



Alexi Patovaara

Sähköauton taloudellisuus ja käyttömukavuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Ajoneuvotekniikka

Insinöörityö

30.9.2023

Tiivistelmä

Tekijä: Aleksi Patovaara
Otsikko: Sähköauton taloudellisuus ja käyttömukavuus
Sivumäärä: 39 sivua
Aika: 30.9.2023

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Ajoneuvotekniikka
Ammatillinen pääaine: Autosähkötekniikka
Ohjaaja: Lehtori Pasi Kovanen

Tämän insinööriyön tarkoituksena oli selvittää, millaisilla asioilla voi vaikuttaa täyssähköautojen taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen. Työssä selvitettiin, millaisia rakenteellisia ratkaisuja täyssähköautoissa käytetään ja miten niiden ominaisuudet eroavat toisistaan. Täyssähköautojen huolto- ja hankintakustannuksia vertailtiin ja pohdittiin niiden vaikutusta autojen käyttöön.

Insinööriyö on toteutettu kirjallisuuskatsauksena. Insinööriyön lähteinä on käytetty ajankohtaista ammattikirjallisuutta, ajoneuvovalmistajien kotisivuja sekä työhön soveltuvia verkkopalveluita.

Insinööriyössä havaittiin, että sähköautojen taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen pystyy itse vaikuttamaan omilla toimilla. Havaittiin esimerkiksi, että oikeanlaisella käytöllä niiden latauksesta, ajamisesta ja huoltamisesta on mahdollista tehdä edullisempaa ja mukavampaa. Myös ulkoiset tekijät vaikuttavat sähköautojen taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen. Tällaisia ulkoisia tekijöitä ovat esimerkiksi sähkön hinta ja käyttöympäristö. Sähköautojen rakenne ja toiminta mahdollistavat myös erilaisia toimintoja, joilla on vaikutusta käyttömukavuuteen ja taloudellisuuteen. Tällainen on esimerkiksi se, että niiden akkuun varastoitua energiaa voi käyttää myös kotitalouksien sähkölaitteissa ja sähköä pystyy syöttämään verkkoon. Sähköautojen käyttömahdollisuudet ovat myös monipuolisia. Esimerkiksi lataukseen, matkan tekoon ja huoltoon on erilaisia vaihtoehtoja. Työn lopputulos on yleistietopaketti, jota voi hyödyntää sähköauton hankintaa harkitessa.

Avainsanat: Sähköauto, taloudellisuus, käyttömukavuus

Abstract

Author: Aleksi Patovaara
Title: Economy and Comfort of an Electric Car
Number of Pages: 39
Date: 30 August 2023

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Automotive Engineering
Professional Major: Automotive Electronics Engineering
Supervisor: Pasi Kovanen, Senior Lecturer

The purpose of this Bachelor's thesis was to discover the economy and comfort of electric cars. The aim was to determine which issues affect them. This thesis studies the structure of electric cars and their functions and features. In addition, the price and maintenance was examined.

First, relevant professional literature was researched and examined, and data was collected online. This forms the theoretical section of the thesis.

It was discovered that the user can influence the economy and comfort of an electric car themselves. For example, with the right use, charging, driving and maintaining the electric cars can be more affordable and comfortable. External factors, such as the price of electricity and the operating environment, also affect the economy and comfort of an electric car. Additionally, the structure and operation of an electric car can enable various functions that have an effect on the economy and comfort of the car. For example, the energy stored in the electric car's battery can be used in household electric devices and the energy can be transferred to the electricity grid. The possibilities for using electric cars are also versatile. For example, there are different options for charging, traveling and maintenance. As a result of this thesis, an information package was obtained. It can be used by anyone who is considering buying an electric car and evaluating their economy and comfort.

Keywords: Electric car, economy, comfort

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Sähköautojen tekniset perusratkaisut	2
2.1	Voimalinjakonstruktiot	2
2.2	Akkujen rakenne	4
2.3	Power to grid ratkaisut	6
3	Sähköauton lataaminen	7
3.1	Kotilataus ja sähkön hinnoittelu	7
3.2	Kiinteät latauspisteet	10
3.3	Suurteholataus	14
3.4	Julkisten latauspisteiden hinnoittelu	16
4	Sähköajoneuvolla matkustaminen	18
4.1	Reittisuunnittelu ja latauspisteet	18
4.2	Sähköajoneuvojen energiankulutus	21
4.3	Huolto ja huollon kustannukset	27
5	Hankintakustannukset	28
6	Yhteenveto	31
	Lähteet	33

Lyhenteet

- ABS: *Anti-lock Braking System*. Ajoneuvoissa käytetty jarrujärjestelmä, jonka tehtävä on estää pyörien lukkiutuminen jarrutustilanteissa.
- AVAS: *Acoustic Vehicle Alerting System*. Varoitusäänijärjestelmä, jolla saadaan ajoneuvon keinoäänistä ääntä.
- BMS: *Battery Management System*. Akunhallintajärjestelmä, jolla on erilaisia akun valvontaan ja käyttöön liittyviä toimintoja.
- CCS: *Combined Charging System*. Pikalatausstandardi, jota käytetään pistokkeiden ja liittimien tekemiseen.
- EPA: *Environmental Protection Agency*. Yhdysvaltain ympäristönsuojeluvirasto, joka on tehnyt EPA-normin, jota on käytetty ajoneuvon kulutuksen sekä kantaman selvittämisessä.
- NEDC: *New European Driving Cycle*. Standardi, jota on käytetty ajoneuvon kulutuksen ja kantaman selvittämisessä.
- VESS: *Virtual Engine Sound System*. Virtuaalinen äänijärjestelmä, joka joissain vanhemmissa sähköautoissa oli mahdollista kytkeä päälle ja pois VESS-kytkimellä.
- WLTP: *Worldwide Harmonized Light-Duty Vehicles Test Procedure*. Standardi, jota nykyisin käytetään ajoneuvon kulutuksen ja kantaman selvittämisessä.

1 Johdanto

Sähköautot eroavat tutummista polttomoottoriautoista monella tapaa. Niiden ominaisuudet sekä niiden käyttäminen ovat erilaisia kuin polttomoottoriautojen. Kun sähköautoja tulee enemmän liikenteeseen ja myyntiin, ne ovat osa yhä useamman ihmisen arkipäivää. Kun ihmiset ostavat sähköautoja tai vaihtavat polttomoottoriautosta sähköautoon, he voivat pohtia niiden taloudellisuutta ja käyttömukavuutta.

Tässä insinööriyössä käsitellään sähköautojen taloudellisuutta ja käyttömukavuutta. Tavoitteena on selvittää, millä tekijöillä on niihin vaikutusta ja voiko itse omilla toimilla vaikuttaa niihin. Insinööriyössä tarkastellaan täyssähköautojen rakennetta, ominaisuuksia, toimintaa, käyttämistä sekä hyödyntämistä. Lisäksi täyssähköautojen huolto- ja hankintakustannuksia vertaillaan sekä pohditaan niiden vaikutusta autojen käyttöön.

Insinööriyön lukemalla lukija saa käsityksen sähköautojen taloudellisuudesta ja käyttömukavuudesta sekä niihin vaikuttavista tekijöistä. Tämä mahdollistaa sen, että sähköautojen käytöstä voi tehdä edullisempaa ja mukavampaa. Lukija saa erilaisia vaihtoehtoja sähköautojen käyttämiselle. Näitä vaihtoehtoja hän voi yhdistellä ja valita niistä itselle sopivimmat. Opinnäytetyöstä saa myös käsityksen sähköauton hintaan ja valintaan vaikuttavista tekijöistä. Näitä tietoja voi käyttää hyödyksi, kun valitsee itselleen sähköautoa. Tietoja voi käyttää hyödyksi myös vertailtaessa sähköautoja jo ennestään tuttuihin ajoneuvoihin. Tällöin saa valitua itselleen sopivimman, edullisimman ja mukavimman ajoneuvon.

2 Sähköautojen tekniset perusratkaisut

2.1 Voimalinjakonstruktiot

Täyssähköajoneuvojen moottoriratkaisuja on useita erilaisia. Ajoneuvosta riippuen sähkömoottoreita voi olla yhdestä neljään. (Linja-Aho 2016: 153; Luukkanen 2020: 21; Linja-Aho ym. 2022: 7.) Useamman sähkömoottorin tapauksessa on tyypillisesti kyse esimerkiksi nelivetoratkaisusta. Sähköinen nelivetojärjestelmä on mahdollista aikaan saada sillä tavalla, että sijoitetaan sähkömoottori etuakselille ja myös taka-akselille. Näiden moottorien välitykset pystytään myös optimoimaan eri nopeusalueille. Tämä lisää energiatehokkuutta. Kun halutaan enemmän tehoa, niin molemmat moottorit toimivat samaan aikaan. Moottoriratkaisulla on vaikutusta sähköajoneuvon valmistus- ja sitä kautta hankintahintaan. Sähkömoottoreille ei tarvitse olla suurta moottoritilaa, ja sähkömoottoreiden sijoittaminen ajoneuvoon on vapaampaa kuin esimerkiksi polttomoottorin. Kun sähköautossa ei ole suurta moottoritilaa edessä, konepellin alla, niin tällöin siellä on enemmän vapaata tilaa, jossa voi säilyttää esimerkiksi tavaroita. Riippuu autosta, onko siihen rakennettu eteen tavaratilaa ja minkä kokoinen se on. Esimerkiksi Tesloista löytyy etukontti. (Luukkanen 2020: 21–22; Linja-Aho ym. 2022: 13.)

Eräs sähkömoottoreiden ominaisuuksista on tasainen ja katkoton vääntökäyrä. Tämä lisää käyttömukavuutta, sillä moottorin maksimivääntömomentti on käytössä jo liikkeellelähtötilanteessa. Tämän ansiosta sähköautot tuntuvat ajattaessa myös tehokkaammilta. Sähköauto voikin tuntua ajossa tehokkaammalta kuin vastaavan tehoinen polttomoottoriauto. Tosin ajonopeuden kasvaessa tarpeeksi vääntökäyrä alkaa laskemaan. Maksimiväännön takia liikkeellelähdöt tuntuvat tehokkaammilta ja kiihtyvyys on parempi. Sähköautojen vääntökäyrä on tasainen laajalla alueella ja lisäksi sähkömoottorit toimivat laajalla pyörintänopeusalueella. Sähköautoissa pärjätäänkin yhdellä vaihteella, joka riittää liikkeelle lähdöstä asti. Tällöin sähköautolla ajaminen vastaa automaattisella polttomoottoriautolla ajamista. Yksi vaihde ja se, että maksimivääntö on käytössä, helpottavat esimerkiksi liikkeellelähtöä mäestä sekä ohitustilanteita. Aikaa ei mene vaihteen vaihtamiseen eikä kytkimen käyttämiseen. Sähköautoissa tosin

käytetään kiinteällä välityksellä olevaa alennusvaihdetta. (Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020: 14–15; Linja-Aho ym. 2022: 13; Linja-aho 2018; Nieminen 2019.) Lisäksi sähköautoista tavallisesti löytyy myös tasauspyörästö (Linja-Aho ym. 13). Kaksiportaista vaihteistoa voi käyttää myös parantamaan varsinkin raskaiden ajoneuvojen sekä painavalla kuormalla olevien ajoneuvojen liikkeelleläähtöä ja suorituskykyä isoimmilla nopeuksilla. Tällöin toista vaihdetta voi käyttää nopeuden noustessa. (Linja-Aho ym. 2022: 19.)

Esimerkiksi Volkswagen ID.3 -sähköautossa on käytetty konstruktiota, jossa sähkömoottori on sijoitettu ajoneuvon takaosaan. Moottorina ID.3 -sähköautossa toimii kestmagnetoitu vaihtosähkömoottori. Kyseisen auton voimansiirrossa on ainoastaan yksi vaihde. Voimansiirto on tosin 2-vaiheinen. Eteenpäin ajettaessa sähköisen käyttöjärjestelmän pyörimissuunta on siis eri kuin taaksepäin ajettaessa. Kyseisessä autossa ei ole peruutusvaihdetta, vaan pyörimissuunnan muutoksen mahdollistaa auton tehoelektroniikka. ID.3 -sähköauton moottorin ja vaihteiston paino yhteensä on noin 90 kg. Pienen kokonsa ansiosta sähkömoottori ei vie paljon tilaa autossa. (Kiiskinen 2016; Koeajossa Volkswagen ID.3 – kansanauton uusi sähköaika 2020; Sähkömoottorityypit 2023.)

Mazda MX-30-sähköautossa on käytössä e-SKYACTIV145-sähkömoottori. Kyseistä mallia löytyy sellaista, missä sähkömoottori on sijoitettu eteen. Kyseisessä sähköautossa on myös alennusvaihde. Se on kiinteällä välityksellä. (Sähköauton ekologisuus 2023; Tuppurainen 2023.)

Huundai Ioniq 6 -sähköautossa on käytössä kestmagnetoidut sähkömoottorit. Sähkömoottoreita löytyy kyseisestä autosta kaksi. Kyseinen auto on neliveto. Kyseisen sähköauton saa takavetoiseksi irrottamalla etumoottorin sähköisellä kytkimellä. Hyundai Ioniq 6 -sähköautosta löytyy myös alennusvaihde. (Posa 2023; Omistajan käsikirja: 13.)

Ajattaessa sähköautoa sen tuottama melu sekä värinä ovat melko vähäisiä. Ne aiheuttavat tosin jonkin verran rengasmelua. Monissa sähköautoissa tietoisesti aiheutetaankin melua, jotta ne olisi esimerkiksi helpompi huomata liikenteessä.

(Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020: 135; Linja-Aho ym. 2022: 45; Jokela 2021.)

Sähköautoihin toteutettava keinotekoinen ääni voi vaihdella eri autojen välillä. Valmistajilla on mahdollisuus vaikuttaa siihen, millainen se on. AVAS-järjestelmä on esimerkki sähköautojen keinotekoisesta äänestä. Se on varoitusääni-järjestelmä, jolla on mahdollista parantaa liikenneturvallisuutta, kun ajoneuvot huomataan äänen ansiosta. Vanhemmissa sähköautoissa keinotekoista ääntä voi itse laittaa päälle tai pois. Esimerkiksi vuoden 2018 Hyundai Ioniq Electric Style -sähköautossa on tätä varten VESS-kytkin. Kun sähköauton sisälle ei kuulu autosta itsestä ääntä, niin silloin keskustelu ja musiikin kuuntelu tapahtuvat hiljaisemmissa tiloissa. Sähköautoihin pystyy saamaan esimerkiksi moottorin ja tyhjäkäynnin keinotekoisia ääniä. (Jokela 2021; Sähköautolle voi antaa millaisen äänen tahansa, ja yksi valmistaja on näemmä päätenyt tällaiseen korvia raastavaan ujellukseen – kuuntele itse 2021.)

2.2 Akkujen rakenne

Sähköautoissa niiden tarvitsema energia on varastoitu kooltaan suureen ladattavaan akkuun. Täyssähköauton akku koostuu useista akkukennoista. Akkukennojen ympäriltä löytyy kiinteä kehys. Akkukennot on pinottu yhteen moduuleiden sisällä. Moduulit on pakattu akkukoteloon. Moduulit on saatu pysymään akkukotelossa kiinnittämällä sekä kiristämällä ne. Akkukotelo on lisäksi suljettu. Moduulien ja akkukennojen määrä riippuu autosta. Palosuojauksena akuissa voidaan käyttää kaksikomponenttista palontorjuntamateriaalia. Se viivästyttää paloa. Kun akkuihin laitetaan tiukka kannen tiiviste, kosteutta ei pääse akkuun sisään eikä kaasuja ulos. (Luukkanen 2020: 22; Linja-Aho 2016: 153; Sähköauton akun tuotannon tulevaisuus.)

Suuri akku on tavallisesti sijoitettu ajoneuvon alaosaan, jolloin koko ajoneuvon painopiste on myös saatu alemmaksi. Tämä ratkaisu lisää myös sähköauton ajomukavuutta, kun ajettavuus paranee. Ratkaisu myös vaikeuttaa auton kaatumista. Akun ollessa auton alaosassa, se on helpompi ottaa irti ajoneuvosta. Suuren kokonsa takia akku tosin kasvattaa lattian korkeutta. Akun sijoittamisella

ajoneuvon alaosaan, on saatu vaikeutettua tulen pääsyä matkustamoon, jos se syttyy palamaan. Tyyppihyväksyntävaatimuksilla on myös vaikutusta akun törmäyskestävyyteen panostamisella. (Luukkanen 2020: 21; Linja-Aho ym. 2022: 34.)

Isomman akun napoja ei ole maadoitettu ajoneuvon runkoon, eli akku on kel- luva. Tämä pienentää sähköiskun saamisen mahdollisuutta esimerkiksi kolariti- lanteessa. Voimalinjan kaapelit, joissa on suuri jännite, tunnistaa oranssista vä- ristä. Niiden eristerakenne on myös paksumpi kuin muissa apusähkökaapeloin- neissa. (Linja-Aho ym. 2022: 34.) Täyssähköautoihin kuuluu myös BMS-akun- hallintajärjestelmä. Yleensä se löytyy ajoakusta. Se määrää latausvirtoja niin, että ne pysyvät optimaalisina. Se myös seuraa latauksen ja ajon aikana kenno- jen jännitettä ja lämpötilaa pyrkien pitämään ne optimaalisina, jolloin niiden toi- minta-alue pysyy turvallisena sekä akku ja auto kunnossa. (Linja-Aho ym. 2022: 7.)

Täyssähköajoneuvojen korkeajänniteakustojen jännitetaso on tyypillisesti 350– 800 V (Luukkanen 2020: 38; Kokkonen 2019). Korkeajännitejärjestelmän lisäksi sähköajoneuvoissa on myös niin sanottu 12 V:n järjestelmä. Niistä siis löytyy myös 12 voltin akku. 12 voltin järjestelmän käyttötarkoitus on samanlainen kuin polttomoottoriautoissakin, eli se on ajoneuvon apu- ja ohjauslaitteita varten. 12 voltin järjestelmän ylläpito tapahtuu jännitteenmuuntimen avulla, joka saa käyt- tönsähkösä korkeajänniteakulta. (Kokkonen 2019.)

Akun sisäinen resistanssi ja akun häviöt kasvavat talvella. Suurempi akun sisäi- nen resistanssi pidentää akun lataukseen kuluvaa aikaa. Tähän auttaa se, että talvella pidetään autoa ja akkua lämpimänä tai lämmitetään niitä ennen ajoa. Kun auton akku on lämmin, siinä on pienempi sisäinen resistanssi, ja tällöin au- ton lataaminen tapahtuu nopeammin. (Linja-Aho 2016: 53–54; Luukkanen 2020: 129.)

2.3 Power to grid ratkaisut

Sähköautojen taloudellisuutta lisää se, että niiden akkua voi käyttää sähköenergian varastona. Sähköautojen akkuja voi käyttää myös energian jakeluun. Sähköauton akussa olevaa energiaa voi ajoneuvon sijasta hyödyntää esimerkiksi kotitalouksissa. Energiaa voi käyttää esimerkiksi sähkölaitteissa ja sitä voi syöttää sähköverkkoon. (Linja-Aho ym. 2022: 28–29; Salo 2023.)

Jotta akussa olevaa energiaa voi käyttää sähkölaitteissa, täytyy auton tukea sitä. Autosta sähkölaitteen syöttäminen onnistuu niin, että auton oma ajomootorin invertteri syöttää pistorasiaa. Pistorasian voi laittaa esimerkiksi sähköauton sisätiloihin tai adapterilla latausporttiin. Sähköenergian siirtämiseksi sähköverkkoon, täytyy akussa oleva tasasähkö saada vaihtosähköksi. Tämä onnistuu esimerkiksi varustamalla sähköauto invertterillä, joka on verkkosyöttökelpoinen ja huomioi sen maan verkkovaatimukset, missä sitä käytetään. Muunnoksen tasasähköstä vaihtosähköön voi tehdä myös siihen kykenevällä latausasemalla. (Linja-Aho ym. 2022: 28–29; Kaksisuuntainen lataus, sähköauto sähkövarastona 2023; Sähköautojen teknologia.)

Jotta syöttö sähköautosta verkkoon onnistuu, tarvitaan autoa, joka tukee sitä sekä kaksisuuntaiseen lataukseen kykenevää latausasemaa, jossa verkkosyöttövaatimukset täyttävä invertteri. Rahaa saa säästettyä, kun akkua ladataan silloin, kun sähkön hinta on matala, ja taas sähkön hinnan ollessa korkea syötetään verkkoon sähköä akusta. Sähköverkon kuormitusta voi pienentää ja energian kulutushuippuja tasata niin, että akkuja ladataan energian kulutuksen ollessa vähäistä ja puretaan energian kulutuksen ollessa suurta. (Linja-Aho ym. 2022: 28–29; Salo 2023.)

3 Sähköauton lataaminen

3.1 Kotilataus ja sähkön hinnoittelu

Eräs tapa sähköauton lataamiselle on kotilataus. Tällöin hintaan ja taloudellisuuteen vaikuttaa sähkön senhetkinen hinta. Hintaan kuuluu siirtomaksu, energian hinta, sähkövero sekä arvonlisävero. Siirtomaksun suuruuteen vaikuttaa sähköyhtiö. Myös asuinpaikalla on vaikutusta hintaan, sillä alueella missä asutusta on erittäin tiheään, voi hinta olla matalampi. (Linja-Aho 2016: 22.)

Sähkön hintaan vaikuttaa myös se, että millainen on sähkösopimus. Se tehdään sähkön myyjän kanssa. Kiinteähintaisissa sähkösopimuksissa sähkö on kiinteään hintaista niin kauan kuin sopimuksessa lukee. On mahdollisuus tehdä myös sopimus, jossa yöllä on halvempaa yösähköä. Pörssisähkösopimuksissa hintaan vaikuttaa sähkön markkinahinta. Tällaisissa sopimuksissa sähkön hinta vaihtelee jatkuvasti, jopa useita kertoja päivässä. Esimerkiksi Väreellä on käytössä kilowattituntipohjainen laskutus. Mitä enemmän sähköautolla ajaa ja lataa kotona, niin sitä enemmän sähkölasku kasvaa. Pörssisähkö voi tulla edullisemmaksi, jos latauksen ajastaa hetkiin, jolloin sähkön hinta on pienempi. Esimerkiksi päivällä, kulutushuipun aikana sähkön hinta on kalliimpi. (Linja-Aho 2016: 22–23; Luukkanen 2020: 80; Pörssisähkö – toistaiseksi voimassa olevaa markkinasähköä 2023.)

Esimerkiksi, kun Fortumilla tekee toistaiseksi voimassa olevan Fortum Tarkka-sopimuksen pörssisähköstä, niin pörssisähkön tuntihinnan lisäksi tulee maksaa 0,45 c/kWh. Tämä on välityspalkkio. Lisäksi tulee maksaa perusmaksu, joka on suuruudeltaan 4,50 €/kk. Sähkön hintaan kuuluu myös arvonlisävero, joka on 1.5.2023 alkaen suuruudeltaan 24 %. Esimerkiksi maaliskuussa 2020 Suomessa sähkön kokonaishinta oli kotitalouksille noin 0,154 €/kWh. Sähkön hinnan suuruus sähkösopimuksissa on yleensä 5–7 senttiä kilowatilta. (Fortum Tarkka – pörssisähkö ilman hiilipäästöjä 2023; Sähkön hinta 2023.)

Lataukselle tehon laskeminen onnistuu kaavalla

$$P = UI \quad (1)$$

jossa P on sähköteho, U on jännite, I on virta.

Tavallisesti kotitalouspistorasiasta saadaan 230 V:n jännite, ja ne ovat tyypillisesti suojattu 10 tai 16 A:n sulakkeella. Sähköajoneuvon maksimilatausteho on tavallisesti siis kotitalouspistorasiasta ladattuna joko 2,3 kW tai 3,68 kW. Kotitalouspistorasiasta ladattava virta on yleensä yksivaiheista. (Linja-Aho 2016: 24–25; Luukkanen 2020: 55; Linja-Aho ym. 2022: 50: Sähköajoneuvojen Lataussuositus 2023.)

Tosin lataussuositus on, että sähköautoa ladataan tavallisesta kotitalouspistorasiasta pitkäaikaisesti enintään 8 ampeerin suuruisella virralla. 8 ampeerin virralla latausteho on 1840 W. Tavallisesta kotitalouspistorasiasta käytetään myös nimitystä suko-pistorasia. Latausjohdon suojalaiteyksikkö täytyy myös tukea sillä tavalla, että pistorasiaan ei kohdistu vääntö- eikä vetorasitusta. Virran rajoitus on tehty turvallisuuden takia. Varsinkaan vanhat tavalliset kotitalouspistorasiat eivät kestä sitä, että niistä ladataan jatkuvasti 16 ampeerin suuruisella virralla ja pistorasia sekä pistotulppa voivat alkaa lämmetä huomattavasti. Ennen sähköauton latausta kannattaa siis tarkistaa niiden kunto, koska pahimmassa tapauksessa on mahdollista tulipalon syttyminen. On myös hyvä selvittää, minkä ikäisiä ne ovat. Sähköauton lataukseen käytettävien johtojen ja kaapelien kunnon sekä mitoituksen on tärkeää olla myös riittävä, että ne kestävät sähköauton jatkuvan lataamisen. Esimerkiksi ulkopistorasian syöttökaapelin poikkipinta-alan tulee olla riittävä kestämään sähköauton jatkuvasta latauksesta aiheutuva kuormitus. Mikäli sähköauton lataukseen käytettävät kaapelit ovat riittämättömiä, niin ne voivat aiheuttaa jopa tulipalon. Onkin myös tärkeää, että johtimien lämpö pääsee siirtymään ympäristöön. (Linja-Aho 2016: 24–25; Luukkanen 2020: 55–56; Linja-Aho ym. 2022: 50; Sähköajoneuvojen Lataussuositus 2023.)

Tavallisten kotitalouspistorasioiden lisäksi on olemassa myös supersuko-pistorasioita. Niiden etuna on se, että ne kestävät jatkuvaa 16 ampeerin virtaa. 16 ampeerin virralla lataaminen onnistuu myös karavaanipistokkeilla. Niiden

liittimien väri on sininen. On myös olemassa lämpötila-antureita, joita voidaan sijoittaa pistotulppaan. Kytkemällä sellainen latauksen ohjauselektroniikkaan, on mahdollista saada latausjohto rajoittamaan latausvirtaa silloin, kun pistotulppa lämpenee liikaa. (Linja-Aho 2016: 25; Luukkanen 2020: 56–57; Linja-Aho ym. 2022: 51)

Riippuen pistorasian iästä on mahdollista, että se täytyy uusida. Pistorasian kunnossa oleminen on myös tärkeä asia turvallisuuden kannalta. Kun alkaa lataamaan sähköautoa pistorasiasta, sitä voi tehdä vähän kerrallaan niin, että seuraa pistorasian käyttäytymistä. Aluksi voi ladata pienemmillä virroilla, ja jos kaikki näyttää menevän hyvin, eikä pistorasia lämpene liikaa, niin voi latausvirtaa nostaa. (Luukkanen 2020: 79; Linja-Aho ym. 2022: 50.)

Sähköautojen mukana tuleva latausjohto on tavallisesti sellainen, jonka toinen pää sopii suko-pistorasiaan ja toinen pää sopii autoon kiinni. Johtoa on helppo kuljettaa autossa mukana ja sen avulla autoa pystyy lataamaan kotona sekä matkalla. Johto voi olla esimerkiksi pelkästään yhdestä vaiheesta tapahtuvaa latausta tukeva tai se voi olla sellainen, joka tämän lisäksi tukee myös kolmivaiheisella virralla lataamista. (Linja-Aho 2016: 27; Luukkanen 2020: 56.) Esimerkiksi 2020 vuoden Volkswagen ID.3:n 58,0 kWh:n akun lataaminen kestää 1840 W:n teholla noin 31,5 tuntia (Koeajossa Volkswagen ID.3 – kaikki mitä halusit tietää vuoden odotetuimmasta sähköautosta 2020). Todellisuudessa kuitenkin lataamisessa tapahtuu lataushäviöitä, joka nostaa latausajan kestoja. Tosin tavallisesti tyhjempi akku latautuu nopeammin kuin täydempi akku. Latausvirta riippuu siitä, minkä suuruisiksi sähköauton akunhallintajärjestelmä on sen päättänyt. Matkalla lataustaukojen sekä koko matkan kestoja on mahdollista lyhentää niin, että ladataan mahdollisimman tyhjiä akkuja sen verran ainoastaan, että päästään seuraavalle laturille tai määränpäähän. (Linja-Aho 2016: 24; Luukkanen 2020: 47–49; Linja-Aho ym. 2022: 35.)

Joissain sähköautoissa käytetään akun puskureita. Niiden koko riippuu autosta. Tällöin on mahdollista, että sähköautoa ladataan loppuun asti samalla teholla ja nopeudella. Kun käytetään akun puskureita, niin kuljettajalle näytetään, että akun varaustila on 100 prosenttia, mutta todellisuudessa akku ei ole aivan

täyteen ladattu. Tällä tavalla myös pyritään pidentämään akun elinikää. Akun elinikä kasvaa, kun sitä ei lataa koko ajan täyteen 100 prosenttiin. Sähköauton akun kenno kestää tietyn määrän syklejä, joissa se ladataan täyteen ja puretaan tyhjäksi. Akku kestää enemmän syklejä, kun sitä ei aina lataa täyteen ja pura täysin tyhjäksi. Kuljettaja ei myöskään välittömästi huomaa akun kapasiteetin alenemista, kun se on piilotettu puskurin sisään. Esimerkiksi Audi ja Tesla käyttävät akun puskureita. Joistain sähköautoista löytyy myös sellainen toiminto, että pystyy itse asettamaan sen, mihin asti auto maksimissaan latautuu. (Luukkanen 2020: 49–50; Linja-Aho ym. 2022: 40–41.)

Sähköautoissa on sisäiseen elektroniikkaan kuuluva auton oma sisäinen laturi ja sillä on iso merkitys lataustehoon. Kun ladataan sähköautoa tavallisista kohteista löytyvistä pistorasioista, niin tällöin autoon ladataan vaihtosähköä. Auton sisäisen laturin tehtävä on muuttaa tämä vaihtosähkö tasasähköksi, joka sopii akkuun varastoitavaksi. Vaihtosähköä ladatessa autoa voi siis ladata maksimissaan auton sisäisen laturin tehon verran. Esimerkiksi vuoden 2018 Nissan Leafissa on 6,6 kW:n tehoinen sisäinen laturi, ja tämä on siis maksimilatausteho, kun esimerkiksi ladataan vaihtosähköä autoon tavallisesta kotitalouspistorasiasta. (Linja-Aho 2016: 26; Nissan Leaf 40 kWh; Luukkanen 2020: 39.)

3.2 Kiinteät latauspisteet

Kotiin on nykyisin mahdollista hankkia myös erillinen latauspiste sähköauton lataukselle. Tämä lisää huomattavasti sähköauton latautumisenopeutta sekä käyttömukavuutta. Latauspisteitä on sellaisia, joissa latauskaapeli sekä autoon sopiva latausliitin ovat kiinteinä. Tällöin auton kytkeminen lataukseen on helpompaa ja nopeampaa, kun ei tarvitse erikseen ruveta kaivamaan johtoja autosta esille ja keräämään niitä latauksen jälkeen. Joissain latausasemissa on tosin pelkästään liitin, jolloin johto täytyy hankkia erikseen. Sähköauton latautumista nopeuttaa se, että yksivaiheisella latausasemalla on mahdollista käyttää jatkuvasti esimerkiksi 16 ampeerin latausvirtaa. (Linja-Aho 2016: 28–29; Luukkanen 2020: 57; Linja-Aho ym. 2022: 51.) Tällöin, kun käytössä on 230 voltin jännitettä ja 16 ampeerin virta, niin latausteho yhdellä vaiheella on 3 680 wattia. (Linja-Aho 2016: 24.) Latauspisteitä tarvitsee joskus myös huoltaa. Silloin niitä

ei pysty käyttämään ja ne ovat erotettuina sähköverkosta. Latausasemien kuntoa on myös mahdollista tarkastaa silmämääräisesti. Tällaista tarkastusta on esimerkiksi pistorasioiden sekä kaapeleiden mekaanisen kunnan tarkastus. (Linja-Aho ym. 2022: 115.)

Sään ja vuodenaikojen vaihdellessa kiinteän latauspisteen latauskaapeli sekä liitin pysyvät myös puhtaampana kuin auton mukana tuleva latauskaapeli. Myös auto voi pysyä puhtaampana, kun siellä ei tarvitse säilyttää likaista ja märkää latauskaapelia. Kotona on latauspisteessä valmiina johto kiinni ja auton mukana tulevaa latausjohtoa voi säilyttää esimerkiksi auton tavaratilassa, jos autoa tarvitsee ladata vaikka matkalla. Latauslaitteella ei ole myöskään välttämätöntä ladata koko ajan maksimiteholla, sillä maksimivirtaa on mahdollista säätää. Latauspisteet on tarkoitettu sähköautojen lataamiselle, joten ne on tehty kestämään paremmin sitä, että sähköautoja ladataan pitkiä aikoja suurilla virroilla. Latausasemia on nykyisin Suomessa saatavilla useita erilaisia. Niiden hinta vaihtelee merkin ja ominaisuuksien mukaan. (Linja-Aho 2016: 28–29; Sähköauton latausasema & latauspiste kotiin; Luukkanen 2020: 74.) Taulukossa 1 on esimerkkejä latausasemien hinnoista.

Taulukko 1. Esimerkkejä eri latausasemien hinnoista (Sähköautojen latausasemat 2023.)

Latausasema	Hinta	Maksimiteho	Kaapelin pituus
Webasto Pure II	699,99 €	11 kW	4,5 m
Walle Black Edition (3 x 16 A)	699,00 €	11 kW	2,5 m
Ensto One Home DLM (3 x 32 A)	1 089,99 €	22 kW	2,5 m
Walle16M (3 x 16 A)	1 599,99 €	11 kW	2,8 m
ABB Terra AC (3 x 16 A)	970,99 €	11 kW	5 m
Schneider Electric EVlink Home (3 x 16 A)	1090,00 €	11 kW	5 m

Latausasema	Hinta	Maksimiteho	Kaapelin pituus
Charge Amps Halo (1 x 32 A)	969,00 €	7,4 kW	7,5 m

Taulukosta 1 huomataan, että halvempia sähköauton latausasemia saa alle tuhannella eurolla.

Kun latausasemat asentaa huolella valittuun paikkaan, niin auton lataaminen niissä on kätevämpää. Latauspisteiden johtojen pituuksilla on eroa. Latausaseman paikan valinnalla onkin vaikutusta siihen, miten helppoa auto on saada siihen lataukseen. Latausaseman optimaaliseen asennuspaikkaan vaikuttaa myös ajoneuvon pysäköintimahdollisuudet. Ajoneuvon pysäköintimahdollisuuksiin vaikuttavat ajoneuvon mitat. (Linja-Aho ym. 2022: 20; Luukkanen 2020: 75.) Kun itse valitsee latausasemaa ja pistorasiaa asennettavaksi, voi selvittää, sopivatko ne asennuspaikkaan. Esimerkiksi sijoittaessa ne ulos sopiva kotelointiluokka on vähintään IP44. Latauspisteen mitat ja painon voi myös huomioida. Latausaseman painon huomioimisesta on hyötyä esimerkiksi siinä, että sen asentaa kestäväälle alustalle (Linja-Aho ym. 2022: 65–66).

Latauskaapeli lämpenee käytössä. Tällöin kun talvella on paljon lunta, kaapeli voi jäätyä maahan kiinni. Tilanne on mahdollista välttää lataamalla sisätiloissa tai esimerkiksi laittamalla latausportin päälle suojan. (Linja-Aho ym. 2022: 46.) Kun valitsee latausasemaa kotiin, kannattaa huomioida, millainen latausliitin on sähköautoissa, joita siinä haluaa ladata. Suomessa ja Euroopassa markkinoilla olevien sähköautojen yleisin liitin on Type 2, josta käytetään myös nimitystä Mennekes. Monista vanhemmista sähköautoista sekä myös joistain uudemmissa japanilaisista automerkeistä saattaa löytyä Type 1 -liittimiä, joista käytetään myös nimitystä J1722. Type 1 -liitin on myös joissain yhdysvaltalaisissa autoissa. On olemassa kaapeleita, joilla onnistuu Type 2 -laturista ladata Type 1 -autoa. Type 2 -liittimille on myös omia johtoja, jotka tukevat kolmevaihevirtaa. (Sähköautot ja sähköautojen lataus – Pikaopas; Linja-Aho 2016: 29; Luukkanen 2020: 57–58; Latauspistoketyypit sähköautoille 2023.)

Latausasemien asentamisessa on pakko käyttää sähköalan ammattilaista, sillä saattaa olla, että esimerkiksi kaapelointia täytyy uusida, ja kiinteät sähköasennukset täytyy tehdä luvanvaraisesti. On mahdollista, että sähköauton lataustehot aiheuttavat tulipalon, mikäli on huonoja kontakteja. Kun sähköautojen latauslaitteessa on B-tyyppin vikavirtausoja, niin sen tehtävä on tunnistaa autosta sekä laturista vuotava tasavirta. Sitten se katkaisee syötön ongelmatilanteessa. (Linja-Aho 2016: 28; Luukkanen 2020: 77; Mitä sähköauton latausaseman asennus maksaa? Katso hintaesimerkit 2023; Mitä sähkötoita saa tehdä itse? 2019.)

Sähköauton lataamisesta on mahdollista tehdä älykäs. Tällöin tulee olla tietoliikenneyhteys sähköauton ja latauslaitteen välillä ja myös latauslaitteen ja latauspalvelutuottajan välillä. Älykkäällä latauksella pystytään esimerkiksi reaaliaikaisesti ohjamaan lataustapahtumaa niin, että se ei katkea. Älykäs lataus onnistuu esimerkiksi älykkäällä latauslaitteella sekä palvelulla, joka on liitetty siihen. Palvelun avulla onnistuu esimerkiksi laitteen käytön seuranta ja ohjaus. Älykkäässä latauksessa laite ensiksi tarkistaa automaattisesti johdot ja kytkennät ja vasta tämän jälkeen lataus alkaa. Sähkökulutuksen seuraaminen onnistuu myös, kun latauspalvelu on kytketty latauslaitteeseen. Älykkäällä latauksella on mahdollista ladata sähköautoa edullisemmin, kun sähköauton lataus tapahtuu automaattisesti silloin, kun se on halvempaa. (Miksi sähköauton lataus tarvitsee älyä 2019.) Elektroniikan sekä sähköisten mittauksien avulla pystyy aikaan saamaan kuormitusten valvonta- ja ohjausjärjestelmän. Se voi esimerkiksi seurata sitä, millainen virta on latausjärjestelmässä. Se voi seurata myös sitä, millainen on jakelun johtojen kuormitus. Se pystyy vaikuttamaan lataukseen, muuttamalla lataustehoa. Tämä on esimerkki kokonaisuudesta, jonka älykäs lataaminen mahdollistaa. Valvonta- ja ohjaustapoja on erilaisia ja niitä on mahdollista myös yhdistellä latausjärjestelmässä. Kuormituksen ohjaus voi tapahtua esimerkiksi niin, että lataustehoa vähennetään joku kiinteä määrä. Kuormia on mahdollista ohjata myös sammumaan silloin, kun lataus on päällä. Lataustehoa pystyy myös säätämään portaittain. (Linja-Aho ym. 2022: 76–77.)

3.3 Suurteholataus

Sähköauton lataaminen nopeasti ja suurella teholla on mahdollista Teholatauksella. Tällöin tarvitaan myös järeää sähköliittymää. Teholatauksessa auton oma laturi tulee ohitettua täysin ja tasavirtaa ladataan suoraan sähköauton akkuun. Teholatauksen ansiosta matkan kokonaiskesto voi huomattavasti lyhentyä. Kun lyhyemmässä ajassa saadaan akkua ladattua mahdollisesti useita kymmeniä prosentteja, niin ei ole välttämätöntä pitää pitkiä taukoja ja voi olla, että myös taukojen lukumäärä pienenee. Teholataukseen tarkoitettu laturi on jo itsessään varustettu sellaisella elektroniikalla, että se kykenee muuttamaan vaihtosähkön tasasähköksi. Tosin maksimilatausteho riippuu myös siitä, kuinka suuren tehon sähköauto pystyy ottamaan vastaan. Esimerkiksi Tesloja on mahdollisuus ladata yli 100 kilowatin teholla, kun taas monia halvempia ja pienempiä autoja on mahdollista ladata maksimissaan muutaman kymmenen kilowatin teholla. Teholataukseen tarkoitettuja liittimiä on CHAdeMO-liitin, joka löytyy pääasiassa aasialaisista sähköautoista sekä CCS-liitin, joka löytyy pääasiassa eurooppalaisista sähköautoista. Joistain aasialaisista sähköautoista löytyy tosin CCS-liitin. Nykyisin suomen julkisista latauspisteistä iso osa on sellaisia, joista löytyy mahdollisuus ladata molempien standardien mukaisilla liittimillä. (Linja-Aho 2016: 32–33; Luukkanen 2020: 40–41; Ahtiainen 2018; Sähköautosanasto 2021.)

Teholatausta varten on siihen kykeneviä latureita. Teholatauksen latausjärjestelmissä on myös käytössä tiedonsiirtoväyliä. Niiden avulla on mahdollista ohjata kuormitusta. (Linja-Aho ym. 2022: 53; Sähköautosanasto 2021.) Lisäksi Teslalla on myös oma pistoketyyppinsä Teholataukselle. Tesloja voi tosin ladata myös CHAdeMOsta hankkimalla CHAdeMO-adapterin. (Linja-Aho 2016: 41; Sähköautosanasto 2021.) Uudemmistä Tesloista löytyy sisäänrakennettu CCS. Teslan Supercharger-asemilta löytyykin myös CCS-liitin. (Luukkanen 2020: 55.) Teslan Supercharger-asemilla onnistuu ladata vain Tesloja. Vaikka asemalla johdon onnistuisi kytkemään autoon, niin auto tunnistetaan, ja jos se ei ole Tesla, niin lataaminen ei ala. Tesloissa tunnistus tapahtuu latausportin kautta. (Luukkanen 2020: 62; Linja-Aho ym. 2022: 76.)

Talvella yleensä, kun on kylmää, niin maksimilatausteho jää pienemmäksi kuin lämpimillä kesäisillä päivillä. Kylmien olosuhteiden takia myös akku kylmenee ja tämän takia sen kyky vastaanottaa virtaa heikkenee. Kun esimerkiksi auto on seissyt koko yön pakkasessa, niin aamulla ennen ajoon lähtöä auto latautuu pienillä virroilla hitaasti. Voi olla myös, että lataamisen aloittamiseen tarvitaan tietyn suuruinen virta, joka riippuu autosta. Kun autolla ajaa, niin tällöin sen akku lämpenee ja ajon jälkeen auton lataaminen tapahtuukin isommilla virroilla sekä nopeammin. Akun lämmittäminen tapahtuu myös esimerkiksi sähköauton akun lämmitysjärjestelmällä. Joissakin sähköautoissa akun lämpötilaa on mahdollista seurata lämpömittarista. Tällöin on mahdollista seurata sitä, milloin onnistuu ladata isommilla virroilla autoa. (Linja-Aho 2016: 43–44; Luukkanen 2020: 42; Linja-Aho ym. 2022: 36–37.) Akun kyky varata energiaa myös laskee lämpötilan laskiessa. Tällöin sitä ei välttämättä pysty lataamaan ihan täyteen. (Luukkanen 2020: 134.)

Liian kuumilla säillä sähköauton lataaminen hidastuu myös. Tällaisissa olosuhteissa pikalatauksia ei voi myöskään tehdä useita peräkkäin. Nämä hidastavat matkan tekoa. Tällöin akkukennojen lämpötila sekä akun lämpötila nousee liikaa. Latausnopeuden hidastaminen tapahtuu automaattisesti. Autoissa, joissa on akun aktiivinen jäähditys, lataaminen tapahtuu nopeammin ja suuremmalla teholla pidemmän aikaa. (Luukkanen 2020: 42; Linja-Aho ym. 2022: 37.)

Silloin, kun autoa ladataan nopeasti, niin energiaa tavallisesti kuluu vähemmän kuin hitaasti ladattaessa. Tähän asiaan vaikuttaa se, että silloin, kun autoa ladataan hitaammin, siinä on elektroniikkaa pidemmän aikaa päällä ja se kuluttaa energiaa. Tavallisesti autoon siis ladataan eri määrä energiaa, kuin sen akuston nimelliskapasiteetti on. Tosin energian kulutusero ei ole suuri peruslatauksen ja pikalatauksen välillä. Energiaa kuluttavat myös akussa tapahtuvat lämpöhäviöt. (Linja-Aho 2016: 38–39.)

3.4 Julkisten latauspisteiden hinnoittelu

Kotilatauksen lisäksi on olemassa myös julkisia latauspisteitä. Nykyisin niitä on myös Suomessa useampia erilaisia sekä eri latausnopeuksilla toimivia. (Linja-Aho 2016: 25.) Sähköauton lataaminen kotona on tavallisesti halvempaa, kuin julkisella latauspisteellä. Tähän vaikuttaa esimerkiksi se, että julkiset latauspisteet ovat liiketoimintaa. (Linja-Aho 2016: 46.)

Suomessa julkisia latauspisteitä löytyy esimerkiksi Liikennevirta Oy:ltä ja Fortumilta. Myös kauppakeskuksilta sekä muilta toimijoilta löytyy julkisia latauspisteitä. Suomessa on myös pikalatauspisteitä. Osa niistä on Fortumin sekä Virtapisteiden. Myös Teslalla on Supercharger-latauspisteitä. Riippuu latauspisteestä, millainen latauspistoke siinä on. Niitä voi olla myös samassa latauspisteessä useampi erilainen. (Linja-Aho 2016: 33–34; Luukkanen 2020: 94–95; Linja-Aho ym. 2022: 55.)

Julkisilla latauspisteillä ladattaessa hinta vaihtelee. Latauksen hintaan vaikuttaa se, millaisella laturilla autoa lataa. Tavallisesti nopeilla latureilla ja hitailla latureilla on eri hinta. Hinnoittelu voi riippua esimerkiksi siitä, kuinka monta minuuttia autoa lataa, tai määräytyä ladattujen kilowattituntien mukaan. Hinta lataukselle voi olla myös kiinteä. (Linja-Aho 2016: 36–38; Luukkanen 2020: 91; Linja-Aho ym. 2022: 24.) Joillakin latureilla lataaminen on ilmaista. Tällaisia latauspaikkoja voi olla esimerkiksi kauppojen sekä kauppakeskusten parkkipaikoilla. Tosin mikäli ilmainen laturi löytyy kaupan pihalta, niin samalla kun autoa lataa, saattaa rahaa mennä kauppaan. Ilmaisia latureita on myös paikoissa, joissa parkkipaikasta täytyy maksaa. (Luukkanen 2020: 97–98; Latauskartta.)

Sähköautoilussa voi säästää, kun laskee aina etukäteen, tuleeko lataaminen kotona vai julkisella latausasemalla halvemmaksi. Kiinteähintaisissa latauksissa samalla hinnalla pystyy lataamaan myös akun viimeiset ja hitaammat prosentit. Latauksen hintaan vaikuttaa myös se, kuinka suuren lataustehon ladattava auto voi maksimissaan ottaa vastaan. (Linja-Aho 2016: 37; Luukkanen 2020: 91–93.)

Silloin, kun latauksessa käytetään minuuttiveloitusta, samalla hinnalla saa ladattua nopeammin täyttyvää tyhjää akkua enemmän kuin hitaammin täyttyvää lähes täyttä akkua. Minuuttihinnoittelussa muutenkin latauksen hinta on sitä suurempi, mitä pidemmän aikaa lataa. Minuuttihinnoittelussa yhden kWh:n hinta on pienempi autolla, joka pystyy ottamaan suuremman lataustehon vastaan. Tosin autosta huolimatta maksimilatausteho ei nouse ylemmäksi kuin mihin laturi kykenee. Tällöin vaikka auto pystyisi ottamaan suuremman lataustehon vastaan, kuin laturi kykenee antamaan, niin laturi rajoittaa maksimilataustehon ja määrää kWh:n hinnan. Jos laturin teho on suurempi kuin auto pystyy ottamaan vastaan ja se on minuuttihinnoittelulta kalliimpi kuin laturi, joka on latausteholtaan sen verran kuin auto pystyy maksimissaan ottamaan vastaan, minuuttihinnoittelulta kalliimmalla laturilla tulee lataaminen kalliimmaksi. Mikäli lataus tapahtuu nopeasti ja suurella teholla, minuuttihinnoittelulla julkisella laturilla voi yhden kWh:n hinta olla pienempi kuin kotona ladattaessa. (Linja-Aho 2016: 36–38; Luukkanen 2020: 91–93; Linja-Aho ym. 2022: 24.)

Kun hinnoittelu tapahtuu ladattujen kilowattituntien mukaan, niin tiedetään heti, paljonko 1 kWh maksaa. Tällöin on helpompi laskea, paljonko akun täyttäminen maksaa. Kiinteähintaisessa latauksessa taas kWh:n hinta laskee ladattaessa enemmän. Tällöin isommassa akussa yhden kWh:n hinta tulee halvemmaksi kuin pienemmässä. Ladattaessa pitkään, voi yhden kWh:n hinta olla myös halvempi kuin kotona ladattaessa (Linja-Aho 2016: 36; Luukkanen 2020: 91–92.) Taulukossa 2 on esimerkkejä latauksen hinnasta julkisella latauspisteellä ladattaessa.

Taulukko 2. Esimerkkejä julkisten latauspisteiden hinnoista (Sähköautojen latauspisteet 2023; IONITY-suurteholatauspisteiden hinta muuttuu 11.3.2020 2020; Helenius 2023; K-Lataus-asemien hinnasto 2023; Luukkanen 2018; Kuinka paljon Teslan lataus maksaa? 2023.)

Latauspiste	Nopeus	Hinta
K-Lataus	Suurteholataus	Rekisteröitynyt asiakas: 0,33 €/kWh ja tämän lisäksi 0,20 €/min 45 min:n jälkeen

Latauspiste	Nopeus	Hinta
		Rekisteröitymätön asiakas: Lisäksi 1 €
K-Lataus	Peruslataus	Rekisteröitynyt asiakas: 0,22 €/kWh ja tämän lisäksi 0,02 €/min kahden tunnin jälkeen Rekisteröitymätön asiakas: Lisäksi 1 €
Helen	Pikalataus (50 kW)	0,28 €/min
Helen	Peruslataus	2 €/h ja tämän lisäksi 0,29 €/kWh (Helsingin kantakaupunki 1 -alueella) 1 €/h ja tämän lisäksi 0,29 €/kWh (Helsingin kantakaupunki 2 -alueella)
Helen	Suurteholataus (enintään 200 kW)	0,45 €/kWh ja lisäksi vielä 0,20 €/min
Ionity	Suurteholataus	0,95 €/min (Rekisteröitynyt asiakas ja lataus K-Latauspalvelun kautta)
Tesla Supercharger	Suurteholataus	0,62 €/kWh
Fortum	Peruslataus	0,50 €/kWh

Taulukosta 2 huomataan, että samoilla latureilla suurteholataus on kalliimpaa kuin peruslataus.

4 Sähköajoneuvolla matkustaminen

4.1 Reittisuunnittelu ja latauspisteet

Koska sähköautoilu on vielä monelle uusi asia ja latausinfrastruktuuri kehittyvä koko ajan, niin sähköauton matkan teossa käyttömukavuutta lisää huomattavasti se, että suunnittelee matkat etukäteen hyvin. Riippuu myös autosta, kuinka pitkän matkan sillä pääsee täydellä akulla ja kuinka pitkään sitä täytyy

ladata. Määränpäähän on mahdollista päästä myös useampaa kuin yhtä reittiä pitkin. Eri reiteiltä voi myös löytyä eri määrä ja erilaisia latureita. Valitsemalla pidemmän reitin voi määränpäähän päästä nopeammin, jos sillä reitillä on nopeampia latureita. (Linja-Aho 2016: 34; Luukkanen 2020: 112.)

Myös autosta saattaa olla apua reittisuunnittelussa. Riippuu autosta, miten hyvin se osaa suunnitella reittiä. Joissakin navigaattorilla varustetuissa sähköautoissa on sellainen toiminto, että kun ne on kerran jossakin ladattu, niin silloin ne tallentavat sen kyseisen latauspisteen itselleen muistiin. Tällöin kun jatkossa samalla autolla tekee reissuja, niin auto osaa jo itse huomioida latauspisteet, joissa autoa on ladattu. Jotkut navigaattorilla varustetut autot pystyvät ohjeistamaan kuljettajia latureille, vaikka niillä ei olisi käytykään aikaisemmin. Se, onko auton kartat päivitetty ajan tasalle, vaikuttaa siihen, kuinka hyvin auto pystyy suunnittelemaan reittejä. Osa autoista päivittää karttansa itse, mutta jotkut autot vaativat toimenpiteitä. Autojen kartoissa ei myöskään välttämättä pystytä huomioimaan kaikkia tiellä tapahtuvia muutoksia, kuten tietöitä. (Linja-Aho 2016: 34; Luukkanen 2020: 112.)

Kun sähköautoa lataa joka yö ja päivisin ajaa pelkästään lyhyitä matkoja, niin tällöin akku voi olla täynnä joka aamu. Kun päivisin ajaa lyhyitä matkoja, akun täyttämiseen yön aikana tarvitaan pienempää tehoa. Akussa oleva energia riittää siis koko päiväksi. Sähköautoa voi myös ladata aina, kun on mahdollisuus siihen, kuten kauppastosten aikana. Tällöin voi olla mahdollista, että sähköautoa ei tarvitse erikseen käydä lataamassa jossakin vaan se latautuu kotona ja muiden menojen yhteydessä, kun sitä ei tarvitse käyttää. (Linja-Aho 2016: 79–80; Luukkanen 2020: 53–55; Linja-Aho ym. 2022: 39.) Kun sähköautoa lataa, aikaa voi viettää myös itse sähköautossa. Riippuu autosta, kuinka paljon se tarjoaa viihdettä. Esimerkiksi Tesloissa on mahdollisuus pelata pelejä sekä katsoa elokuvia. (Luukkanen 2020: 108.)

Nykyisin netistä löytyy erilaisia palveluita, joissa on tietoa siitä, missä on latureita, millaisia latureita ja millä liittimellä ne on varustettu. On mahdollista, että palvelusta löytää myös sellaisia latureita, joita ei löydy esimerkiksi auton navigaattorista. Mikäli käyttää useampia palveluita, voi saada enemmän tietoa

Suomesta löytyvistä latureista. Tällainen palvelu on esimerkiksi Fortumin charge & drive. Lisäksi on myös erilaisia yhteisöjen ylläpitämiä palveluita. Riippuen palvelusta siinä voi olla erilaisia ominaisuuksia. Moniin palveluihin henkilöiden on mahdollista myös itse lisätä tietoa siitä, mistä latauspisteitä löytyy. Palveluista on myös mahdollista saada tietoa siitä, missä kunnossa kyseisessä paikassa olevat laturit ovat. Latauskartta.fi on esimerkki palvelusta, josta löytää latureita. Se näyttää latureita koko Suomen alueelta. Palvelussa on esimerkiksi mahdollista suodattaa, mitä latureita haluaa sen näyttävän. Palvelusta voi valita myös, minkä tehoisia latureita haluaa sen näyttävän. Klikkaamalla palvelussa laturin kuvaa, saa lisätietoa laturista. Näkee esimerkiksi osoitteen, missä laturi sijaitsee, millä liittimillä varustettuja latureita kyseisessä paikassa on sekä mitä aktiviteettejä ja tekemistä kyseisestä paikasta löytyy. Palvelussa on myös mahdollista raportoida latureiden kunnosta. Raporteista myös näkee, milloin ne on julkaistu. (Linja-Aho 2016: 34–36; Latauskartta; Sovellus, jolla lataat sähköautosi.; Luukkanen 2020: 112–113.)

Sähköautojen latauspaikat ovat tavallisesti parkkipaikan kaltaisia paikkoja, joihin sähköauto pysäköidään ladattavaksi. Niiden lähellä voi olla jotain merkkejä löytämisen helpottamiseksi. Latauspaikkoja on myös kauppojen parkkipaikoilla, lähellä ovia. Latauspaikan tekeminen rakennuksen seinustalle helpottaa sähköve-tojen tekemistä. Tällöin ei tarvitse myöskään tehdä kaivutöitä eikä asfalttistöitä pysäköintialueella. Voi olla myös, että sähköauto täytyy parkkeerata latauspaikalle juuri oikealla tavalla, että se saadaan ladattua. Tähän vaikuttaa esimerkiksi latauspaikan latauskaapelin pituus. (Linja-Aho 2016: 134–135; Luukkanen 2020: 98–99.) Latauspisteitä löytyy myös liikekiinteistöistä. Näissä paikoissa latauspisteiden paikat vaihtelevat. Paikkojen sijaintiin vaikuttaa liikekiinteistön suunnittelu. Latauspisteet voivat olla tarkoitettuja asiakkaiden tai henkilökunnan käyttöön. Isokokoisiin liikekiinteistöihin pystyy saamaan myös enemmän vapaata huipputehon sekä energian kapasiteettia. (Linja-Aho ym. 2020: 107.)

Kun tekee pitkiä matkoja sähköautolla, kannattaa ottaa huomioon se, että kaikki laturit eivät välttämättä toimi. Sähköauton akkuun kannattaa jättää jonkin verran vielä virtaa, ennen kuin saapuu laturille. Nykyisin Suomessa on tavallisesti samassa paikassa monta laturia, jolloin jos toinen ei toimi, niin voi kokeilla toista.

Eri valmistajia ja merkkejä on tullut lisää, mikä vaikuttaa siihen, että kilpailu on lisääntynyt ja latureista pyritään tekemään mahdollisimman laadukkaita ja toimintavarmoja. Asiakaspalvelusta yleensä saa myös tietoa ja ohjeita. Kannattaa myös tutustua siihen, miten laturia käytetään. (Linja-Aho 2016: 55–58; Luukkainen 2020: 89.)

4.2 Sähköajoneuvojen energiankulutus

Sähköauton todellisesta toimintasäteestä saa käsityksen kokeilemalla sitä itse. Sähköautoa voi yrittää pyytää esimerkiksi lainaksi tai koeajoon. Tällöin huomaa, miten pitkälle sähköautolla pääsee omassa käytössä. Toimintasäteeseen vaikuttaa huomattavasti se, millaisia laitteita sähköautossa on päällä. Esimerkiksi, jos sisätilapuhallin on maksimiteholla, se lisää kulutusta. (Linja-Aho 2016: 51–53; Linja-Aho ym. 2022: 16–17; Toimintamatkan vaikuttavat tekijät 2023.)

Toimintasäteeseen vaikuttaa myös se, millaisissa olosuhteissa ja millä nopeudella ajetaan. Suuremmalla nopeudella ilmanvastus on suurempi. Tämä laskee toimintamatkaa. Ilmanvastuksen merkitys toimintasäteeseen on suurempi autoilla, joissa on korkea kori. Kun ajetaan reilusti alle 100 km/h, on mahdollista päästä useampi kymmenen kilometriä pidempi matka kuin ajettaessa reilusti yli 100 km/h. Myös ajotavoilla on vaikutusta toimintasäteeseen. Tämän takia samallakin autolla toimintasäde ei ole aina sama ja se vaihtelee myös kuljettajittain. Yleensä, kun sähköautosta maksaa enemmän, niin silloin saa pidemmällä toimintasäteellä olevan auton. Myös sillä, millaisessa maastossa ajetaan, on merkitystä toimintasäteeseen. Tasaisella tiellä ajettaessa päästään pidemmälle kuin ajettaessa vaihtelevassa maastossa, jossa voi olla jopa jyrkkiä mäkiä. Myös mutkat ja erilaiset hidasteet tiellä vaikuttavat toimintasäteeseen. Vastavasti alamäkipainotteisella tiellä ja sopivalla myötätuulella ajettaessa toimintasäde on suurempi. (Linja-Aho 2016: 51–53; Linja-Aho ym. 2022: 16; Raaum ym. 2022; Toimintamatkan vaikuttavat tekijät 2023.)

Auton kulutukseen voi vaikuttaa omilla valinnoilla. Esimerkiksi sähköauton varustetasoon sekä rengaskokoon on mahdollista vaikuttaa. Näillä valinnoilla on myös vaikutusta sähköauton kulutukseen ja toimintamataan. Kulutusta on

mahdollista pienentää esimerkiksi valitsemalla pienemmän rengaskoon. (Raaum ym. 2022; Toimintamatkaan vaikuttavat tekijät 2023.) Sähköautojen kulutus ilmoitetaan sen mukaan, mitä sähköverkosta otettu energiamäärä on. Tällöin kulutuslukemassa on mukana myös lataustapahtuman häviöt. (Linja-Aho ym. 2022: 16.)

Talvella, kun Suomessa on kylmää, niin sähköautolla pääsee lyhyemmän matkan. Kylmän sään lisäksi toimintasädettä laskee myös se, että ilmanvastus on talvella suurempi, koska pakkasilma on tiheämpää kuin lämpimämpi ilma. Ilmanvastus on suurempi myös sateiden, kuten lumisateen ja räntäsateen takia. Tiheämmän ilman takia moottorilta tarvitaan enemmän tehoa. Kylmällä käytettäessä sähköautoa, tarvitaan enemmän energiaa lämmitystoimintoihin, kuten ohjaamon lämmitykseen. Sähköautoissa ei muodostu tarpeeksi hukkalämpöä ohjaamon lämmittämiseksi. Ohjaamo täytyy siis lämmittää jollain muulla tavalla, kuten sähkölämmittimellä. Sähköautoissa ulkoilman lämpöä pystyy käyttämään ohjaamon lämmittämiseen ilmalämpöpumpun avulla. Ilmalämpöpumppua käytetään lämmitykseen esimerkiksi Volkswagen ID.3: issa. Kyseisissä sähköautoissa lämpötilaa pystyy säätämään esimerkiksi äänikomennoilla. Sähköautoissa lämmitykseen käytetään myös PTC-lämpövastuksia. Esimerkiksi BMW i4 -sähköautossa on lämmitykseen ilmalämpöpumpun lisäksi 9 kW:n PTC-lämpövastus. Loska lisää myös kulutusta ja pienentää toimintasädettä. Talvella kulutusta laskee ja toimintamatkaa nostaa se, että ajetaan pienemmillä nopeusrajoituksilla. (Linja-Aho 2016: 53–54; Luukkanen 2020: 129–132; Linja-Aho ym. 2022 13; Koeajossa Volkswagen ID.3 – kaikki mitä halusit tietää vuoden odotetuimmasta sähköautosta 2020; Talviauto 2023: Lämmityslaittevertailussa BMW kärjessä, Volkswagen ID. Buzz viimeisenä 2023.)

Talvella regeneroinnin takia sähköautolla ajaminen saattaa tuntua liukkaamalta. ABS-järjestelmä ei toimi silloin, kun käytetään regenerointia ilman, että käytetään auton jarruja. Auton ABS-järjestelmä käynnistyy taas, kun painetaan jarrupoljinta. Regeneroinnilla on pienempi vaikutus ajoon, kun sen laittaa miehe-
dommalle asennolle (Luukkanen 2020: 133–134.)

Sähköautojen kulutusta mitataan erilaisilla kulutusnormeilla, jotka ovat standardeitua testejä. Eurooppalainen NEDC-normi on yksi tällaisista normeista. Se tulee sanoista New European Driving Cycle. Energiankulutusta mitataan myös Yhdysvaltain ympäristöministeriön EPA-standardia käyttäen. WLTP-normin käyttö aloitettiin vuonna 2015. Samoja normeja käytetään myös ajoneuvon kantaman ilmoittamisessa eli siinä, kuinka pitkän matkan pystyy ajamaan ajoneuvon täydellä akulla. Näiden kaikkien mukaan ilmoittamisissa kantamissa voi olla useiden kymmenien kilometrien eroja. Myös auton todellinen kantama voi erota näistä. (Luukkanen 2020: 43; Linja-Aho ym. 2022: 10.)

Sähköautojen kulutuksissa on eroa. Esimerkiksi Vuoden 2023 Hyundai Kona electricin (39 kWh 136hv) yhdistetty WLTP kulutus on 14,3 kWh / 100 km. Kyseisen auton akun kapasiteetti on 39,2 kWh ja suurin teho 136 hv. Auton omamassa on 1535–1593 kg. Samaa autoa saa myös suuremmalla 64 kWh:n akulla sekä 204 hevosvoiman maksimiteholla. Tällöin auton yhdistetty WLTP- kulutus on 14,7 kWh / 100 km. Kyseisen auton omamassa on 1685–1743 kg. 208 kg painavamman, 68 hv tehokkaamman ja 24,8 kWh suuremmalla akulla varustetun ajoneuvon ilmoitettu kulutus on 0,4 kWh suurempi. (KONA electric 2023; KONA Electric. Ensimmäinen täyssähköautosi. 2023.)

Esimerkiksi 300 kilometrin matka voi ihan hyvin onnistua lataamatta sähköautolla, jossa 50 kWh:n akku ja kulutus 15 kWh / 100 km. 400 kilometrin matka kyseisellä autolla vaatii ainakin yhden latauksen. Tällä matkalla riittää hyvin, kun 50 kilowatin teholla autoa lataa 20 minuuttia. Sähköautolla, jossa on 100 kWh:n akku ja kulutus 20 kWh / 100 km voi päästää 400 kilometrin matkan lataamatta. Myös 220 kilometrin edestakainen matka voi onnistua kyseisellä autolla. Edellä annetut esimerkit ovat teoreettisia. Todelliset matkat voivat hyvin poiketa teoreettisista esimerkeistä. (Luukkanen 2020: 117; Kuinka kauan sähköauton lataaminen kestää? 2023; Audi E-tron 55 Quattro; Linja-Aho 2016: 24.)

Sähköauton taloudellisuutta lisää myös niiden moottorin hyvä hyötysuhde, joka parhaimmillaan on yli 90 prosenttia. Eräs sähköautojen hyödyistä onkin energia- tehokkuus. Kaikki häviöt ja olosuhteet huomioiden, sähköautoihin ladatusta

energiasta esimerkiksi 50–80 prosenttia menee ajoneuvon liikuttamiseen. (Luukkanen 2020: 9; Linja-Aho ym. 2022 43–44; Linja-Aho 2016: 12.)

Esimerkiksi vuoden 2021 Audi E-tron 55 Quattron sähköinen kantama WLTP-normin mukaan on 369 km. Siinä olevan akun kokonaiskapasiteetti on 95 kWh. Yhdessä litrassa bensiiniä on noin 8,9 kWh energiaa. Täynnä olevassa akussa energiaa on saman verran kuin hieman alle 11 litrassa bensiiniä. (Luukkanen 2020: 10; Audi E-tron 55 Quattro.) Sähköauton kulutus on kaupungissa pienempi kuin maantiellä. Näin ollen kaupungissa ajaminen sähköautolla onkin halvempaa kuin maantiellä. (Luukkanen 2020: 11.)

Sähköautojen taloudellisuutta huomattavasti lisää niiden regenerointi ominaisuus. Regenerointi tarkoittaa sitä, että hidastettaessa ajoneuvo ottaa jarrutusenergiaa talteen. Tällöin sähköauton sähkömoottori on generaattori. Energiaa varastoidaan sitten ajoneuvon akkuun, jossa se on valmiina uudelleen käytettäväksi. Näin ollen jarrutusenergia ei myöskään mene hukkaan, vaan se voidaan käyttää hyödyksi. (Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020 13; Linja-Aho ym. 2022: 14.)

Kaikissa täyssähköautoissa on regenerointiominaisuus. Sen voimakkuus tosin vaihtelee eri autojen välillä. Kun autossa on tehokkaampi regenerointi, niin silloin sen moottorijarrutuksen voimakkuus on myös suurempi. Kun liike-energiaa pystytään käyttämään uudelleen, niin auton kulutus on pienempi ja ajo taloudellisempaa. Regeneroinnin hyödyn voi huomata esimerkiksi kaupunkiajossa, joka sisältää paljon auton hidastuksia ja pysähdyksiä. Tällöin regenerointia tulee käytettyä paljon ja kulutus pienenee. Regenerointi myös lisää ajomukavuutta, kun jossain tilanteissa on mahdollista pärjätä pelkän kaasupolkimen käytöllä. (Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020: 13.)

Regenerointi tapahtuu esimerkiksi niin, että hidastetaan autoa ilman, että painetaan jarrua ja tällöin auto hidastuu moottorijarrutuksen avulla. Regenerointi voi tapahtua myös niin, että painetaan jarrua. Tällöin kovempaa jarrua painettaessa ajoneuvo hidastuu nopeammin sähkömoottorin avulla niin paljon, kun sen sähkömoottorin maksimiteho antaa. Sen ylitettyä kytkeytyvät auton mekaaniset

jarrut toimintaan. Riippuen sähköautosta regeneroinnin voimakkuutta voi säätää tai poistaa myös käytöstä. Aluksi kun vasta totuttelee regenerointiin, voi sen tason säätää pienemmälle, jolloin auton moottorijarrutus ei tunnu yhtä tehokkaalta, mitä se suuremmalla regeneroinnin tasolla olisi. Tosin täydellä teholla regenerointi säästää jarruja enemmän, mitä pienemmillä tehoilla. (Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020: 13.)

Tavallisesti ajoneuvot ilmoittavat, että kuinka monta kilometriä jäljellä olevalla käyttöenergialla vielä pääsee. Tämä ominaisuus löytyy myös sähköautoista. Ilmoitettu lukema muuttuu koko ajan. Se johtuu käyttöenergian vähenemisen lisäksi siitä, että ilmoitettu lukema on laskettu kyseisen hetken lähihistorian kulutuksen mukaan, ja se voi muuttua ajon aikana hyvinkin useasti. Sähköautot tavallisesti ilmoittavat myös prosentteina sen, kuinka paljon niissä on varausta vielä jäljellä. (Linja-Aho 2016: 19.)

Sähköautoista löytyy myös erilaisia ominaisuuksia, kun niiden akku tyhjenee. Näiden ominaisuuksien ansiosta sähköauton akun loppuminen ei tapahdu ihan yhtäkkiä ja tule kuljettajalle yllätyksenä. Osalla ominaisuuksista pystyy myös säästämään energiaa. Ominaisuudet riippuvat autosta. (Linja-Aho 2016: 92–95; Luukkanen 2020: 26–27.)

Kun akku on tarpeeksi tyhjä, niin sähköauto aloittaa varoittelemaan siitä erilaisilla kuvilla ja teksteillä. Tällaisia varoituksia ovat esimerkiksi teksti näytössä siitä, että akku on lähes tyhjä sekä teksti siitä, kuinka pitkän matkan autolla voi vielä ajaa. Ajonopeus vaikuttaa siihen, milloin ensimmäinen varoitus autossa tulee. Nopeampaa ajettaessa varoitus tulee täydemmällä akulla kuin hitaasti ajettaessa. Kun sähköauton akku tyhjenee riittävästi, niin toimintoja alkaa loppumaan. Esimerkiksi ilmastointi voi lakata toimimasta, kun akku on tarpeeksi tyhjä. Myös sähköauton maksiminopeus tippuu pikkuhiljaa. (Linja-Aho 2016: 92–94; Luukkanen 2020: 27.)

Kun sähköauton akku tyhjenee riittävästi, niin myös sen ajotila voi vaihtua. Näin tapahtuu esimerkiksi Volkswagenin e-Golfeissa. Riippuu autosta, millaisia ajotiloja siitä löytyy. Ajotiloja ovat esimerkiksi normaalitila, Eco sekä Eco+. Nämä

kaikki ajotilat löytyvät esimerkiksi Volkswagenin e-Golfeista. Eri ajotiloilla pystyy pidentämään sähköautolla pääsemää matkaa, kun esimerkiksi Eco-tilassa auto ei reagoi yhtä herkästi kaasupolkimeen kuin normaalitilassa. Vaikka sähköauton kantomatka-arviomittari näyttäisikin nolaa, niin sillä on mahdollista vielä ajaa jonkin matkaa. Tavallisesti sähköauto ei myöskään vaurioitu, vaikka akku tyhjenee kesken ajon. Sähköautolla ajaminen loppuu silloin, kun jonkun akkukennon jännite laskee riittävän alas. Myös joitakin toimintoja, kuten hätävilkut on vielä käytössä ajon loputtua. Sähköautoista löytyy myös mittari, josta on mahdollisuus seurata käytössä olevaa maksimitehoa. Sähköautot voivat ilmoittaa myös liikkeelle lähdettäessä, että riittääkö akku perille asti. Jotkut sähköautot myös ohjeistavat ajamaan jotakin tiettyä nopeutta, jolla pääsee perille asti. (Linja-Aho 2016: 92–95; Luukkanen 2020: 26–28.)

Hyvin monesta sähköautosta löytyy sellainen ominaisuus, että niihin voi ajastaa lähtöajan. Tällöin auto siis on valmiina käyttöön sillä hetkellä, joka siihen on ajastettu. Esimerkiksi kesällä sähköauton ohjaamo on viilennetty valmiiksi. Talvella taas sähköauton ohjaamo on lämmitetty valmiiksi ennen ajoon lähtöä ja ikkunat ovat sulat. Monissa sähköautoissa lämmityksen pystyy käynnistämään myös kaukosäätimellä. Lämmityksen on mahdollista käynnistää myös kännykällä. Auton lämmitys onnistuu verkkovirralla, ja kun lähtee ajamaan, niin akku on täynnä. Sähköauton etäkäytön mahdollistaa se, että se on yhteydessä valmistajan palvelimeen mobiiliverkon ja internetin avulla. Monista sähköautoista löytyy myös akunlämmitin. Sähköauton latauksen aloittamisen ajoittaminen mahdollistaa sen, että sähköautoa voi ladata silloin, kun sähkö on halvempaa. Kun esilämmityksen ansiosta sähköauto ja akku ovat lämpimiä, niin ajoon lähdettäessä on suurempi moottoriteho sekä tehokkaampi regenerointi käytössä. (Linja-Aho 2016: 84; Luukkanen 2020: 25; Linja-Aho ym. 2022: 41–42.)

4.3 Huolto ja huollon kustannukset

Sähkömoottori on kestävä ja sillä voi ajaa pitkään. Moottoririkot sähköautoissa ovat harvinaisia. (Linja-Aho 2016: 45; Luukkanen 2020: 28.) Myös kuluvia osia niissä on vähän. Nämä asiat lisäävät niiden taloudellisuutta ja ne ovat käytännössä huoltovapaita. (Linja-Aho: 12; Luukkanen 2020: 20.) Sähkömoottoreiden valmistamisessa tosin käytetään harvinaisia maametalleja, joista on pulaa (Hi-tech-metallit 2019).

Kun sähköautoa hidastetaan pelkästään regeneroinnin keinoin, jarruja ei käytetä ja ne eivät myöskään kulu. Tosin, jos auton jarruja ei käytä ollenkaan, niin ne todennäköisesti jumiutuvat. Tällöin jarruja tarvitsee huoltaa. Jarrujen jumiutumisesta ehkäisee se, että välillä tekee rivakan jarrutuksen. (Linja-Aho 2016: 12; Luukkanen 2020: 20.) Kun käyttää sopivasti regenerointia, niin samoilla jarrupaloilla on mahdollista ajaa jopa 200 000 kilometriä (Linja-Aho 2016: 45).

Sähköautojen huoltokustannuksiin vaikuttaa esimerkiksi se, että niissä ei ole käytössä moottoriöljyä. Tästä johtuen niihin ei tarvitse vaihtaa eikä lisätä moottoriöljyä. Sähköautoissa on kuitenkin käytössä alennusvaihteiston öljy, joka tarvitsee vaihtaa säännöllisesti. (Linja-Aho 2016: 45; Luukkanen 2020: 20; Kokkonen 2022.) Sähköautojen huoltoon vaikuttaa myös niiden rakenne ja varustetaso. Kun autossa on enemmän lisävarusteita ja ominaisuuksia, mahdollisten vikakohteiden määrä kasvaa. Esimerkiksi Tesloista löytyy ulostyöntyviä ovenkahvoja. (Luukkanen 2020: 143.)

Sähköautoissa käytössä olevaa litium-ioniakkua ei tarvitse huoltaa säännöllisesti. Jos se hajoaa, niin voi olla, että siitä menee rikki ainoastaan yksi moduuli. Akkuihin on mahdollista vaihtaa myös yksittäisiä moduuleja. Yksittäisen moduulin vaihtaminen on halvempaa kuin koko akun vaihtaminen. Toki myös akun vaihtaminen on mahdollista. (Luukkanen 2020: 20.) Akun voi vaihtaa samankokoiseen, mikä siinä oli jo ennestään, mutta akku on mahdollista vaihtaa myös suurempaan. Tällöin samalla tulee rikkinäinen akku vaihdettua uuteen ja isompaan. Akun vaihtaminen suurempaan on mahdollista tehdä esimerkiksi vuoden 2010 Nissan Leafiin. Isompi akku sähköautossa tosin kasvattaa sen painoa ja

kulutusta. (Luukkanen 2020: 22; Linja-Aho ym. 2022: 15.) Akun ominaisuuksiin, kuten sen energiatehokkuuteen ja hintaan, vaikuttaa se, millaista akkukemiasiinä käytetään. Riippuu autosta sekä valmistajasta, millainen akkukemiasu-tossa on käytössä. (Luukkanen 2020: 44; Linja-Aho ym. 2022: 40.) Akun huoltoon ja hintaan vaikuttaa myös sen valmistusmenetelmät. Esimerkiksi, jos autonvalmistaja käyttää kaikissa sähköautoissaan pelkästään yhdenlaisia kennoja, niin akun valmistaminen on suoraviivaisempaa. Erimuotoisilla kennoilla on myös erilaisia ominaisuuksia. (Luukkanen 2020: 47.)

Myös sähköautoissa on kuluvia osia. Niitä löytyy esimerkiksi sähköauton alustasta. Esimerkiksi iskunvaimentimet, tuulilasinyyhkimet ja ajovalopolttimot ovat kuluvia osia, ja ne täytyy joskus vaihtaa. Sähköautoihin pitää myös tehdä säännöllisesti ilmastoinnin täyttö ja raitisilmasuodattimen vaihto. Sähköautoissa tavallisesti akkuihin ja moottoreihin liittyvät huollot tulee tehdä merkkihuollossa, mutta muita huoltoja ei ole välttämätöntä tehdä merkkihuollossa. (Linja-Aho 2016: 45; Luukkanen 2020: 20–21.) Kun sähköautojen korit on valmistettu alumiinista, niin ei tarvitse huolehtia niiden ruostumisesta. Sähköauton akku on kuluva osa ja se täytyy joskus vaihtaa. Kun sähköauton akku vanhenee, sen kapasiteetti laskee. Tällöin sähköautolla pääsee lyhyemmän matkan. Kun sähköautolla ei enää pääse yhtä pitkää matkaa kuin aivan alussa, sille voi olla vielä käyttöä esimerkiksi kotitalouden kakkosautona. Akuilla on arvoa myös käytettyinä. Niitä voi esimerkiksi kierrättää ja myydä. Niitä on mahdollista käyttää esimerkiksi varastona aurinkovoimalalla tuotetulle sähkölle. Ajan kuluessa myös akun kennot vanhenevat. Tällöin niiden sisäiset häviöt ja auton energiankulutus kasvavat. Akun kestoa voi pidentää myös niin, että ei jätä sitä seisomaan tyhjänä pitkiä aikoja. (Luukkanen 2020: 28–29; Linja-Aho ym. 2022: 40–41.)

5 Hankintakustannukset

Sähköauton hankintahinta on merkittävä osa sähköautoilun kuluista. Sähköautojen hintaan vaikuttaa niiden valmistusmäärät. Mikäli sähköautot eivät mene kaupaksi ja niiden kysyntä on pientä, niin todennäköisesti myös niiden valmistusmäärä pysyy matalana. Tämä nostaa sähköautojen hankintahintaa. Sähköautot ja niiden tekniikka ovat myös vielä melko uutta, eikä niistä vielä löydy

kovin paljon tietoa. Tällä on vaikutusta sekä niiden hintaan, että myös niiden halettavuuteen. Henkilölle, joka on tottunut käyttämään polttomoottoriautoa, sähköautoon siirtyminen voi tuntua siltä, että joutuu opettelemaan paljon uutta. (Linja-Aho 2016: 14; Linja-Aho ym. 2022: 45; Sähköautot 2023.) Sähköautojen myyntiin vaikuttaa myös se, että kuinka paljon sähköautojen myyjillä on tietoa niistä sekä niiden käyttöön liittyvistä asioista. Kun henkilö ostaa itselleen ensimmäistä sähköautoa, se voi olla hänelle täysin uusi asia ja hän voi kokea sen käytön erittäin haasteelliseksi. Silloin, kun myyjä kertoo sähköautosta sekä sen käytöstä asiakkaalle, asiakas voi kokea sähköautoilun helpoksi ja mielekkääksi. Kun sähköautoista tietää paljon, pystyy myös hyödyntämään niiden ominaisuuksia paremmin. Jotta niistä saa parhaan mahdollisen hyödyn ja niiden käyttö olisi sujuvaa, niin voi olla, että täytyy muuttaa toimintatapoja. (Linja-Aho 2016: 137–138; Luukkanen 2020: 9.)

Netistä löytyy ilmastopaneelin ja Suomen ympäristökeskuksen Autokalkulaattori. Sitä voi käyttää sähköauton elinkaaristen kustannusten arviointiin. Sen tekemisessä on käytetty tieteellistä tutkimustietoa ja Suomen olosuhteet on myös huomioitu. Sen avulla pystyy myös vertamaan sähköauton elinkaarisia kustannuksia esimerkiksi polttomoottoriauton elinkaarisiin kustannuksiin. Laskurissa on annettu oletusarvoja eri käyttövoimalla oleville autoille, ja niitä voi myös muuttaa. Laskurista näkee esimerkiksi, kuinka ajoneuvolla vuodessa ajatut kilometrit vaikuttavat sen elinkaaren kustannuksiin. (Autokalkulaattori 2023: Linja-Aho ym. 2022: 32.)

Auton hankintaan vaikuttaa se, millaiseen käyttöön se tulee. Sähköautojen myyntiin negatiivisesti on vaikuttanut niiden toimintasäde. Pikalatureillakin sähköauton lataaminen tyhjästä täyteen vie aikaa useita minuutteja. Henkilöt, jotka ajavat usein pitkiä matkoja tai ovat erittäin kiireisiä, eivät välttämättä halua itselleen ajoneuvoa, jolla ei pääse perille asti ja jonka lataamisessa kestää pitkään. Sähköautojen kysyntää laskee myös niiden hankintahinta, sillä monilla ei ole varaa tai halua maksaa ajoneuvosta suuria summia. (Linja-Aho 2016: 16–17; Luukkanen 2020: 116–117; Linja-Aho ym. 2022: 45.) Tosin sähköautoja saa nykyisin paljon myös käytettynä, jolloin niiden hinta on matalampi. Sähköautoa ei ole myöskään välttämätöntä ostaa itselleen omaksi, vaan sellaisen voi

esimerkiksi vuokrata itselleen tietyksi aikaa. Sähköauton voi vuokrata, vaikka tunniksi käyttöön. Ennen sähköauton ostosta niihin voi rauhassa tutustua ja koeajaa. Tällöin niistä on jo jonkin verran tietoa ja yllätyksiäkin voi tulla vähemmän. (Linja-Aho 2016: 17; Luukkanen 2020: 152.)

Sähköauton vanhetessa sen jälleenmyyntiarvo laskee, ja sen seurauksena myös sen hinta laskee. Kalliit sähköautot voivat olla mielenkiintoisia myös käytettyinä, sillä silloin on mahdollisuus saada hyvillä ominaisuuksilla olevia sähköautoja halvemmalla. Henkilöitä voi mietittyä se, että jos ostaa hankintahinnaltaan kalliin sähköauton, niin miten sen jälleenmyyntiarvo tulee tulevaisuudessa laskemaan ja kuinka helppo se on myydä eteenpäin. Uudemmissa autoissa tekniikka ja ominaisuudet ovat kehittyneempiä kuin vanhemmissa autoissa. Tämä näkyy esimerkiksi siinä, että toimintasäteet ovat suurentuneet ja akkuja tarvitsee ladata lyhyemmän aikaa. Tämä voi vaikuttaa kiinnostukseen ostaa vanhempi ja käytetty sähköauto. Sähköautoihin liittyvillä ennakkoluuloilla on myös merkitystä niiden jälleenmyyntiarvoon. (Linja-Aho 2016: 47; Luukkanen 2020: 120–122.)

Myös ihmisten haluilla sekä mielipiteillä on vaikutusta sähköautojen ostoon. Osa automerkeistä on niin suosittuja, että ihmiset haluavat sellaisen kovasti itselleen myös käytettynä. Tällaisia ovat esimerkiksi Teslat. Tällöin voi olla, että ihmiset ostavat auton merkin takia. Teslat ovat laajalti tunnettuja sähköautoja. (Linja-Aho 2016: 47; Luukkanen 2020: 136.)

Sähköautojen taloudellisuuden huomaa, kun vertaa niitä isoihin ja tehokkaisiin polttomoottoriautoihin. Kun ostaa itselleen ison ja tehokkaan sähköauton, niin hankintahinta on jonkin verran isompi. Tosin esimerkiksi kilometrikustannukset ja huoltokustannukset eivät nouse niin suuresti kuin vaihtaessa polttomoottorilla varustetun auton isompaan ja tehokkaampaan. Mitä enemmän sähköautoa käyttää ja mitä pidempiä matkoja sillä ajaa, niin sitä nopeammin käytössä tulee säästettyä polttomoottoriautoon verrattuna suurempi hankintahinta. Sähköautoissa ei tavallisesti tule sellaisia tilanteita, jotka aiheuttavat kerralla sen arvon alenemisen jopa lähelle nollaa. (Linja-Aho 2016: 49–50; Luukkanen 2020: 29.)

Osan uuden ajoneuvon hinnasta muodostavat verot. Lähes kaikista uusista ajoneuvoista maksetaan autovero. Se on sitä suurempi, mitä suuremmat ovat ajoneuvon hiilidioksidipäästöt. Vuodesta 2022 lähtien sähköautojen hintaan ei ole kuulunut autoveroa. Tämä laskee uuden sähköauton hankintahintaa. (Sähköautoja oli viime vuonna liki viidennes uusista autoista, jotka rekisteröitiin tai otettiin käyttöön Suomessa – korkeinta autoveroa maksettiin uusista dieselautoista 2023; Verojen vaikutus henkilöauton hintaan.) Kun ostaa uuden moottorikäyttöisen ajoneuvon, niin siitä täytyy maksaa myös arvonlisävero. Tämä koskee myös sähköauton ostoa. Arvonlisävero täytyy maksaa myös ostettaessa uusi sähköauto toisesta EU-maasta, jos se on myyty enintään kuusi kuukautta ensimmäisestä käyttöön otetusta kerrasta tai sillä on ajettu ostohetkellä maksimissaan 6 000 kilometriä. Sähköautosta maksettava arvonlisävero on suuruudeltaan 24 %. (Yksityishenkilö: Muista arvonlisävero, kun ostat uuden ajoneuvon toisesta EU-maasta 2023; KONA electric 2023.)

6 Yhteenveto

Insinööriyössä tarkastellaan sähköautojen taloudellisuutta ja käyttömukavuutta. Tavoitteena oli selvittää, mitkä tekijät niihin vaikuttavat ja miten niihin voi itse vaikuttaa. Lisäksi työssä selvitettiin, millaisia eri vaihtoehtoja sähköautojen käytölle on sekä miten sähköautoja ja niiden ominaisuuksia pystyy hyödyntämään ja miten nämä vaikuttavat sähköautojen taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen. Insinööriyön tekemistä helpotti se, että tietoa oli suomen kielellä saatavilla runsaasti. Tietoa saatiin kerättyä eri kirjoista ja netistä. Kerätyn tiedon avulla ensimmäisenä tutkittiin, millaisia ajoneuvoja täyssähköautot ovat rakenteeltaan ja toiminnaltaan. Tämän jälkeen oli helpompi ymmärtää, miten eri tekijät vaikuttavat niiden taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen.

Sähköautojen käytölle löytyy useita eri vaihtoehtoja. Täyssähköautot ovat tietynlaisia ajoneuvoja ja ne esimerkiksi eroavat polttomoottoriautosta usealla eri tavalla. Täyssähköajoneuvoissa on käyttöenergiana pelkästään sähkö ja esimerkiksi niiden moottori ja akku ovat omanlaisia. Täyssähköautojen rakenne ja toiminta mahdollistavat erilaisia ominaisuuksia, joilla on vaikutusta niiden taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen. Esimerkiksi niiden akkuun varastoitua energiaa

pystyy hyödyntämään, vaikka kotitalouksien sähkölaitteissa ja energiaa pystyy siirtämään verkkoon. Sähköautoissa ja niiden ominaisuuksissa on eroa ja tällä on vaikutusta niiden taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen. Sähköauton käyttäminen on edullisempaa silloin, kun sähkö on halvempaa ja käyttöympäristö on tasainen sekä ilma lämmintä. Itse voi omilla toimilla vaikuttaa sähköautojen taloudellisuuteen ja käyttömukavuuteen, kun valitsee edullisempia ja itselle sopivampia vaihtoehtoja. Sähköautojen huoltokustannuksia ja huoltotarvetta laskee se, että niissä on vähän kuluvia osia. Sähköautot ovat tarkoitettu kestämaan pitkiä aikoja. Kaikkia sähköauton huoltoja ei ole välttämätöntä tehdä merkkikorjaamolla ja tämän ansiosta voi valita halvempia korjaamoja. Mikäli haluaa itselleen sähköauton, mutta uuden hankintahinta on liian korkea, sellaisen voi esimerkiksi vuokrata tai hankkia käytettynä.

Insinööriyön teossa oli hyötyä opintojen aikana kertyneestä tiedosta. Sähköautojen taloudellisuudesta ja käyttömukavuudesta löytyi kuitenkin itselle paljon uutta tietoa. Näistä tiedoista on hyötyä, kun valitsee ja harkitsee sähköautoa sekä kun vertaa niitä jo tuttuihin ajoneuvoihin. Ajan kuluessa sähköautoista tulee tutumpia ja edullisempia. Tällöin niistä löytyy enemmän tietoa ja kokemuksia. Kun ajoneuvoja on valmistettu pitkään, niin tekniikkaa osataan hyödyntää paremmin. Tällöin on mahdollista saada ajoneuvoista edullisempia sekä käyttömukavuudeltaan parempia. Kun sähköautoista tulee sopivia yhä useamman henkilön käyttöön, niiden kysyntä voi kasvaa. Kun markkinoille tulee erikokoisia ja erilaisia sähköautoja, niin valinnanvara kasvaa.

Lähteet

Ahtiainen, Lauri. 2018. Vuosi Sähköllä: kWh, CHAdeMO, CCS... - mitä ihmettä sähköautoilun termit tarkoittavat? Verkkoaineisto. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/vuosi-sahkolla-kwh-chademo-ccs-mita-ihmetta-sahkoautoilun-termit-tarkoittavat-2/>>. 29.3.2018. Luettu 4.9.2023.

Audi E-tron 55 Quattro. Verkkoaineisto. Autotalo Ampeeri. <<https://www.autotaloampeeri.fi/sahkoautotietoa/audietron55quattro>>. Luettu 10.5.2023.

Autokalkulaattori. 2023. Verkkoaineisto. <<https://www.ilmastopaneeli.fi/autokalkulaattori/>>. Luettu 15.7.2023.

Fortum Tarkka – pörssisähkö ilman hiilipäästöjä. 2023. Verkkoaineisto. Fortum. <<https://www.fortum.fi/kotiasiakkaille/sahkoa-kotiin/sahkosopimukset/tarkka-porssisahko>>. Luettu 27.8.2023.

Helenius, Aarne. 2023. Sähköauton lataus – Kuinka paljon se maksaa 2023? Verkkoaineisto. <<https://www.vertaaensin.fi/blog/sahkoauton-lataus>>. 9.3.2023. Luettu 31.8.2023.

Hi-tech-metallit. 2019. Verkkoaineisto. Geologia.fi. <<https://www.geologia.fi/2019/12/08/hi-tech-metallit/>>. Luettu 10.9.2023.

IONITY-suurteholatauspisteiden hinta muuttuu 11.3.2020. 2020. Verkkoaineisto. K-lataus. <<https://k-lataus.fi/ajankohtaista/ionity-suurteholatauspisteiden-hinta-muuttuu-11-3-2020/>>. Luettu 31.8.2023.

Jokela, Marko. 2021. Sähköauto tulee – havahduttavatko auton keinoäänät? Verkkoaineisto. Moottori. <<https://moottori.fi/liikenne/jutut/sahkoauto-tulee-havahduttavatko-auton-keinoaanet/>>. 29.11.2021. Luettu 17.7.2023.

Kaksisuuntainen lataus, sähköauto sähkövarastona? 2023. Verkkoaineisto. Sesko. <<https://sesko.fi/kaksisuuntainen-lataus-sahkoauto-sahkovarastona/>>. Luettu 19.9.2023.

Kiiskinen, Juha. 2021. Sähköauton voimansiirto: Yksi vaihde riittää. Verkkoaineisto. <<https://satl.fi/2021/08/17/sahkoauton-voimansiirto-yksi-vaihde-riittaa/>>. 17.08.2021. Luettu 21.08.2023.

K-Lataus-asemien hinnasto. 2023. Verkkoaineisto. K-Lataus. <<https://k-lataus.fi/>>. Luettu 1.9.2023.

Koeajossa Volkswagen ID.3 – kaikki mitä halusit tietää vuoden odotetuimmasta sähköautosta. 2020. Verkkoaineisto. Lähitapiola Rahoitus Oy. <<https://www.autotie.fi/tien-sivusta/poloinen/koeajossa-volkswagen-id-3---kaikki-mita-halusit-tietaa-vuoden-odotetuimmasta-sahkoautosta>>. Luettu 15.6.2023.

Koeajossa Volkswagen ID.3 – kansanauton uusi sähköaika. 2020. Verkkoaineisto. Teknavi. <<https://teknavi.fi/autot/ajettu-autot/koeajossa-volkswagen-id-3-kansanauton-uusi-sahkoaika/>>. Luettu 18.9.2023.

Kokkonen, Eetu. 2019. Tiedätkö miten sähköauton akut toimivat? Volkswagen kertoo. Verkkoaineisto. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/tiedatko-miten-sahkoauton-akut-toimivat-volkswagen-kertoo/>>. 8.12.2019. Luettu 18.9.2023.

Kokkonen, Eetu. 2022. Hyundai Ioniq 5 todisti: sähköauto on halpa huoltaa. Verkkoaineisto. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/hyundai-ioniq-5-todisti-sahkoauto-on-halpa-huoltaa/>>. 14.6.2022. Luettu 11.8.2023.

Kona Electric. Ensimmäinen täyssähköautosi. 2023. Verkkoaineisto. Hyundai. <<https://www.hyundai.fi/mallisto/kona-electric/>>. Luettu 27.6.2023.

KONA electric. 2023. Verkkoaineisto. Hyundai. <<https://www.hyundai.fi/wp-content/uploads/kona-electric-hinnasto.pdf>>. Luettu 27.6.2023.

Kuinka kauan sähköauton lataaminen kestää? 2023. Verkkoaineisto. Recharge driving change. <<https://rechargeinfra.com/fi/kuinka-kauan-sahkoauton-lataaminen-kesta/>>. Luettu 2.9.2023.

Kuinka paljon Teslan lataus maksaa? 2023. Verkkoaineisto. Green drive news. <<https://www.greendrive-accessories.com/blog/fi/combien-coute-une-recharge-de-tesla/>>. Luettu 31.8.2023.

Latauskartta. Verkkoaineisto. Sähköautoilijat ry. <<https://latauskartta.fi/>>. Luettu 18.6.2023.

Latauspistoketyypit sähköautoille. 2023. Verkkoaineisto. Plugit. <<https://plugit.fi/artikkelit/latauspistoketyypit-sahkoautoille/>>. Luettu 20.9.2023.

Linja-Aho, Vesa; Mäkinen, Jukka & Orrberg, Matti. 2022. Kirja. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. Espoo: Sähköinfo Oy.

Linja-Aho, Vesa. 2016. Kirja. Ostaisinko sähköauton. Helsinki: Into Kustannus Oy.

Linja-aho, Vesa. 2018. Näin ajat sähköautolla taloudellisesti. Verkkoaineisto. Autotalo Ampeeri. <<https://www.autotaloampeeri.fi/blogi/nain-ajat-sahkoautolla-taloudellisesti/>>. 17.6.2018. Luettu 6.9.2023.

Luukkanen, Joose. 2018. Jokamies opastaa: Teslan lataaminen. Verkkoaineisto. <<https://tyyliniekka.fi/jokamies-opastaa-teslan-lataaminen/>>. 26.7.2018. Luettu 1.9.2023.

Luukkanen, Joose. 2020. Kirja. Sähköautot Lataus – Matka-ajo – Valinta. Tallinna: Alfamer.

Miksi sähköauton lataus tarvitsee älyä. 2019. Verkkoaineisto. Virta. <<https://www.virta.global/fi/blogi/miksi-s%C3%A4hk%C3%B6auton-lataus-tarvitsee-%C3%A4ly%C3%A4>>. Luettu 15.7.2023.

Mitä sähköauton latausaseman asennus maksaa? Katso hintaesimerkit. 2023. Verkkoaineisto. Nettiauto. <https://www.nettiauto.com/artikkeli/mita_sahkoauton_latausaseman_asennus_maksaa_katso_hintaesimerkit>. Luettu 30.8.2023.

Mitä sähkötoita saa tehdä itse? 2019. Verkkoaineisto. Rakentaja.fi. <https://www.rakentaja.fi/artikkelit/16637/mita_sahkotoita_saa_tehda.htm>. Luettu 30.8.2023.

Nieminen, Jussa. 2019. Tarvitseeko sähköauto vaihteita? Brittiläisellä GKN:llä olisi nyt vaihteita tarjolla, ja ennen pitkää siinä on järkeä. Verkkoaineisto. <<https://tekniikanmaailma.fi/tarvitseeko-sahkoauto-vaihteita-brittilaisella-gknlla-olisi-nyt-vaihteita-tarjolla/>>. 27.2.2019. Luettu 8.9.2023.

Nissan Leaf 40 kWh. Verkkoaineisto. Autotalo Ampeeri. <<https://www.autotalo-ampeeri.fi/sahkoautotietoa/nissanleaf40kwh2018>>. Luettu 25.6.2023.

OMISTAJAN KÄSIKIRJA. Verkkoaineisto. Hyundai. <<https://www.hyundai.fi/wp-content/uploads/ioniq-6-suomi.pdf>>. Luettu 23.8.2023.

Posa, Henri. 2023. Koeajo: Hyundai Ioniq 6 – palkittu auto, mutta ei taksiksi. Verkkoaineisto. <<https://www.autotalli.com/artikkeli/koeajo-hyundai-ioniq-6-palkittu-auto-mutta-ei-taksiksi>>. 26.4.2023. Luettu 23.8.2023.

Pörssisähkö – toistaiseksi voimassa olevaa markkinasähköä. 2023. Verkkoaineisto. Väre. <<https://vare.fi/sahkosopimus/porssisahko/>>. Luettu 20.9.2023.

Raum, Peter; Monn-Iversen, Øivind Alexander; Saarinen, Jussi & Posa, Henri. 2022. Maailman suurin sähköautotesti selvitti todelliset toimintamatkat pakkaskelissä. Verkkoaineisto. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/maailman-suurin-sahkoautotesti-selvitti-todelliset-toimintamatkat-pakkaskelissa/>>. 23.2.2022. Luettu 28.6.2023.

Salo, Tero. 2023. Sähköautojen akkujen hyödyntäminen energiavarastoina. Verkkoaineisto. <<https://trevaco.fi/sahkoautojen-akkujen-hyodyntaminen-energiavarastoina/>>. 17.3.2023. Luettu 16.7.2023.

Sovellus, jolla lataat sähköautosi. Verkkoaineisto. Fortum charge & drive. <<https://chargedrive.com/fi-FI>>. Luettu 19.6.2023.

Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2023. Verkkoaineisto. Sesko. <<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>>. Luettu 28.8.2023.

Sähköautoja oli viime vuonna liki viidennes uusista autoista, jotka rekisteröitiin tai otettiin käyttöön Suomessa – korkeinta autoveroa maksettiin uusista dieselautoista. 2023. Verkkoaineisto. Vero Skatt. <<https://www.vero.fi/tietoa-verohallinnosta/uutishuone/lehdist%C3%B6tiedotteet/2023/sahkoautoja-oli-viimevuonna-likiviidennes-uusista-autoista-jotka-rekisteroititiin-tai-otettiin-kayttoon-suomessa--korkeinta-autoveroa-maksettiin-uusista-dieselautoista/>>. Luettu 13.9.2023.

Sähköautojen latausasemat. 2023. Verkkoaineisto. Verkkokauppa. <<https://www.verkkokauppa.com/fi/catalog/10472d/Sahkoautojen-latausaset>>. Luettu 29.8.2023.

Sähköautojen latauspisteet. 2023. Verkkoaineisto. Helen. <<https://www.helen.fi/sahkoauton-lataus/sahkoauton-latauspiste#latauksen-hinta-helenin-omilla-latauspisteilla>>. Luettu 31.8.2023.

Sähköautojen teknologia. Verkkoaineisto. Peugeot. <<https://www.peugeot.fi/sahko-ja-lataushybridi/sahko/sahkoauton-teknologia.html>>. Luettu 19.9.2023.

Sähköautolle voi antaa millaisen äänen tahansa, ja yksi valmistaja on näemmä päätenyt tällaiseen korvia raastavaan ujellukseen – kuuntele itse. 2021. Verkkoaineisto. Mtv Uutiset. <<https://www.mtvuutiset.fi/artikkeli/sahkoautolle-voi-antaa-millaisen-aanen-tahansa-ja-yksi-valmistaja-on-naemma-paatynyt-tallaiseen-korvia-raastavaan-ujellukseen-kuuntele-itse/8040350>>. Luettu 17.7.2023.

Sähköauton akun tuotannon tulevaisuus. 2023. Verkkoaineisto. Atlas Copco. <<https://www.atlascopco.com/fi-fi/itba/industry-solutions/automotive-entry/e-mobility-and-ev-battery-assembly-process>>. Luettu 25.8.2023.

Sähköauton ekologisuus. 2023. Verkkoaineisto. Mazda. <<https://www.mazda.fi/uutiset/artikkelit/sahkoautot>>. Luettu 22.8.2023.

Sähköauton latausasema & latauspiste kotiin. Verkkoaineisto. NORDIC PLUG. <<https://nordicplug.fi/pages/sahkoauton-latauspiste-kotiin>>. Luettu 17.6.2023.

Sähköautosanasto. 2021. Verkkoaineisto. Sesko. <<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/sahkoautosanasto/>>. Luettu 19.9.2023.

Sähköautot. 2023. Verkkoaineisto. <Motiva. https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot>. Luettu 28.6.2023.

Sähköautot ja sähköautojen lataus – Pikaopas. Verkkoaineisto. NORDIC PLUG. <<https://nordicplug.fi/pages/sahkoautojen-lataus-pikaopas>>. Luettu 20.6.2023.

Sähkömoottorityypit. 2023. Verkkoaineisto. Motiva. <https://www.motiva.fi/ratkaisut/kestava_liikenne_ja_liikkuminen/valitse_auto_viisaasti/ajoneuvotekniikka/moottoritekniikka/sahkoautot/sahkomoottorityypit>. Luettu 18.9.2023.

Sähkön hinta. 2023. Verkkoaineisto. <<https://www.summarum.fi/sahkon-kilpailuttaminen/sahkon-hinta/>>. Luettu 27.8.2023.

Talviauto 2023: Lämmityslaittevertailussa BMW kärjessä, Volkswagen ID. Buzz viimeisenä. 2023. Verkkoaineisto. Tekniikan maailma. <<https://tekniikanmaailma.fi/talviauto-2023-lammityslaittevertailussa-bmw-karjessa-volkswagen-id-buzz-viimeisena/>>. Luettu 21.9.2023.

Toimintamatkaan vaikuttavat tekijät. 2023. Verkkoaineisto. Polestar. <<https://www.polestar.com/fi/electric-driving/factors-that-affect-electric-car-range/>>. Luettu 28.6.2023.

Tuppurainen, Manu. 2023. Koeajo: Mazda MX-30 – tyylikäs ja huomiota herättävä pikkusähkö, mutta vain kaupunkiajoon. Verkkoaineisto. <<https://moottori.fi/ajoneuvot/jutut/koeajo-mazda-mx-30-tyylikas-ja-huomiota-herattava-pikkusahkis-mutta-vain-kaupunkiajoon/>>. 15.3.2023. Luettu 22.8.2023.

Verojen vaikutus henkilöauton hintaan. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/tilastot/verotus_hintakehitys_ja_liikennemenot/henkilöauton_hinnanmuodostus>. Luettu 11.8.2023.

Yksityishenkilö: Muista arvonlisävero, kun ostat uuden ajoneuvon toisesta EU-maasta. 2023. Verkkoaineisto. Vero Skatt. <<https://www.vero.fi/yritykset-ja-yhteisot/verot-ja-maksut/arvonlisaverotus/ajoneuvon-ja-sen-kayttokulujen-arvonlisavero/yksityishenkilo-muista-arvonlisavero-kun-ostat-uuden-ajoneuvon-toisesta-EU-maasta/>>. Luettu 11.8.2023.