

Kevyet sähköiset ajoneuvot ja niiden rooli liikenteessä
Light electric vehicles and their role in traffic
Miikka Erkkonen

TIIVISTELMÄ

Lappeenrannan–Lahden teknillinen yliopisto LUT
School of Energy Systems
Sähkötekniikka

Miikka Erkkonen

Kevyet sähköiset ajoneuvot ja niiden rooli liikenteessä

2020

Kandidaatintyö.

33 s.

Tarkastaja: Otto Räisänen

Kevyet sähköiset ajoneuvot ovat pieniä ajoneuvoja, jotka ovat varustettu sähkömoottorilla, akustolla ja niihin liittyvillä ohjauslaitteilla. Tämänkaltaisia ajoneuvoja ovat esimerkiksi sähköpolkupyörät, sähköpotkulaudat ja sähköiset avustus ajoneuvot. Tässä kandidaatintyössä tutkitaan kevyiden sähköisten ajoneuvojen roolia nykypäivän liikenteessä ja käydään läpi niiden mahdollisuuksia tulevaisuudessa. Tutkielma tehdään kirjallisesti, eli ei tehdä käytännön testejä.

Työssä selvitetään kevyiden sähköisten ajoneuvojen suosion nousu viime vuosina ja käydään läpi millaisia ajoneuvoja nämä ovat. Käydään myös läpi millaisia lakeja ja standardeja kevyille sähköisille ajoneuvoille on asetettu eripuolilla maailmaa ja kuinka ne poikkeavat toisistaan. Tämän jälkeen käydään läpi näihin ajoneuvoihin tehtyjä tutkimuksia ja selvitetään niiden perusteella minkälaisia käyttökohteita näillä ajoneuvoilla, on nykypäivän ja tulevaisuuden liikenteessä. Käydään myös läpi, miten nämä ajoneuvot voisivat vaikuttaa ilmastomuutokseen ja resurssien kulutukseen. Työssä saadaan selville, että kevyiden sähköisten ajoneuvojen rooli liikenteessä tällä hetkellä on hyvin sama kuin perinteisten kevyiden ajoneuvojenkin.

ABSTRACT

Lappeenranta–Lahti University of Technology LUT
School of Energy Systems
Electrical Engineering

Miikka Erkkonen

Light electric vehicles and their role in traffic

2020

Bachelor's Thesis.

33 p.

Examiner: Otto Räisänen

Light electric vehicles are small vehicles that are equipped with electric motors, battery-packs and other necessary equipment related to these. This kind of vehicles are for example electric bicycles, electric scooters and electric vehicles for disabled. In this thesis we are going to find out what role these light electric vehicles have in today's traffic and what are their possibilities in the future. This thesis is made by studying literature and no practical tests are made.

This thesis will explain why has popularity of light electric vehicles risen in last couple of years and what kind of vehicles they are. Also it will explain what kind of laws and standards has different countries around the globe made for these vehicles and how are they different from each other. After this you can find collection of tests made for these vehicles and what has been determined by them. Also this thesis will go through how could these vehicle help in climate change and resource usage. In the end we will find out that the role for these light electric vehicles in present day is pretty much same as it is for regular lighth vehicles,

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	6
2. Ajoneuvojen suosioon vaikuttavia tekijöitä	7
2.1 Ilmastonmuutos ja luonnonvarat	7
2.2 Kaupungistuminen	7
2.3 Digitalisoituminen.....	8
2.4 Väestön ikääntyminen.....	8
3. Ajoneuvojen luokittelu, standardit ja säädökset eri alueilla.....	9
3.1 Euroopan Unioni	9
3.1.1 Sähköpyörät.....	10
3.1.2 Muut sähköiset ajoneuvot.....	10
3.2 Suomi.....	10
3.2.1 Jalankulkemisen korvaavat sähköiset ajoneuvot.....	11
3.2.2 Polkupyöräilyn korvaavat sähköiset ajoneuvot	11
3.2.3 Muut kevyet sähköiset ajoneuvot	12
3.3 Yhdysvallat.....	13
3.3.1 Sähköpolkupyörät	13
3.3.2 Muut sähköiset ajoneuvot.....	14
3.4 Kanada	14
3.4.1 Sähköpolkupyörät	14
3.4.2 Muut sähköiset ajoneuvot.....	15
3.5 Kiina	15
3.5.1 Sähköpolkupyörät	15
3.5.2 Muut sähköiset ajoneuvot.....	15
3.6 Japani	16
3.6.1 Sähköpolkupyörät	16
3.6.2 Muut sähköiset ajoneuvot.....	16
4. Ajoneuvoihin tehtyjä tutkimuksia ja niiden tuloksia.....	17
4.1 Wold ja Seebauer 2014	17
4.2 Fyhri & Sunfør 2014	17
4.3 Helm et al 2015	18
4.4 Hiselius ja Svenssona 2014	18
4.5 EPOMM 2014	18
4.6 Eltis 2014.....	19
4.7 Tutkimusten yhteenveto.....	19
5. Kevyiden sähköisten ajoneuvojen vaikutus ympäristöön	21
5.1 Maailman sähköntuotanto ja sen ympäristövaikutukset	21
5.2 Suomen sähköntuotanto ja sen ympäristövaikutukset.....	23
5.3 Raaka-aineiden hankinnan ympäristövaikutus	24
6. Tulokset ja johtopäätökset.....	26
7. Yhteenveto	29
Lähteet.....	29

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

W	Watti
kW	Kilowatti
GWh	Gigawattitunti
km/h	Kilometriä tunnissa
kg	Kilogramma
cm	Senttimetri
V	Voltti
g CO ₂ / kWh	Gramma hiilidioksidia kilowattituntia kohden
GPS	Global Positioning System
EPOMM	European Platform on Mobility Management
EU URBACT	EU-osarahoitteinen ohjelma, jonka tavoitteena on edistää integroitua ja kestävää kaupunginkehitystä

1. JOHDANTO

Ensimmäiset sähköpolkupyörät kehitettiin 1890-luvulla ja tästä hetkestä eteenpäin ihmiset kehittivät monia erilaisia sähköpolkupyöriä ja muita sähköisiä ajoneuvoja. Näistä ajoneuvoista jotkut ovat nykypäivän ihmiselle oudon näköisiä, mutta pääperiaate on niissä täysin sama kuin nykypäivän sähköajoneuvoissa. Ensimmäiset sähköajoneuvot käyttivät akkuina lyijyakkuja, jotka olivat raskaita ja ajoneuvojen sähkömoottorit eivät olleet kovinkaan tehokkaita. Näiden seurauksena suurin osa varhaisista sähköajoneuvoista oli kömpelöitä ja niiden kantama ei ollut kovinkaan hyvä. Tämä oli yksi syy siihen, miksei sähköiset ajoneuvot yleistyneet jo silloin, mutta myös niiden kalleus vaikutti heikkoon suosioon. Vasta noin 1980-luvulla alettiin kehitellä sähköpolkupyöriä, jotka käyttivät nikkeli-kadmium akkuja. Nämä akut olivat jo huomattava parannus vanhoihin lyijyakkuihin verrattuna, koska ne olivat kevyempiä ja tehokkaampia. Myös sähkömoottorit olivat kehittyneet huomasti noin sadassa vuodessa, mutta toimintaperiaate oli edelleen sama. Vaikka edistyksiä tekniikan suhteen oli tehty, niin siltikään suosio ei ollut huima ja syitä tähän olivat edelleenkin osittain huono kantama ja kalleus. Seuraavat edistykset tekniikassa ovat tulleet viime vuosikymmeninä litiumakkujen myötä ja nämä akut mahdollistivat paremman kantamatkan, mutta ajoneuvot ovat silti kalliita vielä nykyäänkin. Mutta nykypäivänä sähköisten ajoneuvojen suosio on lähtenyt kasvuun huomattavammin kuin aiemmin ja tähän on suurena syynä polttoaineiden hinnan kasvut, ilmastonmuutos ja nykypäivän elämäntavat. (Electricbike 2013)

Tämän kandidaatintyön aiheena on keskittyä kevyisiin sähköisiin ajoneuvojen, eli sähköpyöriin, sähköpotkulautoihin ja muihin erilaisiin kevyisiin sähköisiin ajoneuvoihin ja niiden rooliin nykypäivän ja tulevaisuuden liikenteessä. Tätä lähdetään lähestymään seuraavilla kysymyksillä. Millaisia erilaisia ajoneuvoja on? Miten kevyet sähköiset ajoneuvot luokitellaan ja onko niiden kesken erilaisia luokitteluja? Millaiset lait ja säädökset koskevat näitä ajoneuvoja? Näitä edellä mainittuja kysymyksiä käydään pääasiassa läpi kappaleessa kolme. Missä ja miten näitä ajoneuvoja käytetään, ja onko niillä millaisia vaikutuksia muuhun liikenteeseen? Tätä edellä mainittua kysymystä käydään pääasiassa läpi kappaleessa neljä. Onko näistä ajoneuvoista mitään apua ilmastonmuutoksen hillinnässä ja ilmastonmuutoksella vaikutusta niiden suosioon? Tätä edellä mainittua kysymystä käydään pääasiassa läpi kappaleessa viisi. Näitä kaikkia kysymyksiä tutkitaan Suomen ja monen muun maan näkökulmasta ja myös vertailla niiden eroavaisuuksia.

2. AJONEUVOJEN SUOSIOON VAIKUTTAVIA TEKIJÖITÄ

Kevyiden sähköisten ajoneuvojen suosioon vaikuttavat monet eri tekijät nykypäivän maailmassa. Muutamia näistä tekijöistä ovat: ilmastonmuutos, luonnonvarat, kaupungistuminen, digitalisoituminen ja väestön ikääntyminen. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014) Moni näistä tekijöistä on jo nimensä perusteella selkeitä, mutta alla näitä tekijöitä on avattu enemmän.

2.1 Ilmastonmuutos ja luonnonvarat

Ensimmäisenä syistä on ilmastonmuutos ja luonnonvarojen hupeneminen. Luonnonvarojen hupeneminen vaikuttaa tulevaisuudessa merkittävästi fossiilisten polttoaineiden ja ajoneuvojen rakentamiseen tarvittavien materiaalien hintaan, koska luonnonvaroja ei ole loputtomasti maapallolla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014) Tämä ilmiö näkyy jo osittain nykypäivänä, koska joitakin materiaaleja on jo niiden vähyyden takia vaikea ja kallis hankkia. Tästä on aiheutunut selvä halukkuus harkita muita materiaaleja ajoneuvojen rakentamiseen. Myös sellaisia uusia ajoneuvoja suunnitellaan, joiden valmistamiseen ei tarvita suuresti luonnonvaroja korvaamaan vanhoja ajoneuvoja. Ilmastonmuutos on myös vaikuttanut ihmisten harkintaan, koska se on jo tällä hetkellä näkyvä ongelma ja jos tälle ei tehdä mitään, niin tilanne muuttuu vain pahemmaksi. Kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla on mahdollisuus vaikuttaa ilmastonmuutokseen monella eri tapaa, koska niiden valmistukseen tarvitaan vähemmän materiaaleja kuin perinteisissä ajoneuvoissa, kuten esimerkiksi henkilöautoissa. Kevyet sähköiset ajoneuvot käyttävät sähkömoottoreita ja akkuja voimanlähteenään, joka auttaa vähentämään ajoneuvojen aiheuttamia päästöjä, jos akkujen lataamiseen käytetään hiilineutraaleja energianlähteitä. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014)

2.2 Kaupungistuminen

Toisena syynä on kaupungistuminen. Ihmiset ovat muuttaneet jo vuosisatoja kaupunkien töiden perässä ja tämä kehitys on vain kiihtynyt ajan myötä ja varsinkin viime vuosikymmeninä. Monet ihmiset suurissa kaupungeissa ovat huomanneet, että autolla liikkuminen varsinkin ruuhka aikoihin voi olla todella haastavaa ja melkein mahdotonta. Tästä syystä monet kaupungit ja niiden asukkaat ovat halunneet lisätä kevyiden ja julkisten ajoneuvojen määrää helpottaakseen kaupunkien ruuhkia ja liikkumista ylipäättänsä. Kevyiden sähköisten ajoneuvojen suosion nousu kaupungeissa johtuu suuresti pitkistä työmatkoista, jotka olisivat autolla hitaita, kävellen tai polkupyörällä raskaita ja hitaita ja ne voivat olla julkisilla ajoneuvoilla

mahdottomia. Työmatkat eivät ole ainoa asia, joka vaikuttaa kevyiden sähköisten ajoneuvojen suosioon kaupungeissa. Esimerkiksi ne myös helpottavat vapaa-ajan matkustamista ja näin ollen ovat suosittuja varsinkin sellaisten ihmisten keskuudessa, joiden tarvitsee liikkua vapaa-ajallaan pitkiä matkoja tai he eivät pysty liikkumaan omatoimisesti kovin helposti. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014)

2.3 Digitalisoituminen

Kolmantena syynä suosiolle on digitalisoituminen ja tämä liittyy osittain edellä mainittuun kaupungistumiseen, koska se liittyy osaltaan älykkäiden kaupunkien kehittämiseen ja nykypäivän ihmisten maailmaan. Älykkäällä kaupungilla tarkoitetaan kaupunkia, jossa yhtenä osana erilaiset ajoneuvot mukaan lukien kevyet sähköiset ajoneuvot olisivat yhdistettynä verkkoon ja jokaista kytkettyä laitetta voitaisiin seurata ja käyttää halutulla tapaa. Älykäs järjestelmä ei välttämättä tule olla osa älykästä kaupunkia ja se voisi esimerkiksi tunnistaa, että mitä ajoneuvotyyppiä ja reittiä kannattaisi käyttää omalla matkallaan päästöjen vähentämiseen ja liikenteen sujuvuuden lisäämiseksi. Tämä järjestelmä voitaisiin toteuttaa joko niin, että jokainen kevyen sähköisen ajoneuvon omistaja voisi käyttää jonkinlaista sovellusta, joka kertoisi parhaan reitin nopeuden ja päästöjen kannalta. Myös jos kaupungilla on jo olemassa kevyiden ajoneuvojen verkko, jossa on erilaisia ajoneuvoja, niin myös niiden yhteydessä voitaisiin käyttää äsken mainittua sovellusta, mutta tässä tapauksessa se voisi myös suositella ajoneuvo tyyppiä. Tämänkaltaiset älykkäät järjestelmät ovat tässä vaiheessa vasta kehitysvaiheessa, mutta viime vuosina tämän kaltaisia testejä on voitu nähdä joissakin isoissa kaupungeissa maailmalla. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014)

2.4 Väestön ikääntyminen

Neljäntenä syynä on väestön ikääntyminen, joka on suuressa roolissa varsinkin teollistuneissa maissa, joissa väestö on jo ruvennut ikääntymään ja tämä kehitys tulee jatkamaan tähän suuntaan ainakin näillä näkymin. Tämä ikääntyminen luo haasteita valtioille ja ihmisille ratkaista kuinka vanhusten liikkumista voitaisiin avustaa ja helpottaa. Kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla voitaisiin lisätä huomattavasti vanhusten liikkumista ja heidän kulkemaa matkaansa, koska jopa todella huonokuntoiset vanhukset voisivat liikkua omatoimisesti käyttäen hyväksi näitä ajoneuvoja. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014)

3. AJONEUVOJEN LUOKITTELU, STANDARDIT JA SÄÄDÖKSET ERI ALUEILLA

Alla olevassa kuvassa on esitelty yleisimmät kevyet sähköiset ajoneuvot, mutta ajoneuvo vaihtoehtoja on enemmänkin ja uusia malleja kehitetään ja vanhoja parannellaan koko ajan. Kevyiden sähköisten ajoneuvojen kantamat vaihtelevat ja ne riippuvat suuresti valmistajista, heidän käyttämistään akuista ja niiden määrästä. Yleisesti ottaen mitä kalliimpi sähköinen ajoneuvo on, niin on siinä yleensä edistyneempiä toimintoja. Niissä on yleensä parempi kantomatka, mutta tekniikka kehittyy koko ajan, joten parempienkin ajoneuvojen hinta voi laskea niiden yleistyessä. Kevyitä sähköisiä ajoneuvoja varten on tehty monia eri standardeja eri puolilla maailmaa, joita valmistajien pitää noudattaa valmistusprosessissa ja myös lakeja, joita ajoneuvojen käyttäjien tulee noudattaa niitä käyttäessä. Näissä standardeissa ja lakipykälissä on eroja eripuolilla maailmaa ja seuraavaksi käydään läpi juuri näitä standardeja ja lakeja eripuolilla maailmaa. (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014)



Kuva 3.1. Oheisessa kuvassa vasemmassa yläreunassa on sähköinen tasapainottelulauta, vasemmassa alareunassa on sähköpolkupyörä, keskellä ylhäällä on sähköinen apuajoneuvo, keskellä alhaalla on sähköpotkulauta ja oikeassa reunassa on segway.

3.1 Euroopan Unioni

Euroopan Unioni koostuu 27:stä jäsenmaasta, joista kaikilla on omat lakipykälänsä ja standardinsa, mutta myös Euroopan Unioni on asettanut omia määräyksiään ja standardejaan, joita jäsenmaiden tulisi seurata tai ainakin ottaa huomioon suunnitellessaan omia määräyksiään ja standardeja (Presto 2011). Kaikki jäsenmaat eivät välttämättä ota huomioon kaikkia

Euroopan Unionin kehittämistä asioista, koska Euroopan Unioni ei ole yhtenäinen maa kuten esimerkiksi Yhdysvallat ja tämän takia asioiden asettaminen on hyvin vaikeaa.

3.1.1 Sähköpyörät

Euroopan Unionin määritelmien mukaan sähköpolkupyörä on kaksi tai kolmipyöräinen sähkömoottorilla avustettu ajoneuvo, joka vaatii polkemista toimiakseen tai se voi toimia kokonaan ilman polkemista ja maksimissaan tämänkaltaisen ajoneuvo saa painaa 400kg. Euroopan Unionin direktiivin 2002/24/EC mukaan polkematta liikkuvassa sähköpyörässä saa olla maksimissaan 1000W sähkömoottori ja se saa kulkea maksimissaan 25 km/h. Saman direktiivin mukaan poljettavassa, eli avustavassa versiossa saa maksimissaan olla 250 W sähkömoottori ja se saa kulkea myös 25 km/h. Niille ajoneuvoille, jotka eivät sovi tähän direktiivin on luotu oma standardi EN 15194, josta löytyy niille asetetut standardit. Myös löytyy standardi EN 14764, josta löytyy kaupunkipyöriin liittyviä asioita. Myös direktiivistä 2006/42/EC löytyy koneisiin osiin liittyvä määräyksiä, direktiivistä 2004/108/EC löytyy sähkömoottoreita koskevia määräyksiä ja direktiivistä 2006/66/EC löytyy näiden ajoneuvojen akkuihin liittyviä määräyksiä. (Presto 2011)

3.1.2 Muut sähköiset ajoneuvot

Euroopan unionilla ei ole selvästi merkattu direktiivejä, säädöksiä tai standardeja koskien erilaisia sähköpotkulautoja, tasapainottelulautoja ja muita tämän kaltaisia ajoneuvoja. Mutta suurin osa äskeisistä standardeista käy myös tämän tyyliin ajoneuvoihin ainakin joiltakin osilta, niin kuin esimerkiksi akkuihin liittyvä direktiivi. Monessa Euroopan Unionin jäsenmaassa on asetettu tarkempia säädöksiä koskien muita kevyitä sähköisiä ajoneuvoja ja Euroopan Unioni on kehittelemässä näihin liittyviä direktiivejä ja standardeja niiden huiman suosien kasvun seurauksena. (Presto 2011)

3.2 Suomi

Suomessa kevyet sähköiset ajoneuvot luokitellaan pääasiassa kolmeen pääluokkaan, joista ensimmäinen on jalankulkemiseen rinnastettavat, toinen on polkupyöräilyyn rinnastettavat ja kolmas on kevyet sähköiset ajoneuvot. Nämä luokat määräytyvät ajoneuvon koon, käyttökohteen, moottorin tehon ja nopeuden mukaan. Jokaiseen luokkaan kuuluvat hieman toisistaan poikkeavat tekniset vaatimukset ja käyttövaatimukset. Suomen ja muiden

Euroopan Unionin maiden välillä ei ole suuria eroja ja suurin osa jäsenmaista seuraa Euroopan Unionin määräyksiä, ja Suomi on yksi näistä maista, joka on ottanut huomioon Euroopan Unionin määräykset ja standardit. (Juha Valtonen 2015)

3.2.1 Jalankulkemisen korvaavat sähköiset ajoneuvot

Jalankulkemista korvaavaksi ajoneuvoksi luokitellaan ajoneuvo, joka on varustettu sähkömoottorilla, jonka teho saa maksimissaan olla 1kW:n ja ajoneuvo saa kulkea maksimissaan 15 km/h. Tyypillisiä ajoneuvoja, jotka kuuluvat tähän luokitukseen ovat: tasapainottelulaudat, sähköpotkulaudat, rollaattorit, segwayt ja erilaiset apuajoneuvot. Suomessa näihin liittyvät lakipykälät löytyvät TLL 2§ ja TLL 45§. TLL 2§ kerrotaan mikä on jalkakäytävän ja jalankulkijan määritelmä. TLL 45§ kerrotaan mikä on jalankulkua korvaava tai avustava ajoneuvo ja mitä määritelmiä sen nopeudelle on. (Juha Valtonen 2015) Suurin osa teknisistä vaatimuksista ja lakipykälästä tämän tyyllisille ajoneuvoille tulevat Euroopan Unionin direktiiveistä 2002/24/EC, 2006/42/EC, 2004/108/EC ja standardeista EN 15194, EN 14764. (Presto 2011)

Taulukko 3.1 Jalankulkemista korvaavien sähköisten ajoneuvojen vaatimukset (Juha Valtonen 2015)

Tekniset vaatimukset	Muut vaatimukset
Ei tarkkoja mitta- tai painorajoituksia, mutta heijastimien käyttö on suositeltavaa. Valmistaja on myös voinut asettaa maksimi painorajoituksen valmistamalleen ajoneuville.	Ei ikärajaa, ajokorttiluokitusta ja ei ole tarvetta liikenevakuutukselle. Saa käyttää kävely- ja pyöriteillä jalankulkijan sääntöjen mukaan. Saa kuljettaa muita matkustajia ja kuormaa, jos ei ylitetä ajoneuvolle asetettua painorajoitusta, se ei haittaa ajoneuvon hallintaa ja kytkentälaitte on turvallinen

3.2.2 Polkupyöräilyn korvaavat sähköiset ajoneuvot

Polkupyöriä korvaavia ajoneuvoja on kahdenlaisia. Ensimmäinen ajoneuvotyyppi luokitellaan siten, että se on normaalin polkupyörän kaltainen ajoneuvo, joka on varustettu korkeintaan 250W:n avustavalla sähkömoottorilla ja kulkee maksimissaan 25km/h, eli tätä kutsutaan avusteiseksi sähköpyöräksi. Tyypillisiä ajoneuvoja, jotka kuuluvat tähän ajoneuvotyyppiin ovat kaikenlaiset sähköavusteiset polkupyörät. Sähköavusteisen polkupyörän ja sähköpolkupyörän ero on se, että sähköavusteinen vain avustaa normaalia polkemista, kun

taas sähköpyörä toimii kokonaan sähkömoottorin voimin, mutta molemmat on rajoitettu nopeuteen 25km/h. (Juha Valtonen 2015) Toinen ajoneuvotyyppi luokitellaan siten, että se on polkupyörä, joka on varustettu maksimissaan 1 kW:n tehoisella sähkömoottorilla, joka kulkee maksimissaan 25km/h ja ei vaadi polkemista, eli tätä voidaan kutsua moottoroiduksi polkupyöräksi. (Juha Valtonen 2015) Tyypillisiä ajoneuvoja, jotka kuuluvat tähän luokitukseen ovat kaikki sähköpolkupyörät, jotka eivät ole avustettuja. (Juha Valtonen 2015). Suomessa näihin liittyvät lakipykälät ja tekniset vaatimukset tulevat TLL 45a§:sta ja Euroopan Unionin direktiiveistä 2002/24/EC, 2006/42/EC, 2004/108/EC ja standardeista EN 14764, 2006/42/EC, mutta kaikkea näistä direktiiveistä ei käytetä kaiken tyyppisiin ajoneuvoihin. (Presto 2011)

Taulukko 3.2 Sähköisten polkupyörien vaatimukset (Juha Valtonen 2015).

	Tekniset vaatimukset	Muut vaatimukset
Avustettu ja moottoroitu sähköpolkupyörä	Ei tarkkoja mitta- tai painorajoituksia, mutta niistä tulee löytyä heijastimet, äänimerkinantolaite, valo ja tehokkaat jarrut	Ei ikärajaa, ajokorttiluokitusta ja ei ole tarvetta liikennevakuutukselle. Saa käyttää pyöräteillä pyöräilijän sääntöjen mukaan. Saa kuljettaa muita matkustajia ja kuormaa, jos ei ylitetä ajoneuvolle asetettua painorajoitusta, se ei haittaa ajoneuvon hallintaa ja kytkentälaite on turvallinen

3.2.3 Muut kevyet sähköiset ajoneuvot

Tähän luokitukseen lajitellaan kaikki muut ajoneuvot, jotka käyttävät jonkinlaista sähkömoottoria liikkuakseen, mutta ei ole tarkalleen jalankulkua tai pyöräilyä korvaava ajoneuvo. Tämänkaltaisen ajoneuvon korkein sallittu teho on 1kW, maksiminopeus saa olla 25 km/h ja maksimissaan leveys saa olla 80cm. (Juha Valtonen 2015) Tyypillisiä ajoneuvoja, jotka kuuluvat tähän luokkaan ovat: sähköpotkulaudat, segwayt, rollaattorit ja erilaiset apuajoneuvot. (Juha Valtonen 2015) Suomessa näihin liittyvät lakipykälät ja tekniset vaatimukset tulevat TLL 45§:sta ja Euroopan Unionin direktiiveistä 2002/24/EC, 2006/42/EC, 2004/108/EC ja standardeista EN 15194, EN 14764.

Taulukko 3.3 Kevyiden sähköisten ajoneuvojen vaatimukset (Juha Valtonen 2015)

Tekniset vaatimukset	Muut vaatimukset
Ei tarkkaa painorajoitusta, mutta leveys on rajoitettu 80 senttimetriin ja kyseisestä ajoneuvosta tulee myös löytyä heijastin takaa ja valo edestä.	Ei ikärajaa, ajokorttiluokitusta ja ei ole tarvetta liikennevakuutukselle. Saa käyttää kävelyteillä jalankulkijan sääntöjen mukaan, jos ajetaan kävelyvauhtia. Saa myös käyttää pyöräteillä pyöräilijän sääntöjen mukaan Saa kuljettaa muita matkustajia ja kuormaa, jos ei ylitetä ajoneuvolle asetettua painorajoitusta, se ei haittaa ajoneuvon hallintaa ja kytkentälaite on turvallinen

3.3 Yhdysvallat

Yhdysvaltojen hallitus on jo vuonna 2002 asettanut lain koskien sähköpolkupyöriä ja tämä kyseinen laki on Public Law 107-319. Tämän lain mukaan sähköpolkupyörät luokitellaan kuluttajatuotteeksi ja ne kuuluvat Consumer Product Safety Actin alaisuuteen ja niihin täytyy koskea samat lait kuin normaaleitakin polkupyöriä, eli tarkemmin sanottuna niiden tulee täyttää polkupyörien standardit, jotka löytyvät 16 C.F.R. Part 1512:sta. Tämä koskee myös muita kevyitä sähköisiä ajoneuvoja, koska Yhdysvaltojen hallituksen näkökulmasta kevyet sähköiset ajoneuvot eivät ole nimenomaisesti ”moottori ajoneuvoja”, joten ne eivät kuulu National Highway Traffic Safety Administrationin asettamien standardien sisälle. Valtion lain mukaan sähköpolkupyörissä on kaksi tai kolme rengasta, niissä pitää olla kokonaan toimivat polkimet, moottorin maksimi teho saa maksimissaan olla 750 W ja jonka nopeus ei saa ylittää avustettuna 32 km/h suoralla ja tasaisella tiellä noin 77 kg painava kuljettaja päällä. Tämänkaltaisia tarkennuksia ei ole tarkasti asetettu muille kevyille sähköisille ajoneuvoille hallituksen puolesta, koska ne luokitellaan hitaammiksi ja tehottomammiksi kuin sähköpolkupyörät. (PeopleforBikes 2020)

3.3.1 Sähköpolkupyörät

Koska Yhdysvaltojen hallitus ei ole tarkemmin jakanut sähköpolkupyöriä eriluokkiin, niin Bicycle Product Suppliers Association on jakanut sähköpolkupyörät kolmeen erilaiseen luokkaan, joissa kaikissa saa maksimissaan olla 750 W moottori, ja tämä teho tulee äskeisestä hallituksen asettamasta laista. Näiden ajoneuvojen valmistajien tai myyjien pitää merkata jokainen pyörä oikealla luokkamerkinällä. Minkään näiden luokkien sähköpolkupyörän käyttämiseen ei tarvita ajokorttia, rekisteröintiä tai liikennevakuutusta. (PeopleforBikes 2020) Näihin liittyvät muut määräykset löytyvät alta.

Taulukko 3.4 Sähköpolkupyörien luokittelu (PeopleforBikes 2020)

	Tekniset vaatimukset	Muut vaatimukset
Luokan 1 sähköpolkupyörä	Avustaa ajamista vain poljetaessa ja avustuksen tulee loppua, kun nopeus ylittää 32 km/h	Saa käyttää samoissa paikoissa kuin normaaliakin polkupyörää, koska nopeudet eivät ole liian suuria
Luokan 2 sähköpolkupyörä	Ei vaadi polkemista, jotta avustus toimii, mutta avustuksen pitää loppua, kun nopeus ylittää 32 km/h	Saa käyttää samoissa paikoissa kuin normaaliakin polkupyörää, koska nopeudet eivät ole liian suuria
Luokan 3 sähköpolkupyörä	Avustaa ajamista vain poljetaessa ja avustuksen tulee loppua, kun nopeus ylittää 45 km/h ja siinä tulee olla nopeusmittari	Saa käyttää samoissa paikoissa kuin normaaliakin polkupyörää, mutta ei saa käyttää hitaiden ajoneuvojen kaistoilla suuren nopeuden takia. Myös asetettava minimiikäraja ja kypäräpakko

3.3.2 Muut sähköiset ajoneuvot

Yhdysvaltojen hallitus ei ole asettanut tarkkoja lakeja muihin kevyisiin sähköisiin ajoneuvoihin, niin pääasiassa niiden lait ovat osavaltioiden määrittämiä ja tämän seurauksena hyvinkin erilaisia toisiinsa nähden. Tähän on tällä hetkellä kehitteillä yhteinen laki, mutta päätökseen siitä ei olla vielä päästy. (PeopleforBikes 2020)

3.4 Kanada

3.4.1 Sähköpolkupyörät

Kanadassa hallitus on asettanut lait koskien sähköpolkupyöriä ja niiden mukaan sen teho ei saa ylittää 500 W ja se ei saa kulkea yli 32 km/h. Sähköpyörässä pitää myös olla kytkin, jolla voidaan sammuttaa moottori ja siinä pitää olla esto, ettei moottori käynnisty ennen kuin sähköpolkupyörä saavuttaa nopeuden 3 km/h. Moottorin pitää myös sammua, jos kuljettaja lakkaa polkemasta tai ei käytä kaasukahvaa tai jarruttaa. Hallitus on myös asettanut kypäränkäyttöpakon, jota pitää noudattaa kaikkialla Kanadassa ja he ovat myös asettaneet lain, jonka mukaan jokainen sähköpolkupyörä pitää olla merkattu oikealla merkinällä. Myös jotkin

alueet ja kaupungit Kanadassa ovat asettaneet lisää lakeja sähköpolkupyörille, kuten joillakin alueilla on asetettu ikäraja ja joillakin alueilla, jos sähköpolkupyörä on varustettu kaasukahvalle ne voi joutua rekisteröidä. Kanadassa sähköpolkupyörää saa käyttää joka paikassa missä normaaleja pyöriäkin, paitsi niissä paikoissa, joissa pyörien käyttö on kokonaan kielletty tai sähköpolkupyörien käyttö on kielletty. (Peyton Walker 2019)

3.4.2 Muut sähköiset ajoneuvot

Kanadassa muita kevyitä sähköisiä ajoneuvoja ei ole hallituksen puolesta rajoitettu selvästi, koska suurin osa niistä on liian tehottomia ja hitaita, että ne voitaisiin luokitella moottoriajoneuvoksi. Vaikka hallituksella ei ole selvää kantaa, niin jotkin läänit Kanadassa ovat asettaneet omia vaatimuksia tietyille ajoneuvotyypeille tai ovat voineet kokonaan kieltää niiden käytön. (Peyton Walker 2019)

3.5 Kiina

3.5.1 Sähköpolkupyörät

Kiinassa hallitus on alkanut luomaan uusia lakeja ja standardeja, jotka koskevat sähköpolkupyöriä. Lain mukaan Kiinassa sähköpolkupyörä ei saa kulkea lujempaa kuin 25 km/h, siitä löytyvät jännitteet eivät saa ylittää 48 V, sen teho ei saa olla suurempi kuin 400 W ja koko sähköpolkupyörän paino pitäisi olla alle 55 kg. Vaikka tässä oli kaikki Kiinan hallituksen asettaman vaatimukset sähköpolkupyörille, niin monet Kiinan kaupungit ja alueet ovat asettaneet rekisteröintipakon, jotta he voivat kontrolloida niiden määrä kaupungeissa. Monissa kaupungeissa sähköpolkupyörän rekisteröinti pitää tehdä 15 päivän kuluessa ostosta ja rekisteröintiin tarvittavat paperit ovat: passi, kopio väliaikaisesta asumisrekisteröinnistä, kuitti sähköpolkupyörän ostamisesta ja tähän kuuluva vaatimustenmukaisuudentodistus, jotka saadaan myyjältä. Myös joissakin kaupungeissa voi olla vaatimuksena kypärän käyttö. (Peyton Walker 2019)

3.5.2 Muut sähköiset ajoneuvot

Kiinan hallitus ei ole asettanut tarkkoja lakeja tai standardeja sähköisille ajoneuvoille, kuten tasapainottelulaudoille ja segwaylle, mutta ovat kuitenkin kieltäneet niiden käytön teillä vähentääkseen ruuhkaantumista. Kiinassa moni suuremmista kaupungeista on asettanut joidakin tarkempia sääntöjä ja lakeja niille. Esimerkiksi Beijing ja Shanghai ovat asettaneet

vuonna 2016 tarkat säännöt, joiden mukaan kyseisillä ajoneuvoilla ei saa ajaa kuin vaan jalkakäytävällä. (Peyton Walker 2019)

3.6 Japani

3.6.1 Sähköpolkupyörät

Japanissa sähköpyörien maksimi teho saa olla vain 250 W, niiden nopeus ei saa ylittää 24 km/h ja ne pitää rekisteröidä, niin kuin normaalitkin polkupyörät Japanissa. Myös ainoastaan avustetut sähköpolkupyörät kuuluvat tähän, koska jos sähköpolkupyörä on varustettu kaasukahvalla, niin se pitää rekisteröidä mopoksi ja kuljettajalla täytyy olla ajokortti, jolla saa ajaa mopoja. Japanissa sähköpolkupyörillä on samat säännöt kuin normaaleillakin polkupyörillä, eli jos alueella on polkupyörä kaistoja tai teitä, niin niitä pitää käyttää ja niillä ei saa mennä jalkakäytävälle tai jalankulkijoille ainoastaan tarkoitetuille alueille. Myös kuljettajan tulee huomioida Stop merkit ja liikennevalot. Myös joissakin kaupungeissa tai alueilla voi olla lisää lakeja tai säädöksiä koskien tämän tyyppisiä ajoneuvoja. (Peyton Walker 2019)

3.6.2 Muut sähköiset ajoneuvot

Japanissa sähköpotkulaudat luokitellaan moottoroiduiksi mopoiksi ja tämän takia ne pitää rekisteröidä ja kuljettajalla pitää olla ajokortti, jolla voidaan ajaa tämän tyyppin ajoneuvoa. Niiden teho saa olla maksimissaan 600 W ja Japanin tieliikennelain mukaan niissä pitää olla rekisterikilpi ja ajovalo. Omistajan pitää myös hankkia tieliikennevakuutus kyseisiin ajoneuvoihin ja maksaa kevyiden ajoneuvojen veroa. Käyttäessä sähköpotkulautaa pitää seurata Japanin tieliikennesääntöjä ja kypärän käyttö on pakollista. (Kyoto Prefectural Police Headquarters 2020)

4. AJONEUVOIHIN TEHTYJÄ TUTKIMUKSIA JA NIIDEN TULOKSIA

Kevyet sähköiset ajoneuvot ovat melko nuori ajoneuvoluokka vielä nykypäivänä ja niiden ero normaaleihin kevyisiin ajoneuvoihin on sähkömoottori, akusto ja niihin tarvittavat hallintalaitteet. Vaikka nämä ajoneuvot ovat aika uusia, niin maailmalla on tehty jo monia tutkimuksia ja testejä, joissa selvitetään millainen vaikutus kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla, on ihmisten käytäntöihin ja tottumuksiin. Pääasiassa näissä tutkimuksissa on keskitytty sähköpolkupyöriin ja niiden vaikutuksiin. Myös käyttökohteita näille ajoneuvoille on mietitty ja suurin osa niistä on itsestään selvyyksiä, koska kevyet sähköiset ajoneuvot ovat niin lähellä edeltäjiään, niin ne suurimmaksi osaksi korvaavat samat käyttökohteet kuin edeltäjänsä. Kevyille sähköisille ajoneuvoille on kehitteillä myös uusia käyttökohteita ja muita uusia ideoita, kuten miten niiden käytöllä voidaan laajentaa ja parantaa ihmisten liikkuvuutta. Seuraavaksi käydään läpi muutamia Euroopassa tehtyjä tutkimuksia ja testejä.

4.1 Wold ja Seebauer 2014

Vuonna 2014 Itävallassa Woldin ja Seebauerin tekemä tutkimus toteutettiin keräämällä tietoa postikyselyn avulla henkilöiltä, jotka olivat saaneet tukea kevyen sähköisen ajoneuvon hankintaan vuosien 2009 ja 2011 välisenä aikana tehdyssä testissä. Tähän testiin oli osallistunut noin 20 000 henkilöä ja näistä 1398 vastasi tähän Woldin ja Seebauerin lähettämään postikyselyyn. Tutkimuksessa selvisi, että vastanneiden henkilöiden kevyellä sähköisellä ajoneuvolla kuljetun matkan keskiarvo vuodessa oli noin 794 kilometriä. Tutkimuksessa selvisi myös, että vastanneista 37 % oli vähentänyt auton käyttöä työmatkoilla, 40 % oli vähentänyt auton käyttöä kauppamatkoilla, 40 % oli vähentänyt auton käyttöä vapaaajan matkustamisessa, 4 % oli vähentänyt autojen hankintaa, 3 % oli vähentänyt moottoripyörien hankintaa, 1 % oli lisännyt autojen hankintaa ja 2 % oli lisännyt moottoripyörien hankintaa. (S. Cairns et al 2017)

4.2 Fyhri & Sunfør 2014

Vuonna 2014 Fyhri & Sunførin tekemä tutkimus toteutettiin antamalla sähköpolkupyörä käyttöön 61:n henkilön kohderyhmälle ja tutkimuksessa oli mukana myös 160:n henkilön kontrolliryhmä, jolle ei annettu sähköpolkupyörää. Tutkimuksessa selvisi, että kohderyhmässä pyöräilevien määrä kasvoi 30 %:sta 54 %:iin ja viikossa pyöräilty matka kasvoi 40.1 kilometristä 68 kilometriin. Kun taas kontrolliryhmässä pyöräilevien määrä laski 24 %:sta 20 %:iin ja viikossa pyöräilty matka laski 33.9 kilometristä 29.8 kilometriin. Kokonaisuudessaan

pyöräilevien määrä kokonaismatkasta, joka kuljettiin päivittäin polkupyörällä, kasvoi kohde-ryhmässä 28 %:sta 48 %:iin ja kontrolliryhmässä tämä osuus pysyi tutkimuksen aikana noin 20 %:ssa. (S. Cairns et al 2017)

4.3 Helm et al 2015

Vuonna 2015 Saksan neljässä läänissä Helms et al tutkimus toteutettiin seuraamalla 70:n sähköpolkupyöräilijän energia-, GPS-tietoja ja heidän matka päiväkirjojaan. Lisäksi tutkimuksessa toteutettiin internet kysely, johon osallistui 312 henkilöä, joista kaikki lähettivät matka päiväkirjansa. Tutkimus kesti kokonaisuudessaan vuoden ja sen aikana oli neljä kyselyviikkoa. Tutkimuksessa selvisi, että sähköpolkupyörällä ajettujen matkojen keskiarvo oli 11.4 kilometriä ja puolet ajetuista matkoista olivat alle 9 kilometriä ja näistä suurin osa oli 4 kilometrin pituisia. Normaalilla polkupyörällä ajettujen matkojen pituuden keskiarvo oli 7.1 kilometriä. Sähköpyöräily korvasi 41 % automatkoista, 38 % perinteisistä polkupyörämatkoista, 7 % julkisella liikenteellä tehdyistä matkoista, 4 % kävelymatkoista ja 6 % muista matkoista. Vapaa-ajan automatkoista 45 % oli korvattu sähköpolkupyörällä ja työmatkan autoilusta 62 % oli korvattu sähköpolkupyörällä. (S. Cairns et al 2017)

4.4 Hiselius ja Svenssona 2014

Vuonna 2014 Ruotsissa Hiseliuksen ja Svenssonan tekemä tutkimus toteutettiin tekemällä kysely 321:lle henkilölle, jotka olivat hankkineet sähköpolkupyörän. Tutkimuksessa selvisi, että vastanneet olivat ajaneet sähköpolkupyörällä viikossa keskimäärin noin 71 kilometriä ja he olivat korvanneet sähköpolkupyörällä 3-12 % kävelymatkoista, 4-16 % julkisen liikenteen matkoista, 15-26 % perinteisistä polkupyörämatkoista ja 47-67 % automatkoista. (S. Cairns et al 2017)

4.5 EPOMM 2014

Vuonna 2014 Itävallan Grazissa tehtiin EPOMM tutkimus, joka toteutettiin sijoittamalla 20 sähköpolkupyörää ja neljä perinteistä polkupyörää vapaaseen käyttöön hotelleihin eripuolilla Grazia ja tietoa kerättiin muutaman vuoden ajan. Näiden muutaman vuoden aikana näillä polkupyörillä oli ajettu noin 1100 kertaa ja jokaisella polkupyörällä ajettu matka oli 180:n ja 940:n välillä ja niiden ajoaika oli noin 3000 tuntia. (S. Cairns et al 2017)

4.6 Eltis 2014

Vuonna 2014 Itävallan Weizissä tehty Eltis tutkimus toteutettiin tutkimalla vuonna 2010 tehtyä EU URBACT projektia, jossa seitsemän autoliikettä Weizissä tarjosivat huoltojen yhteydessä vaihtoauton tilalle sähköpolkupyörää. Jokaisella autoliikkeellä oli käytössään yksi sähköpolkupyörä. Tutkimuksessa selvisi, että näistä seitsemästä autoliikkeestä 3-4 liikettä lainasi viikossa sähköpolkupyörän ja näistä henkilöistä, jotka lainasivat sähköpolkupyörän 30 % oli kiinnostuneita hankkimaan oman sähköpolkupyörän tämän lainaamisen seurauksena. (S. Cairns et al 2017)

4.7 Tutkimusten yhteenveto

Edellä esitetyistä kappaleista nähdään, että tutkimuksia on tehty pääosin henkilökohtaiseen käyttöön liittyen, mutta mukana oli myös muutama erillainenkin tutkimus. Näistä henkilökohtaiseen käyttöön tehdyistä tutkimuksista nähdään, että jos henkilö omistaa sähköpolkupyörän, niin hän ajaa pidempiä matkoja ja korvaa muita liikumismuotoja sillä. Kyseisistä tutkimuksista ei nähdä millainen vaikutus sähköpolkupyörien kalleudella on suosioon tai hankittavuuteen. Myöskään oheisissa tutkimuksissa ei nähdä voitaisiinko näitä käyttää julkisten ajoneuvojen kanssa yhdessä, mutta Eltis ja EPOMM tutkimusten perusteella ihmiset käyttävät kevyitä sähköisiä ajoneuvoja, jos niitä on vain saatavilla käyttöön. Alla olevissa taulukoissa on vielä kerätty kokoon kaikki tutkimukset ja niiden tulokset tiivistettynä.

Taulukko 4.1. Yhteenveto tutkimuksista

Tutkimuksen nimi	Toteutus vuosi ja paikka	Tutkimuksen tulokset
Woldin ja Seebauerin tutkimus	2014, Itävalta	Sähköpolkupyöräilijät olivat vähentäneet muiden ajoneuvojen käyttöä ja hankintaa sähköpolkupyörän oston jälkeen
Fyhrin & Sunførin tutkimus	2014	Sähköpolkupyöräilijät pyöräilivät useammin ja heidän ajamansa keskimatka kasvoi, kun taas perinteiset pyöräilijät pyöräilivät harvemmin ja heidän ajamansa keskimatka laski
Helms et al tutkimus	2015, Saksa	Sähköpolkupyöräilijät olivat korvanneet perinteisiä matkustustapoja pyöräilyllä, ja huomatta osa heistä oli korvannut työmatkat pyöräilyllä
Hiseliuksen ja Svenssonan tutkimus	2014, Ruotsi	Sähköpolkupyöräilijät olivat korvanneet perinteisiä matkustustapoja pyöräilyllä, ja huomatta osa heistä oli korvannut automatkat pyöräilyllä
EPOMM tutkimus	2014, Graz, Itävalta	Hotelleissa lainalla olevia kevyitä ajoneuvoja lainattiin huomattava määrä vuosien varrella
Eltis tutkimus	2014, Weiz, Itävalta	Autoliikkeissä olevia sähköpolkupyöriä lainattiin vaihtoautojen tilalta ja noin kolmasosa oli kiinnostunut tämän lainauksen jälkeen hankkimaan oman sähköpolkupyörän

5. KEVYIDEN SÄHKÖISTEN AJONEUVOJEN VAIKUTUS YMPÄRISTÖÖN

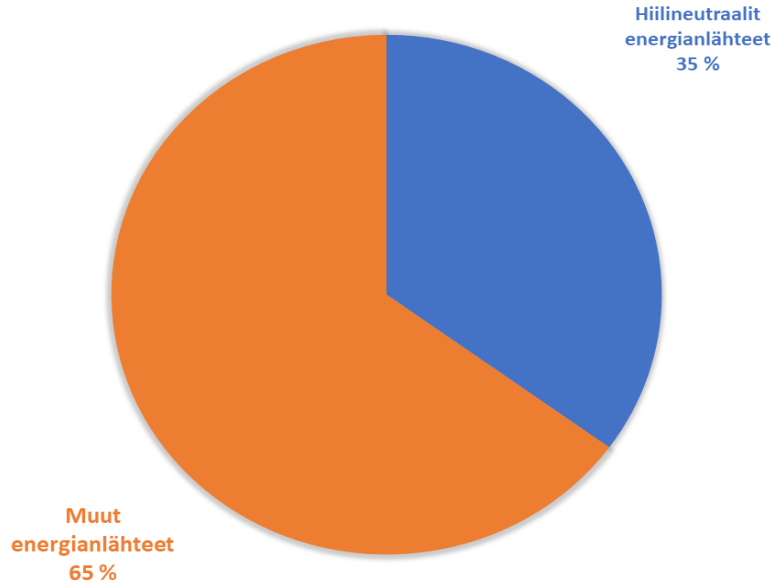
Kevyet sähköiset ajoneuvot eivät tuota itsestään päästöjä tai ilmansaasteita, kun niillä ajetaan, koska ne toimivat sähkömoottorilla, mutta niillä on silti vaikutus ympäristöön valmistusprosessissa ja akkujen latauksella. Näitä kahta aihetta käydään paremmin läpi seuraavissa kappaleissa.

5.1 Maailman sähköntuotanto ja sen ympäristövaikutukset

Maailmanlaajuisesti vuonna 2017 sähköä tuotettiin noin 25 721 050 GWh erilaisilla polttoaineilla ja ne jakautuvat seuraavan taulukon ja kuvan perusteella erilaisiin energialähteisiin. (IEA 2017)

Taulukko 5.1 Energianlähteet taulukoituna. (IEA 2017)

Energianlähde	Sähkön tuotanto (GWh)	Osuus sähköntuotannosta	Hiilineutraali (Kyllä/Ei)
Hiili	9 863 339	38.3 %	Ei
Maakaasu	5 882 825	22.8 %	Ei
Vesivoima	4 197 299	16.3 %	Kyllä
Ydinvoima	2 636 030	10.2 %	Kyllä
Tuulivoima	1 127 319	4.4 %	Kyllä
Öljy	841 878	3.3 %	Ei
Biopolttoaine	481 529	1.9 %	Kyllä
Aurinkovoima	454 402	1.8 %	Kyllä
Jätteet	225 459	0.9 %	Ei
Muut	37 066	0.1 %	Ei



Kuva 5.2. Hiilineutraalien energianlähteiden osuus maailman sähköntuotannosta.

Kuten ohessa olevasta kuvasta 5.2 voidaan nähdä, niin noin kolmasosa maailman sähköntuotannosta tuotetaan hiilineutraaleilla lähteillä, muuta suurin osa on silti saastuttavia lähteitä vielä nykyäänkin. Energianlähteet ja ajoneuvot tuottavat CO₂-päästöjä ja kuten äskeleistä kuvista ja taulukoista voidaan nähdä, niin suurin osa sähköstä vielä nykyäänkin tuotetaan fossiililla polttoaineilla. (IEA 2017) Fossiilisia polttoaineita on paljon erilaisia maailmalla ja alla olevasta taulukosta 5.3 selviää kunkin polttoaineen CO₂-päästöjen määrä kilowattituntia kohden. (Volker Quaschnig 2015)

Taulukko 5.3 Polttoaineiden CO₂-päästöt per kilowattitunti. (Volker Quaschnig 2015)

Polttoaine	Päästöt (g CO ₂ / kWh)
Maakaasu	200
Nestemäinen öljykaasu	230
Jalostamokaasu	240
Bensiini	250
Kerosiini	260
Raakaöljy	260
Diesel	270
Polttoöljy	280
Hiili	340
Ruskohiili	360
Turve	380
Puu	390

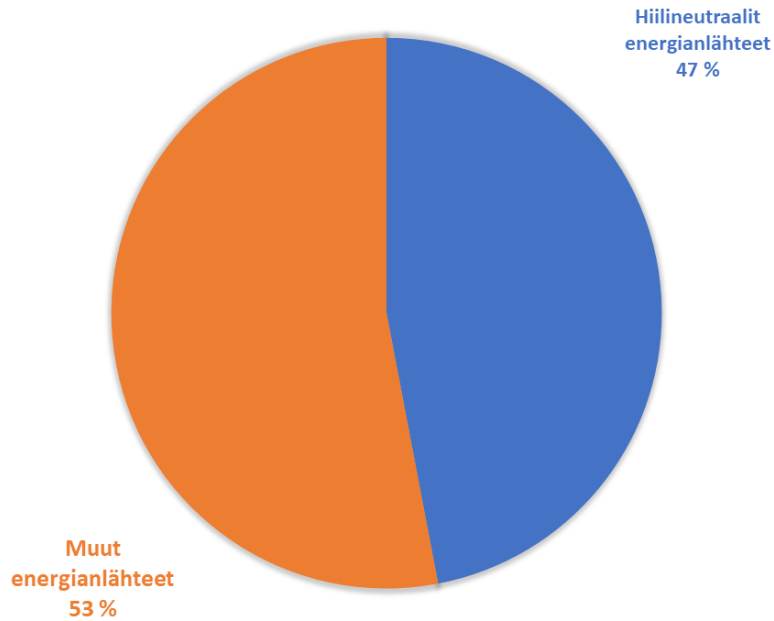
Kuten edeltävistä taulukoista nähdään, niin jos haluaa vähentää latauksen aiheuttamia päästöjä, niin selvästi parhaat vaihtoehdot tietenkin ovat kaikki hiilineutraalit energianlähteet, mutta jos fossiilista polttoainetta käyttävää energianlähdettä on käytettävä, joko sähköajoneuvon lataukseen tai normaalin polttomoottori ajoneuvon polttoaineena, niin oheisen taulukon mukaan maakaasua käyttävä voimala tai polttomoottori olisi paras vaihtoehto, koska se tuottaa vähiten CO₂-päästöjä. Mikään fossiilinen polttoaine ei ole pitkäaikainen ratkaisu, koska niitä ei ole loputtomiin maapallolla ja joistakin polttoainesta alkaa olla jo pulaa nykypäivänä. Myös joistakin polttoaineista on kiistaa, että luokitellaanko ne hiilineutraaleiksi vai ei. Näitä polttoaineita ovat puu ja turve, koska ne uusiutuvat hyvin hitaasti. Monessa maassa voi valita minkälaista sähköä haluaa ostaa, eli pystyy ostamaan kokonaan hiilineutraalia sähköä, mutta näiden hinnat voivat olla erilaisia, kun mihin on tottunut.

5.2 Suomen sähköntuotanto ja sen ympäristövaikutukset

Suomessa kulutettiin vuonna 2018 sähköenergiaa 87 412 GWh ja ne jakautuvat hiilineutraaleihin ja ei hiilineutraaleihin lähteisiin kuvan 5.3.1 mukaan ja ne jakautuvat energiantuotantolähteittäin taulukon 5.3.2 mukaan (Tilastokeskus 2020). Tässä taulukossa ja kuvassa ei ole avattu enempää tuotanto energian koostumusta ja se on sisällytetty ei hiilineutraaleihin lähteisiin kuvassa. Tuontien energia ei koostu kokonaan ei hiilineutraaleista lähteistä ja näin ollen todellisuudessa hiilineutraalisuuden prosenttisuus voi olla suurempi kuin kuvassa.

Taulukko 5.4 Sähköntuotanto energialähteittäin (Tilastokeskus 2020)

Energianlähde	GWh	Prosenttiosuus	Hiilineutraali (Kyllä/Ei)
Ydinvoima	21 889	25 %	Kyllä
Vesivoima	13 145	15 %	Kyllä
Tuulivoima	5 857	6.7 %	Kyllä
Aurinkovoima	162	0.2 %	Kyllä
Muu lämpövoima	26 423	30.3 %	Ei
Nettotuonti	19 936	22.8 %	Ei

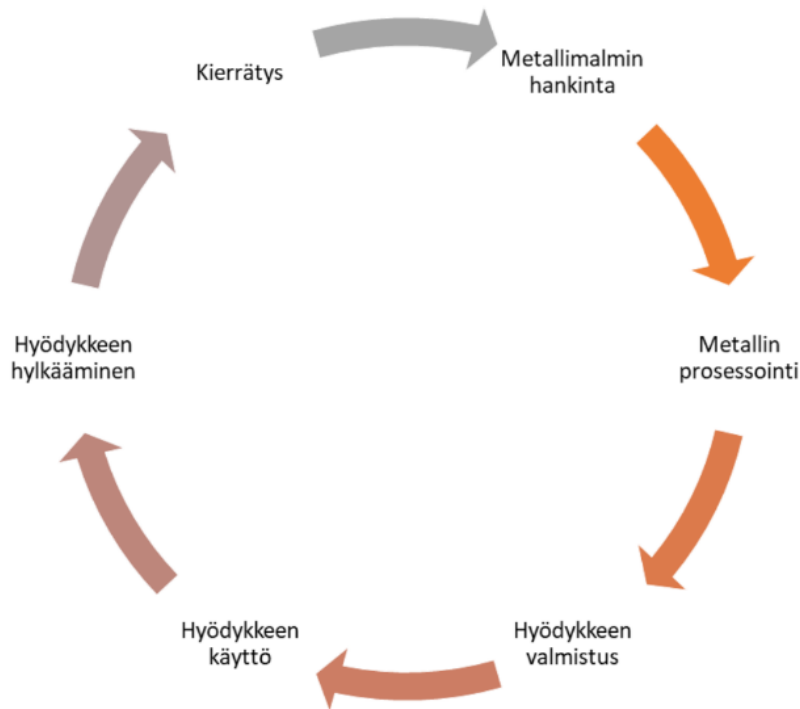


Kuva 5.5 Energiantuotannon jakautuminen hiilineutraaleihin lähteisiin Suomessa

Kuten äskeisestä kuvasta ja taulukosta voidaan nähdä, niin Suomessa melkein puolet sähköstä tuotetaan hiilineutraaleilla energianlähteillä verrattuna noin kolmasosaan maailmanlaajuisesti. Tämän perusteella suomessa kevyen sähköisen ajoneuvon lataus olisi puhtaampaa kuin maailmalla keskiarvoisesti, mutta Suomessa voi myös valita ostavansa kokonaan hiilineutraalia sähköä ja näin ladata ajoneuvoansa täysin hiilineutraalisti. Nämä energianlähteet tuottavat samalla tavalla päästöjä kuin aiemmin olevassa kappaleessa kerrottiin

5.3 Raaka-aineiden hankinnan ympäristövaikutus

Kevyiden sähköisten ajoneuvojen valmistukseen vaaditaan tietenkin myös raaka-aineita kuten kaikkien ajoneuvojen valmistukseen niin Suomessa kuin muuallakin maailmassa. Eri-laisia raaka-aineita tarvitaan itse rungon valmistukseen, kuin myös akkujen valmistukseen ja kaikista haitallisimpia näistä raaka-aineista ympäristöä kohtaan ovat metallit. Metallien valmistuksella on seuraavanlainen elämänkaari, joka voidaan nähdä seuraavasta kuvasta 5.2.1 ja se lähtee liikkeelle metallimalmin hankinnasta. (W.J. Rankin 2006)



Kuva 5.6. Metallien elinkaari. (W.J. Rankin 2006)

Kuten kuvasta 5.2.1 voidaan nähdä, niin metallin elinkaareissa on monta eri vaihetta. Näistä kaikista haitallisimpia ympäristölle ovat metallimalmin hankinta ja metallin prosessointi. Mutta tietenkin hyödykkeen valmistuksessa ja käytössä syntyy päästöjä, koska käytetään samoja energianlähteitä mitä mainittiin kappaleessa 5.1. Myös jos hyödykettä ei kierrätetä sen hylkäämisen jälkeen, niin ne vain lisäävät jätteiden määrää kaatopaikoilla (W.J. Rankin 2006).

Metallimalmin hankinnassa tuhoetaan itse ympäristöä, kun kaivetaan suuria alueita, jotta voidaan tuottaa tarpeeksi metalleja. Ympäristötuhon lisäksi kaivuuprosessissa voidaan käyttää kemikaaleja ja räjähteitä, joiden takia voi myös vapautua ympäristölle ja ihmisille haitallisia nesteitä, kaasuja ja jätteitä. Prosessointivaiheissa voidaan käyttää erilaisia kemikaaleja auttamaan puhdistusprosessia ja nämä kemikaalit voivat olla haitallisia ja ne voivat vapautua. Myös muiden haitallisten aineiden vapautuminen on mahdollista tässäkin vaiheessa samalla tavalla, kuin metallimalmin hankinnassa. Myös tämä prosessointi vaatii todella suuren määrän energiaa, joka aiheuttaa päästöjä ja myös tarvitaan vettä ja tämä voi rasittaa vesivaroja. (W.J. Rankin 2006)

6. TULOKSET JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Edellä olevissa kappaleissa käytiin läpi kevyiden sähköisten ajoneuvojen suosion kasvuun johtavia tekijöitä ja niiden vaikutuksia. Tämän jälkeen käytiin läpi millaisia standardeja ja lakeja näille ajoneuvoille on asetettu eripuolilla maailmaa ja kuinka ne määrittävät millaiset ajoneuvot kuuluvat tähän luokitukseen. Tämän jälkeen esiteltiin maailmalla tehtyjä tutkimuksia, testejä ja niiden tuloksia. Ja viimeisenä käytiin läpi kevyisiin ajoneuvoihin liittyviä ympäristötekijöitä. Seuraavaksi päästään tuloksiin ja johtopäätöksiin siitä, että mitä kevyet sähköiset ajoneuvot ovat ja millainen rooli niillä on liikenteessä.

Kappaleessa kaksi käytiin läpi suosioon vaikuttavia tekijöitä ja niitä olivat ilmastonmuutos, luonnonvarat, kaupungistuminen, digitalisoituminen ja väestön ikääntyminen. Myös suosioon vaikuttavista tekijöistä on ajoneuvojen hinnan lasku ja kun tulevaisuudessa ajoneuvojen hinnat jatkavat laskuaan, niin suosio kasvaa tämän seurauksena entisestään. Tässä kappaleessa mainittiin myös se, että ne ovat hyvin kevyitä käyttää ja tämän takia ne ovat hyvä vaihtoehto huonokuntoisille ihmisille ja vanhuksille. Tämä helppokäyttöisyys auttaa myös niiden suosion kasvussa työmatkoilla ja kauppatmatkoilla.

Kappaleessa kolme käytiin läpi erilaisia kevyitä sähköisiä ajoneuvoja ja niistä eniten käytiin läpi sähköpolkupyöriin ja sähköpotkulautoihin liittyviä säädöksiä ja lakeja. Nämä kaksi eivät ole ainoita mahdollisia kevyitä sähköisiä ajoneuvoja mitä maailmasta löytyy ja kuten kolmannen kappaleen alussa mainittiin, niin muita tämänkaltaisia ajoneuvoja ovat segwayt, tasapainottelulaudat ja erilaiset apuajoneuvot. Myös uusia ajoneuvoja kehitellään maailmassa ja ne voivat luokitukseltaan sopia kevyisiin sähköisiin ajoneuvoihin koskevien lakien ja standardien sisälle.

Kappaleessa neljä olevien tutkimusten ja sähköavusteisten polkupyörien tiekartan perusteella voidaan todeta, että koska kevyet sähköiset ajoneuvot ovat fyysisesti kevyempiä käyttää, niin niillä voidaan matkustaa pidempiä matkoja päivässä. (Liikennevirasto 2015) Näistä tiedoista voidaan päätellä, että kevyitä sähköisiä ajoneuvoja voidaan käyttää helpottamaan ihmisten kauppatmatkoja, työmatkoja ja vapaa-ajan matkoja. Myös näistä tiedoista voidaan päätellä, että huonompikuntoisetkin ihmiset voivat käyttää niitä helpottaakseen matkustamistaan.

Kappaleessa neljä mainittiin myös tutkimus liittyen hotelleissa käytettyihin kevyisiin ajoneuvoihin, joissa käytettiin sähköpolkupyöriä ja perinteisiä polkupyöriä lainaustarkoituksessa. Sähköavusteisten polkupyörien tiekartassa mainitaan myös, että isommat ja tehokkaammat versiot kevyistä sähköisesti ajoneuvoista myös mahdollistavat tavaroiden kuljetuksen. (Liikennevirasto 2015) Näistä tiedoista voidaan päätellä, että kevyitä sähköisiä ajoneuvoja voidaan käyttää myös liiketoiminnassa erilaisilla tavoilla, kuten kuljetuspalveluissa, vuokrapalveluissa, lainauspalveluissa ja monessa muussa eri tarkoituksessa.

Kappaleessa viisi käytiin läpi ympäristöön vaikuttavia tekijöitä ja sen perusteella voidaan päätellä, että koska kevyet sähköiset ajoneuvot ovat huomattavasti pienempiä kuin esimerkiksi henkilöautot, niin niiden valmistus ei rasita erilaisia maailman resursseja niin paljoa kuin autojen valmistus. Jos ihmiset alkavat vaihtaa henkilöautoja kevyisiin sähköisiin ajoneuvoihin, niin ympäristöä kohtaan aiheutunut tuho pienenee, koska ei tarvita kaivaa niin paljoa resursseja ja jos näitä kevyitä sähköisiä ajoneuvoja ladataan hiilineutraalista energiälähteestä, niin niillä voi olla myös vaikuttaa ilmastonmuutokseen. Jos kyseisiä ajoneuvoja ei kierrätetä ollenkaan, niin niiden hyöty pienenee ajan myötä, koska ne kerääntyvät jätteeksi kaatopaikoille ja näin ollen tarvittaisiin lisää materiaaleja uusien ajoneuvojen valmistukseen. Näistä tiedoista voidaan päätellä, että kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla voidaan vaikuttaa positiivisesti ympäristöön ja ilmastonmuutokseen, jos niiden valmistus-, käyttö- ja kierrätysprosessi toteutetaan oikein. Tästä ei voida tarkoin päätellä mitään, koska tästä aiheesta ei ole tehty tutkimuksia koskien kevyitä sähköisiä ajoneuvoja.

Sähköavusteisten polkupyörien tiekartassa mainitaan myös, että kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla voitaisiin korvata tai täydentää osittain normaaleja julkisen liikenteen ajoneuvoja. (Liikennevirasto 2015) Yksi ehdotetuista tavoista on oman liikennejärjestelmän kehitys, jossa kevyiden sähköisten ajoneuvojen lainauspaikkoja sijoitettaisiin suosituille reiteille, joissa pyöriäkin käytetään usein tai sellaisille paikoille, joista halutaan mahdollisimman paljon jatkoyhteyksiä kuten juna-asemat. (Liikennevirasto 2015) Myös muita ehdotuksia on kuten esimerkiksi taloyhtiöt voisivat hankkia itselleen ja asukkailleen yhteisiä kevyitä sähköisiä ajoneuvoja, joita kaikki saisivat käyttää. (Liikennevirasto 2015) Joissakin kaupungeissa on ollut joitain vuosia perinteisten pyörien lainauspalveluja ja muita tämänkaltaisia vaihtoehtoja, mutta tutkimuksia tämänkaltaisista toteutuksista ei ole tehty kevyille sähköisille ajoneuvoille. Näiden tietojen perusteella tulevaisuudessa olisi mahdollista lisätä julkisen liikenteen mahdollisuuksia.

Sähköavusteisten polkupyörien tiekartassa mainitaan myös, että kevyillä sähköisillä ajoneuvoilla voisi olla suuri suosio nuorison käytössä, koska nuoriso käyttää muutenkin paljon polkupyöriä ja julkisen liikenteen ajoneuvoja matkustukseen, jos he haluavat liikkua itsenäisesti, koska heillä ei välttämättä ole vielä minkäänlaista ajokorttia. (Liikennevirasto 2015) Nuorisoa voitaisiin samalla valistaa esimerkiksi koulussa kevyiden ajoneuvojen käytöstä ja niiden hyödystä ympäristön kannalta. (Liikennevirasto 2015) Näistä tiedoista voidaan päätellä, että tämänkaltaiset ideat voisivat toimia ihan hyvin nykypäivänä, koska nuoriso liikkuu yleensä hyvin paljon ja mieluusti itsenäisesti.

Edellä olevissa kappaleissa käytiin läpi millaisia kevyet sähköiset ajoneuvot ovat ja niiden tämänhetkisiä käyttökohteita, mutta siinä samalla käytiin myös läpi mahdollisia tulevaisuuden käyttökohteita. Näiden tietojen perusteella päästään siihen johtopäätökseen, että kevyet sähköiset ajoneuvot ovat ajoneuvoja, jotka pieniä kooltaan ja ne ovat varustettu sähkömoottoreilla, akuilla ja niihin liittyvillä laitteilla. Samoista tiedoista päästään siihen johtopäätökseen, että pääasiassa kevyiden sähköisten ajoneuvojen rooli on tällä hetkellä ja lähitulevaisuudessa korvata perinteisten kevyiden ajoneuvojen käyttökohteet kuten työmatkat, kauppamatkat, vuokraus- ja lainapalvelut. Tulevaisuudessa niillä voi olla mahdollista laajentaa julkisen liikenteen tai liiketoiminnan mahdollisuuksia ja helpottaa ilmastonmuutosta, jos niiden valmistus ja käyttöprosessi on täysin hiilineutraali ja ihmiset käyttävät niitä polttomoottori ajoneuvojen sijasta.

7. YHTEENVETO

Työn aiheena oli selvittää mitä kevyet sähköiset ajoneuvot ovat ja niiden rooli liikenteessä. Näiden asioiden selvittämistä lähdettiin ensiksi lähestymään sillä, että miksi niiden suosio oli lähtenyt nousuun viime vuosina. Yksinkertaisesti sanottuna näiden ajoneuvojen suosio on kasvanut sen takia, että niillä on paljon eri käyttökohteita ja ne helpottavat ihmisten jokapäiväistä elämää. Kevyistä sähköisistä ajoneuvoista tehdyt tutkimukset osoittavat, että kevyet sähköiset ajoneuvot korvaavat pääasiassa perinteiset kevyet ajoneuvot ja ne parantavat ajettujen matkojen pituutta. Näillä ajoneuvoilla on mahdollisuus auttaa maailmaa ilmastonmuutoksen torjunnassa ja resurssien kulutuksessa, jos ne valmistetaan ja niitä käytetään oikealla tavalla. Kaiken tämän jälkeen saatiin selville, että kevyet sähköiset ajoneuvot ovat kevyitä ajoneuvoja, jotka ovat varustettu sähkömoottorilla, akustolla ja niiden käyttöön tarvittavilla laitteistoilla. Samalla selvisi myös, että niiden rooli on tällä hetkellä korvata perinteisten kevyiden ajoneuvojen käyttökohteita.

LÄHTEET

- (Liikennevirasto 2015) Sähköavusteisten polkupyörien tiekartta_10.2.2015, Liikennevirasto. [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://julkaisut.vayla.fi/pdf8/lts_2015-10_sahkoavusteisten_polkupyorien_web.pdf
- (Liikenne- ja viestintäministeriö 2014) Kevytajoneuvot_yhteenveto 2014, Liikenne- ja viestintäministeriö. [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/77905/Kevytajoneuvot_yhteenveto.pdf
- (Presto 2011) Electric Bicycles, Presto. [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/presto_fact_sheet_legislation_en.pdf
- (Alan A. Parker 2011) ATRFfinalSent11F, Alan A. Parker 2011. [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://www.atrf.info/papers/2011/2011_Parker_A.pdf
- (S. Cairns et al 2017) Transportation Research Part A: Policy and Practise 2017 [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0965856415301865>
- (Benedicte Swennen et al 2015) Cycle Logistic ECF [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://ecf.com/files/wp-content/uploads/CYCLE-LOGISTIC-internet.compressed.pdf>
- (Jussi Pohjonen 2017) Sähköiset liikkumisvälineet 2017, Trafi [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.ely-keskus.fi/documents/10191/23296966/Jussi+Pohjonen.pdf/b5d504de-95f3-420d-93a7-6ffe919f87ba>

- (Karoliina Hautala 2017) Kevyet sähköiset liikkumisvälineet tieliikenteessä 2017, Karoliina Hautala [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/124200/ON_HAUTALA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- (Juha Valtonen 2015) Uudet sähköiset liikkumisvälineet 2015, Juha Valtonen [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://blogi.eoppimispalvelut.fi/reittimerkinnat/files/2016/01/Uudet-s%C3%A4hk%C3%B6iset-liikkumis%C3%A4lineet_Niska.pdf
- (PeopleforBikes 2020) E-bike regulations, peopleforbikes [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: http://peopleforbikes.org/our-work/e-bikes/?utm_source=Google&utm_medium=CPC&utm_content=Electronic%20Bike%20Awareness&gclid=CjwKCAiAugHwBRAQEiwAD-zr3fYYivJHtlE9A14Znw4ipZxH504mi6S-zO9xNOuNhYFpcziqihccaRoCC0AQAvD_BwE
- (Lamar Massey 2019) Latest and updated hoverboard laws in the US, Wheelinstyle [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://wheelsinstyle.com/hoverboard-laws/>
- (Ed Benjamin) Electric bicycle and scooter law in the USA, Ed Benjamin [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <http://www.pedelec.com/taipei/lectures/pdf/USA.pdf>
- (S.J. Grand 2019) How to legally drive and E-bike in China, S.J. Grand [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.sjgrand.cn/how-legally-drive-ebike-china/>

- (Chinadaily 2016) Electric scooters not allowed on motor roads: Shanghai police, chinadaily [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://www.chinadaily.com.cn/china/2016-08/29/content_26626028.htm
- (Manthan Chedda 2016) China bans use of hoverboards, segways on roads and bike lanes, Manthan Chedda [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <http://www.chinatopix.com/articles/99564/20160830/china-bans-use-of-hoverboards-segways-on-roads-and-bike-lanes.htm>
- (Peyton Walker 2019) Ebike laws around the world 2019, Peyton Walker [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.radpowerbikes.com/blogs/the-scenic-route/ebike-laws-around-the-world>
- (Kyoto Prefectural Police Headquarter 2020) Legal interpretation of electric kickboard and electric motor scooter, Kyoto Prefectural Police Headquarter [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: http://www.pref.kyoto.jp/fukei/foreign/koki_h/dendo/index.html
- (Tilastokeskus 2020) Energia tilastot 2020, Tilastokeskus [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_energia.html
- (Volker Quaschning 2015) Specific Carbon Dioxide Emissions of Various Fuels 2015, Volker Quaschning [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: https://www.volker-quaschning.de/datserv/CO2-spez/index_e.php
- (IEA 2017) Data and statistics 2017, IEA. [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.iea.org/data-and-statistics/data-tables?country=WORLD&energy=Electricity&year=2017>

(W.J. Rankin 2006)

Assesing the enviromental impact of metal production process 2006, T.E. Norgate, S. Jahanshahi, W.J. Rankin [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: [https://www.researchgate.net/publication/222402610 Assesing the environmental Impact of metal production processes](https://www.researchgate.net/publication/222402610_Assesing_the_environmental_Impact_of_metal_production_processes)

(Electricbike 2013)

Electric Bike History, patents from the 1800's 9.11.2013, Electricbike [verkkodokumentti] [viitattu 22.3.2020] Saatavissa: <https://www.electricbike.com/e-bike-patents-from-the-1800s/>