä latauksella autolla voidaan liikkua tyypillisesti noin 150-300 kilometriä, mutta suurilla akuilla jopa 600 kilometriä. Kylmällä säällä toimintamatka lyhenee noin 20-30 prosenttia. Täyssähköauto sopii parhaiten taajama-ajoon. Sähköauton yleistymiseksi latausasemaverkostoa täytyy kehittää niin, että se kattaa koko Suomen. Sähköauton akuston täyteen lataaminen kestää normaalilla verkkovirralla noin 6-12 tuntia, mutta pikalatauksessa akusto saadaan noin 80% varaustilaan jopa 15-30 minuutissa. Parhaiten lataus onnistuu sähköajoneuvokäyttöön suunnitellusta latauspisteestä. Pikalataus on mahdollista lähinnä julkisilla latausasemilla, joilla saa puolessa tunnissa 50-150km lisää ajomatkaa. Sähköauton lataaminen kestää kuitenkin huomattavasti kauemmin kuin polttomoottoriauton tankkaaminen. (Motiva 2017a)

Markkinoilla on myös hybridiautoja, joissa tyypillisesti yhdistyy poltto- ja sähkömoottori. Pistokehybridiautoissa (PHEV) on sekä sähkömoottori, että bensiini tai dieselkäyttöinen polttomoottori. Akkua voidaan tällaiseen ajoneuvoon ladata verkkovirrasta. Lisäksi on olemassa myös mietoja hybridiautoja, joissa ajoakkua ei voi ladata verkkovirralla, vaan sähkömoottoria käytetään energiatehokkuuden parantamiseen. Sähkömoottori voi toimia generaattorina, joka lataa jarrutuksesta saatavaa energiaa ja kiihdytettäessä purkaa varastoitua energiaa. Jarrutusenergian talteenotto pienentää auton kulutusta kaupunkiajossa jopa 30 %. Sähkömoottorin hyötysuhde on myös parempi kuin polttomoottorin, joten auton lataaminen latauspistokkeesta parantaa energiatehokkuutta. Hybridiautot ovat kuitenkin tekniikaltaan monimutkaisempia ja hinnaltaan kalliimpia kuin tavalliset polttomoottoriautot. (Motiva 2019a) Täyssähköautoihin verrattuna hybridiautoilla on suurempi toimintasäde ja ajoneuvo ei ole riippuvainen sähköautojen latausinfrastruktuurista. Hybridiautojen hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus voidaan arvioida polttomoottori- ja täyssähköautojen päästöjen ja kulutuksen avulla. Hybridiauton kulutus ja päästöt riippuvat

sähköllä ajon määrästä. Sähköllä ajon määrää on tutkittu esimerkiksi Norjassa ja Yhdysvalloissa. Tutkimuksissa sähköllä ajon osuudeksi saatiin noin 46-63 % (Figenbaum & Kolbenstvedt 2016) (Boston & Werthman 2016) Tässä työssä arvioidaan sähköllä ajon osuudeksi 50 % suoritteesta. LIPASTO käyttää sähköauton päästöjen ja kulutuksen arvioinnissa polttomoottoriosuuteen vastaavan bensiini- tai dieselauton päästökertoimia vähennettynä 20 %:lla. Sähkomoottoriosuuteen käytetään sähköauton kertoimia. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017d)

Vedyllä toimivat autot ovat polttokennoautoja, joissa energia tuotetaan vetykaasusta sähkökemiallisella reaktiolla. Vety reagoi hapen kanssa, jolloin vapautuu elektroneja ja syntyy sähkövirtaa. Polttokennoautoissa on akkulaitteisto, joka mahdollistaa jarrutusenergian talteenoton aiheuttaen energian kulutuksen pienemisen. Sivutuotteena autot tuottavat vain lämpöä ja vesihöyryä. Välittömiä kasvihuonekaasupäästöjä vetyautoista ei synny, mutta vetyä ei esiinny maapallolla sellaisenaan, joten sitä täytyy tuottaa erilaisilla menetelmillä esimerkiksi hajottamalla vettä. Vetyä voidaan valmistaa uusiutuvien energiamuotojen avulla, kuten tuuli- ja aurinkoenergialla, biopolttoaineilla tai ydinvoimalla. Energiaa kuluu myös vedyn paineistamiseen ja nesteytykseen. Tässä työssä käsitellään kuitenkin vain välittömiä päästöjä, jolloin vetyauton hiilidioksidipäästöt ovat nolla. Polttokennoautoissa haasteita tuottaa myös vetysäiliöiden turvallisuus, vedyn paineistus ja nesteytys. (Motiva 2019b)

Vetyteknologian läpimurtoa on ennustettu jo parin kymmenen vuoden ajan, mutta samoilla markkinoilla kilpailee myös täyssähköauto ja ladattavat hybridit. Vetyautojen yleistymiseen tarvitaan uusi ajoneuvokalusto ja uudenlainen jakeluverkosto. Vedyn jakeluasemia on Suomessa tällä hetkellä vain yksi Voikoskella. Vetyasemia voisi erään arvion mukaan olla Suomessa noin 20 kappaletta vuonna 2030 (Aho et al. 2017, s. 3). Vetyautoista ollaan edelleen melko tietämättömiä Suomessa, mutta vetyautot alkavat olla nosteessa esimerkiksi Saksassa ja Norjassa. Saksaan on suunnitteilla rakennettavaksi noin 400 vetyasemaa vuoteen 2025 mennessä. Vetyautot ovat nousseet myös autoalan johtajien parissa kolmen suurimman trendin joukkoon syrjäyttäen sähköautot. Vetyautojen yleistymisen esteenä Suomessa ovat perinteiset ongelmat eli hinta ja tankkausasemien vähäisyys. Käytännössä vetyautot kilpailevat samoista markkinoista sähköautojen kanssa ja molempien välittömät päästöt ovat nolla, joten tämän työn kannalta ei ole niin relevanttia, yleistyykö tulevaisuudessa vetyautot vai perinteiset sähköautot. Se, miten lopullinen jakauma toteutuisi riippuu autoteollisuudesta ja ostajien preferensseistä. Suomessa tulisi tällöin olla noin yksi julkinen latauspiste 10 sähköautoa kohti. (Aho et al. 2017, s. 3) Kuntien rooli sähköautoilun yleistymisessä on osallistuminen infran suunnit-

teluun ja jakeluverkkoratkaisujen kilpailuttaminen ja niiden huomioon ottaminen kaavoituksessa. Itse polttoaineiden jakeluverkosto ja latauspisteet tullaan luultavasti rakentamaan markkinaehtoisesti. (Aho et al. 2017, s. 4) LIPASTO:n yksikköpäästötietokannasta ei löydy arvoja vetyauton energian- ja polttoaineenkulutukselle. Vetyauton tunnusluvut perustuvatkin tunnettujen vetyautojen tunnuslukuihin. Toyota Mirai – mallin vetyautolle ilmoitetaan polttoaineen kulutukselle arvo 1 kg vetyä 100 kilometrillä ja energiankulutukselle 119,9 MJ/100 km (Mudryk & Werle 2017, s. 329). Näitä arvoja käytetään vetyautojen tunnuslukuina.

Taulukossa 4 on esitetty nestemäisiä polttoaineita käyttävien henkilöautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt sekä polttoaineen- ja energiankulutus tieliikenteessä vuonna 2016 eri käyttövoimilla. Taulukosta nähdään, että henkilöautoista pahin saastuttaja on bensiinikäyttöinen auto. Vähiten nestemäisistä polttoaineista saastuttaa korkeaseosetanoliauto (FFV), jonka päästöt ovat keskimäärin alle 20 % bensiiniauton päästöistä.

Taulukko 4. Nestemäisiä polttoaineita käyttävien ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)

	CO ₂ [g/km]	Energia [MJ/km]	Kulutus [l/100km]
Bensiini	158,59	2,28	7,26
Diesel	139,39	2,12	5,96
FFV	29,90	2,10	6,69
PHEV(BE)	63,44	1,26	2,91
PHEV (DI)	55,75	1,19	2,38

Taulukossa 5 on esitetty kaasua, vetyä tai sähköä käyttövoimana käyttävien ajoneuvojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt, energiankulutus ja polttoaineenkulutus vuonna 2016. Kaasuauton hiilidioksidipäästöt ovat selvästi pienemmät kuin bensiini- tai dieselauton. Kaasuauton päästöt lähentelevät hybridiautojen hiilidioksidipäästöjä, mutta ovat suuremmat kuin korkeaseosetanolilla. Vety- ja sähköautoista ei aiheudu välittömiä hiilidioksidipäästöjä.

Taulukko 5. Kaasu-, vety- ja sähkökäyttöisten ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c) (Mudryk & Werle 2017)

	CO ₂ [g/km]	Energia [MJ/km]	Kulutus [kg/100km]
Kaasu	66,57	1,95	3,96
Vety	0	1,20	1,00
Sähkö	0	0,69	-

ALIISA-autokantamalli esittää liikennekäytössä olleiden autojen lukumäärät eri käyttövoimien mukaan vuonna 2017. Taulukossa 6 on esitetty autokantamallin tulokset. Tuloksista nähdään, että suurin osa liikennekäytössä olleista autoista on bensiini- ja dieselautoja. Näiden osuus autokannasta on yli 99 %. Kaikkein vähiten autokannassa on vetyautoja, joita liikennekäytössä oli vain yksi kappale vuonna 2017.

Taulukko 6. Liikennekäytössä olevien autojen lukumäärä käyttövoiman mukaan vuonna 2017 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2018a)

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta
Bensiini	1916652	71,81 %
FFV	8406	0,31 %
Diesel	731886	27,42 %
Kaasu	4641	0,17 %
PHEV(BE)	5289	0,20 %
PHEV(DI)	515	0,02 %
Sähkö	1487	0,06 %
Vety	1	0,00 %
Yhteensä	2668877	100 %

3.2.2 Joukkoliikenne

Joukkoliikenteen kulkuvälineinä toimivat linja-autot ja kaupunkibussit sekä raideliikenne. Joukkoliikenteen osuus oli Henkilöliikennetutkimuksen mukaan vuonna 2016 yhteensä 7 % matkaluvusta ja 13 % suoritteesta. Kuvasta 4 nähdään, että noin 50 % joukkoliikenteellä tehdyistä matkoista oli alle 7 kilometrin pituisia. Lohjan suunnitelmissa on esitetty sisäisen joukkoliikenneyhteyden rakentamista Lohjan keskustasta Lempolan asemalle. Joukkoliikennevälineenä toimisi kaupunkibussi. Kuvasta 11 nähdään, että 18 % joukkoliikennevälineeseen tehdyistä matkoista koostuu matkaketjusta, jossa on yksi tai useampi joukkoliikennevaihto, eli yhdestä joukkoliikennevälineestä vaihdetaan toiseen. Joukkoliikenne on siis potentiaalinen liityntäliikenneväline. Joukkoliikenneyhteyden on oltava liikkujan helposti saavutettavissa. Sydneyssä tehdyn tutkimuksen mukaan työmatkoissa kävelymatkan pituus bussipysäkillä oli keskimäärin noin 500 metriä ja alle 25 % tapauksista yli 700 metriä (Daniels & Mulley 2011, s. 16). Joukkoliikenteen käyttöasteeseen vaikuttavat myös joukkoliikenteen aikataulut ja niiden täsmällisyys, joukkoliikennevälineen ja pysäkkien palvelutaso sekä matkaketjun sujuvuus. Liikkujan informointi aikatauluista ja eri liikennevälineiden sujuva yhdistäminen matkaketjuksi lisää joukkoliikenteen houkuttelevuutta. Käyttöasteeseen vaikuttaa myös joukkoliikenteen hintataso. Joukkoliikennettä käyttäessä ei kuitenkaan tarvitse keskittyä ajamiseen, jolloin matkustamiseen käytetyn ajan voi käyttää hyödyksi esimerkiksi työhön.

Kaupunkibussin aikatauluihin vaikuttaa sen käyttämä reitti. Bussit voivat kulkea muun liikenteen seassa tai ne voivat olla niin sanottuja bussimetroja (Bus Rapid Transit). Bussimetro on muusta liikenteestä erotettu bussijärjestelmä kaupunkiliikenteessä. Normaalissa bussijärjestelmässä, jossa bussit liikkuvat muun liikenteen seassa, aikataulut voivat viivästyä ruuhkien, onnettomuuksien tai ylikapasiteetin vuoksi. Bussimetro voi liikuttaa ihmisiä nopeammin ja luotettavammin kuin normaali bussijärjestelmä. Bussimetrojärjes-

telmässä voidaan käyttää mitä bussityyppiä tahansa. Bussimetro on halvempi järjestelmä kuin raitiotie ja se on nopeampi ottaa käyttöön pienillä muutoksilla, jos alkuperäinen infrastruktuuri tukee bussimetrolinjoja. (Abdallah 2017, s. 27) Raitiovaunu ei aiheuta välittömiä päästöjä ilmakehään, mutta on suuri ja kallis investointi.

Bussimetro on varteenotettava vaihtoehto raitiovaunulle, kun etsitään tehokasta ja nopeaa joukkoliikennetarkistusta. Joukkoliikenteen suunnittelupäällikkö Juha-Pekka Häyrynen kuitenkin kertoo haastattelussaan, että raitiovaunuun verrattuna bussien käyttöikä on kuitenkin pienempi kuin raitiovaunun. Bussireittejä voi myös helpommin muunnella kuin raitiotien reittiä, mutta raitiotien pysyvyys luo Häyrysen mukaan suuremmat vaikutukset maan ja kiinteistöjen arvoon kuin vaihtuvilla bussireiteillä. (Aamulehti 2016)

Raideliikenteestä ei aiheudu välittömiä päästöjä, koska sen käyttövoimana toimii sähkö. Bussien ja linja-autojen hiilidioksidipäästöt riippuvat niiden käyttövoimasta. Tällä hetkellä markkinoilla on dieselillä, maakaasulla, biokaasulla ja sähköllä toimivia busseja. Näistä ympäristöystävällisimmät vaihtoehdot ovat biokaasu ja sähkö. Taulukossa 7 on esitetty dieselkäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energiankäyttö ja polttoaineenkulutus. LIPASTO antaa arvot kaupunkibussien katu- ja kehäyöliikenteelle. Luvut on laskettu 27 % katuajon suoriteosuudella. Bussin täyttöasteeksi on arvioitu 18 matkustajaa LIPASTON keskimääräisen kaupunkibussin ja linja-auton tulosten perusteella (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c). Diesel- ja kaasukäyttöisten bussien tulokset on laskettu kaupunkibusseille, joiden kokonaismassa on 18 t ja kantavuus 6 t. Täytenä kaupunkibussissa on 43 matkustajaa. Sähkökäyttöisillä busseilla kantavuus on 5,5 t.

Taulukko 7. Dieselkäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)

	CO ₂ [g/km]	Energia [MJ/km]	Kulutus [l/100km]
Diesel	735,46	11,20	31,44

Taulukossa 8 on esitetty kaasukäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energiankäyttö ja polttoaineenkulutus. Huomataan, että kaasukäyttöisen kaupunkibussin keskimääräiset hiilidioksidipäästöt ovat pienemmät kuin dieselkäyttöisen kaupunkibussin, mutta energiankulutus on suurempaa.

Taulukko 8. Kaasukäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt, energian- ja polttoaineenkulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)

	CO ₂ [g/km]	Energia [MJ/km]	Kulutus [kg/100km]
Kaasu	581,39	12,33	34,61

Taulukossa 9 on esitetty sähkökäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus. Sähkökäyttöisestä kaupunkibussista ei synny välittömiä hiilidioksidipäästöjä, joten sen hiilidioksidipäästöt ovat nolla. Myös energiankulutus on paljon pienempi kuin

diesel- tai kaasukäyttöisellä bussilla. Sähköbussin energiankulutus on vain 40-45 % vastaavan diesel- tai kaasukäyttöisen bussin energiankulutuksesta. Sähköbussille arvot ovat vain katuajasta, eikä kehävyöläajalle ole saatavilla lukuja.

Taulukko 9. Sähkökäyttöisen kaupunkibussin hiilidioksidipäästöt ja energiankulutus keskimäärin vuonna 2016 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)

	CO ₂ [g/km]	Energia [MJ/km]
Sähkö	0	5,07

3.2.3 Kävely ja pyöräily

Jalankulku ja pyöräily ovat hiilineutraaleja tapoja liityntäliikenteen toteuttamiseksi. Jalankulun ja pyöräilyn lisääminen on tehokas tapa kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseen. Kansallisessa energia- ja ilmastostrategiassa asetetaan tavoitteeksi 30 prosentin kasvu kävely- ja pyörämatkojen määrissä vuoteen 2030 mennessä (Huttunen R. 2017, s. 55). Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelmassa tavoitteena on kävelyn ja pyöräilyn yhteisen kulkutapaosuuden nostaminen 35-38 prosenttiin (Jääskeläinen 2018, s. 17). Kävelyllä ja pyöräilyllä tulisi korvata nimenomaan henkilöautoilua, jolloin vähintään puolet uusista kävely- ja pyöräilymatkoista tulisi siirtymänä henkilöautomatkoista.

Kuvasta 11 nähdään, että kävely on yleisin liityntäliikennetapa joukkoliikenteeseen. Yhden joukkoliikennemuodon ja kävelyn yhdistelmä kattaa jopa 77 % matkoista. Jos lukuun lisätään useamman joukkoliikennevaihdon ja kävelyn yhdistelmät, osuus on jo 95 % matkoista. Polkupyörä on harvinainen liityntäliikennetapa. Vain 1 % matkoista yhdistää joukkoliikenteen ja pyöräilyn. Kävely ja pyöräily liikkumistapoina yleisesti ovat yleisiä vain lyhyillä matkoilla. Kuvasta 4 nähtiin, että kävely on kilpailukykyinen liikkumismuoto 0-2 kilometrin pituisilla matkoilla. Pidemmällä matkoilla kävelyn osuus on jo viidesosan tai alle. Pyöräily ei läntisellä Uudellamaalla ole suosittu liikkumismuoto, sillä sen kulkutapaosuudet jäivät kaikilla matkoilla korkeintaan 10 prosenttiin. Kulkutapajakaumassa on myös otettu huomioon vapaa-ajan matkat, jotka tehdään usein kävellen tai pyörällä, ja jotka ovat pidempiä kuin työmatkat. Kävely ja pyöräily liityntäliikennetapoina ovat siis riippuvaisia matkan pituudesta. Myös kevyen liikenteen väylien kunto ja matkaan käytettävissä oleva aika, sekä liikkujan fyysinen kunto vaikuttavat kävelyn ja pyöräilyn valitsemiseen kulkutavaksi.

Sydneyssä tehdyssä tutkimuksessa mitattiin kävellen tehtyjen liityntämatkojen pituutta eri joukkoliikennemuotoihin. Yleisesti keskimääräinen liityntäkävely matka joukkoliikennevälineeseen oli 573m, joista 25% oli alle 235 metriä ja 75% alle 824 metriä. Kävelymatkan pituus riippui siitä, mihin joukkoliikennemuotoon oltiin liikkumassa. Kävelymatkat

junaan olivat pidempiä kuin kävelymatkat bussiin. Keskimäärin kävelymatkat juna-asemalle olivat 805 metriä ja bussiin 461 metriä. Koulubussiin matka oli lyhyin 360 metriä. Maksimikävelymatka tutkimuksessa liityttäessä junaan oli 1080 m. Myös matkan tarkoitus vaikutti kävelymatkan pituuteen. Työhön liittyvien matkojen kävelypituudet olivat kaikkein pisimpiä ja vapaa-ajan matkat toiseksi pisimpiä. Mitä pidempi joukkoliikennematkan kesto oli, sen pidempiä liityntämatkoja tehtiin myös asemalle tai bussipysäkille. Tästä voidaan päätellä, että hieman pidemmätkin liityntämatkat pendelöintimatalla Tunnin Junaan voisivat olla mahdollisia. Tämä luultavasti johtuu siitä, että kävelymatkan kesto koko matkan pituudesta on tällöin prosenttiosuudeltaan pienempi. Naiset kävelivät pidempiä matkoja kuin miehet. Henkilöauton omistus ei juuri vaikuttanut matkan pituuteen. (Daniels & Mulley 2011)

Pyörä on autonominen ja matkakestoltaan ennustettava kulkutapa, jolla lyhyet matkaketjut tapahtuvat kulkutapaa vaihtamatta. Pyörä olisi yksi ratkaisumahdollisuus viimeisen mailin ongelmaan, eli siihen, miten matka kodista joukkoliikenteeseen tai joukkoliikenteestä esimerkiksi työpaikalle toteutetaan. Iso osa ihmisistä asuu yli kävelymatkan etäisyydellä joukkoliikennepalveluista. Martensin mukaan nopeampiin julkisiin liikennevälineisiin, kuten kaukojunaan, pyöräillään korkeintaan 4-5 kilometrin säteeltä. Hitaampiin joukkoliikennemuotoihin, kuten metroon ja bussiin, pyöräillään 2-3 kilometrin säteeltä. (Martens 2004) Pyörää käyttämällä voidaan vähentää ovelta-ovelle matkan matka-aikaa julkisen liikenteen matkaketjuissa. Martensin artikkelissa viitattiin alankomaalaiseen tutkimukseen, jossa verrattiin 25 matkaa kotoa töihin ja tehtiin vertailuja matka-ajassa henkilöautolla, joukkoliikenteellä sekä joukkoliikenteen ja pyöräilyn yhdistelmällä. Matka-aikajakauma julkisen liikenteen ja henkilöauton välillä pieneni 1,43:sta 1,25:een, jos pyörää käytettiin matkalla asemalle tai sieltä kohteeseen. Pyörä korvasi tutkimuksessa myös joukkoliikennevälineitä ja kävelyä. (Keijer and Rietveld 2000, Martens 2007 mukaan) Martensin artikkeliinsa kokoamien tutkimusten mukaan pyöräilyn osuus liityntäliikennemuotona liityttäessä juna-asemalle on noin 3-30 %. Alhaisimmat luvut ovat Iso-Britanniasta ja suurimmat Alankomaista. Keskiarvo tutkimuksista on noin 18,5 %. (Martens 2004)

Kuitenkin pyörän käytössä on myös ongelmia. Pyörää ei voi yleensä ottaa mukaan joukkoliikennevälineisiin ilman maksua, joten matkaketjun toisessa päässä on oltava toinen pyörä varastoituna matkakohteen asemalle tai sopivia vuokrapyörämahdollisuuksia. Lisäksi pyörä on helppo kohde varastaa. Matkaketjujen sujuvuudessa auttaa pyörien kuljetusmahdollisuus. Nykyisin harvoin joukkoliikennevälineisiin saa ottaa pyörän ilman lisämaksua. Esimerkiksi Lahdessa kuitenkin pyörää saa kuljettaa myös kaupunkiseudun busseissa (Kartimo 2016). Tunnin Juna on kaukojuna, jossa pyörän kuljettaminen tulee

luultavasti olemaan mahdollista, mutta maksullista. Yksi tärkeä toimenpide olisikin pyörien ja muiden liikkumista helpottavien välineiden, kuten pyörätuolien kuljettamisen helpottaminen joukkoliikennevälineissä ja matkakeskuksissa. Toinen ratkaisu on kaupunkipyöräjärjestelmät, joilla viimeisen kilometrin ongelma saadaan ratkaistua. Kaupunkipyörällä saadaan kuljettua määränpäässä oleva matka esimerkiksi asemalta työpaikalle, jos omaa pyörää ei ole saatu kuljetettua mukana. Nykyisin on olemassa asemattomia ja asemallisia kaupunkipyöräjärjestelmiä. HSL teki käyttäjäkyselyn kaupunkipyörien käytöstä vuonna 2018. Kyselyn mukaan jopa 55 % kaupunkipyörien käyttäjistä käytti kaupunkipyörää nimenomaan työmatkoihin. 14 % vastanneista käytti työ- tai koulumatkoihin pyörän ja joukkoliikenteen yhdistävää matkaketjua. Yleisesti kaupunkipyörää joukkoliikennematkan osana käytti usein 28 % ja silloin tällöin 49 %. Kaupunkipyörissä tyytymättömyyttä aiheutti pyörien heikko saatavuus, pyörien kunto, käyttöoikeuden ostaminen maksupäätteellä ja täydelle asemalle palautus. (Jääskeläinen 2018)

3.2.4 Kevyet sähköiset kulkuvälineet

Kevyet sähköiset kulkuvälineet ovat yleistymässä maailmalla ja myös Suomessa. Näihin luetaan esimerkiksi sähköpolkupyörät, segwayt, 3-4 pyöräiset ajoneuvot ja sähköpotkulaudat. Nämä kulkuneuvot on tarkoitettu kulkemaan esimerkiksi samoilla väylillä kuin polkupyörät. Kevyet sähköajoneuvot eivät aiheuta välittömiä hiilidioksidipäästöjä. Niistä voisi olla ratkaisuksi viimeisen kilometrin ongelmaan, eli lyhyisiin liityntämatkoihin. Sähköpyörät voivat tulevaisuudessa kasvattaa pyöräilyn kulkutapaosuutta. Liikenneviraston tutkimuksessa arvioitiin, että sähköpyörä pystyisi kasvattamaan polkupyöräilyn kulkutapaosuutta eri matkan pituuksilla noin 3-7 %. Sähköpyörien vaikutusta arvioitiin alle 30 kilometrin pituisilla matkoilla. Suurimmat lisäykset tulisivat yli 3 kilometrin pituisille matkoille, joilla kulkutapaosuuden lisäys olisi 6-7 %. (Liikennevirasto 2015, s. 26)

Euroopan Unioni rahoittaa RESOLVE-nimistä projektia, joka on luotu kehittämään kevyiden sähkökäyttöisten kulkuneuvojen kustannustehokkuutta, energiatehokkuutta ja käytömukavuutta. Projektin tavoitteena on saada ihmiset vaihtamaan kulkutapansa polttomootoriautoista kevyisiin sähkökulkuvälineisiin, joita kutsutaan myös L-kategorian sähköisiksi ajoneuvoiksi (ELV). Euroopan Unionin suunnitelmissa näkyy selvästi skenaariot, joissa henkilökohtainen liikkuminen siirtyy autoista kevyempiin ja ympäristöystävällisempiin vaihtoehtoihin. ELV-ajoneuvot voivat vastata lähiliikenteessä tarpeisiin, sillä ne ovat pienen kokonsa ja kevyen painonsa takia energiatehokkaampia kuin autot ja niitä on

nopeampi ladata. Haasteita RESOLVE-projektissa kuitenkin mainitaan ihmisten suhtautuminen ELV-ajoneuvoihin, sillä käyttäjät eivät vielä näe ELV-ajoneuvoja kannattavaksi tai mukavaksi vaihtoehdoksi tavalliselle henkilöautolle. (Resolve 2016)

ELV-ajoneuvon hankkimiseen motivoivia tekijöitä ovat ajoneuvon helppokäyttöisyys, ajoneuvon kustannustehokkuus, hauskanpito ja ympäristöystävällisyys. Ongelmia tuottaa Suomen ilmasto, ELV-ajoneuvoille sopimattomat kulkuväylät ja puuttuva infrastruktuuri sähköisten ajoneuvojen lataamiseen. Sähköpyörät ovat myös hinnaltaan melko kallis investointi. Sähköisiä potkulautoja on jo vuokrattavissa pientä summaa vastaan suurimmissa Suomen kaupungeissa, kuten Helsingissä ja Tampereella. Esimerkiksi VOI Scooter -sähköpotkulaudan käyttöönotto maksaa Helsingissä yhden euron, jonka jälkeen maksu on 25 senttiä minuutilta (Aamulehti 2019). Sähköpotkulaudat sopivat lyhyisiin satunnaisesti tehtyihin matkoihin. Vuokraus tapahtuu mobiilisovelluksen avulla. Vuokrattavien sähköpotkulautojen kohdalla ongelmia tuottaa ajoneuvon vääränlainen pysäköinti, ihmisten huono tietoisuus oikeista ajoväylistä ja turvallisuusnäkökulmat. Ajoneuvon maksiminopeus määrittää käytetäänkö sitä jalankulku- vai pyöräilyväylällä. Sähköpotkulaudat voivat myös tuoda ratkaisun viimeisen kilometrin ongelmaan, mutta niiden turvallisuuteen ja käyttöön liittyviin ongelmiin on keksittävä ratkaisuja.

3.3 Kestävän liikkumisen ohjauskeinot

Liikkumisen ohjauksen tavoitteena on kasvattaa kestävien liikkumismuotojen kulkutapaosuuksia. Liikkumisen ohjauksella saadaan kasvatettua kevyen liikenteen käyttäjien määrää. Liikennevirasto on jaotellut liikenteen ohjauksen eri toimenpiteet tiedolliseen ohjaukseen ja markkinointiin, sekä palveluiden käyttäjälähtöiseen kehittämiseen. Tiedollinen ohjaus ja markkinointi käsittää käyttäjille jaetun informaation ja neuvonnan. Näihin kuuluu esimerkiksi asiakaspalvelupisteet, sähköinen viestintä, älykkäät palvelut (esimerkiksi mobiilisovellukset), esitteet, oppaat, kartat ja tiedotteet. Palveluiden käyttäjälähtöiseen kehittämiseen taas kuuluu myynti-, vuokraus-, ja varauspalvelut, liikkumis- ja muiden palveluiden yhdistäminen, sekä organisointi- ja kehittämispalvelut liikkumisen palveluiden tarjoajalle. (Liikennevirasto 2012, s. 11) Myös taloudellisilla ohjauskeinoilla ja kaupunkirakenteen muutoksilla voidaan ohjata liikkumista. Tässä työssä esitellään tärkeimmät työmatkaliikenteeseen liittyvät liikkumisen ohjauskeinot, joihin on valittu kampanjat, verotus ja tuet, liikkumisen uudet palvelut sekä kaupunkirakenne.

3.3.1 Kampanjat ja liikkumisen ohjaus organisaatiossa

Pendelöintityömatkojen suhteen tärkeimmät liikkumisen ohjauksen keinot ovat työpaikkojen liikkumisen ohjaukseen liittyviä menettelyitä. Pohjalainen tutki liikkumisen ohjauksen vaikutuksia kulkutapaan vuonna 2016. Tutkimuksessa työpaikan liikkumisen ohjauksessa on erikseen eroteltu pehmeät ja kovat keinot. Pehmeät keinot perustuvat vapaaehtoisuuteen. Projekteissa keinoina käytettiin esimerkiksi neuvontaa, markkinointia, kampanjoita, kannustimia ja pyöräilyolosuhteiden parantamista. Erilaisilla kampanjoilla voidaan vaikuttaa kestävien kulkumuotojen kulkutapaosuuksiin. Kampanjalle määritellään tietty kohderyhmä, esimerkiksi tietyn työpaikan työntekijät tai koululaiset. Kampanjat voidaan kohdistaa esimerkiksi tiettyihin työorganisaatioihin tai kotitalouksiin. Työliikenteeseen liittyviä kampanjoita ovat esimerkiksi kampanjat, jotka kannustavat autoilijoita käyttämään joukkoliikennettä tai kulkemaan enemmän pyörällä tai kävellen. Kampanjoissa tärkeää on kunnollinen vaikutusten seuranta myös myöhemmin kampanjan loppumisen jälkeen. Pohjalainen on koonnut opinnäytetyössään kestävän liikenteen kampanjoita ja niiden tuloksia. Pehmeillä keinoilla saatiin yhteensä 15 eri projektissa keskimäärin noin 10 % vähenemä henkilöautoiluun. Vaihteluväli oli 2-34 %. Keinoina kampanjoissa oli esimerkiksi ilmaiset joukkoliikenneliput, kävelyn ja pyöräilyn terveysvaikutuksista ja käyttäytymisen muutoksen teoriasta informoiminen, kevyen liikenteen reiteistä informoiminen ja sosiaalitulojen parantaminen. Esimerkiksi Ruotsissa on järjestetty kampanjoita, joissa tarjottiin joukkoliikennelippuja autoilijoille. Kampanjoiden tuloksena henkilöautoilun kulkutapaosuus laski tutkimusten mukaan noin 15-50 %. Suurin vaikutus oli Halmstadissa tehdyllä kampanjalla, jossa autoilijoille tarjottiin joukkoliikennelippuja. Ennen kampanjaa 100 % kulki autolla, kun kampanjan päätyttyä autolla kulki 22,5 % ja kampanjan jälkeen 49,5 %. Muita kampanjoita oli esimerkiksi Turun ”Työbusseile!” – kampanja, jossa jaettiin ilmaisia kuukausikortteja bussiliikenteeseen työmatka-autoilijoille. Kampanjan vaikutuksesta 65 % jatkoi bussin käyttöä kampanjan jälkeen. (MaxEva 2011) (Pohjalainen 2016, s.42) Myös työpyöräilykampanjoilla on ollut hyviä vaikutuksia. Aikuisille on annettu pyöräilyopetusta, informoitu pyörien säilyttämisestä ja turvallisuudesta ja tarjottu korvauksia matkapäiväkirjojen käytöstä, joilla on kuvattu auton käyttämättömyydestä aiheutuvia säästöjä. Iso-Britanniassa tehdyssä kampanjassa järjestettiin kilpailu työnantajille, kenen työntekijät suorittavat eniten pyöräilykertoja 2-3 viikon jaksolla. Kampanjan tuloksena satunnaisista pyöräilijöistä 31 % pyöräili säännöllisesti, kun asiasta tiedusteltiin kolme kuukautta kisan jälkeen. (Sally et al. 2011, s. 12) Iso-Britanniassa tehtiin myös aikuisten kävelykampanja, jossa työorganisaatioissa jaettiin infopaketteja esimerkiksi käyttäytymisen muutoksen teoriasta ja kevyen liikenteen reiteistä. Lisäksi jaet-

tiin aktiivisuuspäiväkirjoja ja tietoja etäisyyksistä julkisen liikenteen asemille. Loppukyselyn perusteella kävelyn määrä kaksinkertaistui kohderyhmässä kuuden kuukauden jälkeen. (Scally et al. 2011, s. 38)

Osassa kampanjoista käytettiin myös kovia keinoja, kuten pysäköintipaikkojen vähentämistä tai parkkipaikkojen hinnan korottamista. 13 projektissa käytettiin myös pysäköintiin vaikuttavia toimenpiteitä, kuten pysäköintipaikkojen vähentämistä tai parkkipaikkojen hintojen korottamista. Näissä projekteissa keskimääräinen henkilöautoilun vähenemä oli noin 12 %. Vaihteluväli oli 4-38 %. (Pohjalainen 2016) Kovat keinot eivät siis tehneet suurta eroa projektien vaikuttavuuteen, vaikka pysäköinnin rajoittamisella päästiin parempiin tuloksiin. Se ei kuitenkaan ole henkilöautoilun vähentämisen kannalta välttämätöntä. Myös kouluihin, esimerkiksi lukioihin, suunnatut toimenpiteet ovat varteenotettavia, sillä tässä työssä käsitellään liityntäliikenteen ympäristöpäästöjä vuonna 2030, joten nykyajan opiskelijat ja koululaiset ovat tulevaisuuden työmatkojen tekijöitä. Kevyen liikenteen väylien turvallisuus on suuressa osassa. Yleinen huoli vanhemmilla on, ettei koulumatka kevyen liikenteen menetelmillä ole tarpeeksi turvallinen, jolloin turvaudutaan henkilöautoon. Nuorilla koululaisilla ei ole vielä vahvoja asenteita eri kulkutapamuotoihin, jonka vuoksi heihin on helpompi vaikuttaa erilaisilla kampanjoilla ja koulutuksella. Kuitenkin koululaisten vanhemmilla on suuri rooli asennekasvatuksessa. Suomessa toteutettuja projekteja on vähän, eikä riittävää vaikutusten arviointia kulkutapaosuuksiin ole tehty. Lohjan tulevasta kestävästä liikenteen projekteista olisikin hyvä tehdä laadukasta vaikutusten seuranta. Tämä hyödyttäisi muiden kaupunkien ja kuntien kestävien kulkutapaosuuksien kasvattamista tulevaisuudessa.

Kävelyn ja pyöräilyn edistämishojelman mukaan parhaimmat tulokset kävelyn ja pyöräilyn edistämisessä kuntatasolla saadaan, kun tehdään yhteistyötä eri sektoreiden, esimerkiksi liikenne-, ympäristö- ja terveyssektoreiden kesken. Kävelyn ja pyöräilyn edistämisen tulisi näkyä jo kuntien tehtävien kuvauksissa ja kevyen liikenteen edistämislle olisi hyvä olla vastuuhenkilöt ja resurssit hallinnon eri tasoilla. Nämä huolehtivat esimerkiksi kuntien omien edistämishojelmien ja suunnitelmien laatimisesta ja toteutumisesta ja huolehtivat sektoriyhteistyöstä ja yhteyksistä esimerkiksi pyöräjärjestöihin. (Jääskeläinen 2018, s. 15) Esimerkiksi Hollannissa tehdyn tutkimuksen mukaan pyöräilyn lisääminen liityntäliikennemuotona vaatii aktiivista työtä asian eteen ja oikeanlaista tiedotusta. Vaikka turvallisia pyöräilyreittejä oli olemassa, matkustajat eivät käyttäneet niitä ennen pyöräparkkitojen rakentamista ja aktiivista tiedotusta. (Martens 2007) Pyöräilyä liityntäliikennemuotoina voi lisätä yksinkertaisilla toimenpiteillä, kuten tarjoamalla laadukkaita ja houkuttelevia pyöräpysäköintitoja ja tiedottamalla niistä aktiivisesti. Kävelyn ja pyöräilyn määrien kehittymistä voidaan seurata kunnan tai maakunnan pyöräilykatsauksella.

3.3.2 Verotus ja tuet

Liikkumista voidaan ohjata myös verotuksella ja erilaisilla kestävän liikkumisen tuilla. Suurin osa näistä määrätään valtiotasolla, mutta ne on hyvä ottaa huomioon kunnan liikkumisen suunnittelussa. Verotukseen liittyvät esimerkiksi autovero ja ajoneuvovero, joilla voidaan ohjata valitsemaan vähäpäästöisempiä henkilöautoja, ja erilaiset verovähennykset. Uudesta henkilöautosta maksetaan autoveroa, jonka suuruus määräytyy auton polttoaineenkulutusta vastaavan hiilidioksidipäästön perusteella (Ajoneuvoverolaki, 30.12.2003/1281, 2003). Autoja on verotettu hiilidioksidipäästöjen mukaisesti vuodesta 2008 asti. Hiilidioksidipäästöihin perustuvalla verotuksella voidaan ohjata kuluttajia valitsemaan vähäpäästöisempiä ja myös vähemmän kuluttavia autoja. Verotuksella on saatu nopeasti pienenennettyä vähäpäästöisten henkilöautojen päästöjä. Keskimääräinen uusien autojen hiilidioksidipäästö oli 177,4 g/km vuonna 2007 ja vuonna 2017 enää 118,8 g/km (Traficom & Verohallinto 2019). Ongelmana ensirekisteröinnin yhteydessä kerättävässä verossa on kuitenkin se, että se nostaa autojen pääoma-arvoa ja lisää autokannan ikääntymistä Suomessa. Autokannan uusiutumisen edistämiseksi voisi olla hyvä siirtää verotuksen painopiste auton hankinnasta käytön verotukseen. Henkilöautoista peritään myös ajoneuvoveroa, joka koostuu perusverosta ja käyttövoimaverosta. Ajoneuvoveroa peritään vuosittain. Perusveron määrä määräytyy hiilidioksidipäästön perusteella, jos auto on otettu käyttöön vuonna 2008 tai sen jälkeen. Muulloin perusvero määräytyy ajoneuvon kokonaismassan perusteella. Käyttövoimaveroa peritään muista kuin moottoribensiiniä käyttävistä autoista. Käyttövoimaveron tarkoituksena on tasoittaa eri tavoin verotettuja henkilöautojen käyttökustannuksia. (Ajoneuvoverolaki, 30.12.2003/1281, 2003) Liikenne- ja viestintäministeriö esittää myös polttoaineveron nostoa, missä fossiilisten liikennepolttoaineiden verotusta kiristettäisiin vuosina 2020-2044. Tämä tekisi fossiilisilla polttoaineilla ajamisesta vähemmän kannattavaa ja kannustaisi muiden energiamuotojen tuottamiseen ja käyttöön.

Myös asunnon ja työpaikan välisen matkan verovähennysoikeuden nykyinen muoto vaikuttaa työmatkan pituuteen ja työntekijän kulkutapavalintaan. Vähennysoikeus on suurin henkilöautolle, sillä se lasketaan kilometreihin pohjautuen. Tämä kannustaa matkustamaan pidemmät työmatkat henkilöautolla. Pyöräilijän verovähennysoikeus taas on vuosittainen kiinteä summa. Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelmassa mainitaan, että Suomen ympäristökeskus on esittänyt kodin ja työpaikan välisten matkojen verovähennykselle uutta mallia. Mallissa vähennys määräytyisi suoraan asunnon ja työpaikan välisen

etäisyyden perusteella riippumatta kulkutavasta. Tämä lisäisi pyöräilyn ja joukkoliikenteen houkuttelevuutta. (Jääskeläinen 2018, s. 37) Pyöräilyyn liittyviä kustannuksia olisi myös hyvä pystyä vähentämään ansiotuloverotuksessa. Hiiletön liikenne 2045 – raportissa otetaan esille myös mahdollisuudet tiemaksuihin. Veroperusteisilla tiemaksuilla voidaan ohjata liikkumista joukkoliikenteeseen ja kestäviin liikkumismuotoihin. Raportissa ehdotetaan myös lisärahoitusta kestävä liikumisen kehittämiseen niillä kaupunkiseuduilla, jotka ottavat tiemaksut käyttöönsä. Lohjan joukkoliikennelinjan toteutuessa tiemaksut voisivat olla yksi keino houkuttaa ihmisiä joukkoliikenteen, jaettujen kyytien ja muiden kestävien liikkumismuotojen käyttöön. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b, s. 32)

Yksi tärkeimmistä hiilidioksidipäästöjen vähentämiskeinoista on autokannan uusiutumisen edistäminen. Autokannan uudistuminen parantaa myös liikenneturvallisuutta ja edistää vaihtoehtoisten käyttövoimien yleistymistä liikenteessä. Autokannan uusiutumisen edistämiseksi asetettiin vuonna 2018 laki, joka edistää vanhojen henkilöautojen käytöstä poistoa tai niiden muuntamista vähäpäästöisemmäksi. Tukien myöntämisestä vastaa Tafi. Laissa on määrätty henkilöautojen romutuspalkkiosta, sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöisiksi muuntamisen tuesta. Romutuspalkkion edellytyksenä on, että uuden vähäpäästöisen auton ostaja vie vähintään 10 vuotta vanhan omistuksessaan olevan auton romutettavaksi lailliseen kierrätyspisteeseen. Romutuspalkkio on tarkoitettu avustamaan uuden henkilöauton hankintaa. Romutuspalkkion ehtona on, että hankittavan uuden auton käyttövoimana on kokonaan tai toisena käyttövoimana korkeaseosetanoli, sähkö tai metaani. Romutuspalkkion voi saada myös, jos hankittavan auton hiilidioksidipäästöt ovat enintään 110 g/km. (Laki henkilöautojen romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöisiksi muuntamisen tuesta 971/2017, 2017) Hankintatukea voidaan myöntää henkilölle, joka ostaa tai sitoutuu vuokraamaan vähintään kolmeksi vuodeksi täyssähkökäyttöisen henkilöauton. Auton kokonaishinta saa olla enintään 50 000 euroa. Hankintatukea ei voi saada muille käyttövoimille. Kuitenkin henkilöauton muuntamiseen kaasu- tai etanolikäyttöiseksi voi saada muuntotukea. Muuntotukea voi hakea henkilöautolle, jonka ainoa tai toinen käyttövoima konversion jälkeen on kaasu tai jos auton käyttövoimaksi soveltuu myös korkeaseosetanoli. Hankintatuet ovat voimassa vuoden 2021 loppuun saakka. Hankintatukea ja romutuspalkkiota ei voi saada yhtäaikaaisesti. Kunta voi kannustaa ja tiedottaa mahdollisuuksista hankinta- ja konversiotukiin ja näin edesauttaa autokannan muuttumista kestävämmäksi.

Autot eivät ole ainoita ajoneuvoja, joihin voisi olla mahdollista antaa tukea. Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelman mukaan esimerkiksi Norjassa ja Ruotsissa on jo otettu käyttöön sähköpyörien hankintatukia (Jääskeläinen 2018, s. 38). Myös Suomessa asiaa harjittiin vuonna 2018, mutta asian käsittely keskeytettiin suuren vastustuksen vuoksi. Tarkoituksena oli laajentaa määräaikaista vähäpäästöisten autojen hankintatukea koskemaan myös sähköpyöriä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018a) Hankintatuet kannustaisivat liikkujia hankkimaan sähköpyörän ja lisäksi ihmisten kiinnostusta sähköpyöriin ja pyöräilyyn. Kaikki tuet eivät tällä hetkellä tue kestäviä liikennemuotoja. Yksi merkittävimmistä työmatkaliikenteeseen vaikuttavista tuista on työnantajan tarjoama vapaa pysäköintietu. Pysäköintietu voi olla rahallisesti hyvin arvokas, eikä sitä määritellä verotuksessa, jolloin sen rooli henkilöautoilun tukemisessa on suuri. Pysäköintitukien poistaminen houkuttelisi autoilijat vaihtamaan kulkutapaansa kestävämpiin liikennemuotoihin. (Jääskeläinen 2018, s. 38) Vaihtoehtoisesti yhteiskäyttöautoille ja muille jaetuille liikennevälineille voisi kehittää pysäköintietuuksia, joka kannustaa kestävien ajoneuvojen käyttämiseen. Hallitus edistää myös vaihtoehtoisten liikennepolttoaineiden käyttöä tuemalla niiden lataus- ja jakelujärjestelmien rakentamista. Tämä koskee esimerkiksi kaasutankkausasemia sekä sähköisen joukkoliikenteen ja sähköautojen latausjärjestelmiä. Hiiletön liikenne 2045 – raportti suosittelee jakeluinfran tukemisen jatkamista myös vuosina 2020-2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b, s. 39).

3.3.3 Kaupunkirakenne

Yhdyskuntarakenteella on suuri rooli kävelyn ja pyöräilyn edistämisessä. Kunnissa on otettava huomioon kävely ja pyöräily kaikilla kaavatasoilla maakuntakaavoista yleis- ja asemakaavatasolle. Tärkeintä on varmistaa eri palveluiden kohtuulliset välimatkat. Jotta suurempi osa pendelöintimatkoista tehtäisiin vastaisuudessa kestäville kulkutavoilla, on etäisyyksien kodista rautatieasemalle tai mahdolliselle joukkoliikenteen bussilinjalle oltava lyhyitä. Asemanseutujen potentiaalin hyödyntämiseksi asumisen, työpaikkojen ja palveluiden sijoittumiseen täytyy kiinnittää huomiota. Myös työpaikan päässä oleva matka rautatieasemalta työpaikalle on oltava kohtuullinen, jotta työntekijä valitsee kulkutavakseen junan henkilöauton sijaan. Asuinalueita täytyy siis sijoittaa niin, että mahdollisimman monella olisi mahdollisuus käyttää junaa tai asemalle vievää bussilinjaa. Kevyen liikenteen väylät ja pyöräpysäköinti on otettava huomioon maankäytössä ja asumisen ja liikenteen sopimuksissa. Yhdyskuntarakenteessa tavoitteena on tehdä kävely- ja pyöräilyreiteistä houkuttelevia, turvallisia ja esteettömiä.

Työmatkaliikenteessä tärkeää on nopea ja saumaton yhteysverkko rautatieasemalle. Pääpyöräreittiverkoston saavutettavuus on oltava kilpailukykyinen verrattuna henkilöautoon. Muut pyöräyhteudet täydentävät pääverkostoa. Kävely- ja pyörätiet on hyvä erottaa toisistaan ja epäjatkuvuuskohtiin, risteyksiin ja kiertoliittymiin on kiinnitettävä erityistä huomiota. Väylistä on myös pidettävä huolta ja varsinkin väylien puutteellinen tarvihoito voi olla rajoittavana tekijänä pyöräilyn harrastamisessa. Väylien kunnosta on kerättävä reaaliaikaista tietoa ja liikkujien on saatava helposti tietoa kunnossa olevista reiteistä. Tiedotus on tärkeää, jotta liikkujat löytävät käyttöönsä myös uudet kevyen liikenteen väylät.

Pyöräpysäköinnillä on suuri merkitys pyöräilyn houkuttelevuuteen liityntäliikennetapana. Pysäköinnin on oltava optimaalisesti sijoitettu varsinkin asema-alueelle, mutta myös tärkeimpien palvelujen, työpaikkojen alueelle ja asuinalueille. Pyöräpysäköinnissä iso haaste on pyörien turvallisuuden takaaminen. Kävelyn ja pyöräilyn edistämissuunnitelmassa mainitaan, että uusissa pyöräpysäköintipaikoissa pyritään käyttämään runkoluokittavia pyörätelineitä. Pyöräpysäköintitilat voivat olla myös katettuja tai sisätiloihin rakennettuja paikkoja. Pyöräpysäköinnistä on huolehdittava sekä matkan alku- ja loppupäässä. Myös kunnolliset sosiaalitilat työpaikoilla ja kouluissa lisäävät pyöräilyn houkuttelevuutta. (Jääskeläinen 2018, s. 26)

Liikennetutkimuskeskus Vernen mukaan keskustan liikennejärjestelmässä tulisi priorisoida ensin kävelijöitä ja sitten pyöräilijöitä. Kevyen liikenteen jälkeen olisi panostettava julkisen liikenteen toimivuuteen ja vasta sitten henkilöautoliikenteeseen. Näin kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen käyttöaste kasvaa, ja keskusta-alueesta tulee viihtyisämpi ja turvallisempi. (Vaismaa et al. 2011, s.15) Perinteisessä liikenteen suunnittelussa on keskitytty vain vähentämään liikkumiseen kuluvaa aikaa. Kuitenkin liikenteen päästöjen alentamiseksi tarkasteltava parametri tulisi olla liikenteen kestävyys, jossa priorisoidaan kävelyä ja pyöräilyä ja jätetään yksityisauto toissijaiseksi (Banister 2007, s. 74). Kevyeen liikenteeseen panostetaan investoimalla laadukkaasiin pyöräily- ja kävelyväyliin, sekä sopiviin kohtiin sijoitettuihin pyöräpysäköintipaikkoihin. Priorisointi näkyy esimerkiksi siinä, että osa ennen autoille tarkoitetuista parkkipaikoista kohdennetaan pyöräpysäköintiin.

Kaupunkirakenne vaikuttaa suuresti liikenteen toteutumiseen. WSP Finland tutki vuonna 2017 käyttäjälähtöistä joukkoliikennettä ja teki myös huomioita kaupunkirakenteen vaikutuksesta liikenteen toteutumiseen. Raportin mukaan korkean asukastiheyden ja sekoitettun maankäytön avulla voidaan ylläpitää lyhyet etäisyydet matkojen lähtö- ja määränpäiden välillä, sekä parantaa joukkoliikenteen kannattavuutta, kun kaluston täyttökapasiteetti saadaan pysymään suurempana. Matalat asukastiheydet ja liian keskitetyt toi-

minnot lisäävät matkojen pituutta ja kasvattavat henkilöautojen kulkutapaosuutta. Joukkoliikenteen ruuhkautuminen tiettyyn aikaan päivästä saattaa johtaa henkilöauton valitsemiseen. Raportissa tärkeimmät havainnot joukkoliikenteen kehittämisen kannalta olivat nauhamaisen kaupunkirakenteen suosiminen, lyhyet kävely- ja pyöräilymatkat pysäkeille ja joukkoliikenteen runkolinjat, jotka liittävät tiheät alueet toisiinsa. Työpaikkakeskittymät on hyvä sijoittaa joukkoliikennereittien varrelle. Jos joukkoliikennelinjasto on yksinkertaistettu, vuoroväli tarpeeksi tiheä ja aikataulut täsmällisiä, käyttäjät todennäköisemmin valitsevat joukkoliikenteen henkilöautoilun sijasta. (Vaismaa et al. 2017)

Joukkoliikenteen priorisointi on tärkeää ympäristöpäästöjen vähentämisen kannalta. Joukkoliikenteen linjat on hyvä suunnitella kulkemaan suoraan omilla väylillä tärkeiden asuinalueiden ja keskustan välillä. Jotta joukkoliikenne ja koko matkaketju olisi kilpailukykyinen autoliikenteen kanssa, voidaan autoilijat maankäytöllisesti ohjata kiertoreiteille. Autolla pitää kuitenkin päästä helposti liityntäpysäköintipaikkoihin, josta on helppo vaihtaa joukkoliikennevälineeseen, ja sen täytyy olla ajallisesti kannattavaa. Laadukas joukkoliikennejärjestelmä kasvattaa asuinalueiden houkuttelevuutta ja parantaa alueiden kasvua. Kiinteistöjen ja maan arvo on huomattavasti korkeampi joukkoliikenteen reittien ja liikenneasemien varrella. Uutta liikenneinfraa suunnitellessa tulisi ottaa huomioon myös tulevaisuuden jaettu automaattiliikenne.

3.3.4 Kestävän liikenteen ratkaisut maailmalla

Freiburg rakensi jo vuonna 1999 rautatieaseman läheisyyteen Mobile-liikkumiskeskuksen, jossa on pyöräpysäköintitila, sekä pyörien vuokraus- ja korjauspalvelut. Freiburgin joukkoliikennelippu on brändätty ”ympäristölippu”-nimellä, jonka turistit saavat ilmaiseksi vierailun ajaksi. Jo 1970-luvulla Freiburgin kadut muutettiin kävelykaduiksi ja noin yhden neliökilometrin kokoinen kaupungin keskusta kävelykeskustaksi. Freiburgin joukkoliikenteen hintaa alennettiin, joka sai käyttäjämäärät kaksinkertaistumaan kymmenen vuoden aikana 1980-luvun jälkeen. (Vaismaa et al. 2011, s. 25)

Karlstadin kaupunki Ruotsissa on hyvä esimerkki länsimaisesta kaupungista, jossa joukkoliikenne kehittyy jatkuvasti. Karlstad sijaitsee Vänernin pohjoisrannalla Klarjoen suistossa. Kuten Lohjalla myös Karlstadissa vesistöt ovat tärkeitä elementtejä. Karlstadin kaupungin keskustassa asuu noin 60 000 asukasta. Yhteensä Karlstadin kunnassa on noin 90 000 asukasta. Maaliikenneyhteyksiä kaupungista on rautatien ja E18-moottorien kautta esimerkiksi Tukholmaan. Jee-projektin selvityksen mukaan Karlstadissa kaupunginvaltuustossa panostetaan joukkoliikenteen kehittämiseen, ja viime vuosina on esimerkiksi muutettu 17 joukkoliikennelinjaa 8 runkolinjaksi. Joukkoliikenteen nopeutumisen ja

selkeytymisen vuoksi matkustajamäärät ovat kasvaneet 65 % viimeisten kymmenen vuoden aikana. (Vaismaa et al. 2017) Karlstad on suurempi kaupunki kuin Lohja, mutta sen joukkoliikenteessä on samantapaisia ongelmia kuin Lohjalla, sillä joukkoliikennekeskittymät, esimerkiksi rautatieasema ja linja-autoasema, sijaitsevat toisistaan erillään, jolloin liittyminen pitkän matkan liikenteestä kaupunkiliikenteeseen ei ole sujuvaa. Jee-projektin raportin mukaan Karlstadissa ongelman ratkaisemiseksi on suunniteltu matkakeskuksen uudelleen rakentamista, jolloin linja-autoasema liitettäisiin rautatieaseman yhteyteen. Tämä pitkän matkan terminaaliliikenteeseen liitettäisiin kaupunkiliikenteen pääterminaaliin, jolloin matkakeskuksen hubin kautta on helppo liikkua kaupunkiliikenteen hubiin. (Vaismaa et al. 2017)

Troyesissa, Ranskassa on samantapaisia ongelmia kuin Lohjalla kaupungin reuna-alueiden joukkoliikenteen järjestämiseksi. Torvilliersin kaupungissa on ratkaisuksi kokeiltu kutsujoukkoliikennettä. Kokemuksien mukaan palvelulla oli paljon käyttäjiä ja kustannukset matalat, ja kokeiluja jatketaan tulevaisuudessa. Myös kimppakyytipalvelut ovat suosittuja ja niihin Ranskan valtio antaa erityistä tukea. (Vaismaa et al. 2017)

Utrechtissä kaupunki on jaettu joukkoliikenteen järjestämisen kannalta eritasoisin alueisiin. A-alueella etusijalla on jalankulku ja pyöräily laadukkaana joukkoliikenteen ohessa. Henkilöautoilu on ohjattu keskustaa kiertävälle kehätielle. B-alueella kaikki kulkumuodot otetaan huomioon liikenteen suunnittelussa ja ne ovat keskenään samanarvoisia. C-alueella joukkoliikenteen järjestämiseen ei panosteta, ellei sitä voida järjestää kustannustehokkaasti. (Vaismaa et al. 2017)

Alankomaissa laadittiin jo vuonna 1992 koko maan laajuinen ohjelma ”Bicycle Master Plan” pyöräilyn edistämiseksi. Ohjelmassa oli yhteensä 112 projektia, joista 24 keskittyi pyöräilyn ja joukkoliikenteen yhdistämiseen. Projekteissa kehitettiin esimerkiksi rautatieasemien ja tärkeiden bussipysäkkien pyöräpysäköintitiloja, kokeiltiin yhdistää leasingpyöriä ja joukkoliikennettä samaan liikennepakettiin ja tarjottiin ”joukkoliikennepyöriä” eli vuokrattavia yhteiskäyttöpyöriä. Alankomaat on erityinen tapaus pyöräilyn kannalta, sillä maassa on laaja pyöräilyverkosto sekä hyvin korkea pyörän käyttöaste. Alankomaiden projekteista kannattaa ottaa oppia varsinkin, jos pyöräilyinfrastruktuuri on vielä kehittymätön ja pyöräilyn käyttöaste on matala. (Martens 2007)

Juna-asemilla tehtyjen pyöräparkkien kehitysprojektit johtivat palvelun tyytyväisyyden kasvuun ja parkkeerattujen pyörien kasvuun asemilla. Tämä näkyi kyselyn tuloksissa, jossa 11 % vastanneista arvioi, että pyöräparkkien parannukset vaikuttivat siihen, että he pyöräilivät useammin asemalle. Alankomaissa otettiin käyttöön ”Space for Bicycle”

– projekti, jonka periaatteiden avulla pyritään lisäämään pyöräilyn houkuttelevuutta. Pyöräpysäköintitilojen on oltava käytettävissä vakituisille ja satunnaisille junamatkustajille kaiken aikaa ja kaikilla asemilla on oltava sekoitus turvallisia pyörälokeroita ja tavallisia pyöräparkkeja. Maksimikävelyetäisyys turvallisen pyöräparkin ja aseman välillä saa olla enintään 200 metriä ja parkkialueiden on oltava näkyviä vilkasliikenteisille alueille, jotta varastelu ja ilkivalta saadaan minimoitua. Toinen huomio oli asemille parkkeerattujen pyörien määrän kasvu. (Martens 2007) Toisessa projektissa parannettiin työpaikkojen pyöräpysäköintiä, joka johti myös pieneen siirtymään auton käytöstä pyörään ja joukko-liikenteeseen (Wardman et al. 16.7.2019) Myös pienemmät projektit, jotka keskittyivät pyöräilyn ja bussin käytön yhdistämiseen johtivat pyörän ja bussin käytön lisääntymiseen. Projekteissa rakennettiin kunnollisia pyöräparkkeja bussipysäkeille. Yhdessä tutkimuksessa pyörän ja bussin käyttäjät lisääntyivät viidellä seitsemästä bussipysäkistä. Bussimatkustajien määrä nousi 1368 matkustajasta 1718 matkustajaan ja pyörällä bussipysäkeille ajavien määrä 520 matkustajasta 618:aan. (Janse & van Bremen 1995, Martens 2006 mukaan) Nämä kokeilut kasvattivat pyöräilyn osuutta, mutta kuitenkin lähinnä kävelyn kustannuksella. Joissain tapauksissa projektit kasvattivat bussilla kulkevien määrää ja bussilinjojen ja pyöräparkkien ahkera mainostaminen houkutteli myös uudenlaisia matkustajia bussinkäyttäjiksi. Lukittujen pyörälokeroiden käyttö bussipysäkeillä oli yleensä vähäistä. Tähän saattaa vaikuttaa se, että suurin osa matkustajista on opiskelijoita, ja lokeroiden hinta on melko kallis verrattuna matkaan käytetyn pyörän arvoon. (Martens 2007) Myös pyöräpysäköinnin etäisyydellä bussipysäkistä huomattiin olevan merkitystä, sillä yhdessä tapauksessa yli puolet jätti pyöränsä pyöräparkin sijasta bussipysäkin äärelle, kun etäisyys parkin ja pysäkin välillä oli 100 metriä. Pyöräpysäkkien sijaintia on siis mietittävä tarkkaan, jotta se olisi mahdollisimman houkutteleva. Myöskään leasing-pyöräilyprojektit eivät onnistuneet, sillä työnantajat tai työntekijät eivät olleet kiinnostuneita käyttämään leasing-pyöräsopimuksia työmatkoihin (Ministeri van Verkeer and Waterstaat, 1997, p. 114). Myöskin toisessa Hollannissa toteutetussa projektissa yhdistettiin leasing-pyörät ja joukkoliikennepalvelut samaan pakettiin, jota tarjottiin työntekijöille. Pakettiin kuului turvattu pyöräparkki, bussiliput sekä vuokrapyörä loppupään matkalle 500-650 euron vuosihintaan. Projekti keskeytettiin vähäisen kysynnän vuoksi. Mahdollisia syitä projektin epäonnistumiselle on paketin kallis hinta, auton tarve työtehtävissä, monimutkainen systeemi tai bussiaikataulujen sopimattomuus. Tällaiselle palvelulle kuitenkin voisi olla kysyntää liikennepalveluiden yhdistyessä saman sovelluksen alle, ympäristötietouden lisääntyessä sekä järkevällä hinnoittelulla. Toimivia projekteja olivat juna-asemille luodut vuokrapyöräjärjestelmät. Joustavien yhteiskäyttöpyörien vuokraus juna-asemilla johti vähäiseen auton käytön vähenemiseen, junamatkojen li-

sääntymiseen ja pyörän käytön lisääntymiseen varsinkin satunnaisilla matkoilla ja matkan loppupäässä. Kuukausimaksulla vuokrattavia pyöriä käytettiin matkaketjun loppupään matkoihin ja se loi myös pienen lisäyksen junamatkustajien määriin. 15 % tutkimuksen kyselyyn vastanneista arvioi, että pyörän ja junamatkat yhdistävä kombinaatio on korvannut autolla tehtyjä matkoja. (Martens 2007)

Göteborgissa on rakennettu Park & Ride – alueita sisääntuloväylien varten. Rampit johtavat moottoriteiltä suoraan autopysäköintiin, joka pystyttäisiin toteuttamaan myös Lohjalla. Pysäköintialueilta voidaan liittyä bussiliikenteeseen tai kevyen liikenteen väylille. Keskustan autoliikenteeseen on haettu muutosta ruuhkamaksujen avulla. Göteborgissa on kokeiltu myös sähköbussia. Sähköbussin hyöty on sen päästöttömyys, jolloin bussi voi ajaa terminaalin sisään. Myös bussin latausjärjestelmät ovat sisätiloissa bussin päätepysäkeillä, jolloin latausjärjestelmät eivät ole säälle alttiina ja myös bussin odotustilat ovat sisätiloissa. Myös Readingin alueella on Park & Ride -alueita, joilta on nopeat bus-silinjat keskusta. Pysäköiminen Park & Ride alueilla on ilmaista, mutta joukkoliikenne-lippu on maksullinen. (Vaismaa et al. 2017)

3.4 Tulevaisuuden liikkumisen trendit

3.4.1 MaaS (Mobility as a Service)

Tulevaisuudessa liikkumista ajatellaan yhä enemmän palveluna. Mobility as a Service (MaaS) tarkoittaa kokonaisuutta, jossa kuluttajat voivat ostaa tarpeidensa mukaan räätälöityjä liikkumispalveluja. Näihin palveluihin kuuluu esimerkiksi joukkoliikenne-, autoilu- ja pyöräilypalvelut. Kustannusten jako perustuu clearingiin eli eri kulkumuotojen keskinäisselvitykseen, jonka perusteella muodostetaan käyttäjälle esim. kuukausihintainen liikkumispaketti. (ITS Finland) Liikenteen digitalisaatio tulee vähentämään liikenteestä aiheutuvia ruuhkia ja päästöjä, kun kulkuneuvojen käyttö saadaan hyödynnettyä ajallisesti paremmin, jolloin ei oltaisi enää tilanteessa, joissa liikenteessä on paljon tyhjiä paikkoja ajoneuvoissa tai ajoneuvot eivät seisoisi pitkiä aikoja käyttämättöminä parkkipaikalla. Digitalisaation avulla parkkitilaa saataisiin vapautettua esimerkiksi virkistysalueiksi.

Palveluajattelussa keskiössä ovat uudenlaiset liikkumisen operaattorit. Nämä operaattorit kokoavat liikkumispalvelut yhteen paikkaan, ja yhdistelevät asiakkaan valintojen perusteella tarvittavat liikkumispalvelut yhteen pakettiin, josta asiakas saa tarjouksen. Tässä voidaan hyödyntää esimerkiksi erilaisia mobiilisovelluksia. Haasteena operaattoreilla on se, että uusia liikenteen palveluntarjoajia tulee jatkuvasti lisää ja ne on saatava

saman operaattorin alle. Operaattoritoiminta kuitenkin helpottaa esimerkiksi uusien liikkumispalveluiden löytämistä. Operaattorit helpottavat erilaisten matkaketjujen luomista. Liikkumisoperaattoreiden avulla voidaan luoda palveluyhdistelmiä, joihin kuuluu esimerkiksi pyörän, joukkoliikenteen ja vuokra-auton yhdistäminen. Tästä yhdistelmästä asiakas saisi vain yhden kokonaishinnan ja lipun, jolloin sopivan matkaketjun luominen olisi helppoa ja saumatonta ja ympäristöystävällisten vaihtoehtojen etsiminen olisi helpompaa. Liikkumisoperaattorit myös vähentävät tarvetta oman auton omistamiselle. Käytännössä operaattoriin laitetaan matkan alkupiste ja määränpää, jolloin mobiilisovellus tarjoaa eri vaihtoehdot matkan tekemiselle. Mobiilisovelluksessa voisi olla myös matkan aiheuttamat ympäristöpäästöt, jolloin kuluttajan olisi helppoa valita ympäristöystävällisin matkustusmuoto. Kuukausipaketeissa voisi myös olla esimerkiksi vuokra-auton käyttöön tietty kilometrimäärä kuukaudessa ja vapaa käyttö julkiselle liikenteelle kotikaupungissa. Operaattorin avulla kuluttajien on myös helpompaa saada ajankohtaista tietoa palveluiden laadusta, jos operaattorissa on mahdollisuus liikennejärjestelmän arviointiin. Tämä lisää myös matkustamisen turvallisuutta.

Jotta liikkumispalveluiden yhdistäminen liikkumisoperaattorin alle olisi mahdollista, nykyisten liikennetarjoajien täytyy tarjota avointa dataa esimerkiksi aikatauluista, liikkumisvälineiden sijainnista ja maksujärjestelmistä. Liikenneoperaattorit hyödyttävät myös palveluntarjoajia, kun asiakkaiden huomio on helpompaa kiinnittää ja voidaan käyttää vähemmän aikaa markkinointiin ja enemmän aikaa palvelun laadun parantamiseen. Tärkeää liikenneoperaattorissa on mahdollisuus mobiilimaksamiseen. Erilaisia liikkumisoperaattorin alla olevia palveluja voisi olla esimerkiksi julkinen liikenne, kuten bussit ja junat, taksiliikenne, kutsujoukkoliikenne ja vuokra-autot. Lisäksi operaattorin alle voidaan laittaa myös pysäköintimaksut, kaupunkipyörät, kimppakyydit ja kutsujoukkoliikenne. Muita tulevaisuuden palveluja voisi olla myös esimerkiksi ruokailujen kuten aamupalan tai ravintolapöytävarauksen tekeminen samalla sovelluksella.

Liikenne palveluna ajaa uudenlaista ajattelutapaa, missä keskitytään ympäristöystävälliseen jakamistalouteen. Jakamistalous vähentää myös oman auton tuomia ongelmia, kuten auton huoltoon liittyviä asioita. MaaS luo tulevaisuudessa maailmalle paljon uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja työpaikkoja, jossa Suomella on mahdollisuus toimia edelläkävijänä. Operaattoreiden avulla myös syrjäseutujen liikennöinti voidaan saada toimimaan paremmin esimerkiksi kutsuliikenteen avulla. Toinen tärkeä kohderyhmä on turistit, joiden on tärkeää löytää sopivin liikkumismuoto uudessa paikassa helposti ja nopeasti. Operaattorin avulla liikennepalvelut voitaisiin yhdistää myös esimerkiksi hotellivarausten hintaan.

Digitalisaatiota voidaan hyödyntää myös kävelyn ja pyöräilyn lisäämisessä. Kaupunkipyöräjärjestelmien mukaan ottaminen matkaketjusovelluksiin tekee kaupunkipyörän käytöstä helpompaa. Mobiilisovellukseen voisi yhdistää myös reittioppaat, jolloin saisi helposti selville eri kulkumuotojen mahdollisuudet eri reiteille. Opas voisi näyttää myös matkaan menevän ajan, kustannukset ja sen lisäksi terveys- ja ympäristövaikutukset. Oppaisiin voisi yhdistää myös kävelystä- ja pyöräilystä tiedottamisen, eli kertoa esimerkiksi uusista hankkeista tai kulkumuotojakauman kehityksestä. Henkilöautoilun ympäristövaikutusten tekeminen näkyvämmäksi lisää tietoisuutta ja auttaa tekemään ympäristön ja terveyden kannalta parempia valintoja. Lohjan kannattaa tukea ja kannustaa mahdollisuuksien mukaan kävelyyn ja pyöräilyyn liittyvien liikkumispalveluiden kehittämistä.

3.4.2 Autonomiset ajoneuvot ja jakamistalous

Jaettujen sähköisten ajoneuvojen yleistyminen olisi yksi tapa vähentää henkilöautoilun hiilidioksidipäästöjä. Tällaisia ajoneuvoja ovat esimerkiksi yhteiskäyttöautot. Yhteiskäyttöautolla tarkoitetaan autoa, joka on useiden asiakkaiden käytettävissä ja josta käyttäjä maksaa auton käytön mukaan sovitulla hinnalla. Yleensä hinta määräytyy jonkun aikamäärään avulla, esimerkiksi tunti- tai päivähinnalla. Yhteiskäyttöauto ei ole kyytipalvelu, vaan asiakas ajaa autoa itse. Yhteiskäyttöautot jaetaan Liikenneviraston julkaisussa neljään luokkaan sen mukaan, pitääkö auto palauttaa takaisin noutopisteeseen (round trip) vai voiko auton palauttaa muualle (free floating ja point-to-point), ja onko vuokraus ihmisten välistä vai ihmisen ja liiketoimen välistä. (Liikennevirasto 2018c, s. 14) Yhteiskäyttöpalvelut voivat olla kaikkien käytettävissä, rajoitettu taloyhtiöön tai pääkäyttäjänä voi olla esimerkiksi kunta tai yritys. Esimerkiksi Pirkan opiskelija-asuntosäätiö on ottanut käyttöön OP Yhteisauto – palvelun. (Pirkan Opiskelija-asunnot Oy 2019) Sähkökäyttöisen yhteiskäyttöauton käyttö vähentää välittömiä hiilidioksidipäästöjä. Myöskin kuljetut kilometrit vähenevät, koska autoa käytetään vain välttämättömään tarpeeseen ja rajoitetun ajan. Tutkimuksen mukaan yhteiskäyttöautojen käyttäjät omistavat 30 % vähemmän omia autoja. Yhteiskäyttöauto korvaa yleensä toisen tai kolmannen auton. Lisäksi yhteiskäyttöautojen käyttäjien ajosuorite on 15-20 % pienempi ja tuottavat 13-18 % vähemmän hiilidioksidipäästöjä kuin oman auton käyttäjät. (Nijland & van Meerkerk 2017) Liikenne- ja viestintäministeriön raportissa on arvioitu, että vuonna 2030 joka kymmenes myydyistä autoista tulisi jaettuun käyttöön. (Aho et al. 2017) Yhteiskäyttöautojen lisäksi vaihtoehtoisina jakamispalveluina voivat toimia myös esimerkiksi taksikuljetukset, kimpakyydit, autonvuokraus sekä auton lainaamispalvelut. Ford tarjoaa myös yhteiskäyttöleasing-autoja, jossa sopimuksen tehnyt korkeintaan 6 henkilön ryhmä saa käyttöönsä

auton sekä mobiilisovelluksen. Sovelluksen helpottaa auton käytön, maksujen sekä huoltojen koordinoitua asiakkaiden kesken. (Liikennevirasto 2018c)

Liikenneviraston tutkimuksen mukaan tiivis kaupunkirakenne ja esimerkiksi hankaluudet parkkipaikkojen löytämisessä lisäävät yhteiskäyttöautoilun suosiota. Yhteiskäyttöautojen suurin potentiaali on arjesta poikkeavissa matkoissa ja kakkosautojen korvaajana. Yhteiskäyttöautoa voidaan käyttää myös ratkaisemaan viimeisten kilometrien ongelmaa, eli osana julkiseen liikenteeseen liittyvää matkaketjua. Yhteiskäyttöautoilussa digitalisatiolla on suuri rooli. Autojen vuokrauksen ja käytön on oltava kuluttajille mahdollisimman helppoa, jotta käyttäjät siirtyisivät oman henkilöauton käytöstä yhteiskäyttöautoon. Käyttäjät valitsevat mieluummin tutun ja helpon liikennevälineen yleensä lähes tiedottamatta ja tietoisia radikaaleja kulkutavan vaihtoja tehdään vain poikkeustilanteissa. Taloyhtiöistä tai työpaikoilta löytyvät yhteiskäyttöautot ovat lähellä käyttäjää, jolloin käyttäminen on helppoa myös työhön liittyvillä matkoilla. Yhteiskäyttöautoilun lisäämiseksi olisi tärkeää kehittää uusia käteviä ratkaisuja. Liikennevirasto ehdottaakin tutkimuksessaan esimerkiksi yhteistyötä rakennuttajien kanssa, jolloin parkkitilaa voitaisiin vähentää. Tutkimuksesta tulee myös esille, että yhteiskäyttöautoilun käsite on myös monille tuntematon. Liikenneviraston kyselyssä 20 % vastaajista ei tiennyt, mitä yhteiskäyttöautoilulla tarkoitetaan ja 57 % on kuullut aiheesta jotain. Aiheeseen perehtyneitä oli alle neljäsosa vastaajista. (Liikennevirasto 2018c)

Lohjalla on jo käynnistetty yhteisautokokeilu OP-ryhmän kanssa, missä Lohjalle hankittiin neljä sähköautoa. OP-ryhmän sähköautot noudattavat round trip – periaatetta, eli ne on palautettava kotipisteeseen ja niiden pääkäyttäjänä on kunta. Osa autoista on virka-aikaan varattu vain kaupungin työntekijöiden käyttöön, mutta osa autoista on kaikkien kaupunkilaisten vuokrattavissa myös päiväsaikaan. Yhteiskäyttöautojen käyttö vaatii älypuhelimien, sillä OP Kulku – sovelluksen avulla hoidetaan auton varaaminen, laskutus, auton lataustason tarkistaminen sekä auton ovien avaaminen. Autojen kotipisteet, eli latauspisteet sijaitsevat Osuuspankin Lohjan ja Nummelan konttoreiden yhteydessä, sekä Lohjan kaupungintalon pihalla. (Hiilineutraali Suomi 2018)

Tulevaisuudessa jaetut ajoneuvot voivat olla myös autonomisia. Tapanisen mukaan autonomisten ajoneuvojen ja älyliikenteen kehittyminen vähentäisi polttoaineenkulutusta, pakokaasupäästöjä ja ruuhkia, koska ajoreittejä ja ajotapaa pystyttäisiin paremmin optimoimaan. Autonomiset ajoneuvot eivät kuitenkaan välttämättä ole ratkaisu kaupunkien tilankäyttöongelmiin. Autot olisi kytkettävä yhteiskäyttöautoilun infrastruktuuriin tilankäytön parantamiseksi, jolloin yksityisomistuksessa olevien autojen määrä vähenisi. Ympäristövaikutuksiin autonomisilla ajoneuvoilla on kuitenkin vaikutusta, jos niiden käyttövoi-

mana olisi pääasiassa sähkö. (Tapaninen 2018) Trafim tutkimuksen mukaan täysin autonomiset ajoneuvot voisivat liikkua hyvin rajatussa ympäristössä vuoteen 2030 mennessä, mutta ajoneuvokanta ei ole siihen mennessä vielä täysin uusiutunut. Myöskään kuljettajan vastuu- ja turvallisuuskysymykset eivät todennäköisesti ole täysin ratkenneet. (Pöllänen et al. 2014) Ensimmäisiä täysin automatisoituna ajoneuvoja odotetaan markkinoille noin vuonna 2020, eli jo hyvin pian. 2030 vuonna noin 15 % arvioidaan olevan autonomisia (Liikenne- ja viestintäministeriö 2017, s. 22).

Espoossa on tutkittu robottibusseja ja ensimmäinen pieni robottibussi alkaa kyyditsemään ihmisiä jo huhtikuussa 2019. Autonominen liikenne tarvitsee kuitenkin nopeita mobiiliverkkoyhteyksiä suuren tietomäärän takia. Espoossa testattava Gacha-robottibussi on Sensible 4:n ja Mujin kehittämä robottibussi, joka selviää myös talvisissa olosuhteissa. Sensible 4 on arvioinut, että Gacha-busseja saadaan pilottikäyttöön julkisille teille Suomessa ja ulkomailla jo vuonna 2020 ja sarjatuotantoon vuonna 2021. Gacha-bussi ei kuitenkaan ole vielä suuren mittakaavan bussi, vaan siihen mahtuu 10 matkustajaa kerrallaan. (Sensible 4 2019) Myös Tampereella robottibussit sisältyvät kaupungin älykkään liikenteen kehittämissuunnitelmiin raitiotien liityntäliikenteessä. SOHJOA-projektissa kaksi bussia operoi ensin Helsingin Hernesaassa, sitten Espoon Otaniemessä ja lopulta Tampereen Hervannassa, joissa ne ajoivat juuri ennen talven tuloa marraskuussa. Kuvassa 12 on esitetty kuva pilotoitavasta robottibussista. Pilotin perusteella automaattibussit ovat hyvin lähellä kaupallista tasoa, mutta ympäristöongelmia on vielä ratkaisematta. (Nissin & Åman 2018)



Kuva 12. SOHJOA-robottibussi (Nissin & Lehmusjärvi 2018)

Uusimpia joukkoliikenneinnovaatioita on myös niin sanottu raiteeton raitiovaunu (Autonomous-Rail Rapid Transit, ART). ART-teknologia yhdistää raitiovaunun ja bussin parhaat ominaisuudet. Raiteeton raitiovaunu kulkee kumipyörillä, eli se ei ole kytköksissä sähkölinjoihin. ART-ajoneuvon henkilökapasiteetti on suurempi kuin bussin, sen ajo on tasaisempaa ja siinä käytetään autonomista tekniikkaa. ART-ajoneuvo pystyy siis kulkemaan automaattisesti omaa reittiään ilman kuljettajaa, mutta se voidaan myös varustaa kuljettajalla. ART-ajoneuvot ovat edullisia verrattuna tavalliseen raitiovaunuun ja myös infra on edullisempaa rakentaa. Tekniikka mahdollistaa myös ajoneuvon skaalauksen. Skaalaamalla ajoneuvoa tarkoituksen mukaan pienempiin moduuleihin, se pystyisi ratkaisemaan ruuhka-aikojen ja hiljaisten aikojen kapasiteettiongelmia. Lisäksi se voisi olla yksi ratkaisuvaihtoehto ensimmäisen ja viimeisen kilometrin ongelmaan. (Newman et al. 2019) Kuvassa 13. on kiinalaisen CRRC konserniyhtiön raiteeton raitiovaunu.



Kuva 13. CRRC:n ART-ajoneuvo eli raiteeton raitiovaunu (CRRC 2017)

3.4.3 Ajoneuvokanta vuonna 2030

Ajoneuvokanta vuonna 2030 on vaikea arvioida, sillä vanhojen autojen poistumaa ja auton ostajien valintoja on vaikea ennustaa. Käyttövoimien kysynnän muuttumiselle on monia erilaisia avauksia. Hiiletön liikenne 2045 – raportissa arvioidaan bensiini- ja dieselkäyttöisten uusien henkilöautojen myynnin päättyvän Suomessa viimeistään vuonna

2035 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b, s. 41). Tulevaisuudessa mahdolliset tiukemat verotustoimenpiteet kannustavat ihmisiä vähäpäästöisempiin ajoneuvoihin. Nolla- ja vähäpäästöisten autojen hankintoja tuetaan, liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen kustannukset tuodaan näkyviksi yhteiskunnalle ja keskitytään ”saastuttaja maksaa” – periaatteeseen. Valtion suunnitelmiin kuuluu sähkö- ja kaasujakeluinfran kehittäminen, joten vuonna 2030 sen ei pitäisi olla kynnyskysymyksenä kestäväillä käyttövoimilla toimivien autojen määrän kasvulle. Myös vetyautojen yleistymisen vaatii uudenlaisen jakeluverkoston. Tärkeää on huomioida myös mahdollisuudet muuttaa vanha henkilöauto vähäpäästöisemmäksi tai esimerkiksi romutustuet, joiden avulla kannustetaan siirtymään kestäviin liikkumismuotoihin.

Tässä työssä esitellään kaksi ajoneuvokantaennustetta, joihin pohjataan liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöjen laskennat. Ensimmäinen on Tieliikenteen Tietokeskuksen ja Autoalan tiedotuskeskuksen liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenon arvio ajoneuvokannasta vuonna 2030. Tämä ennuste ei ole tavoitteellinen, vaan siinä on pyritty katsomaan autojen hintakehityksen ja saatavuuden kautta eri käyttövoimien yleistymistä. Kuitenkin arvio on vasta alustava ja luvut kuvaavat niin sanottua perusennustetta, eli ennuste edustaa nykytilan mukaista kehitystä. Arvio on laskettu yksinkertaisella poistumamallilla. Autokantaennuste on esitetty taulukossa 10. Ennusteessa ei eroteltu lataushybridien polttomoottorin käyttövoimaa, vaan bensiini- ja dieselkäyttöiset lataushybrideille oli esitetty yksi arvo. Tämä arvo on jaettu tasan bensiini- ja dieselkäyttöisille käyttövoimille ja pyöristetty ylöspäin.

Taulukko 10. Liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenon arvio autokannasta vuonna 2030 (Tekstiviite: Kalenoja 2019)

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta
Bensiini	1780341	62,57 %
FFV	0	0 %
Diesel	652595	22,94 %
Kaasu	43644	1,53 %
PHEV(BE)	113982	4,01 %
PHEV(DI)	113982	4,01 %
Sähkö	136382	4,79 %
Vety	4485	0,16 %
Yhteensä	2845410	100 %

Kun tuloksia verrataan vuoden 2017 autokantamalliin taulukossa 6, huomataan, että bensiiniautojen määrä on selvästi pienempi vuonna 2030. Myös dieselautojen osuus on pienempi kuin vuonna 2017. Bensiini ja dieselautojen yhteenlaskettu osuus 85,5 % on kuitenkin edelleen suuri. Korkeaseosetanolilla toimivia autoja ei ennusteessa ole lainkaan. Kaasuautoja on kymmenen kertaa enemmän vuonna 2030. Suurin kasvu on kuitenkin vety- ja sähköautojen ja ladattavien hybridien määrässä. Sähköautojen määrä on

satakertainen ja ladattavien hybridien määrä 20-kertainen verrattuna vuoden 2017 arvoihin. Myös vetyautojen määrä on kasvanut, mutta niiden osuus koko autokannasta on silti vain 0,16 %, koska vuonna 2017 vetyautoja oli liikenteessä vain yksi. Pelkillä kestävillä kulkumuodoilla, eli kaasulla, sähköllä ja vedyllä toimivia ajoneuvoja on ennusteen autokannasta noin 6,5 %. Kaasuautot voidaan laskea kestäviin käyttövoimiin, jos käyttövoimana käytetään biokaasua. Lataushybridejä on autokannasta noin 8 %.

Toisena ennusteena käytetään VTT:n tutkijan Juhani Laurikon laskelmia Hiiletön liikenne 2045 – raportista. Nämä laskennat ovat tavoitteellisia ja niillä tähdätään liikenteen hiili-neutraaliuteen vuonna 2045. Laurikko on laskenut henkilöautojen käyttövoimajakautuman uusmyynissä sekä kannan kehittymisen vuoteen 2030. Tulokset on esitetty taulukossa 11.

Taulukko 11. VTT:n tutkija Juhani Laurikon laskelmat autokannan kehittymisestä vuoteen 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b)

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta
Bensiini	1406558	51,56 %
FFV	0	0,00 %
Diesel	522555	19,16 %
Kaasu	132831	4,87 %
PHEV(BE)	189952	6,96 %
PHEV(DI)	1620	0,06 %
Sähkö	474461	17,39 %
Vety	1	0,00 %
Yhteensä	2727978	100 %

Laurikon laskelmissa henkilöautojen kokonaismäärä on pienempi kuin Kalenojan arvioissa. Bensiini- ja dieselautojen osuus on myös arvioitu pienemmäksi. Bensiini- ja dieselautojen osuus autokannasta olisi noin 70 %. Lataushybridien määrän arvio on molemmissa arvioissa samansuuruinen. Laurikko on arvioinut lataushybridien määräksi 7 % autokannasta. Molemmissa arvioissa korkeaseosetanolilla toimivien autojen määrä on nolla. Arviot eroavat kuitenkin toisistaan sähkö-, kaasu- ja vetyautojen määrissä. Laurikon ennusteessa sähköautojen määrä on selvästi suurempi kuin Kalenojan arviossa. Laurikon arvion mukaan sähköautojen osuus autokannasta olisi yli 17 %, kun Kalenojan arviossa se oli vajaa 5 %. Myös kaasuautojen osuus oletetaan suuremmaksi. Laurikon arviossa kaasuautojen osuus olisi vajaa 5 % kannasta, kun Kalenojan arviossa kaasuautojen osuus on 1,5 %. Laurikko ei kuitenkaan usko vetyautojen yleistymiseen vaan arvioi niitä olevan liikennekäytössä edelleen vain yksi. Kestävien käyttövoimien, eli kaasu-, sähkön ja vedyn osuus Laurikon ennusteessa on yhteensä noin 22 %.

4. LOHJAN LIITYNTÄLIIKENTEEEN SKENAARIOT

Ensimmäiseksi tutkimuksessa määritettiin potentiaaliset työssäkävijät, jotka voisivat käyttää Tunnin Junaa työmatkoilla. Selvitys perustuu Yhdyskuntarakenteen seurannan tilastoihin. Seuraavaksi tutkimuksessa laadittiin vertailuskenaario ”Skenaario 0”, joka toimii vertailukohtana myöhemmille tuloksille. Tämän jälkeen on arvioitu hiilidioksidipäästöihin, suoritteeseen ja kulkutapajakaumaan vaikuttavia asioita. Näitä ovat kaavoituksen ja yhdyskuntasuunnittelun vaikutus, liikkumisen ohjauksen vaikutukset suoritteeseen sekä polttoaineiden bio-osuuden kasvun vaikutus. Nämä asiat on otettu huomioon molemmissa loppuskenaarioissa. Loppuskenaariot on laskettu eri autokanta-arvioihin perustuen niin, että oletetaan Lohjan autokannan käyttövoimaosuuksien olevan samat kuin koko Suomen autokannan. Ensimmäisessä skenaariossa käytetään Tieliikenteen tietokeskuksen erityisasiantuntijan Hanna Kalenojan arviota Suomen autokannasta vuonna 2030. Toisessa skenaariossa lasketaan hiilidioksidipäästöjen suuruudet Hiiletön liikenne 2045 – raportin autokantasuunnitelman mukaan. Tämän skenaarion autokanta on tavoitteellinen ennuste, jossa oletetaan Suomi hiilineutraaliksi vuonna 2045. Luvut ovat vuodelle 2030.

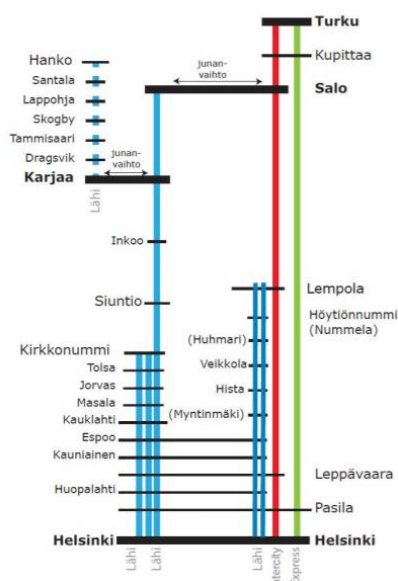
4.1 Lohjan pendelöijät vuonna 2030

Yhdyskuntarakenteen seurannan aineistoista (YKR) saadaan selville työntekijät, jotka käyvät töissä Tunnin Junan vaikutusalueella. Tunnin Junan vaikutusalueella olevat kaupungit, joissa lohjalaisia käy töissä, ovat Helsinki, Espoo, Vantaa, Kauniainen, Salo ja Turku (Väylä 2019). Yhteensä Lohjalta näissä kaupungeissa työskenteleviä oli 10358 kappaletta vuonna 2017. (Suomen ympäristökeskus SYKE 2018, Liite 1) Taulukossa 12 on esitetty Lohjalta Tunnin junan vaikutusalueella työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017.

Taulukko 12. Lohjalta Tunnin junan vaikutusalueella työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017 (Suomen ympäristökeskus SYKE 2018b, Liite 1)

Kodin etäisyys asemasta	0-2 km	2-5 km	5-10 km	10-20 km	20-50 km	
Etäisyys keskimäärin	1 km	3,5 km	7,5 km	15 km	35 km	Yhteensä
Helsinki	22	594	2058	1112	562	4348
Espoo	16	642	1804	1078	456	3996
Vantaa	6	206	682	394	228	1516
Kauniainen	0	8	50	20	8	86
Salo	2	36	88	66	114	306
Turku	0	10	42	32	22	106
Yhteensä	46	1496	4724	2702	1390	10358

Kuitenkaan kaikkien työssäkäyvien ei ole ajallisesti kannattavaa käyttää junaa työmatkaansa, vaan matka voi olla järkevää tehdä kokonaan henkilöautolla. Työssä tutkittiin Googlen karttasovelluksen avulla työmatkan pituutta junalla verrattuna henkilöautoon. Junalla kuljetun matkan matka-aika-arviossa käytettiin Väylän ilmoittamia junan ajoaikoja sekä Googlen antamia aika-arvioita liityntämatkoihin Tunnin Junan asemilta määränpäähän. Junan matka-aika-arviot ja Tunnin Junan pysäkit on esitetty kuvassa 14. Kuvasta nähdään, että Espooseen, Vantaalle ja Kauniaiseen voi matkustaa Leppävaaran, Pasilan ja Helsingin asemien kautta. Googlen karttasovelluksen avulla selvitettiin nopeimmat liityntäliikenneasemat Espoon ja Kauniaisen asukkaille.



Rataväli	Nykyinen ajoaika	Uusi ajoaika
Helsinki – Turku Express	1 h 45 min	1 h 13 min
Helsinki – Turku IC	1 h 58 min	1 h 26 min
Helsinki – Salo IC		57 min
Helsinki – Lohja/Höytiönnummi		30 min
Helsinki – Lohja lähijuna		47 min
Helsinki - Kirkkonummi	41 min	34-41 min

Kuva 14. Tunnin Junan asemat ja junan arvioidut ajoajat eri rataväleillä (Väylä 2019)

Kaikille rataväleille ei ole annettu ajoaikoja, joten osa rataväleistä on arvioitu matkan pituuden ja kokonaismatkan keston avulla. Taulukossa 13 on esitetty eri ratavälien arvioidut ajoajat sekä arvioidut liityntämatkaan menevät ajat päätepisteeseen. Lisäksi taulukossa on ajoaika henkilöautolla Lempolasta työskentelykaupunkiin. Henkilöautolla ajetut matkat asemalle ovat molemmissa samat, joten riittää, että käsitellään ajoaika Lempolasta kohdekaupunkiin. Vaihtoaikaa on laskettu 5 minuuttia eri liityntäliikennemuotojen välille. Tähän sisältyy esimerkiksi auton parkkeeraus Lempolan asemalla tai esimerkiksi vaihto paikallisliikenteeseen Helsingistä Vantaalle. Yksinkertaistuksen vuoksi oletettiin, että kokonaan henkilöautolla liikutut matkat kuljetaan Lempolan aseman kautta. Tämä aiheuttaa virhettä, sillä Lohjan reuna-alueilla asuvien asukkaiden nopein reitti henkilöautolla ei välttämättä kulje Lempolan aseman kautta. Tutkimuksessa ei myöskään ole otettu

huomioon työskentelykaupungin päässä tapahtuvaa liityntämatkaa työpaikalle. Todellisuudessa siis henkilöauto on todennäköisesti useammin nopeampi vaihtoehto kuin juna verrattuna tämän arvion tuomiin tuloksiin. Vertaamalla ajoaikaa henkilöautolla Lempolasta työkaupunkiin ja junan ajoaikaa Lempolasta työkaupunkiin saadaan selville junan käytön kannattavuus. Kävelen ja pyöräillen tehdyt liityntämatkat junaan ovat pidempiä kuin henkilöautolla tehdyt liityntämatkat, joten se lisää matka-aikaa. Tämä on kuitenkin myöhemmin otettu huomioon kulkutapaosuuksien arvioinnissa. Jos kävely tai pyöräily ei ole ajallisesti kannattava liityntäliikennemuoto, on tutkimuksessa oletettu, että liityntämatka tehdään henkilöautolla. Henkilöliikennetutkimuksen mukaan joukkoliikennematkaan kuluva aika saisi olla maksimissaan 1,5-kertainen henkilöautolla kuljettavaan matkaan verrattuna, jotta se olisi kilpailukykyinen (Liikennevirasto 2018a). Koska työmatkat ovat pitkiä, tässä työssä oletetaan, että työssäkävijä valitsee aina henkilöauton, jos se on nopeampi kuin juna. Pääkaupunkiseudulla Tunnin Junan pysäkit sijaitsevat Leppävaarassa, Pasilassa ja Helsingissä. Tuloksista nähdään, että Helsinkiin, Turkuun, Saloon ja Vantaalle junalla on nopeampi matkustaa kuin henkilöautolla. Kauniaiisiin tai Espooseen taas ei ole kannattavaa mennä junalla, sillä vaihtoajat ovat pitkiä.

Taulukko 13. *Matka-ajat junalla ja henkilöautolla Lempolan asemalta työkaupunkiin (Googlen karttapalvelut 2019) (Väylä 2019)*

Kaupunki	Helsinki	Turku	Salo	Kauniainen	Espoo	Vantaa
Asema	Helsinki	Turku	Salo	Pasila	Leppävaara	Helsinki
Ajo-aika junalla Lohjalta [min]	30	43	27	27	23	30
Paikallisliikenteen matka-aika [min]	0	0	0	15	15	15
Vaihtoaika yhteensä [min]	5	5	5	10	10	10
Matka-aika yhteensä [min]	35	48	32	52	48	55
Matka-aika henkilöautolla [min]	50	75	45	30	30	45

Tulosten pohjalta päätellään, että potentiaalisia pendelöijä ovat Helsingissä, Turussa ja Salossa työskentelevät. Muissa kaupungeissa työskentelevät jätetään tutkimuksen ulkopuolelle, sillä matkustusajat ovat selvästi pidempiä junalla kuin henkilöautolla. Taulukossa 14 on esitetty Lohjalta Tunnin junalla töihin potentiaalisesti matkustavat ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017. Yhteensä potentiaalisia pendelöijä on 4760 henkilöä.

Taulukko 14. *Lohjalta Tunnin junalla töihin potentiaalisesti matkustavat ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2017 (Yhdyskuntarakenteiden aineistot, liite 1)*

Kodin etäisyys asemasta	0-2 km	2-5 km	5-10 km	10-20 km	20-50 km	
Etäisyys keskimäärin	1 km	3,5 km	7,5 km	15 km	35 km	Yhteensä
Helsinki	22	594	2058	1112	562	4348
Salo	2	36	88	66	114	306
Turku	0	10	42	32	22	106
Yhteensä	24	640	2188	1210	698	4760

Tuloksista nähdään, että suurin osa pendelöijistä matkustaa töihin Helsinkiin. Helsingissä työskentelevien osuus on noin 91,3 % kaikista pendelöijistä. Salossa töissä käy 6,4 % pendelöijistä ja Turussa noin 2,2 %. Tuloksista voidaan päätellä, että potentiaalisin kohderyhmä Tunnin Junalle työmatkoilla on Helsingissä työskentelevät.

Tilastokeskuksen mukaan vuonna 2030 Lohjalla olisi väestöennusteen mukaan 49169 asukasta, joka on alle 2000 asukasta enemmän kuin vuonna 2019 (Tilastokeskus 2019b). Lohjan kaupungin tavoite taas on kasvattaa asukaslukua noin prosentin verran vuodessa, joka olisi noin 6000 asukkaan lisäys vuoteen 2030 mennessä. Työssä laskeaan hiilidioksidipäästöt ensisijaisesti tilastokeskuksen asukaslukuarvion mukaisesti, eli oletetaan Lohjan asukasluvun olevan 49169 vuonna 2030. Työssä tehdään oletus, että asukasluvun kasvaessa Lohjan työssäkäyvien ja Tunnin Junan alueella pendelöivien määrä pysyy suhteessa samana. Alkutilanteessa ilman kaavoituksen vaikutusta oletetaan, että uudet asukkaat muuttavat eri puolille Lohjaa nykyisen asuinpaikan jakauman mukaisesti. Myöhemmin otetaan huomioon kaavoituksen vaikutus, eli huomioidaan Lempolan uudelle asuinalueelle muuttavat työssäkävijät ja muuton vaikutus liityntämatkojen pituuteen ja hiilidioksidipäästöihin. Taulukossa 15 on esitetty pendelöijien määrä suhteutettuna vuoden 2030 asukaslukuun. Suhteet on laskettu taulukon 12 perusteella. Lohjan asukasluvusta oli vuonna 2017 Tunnin Junan vaikutusalueella työskenteleviä 10 %, jolloin suhteutettuna väkilukuun yhteensä potentiaalisia pendelöijiiä olisi 4892 kpl vuonna 2030.

Taulukko 15. Lohjalta Tunnin junalla potentiaalisesti työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2030

Kodin etäisyys asemasta	0-2 km	2-5 km	5-10 km	10-20 km	20-50 km	
Matka keskimäärin	1 km	3,5 km	7,5 km	15 km	35 km	Yhteensä
Helsinki	23	611	2115	1143	578	4469
Salo	2	37	90	68	117	315
Turku	0	10	43	33	23	109
Työntekijöiden määrä	25	658	2249	1244	717	4892

4.2 Kulkutapajakauma Tunnin Junan asemalle

Tunnin Junan asemalle suuntautuvan liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöjen laske-
miseksi on arvioitava potentiaalisten pendelöijien kulkutapajakauma. Kulkutapaosuudet
on arvioitu käyttämällä hyödyksi Henkilöliikennetutkimuksen kulkutapaosuuksia Länti-
sellä Uudellamaalla sekä juna-asemalle kohdistuvan liityntäliikenteen tutkimustuloksia.
Henkilöliikennetutkimuksen joukkoliikenteen kulkutapaosuudet on oletettu nolllaksi,

koska Lohjalla ei ole pendelöijiiä tavoitettavia joukkoliikenneyhteyksiä Lempolan asemalle. Joukkoliikenteen kulkutapaosuudet on jaettu muille kulkutapamuodoille niiden osuuksien mukaan. Pelkkien henkilöliikennetutkimuksen kulkutapaosuuksien käyttäminen aiheuttaisi virhettä, sillä niissä on mukana myös muiden kuin työmatkojen tuloksia, esimerkiksi vapaa-ajan matkoja. Vapaa-ajalla esiintyy tyypillisesti pidempiä kävely- ja pyöräilymatkoja, joten todellisuudessa henkilöauton osuus on suurempi kuin Henkilöliikennetutkimus antaa olettaa. Kuvassa 4 on esitetty Henkilöliikennetutkimuksen kulkutapaosuudet eripituisille matkoille. Laskennoissa on oletettu, että kulkutapaosuuksien muuttuminen on lineaarista, jolloin esimerkiksi alle kilometrin pituisten matkojen ja alle kahden kilometrin pituisten matkojen kulkutapaosuuksista on otettu keskiarvo, jotta kulkutapaosuuksien osuudet saadaan yhdistettyä YKR-aineiston matkojen pituuksien mukaisesti. Kappaleessa 3.2.3. kerrottiin, että liityntäliikennematkat pyörällä ovat Martensin mukaan korkeintaan 4-5 kilometrin pituisia. Tämän vuoksi oletetaan, ettei pyörällä tehdä yli 5 kilometrin liityntäliikennematkoja. Maksimiliityntämatkan pituus junaan kävellessä oli Sydneyn tutkimuksessa 1080m. Kuitenkin tutkimuksessa oli kyse lähijunasta, ja koska Lohjalla kyseessä on pitkän matkan juna, oletetaan liityntäliikenteessä kävelymatkan maksimipituudeksi kaksi kilometriä. Martensin mukaan liityntämatkan pituus kasvaa liityttäessä nopeampaan liikenneneuvoon, esimerkiksi pitkän matkan junaan ja Sydneyn tutkimuksen mukaan pitkillä matkoilla tehdään myös pidempiä liityntämatkoja. Taulukossa 16 on esitetty kulkutapaosuudet Lempolan asemalle matkan pituuden mukaan perustuen vuoden 2017 kulkutapaosuuksiin.

Taulukko 16. Kulkutapaosuudet Lohjalla liityntämatkan pituuden mukaan

	Auto	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
0-2km	46,8 %	44,6 %	8,6 %	100,0 %
2-5km	90,6 %	0,0 %	9,4 %	100,0 %
5-10km	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
10-20km	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %
20-50km	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100,0 %

4.3 Aluskenaario: vertailukohta

Tutkimuksen kohteena on pendelöijät, joiden työmatka voitaisiin järjestää tulevaisuudessa Lempolan aseman kautta. Tutkimuksessa on tarkoituksena laskea eri liikenteeseen liittyvien toimenpiteiden vaikutukset hiilidioksidipäästöihin. Alkutilanne toimii vertailukohtana eri toimenpiteiden aiheuttamille vaikutuksille. Pendelöijien osuus Lohjan asukkaista on oletettu kaikissa laskennoissa samaksi kuin vuonna 2017. Potentiaalisten pendelöijien osuus oli 10 % Lohjan asukkaista vuonna 2017. Työmatkoja on arvioitu tehtävän vuodessa 502 kappaletta per henkilö. Alkutilanne on laskettu vuoden 2017 tietojen

perusteella. Alkuskenaarion suorite perustuu taulukon 15 arvoihin, jossa on esitetty Lohjalta Tunnin junalla potentiaalisesti työssäkäyvät ja heidän asuinpaikkansa etäisyys Lempolan asemasta vuonna 2030. Alkuskenaariossa ei ole vielä otettu huomioon kaavoituksen vaikutusta, eli uutta Lempolan asuinalueita. Kulutapaosuudet on laskettu taulukon 16 arvoilla. Hiilidioksidipäästöt perustuvat taulukoissa 4-6 esitettyihin LIPASTO-laskentajärjestelmän antamiin arvoihin henkilöautojen keskimääräisistä päästöistä vuodelta 2016. Koska vuoden 2030 autokanta-arviot eivät ota huomioon EURO-luokituksia, käytetään arvioinnissa keskimääräisiä arvoja hiilidioksidipäästöille ja polttoaineen- ja energian kulutukselle. Alkuskenaariossa ei oteta huomioon esimerkiksi polttoaineiden bio-osuuden kasvamisesta tai kaavoituksen vaikutusta suoritteiden pituuteen, vaan pelkästään asukasluvun kasvu. Taulukossa 17 on esitetty pendelöijien yhteenlaskettu suorite- ja matkamäärä kulkutavoittain jaoteltuna henkilöautoilun, pyöräilyn ja jalankulun kesken. Tuloksista huomataan, että vertailuskenaariossa suurin osa pendelöintimatkoista tehdään henkilöautolla. Henkilöautoilun osuus matkoista on 98,5 % ja suoritteesta jopa 99,6 %. Tämä johtuu siitä, että henkilöautolla tehdään paljon pidempiä matkoja kuin kävellen ja pyöräillen. Yhteensä matkoja tehdään 2,5 miljoonaa kappaletta ja kokonaissuorite on 31,6 miljoonaa kilometriä vuodessa.

Taulukko 17. Tunnin Junaan Lohjalta pendelöivien vuosittainen suorite- ja matkamäärä eri kulkutavoilla vertailuskenaariossa

	Henkilöauto	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
Matkat [kpl/a]	2 418 156	5 525	32 271	2 455 952
Matkat-%	98,46 %	0,22 %	1,31 %	100,0 %
Suorite [km/a]	31 488 590	5 525	110 277	31 604 393
Suorite-%	99,63 %	0,02 %	0,35 %	100,0 %

Vertailuskenaarion yhteenlasketut hiilidioksidipäästöt saadaan, kun kerrotaan henkilöauton suoritemäärä henkilöautojen hiilidioksidipäästöillä autokannan suhteessa. Kävelystä ja pyöräilystä ei aiheudu hiilidioksidipäästöjä, joten henkilöautoilun hiilidioksidipäästöt muodostavat vertailuskenaarion kokonaishiilidioksidipäästöjen määrän. Taulukossa 18 on esitetty pendelöijien hiilidioksidipäästöjen jakautuminen eri käyttövoimien kesken, sekä laskettu kokonaishiilidioksidipäästöt vuodessa.

Taulukko 18. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan

	Osuus autokannasta [%]	Suorite [km/a]	CO ₂ [g/km]	CO ₂ [kg/a]	CO ₂ -%
Bensiini	71,81 %	22 613 507	158,59	3 586 316	74,70 %
FFV	0,31 %	99 178	29,90	2 966	0,06 %
Diesel	27,42 %	8 635 115	139,39	1 203 625	25,07 %
Kaasu	0,17 %	54 757	66,57	3 645	0,08 %
PHEV(BE)	0,20 %	62 402	63,44	3 959	0,08 %
PHEV(DI)	0,02 %	6 076	55,75	339	0,01 %
Sähkö	0,06 %	17 544	-	-	0,00 %
Vety	0,00 %	12	-	-	0,00 %
Yhteensä	100,00 %	31 488 590	-	4 800 849	100,00 %

Tuloksista nähdään, että suurin osa hiilidioksidipäästöistä aiheutuu vertailuskenaariossa bensiini- ja dieselautoista. Niiden osuus kokonaishiilidioksidipäästöistä on 99,8 %. Kokonaishiilidioksidipäästöt ovat vertailuskenaariossa 4800 tonnia hiilidioksidia. Suurin päästövaikutus on bensiiniautoilla, koska niiden suoritemäärä sekä hiilidioksidipäästö kilometriä kohden on suurin.

4.4 Hiilidioksidipäästöjen vähentämistavat

4.4.1 Asuinalueiden kaavoituksen vaikutus

Asuinalueiden sijoittelulla ja kaavoituksella voidaan vaikuttaa liikenteen hiilidioksidipäästöihin. Vertailuskenaariossa oletettiin kaikkien uusien asukkaiden muuttavan ympäri Lohjaa samassa suhteessa kuin pendelöijät vuonna 2017. YKR-aineistoista huomataan, että alle kilometrin päässä Lempolan tulevasta asemasta ei tällä hetkellä asu ainuttakaan pendelöijää. (Suomen ympäristökeskus 2018b, liite 1) Kuitenkin Lempolan aseman alueelle on suunniteltu asuinalue, johon Lohjansolmun asemanseudun ja Lehmijärvi-Pulli -maaseutualueen osayleiskaavassa on odotettu jopa 11 000-15 000 asukasta. Liikennevirasto on esittänyt vaatimuksessaan 11 000 asukasta 1,5 kilometrin etäisyydelle asemasta (Lohjan kaupunki 2018c). Lohjan suunnitelmien mukaisesti oletetaan, että Lempolan asuinalueelle muuttaa 11 000 uutta asukasta. Koska asukasluvu kasvaa vuoteen 2030 mennessä tilastokeskuksen arvion mukaan 1330 asukkaalla, oletetaan, että kaikki uudet asukkaat muuttavat Lempolan asuinalueelle. Loput Lempolan alueen asukkaista oletetaan muuttavan tasaisesti eri puolilta Lohjaa. Koska koko Lohjan asukkaista 10 % oli potentiaalisia Tunnin Junan vaikutusalueella pendelöijiiä, oletetaan, että sama osuus pätee myös Lempolan asuinalueella. Todellisuudessa osuus voi olla suurempi, sillä aseman seudulla sijaitseva asuinalue on houkutteleva asuinalue junan vaikutusalueella työskentelevälle lyhyen liityntämatkan vuoksi.

Serum Arkkitehtien ideasuunnitelman rakennemallin (kuva 2) avulla voidaan olettaa, että kaikki 11 000 Lempolan alueen asukasta asuvat alle 2 kilometrin päässä asemasta. (Serum Arkkitehdit Oy 2018a). Kävelyn ja pyöräilyn merkitys korostuu lyhyillä liityntämatkoilla. Tämän vuoksi on erityisen tärkeää vaikuttaa kaavoituksella matkojen pituuksiin niin, että saadaan tiivis yhdyskuntarakenne, jossa asuinalueet, työpaikat ja palvelut ovat lähellä toisiaan. Lempolan uusi asuinalue on tärkeässä roolissa liityntäliikenteen hiilidi-

oksidipäästöjen pienentämisessä. Pendelöijien keskittyminen uudelle asuinalueelle vähentää kokonaissuoritetta ja luo mahdollisuudet kevyen liikenteen kulkutapojen käytölle liityntämatkoilla. Tällöin kevyen liikenteen osuus suoritteesta kasvaa.

Kaavoituksella voitaisiin vaikuttaa myös toimivan joukkoliikenneyhteyden järjestämiseen Lempolan asemalle. Yhdyskuntarakenteen aineistojen perusteella nykyiset joukkoliikennesuunnitelmat eivät palvele pendelöijien tarpeita, sillä pendelöijien kotipaikat sijaitsevat liian kaukana suunnitellun bussilinjan reitiltä. Bussilinjalle ei siis ole kysyntää Lohjan ulkopuolelle pendelöivien keskuudesta. Keskittämällä asuinalueita bussilinjan lähetyville ja kannustamalla ihmisiä asumaan joukkoliikennelinjan lähetyville voitaisiin kasvattaa linjan kysyntää myös pendelöijien keskuudessa. Lempolan sisäinen joukkoliikennelinja voisi vähentää henkilöautoilun osuutta alle 2 kilometrin pituisilla matkoilla. Näillä matkoilla suurin osa kuitenkin valitsee kulkutavakseen kävelyn ja pyöräilyn, joten näiden kulkumuotojen vaihtaminen joukkoliikenteen käyttöön ei ole toivottu suunta. Tässä tutkimuksessa päädyttiin olemaan ottamatta huomioon joukkoliikenneväylän vaikutusta hiilidioksidipäästöihin sen pienen vaikutuksen vuoksi ja riittämättömien lähtötietojen vuoksi.

Lohjan asukasluku vuonna 2030 on Tilastokeskuksen arvion mukaan 49169 asukasta. Jos potentiaalisia pendelöijiiä oli Lohjan asukkaista 10 % vuonna 2017, on potentiaalisten pendelöijien määrä 4892 työssäkäyvää vuonna 2030. Näistä Lempolan alueella asuisi 995 kappaletta ja muualla 3897. Taulukossa 19 on esitetty pendelöivien määrä työskentelykaupungin mukaan. Taulukossa on esitetty myös pendelöijien keskimääräinen etäisyys Lempolan asemasta, sekä matkojen ja suoritteen määrä vuodessa, kun matkoja on vuodessa 502 kappaletta per henkilö.

Taulukko 19. Pendelöijien lukumäärä asumispaikan ja työskentelykaupungin mukaan vuonna 2030 sekä työmatkojen ja suoritteen määrä vuodessa

Kodin etäisyys asemasta Matka keskimäärin (km)	0-2 km 1	2-5 km 3,5	5-10 km 7,5	10-20 km 15	20-50 km 35	Yhteensä
Helsinki	927	486	1685	910	460	4469
Salo	66	29	72	54	93	315
Turku	22	8	34	26	18	109
Pendelöijien määrä	1015	524	1791	991	571	4892
Matkat [kpl/a]	509357	263053	899314	497336	286893	2455952
Kilometrit [km/a]	509357	920687	6744856	7460033	10041245	25676178

Kun lasketaan hiilidioksidipäästöt vuoden 2030 pendelöijille vuoden 2017 kulkutapaosuuksilla ja vuoden 2017 autokannalla, saadaan selville kaavoituksen vaikutus hiilidioksidipäästöihin. Taulukossa 20 on esitetty matkojen ja suoritteen jakautuminen kulkutavan mukaan.

Taulukko 20. Matkojen ja suoritteiden jakautuminen kulkutavan mukaan kaavoituksen vaikutus huomioiden

	Henkilöauto	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
Matkat [kpl/a]	2 159 880	227 273	68 799	2 455 952
Matkat-%	87,9 %	9,3 %	2,8 %	100,0 %
Suorite [km/a]	25 317 964	227 273	130 941	25 676 178
Suorite-%	98,6 %	0,9 %	0,5 %	100,0 %

Tuloksista huomataan, että henkilöautolla kuljettujen matkojen määrä vähenee 98,5 %:sta 87,9 %:iin. Jalankulun osuus kasvaa 0,2 %:ista 9,3 %:iin ja pyöräilyn määrä 1,3 %:ista 2,8 %:iin. Henkilöautoilun osa suoritteesta on 98,6 %, kun vertailuskenaariossa se oli 99,6 %. Kuitenkin tärkein huomio on kokonaissuoritteiden pieneneminen. Lempolan alueen kehittämisellä kokonaissuoritteiden määrä pieneni 19 %. Tämä vaikuttaa selvästi hiilidioksidipäästöihin. Hiilidioksidipäästöt tippuivat kaavoituksen vaikutuksesta 19,6 %, eli kokonaishiilidioksidipäästön suuruudeksi saadaan noin 3860 tonnia hiilidioksidia.

4.4.2 Liikkumisen ohjauksen vaikutukset kulkutapaan

Liikkumisen ohjauksella pystytään vaikuttamaan esimerkiksi kävelyn ja pyöräilyn matkamäärien ja suoritteiden kasvuun. Lohjalle sopivia toimenpiteitä kestävän liikenteen matkamäärien ja suoritteiden kasvattamiseksi ovat esimerkiksi erilaiset työpaikkoihin liittyvät kampanjat, kestävän liikkumisen tukeminen työpaikoilla, uudet kevyen liikenteen väylät, yhteiskäyttöön tarkoitetut tavalliset ja sähköiset polkupyörät ja muut kevyen liikenteen kulkuvälineet sekä pyöräparkkien kehittäminen.

Laskennoissa käytetään perusteena kevyen liikenteen suorite- ja matkamäärien Valtioneuvoston Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelmaa. Siinä tavoitteena on 30 % kasvu kävelyn ja pyöräilyn matkamääriin vuonna 2030. Tätä lukua on käytetty pohjana kevyen liikenteen suorittemäärien ja liityntäliikenteen kulkutapajakauman arvioimisessa. Taulukossa 21 on esitetty kulkutapaosuudet oletuksella, että kevyen liikenteen matkamäärät kasvavat 30 % vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi on arvioitu, että sähköpyörien yleistymisen myötä pyörällä kuljettava maksimimatka asemalle kasvaa 7 kilometriin. Kävely-matkojen maksimipituuden oletetaan kasvavan 3 kilometriin. Laskujen muiden arvojen pohjalla on käytetty vertailuskenaarion arvoja, eli tässä ei ole otettu huomioon kaavoituksen vaikutusta. Kuitenkin kaavoituksen ja liikkumisen ohjauksen yhteenlaskettu vaikutus on merkittävä ja se on esitelty myöhemmin kokonaisskenaarioissa 1 ja 2.

Taulukko 21. Kulutapaosuudet matkan pituuksien mukaan liikkumisen ohjaus huomioiden

	Auto (matk./kulj.)	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
0-2km	30,8 %	58,0 %	11,2 %	100 %
2-5km	79,9 %	9,0 %	11,1 %	100 %
5-10km	97,0 %	0,0 %	3,0 %	100 %
10-20km	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
20-50km	100,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %

Kevyen liikenteen matkamäärien kasvu kasvattaa myös kevyen liikenteen suoritemäärää. Taulukossa 22 on esitetty matkojen ja suoritteen määrät kulkutavan mukaan, kun on otettu huomioon liikkumisen ohjaus.

Taulukko 22. Pendelöijien matkat ja suoritemäärät vuodessa liikkumisen ohjaus huomioiden

	Henkilöauto	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
Matkat [kpl/a]	2 347 575	36 994	71 384	2 455 952
Matkat-%	95,6 %	1,5 %	2,9 %	100,0 %
Suorite [km/a]	31 113 084	111 521	379 789	31 604 393
Suorite-%	98,4 %	0,4 %	1,2 %	100,0 %

Tuloksista nähdään, että suoritemääriä ja matkojen maksimipituuksia kasvattamalla saadaan kasvatettua kevyen liikenteen matka- ja suoritemääriä. Liikkumisen ohjauksella henkilöautolla kuljettujen matkojen osuus vähenee 3 %:a vertailuskenaarioon nähden. Suoritteen määrä vähenee 1,2 %:a. Hiilidioksidipäästöjen kokonaismäärän saadaan liikkumisenohjauksella 1,2 %:n vähenemä vertailuskenaarioon nähden.

4.4.3 Polttoaineiden bio-osuuden kasvun vaikutus

Biopolttoaineiden jakeluvélvoite on lain (419/2019) mukaisesti 30 % vuonna 2030 ilman tuplalaskentaa. Tämä otetaan tässä työssä huomioon laskettaessa nestemäisillä polttoaineilla kulkevien henkilöautojen aiheuttamien hiilidioksidipäästöjen määrää. Ympäristöpäästöjen laskenta perustuu tässä työssä LIPASTO-järjestelmän menetelmiin, joissa bio-osuudet lisätään bensiiniin, dieseliin ja korkeaseosetanolipolttoaineeseen E85. Biopolttoaineet katsotaan VTT:n laskennoissa hiilidioksidin osalta päästöttömiksi, mutta lasketaan mukaan energiankäyttöön (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017b). Sekoittevelvoitteen bio-osuutta voi lisätä myös työkonien käyttämään polttoöljyyn, mutta LIPASTO-laskentajärjestelmässä on yksinkertaistettu laskentaa ja oletettu polttoöljy fossiiliseksi ja lisätty polttoöljyn bio-osuus liikennedieseliin. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, 2015)

Polttoaineilla voi olla teknisiä rajoitteita, jotka rajoittavat polttoaineen bio-osuuden määrää. Bio-osuuden jakaminen eri polttoainetyyppien kesken täytyy siis arvioida eri polttoainetyyppien ominaisuuksien mukaan. Esimerkiksi 98E5 bensiinissä saa olla enintään 5

tilavuusprosenttia etanolia ja 95E10 bensiinissä enintään 10 tilavuusprosenttia. Myös korkeaseosetanolipolttoaineessa E85 on rajoitteita, sillä siinä saa olla enintään 85 % etanolia. Uusiutuvaa diesel sopii dieselautoihin sellaisenaan ja sitä voi myös sekoittaa fossiiliseen dieseliin. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c)

Jotta voidaan arvioida bio-osuuden jakautuminen eri polttoaineiden kesken, on arvioitava eri polttoainetyyppien energiankulutus vuonna 2030. Näin saadaan selville, missä suhteessa mitäänkin polttoainetta käytetään. Suhteiden avulla voidaan laskea, miten bio-osuus jakautuisi eri polttoaineiden välille, jos biosekoitevelvoite on 30 %. Bensiinin bio-osuuden oletetaan pysyvän entisellään teknisten rajoitusten vuoksi. Vaihtoehtoisiksi jää siis dieselin tai korkeaseosetanolin bio-osuuden lisääminen tai biobensiinin käyttö. Jotta voidaan selvittää eri polttoainetyyppien energiankulutus vuonna 2030, on selvitettävä nestemäisiä polttoaineita käyttävien ajoneuvojen määrä ja niiden käyttämä käyttövoima vuonna 2030. Työssä on laskettu bensiinin, dieselin ja korkeaseosetanolin osuus autokannasta Liikenne- ja viestintäministeriön arvion mukaan. Laskennoissa on käytetty tätä ennustetta, koska ennusteesta on saatavilla myös muiden kuin henkilöautojen määrät. Hiiletön liikenne 2045 – ennusteen mukaan saadaan koko liikenteen vaatima energiamäärä. Ajoneuvojen energiankulutus on saatu LIPASTO:n ennusteesta. Nämä arvot on esitetty taulukossa 23.

Taulukko 23. Ajoneuvojen käyttövoima ja energiankäyttö vuonna 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018b)

	Käyttövoima	Määrä [kpl]	Osuus	Energia [TJ]
Henkilöautot	Bensiini	1406558	0,663256448	54605,24
	Diesel	522555	0,24640859	20286,57
	PHEV(BE)	189952	9,0 %	2950
	PHEV(DI)	1620	0,1 %	25
Pakettiautot	Bensiini	1665	0,7 %	78
	Diesel	247671	99,3 %	11593
Linja-autot	Diesel	9906	100 %	7857
Kuorma-autot	Diesel	87579	100 %	61886

Taulukon 23 tietojen pohjalta on laskettu, että bensiiniä on tuotettava liikennekäyttöön 57633 TJ ja dieseliä 101 648 TJ. Bensiinin osuus on siis 36,2 % ja dieselin 63,8 % liikennepolttoaineesta. Autokantaennusteen mukaan korkeaseosetanolilla kulkevia autoja ei ole käytössä vuonna 2030, joten sitä ei oteta bio-osuuden laskennassa huomioon. Myöskään Tieliikenteen tietokannan ennusteessa ei ole korkeaseosetanoliautoja. Taulukossa 24 on esitetty bio-osuuksien laskennassa käytetyt tunnusluvut, jotka on saatu LIPASTO-järjestelmästä. Bensiinissä olevan bio-osuuden tiheys ja lämpöarvo on saatu laskettua bensiinin bio-osuuden ja bensiiniseoksen lämpöarvon avulla. Bensiiniseoksen lämpöarvo on 42,1 MJ/kg ja bio-osuus 4,8 %. Sen bio-osuus ja lämpöarvo siis tiedetään ennustettuna. Laskettavaksi jää dieselin bio-osuus niin, että kaiken käytetyn nestemäisen

polttoaineen keskimääräinen bio-osuus on 30 % lämpöarvosta. Biodieselin lämpöarvo on sama kuin fossiilisen dieselin, joten dieselseoksen lämpöarvo on 43,2 MJ/kg. Kun tiedetään bensiiniseoksen ja dieselseoksen lämpöarvo ja niiden osuudet kokonaisenergiasta, voidaan laskea keskimääräinen lämpöarvo bensiinin ja dieselin energiaosuuksien avulla. Keskimääräiseksi lämpöarvoksi saatiin 42,8 MJ/kg, kun 64 % energiasta tuotetaan dieselillä ja 36 % bensiinillä. Nyt voidaan laskea dieselin lämpöarvon bio-osuus, kun oletetaan, että 64 % polttoaineesta on dieseliä ja 36 % bensiiniä. Taulukon 24 arvot on laskettu yhdelle kilogrammalle polttoainetta. Dieselin tuottama bioenergian määrä on laskettu laskemalla bensiinistä saatava bioperäinen energia ja vähentämällä se kokonaisenergian määrästä. Dieselin bio-osuus on saatu jakamalla bioenergian määrä dieselin lämpöarvolla ja osuudella polttoaineesta. Dieselin bio-osuudeksi saatiin 43,9 %.

Taulukko 24. Dieselin vuoden 2030 bio-osuuden laskemisessa käytetyt tunnusluvut (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017e)

	Osuus polttoaineesta	Lämpöarvo [MJ/kg]	Bio-osuus	Bioperäinen energia [MJ]	Energia yhteensä [MJ]
Diesel	63,8 %	43,20	43,9 %	12,11	27,57
Bensiini	36,2 %	42,10	4,8 %	0,73	15,23
Polttoaine	100,0 %	42,80	30,0 %	12,84	42,80

Biokaasulle lasketaan oma bio-osuus käytettävissä olevan biokaasun määrän avulla. Biokaasun osuuden kasvu liikennekaasussa, sekä kaasukäyttöisten autojen määrän lisääntyminen vaikuttavat tutkittavan alueen ympäristöpäästöihin. Biokaasu oletetaan päästölaskennassa hiilidioksidin osalta päästöttömäksi. Vaikutuksen arvioimiseksi on arvioitava käytettävissä oleva biokaasun määrä Suomessa ja liikenteeseen käytettävissä oleva osuus. Biokaasua käytetään myös sähkön ja lämmön tuottamiseen, joten liikenteeseen käytettävän biokaasun osuutta vuonna 2030 on vaikea arvioida. Henkilöautoliikenteen biokaasun osuuteen vaikuttaa tavaraliikenteen käyttämä biokaasun määrä, joka on vähennettävä käytettävissä olevan biokaasun määrästä. Lisäksi on arvioitava kaasautojen määrä vuonna 2030, sekä niiden arvioitu suorite ja kulutus. Koko Suomen liikenteen luvuista saatuja arvioita voidaan soveltaa tutkittavalle alueelle, kun oletetaan, että Lohjan liikenteen autokannan kehitys myötäilee koko Suomen autokannan kehitystä.

VTT:n rahoittaman tutkimuksen mukaan jalostetun biokaasun tehollinen lämpöarvo on noin 10 kWh/m³. Se on sama kuin fossiilisena liikennepolttoaineena käytetyn maakaasun lämpöarvo. Jouleina kilogrammaa kohden ilmoitettuna tehollinen lämpöarvo sekä fossiilisella, että biopohjaisella kaasulla on 50 MJ/kg, kun kaasun tiheys on 0,72 kg/m³. (Alakangas et al. 2016, s. 188 ja 195) VTT:n tietojen mukaan biokaasukomponenttien kulutus oli noin 52 % kaasukomponenttien kokonaiskulutuksesta vuonna 2017 (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2018a). Koska biokaasun ja maakaasun tehollinen lämpöarvo voidaan olettaa samaksi, on vuoden 2017 bio-osuus lämpöarvosta 52 %.

Tähti ja Rintala tutkivat vuonna 2010 biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaalia Suomessa. He arvioivat tutkimuksessaan, että liikennekäyttöön energiaa saataisiin 7,59 TWh, kun vähennetään biokaasuprosessin sähkön ja lämmön kulutus, sekä häviöt. (Tähti & Rintala 2010, s. 31) Taulukossa 25 on esitetty VTT:n arvio kaasuautojen määrästä vuonna 2030. Luvut ovat osa liikenne- ja viestintäministeriön Hiiletön liikenne 2045 – toimenpideohjelmää.

Taulukko 25. Kaasuautojen määrä vuonna 2030 (Liikenne- ja viestintäministeriö 2018a)

	Henkilö-autot	Paketti-autot	Linja-autot	Perävaunuttomat KA	Perävaunulliset KA	Yhteensä
Kaasu [kpl]	132831	13842	806	1938	576	149993
Kaikki [kpl]	2727977	313206	13116	68416	26429	3149144

ALIISA-autokantamallista saadaan laskennat liikennekäytössä olevien autojen määriille, autojen suoritteelle, polttoaineenkulutukselle sekä autojen energiankäytölle. Autokantamallista saadaan myös selville Suomen autokannan suoriteosuudet vuonna 2018. Kaasuautojen biokaasun selvittämiseksi käytetään näitä lukuja, koska vuoden 2017 laskentoja ei ole saatavilla. Jakamalla koko Suomen autokannan luvut kaasuautojen suoriteosuuksilla saadaan eriteltyä suoritelmäärät kaasukäyttöisille henkilöautoille, pakettiautoille, linja-autoille sekä kuorma-autoille.

Suoritemääristä saadaan polttoaineen ja energiankulutus kertomalla suoritelmäärät autojen keskimääräisellä kulutuksella. Tässä työssä on laskettu erikseen keskimääräinen kulutus henkilöautolle, pakettiautolle, linja-autolle sekä perävaunuttomille ja -vaunullisille kuorma-autoille. Laskentojen pohjana on käytetty VTT:n yksikköpäästötietokantaa (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c). Ajoneuvojen kulutus riippuu myös siitä, ajetaanko maantie- vai katuajoa, sillä katuajo lisää autojen kulutusta kilometriä kohden. Taulukossa 26 on esitetty Liikenneviraston tietilastojen avulla lasketut suhteet liikennesuoritteiden jakautumiselle maantie- ja katuajoon. Suhde riippuu ajoneuvon tyypistä. Noin 15-25 % suoritteesta on katuajoa ja loput maantieajoa. (Liikennevirasto 2018b)

Taulukko 26. Kertoimet liikennesuoritteiden jakautumiselle maantie- ja katuajoon eri ajoneuvotyypeillä (Liikennevirasto 2018)

Henkilöautot		Kuorma-autot		Pakettiautot		Linja-autot	
Maantiet	Kadut	Maantiet	Kadut	Maantiet	Kadut	Maantiet	Kadut
0,76	0,24	0,85	0,15	0,76	0,24	0,68	0,32

Kulutukseen vaikuttaa tavaraliikenteessä myös ajoneuvon lastausprosentti. Tässä työssä oletetaan, että tavaraliikenteen ajoneuvot ajavat 70 % ajasta täydellä kuormalla ja loput tyhjällä. Henkilöliikenteessä oletetaan katuajon suoriteosuudeksi 27% ja kuormitukseksi 1,7 henkilöä. Yksikköpäästötietokannassa on esitetty luvut pakettiautojen, linja-

autojen ja kuorma-autojen energiankulutukselle, jotka on koottu taulukkoon 27. Liikennekaasun kulutus lasketaan kertomalla ajoneuvojen energiankulutus liikennekaasun lämpöarvolla 50 MJ/kg.

Taulukko 27. Kaasukäyttöisten autojen energiankäyttö ja polttoaineenkulutus

	Henkilöautot	Pakettiautot	Linja-autot	Perävaunuttomat kuorma-autot	Perävaunulliset kuorma-autot
Energia [MJ/km]	1,95	3,28	12,15	5,68	17,86
Energia [kWh/km]	0,54	0,91	3,39	1,58	4,96
Kulutus [g/km]	39	66	243	114	357

Kaasukäyttöisten ajoneuvojen kokonaisenergiankulutus on arvioitu Hiiletön liikenne 2045 – raportin autokanta-arvioiden avulla. Autokanta-arviot on esitetty kappaleessa 3.4.3. taulukoissa 10-11. Laskennoissa on arvioitu suoritemäärät vuonna 2030 perustuen arvioon, että suoritemäärät kasvavat 12 % vuodesta 2012 vuoteen 2030 mennessä (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2018b). Laskennoissa on arvioitu kaasuaajoneuvojen osuus kaikista ajoneuvoista eri ajoneuvotyyppien mukaan. Tämän jälkeen suoritemäärä kerrottiin kaasuaajoneuvon osuudella kokonaisajoneuvomäärästä. Näin saatiin kaasuaajoneuvojen suoritemäärät vuonna 2030. Suoritemäärät kerrottiin ajoneuvon keskiarvoisella kulutuksella vuonna 2017. Työssä ei otettu huomion mahdollista ajoneuvojen energiatehokkuuden paranemista.

Lopputuloksena saatiin liikennekaasun tarpeen määräksi 1,89 TWh vuonna 2030. Koska biokaasua olisi mahdollista tuottaa 7,59 TWh vuodessa Suomen kapasiteetilla, on mahdollista, että koko Suomen kaasukäyttöinen liikenne käyttäisi biokaasua näillä ajoneuvoennusteilla. Tämän vuoksi oletetaan, että kaikki kaasukäyttöiset ajoneuvot käyttävät polttoaineenaan puhdasta biokaasua, jolloin kaasukäyttöisten ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt ovat nolla.

Polttoaineiden bio-osuuksien avulla voidaan laskea dieselikäyttöisten ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt kilometriä kohden vuonna 2030. Bensiini- ja korkeaseosetanoliautojen bio-osuuksien oletetaan pysyvän samana. Vuonna 2016 dieselin bio-osuus litroista oli 12 % ja hiilidioksidin määrä litrassa oli 2340,8 g. Jos dieselin bio-osuutta kasvatetaan 43,9 %:iin on hiilidioksidin määrä litrassa 1491,6 g. Dieselauton kulutus on 0,0596 l/km, jolloin dieselauton kulutukseksi saadaan 88,9 g/km vuonna 2030. (Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy 2017c) Nyt voidaan laskea dieselin bio-osuuden kasvattamisen vaikutukset kokonaishiilidioksidipäästöön. Dieselauton hiilidioksidipäästöillä 88,9 g/km kokonaishiilidioksidipäästön suuruudeksi saadaan 4,36 miljoonaa kilogrammaa hiilidioksidia. Se on 9,2 % vähemmän kuin vertailuskenaariossa. Lisäksi voidaan olettaa kaasuautojen käyttävän

pelkästään biokaasua, joka ei aiheuta välittömiä hiilidioksidipäästöjä. Perinteisen liikennekaasun vaihtaminen biokaasuun vähentää hiilidioksidipäästöjä tutkittavalla alueella noin 0,1 % verrattuna vertailuskenaarioon. Vuonna 2030 kaasuautoja on arvioitu olevan suurempi osuus kuin vuoden 2017 autokannassa, jonka perusteella vertailuskenaario on laadittu. Biokaasun osuuden kasvattamisen merkitys siis kasvaa, kun kaasuautojen määrä autokannassa kasvaa.

4.4.4 Autokannan vaikutukset hiilidioksidipäästöihin

Koska jalankulku ja pyöräily ovat päästöttömiä kulkutapoja ja joukkoliikennettä ei ole huomioitu, pendelöintiliikenteen hiilidioksidipäästöt johtuvat ainoastaan henkilöautoilusta. Henkilöautoilun hiilidioksidipäästöt riippuvat ajoneuvon käyttövoimasta. Bensiini- ja dieselautot saastuttavat eniten, kun taas vety ja sähkö eivät tuota välittömiä päästöjä lainkaan. Myös puhtaalla biokaasulla toimivat autot ovat päästöttömiä. Siksi autokannan uusiminen on tehokas tapa vähentää hiilidioksidipäästöjä. Kuitenkin autokannan uusiutumiseen on vaikea vaikuttaa kuntatasolla. Autokantaan liittyvät päätökset liittyvät yleensä verotukseen ja tukiin, joista päättää valtio. Tällaisia tukia ja veroja ovat esimerkiksi polttoainevero, romutustuki ja sähköautotuki. Kunnissa voidaan kannustaa päästöttömien ajoneuvojen valintaan esimerkiksi tukemalla uusiutuvien polttoaineiden jakeluinfra rakentamista tai suosimalla julkisissa hankinnoissa uusiutuvilla polttoaineilla toimivia ajoneuvoja. Toimiva biokaasuinfrastruktuuri tai sähkölatausmahdollisuudet kannustavat ihmisiä valitsemaan päästöttömiä vaihtoehtoja. Kunnissa voidaan myös lisätä ihmisten tietoisuutta ajoneuvojen päästöistä ja niiden vähentämismahdollisuuksista kampanjoilla ja muulla tiedotuksella.

Tässä kappaleessa lasketaan autokannan muuttumisen vaikutus, kun oletetaan, että Lohjan autokanta mukailee koko Suomen autokantaa. Autokannan muuttumiselle esiteltiin kaksi skenaariota kappaleessa 3.4.3. Taulukossa 10 on esitetty Liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenon arvio autokannasta vuonna 2030 ja taulukossa 11 VTT:n tutkija Juhani Laurikon tavoitteelliset laskelmat autokannan kehittymisestä vuoteen 2030. Laurikon laskelmat on laskettu niin, että Suomen liikenne olisi hiilineutraalia vuonna 2045. Taulukossa 28 on esitetty Kalenon autokanta-arvion perusteella lasketut hiilidioksidipäästöt.

Taulukko 28. *Pendelöijien kokonaishiilidioksidipäästöt Kalenojan autokantaennusteen perusteella*

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta [%]	Suorite [km/a]	CO ₂ [g/km]	CO ₂ [kg/a]	CO ₂ -%
Bensiini	1 780 341	62,57 %	19 702 050	158,59	3 124 583	72,43 %
FFV	-	0,00 %	-	29,90	-	0,00 %
Diesel	652 595	22,93 %	7 221 908	139,39	1 006 642	23,34 %
Kaasu	43 644	1,53 %	482 984	66,57	32 153	0,75 %
PHEV(BE)	113 982	4,01 %	1 261 376	63,44	80 018	1,85 %
PHEV(DI)	113 982	4,01 %	1 261 376	55,75	70 328	1,63 %
Sähkö	136 382	4,79 %	1 509 264	-	-	0,00 %
Vety	4 485	0,16 %	49 633	-	-	0,00 %
Yhteensä	2 845 411	100,00 %	31 488 590	-	4 313 723	100,00 %

Tuloksista nähdään, että kokonaishiilidioksidipäästöt putoavat 10,1 % verrattuna vertailuskenaarioon. Tuloksissa on käytetty vuoden 2016 ajoneuvojen päästökertoimia, joten vuoden 2030 päästökertoimilla vähenemä on vieläkin suurempi, sillä dieselin bio-osuus on suurempi ja kaasuajoneuvojen välittömät päästöt ovat nolla, jos käytetään vain bio-kaasua. Kokonaishiilidioksidipäästöt ovat 4,3 miljoonaa kiloa hiilidioksidia, kun vertailuskenaariossa hiilidioksidipäästöjen määrä oli 4,8 miljoonaa kiloa. Suurimmat vähennykset tulevat bensiini- ja dieselautojen osuuden pienenemisestä.

VTT:n tutkija Juhani Laurikon tavoitteelliset laskelmat autokannan kehittämisestä vuoteen 2030 ovat idealistisemmat kuin Kalenojan. Laskujen perusteena on tavoite hiilineutraalista liikenteestä vuonna 2045. Laurikon arvioiden perusteella lasketut hiilidioksidipäästöt on esitetty taulukossa 29. Laurikon arvioima autokantamuutos aiheuttaisi jopa 23,8 % vähenemän hiilidioksidipäästöihin verrattuna vertailuskenaarioon. Laurikon laskelmissa bensiini- ja dieselautojen määrä on pienempi kuin Kalenojan ja kaasuautoja on selvästi enemmän.

Taulukko 29. Pendelöijien kokonaishiilidioksidipäästöt Laurikon autokantaennusteen perusteella

	Henkilöau- tot [kpl]	Osuus auto- kannasta [%]	Suorite [km/a]	CO ₂ [g/km]	CO ₂ [kg/a]	CO ₂ -%
Bensiini	1 406 558	51,56 %	16 235 662	158,59	2 574 842	70,39 %
FFV	-	0,00 %	-	29,90	-	0,00 %
Diesel	522 555	19,16 %	6 031 764	139,39	840 751	22,99 %
Kaasu	132 831	4,87 %	1 533 246	66,57	102 071	2,79 %
PHEV(BE)	189 952	6,96 %	2 192 584	63,44	139 090	3,80 %
PHEV(DI)	1 620	0,06 %	18 699	55,75	1 043	0,03 %
Sähkö	474 461	17,39 %	5 476 623	-	-	0,00 %
Vety	1	0,00 %	12	-	-	0,00 %
Yhteensä	2 727 978	100,00 %	31 488 590	-	3 657 797	100,00 %

4.5 Toimenpiteiden yhteisvaikutukset: loppuskenaariot

Diplomityössä laadittiin kaksi kokonaisskenaariota, jotta saataisiin yhdistettyä erilaisia hiilidioksidipäästöihin vaikuttavia toimia. Skenaariot yhdistävät aiemmissa kappaleissa esitetyt vaikutusmahdollisuudet, kuten kaavoituksen, bio-osuuden kasvattamisen ja liikumisen ohjauksen vaikutukset. Molemmissa kokonaisskenaarioissa oletettiin, että Lempolan alueelle muuttaa 10 000 asukasta. Kaikki uudet Lohjan asukkaat, eli noin 1330 asukasta muuttavat Lempolaan ja loput asukkaista muuttavat tasaisesti ympäri Lohjaa Lempolaan. Pendelöijien etäisyydet asemalta on esitetty taulukossa 18. Ajoneuvojen päästökertoimina käytetään taulukossa 30 esitettyjä arvoja, joissa dieselin bio-osuus on laskettu kappaleen 4.6. mukaisella tavalla ja käytetty liikennekaasuna on oletettu käytettävän biokaasua, jolloin kaasun välittömät hiilidioksidipäästöt ovat nolla. Hybridiautojen (PHEV) sähköllä ajon osuus on arvioitu olevan 50 % suoritteesta. Tämän vuoksi hybridi-autojen päästöt aiheutuvat vain polttomoottorilla ajetuista määristä.

Taulukko 30. Henkilöautojen hiilidioksidipäästöt vuonna 2030

Käyttövoima	Bensiini	FFV	Diesel	Kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	Sähkö	Vety
CO ₂ [g/km]	158,59	29,90	88,90	-	63,44	28,65	-	-

Liikenteen ohjauksessa oletettiin 30 % kasvu kävelyn- ja pyöräilyn suoritemääriin. Kulutapaosuuksina käytettiin taulukon 21 arvoja. Lisäksi oletettiin, että sähköpyöräilyn suosion kasvu nostaa pyöräilyn maksimipituuden viidestä kilometristä seitsemään kilometriin. Kävelymatkojen maksimipituudeksi oletettiin kolme kilometriä. Skenaarioissa käytetään muuten samoja arvoja, mutta skenaariossa yksi käytetään Kalenojan arviota ja skenaariossa kaksi Laurikon arviota autokannalle vuonna 2030. Kappaleessa 4.10 esitellään vielä lisätavoitteita, joilla voitaisiin päästä Energia- ja ilmastostrategian tavoitteeseen, eli 50 prosentin hiilidioksidipäästövähennykseen vuoteen 2030 mennessä.

Taulukoissa 31-32 on esitetty skenaarion 1 tulokset. Taulukossa 31 on esitetty matkojen määrän ja suoritteen jakautuminen henkilöautoilun, jalankulun ja pyöräilyn kesken. Kokonaisuudessaan työmatkoja tehdään noin 2,5 miljoonaa kappaletta vuodessa, jos oletetaan jokaisen pendelöijän tekevän 502 matkaa vuodessa. Näistä 82,4 % tehdään henkilöautolla ja loput kävellen tai pyörällä. Pyöräilyn osuus on kaikkein pienin, vain 4,6 % kaikista matkoista. Vertailuskenaariossa henkilöautoilun osuus matkoista oli jopa 98,5 %, jolloin kävelyn osuus oli 0,2 % ja pyöräilyn 1,3 %. Jalankulun osuus matkoista on kasvanut Lempolan asuinalueen kaavoituksen seurauksena, kun ison osan pendelöijistä arvioidaan asuvan alle kahden kilometrin päässä Lempolan asemasta. Kokonaissuoritteesta henkilöautoilun osuus on jopa 97,1 %. Vertailuskenaariossa henkilöautoilun osuus suoritteesta oli 99,6 %, joten liikkumisen ohjauksella saadaan aikaan 2,5 prosentin vähenemä henkilöautoilun suoriteosuuteen. Jalankulun suoriteosuus kasvaa 0,02 prosentista 1,5 prosenttiin ja pyöräilyn 0,35 prosentista 1,4 prosenttiin. Tuloksissa täytyy kuitenkin ottaa huomioon kaavoituksen vaikutus, eli myös kokonaissuorite pienenee, kun ihmiset asuvat lähempänä asemaa. Tällöin myös kuljettavan matkan pituus lyhenee. Kokonaissuorite oli vertailuskenaariossa noin 31,5 miljoonaa kilometriä ja skenaarioissa 1 ja 2 se on 24,9 miljoonaa kilometriä. Kokonaissuorite vähenee siis yhteensä 19 %.

Taulukko 31. *Matkojen ja suoritteen määrät kulkutavan mukaan skenaariossa 1*

	Henkilöauto	Jalankulku	Pyöräily	Yhteensä
Matkat [kpl/a]	2 023 864	319 203	112 885	2 455 952
Matkat-%	82,4 %	13,0 %	4,6 %	100,0 %
Suorite [km/a]	24 939 039	378 573	358 566	25 676 178
Suorite-%	97,1 %	1,5 %	1,4 %	100,0 %

Taulukossa 32 on henkilöautoilun aiheuttamat hiilidioksidipäästöt ja suoritemäärät henkilöauton käyttövoiman mukaan tutkittavalla alueella. Suurimman osuuden hiilidioksidipäästöistä aiheuttaa edelleen bensiiniautot, joiden osuus hiilidioksidipäästöistä on 80,29 %. Bensiiniautojen hiilidioksidipäästöjen osuus kasvaa vertailuskenaarioon verrattuna, koska dieselin bio-osuus kasvaa ja kaasuautojen käyttämä polttoaine on oletettu olevan 100-prosenttisesti biokaasua. Bensiiniautojen päästöt ovat noin 2 475 tonnia hiilidioksidia, kun vertailuskenaariossa bensiiniautojen aiheuttamat päästöt olivat noin 3 600 hiilidioksiditonnia. Dieselin päästöt tippuvat 1 200 tonnista 500 tonniin, joten bio-osuuden kasvattamisella ja dieselautojen vähenemisellä autokannassa on suuri vaikutus. Ladattavien hybridien aiheuttamat hiilidioksidipäästöt suurenevat, koska niiden määrä autokannassa kasvaa. Laskuissa oletetaan, että ladattavilla hybrideillä ajetaan sähköllä 50 % suoritteesta. Kokonaishiilidioksidipäästöt vähenevät ensimmäisessä skenaariossa yhteensä yli 1 700 tonnilla. Hiilidioksidipäästöihin saadaan siis 35,8 % vähenemä.

Taulukko 32. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt skenaariossa 1 jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta	Suorite [km/a]	CO ₂ [g/km]	CO ₂ [kg/a]	CO ₂ -%
Bensiini	1 780 341	62,57 %	15 604 070	158,59	2 474 677	80,29 %
FFV	-	0,00 %	-	29,90	-	0,00 %
Diesel	652 595	22,93 %	5 719 768	88,90	508 487	16,50 %
Kaasu	43 644	1,53 %	382 524	-	-	0,00 %
PHEV(BE)	113 982	4,01 %	999 013	63,44	63 374	2,06 %
PHEV(DI)	113 982	4,01 %	999 013	35,56	35 525	1,15 %
Sähkö	136 382	4,79 %	1 195 341	-	-	0,00 %
Vety	4 485	0,16 %	39 309	-	-	0,00 %
Yhteensä	2 845 411	100,00 %	24 939 039	-	3 082 064	100,00 %

Skenaariossa 2 käytetään samoja laskentaperiaatteita kuin skenaariossa 1, mutta laskennoissa käytetään VTT:n tutkija Juhani Laurikon laskelmia autokannan kehittymisestä vuoteen 2030. Matkojen ja suoritteen määrät ja jakautuminen kulkutavan mukaan pysyvät samoina kuin skenaariossa 1. Taulukossa 33 on esitetty skenaarion 2 hiilidioksidipäästöt jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan.

Taulukko 33. Tunnin Junan pendelöijien hiilidioksidipäästöt skenaariossa 2 jaoteltuna henkilöauton käyttövoiman mukaan

	Henkilöautot [kpl]	Osuus autokannasta	Suorite [km/a]	CO ₂ [g/km]	CO ₂ [kg/a]	CO ₂ -%
Bensiini	1 406 558	51,56 %	12 858 683	158,59	2 039 281	79,21 %
FFV	-	0,00 %	-	29,90	-	0,00 %
Diesel	522 555	19,16 %	4 777 172	88,90	424 691	16,50 %
Kaasu	132 831	4,87 %	1 214 334	-	-	0,00 %
PHEV(BE)	189 952	6,96 %	1 736 532	63,44	110 160	4,28 %
PHEV(DI)	1 620	0,06 %	14 810	35,56	527	0,02 %
Sähkö	474 461	17,39 %	4 337 499	-	-	0,00 %
Vety	1	0,00 %	9	-	-	0,00 %
Yhteensä	2 727 978	100,00 %	24 939 039	-	2 574 658	100,00 %

Myös skenaariossa 2 suurin hiilidioksidipäästö aiheutuu bensiiniautoista. Kuitenkin skenaariossa 2 bensiiniautojen osuus on hieman pienempi, jolloin dieselin ja hybridautojen osuus päästöistä on hieman suurempi. Bensiiniautoista aiheutuvan hiilidioksidipäästön suuruus on 2 040 tonnia hiilidioksidia skenaariossa 2, kun se oli noin 2 480 tonnia skenaariossa 1. Dieselautojen hiilidioksidipäästö on myös pienempi skenaariossa 2. Yhteensä hiilidioksidipäästöjen osuus on noin 2 575 tonnia hiilidioksidia skenaariossa 2. Tämä tarkoittaa 46,4 % vähenemää verrattuna vertailuskenaarioon. Energia- ja ilmastostrategian tavoitteena on vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä 50 %:lla, joten skenaariolla 2 päästään jo hyvin lähelle tätä tavoitetta. Kuitenkin skenaarion 2 autokantaja-kauma on hyvin optimistinen. Todellisuudessa autokannan uusiutuminen on hidasta ja kytköksissä muun muassa päästöttömien käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin kehitykseen sekä autojen tukiin ja verotukseen. Skenaariosta kuitenkin nähdään, että on teoriassa mahdollista päästä lähelle 50 % vähentämistavoitetta tutkittavalla alueella.

Biopolttoaineiden osuuteen liikennepolttoaineessa on kunnan vaikea vaikuttaa. Kuitenkin Lohja voi tukea sähkölatauspisteiden ja vety- tai biokaasutankkausasemien rakentamista. Bio-osuuden kasvattaminen 30 %:iin on merkattu lakiin, joten sen toteutuminen on hyvin todennäköistä. Epävarmempaa on biokaasun osuus liikennekaasussa. Autokannan uusiutumiseen Lohja voi vaikuttaa julkisilla hankinnoilla ja tiedotuksella ajoneuvojen päästöistä, sähköautotuista sekä ajoneuvojen konversiotuista.

Liikkumisen ohjauksella Lohja voi kasvattaa kestävien liikkumismuotojen kulkutapaosuuksia. Viestintä työpaikoilla, digitalisaation hyödyntäminen ja älykkäät palvelut auttavat ihmisiä saamaan tietoa esimerkiksi kevyen liikenteen väylistä ja joukkoliikennemahdollisuuksista. Joukkoliikenteen käyttöön tai kävelyyn ja pyöräilyyn liittyvillä kampanjoilla voidaan saada keskimäärin noin 10 % vähenemä henkilöautoiluun. Kestävän liikkumisen ohjauskeinoja on esitelty kappaleessa 3.3. Työpaikkoja voidaan kannustaa myös yhteiskäyttöautojen ja pyörien hankintaan.

Suurin vaikutus kunnalla on kaupunkirakenteeseen. Kunnissa on otettava huomioon kävely ja pyöräily kaikilla kaavatasoilla varmistaen eri palveluiden kohtuulliset välimatkat ja pendelöijien asuinpaikkojen sijoittuminen liikkumispalveluihin nähden. Asemanseudun potentiaali on hyödynnettävä älykkäästi. Pyöräparkit ja kevyiden sähköisten kulkuvälineiden hyvä saatavuus kannustaa kestäviin liikkumistapoihin. Suurimmat haasteet Lohjalla ovat mahdollisen joukkoliikenneyhteyden suunnittelussa.

4.6 Energia- ja ilmastostrategian tavoitteiden saavuttaminen – keinot 50 prosentin päästövähennyksiin

Valtioneuvoston vuodelle 2030 luodun kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaan liikennesektorilla pyritään jopa 50 prosentin päästöjen vähentämiseen vuoteen 2030 mennessä. Tässä kappaleessa esitellään tarvittavia toimenpiteitä ja tavoitteita, jotka saavuttamalla päästäisiin tutkittavalla alueella 50 prosentin hiilidioksidipäästövähennykseen. Skenaariossa 1 päästövähennemä oli 35,8 % eli toimenpiteiden pitäisi olla suuria, jotta 50 % päästövähennemään voitaisiin päästä. Skenaariossa 2 päästövähennemä oli 46,4 %, jolloin tavoitteeseen pääsemiseksi ei enää tarvittaisi kovin suuria toimenpiteitä. Tarvittavien toimenpiteiden suuruus riippuu siis suuresti vuoden 2030 autokannasta.

Kaavoituksen vaikutus vertailuskenaarioon verrattuna oli 19,6 %. Kaavoitus on yksi suurimmista päästövähennykseen vaikuttavista tekijöistä, sillä se vähentää suoritetta ja parhaimmassa tapauksessa lisää joukkoliikennelinjan rakentamisen kannattavuutta. 10 000 asukkaan tavoite Lempolan alueelle on vaativa tavoite, mutta asumista voisi Lohjalla keskittää myös muille alueille. Lohjan Hiidensalmeen on jo rakenteilla asuntomessualue,

joka voisi toimia yhtenä joukkoliikennelinjan päätepisteenä (Osuuskunta Suomen Asun-
tomessut 2017). Lohjalla pitäisi tehdä perusteellinen asumisen ja kaavoituksen suunnitelma joukkoliikennelinjan toteutumiseksi. Yhdyskuntarakenteen tutkinnan tilastojen mukaan tämän hetkinen joukkoliikennelinjasuunnitelma ei palvele pendelöijiiä, sillä se sijaitsee liian kaukana pendelöijien asuinpaikoista. Alkuperäisissä skenaarioissa oletettiin, että 20 % Lohjan pendelöijistä asuisi Lempolassa, eli alle 2 kilometrin päässä asemalta. Jotta skenaariossa 1 päästäisiin 50 % päästövähennyksiin, pitäisi skenaariossa joukkoliikennelinjan tavoitettavissa tai Lempolan alueella asua yhteensä 39 % Lohjan pendelöijistä. Jos joukkoliikennelinja toteutetaan päästöttömillä liikkumismuodoilla, sen käyttäminen vähentää päästöjä ja on verrattavissa kevyen liikenteen käyttäjiin. Joukkoliikennelinja voitaisiin toteuttaa esimerkiksi nopealla sähköisellä shuttle-bussilla tai raitteettomalla raitiovaunulla. Skenaariossa 2 osuus on maltillisempi, sillä 50 % päästövähennykseen pääsemiseksi pitäisi pendelöijistä 28 % asua Lempolassa tai joukkoliikenneväylän varrella.

Jos päästövähennys haluttaisiin toteuttaa pelkästään joukkoliikennelinjan kehittämisellä ja kaavoittamalla linja asuinalueiden läheisyyteen, pitäisi joukkoliikenteen kulkutapaosuuden olla skenaariossa 1 kaikilla matkanpituuksilla 22 %. Tämä on erittäin suuri luku verrattuna Henkilöliikennetutkimuksen joukkoliikenneosuuksiin, jotka suurimmillaan Suomessa Helsingissä ovat 18 %. Kaikista Suomen liityntäliikennematkoissa yhdellä tai useammalla joukkoliikennevaihdolla tehtiin 18 %. Keskimäärin Suomessa työmatkoista 12 % tehtiin joukkoliikenteellä (Liikennevirasto 2018a) Skenaariossa 2 joukkoliikenteen osuus kulkutavasta tulisi olla kaikilla matkanpituuksilla 6,5 %. Tämä osuus kulkutavasta on tutkimuksien valossa mahdollinen. Pyöräilyllä voisi olla enemmänkin potentiaalia, kuin 30 % kasvu matkojen määrässä. Kappaleessa 3.2.3. kerrottiin, että keskimäärin pyöräilyn kulkutapaosuus juna-asemalle tutkimuksissa oli 18,5 %. Suomessa työmatkoista tehdään keskimäärin 11 % polkupyörällä (Liikennevirasto 2018a). Skenaarioissa pyöräilyn osuus oli alle 7 kilometrin matkoilla noin 11 % ja alle 10 kilometrin matkoilla 3 %. Yli kymmenen kilometrin matkoja ei arvioitu kuljettavan polkupyörällä.

Autokannan muuttuminen radikaalimmin voisi myös johtaa 50 % päästövähennykseen. Skenaarioon 1 verratessa autokannan muuttuminen tulisi olla radikaalimpaa kuin skenaariossa 2. Taulukossa 34 on esitetty bensiini-, kaasu-, sähkö- ja vetyautojen osuus autokannasta verrattuna skenaarioon 1, kun bensiiniautoja on korvattu päästöttömillä ajoneuvoilla niin, että päästään 50 % päästövähennykseen. Diesel-, FFV- ja hybridiautojen määrä on pidetty samana kuin alkuperäisissä skenaarioissa. Taulukon yläotsikossa

on kerrottu, minkä ajoneuvon osuutta on suurennettu. Viimeisessä sarakkeessa on laskettu kaikille päästöttömille ajoneuvoille yhtä suuri osuus, jolla päästään 50 % vähenykseen.

Taulukko 34. Käyttövoimaosuudet ajoneuvokannassa, kun tavoitteena on 50 % päästövähennys skenaariossa 1

	Skenaario 1	Kaasu	Sähkö	Vety	Tasainen
Bensiini	62,6 %	45,3 %	45,3 %	45,3 %	45,3 %
Kaasu	1,5 %	18,8 %	1,5 %	1,5 %	7,9 %
Sähkö	4,8 %	4,8 %	22,0 %	4,8 %	7,9 %
Vety	0,2 %	0,2 %	0,2 %	17,4 %	7,9 %

Kaasuautojen määrän pitäisi kasvaa 1,5 %:sta 18,8 %:iin, jotta saavutettaisiin 50 % päästövähennys. Sähköautojen osuus pitäisi kasvaa 4,8 %:sta 22 %:iin ja vetyautojen osuus 0,2 %:sta 17,4 %:iin. Bensiiniautojen osuus olisi 50 %:n päästövähennysskenaarioissa 45,3 %. Tasaisessa skenaariossa kaikkia päästöttömiä henkilöautoja olisi jokaista 7,9 % autokannasta eli yhteensä 23,7 %. Taulukossa 35 on esitetty samanlaiset laskennat skenaariossa 2.

Taulukko 35. Käyttövoimaosuudet ajoneuvokannassa, kun tavoitteena on 50 % päästövähennys skenaariossa 2

	Skenaario 2	Kaasu	Sähkö	Vety	Tasainen
Bensiini	51,6 %	47,2 %	47,2 %	47,2 %	47,2 %
Kaasu	4,9 %	9,3 %	4,9 %	4,9 %	8,9 %
Sähkö	17,4 %	17,4 %	21,8 %	17,4 %	8,9 %
Vety	0,0 %	0,0 %	0,0 %	4,4 %	8,9 %

Skenaariossa 2 kaasuautojen määrän pitäisi kasvaa 4,9 %:sta 9,3 %:iin, sähköautojen osuus 17,4 %:sta 21,8 %:iin ja vetyautojen osuus nolasta 4,4 %:iin. Bensiiniautojen osuus olisi 50 %:n päästövähennysskenaarioissa 47,2 %. Tasaisessa skenaariossa kaikkia päästöttömiä henkilöautoja olisi jokaista 8,9 % autokannasta eli yhteensä 26,7 % autokannasta.

Päästöarvioissa ei ole huomioitu uusien autojen moottoreiden energiatehokkuuden ja hyötysuhteen paranemista, koska autokantaennusteissa ei ole kerrottu uusien autojen osuutta autokannasta. Myös tämä vaikuttaa päästövähennykseen, joten todellisuudessa skenaarioiden 1 ja 2 päästövähennykset voivat olla suurempia. Jos joukkoliikennelinja saadaan toteutettua uudenaikaisia kaupunkisuunnittelulla ja kaavoituksella ja ajoneuvokanta uusiutuu riittävän nopeasti, on 50 %:n päästövähennys liikenteessä mahdollinen.

5. YHTEENVETO

Tämän diplomityön tavoitteena oli selvittää, mitkä ovat Lohjan uuden Lempolan rautatieaseman liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöt vuonna 2030. Uusi Lempolan asema liittyy Tunnin Junaan, joka on suunnitteilla oleva uusi nopea junayhteys Turun ja Helsingin välille. Suunnitelmissa yksi asema tulisi olemaan Lohjan Lempolassa. Rautatieasema sijoittuisi noin 7 kilometrin päähän Lohjan keskustasta, joka luo haasteita liityntäliikenteen toteuttamiselle. Tutkimus rajattiin vain Lohjan ulkopuolella Tunnin Junan vaikutusalueella työssäkäyviin, eli työssä ei käsitelty muussa tarkoituksessa tehtyjä liityntämatkoja, kuten vapaa-ajan matkoja tai koulumatkoja. Lisäksi työssä keskityttiin vain välittömiin päästöihin, eikä välillisiä päästöjä, kuten sähköntuotannon aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä, otettu työssä huomioon. Työssä haluttiin selvittää, millainen on Lohjan nykyinen liikennejärjestelmä ja sen käyttövoimien osuus. Lisäksi selvitettiin, mikä on tutkittavan alueen liityntäliikenteeseen liittyvien työmatkakäyttäjien osuus. Tietojen avulla luotiin vertailuskenaario perustuen vuoden 2016 ja 2017 liikenteen tunnuslukuihin. Työmatkaliikkujien asuinpaikkojen ja tulevaisuuden trendien perusteella luotiin mahdollisia skenaarioita Lohjan liityntäliikenteen toteutumiselle vuonna 2030. Skenaarioissa käsiteltiin Lohjan mahdollista kulkutapajakaumaa vuonna 2030, ja lopuksi pendelöintimatkojen aiheuttamia hiilidioksidipäästöjä. Skenaarioita verrattiin vertailuskenaarioon, jotta saatiin tietää, kuinka paljon hiilidioksidipäästöjä olisi mahdollista vähentää. Lohjan tavoitteena on kehittää asemanseutua ja rakentaa uusi urbaani kaupunginosa noin 11 000 ihmiselle. Asemanseudusta on tehty kaksi ideasuunnitelmaa, joissa molemmissa keskitytään palveluiden, työpaikkojen ja aseman tehokkaaseen sijoitteluun, sekä kevyen liikenteen väylien rakentamiseen. Lisäksi suunnitelmissa on myös joukkoliikennelinja Lohjan keskustasta Lempolaan. Ideasuunnitelmassa arvioitiin, että halvat liikennöintikustannukset mahdollistavat tiheävuorovälisen palvelun, mutta joukkoliikennelinjan todellisesta kannattavuudesta tai käyttäjien määrästä ei ole arvioita. Työssä arvioitiin potentiaalisten pendelöijien määrä Yhdyskuntarakenteen seurannan tilastojen avulla.

Lohjan liikenne rakentuu nykyisin vahvasti henkilöautoilun varaan. Lohjan sisäisistä matkoista 25 % tehtiin kestäväillä kulkutavoilla, eli kävellen, pyörällä tai joukkoliikenteellä. Lohjan henkilöautoilun kulkutapaosuus on yksi suurimmista koko maassa. Lohjalla ei ole kunnollista sisäistä joukkoliikennettä, vaan joukkoliikennematkat tehdään pääasiassa koulubusseilla tai pitkän matkan busseilla. Joukkoliikenteen osuus korostuukin vasta yli 20 kilometrin pituisilla matkoilla. Työmatkojen osuus läntisellä Uudellamaalla oli 13 % ja työhön liittyviä matkoja 20 %. Jalan tehtyjen matkojen keskipituus oli noin 2 kilometriä ja

pyörällä tehtyjen 3 kilometriä, mutta tilastoissa on mukana myös vapaa-ajan matkat, jotka pidentävät matkojen pituutta. Kävellessä kaikista matkoista tehtiin noin 19 % matkoista ja pyöräillen 5 % matkoista. Tilastojen avulla selvitettiin, että Lohjan liikenteen kokonaispäästöt ovat 127,3 miljoonaa kilogrammaa hiilidioksidia. Tästä 56 % aiheutuu henkilöautoliikenteestä.

Liityntäliikenteen skenaarioita lähdettiin miettimään ihmisen liikkumiskäyttäytymisen, erilaiset liityntäliikennemahdollisuuksien ja kaupunkirakenteen kautta. Liikkumisen ohjauksella voidaan vaikuttaa ihmisen liikkumiskäyttäytymiseen. Erilaiset kampanjat ja kestävä liikenteen olosuhteiden parantaminen vaikuttavat kestävä liikumisen kulkutapaosuuteen. Myös verotuksella ja erilaisilla tuilla voidaan kannustaa kestävä liikumiseen. Kävelyn ja pyöräilyn lisääminen liityntäliikennemuotona vaatii aktiivista työtä asian eteen ja oikeanlaista tiedotusta. Työpaikoilla tehtävät kampanjat vaikuttavat pendelöijien kulkutapavalintaan. Liikkumisen ohjauksessa tärkeää on muistaa, että ihmisen liikkumiskäyttäytyminen ja kulkutavan valinta on monen eri tekijän summa. Kulkutavan valintaan vaikuttavat esimerkiksi matkan pituus, matka-aika, asenteet sekä fyysiset rajoitteet. Kaupunkirakenteessa on otettava huomioon kävely ja pyöräily kaikilla kaavatasoilla. Työmatkaliikenteessä tärkeää on nopea ja saumaton yhteysverkko rautatieasemalle. Pääpyöräreittiverkoston on oltava kilpailukykyinen verrattuna henkilöautolla kuljettaviin reitteihin. Lisäksi väylien kunto on oltava hyvä ja esimerkiksi pyöräpysäköintiä voidaan kehittää. Kevyen liikenteen jälkeen täytyy panostaa julkisen liikenteen toimivuuteen. Joukkoliikenteen kehittämisen kannalta tärkeimpiä asioita ovat nauhamaisen kaupunkirakenteen suosiminen, lyhyet kävely- ja pyöräilymatkat pysäkeille ja joukkoliikenteen runkolinjat, jotka liittävät tiheät alueet toisiinsa. Työpaikkakeskittymät on hyvä sijoittaa joukkoliikennereittien varrelle. Liikenteen kestävyys tulisi olla suunnittelussa tärkeä parametri. Esimerkiksi osa autoille tarkoitetuista parkkipaikoista voidaan kohdentaa pyöräpysäköintiin.

Mahdollisia liityntäliikenteen kulkutapoja Lohjalla ovat henkilöauto, joukkoliikenne, kävely, pyöräily sekä kevyet sähkökäyttöiset kulkuvälineet. Lohjan liikenne koostuu tällä hetkellä henkilöautoilusta, kävelystä, pyöräilystä sekä pienestä joukkoliikenneosuudesta. Kävely, pyöräily ja kevyet sähkökäyttöiset kulkuvälineet eivät aiheuta välittömiä hiilidioksidipäästöjä. Ne ovat myös autonomisia ja matkakestoltaan ennustettavia kulkutapoja, joilla lyhyet matkaketjut tapahtuvat kulkutapaa vaihtamatta. Kuitenkin matkan pituus rajoittaa kävelyn ja pyöräilyn suosiota. Keskimäärin kävelymatka juna-asemalle on noin 800 metriä. Kaukojunaan pyöräillään maksimissaan 4-5 kilometrin säteeltä. Henkilöautoilun ja joukkoliikenteen hiilidioksidipäästöt riippuvat ajoneuvon käyttövoimasta. Henkilöautoilun kulkutapaosuus Suomessa oli 61 % vuonna 2016, mutta liityntäliikenne-

muotona sitä käytettiin vain 3 %:ssa matkoista. Tästä voidaan päätellä, että henkilöautolla usein halutaan ajaa koko matka ja kynnys henkilöautosta joukkoliikennemuotoon vaihtamiseen on suuri. Henkilöauto on joustava ja aikatauluista riippumaton liityntäliikennemuoto. Jo yli puolet 1-2 kilometrin pituisista matkoista tehdään henkilöautolla. Tällä hetkellä henkilöauton käyttövoimia ovat fossiiliset ja bioperäiset nestemäiset polttoaineet, maa- ja biokaasu, sähkö sekä vety. Henkilöautoilua pyritään yleensä liikemisenohjauksessa vähentämään sen päästöjä tuottavan vaikutuksen vuoksi, sillä auton käyttövoimana toimivat yleensä fossiiliset polttoaineet. Kuitenkin vuonna 2030 nestemäisten polttoaineiden bio-osuus on lailla määrätty olevan vähintään 30 %. Sähköauto ei tuota ollenkaan välittömiä päästöjä, mutta sen käyttöä rajoittaa korkea hinta ja rajallinen toimintamatka, sekä puutteellinen latausverkosto. Vetyteknologian läpimurtoa on ennustettu jo parin kymmenen vuoden ajan, mutta samoilla markkinoilla kilpailee myös täyssähköauto ja ladattavat hybridit. Vetyautojen yleistymiseen tarvitaan uusi ajoneuvokalusto ja uudenlainen jakeluverkosto. Biokaasua käytettäessä kaasuauto ei tuota välittömiä päästöjä. Biokaasun tuotantopotentiaali on niin suuri, että optimistisissakin autokantaennusteissa kaikki kaasukäyttöiset henkilöautot voivat kulkea 100-prosenttisesti biokaasulla. Kuitenkin myös kaasuautojen tankkausasemaverkosto ei vielä ole tarpeeksi kehittynyt. Henkilöauton käyttövoimista bensiiniauto saastuttaa eniten. Vuonna 2017 noin 71,8 % kaikista autoista oli bensiiniautoja. Joukkoliikenteen kulkuvälineitä ovat esimerkiksi linja-autot, kaupunkibussit ja erilainen raideliikenne. Sähkö- ja biokaasukäyttöiset bussit eivät tuota välittömiä päästöjä. Lisäksi markkinoille on tullut uudenlaisia sähkökäyttöisiä ajoneuvoja, kuten robottibussit ja raiteeton raitiovaunu, jotka voisivat olla päästötön ratkaisu viimeisen kilometrin ongelmaan. Joukkoliikenteen tulee kuitenkin olla helposti saavutettavissa. Työmatkoilla kävellään bussipysäkillä korkeintaan noin kilometri. Joukkoliikenteen käyttöasteeseen vaikuttavat myös joukkoliikenteen aikataulut ja niiden täsmällisyys, joukkoliikennevälineen ja pysäkkien palvelutaso sekä matkaketjun sujuvuus.

Kunnan liikkumisen suunnittelussa on hyvä huomioida valtiotason päätökset, kuten ajoneuvojen verotukseen ja tukiin liittyvät asiat. Ne ohjaavat kuluttajia henkilöautoihin ja kulkutapaan vaikuttavissa asioissa. Verotuksella on saatu nopeasti pienenennettyä vähäpäästöisten henkilöautojen päästöjä. Liikenteen hiilidioksidipäästöissä iso vaikutus on autokannalla. Lohjan on hyvä seurata oman autokantansa kehitystä. Vuonna 2030 autokanta koostuu ennusteiden mukaan bensiini-, diesel-, kaasu-, vety- ja sähköautoista. Lisäksi mukana on hybridiautoja, joissa on sekä polttomoottori että sähköakku. Korkeaseosanoliautoja ei oleteta olevan enää markkinoilla. Skenaarioiden laskennassa

käytettiin kahta ajoneuvokantaennustetta. Skenaarioissa oletetaan, että sähkö- ja kaasuajoneuvojen kehittäminen etenee niin, ettei se rajoita autojen määrän kasvua. Ennusteissa bensiini- ja dieselautojen määrä on selvästi pienempi vuonna 2030. Sähkö-, kaasu- ja hybridautojen määrä kasvaa. Toisessa ennusteessa kaasuautojen määrä on selvästi suurempi ja lisäksi vetyautojen määrä on kasvanut. Toisessa uskotaan sekä sähkö- että kaasuautojen yleistymiseen, mutta vetyautojen arvioitu määrä on pieni.

Potentiaalisten pendelöijien määrä selvitettiin yhdyskuntarakenteen seurannan tilastoilla. Tutkimuksessa arvioitiin ajallisesti työssäkäyvien matka-aika junalla verrattuna henkilöautoon. Matka-ajan perusteella saatiin rajattua potentiaaliset Tunnin Junalla töihin matkustavat. Yksinkertaistuksen vuoksi oletettiin, että kokonaan henkilöautolla liikuttu matkat kuljetaan Lempolan aseman kautta. Tämä aiheuttaa virhettä, sillä Lohjan reuna-alueilla asuvien asukkaiden nopein reitti henkilöautolla ei välttämättä kulje Lempolan aseman kautta. Tutkimuksessa ei myöskään ole otettu huomioon työskentelykaupungin päässä tapahtuvaa liityntämatkaa työpaikalle. Tulosten pohjalta pääteltiin, että potentiaalisia pendelöijä ovat Helsingissä, Turussa ja Salossa työskentelevät. Muissa kaupungeissa työskentelevät jätetään tutkimuksen ulkopuolelle, sillä matkustusajat ovat selvästi pidempiä junalla kuin henkilöautolla. Yhteensä potentiaalisia pendelöijä on 4760 henkilöä vuonna 2017. Työssä laskettiin hiilidioksidipäästöt ensisijaisesti tilastokeskuksen asukaslukuarvion mukaisesti, eli oletettiin Lohjan asukasluvun olevan 49169 vuonna 2030. Työssä tehtiin oletus, että asukasluvun kasvaessa Lohjan työssäkäyvien ja Tunnin Junan alueella pendelöivien määrä pysyy suhteessa samana. Vertailuskenaariossa ilman kaavoituksen vaikutusta oletettiin, että uudet asukkaat muuttavat eri puolille Lohjaa nykyisen asuinpaikan jakauman mukaisesti. Lohjan asukasluvusta oli vuonna 2017 Tunnin Junan vaikutusalueella työskenteleviä 10 %, jolloin suhteutettuna väkilukuun yhteensä potentiaalisia pendelöijä olisi 4892 kpl vuonna 2030. Tunnin Junan asemalle suuntautuvan liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöjen laskemiseksi arvioitiin potentiaalisten pendelöijien kulkutapajakauma. Tutkimuksessa huomattiin, että alle kahden kilometrin säteellä mahdollisesta joukkoliikennelinjasta tai Lempolan asemasta ei asu yhtäkään pendelöijää. Joukkoliikennelinja oletettiin vertailuskenaariossa ja kokonaisskenaarioissa kannattamattomaksi ja joukkoliikenteen kulkutapaosuudet jaettiin kävelyn, pyöräilyn ja henkilöautoilun kesken. Työssä oletettiin, ettei kävellen tehdä yli kahden kilometrin matkoja ja pyörällä yli viiden kilometrin matkoja.

Työssä luotiin alkutilanne, joka toimii vertailukohtana eri toimenpiteiden aiheuttamille vaikutuksille. Kaikissa skenaarioissa pendelöijien osuus oletettiin olevan 10 % Lohjan asukkaista. Alkuskenaariossa laskettiin vuoden 2016 ja 2017 autokantaan ja päästökertoimiin

perustuvilla luvuilla, sekä kulkutapaosuuksilla. Alkuskenaarion suorite perustuu pendelöijien asuinpaikan etäisyyteen Lempolan asemasta. Suorite kerrottiin kulkutapaosuuksilla ja henkilöauton kulkutapaosuuksia jaettiin vielä käyttövoiman suhteen. Eri käyttövoimiin kohdistuvat suoritteet kerrottiin päästöluvulla kilometriä kohden. Alkuskenaarion tuloksista nähdään, että suurin osa hiilidioksidipäästöistä aiheutuu vertailuskenaariossa bensiini- ja dieselautoista. Niiden osuus kokonaishiilidioksidipäästöistä on 99,8 %. Kokonaishiilidioksidipäästöt ovat vertailuskenaariossa 4800 tonnia hiilidioksidia. Suurin päästövaikutus on bensiiniautoilla, koska niiden suoritemäärä sekä hiilidioksidipäästö kilometriä kohden on suurin.

Vuoden 2030 liityntäliikenteen skenaarioita luodessa koottiin työhön erilaisia asioita, jotka vaikuttavat liityntäliikenteen hiilidioksidipäästöihin. Skenaarioissa päädyttiin otta-
maan huomioon asuinalueiden kaavoituksen vaikutus, liikkumisen ohjauksen vaikutukset kulkutapaan, polttoaineiden bio-osuuden kasvun vaikutus sekä autokannan kehitys. Asuinalueiden kaavoituksessa oletettiin, että Lempolan alueelle muuttaa 11 000 asukasta. Näiden asukkaiden joukossa on kaikki Lohjalle muuttavat asukkaat ja loput asukkaista muuttaisivat Lempolaan tasaisesti ympäri Lohjaa samassa suhteessa kuin pendelöijät asuvat Lohjalla. Lohjan asukasluvun arvioitiin olevan 49169 asukasta vuonna 2030, joista 10 % on potentiaalisia pendelöijä. Yhteensä pendelöijien määräksi tuli siis 4892, joista 995 kappaletta asuu Lempolassa. Kaavoituksen vaikutukseksi verrattuna alkuskenaarioon saatiin 19,6 %. Liikkumisen ohjauksen vaikutukseksi arvioitiin, että kevyen liikenteen matkamäärät kasvavat toimenpiteiden takia 30 % vuoteen 2030 mennessä. Lisäksi arvioitiin, että muun muassa sähköpyörien yleistymisen takia pyörällä kuljettava maksimimatka kasvaa 7 kilometriin. Kävelymatkojen maksimipituuden oletettiin kasvavan 3 kilometriin. Kevyen liikenteen matkaosuutta kasvattamalla saatiin aikaan 1,2 % hiilidioksidivähennys. Polttoaineiden bio-osuutta kasvatettiin 30 % ja oletettiin, että kaikki henkilöliikenteessä käytettävä kaasu on biokaasua vuonna 2030. 30 %:n bio-osuudella laskettiin dieselille uusi hiilidioksidipäästökerroin kilometriä kohden. Laskennoissa saatiin biodieselin bio-osuudeksi 43,9 %, kun oletettiin, että bensiinin ja korkeaseosetanolin bio-osuus ei kasva. Dieselin bio-osuuden kasvattaminen vähensi hiilidioksidipäästöjä 9,2 %. Liikennekaasun vaihtaminen kokonaan biokaasuun vähensi hiilidioksidipäästöjä 0,1 %, mutta merkitys on suurempi kokonaisskenaarioissa, joissa otetaan huomioon autokannan muutokset ja kaasukäyttöisten autojen yleistyminen. Autokannan kehityksen vaikutuksia arvioidessa otettiin huomioon kaksi eri ennustetta vuoden 2030 autokannalle. Autokantaennusteilla saatiin 10,1 %:n ja 24 %:n vähennys hiilidioksidipäästöihin verrattuna vertailuskenaarioon. Toinen ennusteista oli tavoitteellinen ennuste, jolla haluttiin saavuttaa hiilineutraali liikenne vuoteen 2045 mennessä.

Loppuskenaarioissa yhdistettiin asuinalueiden kaavoituksen vaikutus, liikkumisen ohjauksen vaikutukset kulkutapaan, polttoaineiden bio-osuuden kasvun vaikutus sekä autokannan kehitys. Loppuskenaarioita laskettiin kaksi tapausta, joissa käytettiin eri autokantamalleja. Muuten käytettiin samoja parametreja. Kokonaisuudessaan työmatkoja arvioitiin tehtävän noin 2,5 miljoonaa kappaletta vuodessa, kun oletettiin jokaisen pendelöijän tekevän 502 matkaa vuodessa. 82,4 % näistä tehtiin henkilöautolla, 4,6 % pyörällä ja loput kävellen. Kokonaissuorite pieneni verrattuna alkuskenaarioon kaavoituksen vaikutuksesta. Suurimman osuuden hiilidioksidipäästöistä aiheuttaa edelleen bensiiniautot, joiden osuus hiilidioksidipäästöistä on 80,29 %. Ensimmäisessä skenaariossa bensiiniautojen päästöt ovat noin 2 475 tonnia hiilidioksidia, kun vertailuskenaariossa bensiiniautojen aiheuttamat päästöt olivat noin 3 600 hiilidioksiditonnia. Dieselin päästöt tippuvat 1 200 tonnista 500 tonniin, joten bio-osuuden kasvattamisella ja dieselautojen vähentämisellä autokannassa on suuri vaikutus. Kokonaishiilidioksidipäästöt vähenevät ensimmäisessä skenaariossa yhteensä 1 700 tonnilla. Hiilidioksidipäästöihin saadaan siis 35,8 % vähenemä. Myös skenaariossa 2 suurin hiilidioksidipäästö aiheutuu bensiiniautoista. Kuitenkin skenaariossa 2 bensiiniautojen osuus on hieman pienempi, jolloin dieselin ja hybridiautojen osuus päästöistä on hieman suurempi. Bensiiniautoista aiheutuvan hiilidioksidipäästön suuruus on 2 040 tonnia hiilidioksidia skenaariossa 2, kun se oli noin 2 480 tonnia skenaariossa 1. Dieselautojen hiilidioksidipäästö on myös pienempi skenaariossa 2. Yhteensä hiilidioksidipäästöjen osuus on noin 2 575 tonnia hiilidioksidia skenaariossa 2. Tämä tarkoittaa 46,4 % vähenemää verrattuna vertailuskenaarioon. Skenaarioista nähdään, että on teoriassa mahdollista päästä lähelle 50 % vähentämistavoitetta tutkittavalla alueella. Autokannan uusiutuminen on kuitenkin hidasta ja kytköksissä muun muassa päästöttömien käyttövoimien jakeluinfrastruktuurin kehitykseen sekä autojen tukiin ja verotukseen. Skenaariossa 1 täytyisi vähenemän kasvaa yli 14 %: Skenaariossa 1 päästäisiin 50 % tavoitteeseen, jos 39 % pendelöijistä asuisi Lempolassa tai päästöttömän joukkoliikennelinjan tavoitettavissa. Pelkkää joukkoliikennettä lisätessä joukkoliikenteen kulkutapaosuuden pitäisi nousta 22 %:iin kaikilla matkanpituuksilla, joka on erittäin suuri osuus verrattuna tutkimuksiin. Autokannassa sähkö-, kaasu- ja vetäautojen yhteenlaskettu osuus täytyisi olla 23,7 % ja bensiiniautojen osuus tippua 45,3 %:iin. Skenaariossa 2 vaadittaisiin vain 3,6 % lisäsvähennys hiilidioksidipäästöihin alkuskenaariosta. Skenaariossa 2 kaavoituksen vaikutuksesta Lempolaan tai joukkoliikennelinjan varrelle täytyisi saada 28 % pendelöijistä. Pelkällä joukkoliikenteellä toteutettaessa joukkoliikenteen kulkutapaosuus täytyisi olla 6,5 % kaikilla matkanpituuksilla. Kestävillä käyttövoimilla toimivien autojen osuus täytyisi kasvaa 26,7 %:iin. Bensiiniautojen osuus olisi 47,2 %. Skenaariot eroavat, koska hybridiautojen ja dieselautojen määrät ovat ske-

naarioissa eri suuret. Jos joukkoliikennelinja saadaan toteutettua uudenlaisia kaupunkisuunnittelulla ja kaavoituksella ja ajoneuvokanta uusiutuu riittävän nopeasti, on 50 %:n päästövähennys liikenteessä mahdollinen. Jatkotutkimuksena Lohjalla täytyisi tehdä kartoitus joukkoliikennelinjan kannattavuudesta ja sopivasta linjareitistä ottaen huomioon ihmisten asuinpaikat ja joukkoliikennelinjan saavutettavuus. Joukkoliikennelinjassa on hyvä ottaa huomioon digitalisaation tuomat mahdollisuudet ja palvelut. Ajoneuvokannan uusiutumista voidaan kannustaa kehittämällä kestävien polttoaineiden jakeluinfrastruktuuria. Liikkumisen ohjauksessa tärkeimpiä ovat erilaiset kampanjat ja neuvonnat ja julkiset hankinnat. Lohjan on hyvä tehdä oma kävelyn ja pyöräilyn kehittämissuunnitelma ja seurata kulkutapakehitystä aktiivisesti.

LÄHTEET

- [1] Abdallah T. (2017), Sustainable Mass Transit – Challenges and Opportunities in Urban Public Transportation, Elsevier Inc., 230 s., viitattu: 10.10.2019
- [2] Aho E., Lyly L., Mero I. (2017), Liikenne- ja viestintäarkkitehtuuri 2030 ja 2050, Liikenne- ja viestintäministeriö, Raportit ja selvitykset 7/2017, saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-514-9>, viitattu: 18.9.2019
- [3] Ajoneuvoverolaki, 30.12.2003/1281 (2003), saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20031281>, viitattu: 15.10.2019
- [4] Alakangas E., Hurskainen M, Laatikainen-Luntama J., Korhonen J. 2016a, Suomessa käytettävien polttoaineiden ominaisuuksia, Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy, saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-38-8419-2>, viitattu 26.8.2019
- [5] Aamulehti (2016), Linja-autoala väläyttää bussimetroa ratikan tilalle – asiantuntija pitää ongelmallisena, verkkosivu, saatavissa: <https://www.aamulehti.fi/a/23980034>, viitattu: 10.10.2019
- [6] Aamulehti (2019), Haluaisitko vuokrata Tampereen keskustassa sähköpotkulaudan? – Niitä voi olla tulossa jo ensi kesäksi, verkkosivu, saatavissa: <https://www.aamulehti.fi/a/4cde0073-949d-4ed2-bbee-e4ea3f760fec>, viitattu: 14.10.2019
- [7] Arkkitehtuuritoimisto B & M Oy (2018a), Lohjansolmu, Lempolan asemanseutu, Ideasuunnitelma, 22 s., saatavissa: <https://lohja.emmi.fi//9vztQSCVGrZr>, viitattu: 10.9.2019
- [8] Banister D. (2007), The sustainable mobility paradigm, Elsevier Ltd., saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.tranpol.2007.10.005>, viitattu: 15.10.2019
- [9] Boston D., Werthman A. (2016), Plug-in Vehicle Behaviors: An analysis of charging and driving behavior of Ford plug-in electric vehicles in the real world, World Electric Vehicle Journal, saatavissa: <https://doi.org/10.3390/wevj8040926>, viitattu: 8.10.2019
- [10] CRRC (2017), First railless train unveiled in CRRC Zhuzhou, verkkosivu, saatavissa: <https://www.crccgc.cc/en/q7389/s13996/t286142.aspx>, viitattu: 11.12.2019
- [11] Daniels R., Mulley C. (2011), Explaining walking distance to public transport: the dominance of public transport supply, World Symposium on Transport and Land Use Research, 19 s., saatavissa: <http://dx.doi.org/10.5198/jtlu.v6i2.308>, viitattu: 9.10.2019
- [12] Euroopan parlamentti ja Euroopan unionin neuvosto (2018), Euroopan Parlamentin ja neuvoston asetukset (EU) 2018/842, Strasbourg, 17s. saatavissa: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018R0842&from=en>, viitattu: 10.08.2019

- [13] Figenbaum E., Kolbenstvedt M. (2016), Learning from Norwegian Battery Electric and Plug-in Hybrid Vehicle users – Results from a survey of vehicle owners, Institute of Transport Economics, saatavissa: <https://www.toi.no/get-file.php?mmfileid=43161>, viitattu: 8.10.2019
- [14] Googlen karttapalvelut 2019, verkkosivu, saatavissa: <https://www.google.fi/maps>, viitattu: 9.10.2019
- [15] Hannu Piekkola (2016), Transport investment in railways to generate knowledge transfer from interfirm worker mobility, Vaasa, 42 s. saatavissa: http://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7855/isbn_978-952-476-667-8.pdf?sequence=1, viitattu: 18.8.2019
- [16] Hiilineutraali Suomi (2018), Lohjan yhteiskäyttöiset sähköautot edistävät kestävää liikkumista, verkkosivu, saatavissa: [http://hiilineutraalisuomi.fi/fi-Fi/Ajankohtaista/Uutiset/Lohjan_yhteiskayttoiset_sahkoautot_edist\(49366\)](http://hiilineutraalisuomi.fi/fi-Fi/Ajankohtaista/Uutiset/Lohjan_yhteiskayttoiset_sahkoautot_edist(49366)), viitattu: 18.9.2019
- [17] Huttunen R. (2017), Valtioneuvoston selonteko kansallisesta energia- ja ilmastostrategiasta vuoteen 2030, Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 4/2017, Työ- ja elinkeinoministeriö, 119 s. saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-190-6>, viitattu: 16.7.2019
- [18] IPCC (2018), Global Warming of 1.5 °C: Headline Statements, 3s. saatavissa: http://report.ipcc.ch/sr15/pdf/sr15_headline_statements.pdf, viitattu: 9.10.2018
- [19] IPCC (2007), Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 s., viitattu: 9.10.2018
- [20] ITS Finland, Mobility as a Service, verkkosivu, saatavissa: <https://www.its-finland.fi/index.php/fi/palvelut/mobility-as-a-service.html>, viitattu: 15.10.2019
- [21] Jääskeläinen S. (2018), Kävelyn ja pyöräilyn edistämishjelma, Liikenne- ja viestintäministeriö, 43 s., saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-549-1>, viitattu: 10.10.2019
- [22] Jääskeläinen T. (2018), Kaupunkipyörien asiakaskysely 2018, HSL, saatavissa: https://www.hsl.fi/sites/default/files/uploads/kaupunkipyorien_asiakaskysely_2018_hsl_k kaikki_vastaajat.pdf, viitattu: 15.10.2019
- [23] Kalenoja H. (2019), Liikenteen erityisasiantuntija Hanna Kalenon haastattelu sähköpostitse, 30.9.2019, Tieliikenteen tietokeskus ja Autoalan tiedotuskeskus, viitattu: 16.10.2019
- [24] Kartimo K. (2016), Lahden pyöräilykatsaus 2016 – tuoretta tietoa pyöräilystä, Lahden kaupunki, saatavissa: https://www.lahti.fi/PalvelutSite/LiikenneSite/Documents/lahti_pyorakatsaus2016_korjaukset.pdf, viitattu: 15.10.2019
- [25] Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta, 387/2017 (2017), saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170387>, viitattu: 26.8.2019

- [26] Laki biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta, 419/2019 (2019), saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2019/20190419>, viitattu: 26.8.2019
- [27] Laki henkilöautojen romutuspalkkiosta ja sähkökäyttöisten henkilöautojen hankintatuesta sekä henkilöautojen kaasu- tai etanolikäyttöisiksi muuntamisen tuesta 971/2017 (2017), saatavissa: <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2017/20170971>, viitattu: 15.10.2019
- [28] Liikennevirasto (2012), Liikkumisen ohjauksen seuranta ja vaikutusten arviointi - Esiselvitys, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 40/2012, verkkojulkaisu, saatavissa: https://www.motiva.fi/files/6554/Liikkumisen_ohjauksen_seuranta_ja_vaiikutusten_arviointi.pdf, 68 s., viitattu 14.10.2019
- [29] Liikennevirasto (2015), Sähköavusteisten polkupyörien tiekartta – Kulkumuodon mahdollisuudet kestävän liikennejärjestelmän edistämiseksi, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 10/2015, verkkojulkaisu, saatavissa: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/121598/lts_2015-10_978-952-317-059-9.pdf?sequence=1&isAllowed=y, 90 s., viitattu 14.10.2019
- [30] Liikennevirasto (2016), Helsinki–Turku-ratakäytävän kehittämisen aluetaloudelliset vaikutukset, Helsinki, 120 s. saatavissa: https://julkaisut.liikennevirasto.fi/pdf8/lts_2016-17_helsinki-turku-ratakaytavan_web.pdf, viitattu: 9.10.2018
- [31] Liikennevirasto (2018a), Henkilöliikennetutkimus 2016 - Suomalaisten liikkuminen, Liikenneviraston tilastoja 1/2018, saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-01_henkiloliikennetutkimus_2016_web.pdf, viitattu: 10.9.2019
- [32] Liikennevirasto (2018b), Tietilasto 2017, Liikenneviraston tilastoja 5/2018, verkkojulkaisu, saatavissa: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/tietilasto-2017.pdf>, 54 s., viitattu: 3.8.2019
- [33] Liikennevirasto (2018c), Yhteiskäyttöautojen potentiaali ja vaikutukset käyttäjänäkökulmasta - Loppuraportti, Liikenneviraston tutkimuksia ja selvityksiä 25/2018, verkkojulkaisu, saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2018-25_yhteiskayttoautojen_web.pdf, 63 s., viitattu: 18.9.2019
- [34] Liikenne ja viestintäministeriö (2017), Liikenteen vaihtoehtojen käyttövoimien jakeluverkko, saatavissa: <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/79530/Raportit%20ja%20selvitykset%204-2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>, viitattu: 23.6.2019
- [35] Liikenne- ja viestintäministeriö (2018a), Sähköpyörän hankintatuen valmistelu keskeytetään, verkkosivu, saatavissa: <https://www.lvm.fi/-/sahkopyoran-hankintatuen-valmistelu-keskeytetaan-970570>, viitattu: 15.10.2019
- [36] Liikenne- ja viestintäministeriö (2018b), Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045 - Liikenteen ilmastopolitiikan työryhmän loppuraportti, Helsinki, 124s. saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-243-559-0>, viitattu: 15.10.2019

- [37] Lohjan kaupunki (2009a), Lohjan kaupungin ilmasto-ohjelma 2009-2012, 68 s., saatavissa: https://lohja.emmi.fi//_QW22bbZd8mH, viitattu: 15.10.2018
- [38] Lohjan kaupunki (2017a), Lohjan kaupunkistrategia 2017–2025, 16 s. saatavissa: <http://dynasty.lohja.fi/Dynasty/kokous/201720265-5-1.PDF>, viitattu: 15.10.2018
- [39] Lohjan kaupunki (2018a), Lohja lyhyesti, verkkosivu, saatavissa: <https://www.lohja.fi/kaupunki-ja-hallinto/lohjan-kaupunki/historiaa/lohja-tilastoissa/lohja-lyhyesti/>, viitattu 20.8.2019
- [40] Lohjan kaupunki (2018b), Y5 Lohjansolmun asemanseudun ja Lehmijärvi-Pulli maaseutualueiden osayleiskaava – Suunnittelun lähtökohdat, 21 s., saatavissa: <https://lohja.emmi.fi//gJvQ-B28bCHJ>, viitattu: 10.9.2019
- [41] Lohjan kaupunki (2018c), Y5 Lohjansolmun asemanseudun ja Lehmijärvi-Pulli maaseutualueiden osayleiskaava – Tavoitteet, 6 s., saatavissa: https://lohja.emmi.fi//TSSKF_P-LDrW, viitattu: 10.9.2019
- [42] Martens K. (2004), The bicycle as a feeding mode: experiences from three European countries, Elsevier Ltd., saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2004.02.005>, 14 s., viitattu 10.9.2019
- [43] Martens K. (2007), Promoting bike-and-ride: The Dutch experience, Elsevier Ltd., saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.tra.2006.09.010>, 13 s., viitattu: 16.7.2019
- [44] MaxEva (2011), Test traveler Halmstad municipality 2010, The EPOMM Evaluation Tool, saatavissa: http://www.epomm.eu/maxeva/index.php?id=2&proj_id=150, viitattu: 14.10.2019
- [45] Michie S., M van Stralen M., West R. (2011), The behaviour change wheel: A new method for characterising and designing behaviour change interventions, Implementation Science, saatavissa: <https://implementationscience.biomedcentral.com/articles/10.1186/1748-5908-6-42>, viitattu: 8.10.2019
- [46] Motiva (2017a), Sähköauton ostajan ABC, saatavissa: https://www.motiva.fi/files/12738/Sahkoauton_ostajan_ABC.pdf, viitattu: 19.11.2018
- [47] Motiva (2018), Kaasuauto, verkkosivu, saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikku-minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/kaasuauto, viitattu: 19.11.2018
- [48] Motiva (2019a), Hybridiautotyypit, verkkosivu, saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikku-minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/mootto-ritekniikka/hybridiautot/hybridiautotyypit, viitattu 8.10.2019
- [49] Motiva (2019b), Polttokennoauto, verkkosivu, saatavissa: https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikku-minen/nain_liikut_viisaasti/valitse_auto_viisaasti/autotyyppi/polttokennoauto, viitattu: 16.10.2019

- [50] Mudryk K., Werle S. (2017), Renewable Energy Sources: Engineering, Technology, Innovation: ICORES 2017, Springer, 834 s., viitattu: 9.10.2019
- [51] Newman P, Hargroves K., Davies-Slate S., Conley D., Verschuer M., Mouritz M., Yangka D. (2019), The Trackless Tram: Is It the Transit and City Shaping Catalyst We Have Been Waiting for?, Journal of Transportation Technologies, 2019, saatavissa: <https://doi.org/10.4236/jtts.2019.91003>, 9, 31-55, viitattu: 11.12.2019
- [52] Nijland H., Van Meerkerk J. (2017), Mobility and environmental impacts of car sharing in the Netherlands, Elsevier Ltd., saatavissa: <https://doi.org/10.1016/j.eist.2017.02.001>, viitattu 18.9.2019
- [53] Nissin O., Lehmusjärvi M. (2018), For Media, SOHJOA, verkkosivu, saatavissa: <https://www.sohjoa.fi/for-media>, viitattu: 18.9.2019
- [54] Nissin O., Åman M. (2018), SOHJOA-robottibussi Suomen urbaaneissa olosuhteissa, Metropolia Ammattikorkeakoulu, saatavissa: https://www.metropolia.fi/fileadmin/user_upload/TK/Julkaisut/pdf/2018_nissin_aman_sohjoa_erillis-julkaisu.pdf, 110 s., viitattu: 18.9.2019
- [55] Osuuskunta Suomen Asuntomessut (2017), Lohja 2021, verkkosivu, saatavissa: <http://asuntomessut.fi/tulevat-messut/lohja-2021/>, viitattu: 11.12.2019
- [56] Pirkan Opiskelija-asunnot Oy (2019), Yhteisautot käyttöön, verkkosivu, saatavissa: <https://poas.fi/2019/01/yhteisautot-kayttoon/>, viitattu: 18.9.2019
- [57] Pohjalainen E. (2016), Liikkumisen ohjauksen keinojen vaikutukset kulkutapaan, Liikennevirasto, 96 s., saatavissa: <http://urn.fi/URN:978-952-317-282-1>, viitattu: 14.10.2019
- [58] Pöllänen M., Nykänen L., Liimatainen H., Wallander J. (2014), Tieliikenteen toimintaympäristö ja liikkuminen vuonna 2030 – neljä skenaariota, Trafin tutkimuksia 1/2014, Liikenteen turvallisuusvirasto Trafi, saatavissa: https://arkisto.trafi.fi/file-bank/a/1392112085/8522ec83bc923177687b13c97f23204a/14192-Trafin_tutkimuksia_01-2014_-_Tieliikenneskenaariot_2030.pdf, viitattu: 18.9.2019
- [59] Resolve (2016), About RESOLVE, verkkosivu, saatavissa: <http://www.resolve-project.eu/>, viitattu: 14.10.2019
- [60] Sensible 4 (2019), GACHA – Self-driving shuttle bus for all weather, verkkosivu, saatavissa: <https://www.sensible4.fi/gacha/>, viitattu: 18.9.2019
- [61] Serum Arkkitehdit Oy (2018a), Lohjansolmu, Lempolan asemanseutu, Ideasuunnitelma "Puistokatu", 27 s., saatavissa: <https://lohja.emmi.fi/rHfxpc9gCFjN>, viitattu: 10.9.2019
- [62] Scally G., Ginger M., O'Driscoll A. (2011), Soft Measures - Hard Facts. The Value for money of transport measures which change travel behavior. A review of the evidence., saatavissa: http://www.sthc.co.uk/Documents/DoH_Soft_Measures_Hard_Facts.pdf, viitattu: 14.10.2019

- [63] Suomen ympäristökeskus (2014a), HINKU-foorumi.fi: Liikkuminen, verkkosivu (Viitattu: 20.8.2018), saatavissa: <http://www.hinku-foorumi.fi/fi-FI/Kunta/Liikkuminen>, viitattu: 11.12.2019
- [64] Suomen ympäristökeskus (2018a), Kohti hiilineutraalia kuntaa (Hinku), verkkosivu, saatavissa: <http://www.syke.fi/hankkeet/hinku>, viitattu 22.10.2018
- [65] Suomen ympäristökeskus (2018b), Yhdyskuntarakenteen seurantajärjestelmä, viitattu 22.6.2019
- [66] Tapaninen U. (2018), Logistiikka ja liikennejärjestelmät, Gaudeamus, 172 s., viitattu: 18.9.2019
- [67] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2015), Biopolttoaineet LIPASTO-järjestelmässä, LIISA 2014 laskentajärjestelmä, verkkosivu, saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/bio.htm>, viitattu: 26.8.2019
- [68] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017a), LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, Kuntakohtaiset päästöt, saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/liisa/kunnat.htm>, viitattu: 26.10.2019
- [69] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017b), LIPASTO - Suomen liikenteen pakokaasupäästöjen ja energiankulutuksen laskentajärjestelmä, Laskentajärjestelmän kuvaus, verkkosivu, saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/liisa/liisa_menetelma.pdf, viitattu: 26.10.2019
- [70] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017c), LIPASTO yksikköpäästötietokanta, verkkosivu, saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/>, viitattu 3.9.2019
- [71] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017d), Menetelmäkuvaus: LIPASTO yksikköpäästötietokanta, LIPASTO yksikköpäästötietokanta, verkkosivu, saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/info_tie.htm, viitattu 25.9.2019
- [72] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2017e) Yksikköpäästötaulukkoissa esitettyjen polttoaineiden tunnusluvut 2016, LIPASTO yksikköpäästötietokanta, verkkosivu, saatavissa: <http://lipasto.vtt.fi/yksikkopaastot/tunnusluvut/tunnusluvut-tie.htm>, viitattu 25.9.2019
- [73] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2018a), ALIISA autokantamallin tuloksia vuonna 2018, verkkosivu, saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/aliisa/aliisa_tulokset.htm, viitattu 3.9.2019
- [74] Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy (2018b), ALIISA mallin kuvaus, verkkosivu, saatavissa: http://lipasto.vtt.fi/aliisa/aliisa_menetelma.pdf, viitattu 10.12.2019
- [75] Tilastokeskus (2019b), Väestöennuste 2015 iän ja sukupuolen mukaan alueittain 2015 – 2040, verkkosivu, viitattu 17.8.2019
- [76] Traficom & Verohallinto (2019), Ensirekisteröityjen henkilö- ja pakettiautojen keskimääräiset hiilidioksidipäästöt, verkkosivu, saatavissa: http://www.aut.fi/tilastot/paastokehitys/ensirekisteroityjen_henkilo_ ja_pakettiautojen_keskimaaraiset_hiilidioksidipaastot_vuosittain, viitattu: 15.10.2019

- [77] Tähti H., Rintala J. (2010), Biometaanin ja -vedyn tuotantopotentiaali Suomessa, Jyväskylän yliopisto, saatavissa: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-39-4043-0>, 38 s., viitattu: 26.8.2019
- [78] Vaismaa K., Mäntynen J., Metsäpuro P., Luukkonen T., Rantala T., Karhula K. (2011), Parhaat eurooppalaiset käytännöt pyöräilyn ja kävelyn edistämisessä, Tampereen teknillinen yliopisto & Liikenteen tutkimuskeskus Verne, 265 s., viitattu: 9.9.2019
- [79] Vaismaa, K., Huhta, R., Mäntynen, J., Rantala, T., Jaakola, H., Molino, M. & Airaksinen, S. (2017). JEE: Käyttäjälähtöinen Joukkoliikenne. WSP Finland., saatavissa: jeeproject.info/raportti, viitattu: 9.9.2019
- [80] Valtionvarainministeriö (2016a), Kuntatalousohjelma 2017–2020, 84 s. saatavissa: <https://vm.fi/dms-portlet/document/0/423629>, viitattu 11.08.2019
- [81] Väylä (2019), Espoo-Salo-oikoradan yleisötilaisuus, verkkosivu, saatavissa: https://vayla.fi/documents/20473/324728/ESA-rata_yleisotilaisuus_2019-04-10_Lohja.pdf/785662ef-ed01-441e-9bb1-8b8076c04b9b, viitattu: 16.10.2019
- [82] YLE (2018), Ihmiskunnan ratkaisevat vuodet – Jättiraportti: Ilmaston lämpeneminen voidaan rajata 1,5 asteeseen, jos päästöt nollataan ennätysnopeasti, uutinen, saatavissa: <https://yle.fi/uutiset/3-10443963>, viitattu 22.10.2018

**LIITE 1: TUNNIN JUNAN ALUEELLA
TYÖSKENTELEVIENTEN LOHJAN PENDELÖIJIEN
MÄÄRÄT JA ASUINPAIKAT (SUOMEN
YMPÄRISTÖKESKUS 2018B)**

