



SÄHKÖISEN TALOTEKNIIKAN OSAAMIS- JA KEHITTÄMISKESKUS

Hiilineutraalin liikkumisen mahdollisuudet Porvoossa

Elina Inkiläinen, Mikko Sinisalo,
Topi Tiihonen

Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd



© Elina Inkiläinen, Mikko Sinisalo, Topi Tiihonen, Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd

STOKin julkaisusarja

STOK raportti 10/2013

Tätä tekstiä saa vapaasti kopioida ja julkaista muokkaamattomana kokonaan tai osittain, edellyttäen että alkuperäinen tekijä ja julkaisija mainitaan ja näitä samoja ehtoja sovelletaan edelleen julkaistuihin teoksiin.

Julkaisija: STOK – Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus, Posintra Oy

Taitto: Raila Heiskanen

ISBN 978-952-67538-6-7 (nid.)

ISBN 978-952-67538-7-4 (PDF)

Paino: Oy Painotalo tt-urex Ab

Porvoo tammikuu 2013

Esipuhe

Suomessa liikenne tuottaa viidesosan koko maan hiilidioksidipäästöistä. Vuonna 2009 Suomessa hyväksyttiin ilmastopoliittinen tulevaisuusselonteko, jossa liikenteelle on asetettu numeerisia tavoitteita; Suomen liikenteen päästöt vuonna 2050 tulee olla 1,1-2,8 milj.t CO₂ ekv., kun päästöt ovat nyt noin 14 milj. t. Toteutuakseen näin mittavat päästövähennystavoitteet vaativat sähkövoimapohjaisten ajoneuvojen laajempaa käyttöönottoa, biopohjaisten polttoaineiden käyttöä mutta myös uusia teknologioita.

Porvoon Skaftkärrin alueelle suunnitellaan vähintään 7 000 asukkaan energiatehokas asuinalue. Alueen energiatehokkuus on otettu huomioon jo kaavoituksessa ja sitä kautta liikenteen suunnittelussa. Energiatehokkuuden huomioimisen kaavoituksessa on todettu vähentävän asuinalueella tarvittavaa energian määrää melkein 40 prosenttia (Energiatehokkuus kaavoituksessa, Sitran selvityksiä 41, 2010). Näiden toimien jälkeen liikenne tuottaa suurimman osan Skaftkärrin alueen kasvihuonekaasupäästöistä, minkä vuoksi liikkumisesta aiheutuvia päästöjä halutaan vähentää kevyen liikenteen kehittämisen lisäksi muun muassa sähkövoimapohjaisen liikkumisen avulla.

Posintra Oy:n / STOKin toteuttama osahanke E-move pyrkii edistämään hiilivapaata liikkumista sekä selvittämään sähköajoneuvojen soveltuvuutta joukko- sekä palvelulinjaliikenteessä. Tämä raportti on yksi E-move -osahankkeen toimenpide, jonka avulla pyritään selvittämään mahdollisia sähköajoneuvoihin liittyviä liiketoimintamalleja, jotka soveltuisivat Porvoon kokoiselle kaupungille. Selvitystyön toteutti Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd.

E-move -hanke on osa suurempaa EAKR-rahoitteista Tetraedri-konsortiota. Tetraedri-hankkeen osatoteuttajat ovat Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämiskeskus STOK / Posintra Oy, Lahden tiede- ja yrityspuisto Oy, Lappeenrannan teknillinen yliopisto sekä Culminatum Innovation Oy Ltd.

Lisätietoa hankkeesta:

www.tetraedri.fi

www.skaftkarr.fi

Foreword

Traffic produces one fifth of the whole carbon dioxide emissions in Finland. In 2009, the Government Foresight Report on Long-term Climate and Energy Policy was approved. The report sets ambitious numeric goals for traffic; emissions caused by traffic must be cut down to 1,1-2,8 Mt CO₂-equivalent by 2050. In order to reach these massive goals, wider implementation of electric vehicles, biofuels but also new technology solutions are required.

In the city of Porvoo there has been developed an energy efficient residential area Skaftkärr for 7 000 inhabitants. The energy efficiency of the area has been taken into consideration already in the city planning along with the traffic planning. Research shows that when energy efficiency is taken into account in the city planning process the amount of energy needed in a residential area decreases by as much as almost 40 per cent (Energiatohokkuus kaavoituksessa, Sitran selvityksiä 41, 2010). After these proactive measures traffic remains the main source of Skaftkärr's greenhouse gases. This is why the focus is in decreasing traffic-induced emissions with developing bicycle and pedestrian transport but also with the help of electric vehicles.

E-move project coordinated by Posintra Oy / STOK – Electrical building services centre aims to promote carbon-free transportation and to study how electric vehicles can be adapted to public transportation. This report is a part of E-move project and it aims to study possible electric vehicle-related business models which could be applied to a smaller-sized town like Porvoo. The study report was created by Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd.

E-move is a part of a larger Tetraedri consortium mainly funded by the EU's Regional Development fund, Southern Finland program. Project partners in Tetraedri are STOK – Electrical building services centre / Posintra Oy, Lahti Science and Business Park Oy, Lappeenranta University of Technology and Culminatum Innovation Oy Ltd.

More information about the project:

www.tetraedri.fi

www.skaftkarr.fi

HIILINEUTRAALIN LIIKKUMISEN MAHDOLLISUUDET PORVOOSSA



28.12.2012

Oy Eero Paloheimo Ecocity Ltd

Tekijä(t): Elina Inkiläinen
Mikko Sinisalo
Topi Tiihonen

Sisällysluettelo

OSA 1: SÄHKÖAJONEUVOT, JOUKKOLIIKENNE JA HIILINEUTRAALI LIIKKUMINEN..... 1

1 Johdanto.....	1
2 Työn lähtökohta ja tavoitteet	2
3 Sähköajoneuvot.....	3
3.1 Sähköajoneuvojen vaikutus liikenteeseen	3
3.2 Keskeiset käsitteet.....	4
3.3 Sähköajoneuvojen markkinoiden kehitys	4
3.4 Vaikutukset sähköverkkoon.....	5
3.5 Sähköisten ajoneuvojen liiketoimintamalli.....	5
3.6 Sähköajoneuvot Suomessa.....	6
3.7 Sähköajoneuvot kansainvälisesti	7
3.8 Esimerkkejä sähköajoneuvojen kannustinmalleista	8
4 Sähköinen joukkoliikenne.....	9
4.1 Sähköinen joukkoliikenne Suomessa.....	9
4.2 Kansainvälisiä esimerkkejä sähköisestä joukkoliikenteestä	11
4.3 Sähköisen bussiliikenteen tekniikka	15
4.4 Sähköisen joukkoliikenteen haasteet	17
4.5 Public private partnership	18
5 Hiilineutraali liikkuminen	19
5.1 Henkilöautoliikenteen vähentäminen.....	19
5.2 Esimerkkejä liikkumisen ohjauskeinoista	19
6 Yhteenveto ja johtopäätelmät.....	22

OSA 2: SELVITYS HIILINEUTRAALIN LIIKENTEEN MAHDOLLISUUKSISTA PORVOOSSA... 24

1 Lähtökohdat	24
2 Analyysi	26
3 Ehdotus linjan toteuttamiseksi	27
3.1 Skenaario 1	27
3.2 Skenaario 2	28
3.3 Skenaario 3	28
4 Yhteenveto ja johtopäätökset	30
5 Lähteet	31
6 Liitteet	33
Liite 1: Yhteydenotot	33

HIILINEUTRAALIN LIIKKUMISEN MAHDOLLISUUDET PORVOOSSA

OY EERO PALOHEIMO ECOCITY LTD

OSA 1: SÄHKÖAJONEUVOT, JOUKKOLIIKENNE JA HIILINEUTRAALI LIIKKUMINEN

1 Johdanto

Päästövähennystavoitteet perustuvat vahvaan tahtoon ja tarpeeseen. Suomen valtioneuvosto hyväksyi istunnossaan 15.10.2009 ilmasto- ja energiapoliittisen tulevaisuusselonteon viitoittamaan tietä kohti vähäpäästöistä Suomea vuonna 2050. Selonteossa asetetaan tavoitteeksi vähentää Suomen ilmastopäästöjä vähintään 80 prosenttia vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä osana kansainvälistä yhteistyötä. Yksittäisten toimien osalta vähennystavoite on dramaattinen.

Eräs uuden henkilöliikennetutkimuksen keskeisimmistä tuloksista oli se, että yhdyskuntarakenteella on huomattava vaikutus suomalaisten kotimaan matkasuoritteeseen. Pääkaupunkiseudun jalankulkuvyöhykkeellä¹ asuvat liikkuvat keskimäärin n. 15 henkilökilometriä vuorokaudessa ja henkilöauton osuus tästä suoritteesta on reilusti alle 50 %. Toisaalta pääkaupunkiseudun ulompien kehysalueiden autovyöhykkeillä asuvat ihmiset liikkuvat keskimäärin 45 hkm/vrk, mistä henkilöauton osuus on hieman yli 80 %. Liikkumisen tarve on suurin toisaalta harvaan asutuilla alueilla ja toisaalta suurten kaupunkien lievealueilla. Henkilöajoneuvosuoritteet ja sitä kautta matkasuoritteet kasvavat merkittävästi, kun asuinpaikan etäisyys lähimmälle joukkoliikenteen pysäkille tai asemalle kasvaa. Toisaalta joukkoliikenteen suoritteet jäivät saavutettavuudesta huolimatta enimmilläänkin alle 20 % liikkumisen kokonaissuoritteesta. Liikkuminen on muuttunut myös siten, että jalankulun ja pyöräilyn osuudet ovat vähentyneet lähes kaikissa ikäryhmissä, mutta erityisesti lasten ja nuorten parissa.

Asukkaiden liikkumistapojen valinnoilla on merkittävä vaikutus kasvihuonekaasupäästöihin. Keskeisenä keinona liikenteen päästöjen hillitsemisessä on yleisesti pidetty kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen toimintaedellytysten parantamista ja etenkin joukkoliikenteen käyttökynnyksen madaltamista. Tämän lisäksi ajoneuvokannan sähköistyminen on viemässä henkilöautoilua entistä ilmastoystävällisempään suuntaan. Sähköajoneuvoja aletaan jo pitää kulkuvälineen lisäksi osana sähköntuotantojärjestelmää: "plug-in" -periaatteella ne eivät ainoastaan lataudu verkkosähköllä vaan toimivat pieninä sähkövoimaloina ja tuulivoimaa tasaavina energiavarastoina. Koska suomalaisen sähköntuotannon ominaispäästökertoimen odotetaan vuoteen 2050 mennessä putoavan noin viidennekseen nykyisestä, on liikennejärjestelmän sähköistymisellä merkittävä osuus päästöjen vähentämisessä.

Liikennejärjestelmän innovaatiolla on suuri merkitys kokonaispäästötavoitteista puhuttaessa. Kaupungista riippuen niihin sisältyy tavoitteita vähentää nykyisiä asukaskohtaisia päästöjä pienemmälle tasolle. Henkilöautoliikenteen vähentäminen ja henkilöliikenteen suoritemuutokset joukkoliikenteen ja kevyen liikenteen hyväksi ovat tärkeä osa tätä prosessia. Joukkoliikenteen sisällä siirtymät eivät päästöjen kannalta ole kovinkaan merkittäviä, mutta kuitenkin osa tärkeää prosessia kohti hiilivapaampaa liikkumista. Alueen sijainti yhdyskuntarakenteessa, palvelut ja työpaikkaomavaraisuus vaikuttavat jo sinällään alueen asukkaan

liikennesuoritteeseen ja toisaalta maankäytössä tehtävillä ratkaisulla voidaan vaikuttaa henkilöautojen, joukkoliikenteen tai kevyen liikenteen houkuttelevuuteen ratkaisevasti – niin hyvässä kuin pahassa. Oli yhdyskuntarakenne tai liikennejärjestelmä sitten mikä tahansa niin sen keskiössä on aina itse liikkuja, ihminen, ja usein onkin niin, että asuinpaikan/-alueen valinta on usein useamman ihmisen matkustamisen kompromissi.

Esimerkiksi tulevaisuuden energiatehokkaassa Skaftkärrissä liikutaan paljon myös jalan ja pyörällä. Liikenneverkostoon on suunniteltu sellaiset kevyen liikenteen väylät, jotka tekevät kevyestä liikenteestä houkuttelevan ja varteenotettavan vaihtoehdon henkilöautoille. Maankäytössä tehtävillä valinnoilla voidaan vaikuttaa liikkumiskäyttäytymiseen: Kevyt liikenne ja joukkoliikenne voidaan ja tulisi asettaa yleiskaavasunnittelussa etusijalle henkilöajoneuvoliikenteeseen nähden. Näin vaikutetaan päivittäisiin kulkutapoihin kysyntälähtöisesti jo ennen asukkaan tekemää matkaa. Erilaisilla liikkumisen ohjauksen keinoilla tuetaan ja kannustetaan asenteiden ja käyttäytymisen muutokseen kohti kestävämpiä kulutustapoja. Uusia alueita kehittäessä tulisi kehittää mahdollisuuksia asua suunniteltavalla alueella myös ilman omaa autoa tai käyttämällä esimerkiksi autojen yhteiskäyttöpalveluja. Lisäksi tulisi pohtia keinoja vähentää liikkumistarvetta. Kaavoituksella ja uusien kaavoitusvälineiden kehittämisellä valmistaudutaan siihen, että muun muassa etätyön, asukkaiden arkea helpottavien logistiikkapalvelujen, yhteisöllisten rakenteiden ja kattavan paikallisen palvelurakenteen avulla saadaan pienennettyä liikennevirtoja ja parannettua asukkaiden viihtyvyyttä alueella. Joukkoliikenteen tuki- ja oheispalvelujen kehittämiseen panostamalla voidaan muuttaa joukkoliikenteen matkustusympäristöä yhä houkuttelevammaksi.

Tässä selvityksessä tarkastellaan vähäpäästöisiä liikennejärjestelmiä, niitä edistäviä ohjauskeinoja, toimintamalleja, palvelukonsepteja sekä lopulta niiden soveltuvuutta Porvoon kokoisen kaupungin mittakaavaan. Selvityksessä käydään läpi ulkomaisten ja kotimaisten esimerkkitapaustutkimusten perusteella erilaisia vähäpäästöisen liikkumisen järjestelmiä ja toimintamalleja sekä lopuksi tehdään johtopäätelmiä Porvooseen mahdollisesti soveltuvista järjestelmistä. Tämä selvitys toimii lähtötietona myöhemmin tässä ”Hiilivapaan liikkumisen hanketoimenpiteet ja selvitystyö”-hankkeessa tehtävään suunnitelmaan Porvooseen mahdollisesti soveltuvien vähäpäästöisten liikennejärjestelmien ja toimintamallien jalkauttamisesta. Selvityksessä keskitytään liikennejärjestelmiin joiden toimintaedellytyksiin kaupunki voi pääosin itse vaikuttaa. Toisin sanoen, selvityksen fokus on Porvoon mittakaavaan mahdollisesti soveltuvissa sähköisissä joukkoliikennejärjestelmissä, vähäpäästöistä liikennettä edistävien toimintatapojen ohjaamisessa sekä erilaisissa toimintamalleissa kevyen liikenteen kehittämiseksi. Selvityksessä on sivuttu globaalien megatrendien varassa olevia sähköautoja, mutta syvemmälle sähköautojen tarkasteluun ei ole menty. Sähköautojen kehitystä ja mahdollisuuksia on tutkittu paljon ja hyviä kattavia selvityksiä on tehty esim. Työ- ja elinkeinoministeriön ”Sähköajoneuvot Suomessa”, 2009² ja Liikenne ja viestintäministeriön ”Sähköautojen tulevaisuus Suomessa”, 2011³.

2 Työn lähtökohta ja tavoitteet

Tämä selvitys liittyy Sähköisen talotekniikan osaamis- ja kehittämisskeskus STOKin toteuttamaan Tetraedrin E-move -osahankkeeseen, jonka tavoitteena on pyrkiä edistämään hiilivapaata liikkumista ja muun muassa selvittämään sähköajoneuvojen soveltuvuutta joukko- sekä palvelulinjaliikenteeseen. Hankkeen toimenpiteiden pilottialueina toimii Porvoon kaupunki sekä rakentumassa oleva energiatehokas Skaftkärrin asuinalue. E-move -osahankkeessa selvitetään lisäksi sähköajoneuvojen älykkään lataamisen mahdollisuuksia ja teknologian kehitystä tällä osa-alueella. Hanke pyrkii myös herättämään kiinnostusta hiilivapaaseen liikkumiseen kaupunkilaisten keskuudessa. E-move -osahanke toteutetaan ajalla 1.1.2012–31.3.2014.

E-move -osahankkeen kaikkien toimenpiteiden painopiste on vahvasti sähköisessä liikenteessä. Sähköiset liikkumismuodot ovat tulevaisuudessa yksi merkittävä osa vähäpäästöistä liikkumista, mutta toisaalta muitakin vähäpäästöisiä liikkumismuotoja tulee tunnistaa. Tulevaisuuden kattavat hiilineutraaliuteen pyrkivät liikennejärjestelmät koostuvat useasta toisiinsa linkittyvästä palasesta, joihin kuuluvat mm. modernit sähköiset tai vähän kuluttavat kulkuvälineet (sähköautot, sähkörollaattorit, sähköpyörät yms.), sähköisten kulkuvälineiden kuluttaman energian oikeanlaiset tuotantomuodot, kulutus- ja käyttäytymistottumusten muutokset, sekä kevyen liikenteen käyttöä suosivat ohjauskeinot. Edellä mainittuun liittyen tässä selvityksessä puhutaan paikoittain sähköisistä ja hiilineutraaleista liikennejärjestelmistä, koska termi ”hiilivapaa” edellyttää hiilivapaata energiantuotantoa ja kulkuvälineiden valmistusprosessia, mikä ei käytännössä ole mahdollista. Selvityksessä mainituilla liikennejärjestelmillä tarkoitetaan sähköisiä ajoneuvoja sekä niiden vaatimaa infrastruktuuria.

Tämän selvityksen tavoitteena on erilaisten esimerkkien avulla tutkia ja osoittaa erilaisia vähäpäästöistä liikennettä edistäviä konsepteja/malleja, jotka voisivat soveltua Porvoon kokoisen kaupungin mittakaavaan. Selvitystä varten tarkasteltiin muita E-move -osahanketta sivuavia hankkeita sekä haastateltiin mm. Tekes-vetoisen EVE-ohjelman eri hankkeiden (Veolia eBus, Eco2 ja Pääkaupunkiseudun sähköinen liikenne) sidosryhmiä sekä Porvoon kaupungin suunnittelijoita. Tarkastelun fokus on sähköisissä/vähäpäästöisissä joukkoliikennejärjestelmissä sekä kevyen liikenteen toimintaedellytysten parantamisessa. Sähköautojen ja niihin liittyvän infrastruktuurin ulostulo riippuu niin voimakkaasti kansainvälisistä megatrendeistä sekä kansallisesta ohjauksesta, että sähköautoihin ei ole sen enempää paneuduttu – muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Selvityksen lopputuloksena esitetään lista mahdollisista Porvooseen soveltuvista vähäpäästöistä liikennettä edistävästä toimintamalleista sekä konsepteista. Hankkeen seuraavassa vaiheessa tarkastellaan potentiaalisten toimintamallien ja konseptien jalkauttamista todellisuuteen. Toisin sanoen pyritään vastaamaan kysymykseen, mitä pitäisi tapahtua suunnittelussa, budjetoinnissa ja päätöksenteossa, että tietynlainen vähäpäästöinen liikennejärjestelmä olisi mahdollista jalkauttaa Porvooseen.

3 Sähköajoneuvot

3.1 Sähköajoneuvojen vaikutus liikenteeseen

Sähköautot ja niiden yleistymisen on eräs suurimmista mahdollisuuksista kun puhutaan liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentämisestä. Polttoaineen hinnan kallistuminen, jatkuvasti kiristyvät päästötavoitteet, autoteollisuuden elvytystoimet ja akkutekniikan kehitys ovat johtaneet siihen, että sähköajoneuvot ovat jo vuosikymmenen ajan olleet nouseva trendi puhuttaessa tulevaisuuden henkilöautoliikenteestä.

Toisaalta parhaatkaan sähköajoneuvot eivät tällä hetkellä ole kilpailukykyisiä verrattuna perinteisiin polttomootoriautoihin. Sähköautojen hinnat ovat verrattaen korkeita ja akkutekniikassa on vielä kehitettävää. Autojen akuista puhuttaessa niiden kesto, latausnopeus, niiden soveltuvuus kylmiin olosuhteisiin ja materiaalien vaikutus ympäristöön ovat asioita, jotka on ratkaistava ennen kuin sähköautot korvaavat perinteiset autot. Lataukseen käytettävän energian alkuperä sekä lataamisen vaikutukset sähköverkkoon ovat asioita jotka on otettava huomioon puhuttaessa sähköautojen yleistymisestä.

Euroopan komission ilmastotoimen pääosasto valtuutti riippumattoman tutkimuslaitoksen CE Delft:in tutkimaan sähköautojen yleistymisen vaikutuksia EU:n alueella⁴. Tutkimus piti sisällään arviot sähköautojen yleistymisen vaikutuksista liikenteeseen ja sähköntuotantoon, sekä arvioi sähköautojen vaatiman sähköntuotannon vaikutuksia kasvihuonekaasuihin, päästöihin sekä muihin ympäristövaikutuksiin ja kustannuksiin. Tutkimusta on käytetty lähtötietona tässä kappaleessa.

3.2 Keskeiset käsitteet

Sähköajoneuvo-käsitettä voidaan soveltaa sähköenergiaa tavalla tai toisella liikkumiseen käyttäviin ajoneuvoihin. Asioiden selkeyttämiseksi seuraavassa on määritelty lyhyesti muutamia yleistyneitä käsitteitä. Määritykset perustuvat Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) Sähköajoneuvot Suomessa -selvityksessä esitettyihin määritelmiin.⁵

3.2.1 HYBRIDIAUTO, HYBRIDI (ENG. HYBRID ELECTRIC VEHICLE – HEV)

Hybridiautossa kaikki energia tulee viime kädessä polttomoottorista ja sen käyttämästä polttoaineesta (bensini tai dieselöljy). Hybridiauton idea on käyttää polttomoottoria varsin hyvällä hyötysuhteella akkua sekä polttomoottoria hyödyntäen ja varastoimalla jarrutusenergiaa akkuihin. Hybridiautossa akkuja ei ladata sähköverkosta ollenkaan, vaan akkujen lataus tapahtuu ainoastaan polttomoottorin ja jarrutusenergian talteenoton kautta.

3.2.2 LADATTAVA HYBRIDIAUTO, PLUG-IN-HYBRID (ENG. PLUG-IN HYBRID ELECTRIC VEHICLE – PHEV)

Sähköverkosta ladattava hybridiauto eroaa toiminnaltaan oleellisesti hybridiautosta. Ladattavan hybridin käyttämästä energiasta osa on sähköenergiaa joka on ladattu akkuihin sähköverkosta tai muusta ulkoisesta lähteestä. Kun auto on käyttänyt akkuihin ladatun energia loppuun, ladattavan hybridin toiminta muuttuu muistuttamaan hybridiauton toimintaa.

3.2.3 RINNAKKAISHYBRIDI

Rinnakkaishybridillä tarkoitetaan ajoneuvoa jossa polttomoottori ja sähkömoottori toimivat rinnakkain ja jossa ajoneuvo voi liikkua pelkällä polttomoottorilla, sähkömoottorilla tai useissa tapauksissa näiden kahden älykkäällä yhdistelmällä.

3.2.4 SARJAHYBRIDI

Sarjahybridin toimii samalla periaatteella kuin ladattava hybridiauto sillä erotuksella, että sarjahybridissä voimansiirto tapahtuu sähkömoottorin välityksellä ja polttomoottori toimii vain generaattorina. Suuren akkukapasiteetin omaavia sarjahybridejä kutsutaan nimitykselle *EREV* (eng. *Extended Range Electric Vehicle*).

3.2.5 SÄHKÖAUTO, AKKUSÄHKÖAUTO (ENG. ELECTRIC VEHICLE, FULL ELECTRIC VEHICLE)

Sähköautossa ei ole lainkaan polttomoottoria eikä generaattoria vaan kaikki auton käyttämä energia on varastoitu akkuihin ja on peräisin sähköverkosta tai muusta ulkoisesta lähteestä. Myös kaupunkiliikenteen busseja rakennetaan akkukäyttöisiksi. Akkusähköautot, ja varsinkin akkubussit, tarvitsevat tuekseen älykkään ja tehokkaan pikalatausinfrastruktuurin.

3.3 Sähköajoneuvojen markkinoiden kehitys

Sähköautoja tarkastellessa huomio yleensä kiinnittyy akkujen kapasiteettiin. Mitä suurempi kapasiteetti, sitä painavampi akku ja suurempi auto⁶. Ei silti ole olemassa selkeää eroa puhuttaessa normaalista henkilöautosta verrattuna samanlaiseen sähköautoon ajoneuvon painon osalta. Ajoneuvon koko ja akkujen kapasiteetti vaikuttavat oleellisesti auton käyttösäteeseen. Tällä hetkellä sähköajoneuvot soveltuvat pääosin lyhyille ja keskipitkille matkoille sähköauton normaalin käyttösäteen vaihdella 100–200 kilometrin tuntumassa. Auton paino ja akkujen kapasiteetti ovat suoraan verrannollisia auton käyttösäteeseen. Sähköautojen hinnat verrattuna tavalliseen autoon ovat edelleen varsin korkealla. Lisäksi, kun verrataan sähköautoa samanlaiseen tavalliseen henkilöautoon, sähköversio on aina kalliimpi vaihtoehto. Ajoneuvojen käyttösäde onkin suurin yksittäinen auton hintaan vaikuttava tekijä, sillä se asettaa vaatimukset akkujen koolle.

Sähköauton hinta ja käytösäde ovat ne kaksi asiaa jotka vaikuttavat ostopäätökseen. Jotta sähköautot saavat suuremman markkinaosuuden mitä tällä hetkellä, tulisi hintojen pudota lähemmäs vastaavan normaalin henkilöauton hintaa, jolloin siirtyminen tavallisista autoista sähköisiin lisääntyisi.

3.4 Vaikutukset sähköverkkoon

Sähköajoneuvojen yleistyminen ei vaikuta ainoastaan liikenteeseen vaan myös sähköverkkoon. Ympäristölliset vaikutukset liittyvät pääasiallisesti siihen, millä tavoin ajoneuvon lataamiseen käytetty sähkö on tuotettu. Jollei sähkö ole tuotettu kokonaan uusiutuvalla energialla, ei voida puhua kovinkaan suurista positiivisista ympäristövaikutuksista sähköautojen osalta. Sähköautojen vaikutuksista sähköverkkoon päällimmäisenä nousee esille latausinfrastruktuuri ja sen tuoma lisäkuormitus. Suomessa sähköautojen lataamisen vaikutus sähkön siirto- ja tuotantokapasiteettiin ei ole kovinkaan merkittävä.⁷ On myös todettu, että vaikka koko autokanta EU-alueella koostuisi pelkästään sähköautoista, lisäisi se kulutusta vain noin 10-15 prosenttia.⁸ Sähköverkon ja latausinfrastruktuurin kehitys varsinkin älykkäämpää ns. *Smart grid*-tekniikkaa kohti, ja niihin liittyvät poliittiset päätöksenteot tulevat vaikuttamaan suuresti sähköautojen yleistymiseen.

Vaikka autokannan sähköistyminen ei vaikuta dramaattisesti sähköverkkoon, saattaa kontrolloimaton lataaminen näkyä suurina kulutuspiikkeinä. Maissa, joissa on kehittynyt sähkönjakeluverkosto, normaalista latauksesta ei synny ongelmia, mutta niitä voi esiintyä pikalatauksen johdosta. Tämän kontrolloimiseksi vaaditaan älykkäitä verkkoja joka taas puolestaan vaatii suurempia investointeja kansallisella tasolla.

Älykäs verkko -eli smart grid- pienentää sähköautojen lataamisen vaikutuksia jakeluverkkoon. Se mahdollistaa myös sähköautojen yleistymistä markkinoilla ilman, että sähköntuotantoon tai jakeluun tulee tehdä suuria muutoksia. Sen avulla pystytään myös tasaamaan kulutuspiikkejä ja käyttämään auton akkuja esimerkiksi sähkön välivarastointiin. Varsinkin tuulivoimalla tuotettua sähköä voidaan hyvin varastoida autoihin älyverkon avulla. Useimmat ihmiset varmasti lataavat autonsa yöaikaan, jolloin myös tuulivoima tuotetaan eniten, mutta tarve on pieni. Tällöin älyverkko tasaa tätä tuotannon ylikapasiteettia lataamalla autot esimerkiksi juuri tuulivoimalla tuotetulla sähköllä.

Suomeen on parhaillaan syntymässä sähköliikenteen latausoperaattori. Lähes kolmestakymmenestä energiayhtiöstä koostuva työryhmä päätti aloittaa valmistelut yhteiskäyttöoperaattorin perustamiseksi Suomeen.⁹ Operaattoria tarvitaan, jotta Suomeen voidaan rakentaa kansainvälisesti kilpailukykyinen sähköisen liikenteen ekosysteemi. Operaattori kytkisi kaikki yksittäiset latauspisteet yhtenäiseksi verkostoksi kuluttajien käyttöön siten, että latauksesta laskutetaan kuluttajia niiden omassa sähkölaskussa. Energiayhtiöiden rooli koko projektin mahdollistamisessa on erittäin suuri, sillä merkittävimmät pitkän tähtäimen hyödyt tulevat energiayhtiöille. Sähköliikenteen laajentuessa juuri latausinfrastruktuuri on yksi merkittävimmistä tulevaisuuden uusista liiketoiminta-alueista.¹⁰

3.5 Sähköisten ajoneuvojen liiketoimintamalli

Yksi suurimmista esteistä sähköisten ajoneuvojen yleistymiselle on niiden hinta. Varsinkin akkujen korkeat hinnat ja niiden käyttöikä sekä siihen liittyvät epävarmuudet vaikeuttavat sähköautojen yleistymistä suuressa mittakaavassa. Vaikka sähköajoneuvojen käyttökustannukset kilometriä kohden ovat tavallista polttomootoriautoa pienemmät, korkeat akkujen hinnat aiheuttavat sen, että sähköautojen kustannusjakauma ja kuluttajille epäedullinen kokonaiskustannusvaikutus (eng. *total cost of ownership, TCO*) on normaalia saman kokoluokan henkilöautoa korkeampi.

Jotta voidaan vertailla kahta kustannusrakenteeltaan erilaista tuotetta, tulisi ostohinnan sijaan kiinnittää huomiota kokonaiskustannuksiin (TCO). Tällöin tulee otettua huomioon myös ajoneuvon käyttökustannukset. Vertailtaessa sähköautoja perinteisiin ajoneuvoihin käyttökustannusten osalta, on otettava huomioon monia eri

muuttujia. Muun muassa ajoneuvon hinta, verot sekä mahdolliset vähennykset ja tuet, polttoaineen ja sähkön kulutus ja hinta, ajomäärä ja akun kesto ovat asioita joihin tulee kiinnittää huomiota kun vertaillaan autojen eliniän kustannuksia. CE Delft'in tekemän tutkimuksen mukaan, sähköautot ovat tällä hetkellä kokonaiskustannuksiltaan kalliimpia kuin samanlainen polttomootoriauto.¹¹ Tutkimus otti huomioon sekä polttoaineen veron että sähköveron, mutta ei ajoneuvoveroja tai valtioiden avustuksia esimerkiksi sähköautoille. Tekniikan kehittyessä vuosien mittaan ero kuitenkin pienenee. On toki otettava huomioon, että öljyn hinnan noustessa ja verotuksen kiristytessä perinteisten ajoneuvojen käyttökustannukset kasvavat, mikä saattaa johtaa siihen, että tulevaisuudessa sähköauton ja polttomootoriauton kokonaiskustannuksissa ei juuri ole huomattavaa eroa. Siihen asti sähköajoneuvojen markkinat rajoittuvat hyvin pienelle alueelle, ja ihmiset jotka niitä hankkivat, ovat hyvin kiinnostuneita uusista innovaatioista ja tekniikasta.

Johtuen sähköautojen ja akkujen korkeasta hinnasta, sekä kokemuksen puutteesta akkujen käyttöiän ja auton jälleenmyyntiarvon osalta, useita liiketoimintamalleja on kehitetty liittyen riskien ja epävarmuuksien minimointiin kuluttajan näkökulmasta. Tällä hetkellä suurin osa itse sähköautoihin liittyvistä liiketoimintamalleista on vielä kehitysvaiheessa ja vain muutamia on vasta käytössä.

Kaksi mallia on kuitenkin jo nyt erottumassa muista. Ensimmäisessä vaihtoehdossa kuluttaja ostaa koko paketin, eli sähköauton ja akun. Malli on suoraan verrattavissa perinteiseen tapaan omistaa henkilöauto ja omaa siten samanlaisen kustannusrakenteen polttomootoriauton kanssa.

Toinen vaihtoehto on hankkia pelkkä auto ja ostaa akku sekä siihen liittyvä latauspalvelu kolmannelta osapuolelta. Tässä mallissa palveluntarjoaja omistaa akun ja vastaa sen latauspalveluiden tuottamisesta. Mallia voidaanakin verrata puhelinoperaattoreiden toimintaan, jossa asiakas ostaa laitteen ja siihen liittyvän palvelun tietyksi ajaksi kerrallaan. Palveluntuottaja vastaa siitä eteenpäin kaikesta akuista lataamiseen, akkujen vaihtoon ja laskutukseen. Näiden esimerkkien väliin mahtuu vielä monia liiketoimintamalleja, joissa varmasti tulee olemaan ominaisuuksia molemmista edellä mainituista malleista.

Aika näyttää mihin sähköautojen liiketoiminta tulevaisuudessa kehittyy. Se, mihin suuntaan sähköauton omistamisen malli menee, ei tässä vaiheessa ole lainkaan varmaa. Kehitystrendit kuitenkin osoittavat, että sähköautoille on tulevaisuudessakin kysyntää, ja tämän mukana tulee varmasti nousemaan aivan uusia liiketoiminnan alueita.

3.6 Sähköajoneuvot Suomessa

Suomessa on tällä hetkellä alle 200 täysin sähköllä toimivaa ajoneuvoa¹², joista n. 100 on henkilöajoneuvoja. Työ- ja elinkeinoministeriön Sähköajoneuvot Suomessa -selvityksen perusskenaarion mukaan sähköautojen osuus henkilöautojen kilometrisuoritteesta on vuonna 2020 0.6 % ja 2030 7 %¹³. Edellytykset sähköisten ajoneuvojen yleistymiselle ovat tällä hetkellä kuitenkin otolliset. Kansainväliset megatrendit, kuten liikenteen päästöjen vähentämistavoitteet, autoteollisuuden elvytyspyrkimykset, ajoneuvo- ja akkutekniikoiden kehitys sekä öljyn hinnan jatkuva kallistuminen ovat kaikki osaltaan edesauttaneet sähköisten ajoneuvojen esiinmarssia. Erilaiset taloudelliset ohjauskeinot, -mekanismit ja kannustimet ovat viime kädessä vaikuttaneet sähköautojen markkinaosuuden maltilliseen kasvuun useissa maissa, kuten Norjassa ja Ranskassa.

Sähköajoneuvojen laajempi yleistymisen vaatii myös kattavan latausverkoston. Suomalainen infrastruktuuri on varsin valmis vastaanottamaan sähköajoneuvoja. Suomessa on suhteellisen kattava verkko polttomootorien esilämmityspistorasioita, jotka pääosin soveltuvat tai ovat muutettavissa sähköajoneuvojen latauspisteiksi. Lisäksi suomalaiselle sähköjakelulle on tyypillistä varustautuminen suhteellisen suurien kuormitusten (esim. sähkölämmitys, sähköliesi, sähkökuivaus ja lämminvesivaraaja) kytkeytymiseen pienjännitteiseen sähköjakeluverkkoon, mikä antaa Suomelle etua moneen muuhun Euroopan maahan nähden. Uusia latauspaikkoja tarvitaan kuitenkin kaupunkialueilla ja parkkihalleissa. Vuoden 2012 aikana pikalatauspisteitä

on avattu Helsinkiin ja Espooseen. Suomeen on maanlaajuisesti tulossa lähivuosina 800 pikalatauspistettä, joissa ajoneuvot voidaan ladata 80 prosentin täyttöasteeseen 30 minuutissa.

Toisaalta on huomattava, että sähköautojen vaikutus sähköverkkoihin ja sähköntuotantokapasiteetilta vaadittavaan hetkelliseen tehoon riippuu paljolti latauksen älykkyydestä. Niin kutsuttua *Smart Grid*-tekniikkaa ja ominaisuuksia kehittämällä autoja voidaan lataamisen aikana käyttää energian varastointiin ja kulutuspiikkien tasaamiseen.¹⁴ Mikäli koko henkilöautoilla syntyvä liikennesuorite Suomessa tapahtuisi sähköautoilla, lisäisi se sähkön kulutusta vain noin 10 %, joten liikenteen sähköistyminen ei ole ongelma sähkön siirto- ja tuotantokapasiteetin näkökulmasta latauksen vaatiman energian osalta. Ympäristönäkökulman kannalta on kuitenkin tärkeää huolehtia siitä, että ajoneuvoja ladataan sähköllä, jonka tuotannossa syntyy vähän hiilidioksidipäästöjä. Hiililauhteen käyttäminen sähköajoneuvojen voimanlähteenä ei tee sähköautoista kovinkaan vähäpäästöistä vaihtoehtoa verrattuna uuteen vähän kuluttavaan henkilöautoon¹⁵.

Sähköautojen yleistymisen suurimpina haasteina pidetään sähköauton nykyisellä akkuteknologialla lyhyttä toimintasädettä, harvaa latausinfrastruktuuria, autojen pientä kokoa sekä korkeaa hintaa. Suomessa ollaan kehittämässä liiketoimintamalleja juuri latausverkostoihin. Tampereella on meneillään valtakunnallinen sähköautojen testiympäristö EVELINA¹⁶, jonka tavoitteena on testata sähköautoja erilaisissa toimintaympäristöissä ja -olosuhteissa sekä luoda uutta liiketoimintaa sähköajoneuvoalalle Suomeen. Hanke liittyy Tekesin EVE-ohjelmaan, jonka tavoitteena on edesauttaa sähköisiin ajoneuvoihin ja työkoneisiin liittyvää liiketoiminnan kehitystä Suomessa. Eräänä suurimmista liiketaloudellisista haasteista pidetään tällä hetkellä sitä, miten latauspisteellä ladattu sähkö voidaan kohdistaa kuluttajan omalle sähköyhtiölle. Tällöin kuluttaja voisi ladata autonsa minkä tahansa sähköyhtiön ylläpitämästä latauspisteestä ja palvelusta laskutetaan oman sähköyhtiön toimesta.

3.7 Sähköajoneuvot kansainvälisesti

Useat maat suunnittelevat laajentavansa sähköautokantaansa voimakkaasti. Esimerkiksi Israel tavoittelee visioissa öljystä riippumatonta liikenneinfrastruktuuria vuoteen 2020 mennessä, ja Tanskassa paikallinen energiayhtiö on ilmoittanut rakentavansa sähköautojen tarvitsemaa infrastruktuuria etupainotteisesti. Yhdysvalloissa valtio tukee jokaista sähköauton hankkijaa 7500 dollarin avustuksella. Maailmalla sähköautot ovat siis yleisempi näky kuin Suomessa. Autojen saatavuus on yleisesti hieman parempi, sekä useissa maissa valtio tukee sähköautoja huomattavilla taloudellisilla kannustimilla. Luonnollisesti myös näissä maissa latausverkosto pikalatauspisteineen on kattavampi¹⁷.

Sähköautojen ja infrastruktuurin kehittyessä myös sähköautoihin liittyvät liiketoimintamallit ovat menneet eteenpäin. Esimerkiksi Yhdysvaltalainen yritys *Better Place* tarjoaa kuluttajille mahdollisuuden ostaa kuukausittainen sopimus, johon kuuluu akkujen vaihto ja tietty määrä sähköä tai kilometrejä per kuukausi¹⁸. Käytännössä kuluttaja ostaa auton ilman kallista akkua, jonka jälkeen tehdään sopimus johon kuuluu akku, rajaton lataus yrityksen omilla latauspisteillä sekä itse akkujen vaihto kaikilla yrityksen vaihtoasemilla. *Better Place* toimii Pohjois-Amerikassa, Hollannissa, Israelissa, Kiinassa, Japanissa ja Australiassa. Pohjoismaissa yritys toimii tällä hetkellä Tanskassa. Konsepti toimii lähes samalla periaatteella kuin kännykkäoperaattorit; minutteja ostetaan tietyllä hinnalla ja ylimenevästä osasta maksetaan taas tietty hinta. Laite, tässä tapauksessa auto, hankitaan itse ja sen jälkeen palvelu voidaan räätälöidä kuluttajan tarpeen mukaan.¹⁹ Autotoimittajana yhtiöllä on tällä hetkellä Renault-Nissan-yhtymä.

3.8 Esimerkkejä sähköajoneuvojen kannustinmalleista

Tällä hetkellä Suomessa sähköajoneuvojen hankkimisen tukimallia voidaan pitää suhteellisen ”kömpelönä”. Vaikka sähköautojen autoveroa on laskettu, kaivataan lisää suoria kuluttajatuista sähköautojen markkinaosuuden kasvattamiseksi. Konkreettisenä esimerkkinä kuluttajatuista mainittakoon, että Helsingissä on kaavailtu sähköautoille ja muille vähäpäästöisille autoille helpotuksia pysäköintiin. Alennus on 50 % ja se koskee kaikkea pysäköintiä. Toinen konkreettinen esimerkki on Työ- ja elinkeinoministeriön yrityksille myöntämä energiatuki²⁰. Tukea voi saada ajoneuvojen osalta 30 prosenttia hyväksytyistä leasing-kustannuksista, kuitenkin enintään 500€/kk, ja 35 prosenttia latauslaitteiden hyväksytyistä hankintakustannuksista. Tuki koskee vähintään 36kk kestävästä leasing-sopimuksesta ja tuen saaminen edellyttää ajoneuvoon asennettavaa erillistä tutkimuslaitteistoa ja käyttäjän suostumusta auton käyttöön liittyvään käyttäjä tutkimukseen.

Norjassa valtio tukee sähköautoja monilla eri tavoin²¹. Tällä hetkellä valtio on luvannut, että tuki sähköautoille jatkuu vuoteen 2018 asti. Sähköautot on vapautettu muun muassa arvonlisäverosta, tiemaksuista, pysäköintimaksuista ja niillä on vapaus käyttää bussikaistoja. Nämä kannustimet ovat siis voimassa vuoteen 2018 asti, tai niin kauan kunnes maassa on 50 000 sähköautoa. Sähköautojen lukumäärä Norjassa on tällä hetkellä noin 7000 ja luku on jatkuvassa nousussa. Maassa on myös laaja ilmainen latausverkosto 3200 latauspisteellä. Osloa pidetäänkin maailman sähköauto-pääkaupunkina. Norjassa on myös tuotantoa sähköautoille, josta esimerkkinä Norjassa valmistettu *Buddy*-sähköauto²².

Myös Viro tukee sähköautojen hankintaa verohelpotuksin. Yksityishenkilöt ja yritykset voivat saada tukea auton hankintaan jopa 18 000 euroa, sekä tämän lisäksi erillisen latausyksikön hankintaan ja sen asennukseen 1000 euroa. Viron sosiaalivirasto onkin ottanut käyttöönsä 507 uutta Mitsubishi iMiev sähköautoa [Kuva 1]²³.



KUVA 1: Mitsubishi iMiev (lähde: Eltis – Urban Mobility Portal)

4 Sähköinen joukkoliikenne

4.1 Sähköinen joukkoliikenne Suomessa

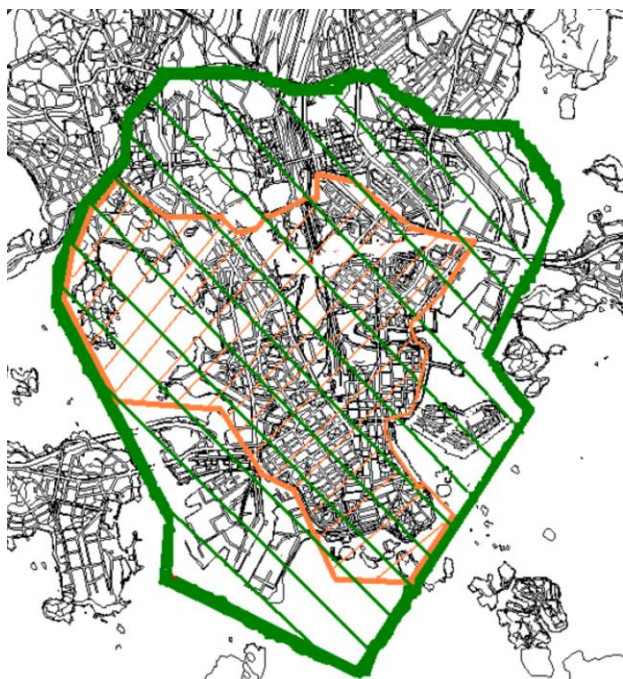
4.1.2 NYKYTILANNE

Tällä hetkellä missään Suomessa ei ole vielä täysin toimivaa sähköistä joukkoliikennejärjestelmää. Espoossa on käynnissä sähköbussikokeilu, jossa HSL:n ja Veolia Transport Finland Oy:n lisäksi ovat mukana muun muassa VTT, Liikenne- ja viestintäministeriö, Metropolia Ammattikorkeakoulu, Espoon kaupunki, Tekes, Fortum Oy sekä useat laitevalmistajat. Tämä kokeilu on osa eBUS -hanketta, jonka tarkoituksena on selvittää sähköisen joukkoliikenteen mahdollisuutta osana pääkaupunkiseudun joukkoliikennettä. Hanke liittyy energiansäästön ja uusiutuvan energian tutkimusohjelmaan TransEcoon. Syksyllä 2012 Espoon sisäisessä liikenteessä kulkeva Caetano 2500EL [Kuva 2] on ensimmäinen pelkästään sähköllä kulkeva bussi maamme joukkoliikenteessä²⁴. Sähköbussia testataan kolmen vuoden ajan sekä kesällä että talvella. HSL:n tavoitteena on kerätä tietoa akkusähköbussin suorituskyvystä, vertailla tavanomaista bussitekniikkaa ja vaihtoehtoisia polttoainetekniikoita toisiinsa sekä hankkia osaamista sähköbussiliikenteen suunnittelusta. HSL:n tavoitteena on leikata 80 prosenttia joukkoliikenteen päästöjä vuoteen 2018 mennessä²⁵, mikä ei onnistu ilman vaihtoehtoisten liikennejärjestelmien käyttöönottoa. Portugalilaisen Caetano -sähköbussin toimintasäde on 120 kilometriä. Veolian varikon lisäksi latauspisteitä tulee Suurpeltoon sekä mahdollisesti muualle Espooseen. Hankkeen myötä eri valmistajien sähköbussuja on tarkoitus saada kokeiltaviksi pääkaupunkiseudun liikenteeseen lähivuosina 4-6 kappaletta.



KUVA 2: Espoossa käytössä oleva Caetano-sähköbussi (kuva: Pekka Paloranta/Veolia Transport Finland Oy)

Helsingin kaupungilla on olemassa ympäristövyöhyke [Kuva 3]²⁶, joka koskee HSL:n tilaamaa bussiliikennettä sekä HSY:n jäteautoja. Ympäristövyöhykkeellä sovelletaan kilpailutuksessa tiukempia päästönormeja. Ympäristövyöhykkeellä ei ole kuitenkaan erityisiä lisäetuisuuksia sähköautoille.



KUVA 3: Kuvassa Helsingin kaupungin ympäristövyöhyke vihreällä ja raskaan liikenteen rajoitusalue oranssilla. Ympäristövyöhykkeellä jäteautojen kilpailutuksessa vaatimuksena on euro 5-taso ja uusilla busseilla eev-taso.

4.1.2 SÄHKÖISEN JOUKKOLIIKENTEEN KEHITYSNÄKYMÄ

Pääkaupunkiseudulla on käyttäjämääriin nähden suurin potentiaali kehittää toimivaa sähköistä joukkoliikennejärjestelmää. Vuonna 2011 pääkaupunkiseudulla tehtiin n. 335 miljoonaa matkaa joista noin 170 miljoonaa tehtiin busseilla²⁷. Helsingin seudun liikenne on sitoutunut vähentämään joukkoliikenteestä aiheutuvia päästöjä 80 % vuoteen 2018 mennessä ja vaikka päästöt ovat jo vähentyneet edellisvuoteen nähden, vaatii tavoitteeseen pääseminen suurempia rakenteellisia muutoksia. Tällä hetkellä pääkaupunkiseudulla on meneillään useita hankkeita sähköisen joukkoliikenteen osalta ja ne koskevat pääsääntöisesti raideliikennettä. Tärkeimmät näistä ovat länsimetro ja kehärata, sekä Helsingin keskustaan suunnitteilla oleva Pisara-rata, Raide-jokeri ja Kruunuvuorenselän ylittävä radesilta. Nämä yhdessä muiden pienempien hankkeiden ohella, ovat vahvasti muovaamassa pääkaupunkimme joukkoliikenteen sähköistämistä. Näiden hankkeiden yhteyteen sähköbussit ja niiden yleistymisen sulautunee toimivasti, ja Helsinkiin saadaan tulevaisuudessa ympäristöystävällinen hiilineutraalimpi joukkoliikenne.

Vantaalla on meneillään SYÖKSY-hanke²⁸, jonka päätavoitteena on kehittää joukkoliikennettä tukevia ekologisen liikkumisen malleja. Hanke keskittyy Marja - Vantaan ja Aviapoliksen alueiden asukkaiden ja vierailijoiden liikkumiseen, sekä Kehäradan syöttöliikenteeseen pohjautuviin vähäpäästöisiin liikkumismalleihin. Marja – Vantaan ja Aviapoliksen alueen ollessa lähes Helsingin kokoinen mutta toisaalta harvaan asuttu, ei perinteinen joukkoliikenne ole kovin kannattava vaihtoehto alueelle. Tästä syystä reuna-alueiden asukkaille halutaan tarjota, kehäradan ohella, ekologinen vaihtoehto liikkumiselle. Hankkeessa pyritään hyödyntämään sähköisiä ja muita matalapäästöisiä ajoneuvoja.

Tampereella on suunnitteilla Tampereen kaupunkiraitiotie, joka on suunnitteluvaiheessa oleva kevyt raideliikennejärjestelmä Tampereen seudulle. Yleisesti ottaen päättäjien kanta raitiotielle on ollut myönteinen. Modernin katuraitiotien katsotaan varmistavan liikenteen toimivuuden, aikanaan joukkoliikenteen operointikulujen vähenemisen sekä ekologisen ja ekonominen kaupunkirakenteen muodostumisen. Raitiotien

kokonaispituudeksi on alkuvaiheessa arvioitu noin 20 km ja sen ensimmäisten osien avaaminen liikenteelle on arvioitu vuodelle 2015.

Hirvensalon saarelle Turussa suunnitellaan uusia asuinalueita ja täysin uutta raideliikennejärjestelmää. Saaren oletetun asukasmäärän lisääntymisen myötä on kannattavampaa ja ekologisempaa korvata nykyinen bussiliikenteeseen perustuva joukkoliikennejärjestelmä pääasiassa raideliikenteeseen pohjautuvaksi.

4.2 Kansainvälisiä esimerkkejä sähköisestä joukkoliikenteestä

Seuraavassa on esitetty muutama kansainvälinen esimerkki hyvin toimivasta sähköisestä joukkoliikennejärjestelmästä.

4.2.1 CHATTANOOGA, TENNESSEE, USA

1990-luvun alussa huono ilmanlaatu ja liikeneruuhkat saivat Chattanoogaon kaupungin kehittämään aikaansa nähden täysin uudenlaisen joukkoliikennejärjestelmän. Hankkeen perustana olivat kaupungin liikenteen ja maankäytön ongelmakohdat. Kaupungin pitkä ja kapea profiili sekä palveluiden sijoittuminen etelän, keskustan ja pohjoisen keskittymiin aiheutti sen, että ihmiset joutuivat liikkumaan näiden keskittymien väliä henkilöautoilla ja kaupungin asukkaat olivat siis hyvin riippuvaisia yksityisautoilusta. Parkkipaikkojen puute ja parkki-alueiden pienempi kiinteistövero suhteessa parkkihalleihin johti siihen, että parkkihalleja purettiin ja korvattiin maanpäällisellä pysäköinnillä. Tämä puolestaan johti verovarojen pienenemiseen ja kaupungin talouden jatkuvaan heikkenemiseen.

Edellä kuvatun ongelman ratkaisemiseksi Chattanoogaon kaupungin liikennelaitos CARTA suunnitteli edelleen olemassa olevan kaksiosaisen mallin, jossa se ensimmäisessä vaiheessa rakennutti kaksi suurta parkkihallia suunnitellun joukkoliikennelinjan molempiin päihin kaupungin etelä- ja pohjoisreunalle, ja toisessa vaiheessa itse kaupungin läpi kulkevan bussilinjan pysäköintihallien välille. Linja oli avattaessa käyttäjille ilmainen, se on sitä edelleen ja se on rahoitettu alusta asti parkkihallien pysäköintimaksuilla. Linja kulkee alueen keskustan läpi tällä hetkellä parhaimmillaan jopa 18 bussin voimin noin viiden minuutin vuorovälein. Parkkihallien rakentaminen ja ensimmäiset bussit rahoitettiin julkisin varoin. Vaikka linjalle ei alkuun suunniteltu sähköistettyä liikennettä, on sen soveltaminen ollut elintärkeää paikallisen sähköisen liikenteen liiketoiminnan kehitykselle. Hankkeen päämääränä oli kehittää taloudellisesti omavarainen liikennejärjestelmä, joka tarjoaa varteenotettavan vaihtoehdon yksityisautoilulle ja liikkumiselle yleensä kaupungin keskusta-alueilla.

Bussilinjan käyttökustannukset katetaan parkkimaksuilla ja mainostilan myynnillä parkkihalleissa. Työntekijöiden kustannukset ovat suurin piirtein samat sekä sähkö- että diesel-busseille. Säästöä syntyy huoltokustannusten pienenemisestä sekä itse bussin käyttökustannuksista. Toimivan ja suosituksen linjan ansiosta hanke on vetänyt ympärilleen lisää infrastruktuuria ja liiketoimintamahdollisuuksia. Yhdessä yksityisen ja julkisen sektorin kanssa, Chattanoogaon kaupunki ja Hamiltonin piirikunta ovat muodostaneet innovatiivisen yhteistyöverkoston kehittämään, rakentamaan, testaamaan ja operoimaan sähköisiä kulkuneuvoja ja sähköistä joukkoliikennettä alueen keskustassa.

Vuodesta 1992 lähtien, linja on kuljettanut yli 16,9 miljoonaa matkustajaa²⁹ ja bussit itsessään ovat kulkeneet yli 2,6 miljoonaa mailia (4,1 milj. km). Tämän lisäksi vuotuiset hiilidioksidipäästöt ovat vähentyneet 1,8 miljoonaa kiloa vuodessa³⁰. Hankkeen muihin positiivisiin vaikutuksiin kuuluu vähentyneet ruuhkat, parantunut ilmanlaatu ja uusia työpaikkoja. Lisäksi Chattanoogaon onnistunut hanke on aktivoinut muita Tennesseen osavaltion kaupunkeja sähköisen liikenteen kokeiluihin ja CARTA onkin lainannut yksittäisiä busseja kokeiltavaksi muihin Tennesseen osavaltion kaupunkeihin. Chattanoogaon kaupungissa asui vuonna 2010 167674 asukasta. Chattanoogaon bussilinja täytti kesällä 2012 20 vuotta.

4.2.2 TINDO SOLAR BUS, ADELAIDE, AUSTRALIA

Adelaidessa käytössä oleva Tindo Solar Bus [Kuva 4]³¹ on maailman ensimmäinen täysin aurinkovoimalla tuotetulla sähköllä ladattava bussi. Se saa energiansa bussiterminaalin katolla sijaitsevasta aurinkovoimalasta ja on käytöltään siis täysin hiilivapaata. Aurinkovoimalan kustannukset rahoitettiin Australian valtion kautta Adelaiden Solar City-ohjelman sekä Adelaiden kunnan toimesta. Bussi toimii päivittäin Adelaiden kaupungin alueella ja on asiakkaille täysin ilmainen.

Busseihin mahtuu kerrallaan 40 matkustajaa ja niillä on 200 kilometrin käyttösäde. Lisäksi busseissa on ”fast-charge” ominaisuus millä saadaan minuutin latauksella yksi kilometri ylimääräistä käyttösädettä, ilmainen langaton Internet-yhteys sekä ilmastointi joka ei ole ollenkaan vakiona nykyisissä sähköbusseissa sen kuluttaman energian takia.



KUVA 4: Ilmainen sähköbussi Adelaiden kaupunkiliikenteessä (kuva: Wikimedia Commons)

4.2.3 SOLAR BUS, ITÄVALTA

Itävallassa, Perchtoldsdorfin kaupungissa (asukkaita n. 14500), on otettu käyttöön kokonaan Itävallassa kehitetty aurinkokäyttöinen bussi. Bussi saa käyttöenergiansa sekä auton katolla sijaitsevista aurinkopaneeleista että aurinkokennoilla tuotetusta sähköstä. Aurinkovoimala sijaitsee kaupungin liikekeskuksen katolla. Bussi on suunniteltu alusta loppuun Austrian Institute of Technology³²:ssa. GPS:n avulla määriteltiin bussin päivittäin kulkema reitti, jonka perusteella laskettiin moottorin tehotarve, akun ominaisuudet sekä muut komponentit. Mallia simuloimalla bussille optimoitiin maksimaalinen suorituskyky minimaalisella energian kulutuksella ja painolla. Sähköisen bussin kehitys on aktivoinut muuta liiketoimintaa kehitystyön ympärille³³.

4.2.4 SOUL, ETELÄ-KOREA

Soulissa, Etelä-Koreassa, on otettu käyttöön maailman ensimmäinen kaupallinen sähköbussi (29.12.2010)³⁴. Bussi kehitettiin yhteistyössä Hyundai Heavy Industries'in ja Hankuk Fiberin³⁵ kanssa. Bussi pystyy kulkemaan noin 83 kilometriä yhdellä latauksella ja bussin käyttämät akut voidaan ladata täyteen tehoon 30 minuutissa. Bussi käyttää myös jarrutusenergiaa akkujen lataamiseen ajon aikana.

Soulin kaupungissa kulkee yli 8000 bussia 408:aa eri linjaa. 31 miljoonasta matkasta 28 prosenttia tehdään busseilla. Soulin tavoitteena on saada puolet koko bussikannasta sähköiseksi vuoteen 2020 mennessä. Soulin

kaupungin tavoitteeseen liittyy myös ympäristöystävällisen liikennekulttuurin luominen, mihin sisältyy myös muiden vähäpäästöisten ajoneuvojen toimintaedellytysten parantaminen.

4.2.5 SHENZHEN, KIINA

Shenzhenissä Kiinassa toimii tällä hetkellä suurin kokonaan sähköllä toimiva julkinen liikennejärjestelmä maailmassa. Liikennejärjestelmän kehityksen ajureina ovat toimineet paineet ympäristökysymyksissä sekä öljyn hinnan jatkuva nousu. Shenzhenin liikennejärjestelmään kuuluu sähköbussien lisäksi myös sähkötaksit. Kaupunki aikoo ottaa vuonna 2012 käyttöön 1000 sähköistä bussia ja 500 sähkötaksia. Lisäksi arvioidaan, että vuonna 2012 Shenzhenin teillä kulkee 3000 yksityistä sähköajoneuvoa sekä latauspisteitä on kaupungin alueella n. 6000.³⁶

4.2.6 PROTERRA ECORIDE™ BE35, FOOTHILL TRANSIT, ETELÄ-KALIFORNIA, USA

Foothill Transit, Etelä-Kaliforniassa, otti käyttöönsä Proterra-yhtiön valmistaman sähköisen bussin ajatuksenaan muuttaa koko oma kalusto nolla-päästöiseksi ja vähentää kustannuksia [Kuva 5]³⁷. Bussiin mahtuu 35 matkustajaa ja toimintasäde on noin 27 kilometriä. Bussiasemalla oleva pikalatauspiste [Kuva 6] lataa akun täyteen tehoonsa 10 minuutissa, jolloin bussin vuoroväli pystytään säilyttämään normaalina. Bussien lataamiseen käytetty sähkö on tuotettu 100 prosenttisesti uusiutuvalla energialla. Hankkeessa liikenteen tilaajaosapuolena ei ollut kaupungin oma liikennetoimija, vaan ulkopuolinen yritys. Veolia Transdev toimii liikenteen tilaajana kaupungin asettamien ehtojen mukaan huomioiden päästövähennystavoitteet, liikennöintireitit ja käytössä olleen budjetin. Veolia kilpailutti liikennöitsijät ja esitti kaupungille millä tekniikalla ajot suoritetaan. Proterra-kalustolla ja edellä kuvatulla liikennöintimallilla päästiin hyvään lopputulokseen ilman, että liikenteen tilaajan (Veolia Transdev) tarvitsi merkittävästi uhrata omia resurssejaan³⁸.

Foothill Transit palvelee 14 miljoonaa matkustajaa vuodessa 900 neliökilometrin alueella. Sähköbussilinja on noin 27 km pitkä ja siinä on kaksi latausasemaa. Bussin kantama on noin 40 kilometriä.³⁹ Hanke on rahoitettu osittain American Recovery and Reinvestment Act of 2009⁴⁰ kautta.



KUVA 5: Proterra Ecoride™ BE35 (kuva: Proterra)



KUVA 6: "FastFill™" - latausjärjestelmän anturi (kuva: Veolia Environment R&I, Werner Nuchterlein)

4.2.7 "SMART WHEELS", AACHEN, SAKSA ("ICT FOR ELECTRIC MOBILITY")

"Smart Wheels"-projekti tutkii ja kehittää liiketoimintamalleja sekä yhtenäistä informaatioteknologian ("Information and Communication Technology", ICT) palvelumallia sähköisten ajoneuvojen integroimiseen älyverkkoihin ("smart grid") ja julkiseen infrastruktuuriin. Yksi projektin tavoitteista on kehittää konsepti, johon sisältyy eri liikennevälineet (autot, bussit ja mopot/skooterit) ja joka ottaa huomioon jokaisen liikkumismuodon rajoitukset. Tämä malli on jaettu kolmeen osa-alueeseen liikennevälineiden perusteella.

- 1) sähköskoottereilla katetaan yksittäisen ihmisen tarpeisiin tarvittava matka kaupunkiliikenteessä (lyhyet etäisyydet)
- 2) sähköautoja käytetään pääasiassa kaupunki- ja paikallisliikenteessä (lyhyet ja keskipitkät välimatkat)
- 3) sähköbussit kattavat sähköisen joukkoliikenteen kokonaisuudessaan, jolla on omat erityispiirteensä (liikennesuunnittelu)

Ohjelma tarjoaa kokonaisuudessaan hyvät puitteet CO₂-päästöjen vähentämiselle, sekä turvalliselle energian tarjonnalle ja sähköverkkojen kuormituksen hallinnalle. Sähköisen liikenteen integroiminen osaksi sähköjakeluverkkoa mahdollistaa ajoneuvojen akkujen käytön energian varastointiin, mikä puolestaan tasapainottaa tuotannon ja käytön vaihteluita. Akut voivat ladata uusiutuvaa energiaa aina, kun sitä on saatavilla, ja luovuttaa sähköä takaisin verkkoon kysynnän mukaan.⁴¹

4.2.8 MILTON KEYNES, ISO-BRITANNIA

Milton Keynesin kaupunki on päättänyt korvata kaikki diesel-käyttöiset bussit kahdeksalla sähköbussilla yhdellä kaupungin bussireiteistä (09/2012)⁴². Sähköbussit ladataan "langattomasti". Kyseessä on tekniikka jossa tiehen upotettujen primäärikäämien ja bussissa olevien toisiokäämien välille syntyy sähkömagneettinen induktio. Primäärikäämit on sijoitettu bussin pääteasemille ja lataaminen tapahtuu linjan suunnitellun tauon aikana. 10 minuutin latauksen aikana kaksi kolmasosaa bussin kuluttamasta energiasta saadaan ladattua takaisin. Mitsui & Co. Europan tytäryhtiön johtama kahdeksan organisaation ryhmä allekirjoitti viiden vuoden aiesopimuksen korvaamaan yhdellä pääreiteistä kaikki dieselbussit sähköisillä vuoden 2013 kesään mennessä.

Kaikki kahdeksan bussia ajavat seitsemän päivää viikossa vähentäen CO₂-päästöjä 500 tonnia vuodessa sekä noin 45 tonnia muita haitallisia pakokaasupäästöjä. Tällä hetkellä reitillä kulkee vuosittain noin 775 000 matkustajaa ja reitillä ajetaan vuodessa 724 000 kilometriä. Tämän hankkeen avulla bussien käyttökustannukset voivat pienentyä jopa noin 15–18 miljoonaa euroa vuosittain.

Hankkeessa ovat mukana Mitsui tytäryhtiö eFleet Integrated Services Ltd, Milton Keynesin kaupunki, bussioperaattori Arriva, bussivalmistaja Wrightbus Limited, latausjärjestelmän valmistaja Conductix-Wampfler ja Western Power Distribution. Hanketta operoivan MBK Arup Sustainable Projects:n tavoitteena on käyttää kerättyä dataa esimerkkinä ekonomisen joukkoliikenteen toteuttamiskelpoisuudesta. Hankittua tietoa voidaan käyttää samankaltaisten hankkeiden toteuttamiseen muualla maailmassa.⁴³

4.2.9 CESENA - FORLÍ, ITALIA

Hankkeen taustalla on Green 2 Transportation projekti jonka takana on Yhtymä *Romagna Innovazione* sekä paikallinen julkisen liikenteen harjoittaja ATR. Hankkeen tarkoituksena on kehittää sähköinen joukkoliikenne Cesenan ja Forlín kaupunkeihin. Kaupungit sijaitsevat Pohjois-Italiassa Emilia-Romagnan maakunnassa.

Suurin osa bussien käyttöenergiasta saadaan bussivarikon katoille sijoitetuista aurinkopaneeleista. Bussit näin ollen lataavat akkunsaa näistä paneeleista saatavalla sähköllä. Yhdessä bussit vähentävät noin 121 tonnia CO₂-päästöjä vuosittain. Bussien kuluttamasta energiasta 67 prosenttia tuotetaan aurinkoenergialla. Yhteistyö julkisen liikenteen harjoittajan ja ympäristöä säästävän liikenteen yhtymän välillä oli ratkaisevaa hankkeen toteuttamisen kannalta. Molemmat kaupungit sitoutuivat pitkällä tähtäimellä toteuttamaan puhtaampaa julkista liikennettä. Yhteensä ATR:n kalustossa on 106ussia kaupunkiliikenteessä, joista 18 on sähköisiä.⁴⁴

4.2.10 KÖÖPENHAMINA, TANSKA

Tanskan suurin julkisen liikenteen operaattori Movia ja kiinalainen bussivalmistaja BYD Europe B.V.⁴⁵ ovat aloittaneet hankkeen jonka tavoitteena on saada kaksi sähkökäyttöistäussia liikenteeseen vuoden 2013 alussa.⁴⁶ Bussit on tarkoitus ladata kokonaan uusiutuvalla energialla, jolloin hiilidioksidipäästöt verrattuna dieselbussisiin vähenevät noin 60 prosenttia. Bussit ovat 12 metriä pitkiä ja niiden käyttösäde kaupunkiajossa on 250 kilometriä yhdellä latauksella.

4.3 Sähköisen bussiliikenteen tekniikka

Liikenteen sähköistämiseksi on olemassa useita eri teknologioita ja vaihtoehtoja. Tässä kappaleessa tutustutaan olemassa oleviin tekniikoihin akkukäyttöisten sähköbussien näkökulmasta.

Akkukäyttöisiä busseja pidetään tällä hetkellä nopeimpana tapana edistää sähköistä joukkoliikennettä. Niiden toimintasäde vaihtelee akkujen tehosta, lataustekniikasta ja valmistajasta riippuen n. 40–200 kilometriin. Esimerkiksi Proterran FastFillTM-pikalatausjärjestelmällä⁴⁷ saadaan jo 10 minuutin latauksella riittävä teho kattamaan 40 kilometrin lisätoimintasäteen. Tämä yhdistettynä esimerkiksi yöllä käytettävään hitaaseen lataukseen mahdollistaa bussikaluston ympärivuorokautisen käytön. Yksin jo 40 kilometrin käyttösäde riittää kuitenkin hyvin pelkästään kaupunkien ydinkeskustan joukkoliikenteeseen.

Lataustekniikka ja sen standardit tuovat omat haasteensa sähköbussien käyttöönottoon. Alla on lueteltu yleisimpiä tapoja lataustekniikoille:

- ☐ **Pikalataus [Kuva 7]**
 - Nopealla latauksella esim. pääteasemilla n. 40 kilometriä ajomatkaa. Tekniikka on olemassa ja käytössä.
- ☐ **Langaton lataus⁴⁸ [Kuva 8][Kuva 9]**
 - Maahan upotettu induktiosilmukka ja bussin alla oleva toisiokäämi jotka yhdessä muodostavat sähkömagneettisen induktion. Lataus voi tapahtua tietyillä pysäkeillä tai pääteasemalla vuorovälin aikana. Tekniikka on olemassa ja käytössä.

☐ Akkujen vaihto

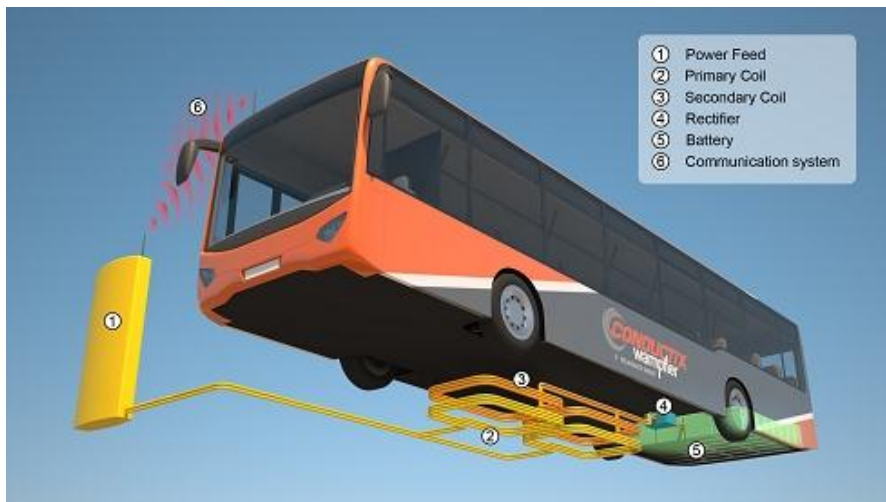
- Akut vaihdetaan varikolla tai pääteasemalla. Tekniikka olemassa mutta ei ehkä sovellu tiheille vuoroväleille. Tekniikkaa olemassa joka mahdollistaa automatisoidun vaihdon.

Osassa kansainvälisiä esimerkkejä bussien katoille oli asennettu aurinkopaneeleja, joista saatiin energiaa bussin käyttöä varten. Vaikka tekniikka ei sellaisenaan sovellu Suomen oloihin ympärivuotiseen käyttöön, voisi se toimia varajärjestelmänä joillekin sähköä vaativille komponenteille, kuten ilmastoinnille tai akkujen jäähdytykseen. Suurimmassa osassa busseja on myös jarrutusenergian talteenotto, jota käytetään akkujen latauksessa.

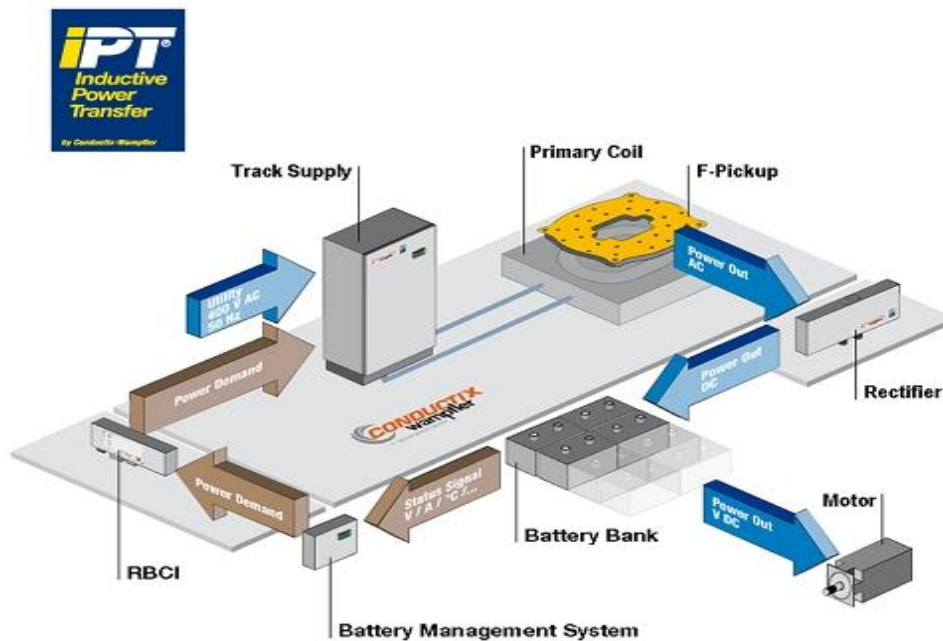
Jotta päästäisiin mahdollisimman ympäristöystävälliseen joukkoliikenteeseen, olisi lataamiseen syytä käyttää täysin uusiutuvaa energiaa. Tällöin voidaan ajoneuvon käytön osalta puhua hiilivapaasta tai hiilineutraalista liikenteestä.



KUVA 7: Proterra FastFill™ – latausjärjestelmän anturi (kuva: Veolia Environment R&I, Werner Nuchterlein)



KUVA 8: Induktiivinen lataus (kuva: Conductix-Wampfler GmbH)



KUVA 9: Conductix Wampfler IPT® – järjestelmä (kuva: Conductix-Wampfler GmbH)

4.4 Sähköisen joukkoliikenteen haasteet

Sähköisen joukkoliikenteen eräs suurimmista haasteista on liikennöintiin tarvittavan rahoituksen ja edelleen toimivan liiketoimintamallin löytäminen kestävän ja houkuttelevan joukkoliikennejärjestelmän toiminnan turvaamiseksi. Lainsäädännöllä ja taloudellisin ohjauskeinoin voidaan saada sähköinen joukkoliikenne helpommin lähestyttäväksi tavallista kuluttajaa ajatellen. Suurin haaste on kuitenkin rahoituksen löytäminen. Julkisen liikenteen ekosysteemi on tässä tapauksessa yksinkertaisempi kuin vastaavan yksityisautoilun. Joukkoliikenteeseen voidaan kehittää erilaisia palveluita kuten mainostilan myyntiä ja liityntäpysäköinnin parkkimaksuja, joilla kustannuksia saadaan katettua. Edellä luetelluissa kansainvälisissä esimerkeissä julkisella rahoituksella ja eri instituutioiden tuella on tärkeä merkitys koko hankkeen onnistumisen kannalta. Jotta

tehokas sähköinen joukkoliikenne saadaan toimivaksi konseptiksi, täytyy taustalla olla vahva julkinen sekä yksityinen tuki.

Haasteita muodostavat myös itse kaluston hankinta ja akut. Autot ovat kalliita ja niiden jälkimarkkina-arvo on todella pieni. Kiinassa ja Yhdysvalloissa on laajamittaista bussien valmistusta ja niihin soveltuvien akkujen tuotantoa. Bussien lataamisessa kannattavinta olisi soveltaa ns. pikalatausta⁴⁹ tai akkujen vaihtotekniikkaa⁵⁰. Jos vaihtoakku-teknikka tulee käyttöön, tällöin joudutaan varautumaan hieman suurempaan akkuvaramoon, mutta toisaalta koska vaihto kestää vain 1-5 minuuttia, säästytään pitkältä odotusajalta verrattuna esimerkiksi hitaaseen lataukseen, ja auto saadaan nopeasti takaisin liikenteeseen. Tämä tietenkin vaatii lisää infrastruktuuria kaluston ympärille latausasemien/akkujen vaihdon yhteyteen. Akkujen vaihto olisikin yksi vaihtoehto tukemaan pikalatausta, sillä bussit ajavat aina tietyn matkan kun taas esimerkiksi henkilöautoilla liikkumissäde vaihtelee⁵¹. Tällöin voitaisiin hyvällä liikennesuunnittelulla ajoittaa akkujen vaihdot tai pikalataus siten, että ne tukevat linjan luonnollista vuoroväliä. Silloin kun bussit ja akut eivät ole käytössä, ne voivat olla osana tasapainottamassa paikallista energiajärjestelmää. Tähän ideaan perustuu ns. V2G (*vehicle-to-grid*)-teknikka⁵², jossa verkkoon kytketty ajoneuvo toimii energiavarastona ja tasaa kulutuspiikkejä.

Sähköiseen joukkoliikenteen yleistymiseen liittyy myös muita kysymyksiä. Se käytetäänkö pika- vai hidasta latausta vaikuttaa huomattavasti bussien liikennöintiin ja vuoroväleihin. Lataustekniikoille ei ole olemassa mitään valmista standardia, mikä toisaalta tarjoaa paljon mahdollisuuksia ja toisaalta epävarmuuksia. Turvallisuus akkujen osalta, sekä vastuu suurjännitelatauksen huollosta ja ylläpidosta antavat omat painonsa valittaville tekniikoille. Koska Suomessa ei vielä ole laajaa sähköautojen, saati sähköisten bussien latausinfrastruktuuria, on päätökset tekniikasta tehtävä muualla vakiintuneiden mallien perusteella. Mahdollisuus yhdistää käytössä olevia tekniikoita tarpeen mukaan on myös huomioitava. Lataustekniikka vaikuttaa osaltaan akun keston, ja sen myötä itse ajoneuvon käyttöön sekä akun käyttöikäen.

4.5 Public private partnership

Sähköisen joukkoliikenteen tai muun liikennejärjestelmän yhteyteen on liitettävä myös muut tärkeät toimijat. Ensi alkuun on selvitettävä käytettävä latausverkosto, sähkön toimittaja sekä operaattori, joka vastaa latausverkon toiminnasta. Hanketta ennen on pystyttävä vahvistamaan ”public private partnership”⁵³ (PPP, suomeksi elinkaarimalli) ajattelua. Suurissa teknisissä muutoksissa, joiden pysyvät tulokset näkyvät vasta vuosien päästä, tuottoisan liiketoiminnan rakentaminen vie aikansa. Myös taloudelliset investoinnit ovat alkuun valtavat ja niiden tuotto-odotus voi olla liian pitkä hankkeessa mukana oleville, ja tällöin päättäjiä tulisi auttaa yksityisiä organisaatioita ”public private partnershipin” muodostamisessa. PPP:n joitain ominaispiirteitä ovat:

- ☐ infrastruktuurin kehityksen vauhdittaminen
- ☐ riskien jakaminen eri tahojen kesken
- ☐ yhtenäisten palveluiden ja kokemusten tarjoaminen käyttäjille
- ☐ yksikään mukana olevista tahoista ei tee hankkeen alkuvaiheessa tuottoisaa liiketoimintaa

Suomessa sovellettu elinkaarimalli on ollut käytössä erityisesti suurissa tiehankkeissa. Mallissa palvelukokonaisuuden tuottamisesta vastaa yksi tai useampi yksityinen yritys. Yritykset vastaavat kohteen toimivuudesta ja sen toimintaa tukevista palveluista kun taas hankkeen tilaaja sitoutuu hankkeeseen pitkäaikaisella sopimuksella. Sitoutuminen kohteisiin pitkiksikin ajoiksi edesauttaa, että palvelun laatu pysyy korkeatasoisena⁵⁴.

5 Hiilineutraali liikkuminen

Tässä kappaleessa kuvataan hyviä esimerkkejä, joilla hiilineutraalin liikkumisen toimintaedellytyksiä on parannettu yksinkertaisin toimin. Kappaleen tarkoitus on osoittaa, että kevyen liikenteen huomioiminen maankäytön suunnittelussa ja yleisesti kaupungin strategiatasolla on suoraan verrannollinen pyörämatkojen osuuden kasvuun. Kappaleessa on esitetty myös muutama esimerkki toimivista pyörävuokrauspalveluista.

5.1 Henkilöautoliikenteen vähentäminen

Suomen valtioneuvosto hyväksyi istunnossaan 15.10.2009 ilmasto- ja energiapolitiittisen tulevaisuusselonteon, jossa tavoitteeksi asetettiin Suomen ilmastopäästöjen vähentäminen 80 prosentilla vuoden 1990 tasosta vuoteen 2050 mennessä. Henkilöautoliikenteen suurin vaikutus ympäristöön muodostuu kasvihuonekaasupäästöistä, terveydelle haitallisista pienhiukkaspäästöistä ja liikenteen melusta. Näitä vaikutuksia voidaan vähentää pienentämällä polttoaineen kulutusta, puhdistamalla pakokaasuja, lisäämällä uusiutuvan energian käyttöä sekä siirtymällä vähäpäästöisiin ajoneuvoihin.

Liikenneministeri Merja Kyllönen linjasi liikennesektorin ilmasto- ja energiakysymyksiä puheessaan Greenpeacen seminaarissa Helsingissä 19.9.2012⁵⁵. Kyllönen ohjaisi ilmastopoliittisia toimenpiteitä energiatehokkuuden ja energiansäästön suuntaan. Fossiilisten polttoaineiden kulutuksen vähentäminen on Kyllösen mielestä liikenteen ilmastopoliittikan peruslähtökohta, ja sen vähentämiseen voidaan vaikuttaa kolmella tavalla: liikennemääriä vähentämällä, korvaamalla fossiilista öljyä muilla polttoaineilla sekä lisäämällä liikenteen energiatehokkuutta. Liikenne- ja viestintäministeriön tutkimus yhdyskuntarakenteen vyöhykkeistä⁵⁶ osoittaa, että yhdyskuntarakenne vaikuttaa päivittäiseen liikkumistarpeeseen ja sitä kautta myös liikenteen energiankulutukseen. Suunnittelemalla yhdyskuntia, jotka eivät ole riippuvaisia autoista, voidaan kannustaa asukkaita vaihtoehtoisten liikkumismuotojen hyödyntämiseen. Myös palveluiden sijoittumisella voidaan vaikuttaa ihmisten liikkumistarpeeseen. Kun kaikki tärkeimmät palvelut löytyvät läheltä, auton käyttötarve osaltaan vähenee.

Asuinpaikka vaikuttaa eniten yksityishenkilön liikkumisesta aiheutuviin päästöihin.⁵⁷ Suomen yhdyskuntarakenne on suhteellisen hajanainen, ja hajautuminen taajamien laidoille jatkuu edelleen. Liikenteen ja liikkumisen kannalta hajautuminen johtaa kahdenlaisiin ongelmiin: toisaalta lähipalveluiden kaventumiseen ja joukkoliikenteen palveluiden heikkenemiseen; toisaalta suurimpien kaupunkikeskusten kasvun aiheuttamiin liikennemuuhkiin ja kasvaviin ympäristöongelmiin. Nämä ongelmat korostuvat, jos päivittäinen liikkuminen painottuu henkilöautoliikenteeseen, ja henkilöautoilun määrä ylittää tie- ja katuverkoston kapasiteetin. Ruuhkautuminen vähentää ihmisten hyvinvointia ja kuormittaa ympäristöä muun muassa runsailla kasvihuonekaasu- ja pienhiukkaspäästöillä. Pitkällä tähtäimellä lisääntyneen autoilun tuomia ongelmia ei ratkaista rakentamalla lisää väyliä. Autoilla liikkumisen helpottaminen lisäisi henkilöautoilun mielekkyyttä ja johtaisi näin ollen ilmastovaikutusten kannalta päinvastaisiin tuloksiin.

5.2 Esimerkkejä liikkumisen ohjauskeinoista

Henkilöautoliikenteen vähentämiseen julkisen ja kevyen liikenteen keinoin on olemassa monia malleja. Seuraavassa käsitellään muutamia esimerkkejä näistä.

5.2.1 RUUHKAMAKSUT

Yksi tapa vähentää henkilöautoliikennettä kaupungeissa ovat ruuhkamaksut. Liikenne- ja viestintäministeriön jatkoselvityksessä Helsingin seudun ruuhkamaksuista (1.2.2011)⁵⁸ linjattiin, että ruuhkamaksujen tavoitteena on sujuvoittaa liikennettä, vähentää ilmanlaatuun vaikuttavien päästöjen määrää sekä kerätä rahoitusta liikennejärjestelmien ylläpitoa ja kehittämistä varten. Selvityksessä todettiin, että ruuhkamaksullinen liikennejärjestelmä toteuttaisi Helsingin seudun liikennejärjestelmälle asetettuja tavoitteita paremmin kuin

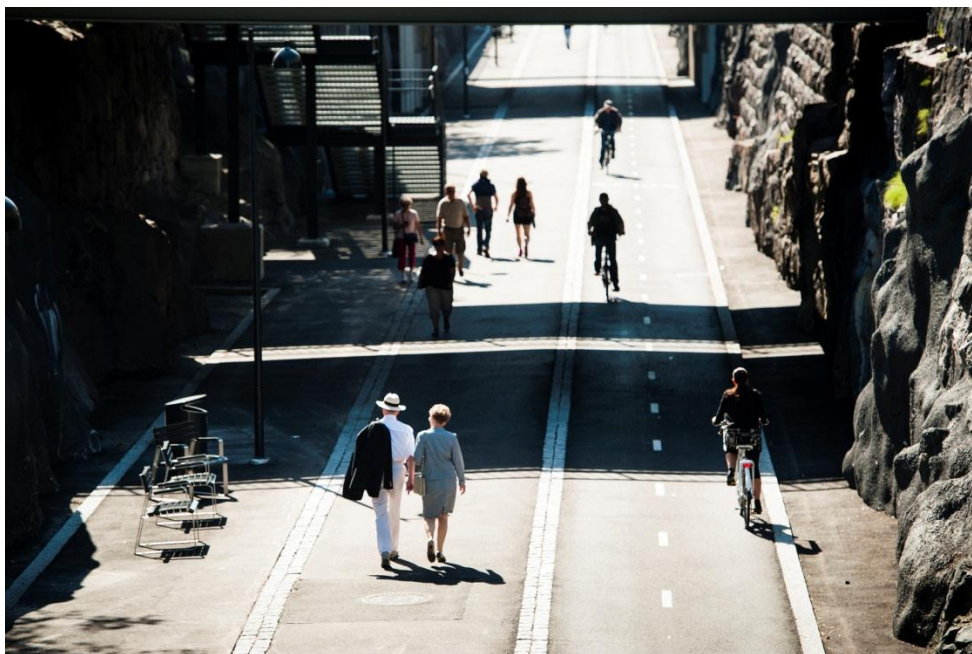
ruuhkamaksuton liikennejärjestelmä. Maailmalla ruuhkamaksut ovat olleet pitkään käytössä monissa suurissa kaupungeissa kuten Lontoossa, Singaporessa, Tukholmassa sekä Norjassa Oslolla, Bergenissä ja Trondheimissa. Ruuhkamaksujen hyötyihin lukeutuu liikennejärjestelmien tehostaminen ja ohjaus, liikenteen haittojen vähentäminen ja liikennejärjestelmien rahoittaminen ja ylläpitäminen. Ruuhkamaksut myös voivat edesauttaa vähäpäästöisten henkilöautojen yleistymistä. Esimerkiksi Tukholmassa alle 120 g/km hiilidioksidia päästävät autot on vapautettu kokonaan ruuhkamaksuista. Tämä on johtanut ympäristöystävällisten autojen suosioon. Poliittisesti ruuhkamaksut ovat arka aihe, eikä Helsinkiin kaavailtu ruuhkamaksu ole nykyisen hallituksen ohjelmassa.

5.2.2 KEVYEN LIIKENTEEN JA JOUKKOLIIKENTEEN TEHOSTAMINEN

Tehokkaimmaksi tavaksi vähentää autoilua kaupunkialueilla nähdään kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen edellytysten parantaminen maankäytön suunnittelun keinoin. Liikenne- ja viestintäministeriön ”Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia vuodelle 2020”⁵⁹ pyrkii lisäämään kävelyn ja pyöräilyn osuutta kaikista matkoista nykyisestä 32 prosentista 35-38 prosenttiin ja samalla vähentämään lyhyiden henkilöautomatkojen määrää. Kävely ja pyöräily nähdään tulevaisuuden liikennejärjestelmän kulkutapoina, joita edistämällä voidaan vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä ja lisätä päivittäisen liikkumisympäristön terveellisyyttä ja turvallisuutta.

Helsingin tavoitteena on nostaa pyörämatkojen osuus 15 prosenttiin vuoteen 2020 mennessä. Vuonna 2010 pyörällä taittui yhdeksän prosenttia Helsingissä tehtävistä matkoista. Pyöräilyn suosion lisäämiseksi Helsingin kaupunki perusti syksyllä 2010 niin kutsutun Pyöräilyprojektin. Yksi projektin ensimmäisistä tehtävistä on uudistaa pyöräliikenteen suunnitteluohjeet. Taustalla on koko pyöräilykäsityksen muutos: pyöräilyä ei enää rinnasteta jalankulkuun vaan entistä selkeämmin ajoneuvoliikenteeseen. Muita Pyöräilyprojektin keskeisiä tehtäviä ovat pyöräteiden ylläpidon kehittäminen, pyörien pysäköintimahdollisuuksien parantaminen erityisesti lähiliikenteen asemilla ja kantakaupungissa, pyöräilyn markkinointi sekä säilytys- ja vuokrauspalveluja tarjoavan pyöräkeskuksen edistäminen.

Pyöräilyprojektin toimintakausi jatkuu kuluvan valtuustokauden (2009–2012) loppuun asti, mihin mennessä laaditaan myös jatkotyöohjelma ja toimenpidesuunnitelma vuodesta 2012 eteenpäin. Muualta Euroopasta saatujen kokemusten mukaan pyöräilyn merkittävä lisääminen on onnistunut noin kymmenen vuoden mittaisissa prosesseissa⁶⁰. Eräs konkreettinen esimerkki pyöräilyn edistämisestä Helsingissä on entiseen satamaratakuihin rakennettu 1,3 kilometrin mittainen esteetön pyöräreitti ”Baana”, jossa pääurakoitsijana toimi Stara [Kuva 10]. Reitti yhdistää keskustan ja länsisataman, ja tarjoaa käyttäjilleen paljon erilaisia aktiviteetteja.



KUVA 10: Helsingin "Baana" (kuva: Veikko Somerpuro)

Tampereella on vuodesta 2011 lähtien ollut meneillään ainutlaatuinen sähköiseen pyöräilyyn liittyvä hanke⁶¹. Hankkeessa oli mukana 50 kaupungin työntekijää jotka vaihtoivat autonsa sähköpyörään puolen vuoden ajaksi. Kokeilussa huomattiin kuinka sähköpyörä madaltaa kynnystä luopua autosta työmatkalla, sillä se mahdollistaa nopean työmatkan ilman hikoilua. Kokeilusta on valmisteilla myös opinnäytetyö, jossa selvitetään muun muassa kokeilussa säästettyjen CO₂-päästöjen määrää.

Oulussa pyöräilyn kulkutapaosuus on n. 22 %, joka on miltei kaksinkertainen muihin Suomalaisiin kaupunkeihin verrattuna. Oulun laaja pyöräverkko (616 km) perustuu hyvälaatuisiin kevyen liikenteen laatukäytäviin, joissa jo hyvinkin kaukaa (min. 10 km) Oulun kaupunkia lähestyy lukuisia isoista autoteistä pääosin eroteltuja varsin selkeitä ja nopeita kevyen liikenteen väyliä. Huomattavaa on, että edellä kuvaillut väylät ovat viime vuosina myös pääosin kielletty mopoilta. Oulussa kevyen liikenteen väyliä myös ylläpidetään huolellisesti (erityisesti talvella) ja pyöräilyn suosiota edesauttaa myös se, että Oulussa on hyvin tasainen maasto⁶². Huomion arvoista Oulun tapauksessa on se, että pyöräilyn suosio ei perustu mihinkään ihmeellisyyksiin vaan ainoastaan siihen, että kevyellä liikenteellä on ollut aina suuri painoarvo Oulun maankäytön suunnittelussa. Monissa muissa kaupungeissa tähän ollaan vasta heräämässä.

Tukholmassa on otettu käyttöön tehokas malli polkupyörien vuokraukselle joka toimii etukäteen maksetulla kortilla⁶³. Pyörät ovat asiakkaan käytössä kolme tuntia jonka jälkeen asiakkaan tilille merkataan virhepiste. Kolmen pisteen jälkeen kortti lukitaan. Tukholmassa 93 prosenttia työmatkoista tehdään joko kävellen, pyörällä tai julkisten liikennevälineiden avulla⁶⁴.

Erilaiset pyörävuokraukseen liittyvät liiketoimintamallit ovat yleistymässä kovaa vauhtia Euroopassa ja Yhdysvalloissa. New Yorkiin ollaan perustamassa Pohjois-Amerikan tällä hetkellä suurinta pyörävuokrausjärjestelmää. Järjestelmä koostuu 10000 pyörästä ja 600 asemasta ja sen on määrä aloittaa toimintansa maaliskuussa 2013. Hankkeen rahoittajina on Citibank sekä MasterCard, jota operoi yksityinen NYC Bike Share LLC. Hanketta ei tueta lainkaan julkisella rahalla⁶⁵.

Kööpenhamina oli ensimmäinen kaupunki maailmassa jossa otettiin käyttöön polkupyörien vuokrauspisteet⁶⁶. City-pyörien vuokraus ollaan kuitenkin lakkauttamassa ensi vuonna (2013) rahoituksen puutteen vuoksi. Tästä

syystä kaupunki aikookin parantaa pyöräteitä ja pyöräparkkeja vastaamaan kaupunkilaisten tarpeita. Peräti 55 prosenttia Kööpenhaminan asukkaista pyöräilee 1,2 miljoonaa kilometriä päivittäin. Kaupungissa toimii myös sähköbussi, joka kiertää kaikki tärkeimmät keskustan nähtävyydet.

Amsterdamia pidetään yhtenä pyöräily-ystävällisimmistä kaupungeista Euroopassa. Kaupungin kapeat kadut eivät sovellu autoiluun, ja siksi tässä 750 000 asukkaan kaupungissa onkin miltei 600 000 polkupyörää. Yli 400 kilometrin toimiva pyörätieverkosto sekä tehokas pyörävuokrausjärjestelmä tekee pyöräilyn helpoksi myös monille kaupunkiin matkaaville turisteille.

6 Yhteenveto ja johtopäätelmät

Tässä selvityksessä on esitetty esimerkkejä vähäpäästöisen liikenteen järjestelmistä niin meillä Suomessa kuin kansainvälisestikin ja pyritty erilaisin esimerkein kartoittamaan sellaisia järjestelmiä, tekniikoita ja liiketoimintamalleja, jotka voisivat toimia Porvoon kokoisen kaupungin mittakaavassa.

Liikenteen päästöt tulevat pääasiassa henkilöajoneuvoliikenteestä ja tähän liittyen on voitu osoittaa, että yhdyskuntarakenteella on selvä yhteys asukkaiden liikkumistottumuksiin. Harvassa yhdyskuntarakenteessa liikutaan pääsääntöisesti enemmän ja henkilöajoneuvon osuus liikennesuoritteesta on suurempi, kun taas tiiviillä alueilla liikutaan pääsääntöisesti vähemmän ja joukkoliikenteen osuus liikennesuoritteesta on huomattavasti korkeampi kuin harvaan asutuilla alueilla. Suomalaisten liikennesuoritteessa on havaittavissa huolestuttava trendi, jossa kevyen liikenteen osuus tehdyistä matkoista on pienenemässä varsinkin lasten ja nuorten parissa. Toisaalta keskimääräinen henkilöajoneuvosuorite pysyy vuodesta toiseen lähes ennallaan. Keskeisenä keinona liikenteen päästöjen hillitsemisessä on yleisesti pidetty liikkumistarpeen (henkilöautosuoritteen) vähentämistä sekä kevyen liikenteen ja joukkoliikenteen toimintaedellytysten parantamista, jotka taas liittyvät merkittävästi maankäytössä ja kaavoituksessa tehtäviin ratkaisuihin. Kun palvelut ovat paremmin saavutettavissa esim. pyörällä kuin autolla, yleensä myös pyörä valitaan. Alueita voidaan periaatteessa suunnitella myös täysin autottomiksi. Toisaalta henkilöautoilulle osoitettujen taloudellisten ohjauskeinojen (esim. ruuhkamaksut, korkea autoverotus, tiukka pysäköintikontrolli ja korkeat pysäköintimaksut) on osoitettu, oikein sovellettuna, olevan ainoa toimiva kontrollointikeino henkilöajoneuvoliikenteen rajoittamiseksi.

Henkilöajoneuvoliikenteestä aiheutuvien päästöjen voidaan olettaa pienentyvän tulevaisuudessa ajoneuvoliikenteen sähköistymisen myötä. Ladattavien hybridien ja sähköautojen yleistymisen riippuu ratkaisevasti globaaleista megatrendeistä, kuten akkuteknologian kehityksestä, öljyn riittävyydestä ja hinnasta sekä myös innovaatioista latausteknologioissa. On selvää, että maissa jossa sähköautojen hankintaa tai käyttöä tuetaan tai on tuettu taloudellisin kannustimin ja/tai muunlaisin etuuksin, on sähköautojen markkinaosuus uusista autoista kasvamassa. Sähköautojen yleistymisen suurimpina haasteina Suomessa pidetään tällä hetkellä lyhyttä toimintasädetä, harvaa latausinfrastruktuuria, autojen pientä kokoa sekä korkeaa hintaa. Päästöjen kannalta on kuitenkin tärkeää huolehtia siitä, että ajoneuvoja ladataan sähköllä, jonka tuotannossa syntyy mahdollisimman vähän hiilidioksidipäästöjä. Nykyisenkaltaisen hiililauhteen käyttäminen sähköajoneuvojen voimanlähteenä ei tee sähköautoista kovinkaan vähäpäästöistä vaihtoehtoa uuteen vähän kuluttavaan henkilöautoon verrattuna.

Kokonaisuutena sähköisesti toimiva joukkoliikenne on tulevaisuudessa ainoa varteenotettava vaihtoehto joukkoliikenteelle. Edellä esitettiin esimerkkejä sähköisistä joukkoliikennejärjestelmistä (lähinnä sähköbuseista) tai liiketoimintamalleista, jotka ovat syntyneet erilaisten ongelmatilanteiden sanelemina. Chattanoogaan sähköinen "ShuttleBus" -järjestelmä rakennettiin jo 90 -luvun alussa ratkaisemaan kaupungin liikenne-, pysäköinti- ja lopulta talousongelmia ja nykyisin jo 20 vuotta toiminut järjestelmä on edelleen moderni,

taloudellisesti kestävä ja ekologinen nykypäivän tarpeisiin. Suurimassa osassa esitettyjen joukkoliikennemallien taustalla on pitkä kehitystyö, ne on suunniteltu yksilöllisesti tietylle alueelle, hankkeen takana on vahva joko yksityinen tai julkinen rahoitus. Toisaalta jokaisessa esimerkkihankkeessa on voitu osoittaa päästöjen pieneneminen, ilmanlaadun parantuminen sekä huomattavat säästöt tavanomaiseen bussijärjestelmään verrattuna. Liikennejärjestelmien korkeille perustamiskustannuksille esitettiin vaihtoehtoja, kuten kaluston lainaus/vuokraus suuremmalta liikennöitsijältä tai ”public private partnership”-malli. Sähköbussien liittyvää tekniikkaa on tällä hetkellä olemassa mutta sen kehitys ja mahdollisuudet ovat kuitenkin vasta alkutekijöissä. Sähkölinja-autojen suhteen akkujen kestävyudessa ja tehossa on paljon parannettavaa. Parhaaseen hyötysuhteeseen päästään latauspaikkojen järkevällä suunnittelulla tai rakentamalla mahdollisuus akkujen vaihtoon tai pikalataukseen pääte- tai vaihtoasemilla. Sähköiset joukkoliikennejärjestelmät ovat yleistymässä kaikissa maailman kolkissa johtuen lähinnä samoista megatrendeistä kuin sähköautojenkin yleistyminen. Suomen ensimmäinen pelkästään sähköllä kulkeva bussi aloitti liikennöintinsä tänä syksynä Espoossa.

Liikkumistarpeen vähentämisen ja ajoneuvokannan sekä joukkoliikennejärjestelmien sähköistymisen lisäksi tulee mainita myös kevyen liikenteen toimintaedellytysten parantaminen. Kevyen liikenteen korostaminen maankäytön suunnittelussa ja edelleen pyöräilyn houkuttelevuuden parantaminen esteettömillä kevyen liikenteen laatukäytävillä saadaan alueen pyörämatkojen osuus kasvuun. Edellisessä kappaleessa esitettiin joitain esimerkkejä niin Suomesta kuin ulkomailtakin, jossa toisaalta massiivisilla investoinneilla ja toisaalta suhteellisen yksinkertaisilla strategisilla päätöksillä on pyöräilyä saatu edistettyä kaupunkitasolla.

Seuraavassa osassa on esitetty tämän selvityksen pohjalta erilaisia vaihtoehtoja ja mahdollisuuksia hiilineutraaleille tai vähäpäästöisille liikkumismuodoille ja toimintamalleille, jotka voisivat sopia nimenomaan Porvoon mittakaavaan tai Porvoon seudulle.

OSA 2: SELVITYS HIILINEUTRAALIN LIIKENTEEN MAHDOLLISUUKSISTA PORVOOSSA

1 Lähtökohdat

Porvoon kaupunki on pinta-alaltaan 655 neliökilometriä, ja kaupungissa asuu noin 49 000 ihmistä. Porvoossa on katuverkostoa yhteensä yli 240 kilometriä, ja kävely ja pyöräily kuuluvat voimakkaasti Porvoon vanhan kaupungin katukuvaan sekä puistoihin, jokivarren vehreille satama-alueille kuin vilkkaille toreillekin. Porvoon keskustan liikennejärjestelyille aiheuttaa haasteita keskustan pysäköintikapasiteettiin ja keskustan tieverkon palvelutasoon liittyvät ongelmat, joita aiheuttavat turistikausi, linja-autoilla sekä henkilöautoilla liikkuvat turistit ja turistiryhmät. Yleisesti ottaen porvooolaisen asukkaan liikennesuorite on Suomen keskiarvon alapuolella niin kokonaisliikkumisen kuin henkilöajoneuvosuoritteidenkin osalta. Uusi rakenteilla oleva energiatehokas Skaftkärrin asuinalue tarjoaa lisää uusia mahdollisuuksia ja toisaalta aiheuttaa joitain tarpeita liikenteen uudistamiselle.

Skaftkärrin alueen koko tulee olemaan n. 4 neliökilometriä ja se sijaitsee noin 4km päässä Porvoon keskustasta. Alueelle kaavaillaan asuntoja noin 6000 ihmiselle. Alueen kaavarungon tavoitteena on ollut liikenteen kannalta mahdollisimman tiiviin kaupunkirakenteen luominen. Tällä on pyritty vähentämään liikkumista ja luomaan parempia toimintaedellytyksiä joukkoliikenteen järjestämiselle. Samalla on, turvallisuus näkökohdat huomioiden, haluttu varmistaa lyhyemmät verkostot sekä lyhyempien matkojen toteutuminen kevyen liikenteen käyttäjille ja parantamaan tällä tavalla kevyen liikenteen houkuttelevuutta. Tämän lisäksi eri kulkutapojen verkostot sekä pihajärjestelyt on pyritty tekemään niin, että pyörä tai joukkoliikenne on vähintään yhtä nopea kuin auto. Kaavarungon tavoitteita seuraavat Skaftkärrin suoraviivaiset [Kuva 11] kevyen liikenteen väylät tekevätkin pyöräilystä monissa tapauksissa automatkaa houkuttelevamman vaihtoehdon ja ovat loistava osoitus siitä, miten maankäytössä voidaan vaikuttaa eri liikennemuotojen houkuttelevuuteen.



KUVA 11: Skaftkärrin kevyen liikenteen suunnitelmaluonnos

Skaftkärrin kevyen liikenteen järjestelmä luo hyvät edellytykset kevyen liikenteen osuuden lisääntymiselle, mutta Skaftkärrin yhdistäminen Porvoon keskusta luo myös tarpeen vähäpäästöiselle joukkoliikennejärjestelmälle, jonka palvelutason tulisi olla riittävä n. 6000 asukkaan kaupunginosan tarpeisiin. Skaftkärrin vaihteellinen rakentuminen tarjoaa mahdollisuuden kokeilla erilaisia ratkaisuja erilaisten sähköisen tai muun vähäpäästöisen liikenteen vaihtoehtojen järjestämiseksi. Samalla voidaan tarjota ratkaisu Porvoon keskustassa yleensä turistikaudella ilmeneviin linja-auto- ja henkilöliikenteen pysäköintiongelmiiin.

Seuraavassa ehdotetaan erilaisia menetelmiä ja malleja vähäpäästöisen liikenteen toteuttamiseksi Porvoossa. Listassa esitetyt toimintamallit on valittu sillä perusteella, että niitä olisi mahdollista soveltaa Porvoon mittakaavaan Porvoon omaan päätöksentekoon nojautuen. Tämän selvitystyön seuraavassa vaiheessa alla kuvatun listan toimintamalleja analysoidaan tarkemmin ja selvitetään haastattelujen sekä testauksen perusteella potentiaalisimmat Porvoolle soveltuvat toimintamallit.

Pysäköintiin ja keskusta-alueen käyttöön liittyvät:

- ☐ Pysäköinnin aggressiivinen rajoittaminen keskusta-alueelle sekä laajojen pysäköintikenttien perustaminen keskustan ulkopuolelle. Pysäköinnin rajoittaminen voitaisiin rajata esimerkiksi vapaa-ajan autoilua varten.
- ☐ Keskusta-alueen, tai sen joidenkin osien sulkeminen tai asteittainen sulkeminen henkilöajoneuvoliikenteeltä.
- ☐ Ympäristövyöhykkeen tai vastaavan perustaminen Porvoon keskustan alueelle. Vyöhykkeellä voitaisiin ohjata raskasta ja muuta liikennettä pois Porvoon keskustasta.

Sähköiseen joukkoliikenteeseen liittyvät:

- ☐ Uuden tai muunnetun sähköbussikaluston hankinta
 - Aluksi 1 linja, jolla testataan järjestelmän kannattavuutta ja toimintaa ja jonka toiminta keskittyisi vilkkaaseen turistikauteen. Linjalla tulisi olla riittävän tiheät vuorovälit (<10 min) sekä asemat keskusta-alueen ulkopuolisilla pysäköintikentillä. Pääteasemilla mahdollistetaan akuvaihdot tai pikalataus.
 - Paikallisten liikennöitsijöiden resursseja voitaisiin kouluttaa uudelle kalustolle ja myös mahdollisesti kaluston ylläpidolle.
 - Tätä vaihtoehtoa ollaan jo viemässä eteenpäin
- ☐ Sähköbussikaluston vuokraaminen
 - Kaupungin kannalta kustannustehokkain vaihtoehto olisi vuokrata sähköbussikalustoa esimerkiksi Veolialta tai muulta mahdolliselta liikennöitsijältä. Tällöin säästytään suurilta etupainotteisilta investoinneilta ja voitaisiin melko riskittömästi arvioida sähköbussilinjan toimintaedellytyksiä erilaisilla liiketoimintamalleilla.
 - Paikallisten liikennöitsijöiden resursseja voitaisiin kouluttaa uudelle kalustolle ja myös mahdollisesti kaluston ylläpidolle.
 - Alkuun Skaftkärrin ja keskustan yhdistävä linja ja/tai ”turistilinja” vilkkaan turistikauden tueksi.
- ☐ Sähköisen bussiliikenteen mahdolliset liiketoimintamallit
 - Aluksi ilmainen asukkaille ja maksullinen turisteille. Vaatisi jonkinlaisen bussikortin lanseeraamista ja soveltuisi hyvin tilanteeseen, jossa liikennöintikalusto olisi vuokrattu.
 - Allokoidaan pysäköinnistä saadut maksut pääosin suoraan sähköbussilinjan liikennöintiin. Pysäköinnistä saadut varat riippuvat suoraan siitä, minkälainen strategia pysäköinnin rajoittamiselle valitaan. Näitä malleja tutkitaan tämän selvityksen analyysivaiheessa.

- Sovelletaan elinkaarimallia (Public Private Partnership). Porvoossa yhteistyökumppaneita elinkaarimallin toteuttamiseksi voisi olla esimerkiksi
 - Porvoon kaupunki
 - Paikallisliikenteen liikennöitsijä (Porvoon Liikenne Oy, Pohjolan Liikenne Oy)
 - Sähköntuottaja- ja jakelija (Porvoon Energia, Porvoon Sähköverkko)
 - Infrastruktuurin palveluntuottaja
 - auton vuokraus /car sharing - yrittäjä
 - Paikalliset ICT-yritykset

2 Analyysi

Tämän selvityksen tarkoituksena on kartoittaa mahdollisia sähköisen joukkoliikenteen mahdollisuuksia Porvoon kaupungin alueelle sekä rakenteilla olevan Skaftkärrin alueelle. Selvityksen analyysivaiheessa kartoitetaan mahdollisia, konkreettisia, liiketoimintamalleja yhdessä hankkeen toimijoiden kanssa. Analyysivaiheessa tehdään esityksiä mahdollisiksi vaihtoehtoisiksi erilaisten keskusteluiden ja haastatteluiden kautta, joita on tämän hankkeen aikana käyty hankkeeseen liittyvien sidosryhmien kanssa. Analyysivaiheen perusteella kartoitetaan mahdolliset toimintamallit ja niiden toteuttamisen vaatimat toimenpiteet. Hankkeen kannalta olennaisimmat yhteydenotot on dokumentoitu liitteeseen 1.

Porvoon kaupungin katuosaston liikenneinsinöörin Hanna Linna-Variksen ja Kari Hällströmin kanssa käydyn keskustelun perusteella Porvoon kaupunki voisi olla kiinnostunut hankkimaan aluksi kokeilukäyttöön muutaman sähköbussin, joita tulaisiin käyttämään turistiliikenteessä Porvoon keskusta-alueella. Turistikauden ollessa kiivaimmillaan Porvoon ja varsinkin sen vanhan kaupungin kadut täyttyvät sekä henkilöautoista että linja-autoista. Turisteja sekä muita ulkopaikkakuntalaisia palveleva sähköbussi toisi osaltaan helpotusta keskustan liikennepaineeseen, sekä päästöttömyyden ansioista parantaisi varmasti myös keskusta-alueen ilmanlaatua. Edellytyksenä tälle toimintamallille on, että henkilöautoliikennettä ja bussiliikennettä rajoitetaan keskustassa ja kaupunkiin tulevia ihmisiä kannustetaan käyttämään sähköbussilinjaa.

Hankkeen toteuttamisen kannalta varmasti kannattavin vaihtoehto olisi vuokrata sähköbussi lyhyeksi aikaa. Tämä olisi kaupungille suhteellisen riskitön vaihtoehto eikä se vaatisi suuria etupainotteisia investointeja. Sähköbussin vuokraus on myös kaikkein kustannustehokkain vaihtoehto ja samalla voitaisiin melko riskittömästi arvioida sähköbussin toimintaedellytyksiä Porvoon kaupunkiliikenteessä.

Veolian kehitysjohtaja Sami Ojamon kanssa 21. marraskuuta käydyn puhelinkeskustelun perusteella, Veolia olisi mahdollisesti kiinnostunut keskustelemaan hankkeen toteutuksesta Porvoon kaupungin kanssa. Veolialla on tällä hetkellä yksi sähköbussi Espoon sisäisessä liikenteessä, ja he lisäävät kaluston määrän neljään vuoden 2013 aikana. Heillä on pitkä kokemus sähköbusseista ja koulutettu henkilöstö huoltamaan ja ajamaan sähköbusseja. Kesällä, kun vuorovälit pääkaupunkiseudulla harvenevat, saattaisi olla mahdollista vuokrata Veolialta yksi tai kaksi bussia koekäyttöön Porvooseen.

Sähköbussihankkeen toteuttamisessa on otettava huomioon muutamia tärkeitä yksityiskohtia. Sähköbussi poikkeaa teknisiltä toteutuksiltaan niin paljon tavallisesta dieselikäyttöisestä bussista, että sitä varten joudutaan erikseen kouluttamaan kuljettajat ja huoltotoimen henkilöt. Sähköbussien huoltohenkilökunnalta vaaditaan myös alan koulutus ja luvat tehdä esimerkiksi vaativia sähkötoimia. Sähköbussi ei ole yhtä luotettava kuin vastaava dieselikäyttöinen bussi johtuen melko uudesta tekniikasta ja käyttökokemuksen puutteesta. Tämä on

syitä ottaa huomioon hankkeen valmistelussa, ja varautua siihen, miten toimitaan tilanteessa, jossa bussiin jostain syystä tulee tekninen vika tai muu vastaava odottamaton ongelma. Sähköbussin reitille on myös perustettava ainakin yksi latauspiste. Pikalatausyksikön hinta-arvio vaihtelee 35 – 50 000 euron välillä riippuen toimintatavasta. Latausinfrastruktuurin rakentajiksi voisi houkutella sähköyhtiöitä tai niiden muodostamia konsortioita.

Selvitystä varten on tiedusteltu eri valmistajilta mahdollisuuksia vuokrata bussia käyttöön muutamaksi kuukaudeksi, sekä tiedusteltu hankkeen kustannuksia liittyen bussin vuokraamiseen ja hankintaan. Bussivalmistajista Scania, Volvo sekä puolalainen Solaris ovat tahoja joihin on oltu yhteydessä sähköbussihankkeen tiimoilta (Liite 1). Scaniaalla on kehitteillä hybridibussi, mutta se valmistuu aikaisintaan vuonna 2014. Solaris on puolalainen yritys joka on yksi Euroopan johtavista sähköbussivalmistajista. Heillä on bussikalustoa olemassa ja myös kiinnostusta aiheetta kohtaan. Tätä raporttia kirjoitettaessa ei kuitenkaan ehditty saada vastauksia tarvittaviin lisäkysymyksiin. Volvota ei saatu kyselyihin minkäänlaista vastausta. Tässä vaiheessa on mahdotonta antaa kovinkaan tarkkaa arviota kustannuksista liittyen sähköbussin vuokraamiseen tai hankintaan ilman edellä mainittujen valmistajien antamia tarkkoja lukuja. Yleisesti voidaan kuitenkin arvioida, että täyssähköbussi on 2-2,5 kertaa kalliimpi kuin vastaava perinteinen dieselkäyttöinen bussi ja niiden hinnat lähtevät noin 500 000 eurosta⁶⁷.

3 Ehdotus linjan toteuttamiseksi

Kuten aikaisemmin on todettu, tällä hetkellä parhaat edellytykset sähköbussin hyödyntämiselle Porvoon keskustassa tarjoaa niin kutsuttu turistilinja. Varsinkin kesäisin Porvoon kadut täyttyvät sekä turisteista että heitä kuljettavista busseista. Lisäksi lukuisat kaupungissa työssä käyvät tai siellä muuten vierailevat ulkopaikkakuntalaiset täyttävät kadunvarsien pysäköintipaikat autoillaan. Turistilinjalla haetaan tähän helpotusta sekä arvioidaan sähköbussin soveltuvuutta osaksi Porvoon joukkoliikennettä. Alla on lueteltu mahdollisia skenaarioita sähköbussilinjan toteuttamiseksi Porvoossa kesällä 2013.

3.1 Skenaario 1

Yksi mahdollinen skenaario sähköbussin kokeilumallista voisi olla seuraavanlainen. Turisteja sekä muita ulkopaikkakuntalaisia varten järjestetään pysäköintimahdollisuus Porvoon vilkkaimman sisäänmenoväylän – läntisen Mannerheiminväylän –läheisyyteen Taidetehtaalte. Parkkipaikalta olisi bussiyhteys Vanhaan kaupunkiin ja muihin suosittuihin kohteisiin. Bussi kulkisi tiheällä vuorovälillä ns. silmukkalenkkiä Taidetehtaan ja Vanhan kaupungin välillä. Bussilinjan rinnalle voidaan kehittää myös muunlaista hiilineutraalia liikkumista. Yksi vaihtoehto on perustaa pyöräparkki, josta ihmiset voivat halutessaan vuokrata pyörän bussin sijaan. Bussilinjan käyttäjille pyörän vuokraus sisältyy bussilipun tai parkkimaksun hintaan. Pyöräparkeista toinen voidaan sijoittaa keskustan alueelle, ja toinen Taidetehtaan parkkipaikalle. Pyörät tulisi voida palauttaa molempiin pisteisiin. Pyöräparkin ajatuksena on se, että yhdessä sähköbussilinjan kanssa se luo saumattoman hiilineutraalin liikenteen mahdollisuuden Porvoon keskustassa. Pyörien rahoittaminen tapahtuisi mainostilan myynnillä. Bussilinja toteutettaisiin kilpailuttamalla linja kokonaan kaluston ja kuljettajien osalta, jolloin kaupunki voisi asettaa reunaehdot sekä vaatimukset linjalle ja liikennöitsijä vastaisi kalustosta, kuljettajista ja teknisestä toteutuksesta. Näin säästyään suurilta investoinneilta ja toteutustapa on mahdollisimman riskitön. Ainoastaan latausinfrastruktuurin toteuttaminen jää kaupungin vastuulle.

3.2 Skenaario 2

Toinen skenaario perustuu samaan ajattelutapaan kuin ensimmäinenkin. Tämäkin skenaario pohjautuu ajatukseen, että pysäköintiä ohjattaisiin muualle kuin aivan kaupungin keskustaan. Keskusteluissa Porvoon kaupungin edustajien kanssa on käynyt selväksi, että ajatus turistien pysäköinnin ohjauksesta muualle kuin keskustaan on hyvä, mutta sen toteutustapa on vielä avoinna. Ensisijaisesti turisteja pyritään ohjaamaan ilmaisille pysäköintipaikoille kaupungin vanhan rautatieaseman lähistölle. Esimerkiksi Wanhan Aseman Makasiinipuoti voisi toimia bussin yhtenä pääpysäkinä.

Tässä skenaariossa lähdetään liikkeelle siitä, että linja toteutetaan siten, että vain pelkkä bussikalusto vuokrataan ulkoiselta toimijalta. Ideana on, että hankkeeseen saataisiin mukaan paikallinen liikennöitsijä jolla olisi intressejä lähteä kouluttamaan omia kuljettajia operoimaan sähköbusseilla. Tämä taas mahdollistaisi suuren etulyöntiaseman otettaessa huomioon joukkoliikennejärjestelmän muutoksen vuonna 2014, jolloin on todennäköistä että Porvoon sisäinen liikenne kilpailutetaan Uudenmaan ELY-keskuksen toimesta. Jos ajatellaan vähäpäästöistä joukkoliikennettä tulevaisuuden Porvoossa ja Skaftskärissä, nousee sähköbussi tai muu vähäpäästöinen joukkoliikenneväline varteenotettavaksi vaihtoehdoksi. Olemalla mukana tämänkaltaisessa pilottihankkeessa, paikalliset liikennöitsijät saavat arvokasta kokemusta tulevaisuuden joukkoliikennejärjestelmästä. Myös tässä skenaariossa joutuu kaupunki vastaamaan sähköbussin latausinfrastruktuurista.

3.3 Skenaario 3

Kolmas skenaario perustuu siihen, että Porvooseen hankitaan kokonaan oma sähköbussi. Bussin hankintaa suunniteltaessa kaupungilla voisi olla mahdollisuus tehdä yhteistyötä paikallisen liikennöitsijän, ELY-keskuksen ja yksityisten yritysten kanssa. Bussikaluston hankinnassa piilee näistä kolmesta vaihtoehdosta kaikkein suurimmat riskit ja se on myös näistä kolmesta vaihtoehdosta kaikkein kallein toteuttaa. Toisaalta sähköbussin hankinnasta saatavasta kokemuksesta on hyötyä kun ajatellaan tulossa olevaa joukkoliikennejärjestelmän muutosta. Taulukossa 1 on vertailtu kaikkia kolmea skenaariota niiden ominaispiirteiden, liiketoimintamallien, haasteiden, mahdollisuuksien ja kustannusten osalta.

Taulukko 1: Vaihtoehtojen arviointi

Vaihtoehtojen arviointi	Skenaarioiden ominaispiirteet	Skenaarioiden liiketoimintamallin ominaispiirteet	Skenaariota tukevat positiiviset seikat	Skenaarioiden toteutumisen esteenä olevat haasteet	Skenaarioiden arvioidut kustannukset
Skenaario 1	-Liikenteen ohjaus Taidetehtaalte -Sähköbussilinja Taidetehtaalta vanhaan kaupunkiin -Sähköbussi ja kuljettajat vuokrataan ulkoiselta taholta	-Bussin käyttökustannukset katetaan mainostilan myynnillä sekä parkkimaksuilla -Pyöräparkin käyttökustannukset katetaan mainostilan myynnillä	-Riskitön -Mahdollisuus arvioida sähköbussin soveltuvuutta osaksi Porvoon joukkoliikennettä	-Europarkin ja kaupungin välinen sopimus pysäköinnistä Taidetehtaan alueella -Latausinfra perustamiskustannukset -Pienin alkuinvestointi	- 35 000 – 50 000 € latausinfra perustamiskustannuksiin
Skenaario 2	-Liikenteen ohjaus vanhan rautatieaseman lähistölle ilmaisille paikoille -Bussilinjien pysäkki esimerkiksi Vanhan Aseman Makasiinipuodin lähelle -Sähköbussin vuokraus	-Käyttökustannukset katetaan mainostilan myynnillä, julkisin varoin ja lippumaksuilla -Omien kuljettajien ja huotohenkilöstön kouluttaminen sähköbussia varten	-Mahdollisuus arvioida sähköbussin soveltuvuutta osaksi Porvoon joukkoliikennettä -Omien kuljettajien koulutus helpottaa siirtymistä sähköbussien käyttöön tulevaisuudessa	-Sopivan yhteistyötahon löytyminen koskien kuljettajien koulutusta -Latausinfra perustamiskustannukset -Kuljettajien koulutuksen kustannukset -Vaatii hieman suurempia investointeja alkuun kuin skenaario 1	- 35 000 – 50 000 € latausinfra perustamiskustannuksiin - xxxx € kuljettajien koulutukseen.
Skenaario 3	-Bussin hankinta -Liikenteen ohjaus joko Taidetehtaalte tai vanhan rautatieaseman ilmaisille paikoille	-Oman kaluston hankinta ja kuljettajien sekä huoltohenkilöiden koulutus	-Kalusto ja henkilökunta valmiina jos ja kun sähköbussit yleistyvät joukkoliikenteessä	-Suurin riski kaikista kolmesta vaihtoehdosta -Vaatii suuria etupainotteisia investointeja -Kaluston hankkiminen ja testaus vievät paljon aikaa	-Sähköbussien hinta-arvio 500 000 €:sta ylöspäin

4 Yhteenveto ja johtopäätökset

Nämä johtopäätökset perustuvat ajatukseen, että Porvoon kaupunki on kiinnostunut lähtemään kokeilemaan sähköbussia osana sekä kaupungin, että tulevaisuuden Skaftkärrin alueen joukkoliikennettä. Kokeilu tullaan toteuttamaan turistilinja-periaatteella mahdollisesti jo kesällä 2013.

Kaikissa kolmessa skenaariossa sähköbussin toimivaksi oletettu liiketoimintamalli perustuu pysäköinnin osittaiseen rajoittamiseen ja pysäköinnin ohjaamiseen pois kaupungin keskustasta. Kuitenkaan pysäköintiä ei voida täysin rajoittaa keskusta-alueella, mikä johtaa siihen, että sähköbussilinjasta on saatava mahdollisimman houkutteleva vaihtoehto yksityisautoilulle. Voidaan tarjota esimerkiksi mahdollisuutta käyttää bussia rajattomasti yhden päivän ajan sisällyttämällä bussilippu parkkimaksun tai muun pysäköintimaksun hintaan. Toimiakseen saumattomasti kaupungin suurimpien pysäköintialueiden ja keskustan välissä, on linjalle asetettava mahdollisimman tiiviit vuorovälit ja suunniteltava pysäkkien paikat siten, että linja palvelee sekä turisteja että paikallisia asukkaita mahdollisimman monipuolisesti. Myös linjan ympäristö- ja imago vaikutukset on otettava huomioon markkinoitaessa linjaa mahdollisuutena vaikuttaa kaupungin ilmanlaatuun ja melutasoon. Ensimmäisessä skenaariossa esitettiin myös ajatusta yhdistää bussilinjan yhteyteen kaupunkipyörät. Pyöriä voisi käyttää bussi- tai parkkilipun hinnalla ja niiden rahoitus perustuisi mainostilan myyntiin. Asiasta käytiin puhelinkeskustelu JCDecaux' edustajan kanssa, mutta ainakaan tällä hetkellä heillä ei ollut mahdollisuuksia eikä intressejä lähteä hankkeeseen mukaan. Jos sähköbussilinja toteutuisi ja siitä saataisiin positiivisia kokemuksia sekä näkyvyyttä, pyörähankkeen voisi kuvitella kiinnostavan nykyistä enemmän.

Yhdestäkään skenaariosta ei voida antaa tarkkaa arviota hankkeen kustannuksista. Kustannustietoja kyseltiin eri bussivalmistajilta (liite 1), mutta mitään riittäviä vastauksia ei saatu. Kustannusten arvioimiseksi onkin tehtävä lisäselvityksiä tarkemmilla lähtötiedoilla ja suunnitelmilla. Riskien kannalta skenaario 1, sekä tietyiltä osin skenaario 2, sisältävät pienimmän riskin palvelun tilaajalle. Toinen skenaario erottuu ensimmäisestä ainoastaan siten, että siinä tilaaja vastaa itse kuljettajien koulutuksesta. Molemmat vaihtoehdot ovat varmasti kaikkein kustannustehokkaimmat vaihtoehdot, sillä niihin ei sisälly suuria etupainotteisia investointeja. Kolmannessa vaihtoehdossa piilee suurimmat riskit sekä kustannukset. Bussikaluston ostaminen on aikaa vievä toimenpide joka vaatii myös suuret investoinnit. Toisaalta etuna voidaan pitää sitä, että kun kalusto on kerran hankittu, voidaan sitä käyttää referenssinä tulevaisuuden sähköistä joukkoliikennettä suunnitellessa.

Päästövähennystavoitteet perustuvat vahvaan tahtoon ja tarpeeseen. Niihin päästäkseen tulee kaupunkien ottaa käyttöön vähän radikaalimpiakin ohjauskeinoja, joilla liikennettä ja liikkumistottumuksia saadaan siirrettyä kohti vähäpäästöisempiä vaihtoehtoja. Tähän vaikuttaa myös osaltaan erittäin suurella painoarvolla globaalit megatrendit, kuten ajoneuvojen sähköistyminen, akkuteknologioiden kehittyminen ja öljyn hinnan vaihtelut. Tässä selvityksessä on esitelty erilaisten esimerkkien ja vaihtoehtojen avulla keinoja, joilla liikenteen ilmastopäästöjä voidaan vähentää. Kuitenkin vastuu liikkumistapojen valinnasta on aina yksilöllistä. Asenteiden muutos vaatii ehkä dramaattisiltakin kuulostavia rajoituksia, mutta toisaalta myös varteenotettavia vaihtoehtoja perinteisiin liikkumismuotoihin verrattuna. Tässä liikennejärjestelmän innovaatioilla on suuri merkitys. Porvoo, sekä energiatehokas Skaftkärrin alue, on tulevaisuuden edelläkävijä matkalla kohti hiilineutraalia liikennejärjestelmää.

5 Lähteet

- ¹ Urban Zone. Ristimäki, Kalenoja ja Tiitu. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 15/2011
- ² http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- ³ http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11701.pdf&title=Julkaisuja%2012-2011
- ⁴ Impacts Of Electric Vehicles, CE Delft [20.12.2012] http://www.cedelft.eu/publicatie/impact_of_electric_vehicles/1153
- ⁵ Sähköajoneuvot Suomessa, 2009, TEM http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- ⁶ Impact of Electric Vehicles – Summary report 2011, CE Delft
- ⁷ Sähköajoneuvot Suomessa, 2009, TEM http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- ⁸ Impact of Electric Vehicles – Summary report 2011, CE Delft
- ⁹ Sähköinen liikenne -hanke, uutinen 30.10.2012, viitattu 13.11.2012 <http://sahkoinenliikenne.fi/suomeen-syntymassa-sahkoliikenteen-latausoperaattori/>
- ¹⁰ <http://www.eera.fi/ajankohtaista/tiedote/t=Valtakunnallinen+latausoperaattori+k%C3%A4ynnistyy+%E2%80%93+Energia-yhti%C3%B6it%C3%A4+kutsutaan+mukaan/id=30553909>
- ¹¹ Impact of Electric Vehicles – Summary report 2011, CE Delft
- ¹² Trafi 30.6.2012 http://www.trafi.fi/filebank/a/1344517033/a9e5673a01c56920d3f2e2a1016867d1/10131-Sahkokohenkilautot_30_06_2012.pdf
- ¹³ Sähköajoneuvot Suomessa, 2009, TEM, http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- ¹⁴ <http://sahkoinenliikenne.fi/20-pikalatausasemaa-suomen-paateille/>
- ¹⁵ Sähköajoneuvot Suomessa, 2009, TEM, http://www.tem.fi/files/24099/Sahkoajoneuvot_Suomessa-selvitys.pdf
- ¹⁶ <http://www.hermia.fi/evelina/>
- ¹⁷ <http://www.teslamotors.com/models/charging#/ontheego>
- ¹⁸ <http://www.betterplace.com/>
- ¹⁹ http://news.cnet.com/8301-11128_3-10225464-54.html
- ²⁰ Tietoa energiatuesta, <http://sahkoinenliikenne.fi/tietoa-energiatuesta/>
- ²¹ <http://www.thegreencarwebsite.co.uk/blog/index.php/2012/06/28/norway-confirms-electric-car-incentives-until-2018/>
- ²² <http://www.buddyelectric.no/>
- ²³ http://eltis.org/index.php?id=13&lang1=en&study_id=3597 lupa kuvaan: Tartun kaupunki
- ²⁴ [http://espoo.fi/fi-FI/Ensimmäinen_pelkastaan_sahkolla_toimiva_\(22309\)](http://espoo.fi/fi-FI/Ensimmäinen_pelkastaan_sahkolla_toimiva_(22309))
- ²⁵ http://www.hsl.fi/fi/mikaonhsl/Uutiset/2012/Sivut/Page_20120905033907.aspx
- ²⁶ <http://www.hel.fi/wps/wcm/connect/66d3d5004e562ffda1a0b1a1b776624f/Kartta+Helsingin+ymp%C3%A4rist%C3%B6vy%C3%B6hykkeen+alueesta.pdf?MOD=AJPERES&CACHEID=66d3d5004e562ffda1a0b1a1b776624f>
- ²⁷ http://www.hsl.fi/fi/mikaonhsl/Documents/hsl_vuosikertomus_2011_low.pdf
- ²⁸ http://www.greenetfinland.fi/fi/index.php/SY%C3%96KSY#Yleiskuvaus_hankkeesta
- ²⁹ <http://www.timesfreepress.com/news/2012/jun/21/chattanooga-expansion-eyed-as-downtown-bus-reaches/>
- ³⁰ http://www.ehow.com/list_7635240_advantages-using-battery-operated-buses.html
- ³¹ http://commons.wikimedia.org/wiki/File:OIC_electric_bus_north_terrace.jpg
- ³² <http://www.ait.ac.at/>
- ³³ http://www.ait.ac.at/fileadmin/cmc/downloads/Magazine/Neu/Tomorrow_Today_Dezember_2011_en.pdf
- ³⁴ <http://inhabitat.com/south-korea-unveils-worlds-first-commercial-electric-bus/>
- ³⁵ http://etran.fiber-x.com/Hankuk_Fiber_Electric_Bus
- ³⁶ <http://www.energyefficiencynews.com/articles/i/4893/>
- ³⁷ <http://proterra.com/>
- ³⁸ Veolia Transdev, Haastattelu Sami Ojamon kanssa käyty 27.09.2012
- ³⁹ <http://www.foothilltransit.org/Default.aspx>
- ⁴⁰ <http://www.recovery.gov/pages/default.aspx>
- ⁴¹ http://www.smartwheels.de/index.php?article_id=2&clang=1
- ⁴² <http://www.greencarcongress.com/2012/09/miltonkeynes-20120925.html>
- ⁴³ <http://www.milton-keynes.gov.uk/council-news/displayarticle.asp?ID=89053>
- ⁴⁴ http://www.eltis.org/index.php?id=13&lang1=en&study_id=2897
- ⁴⁵ <http://byd.com/>
- ⁴⁶ http://www.energytrend.com/BYD_EV_20120703
- ⁴⁷ <http://www.proterra.com/index.php/products/productDetail/C23/>
- ⁴⁸ http://www.conductix.fi/en/products/inductive-power-transfer-iptr/inductive-power-transfer-iptr-charge?parent_id=5798
- ⁴⁹ Sähköbussien ja latausjärjestelmien valmistaja, Proterra, USA <http://www.proterra.com/>
- ⁵⁰ Akkujen vaihtoasema, Better Place <http://www.betterplace.com/How-it-Works/index>
- ⁵¹ http://www.tekes.fi/fi/gateway/PTARGS_0_201_403_994_2095_43/http%3B/tekes-ali1%3B7087/publishedcontent/publish/programmes/eve/documents/finpro_electric_hybrid_buses_overview_2011.pdf
- ⁵² <http://www.acpropulsion.com/products-v2g.html> [20.12.2012]
- ⁵³ Public Private Partnership, SIMBe, Guidelines for market entry business development http://simbe.tkk.fi/Results/Results?action=download&upname=SIMBe_D14_Guidelines_for_market_entry_business_development_V1.pdf
- ⁵⁴ NCC, PPP-malli http://www.ncc.fi/rakentamispalvelut/julkisyhteisöille/fi_FI/public-private-partnership/
- ⁵⁵ Liikenne- ja viestintäministeriön uutinen 19.9.2012 [31.10.2012] <http://www.lvm.fi/web/fi/uutinen/-/view/4122982>
- ⁵⁶ Ristimäki, Kalenoja, Tiitu. Yhdyskuntarakenteen vyöhykkeet, Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 15/2011
- ⁵⁷ <https://ilmasto-opas.fi/fi/ilmastonmuutos/hillinta/-/artikkeli/cd3c06f0-ddc2-4984-840f-c35a98daf01e/liikkuminen-ja-yhdyskuntarakenne.html>
- ⁵⁸ Helsingin seudun ruuhkamaksut -jatkoselvitys 1.2.2011 http://www.lvm.fi/c/document_library/get_file?folderId=1551284&name=DLFE-11705.pdf&title=Julkaisuja%205-2011 viitattu 5.11.2012
- ⁵⁹ Kävelyn ja pyöräilyn valtakunnallinen strategia 2020, Liikenne- ja viestintäministeriön ohjelmia ja strategioita sarja, 4/2011
- ⁶⁰ <http://www.hel.fi/hki/ksv/fi/Liikennesuunnittelu/Pyoraily/Pyorailyn+edistaminen>

⁶¹ ECO2-Ekotehokas Tampere, sähköpyörähanke <http://www.eco2.fi/default/fi/hankkeet/saehkoepeyoeraehanke.html>

⁶² <http://www.ouka.fi/oulu/kadut-kartat-ja-liikenne/kevyt-liikenne> [20.12.2012]

⁶³ Tukholman pyöränvuokraus, <http://www.citybikes.se/en/>

⁶⁴ <http://www.2degreesnetwork.com>

⁶⁵ New Yorkin kaupungin ja Citibankin pyörähanke, <http://citibikenyc.com/>

⁶⁶ <http://www.visitcopenhagen.com/transport/bike-city-copenhagen>

⁶⁷ <http://www.kauppalehti.fi/> uutinen 26.11.2012 [viitattu 18.12.2012]

6 Liitteet

Liite 1: Yhteydenotot

Sami Ojamo/Veolia Transport, 27.9.2012 ja 21.11.2012 aiheena Veolian sähköbussi-projekti

Krista Willman/projektipäällikkö ECO₂-Ekotehokas Tampere 2020 18.10.2012, Sähköpyörähanke

Hanna Linna-Varis/Kari Hällström, Porvoon kaupunki, hankkeen esittely 20.11.2012 ja 13.12.2012

Adam Zieliński/Export Vice Director, Solaris Bus & Coach S.A, kysely Solaris sähköbussista 4.12.2012

Robert Eklund, Yksikön johtaja Scania Suomi Oy, kysely sähkö- ja hybridibussista 10.12.2012

Christer Lindbohm, Conductix-Wampfler GmbH, kysely kuvan käyttöoikeudesta 7.1.2013

Sharon Shelf, Marketing Consultant, Proterra, Inc. USA, kysely kuvien käyttöoikeudesta 7.1.2013

Raimond Tamm, Deputy Mayor, Tartu City Government, kysely kuvan käyttöoikeudesta 8.1.2013

Sami Ojamo/Veolia Transport, kysely kuvien käyttöoikeudesta 8.1.2013



Vipuvoimaa
EU:lta
2007–2013

TETRA 
TECHNOLOGY TRANSFERS EDGES.


E-move