



Santeri Hietanen

Latausinfran perustaminen raitio- vaunuvarikolle

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Sähkö- ja automaatiotekniikka

Insinöörityö

29.11.2024

Tiivistelmä

Tekijä: Santeri Hietanen
Otsikko: Latausinfra perustaminen raitiovaunuvarikolle
Sivumäärä: 31 sivua + 1 liite
Aika: 29.11.2024

Tutkinto: Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma: Sähkö- ja automaatiotekniikka
Ammatillinen pääaine: Sähkövoimatekniikka
Ohjaajat: tiimipäällikkö Mika Vierikko, varikot + muut kohteet
yliopettaja Jarno Varteva

Tämä opinnäytetyö tehtiin toimeksiantona Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy:lle, joka vastaa joukkoliikenneinfra rakentamisesta sekä metrojunien ja raitiovaunujen liikennöinnistä ja kunnossapidosta. Työn tavoitteena oli tukea Kaupunkiliikenteen siirtymää kohti hiilineutraalia joukkoliikennettä tarjoamalla konkreettisia suunnitelmia ja päätöksenteon apuvälineitä varikon latausinfrastruktuurin suunnittelussa ja toteutuksessa.

Työn tavoitteena oli selvittää sähköautolatausinfra perustamiseen tarvittavat suunnitelmat ja toteutusvaihtoehdot raitiovaunuvarikolle.

Työssä on erityisesti huomioitu varikkoympäristöön sopivien latauslaitteiden vaatimukset ja sijaintivaihtoehdot. Latausinfrastruktuurin kriittiset suunnittelunäkökohdat tuodaan esiin, kuten kuormanhallinta, latauspaikkojen turvallisuus ja lataustavan valinta. Lisäksi opinnäytetyössä suositellaan optimaalisia lataustapoja, -laitteistoja ja sijaintiratkaisuja, jotka tukevat Kaupunkiliikenteen kestävä kehityksen ja kustannustehokkuuden tavoitteita.

Työssä on selvitetty myös laajemmin taustajärjestelmiä ja haastateltu alan asiantuntijoita. Työssä tutustuttiin alan kirjallisuuteen, standardeihin ja ohjeistuksiin. Työn tuloksena voidaan huomioida latausinfrale kriittiset asiat jo varikkoa suunniteltaessa. Työn aikana selvitettiin myös latauksen mahdollistaminen henkilöstölle ja taustajärjestelmän käyttöönottoa.

Avainsanat: latausinfra, raitiovaunuvarikko, varikkoratkaisut, latauspaikat, varikon kehitys ja rakentaminen

Tämän opinnäytetyön alkuperä on tarkastettu Turnitin Originality Check -ohjelmalla.

Abstract

Author: Santeri Hietanen
Title: Vehicle Charging Infrastructure at the Tram Depot
Number of Pages: 31 pages + 1 appendix
Date: 29 November 2024

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Electrical and Automation Engineering
Professional Major: Electrical Power Engineering
Supervisors: Mika Vierikko, Property Manager
Jarno Varteva, Principal Lecturer

This thesis work was commissioned by Metropolitan Area Transport Ltd, a public transport company responsible for tram and metro infrastructure in the Helsinki metropolitan area. The aim was to investigate the plans, costs and implementation options for establishing electric vehicle charging infrastructure at the tram depot. The thesis work examined the charging infrastructure from the perspective of the client, as a decision support tool.

The thesis work explored the costs and alternatives for setting up and maintaining charging points, as well as the equipment procurement and implementation. The study consulted literature, standards, and guidelines in the field of electric power engineering.

The work identified the critical aspects of the charging infrastructure that should be considered already in the design phase of the depot. The thesis also provides recommendations for choosing the optimal charging mode, equipment, and location for vehicles.

The thesis also provides general information on the types, characteristics and benefits of electric vehicles and their batteries, as well as the different charging modes, standards, and systems available. The thesis also discusses the environmental impact and regulation of electric vehicles and charging stations.

The result of the thesis work is that critical aspects of the charging infrastructure can be considered already during the design phase of the depot. Additionally, the thesis work explored the feasibility of enabling charging for personnel and the implementation of a backend system.

Keywords: Charging infrastructure, tram depot, depot solutions, charging points, depot development and construction

Sisällysluettelo

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
2	Sähköajoneuvot	2
2.1	Henkilö- ja pakettiautot	3
2.2	Hyötyajoneuvot ja työkoneet	4
3	Latausasemat	6
3.1	AC-latausasemat	6
3.1.1	Kevyiden ajoneuvojen lataus eli lataustapa 1	7
3.1.2	Hidaslataus eli lataustapa 2	7
3.1.3	Peruslataus eli lataustapa 3	9
3.2	DC-latausasemat eli teholataus, lataustapa 4	9
4	Latausjärjestelmän vaatimukset ja suunnittelu	10
4.1	Latausjärjestelmän vaatimukset	10
4.2	Latausjärjestelmän paloturvallisuus	13
4.3	Latausjärjestelmän mitoitus	16
4.4	Latauspisteiden sijoittelu	17
4.5	Latausasemien kaapelointi	18
5	Taustajärjestelmät ja kuormanhallinta	20
5.1	Taustajärjestelmät	20
5.2	Kuormanhallinta	22
6	Latausinfraan perustaminen raitiovaunuvarikolle	24
6.1	Raitiovaunuvarikko	24
6.2	Latausinfraan perustaminen	24
6.3	Henkilökunnan ja julkisten asiakkaiden latausmahdollisuudet	25
7	Yhteenveto ja pohdinta	27
	Lähteet	29

Liite 1: Liikennekäytössä olevien sähköajoneuvojen määrä Suomessa

Lyhenteet ja käsitteet

BEV: *Battery Electric Vehicle*. Täyssähköauto.

EV: *Electric vehicle*. Sähköauto.

HEV: *Hybrid Electric Vehicle*. Hybridiauto.

ICE: *Internal Combustion Engine*. Polttomoottoriauto.

LFP: *Lithium Ferrophosphate*. Litiumrautafosfaattikenno.

LTO: *Lithium-Titanium-Oxide*. Litiumtitanaattikenno.

MAC: *Media Access Control*. Verkkolaitteen yksilöivä osoite.

OCPP: *Open Charge Point Protocol*. Avoimeen lähdekoodiin perustuva latausjärjestelmien kommunikointiprotokolla.

SOC: *State Of Charge*. Varaustaso.

VAS: *Vehicular Access Server*. Ajoneuvon käytön palvelin.

1 Johdanto

Kaupunkiliikenne tavoittelee hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä sekä suorien päästöjen ja ostoenergian päästöjen nollaamista vuoteen 2025 mennessä. Kaupunkiliikenne haluaa omalla toiminnallaan kannustaa muita liikennöinti- ja infra-alan yrityksiä hiilineutraluuteen. Kaupunkiliikenne teki keväällä 2021 päästölaskennan, jonka mukaan valtaosa yhtiön kasvihuonekaasupäästöistä syntyi uuden ratainfra ja varikoiden rakentamisesta sekä kalustohankinnoista. Tämän seurauksena Kaupunkiliikenne laati *Hiilineutraali Kaupunkiliikenne-* eli Hilikka-ohjelman, jonka tavoitteena on keskittyä näiden edellä mainittujen päästöjen vähentämiseen. (Hiilineutraali Kaupunkiliikenne 2030; Talvio 2024.)

Hiilineutraalisuus on yksi Kaupunkiliikenteen strategista tavoitteista. Kaupunkiliikenne on päästötön oman toiminnan ja energiankulutuksen päästöjen osalta 2025 sekä hiilineutraali koko toimitusketjun ja toiminnan elinkaaren ajalta 2030. Kaupunkiliikenne pyrkii valinnoillaan muuttamaan koko alan toimintaa luomalla kysyntää kestävämmille tuotteille ja palveluille. (Strategia, visio ja arvot 2024; Talvio 2024.)

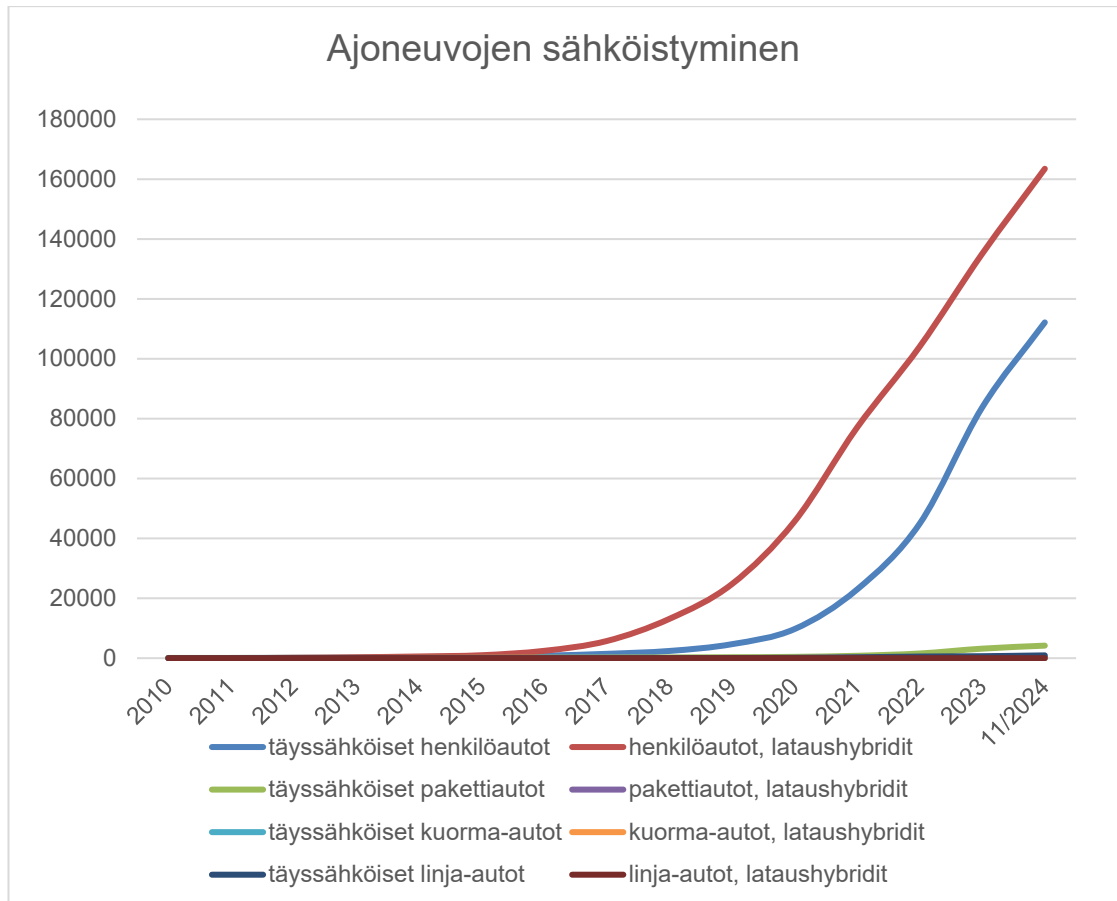
Opinnäytetyön on tarkoitus vastata Kaupunkiliikenteen hiilineutraaliustavoitteisiin ottamalla huomioon jo uusia varikoita tehtäessä latausinfra vaatimukset, tukemalla päätöksenteossa ja auttamalla ylläpitämään jo nykyistä omaisuutta latausinfra osalta kustannustehokkaasti ja ympäristöystävällisesti.

Kaupunkiliikenne on luonut varikkostrategian, jota Kaupunkiliikenteen Varikkohankkeet-tiimi noudattaa. Pääkaupunkiseudulle rakennetaan tämän vuosikymmenen aikana neljä uutta varikkoa, joista Roihupellon raitiovaunuvarikko (PR15) on jo valmistunut. (Raide-Jokeri seminaari 2024.)

2 Sähköajoneuvot

Sähköauto (EV) on auto, jonka voimanlähde on yksi tai useampi sähkömoottori, johon liikkumiseen tarvittava energia voidaan ladata. Täyssähkö- ja ladattavat hybridautot ovat myös sähköautoja. Täyssähköautossa (BEV) voimanlähteenä on pelkästään yksi tai useampi sähkömoottori, jonka ainoa energiavarasto on akusto tai vastaava ladattava energiavarasto. Hybridauto (HEV) käyttää kahta tai useampaa eri voimanlähdettä liikkumiseen, esimerkiksi sähkömoottoria ja polttomoottoria. Hybridautot voidaan jakaa vielä ei-ladattaviin- ja lataushybrideihin eli niin kutsuttuihin plug-in-hybrideihin (PHEV). (Sähköautosanasto 2021.)

Kuvasta 1 voidaan havaita, että täyssähköisten henkilöautojen määrä on lähes tuplaantunut vuoden aikana vuodesta 2022–2023. Tilastojen valossa voidaan todeta, että ajoneuvojen sähköistyminen on lisääntynyt huomattavasti vuodesta 2020 eteenpäin. Täyssähköisten henkilöautojen, pakettiautojen, kuorma-autojen ja linja-autojen osalta puhutaan merkittävästä kasvusta. Tilastot kattavat ainoastaan liikennekäyttöön rekisteröidyt ajoneuvot, joten virallista tilastoa ei ole työkooneiden osuudesta, esimerkiksi sähköisistä kaivinkoneista. Olisikin suositeltavaa, että kun työkoneiden sähköistys alkaa yleistymään, nämä saataisiin myös tilastoitua. (Ennakoiva markkinavuoropuhelu 2022; Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä 2024; Valovirta 2022.)

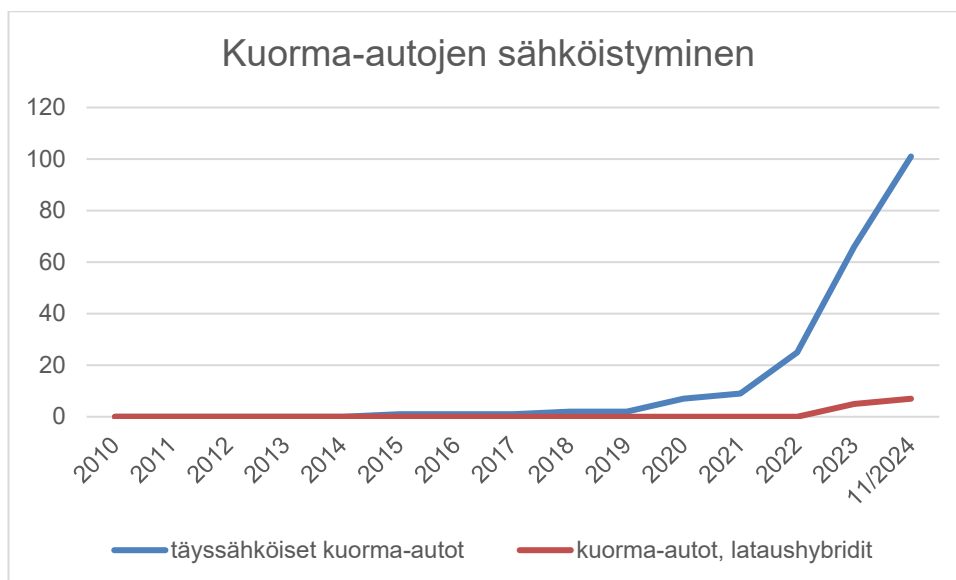


Kuva 1. Ajoneuvojen sähköistyminen (Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä 2024). Liitteessä 1 on koko taulukko, mistä kuvat 1 ja 2 on muodostettu.

2.1 Henkilö- ja pakettiautot

Henkilöauto on tarkoitettu ihmisten kuljetukseen, jossa kuljettajan lisäksi voi kuljettaa korkeintaan kahdeksaa henkilöä. Ajoneuvolaki ei määrittele henkilöautolle maksimipainoa (Ajoneuvolaki 2002: § 10). Pakettiauto on asetuksen mukaan tavaran kuljetukseen tarkoitettu auto, jonka kokonaismassa on enintään 3,5 tonnia (Asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista 1992: § 3). Tilastokeskuksen mukaan hyötyajoneuvoa käytetään pääasiassa tavaran kuljetukseen ja ne voidaan jakaa kahteen osaan, kevyisiin ja raskaisiin hyötyajoneuvoihin. Kevyisiin hyötyajoneuvoihin luetaan enintään 3,5 tonnin kokonaispainoiset pakettiautot, avolava-autot ja pienet kuorma-autot. (Kevyt hyötyajoneuvo.)

Ajoneuvolain mukaan kuorma-auto on tavarankuljetukseen valmistettu ajoneuvo, jonka kokonaismassa on suurempi kuin 3,5 tonnia (Ajoneuvolaki 2002: § 10). Kuorma-auto luokitellaan myös raskaaksi hyötyajoneuvoksi (Raskas hyötyajoneuvo). Kuvassa 2 on havainnollistettu kuvaajan avulla kuorma-autojen sähköistymistä.



Kuva 2. Kuorma-autojen sähköistyminen (Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä 2024).

Merkittävä muutos vuoden ja koko vuosikymmenen aikana on ollut kehitys kuorma-autoissa, jotka ovat lataushybrideitä. Niitä oli Suomessa vuoden 2023 lopussa 5 kappaletta, kun aiemmin niitä ei ollut yhtään. Kasvu täyssähköisissä kuorma-autoissa on ollut myös huomattava. Suomessa kuorma-auton aktiivinen käyttöikä on tyypillisesti 10–15 vuotta. Eli jos tänään rekisteröitäisiin polttomotorilla toimiva kuorma-auto, on se liikenteessä vielä 2034–2039, ellei lainsäädäntö estä käyttöä ennen sitä. (Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä 2024.)

2.2 Hyötyajoneuvot ja työkoneet

Asetuksen mukaan työkone on N₂- tai N₃-luokan ajoneuvo ja se on varustettu erityisillä työvälineillä ja suunniteltu ainoastaan työn kannalta välttämättömien

välineiden ja tarvikkeiden kuljettamiseen, eikä sen tarkoituksena ole muun tavaran kuljettaminen (Asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista 1992: § 3). Työkoneiden ajosuoritteet voivat vaihdella merkittävästi käyttöympäristön, käyttötarkoituksen ja koneen tyyppin mukaan. Erilaiset teolliset ympäristöt asettavat laitteille omat erityisvaatimuksensa ja rajoitteensa. Esimerkiksi täyssähköiset työkoneet eivät sovellu kohteisiin, joissa sähkönsyöttöä ei voida järjestää. Näissä tilanteissa vaihtoehtoina ovat erilaiset hybridiratkaisut tai paikallinen sähköntuotanto. (Pihlatie ym. 2022.)

Raskaassa kalustossa käytetään joskus litiumrautafosfaattikennoja (LFP) niiden edullisuuden ja turvallisuuden takia. LFP-kennojen energiatiheys on heikompi, mutta se ei haittaa, sillä raskaissa ajoneuvoissa ei yleensä akkujen tarvitse mahtua yhtä pieneen tilaan kuin henkilöautoissa. LFP-kennojen tekemisessä ei tarvita nikkeliä tai kobolttia. Toinen vaihtoehto LFP-kennojen rinnalla on etenkin sähköbussseissa käytettävä litiumtitanaattikenno (LTO). LTO-kennot ovat kalliita valmistaa, mutta ne kestävät kymmenet tuhannet lataussyklit. (Linja-aho ym. 2022.)

Sähköajoneuvojen akkuja voi teoriassa jo nyt käyttää varavoimana, mutta tätä ei monikaan valmistaja hyödynnä. Tulevaisuudessa voitaisiin hyödyntää satojen tuhansien akullisten ajoneuvojen akkukapasiteetti syöttämään sähköverkkoa. (Linja-aho ym. 2022.)

3 Latausasemat

Standardissa SFS-EN IEC 61851-1 on määritelty sähköautojen lataukseen käytettävät lataustavat. Niitä on yhteensä neljä, ja ne on esitetty taulukossa 1. ST-käsikirjan 41 mukaan Suomessa suositellaan ensisijaisesti käytettäväksi lataustapoja 3 ja 4 (Linja-aho ym. 2022).

Taulukko 1. Sähköajoneuvojen lataustavat standardin SFS-EN IEC 61851-1 (2019) mukaan.

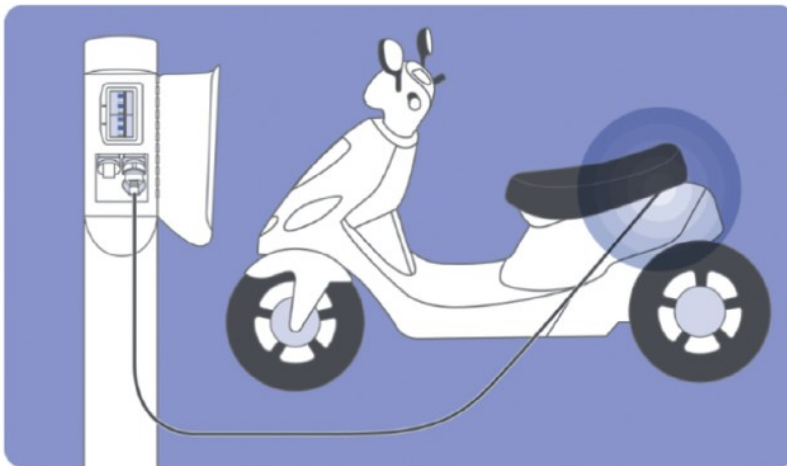
Lataustapa	Selitys
LEV-lataus (lataustapa 1)	Vaihtosähkösyöttö tavanomaisesta kotitalouspistorasiasta. Tulee olla suojattu vikavirtasuojalla.
Hidaslataus (lataustapa 2)	Vaihtosähkösyöttö maadoitetusta kotitalouspistorasiasta tai kolmivaihe voimapistorasiasta liitäntäjohtolla. Liitäntäjohto tulee olla tarvittavasti suojattu ml. vikavirtasuojalla.
Peruslataus (lataustapa 3)	Vaihtosähkösyöttö sähköautoille tarkoitettusta pistorasiasta. Mitoitusvirta 63 A joko yksi- tai kolmivaiheisena. Teho saa olla maksimissaan 22 kW.
Teholataus (lataustapa 4)	Tasasähkölataus ulkopuolisesta tasasähkölaturista. Teho maksimissaan 50 kW, joka voidaan tarvittaessa nostaa jopa 350 kW. Latausjohto on kiinteä osa laturia.

3.1 AC-latausasemat

AC-lataus eli vaihtovirtalataus on yleisin tapa ladata sähköajoneuvoja, etenkin kotona latausasemien edullisen hinnan ja pienen tehon takia. AC-latausasemiin kuuluvat lataustavat 1–3. (Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.)

3.1.1 Kevyiden ajoneuvojen lataus eli lataustapa 1

Lataustavassa 1 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen korkeintaan 16 A:n ja 250 V:n yksivaiheista tai 480 V:n kolmivaiheista standardin mukaista pistorasiaa. Pistorasiasta tulee vaihtosähköä (AC). Pistorasia on joko Suko-pistorasia tai normaali kolmivaiheinen voimavirtapistorasia. Lataustapaa 1 käytetään pääasiassa kevyiden ajoneuvojen lataukseen. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.) Kuvassa 3 on havainnollistettu lataustapaa 1.

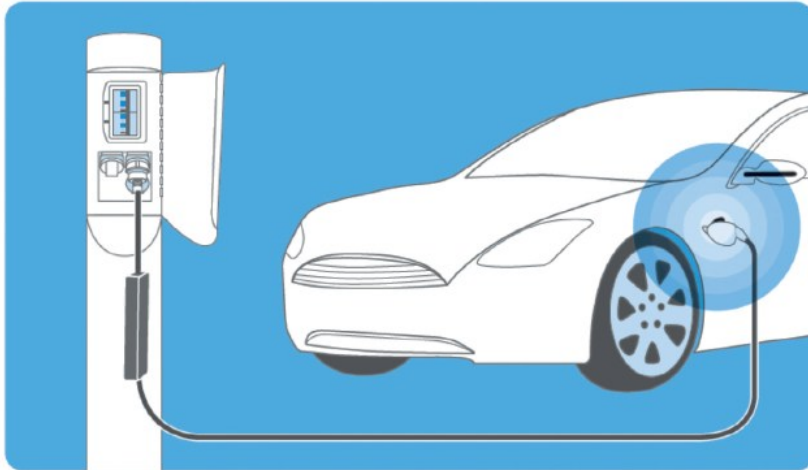


Kuva 3. Lataustapa 1 (Linja-aho ym. 2022).

3.1.2 Hidaslataus eli lataustapa 2

Lataustavassa 2 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon samalla tavalla kuin lataustavassa 1, mutta virta voi olla korkeintaan 32 A. Lataustapaa 2 tulisi käyttää vain tilapäisessä käytössä, jos esimerkiksi lataustavan 3 latauspistettä ei ole käytettävissä. Lataustavan 2 liitosjohto tulee olla tarvittavasti suojattu. Latausvirtaa suositellaan rajoitettavaksi 8 A:iin, sillä lataukseen käytettävät pistorasiat ovat usein vanhoja ja huonossa kunnossa. Lataustapaan 2 on saatavilla myös puolikiinteitä asennuksia, joissa laite kiinnitetään seinään ja kytketään joko 1-vaiheisella suko-pistokkeella tai 3-vaiheisella voimavirtapistokkeella olemassa olevaan pistorasiaan. Standardin SFS 61851 mukaisesti laite on tällöin

lataustavan 2 laite, jonka pitää täyttää standardin SFS 62752:n vaatimukset, jolloin siitä tulee löytyä vikavirtasuojaukset sekä A-tyyppin vikavirtasuoja syötölle. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.) Kuvassa 4 on havainnollistettu lataustapaa 2.



Kuva 4. Lataustapa 2 (Linja-aho ym. 2022).

Suko-pistorasiasta on saatavilla myös vahvennettu versio Supersuko-pistorasia. Supersuko-pistorasiaa voi kuormittaa jatkuvasti 16 A:n virralla. Vaikka latausjohdossa kulkee suurempi virta kuin normaalissa sähköjohdossa, se on silti turvallisempi kuin esimerkiksi ajoneuvon lämmittämistä varten maassa oleva johto, sillä johdossa on suojalaiteyksikkö, joka kytkee jännitteen pistokkeeseen vasta, kun se on kiinni ajoneuvossa. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.)

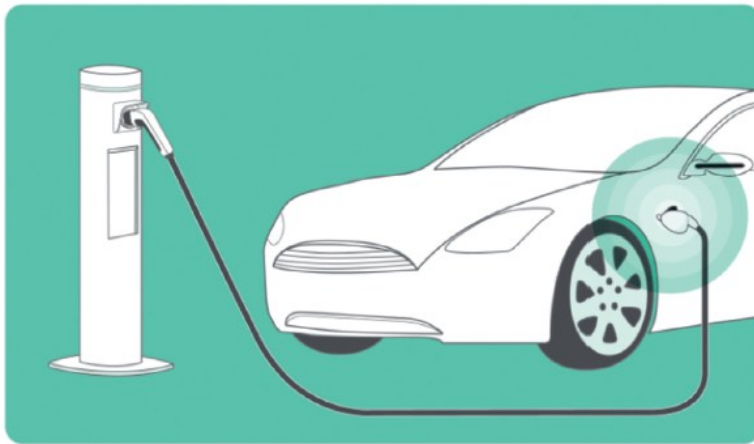
Osassa lataustavan 2 johtojen pistotulpissa on lämpötila-anturi, jota valvoo latausjohdon suojalaiteyksikkö. Tarvittaessa suojalaiteyksikkö vähentää lataustehoa tai lopettaa koko latauksen. Lämpötila-anturointia esitetään pakolliseksi vaatimukseksi. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.)

Pistorasian ja latausjohdon välissä ei tule käyttää välikomponentteja, kuten energiamittareita, ellei niitä ole nimenomaisesti suunniteltu ja hyväksytty latauskäyttöön. Ruotsissa epäiltiin pistorasian ja latausjohdon välissä olevan

välikomponentin aiheuttaneen tulipalon. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.)

3.1.3 Peruslataus eli lataustapa 3

Lataustavassa 3 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttäen erityistä sähköajoneuvon latausjärjestelmää. Lataustavan 3 latausvirta voi olla 6–63 A, jolla voidaan saavuttaa 1,4–43 kW:n latausteho. Pistorasiana käytetään yleensä Type 2 -mallista kolmivaiheista pistorasiaa. Latauspisteen kuormitusta voidaan ohjata yhden ampeerin portaissa. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.) Kuvassa 5 on havainnollistettu lataustapaa 3.



Kuva 5. Lataustapa 3 (Linja-aho ym. 2022).

3.2 DC-latausasemat eli teholataus, lataustapa 4

Lataustavassa 4 sähköajoneuvo liitetään sähköverkkoon käyttämällä täysin ajoneuvosta ulkopuolista laturia, jossa on kiinteä latausjohto. Latausasema syöttää tasasähköä (DC). Lataustavasta 4 käytetään myös nimitystä teholataus, pikalataus ja DC-lataus. Teholataukselle yleisimpiä pistoketyyppejä ovat AA (CHAdeMO) ja FF (CCS2). Teholatausasemat pystytään usein varustamaan molemmilla latauspistokkeilla. Teho ei tosin usein riitä lataamaan samanaikaisesti samasta latausasemasta eri pistoketyypeillä. Raskaalle kalustolle on suunniteltu erityisesti Charin-tyyppinen pistoke. Uudenmallisen pistokkeen myötä

lataustehotaso tulee nousemaan moninkertaiseksi nykyisestä. (Linja-aho ym. 2022; Sähköajoneuvojen lataussuositus 2023.)

4 Latausjärjestelmän vaatimukset ja suunnittelu

4.1 Latausjärjestelmän vaatimukset

Euroopan parlamentti ja neuvosto on antanut direktiivin vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta vuonna 2014, johon nykyinen kansallinen lainsäädäntö koskien latausjärjestelmiä pääosin pohjautuu (Direktiivi 2014/94/EU). Euroopan parlamentti ja neuvosto on antanut asetuksen vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta (Asetus (EU) 2023/1804). Uuden asetuksen myötä hallitus on tehnyt esityksen eduskunnalle vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta annettua EU:n asetusta täydentäväksi lainsäädännöksi (HE 52/2024).

Asetuksen 5 artiklan mukaan:

Latauspisteiden ylläpitäjien on ylläpitämissään yleisesti saatavilla olevissa latauspisteissä tarjottava loppukäyttäjille mahdollisuus sähköajoneuvon kertalataukseen. Kertalatauksen on 13 päivästä huhtikuuta 2024 alkaen käyttöön otetuissa yleisesti saatavilla olevissa latauspisteissä oltava mahdollista unionissa laajasti käytettyä maksuvälinettä käyttäen. Tätä varten latauspisteiden ylläpitäjien on hyväksyttävä sähköiset maksut kyseisissä pisteissä maksupalveluissa käytetyillä päätteillä ja laitteilla, mukaan lukien vähintään yksi seuraavista:

a) maksukortinlukijat;

b) laitteet, joissa on lähimaksutoiminto, jolla pystytään vähintään lukemaan maksukortteja;

c) yleisesti saatavilla olevien, antoteholtaan alle 50 kW:n latauspisteiden osalta laitteet, jotka käyttävät internetyhteyttä ja mahdollistavat suojatut maksutapahtumat, kuten ne, jotka luovat erityisen ruutukoodin. Latauspisteiden ylläpitäjien on 1 päivästä tammikuuta 2027 varmistettava, että kaikki niiden ylläpitämät yleisesti saatavilla

olevat, antoteholtaan vähintään 50 kW:n latauspisteet, jotka on otettu käyttöön TEN-T-tieverkon varrella tai turvallisella ja valvotulla pysäköintialueella, mukaan lukien ennen 13 päivää huhtikuuta 2024 käyttöön otetut latauspisteet, täyttävät a tai b alakohdassa säädetyt vaatimukset.

Yksi ainoa toisessa alakohdassa tarkoitettu maksupäätte tai -laite voi palvella useampia yleisesti saatavilla olevia latauspisteitä yhdessä latauskentässä.

Tässä kohdassa säädetyt vaatimuksia ei sovelleta yleisesti saatavilla oleviin latauspisteisiin, joissa ei vaadita maksua latauspalvelusta. (Asetus (EU) 2023/1804.)

Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että yli 50 kW:n latausasemiin tulee asentaa fyysinen maksukorttipäätte ja alle 50 kW:n latausasemissa riittää esim. QR-koodilla toteutettu maksutapahtumasivu, jonka kautta voi suorittaa kertamaksun. Toisin sanoen lähinnä yksityiseen käyttöön tehdyt latausasemat eivät välttämättä ole pikalatausasemien osalta järkeviä vapauttaa julkiseen käyttöön, sillä fyysisestä maksukorttipäätteestä tulee lisää kiinteitä kustannuksia latausaseman omistajalle. (Tiainen 2024; Stenberg 2024.) Asetuksessa säädetään lisäksi, että kaikki yleisesti saatavilla olevat latauspisteet ovat digitaalisesti liitettyjä latauspisteitä, latauspisteet kykenevät älylataukseen ja tasavirtalatauspisteissä on kiinteä latauskaapeli (Asetus (EU) 2024/1804). Uuden asetuksen myötä EU on tehnyt jäsenvaltioiden käyttöön latauspisteiden käyttöönottoa koskevaan raportointiin määritelmät, jotka on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2. Sähköajoneuvojen käyttöönottoa ja yleisesti saatavilla olevaa latausinfrastruktuuria koskevat raportointivaatimukset (Asetus (EU) 2024/1804: Liite 3).

Luokka	Alaluokka	Enimmäisantoteho	Asetuksen 2 artiklan mukainen määritelmä
Luokka 1 (vaihtovirta)	Hidas vaihtovirtalatauspiste, yksivaiheinen	$P < 7,4 \text{ kW}$	Normaalitehoinen latauspiste
	Keskinopea vaihtovirtalatauspiste, kolmivaiheinen	$7,4 \text{ kW} \leq P \leq 22 \text{ kW}$	
	Nopea vaihtovirtalatauspiste, kolmivaiheinen	$P > 22 \text{ kW}$	Suuritehoinen latauspiste
Luokka 2 (tasavirta)	Hidas tasavirtalatauspiste	$P < 50 \text{ kW}$	
	Nopea tasavirtalatauspiste	$50 \text{ kW} \leq P < 150 \text{ kW}$	
	Taso 1 – huippunopea tasavirtalatauspiste	$150 \text{ kW} \leq P < 350 \text{ kW}$	
	Taso 2 – huippunopea tasavirtalatauspiste	$P \geq 350 \text{ kW}$	

Latausjärjestelmien rakenne vaihtelee riippuen käyttötarkoituksesta ja lataustavasta. Raskaan kaluston kokonaisuuksissa latausjärjestelmille tarvitaan omia muuntamoja (Linja-aho ym. 2022.) Taulukossa 3 on esitetty vaatimukset muiden kuin asuinrakennusten latauspistevalmiuksista.

Taulukko 3. Muiden kuin asuinrakennusten vaatimukset (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 2020).

Paikkojen määrä	Vähimmäistoteutuslaajuus	Vähimmäisvalmius
11–30 paikkaa	1 suuritehoinen tai 1 normaalitehoinen latauspiste	Latauspistevalmius \geq 50 % pysäköintipaikoista
31–50 paikkaa		Latauspistevalmius \geq 20 % pysäköintipaikoista (vähintään 15 kpl)
51–75 paikkaa	1 suuritehoinen tai 2 normaalitehoista latauspistettä	
76–100 paikkaa		
Yli 100 paikkaa	1 suuritehoinen tai 3 normaalitehoista latauspistettä	

Laissa rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä ei ole toistaiseksi vähimmäisvaatimuksia raskaan kaluston lataukseen:

Jos rakennuksen omistaja ei noudata 7 §:ssä säädettyä velvollisuutta asentaa latauspiste, Liikenne- ja viestintäviraston on kehoitettava tätä korjaamaan asiantila asettamassaan määräajassa. Jos latauspistettä ei asenneta määräajassa, Liikenne- ja viestintäviraston on määrättävä rakennuksen omistaja asentamaan latauspiste asettamassaan uudessa määräajassa. (Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä 2020.)

4.2 Latausjärjestelmän paloturvallisuus

Pelastuslaitoksen kumppanuusverkoston ohjeessa on kerrottu tiivistetysti tarvittavat edellytykset pelastustoiminnan mahdollistamiselle. Sähköajoneuvojen akkupalot ovat tavanomaiseen autopaloon verrattuna haastavimpia ja pitkäkestoisempia. Akkupalo muodostaa merkittävän uudelleensyttymisriskin, jos paloa ei saada jäähdytettyä riittävästi. Sähköajoneuvopalossa pelastustoiminnalle isoin haaste on sammutusveden kohdistaminen suoraan akkuun. Tästä syystä sähköajoneuvon palo on yleensä pitkäkestoisempi. Näistä syistä pelastustoiminnan näkökulmat tulee ottaa huomioon sähköajoneuvojen latausjärjestelmää suunniteltaessa. Ohjeistuksen huomioiminen mahdollistaa paremman

henkilöturvallisuuden ja tulipalon sattuessa tilan nopeamman käyttöönoton tulipalon jälkeen. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Kaikkien latauspisteiden jännitteettömäksi tekeminen tulisi mahdollistaa yhdestä keskitetystä paikasta esimerkiksi hätäseis-painikkeella tai turvakytkimellä. Isoissa latauskentissä yksi keskitetty turvakytkin ei ole mahdollinen, sillä latauskentälle tulee useita syöttöjä. Isoimmassa pysäköintilaitoksissa jännitteettömäksi tekemisen voisi tehdä kerroksittain. Jos latauspisteessä käytetään omaa kaapelia, tulee hätäseis-painikkeen vapauttaa kaapelin lukitus latauspisteestä. Latauspisteiden jännitteettömäksi tekemä painike olisi suositeltavaa sijoittaa pysäköintitilan ulkopuolelle esimerkiksi paloilmoitin- tai savunpoistokeskuksen yhteyteen. Keskitetty katkaisupaikka tulee aina opastaa opastein. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.) Kuvassa 6 on havainnollistettu tarkemmin esimerkkejä katkaisupaikan opasteista.



Kuva 6. Esimerkkejä opasteista, joilla keskitetty katkaisupaikka voidaan osoittaa (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022).

Sähköajoneuvojen latauspisteet tulee merkitä selkeästi kiinteistön opasteissa, ja niiden sijainti on huomioitava kiinteistöön laadituissa pelastustoimintaohjeissa. Automaattisen paloilmoittimen paikantamiskaaviossa ja kiinteistön kohdekor-teissa tulee olla tieto latauspisteiden sijainnista kiinteistössä sekä katkaisupaikan sijainti. Jos kohteessa ei ole automaattista paloilmoitinta, tulee

pelastuslaitokselle tehdä erillinen ohje sähköajoneuvojen latauspisteiden sijainnista ja käytöstä. Akkupaloa voidaan sammuttaa tehokkaasti ainoastaan pelastuslaitoksen riittäväillä suojarusteilla varustetun henkilöstön avulla. Tämän takia sähköajoneuvojen latauspisteiden läheisyyteen ei ole tarpeen sijoittaa alkusammutusvälineistöä. Lämpimät pysäköintilaitokset pelastuslaitos suosittelee varustamaan pikapaloposteilla nopeaa jäähdytystä varten. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Mikäli kiinteistössä on hätäkeskukseen kytkettävä paloilmoitin, tulee se mahdollisuuksien mukaan yhdistää muihin kiinteistöautomaatiojärjestelmiin. Näitä ovat esimerkiksi latauspisteiden jännitteen katkaisu, latauskaapeleiden lukituksen automaattinen avaaminen ja sisäänajon estäminen pysäköintilaitokseen. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Toimiva savunpoisto on erityisen tärkeä etenkin maanalaisissa tiloissa ja pelastustoiminnan keskeinen toimintaedellytys. Akkupaloissa keskeinen haaste on palosta vapautuvat haitalliset ja syöpää aiheuttavat kemialliset yhdisteet. Pelastushenkilöstön toimintaedellytyksiä voidaan parantaa suurentamalla savunpoiston mitoitusta tavanomaisesta autosuojasta, pienentämällä savulohkojen kokoa ja lisäämällä imupisteitä kattavasti eri paikkoihin pysäköintilaitosta. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Sähköajoneuvojen sammuttamiseen tulee asentaa kiinteät sammutusvesiputkistot, mikäli etäisyys sammutusreitillä maanpinnan tasosta kauimpaan sähköajoneuvon latauspisteeseen on yli 70 metriä. Sammutusvesiputkiston tulee olla kokoa DN 80. Jos pysäköintitila on varustettu automaattisella sammutuslaitteistolla, tulee sammutusvesiputkiston ulosottoina olla kaksi 2":n palloliitin C:tä. Jos tilassa ei ole automaattista sammutuslaitteistoa, tulee ulosottoina käyttää kahta 3":n palloliitin B:tä. Vedenottoliittimet tulisi sijoittaa avattavan luukun taakse pysäköintialueen puolelle. Luukku tulee olla avattavissa 10 mm:n

kolmioavaimella. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Tiloihin, joihin on suunniteltu sähköajoneuvojen latauspisteitä ja joihin pelastusviranomaisen edellyttää Virve 1- tai Virve 2 -sisäkuuluvuutta, tulee kuuluvuudesta varmistua. Kuuluvuus koskee pysäköintitiloja, uloskäytäviä ja sammutusreittejä. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

Pelastusviranomaisen suosittelee latauspaikan sijainniksi ulkoaluetta. Jos latauspaikkoja tehdään sisätiloihin, tulisi latauspisteet sijoittaa maantasokerrokseen tai alemmissa kerroksissa ulos- ja sisäänajoreittien läheisyyteen. Tämä mahdollistaa sähköajoneuvon helpomman hinauksen. Jyrkät ajoluiskat, matalat kerroskorkeudet, hidasteet ja ahtaat tilat vaikeuttavat ajoneuvojen uloshinausta. Jos tilassa ei ole automaattista sammutuslaitteistoa, olisi suositeltavaa, etteivät latauspisteet sijaitse vierekkäin. Tämä vähentää usean sähköajoneuvopalon syttymistä. Sähköajoneuvojen latauspisteet tulee sijoittaa vähintään 10 metrin päähän ATEX-tilasta sekä palavien nesteiden säilytysastioista ja -tiloista. (Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen 2022.)

4.3 Latausjärjestelmän mitoitus

Latauspisteen teho saadaan kaavalla

$$P = \frac{0,2 \frac{kWh}{km} S}{t} \quad (1)$$

P on latauspisteen mitoitus-teho

S on ajosuorite, johon halutaan tarvittava energia latauksen aikana (km)

t on keskimääräinen latausaika (h).

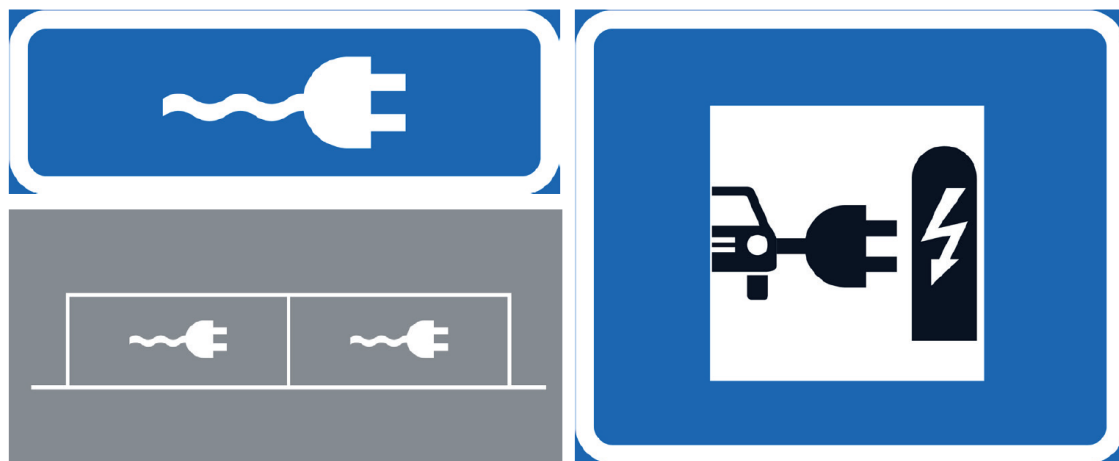
Kaupunkialueilla olisi hyvä taata vähintään 100 km:n päiväkohtainen ajosuorite. Latausjärjestelmää tehtäessä olisi hyvä toteuttaa kaikkien latauspisteiden jakelu mahdollistaen kolmivaiheisen latauksen. Kolmivaiheisen latauksen mahdollistaminen ei ole merkittävä kustannuslisä, mutta myöhemmin tehokkaamman latauksen toteuttaminen on helpompaa ja nopeampaa. (Linja-aho ym. 2022.)

4.4 Latauspisteiden sijoittelu

Latauspisteiden paikkoja osoittavat kyltit olisi hyvä muotoilla niin, että paikat ovat ensisijaisesti lataamista varten, joka ohjaisi ihmiset siirtämään autonsa latauksen päätyttyä. Samalla tekstin muotoilu vähentäisi ei-ladattavien autojen pysäköintiä latauspaikoille. Latauksen valvonta voi kuitenkin muodostua ongelmaksi, etenkin jos valvonta perustuu lataustapahtuman seurantaan. Häiriötilanteissa lataus voi keskeytyä, vaikka käyttäjä ei olisikaan tehnyt virhettä. (Linja-aho ym. 2022.)

Latauksen hinnoittelulla voidaan merkittävästi ohjata käyttäjien toimintaa lataus- asemilla. Esimerkiksi latauksen päätyttyä voidaan asettaa niin sanottu tyhjäkäyntimaksu ajalta, jolloin auto on latausasemalla mutta ei enää latauksessa. Työpaikkalatauksissa voidaan kWh-pohjaisen veloituksen jälkeen ottaa käyttöön aikaperusteinen maksu muutaman tunnin kuluttua, mikä kannustaisi lataus- asemien vuorotteluun työpäivän aikana. (Linja-aho ym. 2022.)

E erityisesti teholatausasemilla, jotka lataavat nopeasti normaalin henkilöauton täyteen, on tärkeää merkitä liikennemerkein maksimiaika, jonka sähköauto saa olla latauksessa tai pysäköitynä, jotta asema ei muutu pitkäaikaiseksi pysäköintipaikaksi. Tähän tarvitaan lisäkylpi, joka ohjeistaa pysäköintikiekon käytöstä ja ilmoittaa latauspysäköinnin enimmäisajan. (Linja-aho ym. 2022.) Kuvassa 7 on esimerkkejä erilaisista kylttivaihtoehdoista.



Kuva 7. Tieliikennelain mukaiset merkintätavat latauspaikoille (Linja-aho ym. 2022).

Peruslatauksella latausasemien latausjohdot ovat yleensä noin viiden metrin pituisia, joka mahdollistaa joustavamman sijoittelun. Teho- ja pikalatauksella kiinteät latausjohdot ovat yleensä noin 2,5 metriä pitkiä. Tehokkailla yli 100 kW: latauksilla ne ovat hyvin raskaita, joten niiden käsittely on vaikeampaa ja sijoitteluun tulisi täten kiinnittää enemmän huomiota. Auto tulee pystyä tarvittaessa peruuttamaan, joten vinoparkkeja ei suositella latauspaikoiksi. Läpiajettava latauspaikka on kaiken kaikkiaan paras. On tilastollisesti todettu, että lataustapahtuman onnistumisprosentti on lähes 100 %:a läpiajettavissa paikoissa. (Linja-aho ym. 2022.)

4.5 Latausasemien kaapelointi

Latausasemat suositellaan kaapeloimaan säteittäin kolmivaiheisella kaapeloinnilla, jolloin jokainen latauspiste muodostaa oman ryhmän. Säteittäinen kaapelointi mahdollistaa myöhemmin minkä tahansa latausjärjestelmän käytön helposti. Jos latausasemia ketjutetaan, täytyy huolehtia, että runkojohto on suojattu oikosululta ja ylikuormitukselta luotettavasti. Tämä tarkoittaa yleensä latausasemiin omia suojalaitteita, mikäli latausteho ei ole pieni tai latausjärjestelmässä on kuormanhallinta. (Linja-aho ym. 2022.)

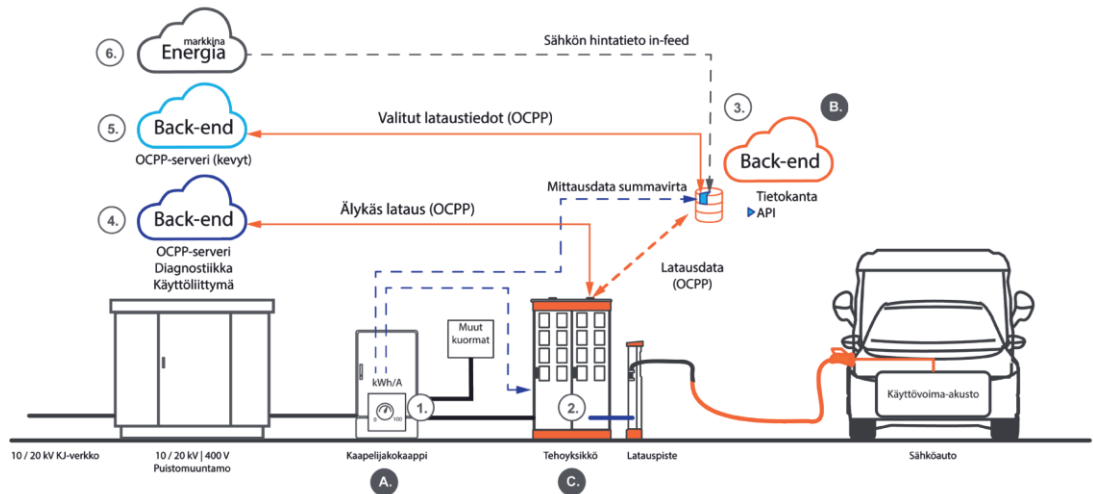
Latauspisteen kaapelointi on yksinkertaista, jos latauspisteeseen ei tarvita ohjauksia, tällöin riittää pelkkä syöttökaapeli keskukselta latauspisteeseen. Latauspisteiden kaapeloinnissa tulee huomioida vinokuorman mahdollisuus. Vinokuorma tarkoittaa sähköverkon epäsymmetristä kuormitusta eli tilannetta, jossa kolmivaihejärjestelmässä kuormitus on jakautunut epätasaisesti vaiheiden välillä. Jos latauspiste on yksivaiheinen, suositellaan vuorottelemaan vaiheita siten, että latauspisteen 1. liittimeen tulee perättäin vaiheet L1, L2 ja L3. (Linjaho ym. 2022.)

5 Taustajärjestelmät ja kuormanhallinta

5.1 Taustajärjestelmät

Taustajärjestelmät voidaan toteuttaa joko paikallisena tai pilvipohjaisena hallintiohjelmuna, joka mahdollistaa etähallinnan, käyttäjähallinnan ja raportoinnin. Taustajärjestelmien tekniikka perustuu pääasiassa OCPP (Open Charge Point Protocol) -protokollaan, joka mahdollistaa eri toimittajien laitteiden käytön eri operaattoreiden käyttöjärjestelmien kanssa alustariippumattomasti. OCPP-protokolla mahdollistaa esimerkiksi eri toimittajien latausasemien yhdistämisen toisen operaattorin käyttöjärjestelmään. Avoin toimintaperiaate mahdollistaa latausta tarjoavan operaattorin kilpailuttamisen ja vaihtamisen, jolloin ei tarvitse sitoutua ikuisesti tiettyyn operaattoriin. OCPP on välttämättömyys täysin avoimen ja riippumattoman järjestelmän mahdollistamiseksi. (Linja-aho ym. 2022.)

OCPP-protokolla mahdollistaa myös latausjärjestelmien osatoteutuksen esimerkiksi taloyhtiöissä, joissa ei välttämättä tehdä koko yhtiön parkkipaikkojen sähköistystä kerralla vaan osakkaat hankkivat itse omat latausasemansa, jolloin nämä voidaan myöhemmin yhdistää älykkääksi järjestelmäksi OCPP-protokollan ansiosta. Kuormitusta ja latauksia valvovia latausjärjestelmiä tullaan tarvitsemaan entistä enemmän sähköautojen yleistyessä. OCPP-protokolla mahdollistaa erilaisten latausasemien yhteensovituksen eri järjestelmiin. (Linja-aho ym. 2022.) Kuvassa 8 on havainnollistettu tarkemmin laajaa latausjärjestelmän taustajärjestelmää.



Kuva 8. Laajan latausjärjestelmän taustajärjestelmät (Linja-aho ym. 2022).

Latausjärjestelmä voi tunnistaa yksittäisen lataustapahtuman, joka voidaan yksilöidä ja laskuttaa lataajalta. Yleisimmät tavat tunnistaa käyttäjä on RFID, PIN-koodi tai sovelluspohjainen ratkaisu. (Linja-aho ym. 2022.)

Etähallinta tulisi olla etenkin julkisissa latauspisteissä, jolloin latauspiste saadaan tarvittaessa käynnistettyä uudelleen ja latausta hallittua manuaalisesti. Jos latauspiste on tarkoitettu vain tiettyjen henkilöiden esimerkiksi yrityksen henkilökunnan käyttöön, käyttäjähallinta on toinen tarvittava ominaisuus. Raportoinnin avulla latausjärjestelmää voidaan seurata keskitetysti. (Linja-aho ym. 2022; Stenberg 2024; Tiainen 2024.)

Latausjärjestelmien toimittajat tarjoavat myös taustajärjestelmien palveluita, jolloin esimerkiksi latauspisteen tuki ja hallinta voidaan järjestää palveluna, jolloin latausinfraan omistajan ei tarvitse varata resursseja taustajärjestelmän käyttöön. (Linja-aho ym. 2022; Stenberg 2024; Tiainen 2024.)

Käyttäjä voidaan tunnistaa joko paikallisesti tai sovelluspohjaisella menetelmällä. Paikallinen tunnistus voi tapahtua esimerkiksi RFID-tagilla tai kortilla, joka on liitetty latauspalvelun tuottajan asiakashallintajärjestelmään tai vaihtoehtoisesti OCPP-protokollaa hyödyntämällä yrityksen käyttäjähallintajärjestelmään. Tämä mahdollistaa esimerkiksi yrityksen omien autojen latauksen

ajoneuvokohtaisella tagilla, jolloin voidaan seurata ajoneuvokohtaisesti lataustapahtumia. Muita paikallisia tunnistustapoja on esimerkiksi PIN-koodi tai maksupääte, jolloin hyväksytyt maksutapahtuman jälkeen lataus alkaa. (Linja-aho ym. 2022; Stenberg 2024; Tiainen 2024.)

Ajoneuvon MAC-tunnisteeseen perustuva plug'n charge mahdollistaa taustajärjestelmän tunnistamisen ajoneuvosta latauskaapelin kautta latausjärjestelmään, joka liittyy tunnisteen joko asiakashallintajärjestelmään tai käyttäjähallintajärjestelmään. Tällöin ei ole väärinkäytöksen riskiä tuotantoautojen osalta. (Linja-aho ym. 2022; Stenberg 2024; Tiainen 2024.)

5.2 Kuormanhallinta

Isoimmissa latauskentissä kuormanhallinta tulee huomioida jo suunnitteluvaiheessa, sillä pääkeskusten nousujohtoihin pitää asentaa virtamuuntimet sekä mittalaite, joka liitetään joko yleiskaapeloinnilla tai tiedonsiirto hoidetaan langattomasti ohjausjärjestelmälle tai paikallisen hallinnan toteutuksessa suoraan latauslaitteelle. Nykyään on adaptiivisen latauksen ansiosta mahdollista allokoida latausteho ajoneuvojen saapumisjärjestyksessä. Latausteho kanavoidaan ensimmäisenä saapuneelle ajoneuville ja sitä seuraaville saapumisjärjestyksessä, kunnes ajoneuvot ovat latautuneet haluttuun SOC-tasoon. Osa raskaan kaluston valmistajista tarjoaa käytettäväksi saksalaisen standardin VDV 261 mukaisen VAS-toiminnallisuuden, joka mahdollistaa latauksen aloituksen myöhemmin pistokkeen liittämisen jälkeen. (Linja-aho ym. 2022) Kuvassa 9 on nähtävissä latausjärjestelmän jakaminen kahden eri alueen välillä.



Kuva 9. Havainnekuva latausjärjestelmän jakamisesta varikkoalueen sisäpuolen ja ulkopuolen kanssa (Linja-aho ym. 2022).

Puistomuuntamon keskijänniteliittymällä ja jakeluliittymällä on perusmaksu, jonka taloudellista rasitetta voidaan vähentää latauslaitteiden yhteiskäytöllä (Linja-aho ym. 2022). Erityisesti varikoilla latauskuormitus ajoittuu yleensä virka-aikojen (9–17) ulkopuolelle, jolloin kapasiteettia voi päiväsaikaan tarjota esimerkiksi henkilö-, kuorma- ja pakettiautojen lataukseen. Tämä mahdollistaisi paremmin henkilökunnan, vieraiden ja muiden asiakkaiden maksullisen latauksen, sillä Kaupunkiliikenteen tuotantoajoneuvot tulee olla haluttuun SOC-tasoon ladataina, kun työpäivä alkaa. Latausasemat tai osa niistä on mahdollista sijoittaa esimerkiksi varikkoalueen ulkopuolelle, mikä mahdollistaisi eri ajoneuvojen ja toimijoiden liikennejärjestelyt latausasemalle ilman käyttö- ja tilaturvallisuuden vaarantamista. (Vierikko 2024.)

6 Latausinfran perustaminen raitiovaunuvarikolle

6.1 Raitiovaunuvarikko

Raitiovaunuvarikko on rakennus, jossa raitiovaunulinjan vaunuja säilytetään, korjataan ja siistitään. Raitiotielinjaa ei ole ilman varikkoa. Jokainen uusi linja tarvitsee oman varikon, tai vaihtoehtoisesti vaunuilla tulisi olla yhteys jo olemassa olevaan varikkoon. Tehtäessä uutta raitiotielinjaa varikon on valmistuttava ajoissa, jotta varikolle tulevat uudet vaunut voidaan vastaanottaa ja linjaa alkaa liikennöimään. Varikolla on myös toimisto- ja sosiaali-tiloja tukemaan varikon toimintoja. Varikon varusteluun kuuluu yleensä myös tuotantolaitteita, kuten pyöräsorvi, vaununostimia, siltanosturi, vaunujen pesujärjestelmä ja keskusimurijärjestelmä. Varikkoa tehtäessä tulee olla tiedossa varikon laajuus ja mahdollisesti laajennusvarat. Kun varikkoa tehdään, on muistettava, että varikko ei ole koskaan valmis. Varikon tulee vastata aina tarpeisiin ja tarpeet voivat muuttua, jolloin varikkoa on myös muutettava. (Koski-Lammi 2024; Raide-Jokeri seminaari 2024; Toivanen 2024.)

6.2 Latausinfran perustaminen

Latausinfran perustaminen raitiovaunuvarikolle lähtee omistajan tarpeista. Siinä tulee huomioida myös ympäristövaatimukset. Kaupunkiliikenteen olemassa olevat latausasemat on toistaiseksi pääasiassa tarkoitettu Kaupunkiliikenteen omien tuotantoautojen lataukseen. Näitä ovat esimerkiksi pakettiautot, joita käytetään huoltohenkilökunnan ja tavaroiden liikuttamiseen. Tulevaisuudessa tekniikan kehittyessä voidaan ladata myös muita tuotantoautoja, kuten kuorma-autoja sekä pyöräkuormaajia. Kaupunkiliikenne vaatii uudelta hankittavalta kalustolta, että se kykenee lataamaan vähintään käyttäen lataustapaa 3 ja latauspäänä on Type 2. Ajoneuvon akun tulee olla kooltaan vähintään 75 kWh. Määrittelyä akun koosta tai lataustavasta ei ole vielä tehty kuorma-autoille tai muulle raskaalle kalustolle. Näitä määriteltäessä tulee ottaa huomioon, että ajoneuvoilla ajetaan ja kuljetetaan ihmisiä ja tavaraa ratatyömaille ympäri kaupunkia. Kuorma-autojen tarpeet myös vaihtelevat: osassa saattaa olla

hiekoitusjärjestelmä, pesulaite tai avolava. Käyttäjien tarpeen mukaan ajoneuvo hankitaan tarpeeksi isolla kantavuudella. Muita tarpeita on esimerkiksi, että ajoneuvon tulee olla neliveto. (Kunnas 2024; Laurila 2024; Vierikko 2024.)

Kaupunkiliikenteen uudet hankittavat ajoneuvot sähköistetään aina kun mahdollista. Kaikki Kaupunkiliikenteen käytössä olevat henkilöautot ovat sähköisiä vuoteen 2028 mennessä. (Kunnas 2024; Laurila 2024; Vierikko 2024.)

6.3 Henkilökunnan ja julkisten asiakkaiden latausmahdollisuudet

Tällä hetkellä Kaupunkiliikenne ei tarjoa henkilökunnan tai muiden kuin omien tuotantoajoneuvojen latausmahdollisuutta ja latausasemat on tehty alun perin omien tuotantoautojen lataamiseen, eikä siinä ole huomioitu julkista lataamista. Kaupunkiliikenteen henkilöstö on kuitenkin toivonut latausmahdollisuutta työpäivällä. Tämän luvun tarkoitus on selvittää mahdollisuuksia henkilökunnan latauksen toteutukseen. Haasteena on ollut etenkin vähäinen autopaikkojen määrä sekä latauksen veloitus. Osa jo nyt toteutetuista latausasemista voidaan halutessaan vapauttaa julkiseen lataukseen, jos ne täyttävät niille asetetut vaatimukset eli MID-sertifiointin ja OCPP-yhteensopivuuden. (Vierikko 2024.)

Kaupunkiliikenne on käyttänyt toistaiseksi latausaseman valmistajan omaa pilvipalvelujärjestelmää, josta on saatu tuotantoautoille tarvittavat kulutustiedot, joten ei ole ollut tarvetta erilliselle taustajärjestelmälle (Vierikko 2024).

Lähtökohtaisesti latauksessa oleva ajoneuvo ei saa olla pysyvästi varaamassa paikkaa muilta, jotta latausaseman käyttöaste olisi mahdollisimman suuri. Koska auton siirtäminen latauksen valmistauduttua ei ole kustannustehokasta, tulisi ensisijaisesti tehdä tarkka ohjeistus, jotta ajoneuvo ei saisi jäädä lataamaan sen jälkeen, kun määritetty SOC-taso on saavutettu. Latausasemat voisivat olla koko ajan käytössä omalle henkilökunnalle ja virka-ajan ulkopuolella julkisessa käytössä. Kaupunkiliikenteelle on ehdottoman tärkeää varmistaa päivystyskäytössä olevien tuotantoautojen lataaminen, jolloin kaikkia varikon latausasemia ei tulisi avaamaan julkiseen käyttöön. Todennäköisesti

tuotantoautot ladattaisiin muutenkin varikkoalueen sisällä, jolloin ei olisi riskiä, että ulkopuolinen tulisi lataamaan autoa. (Vierikko 2024.)

Sähköverovelvollisuutta ei synny palvelun tuottajalle, jos latauksen laskutusperusteena käytetään minuutteja (Sähköverolaki 1996). Kiinteässä hinnoittelussa tulisi huomioida sähkön hinnan vaihtelut. Kiinteässä hinnoittelussa tulisi ottaa myös huomioon mahdollisuus veloittaa tietty kustannusosuus infran rakentamisesta. Toinen vaihtoehto on laskuttaa lataus energian mittauksen perusteella. Energian myynnistä syntyy palvelun tuottajalle sähköverovelvollisuus, jolloin latauksen hinta voi perustua mukautuvaan kustannustasoon. (Tiainen 2024.)

Maksupäätte tarvitsee yleensä käyttösähkölle oman syöttökaapeloinnin sekä yleiskaapeloinnin tai mobiiliyhteyden mahdollistavan modeemin ja SIM-kortin (Linja-aho ym. 2022; Tiainen 2024).

Julkisessa tai puolijulkisessa käytössä olevilta latausasemilta vaaditaan lisäksi MID-sertifiointi. Tämä tarkoittaa käytännössä sitä, että latausasemissa tulee olla näyttö. Sähköautojen latauslaitteessa, jossa mitataan ladattua sähköenergiaa laskutustarkoituksiin, on oltava kuluttajan helposti nähtävillä oleva näyttö. Näytön lukema toimii mittaustuloksena, jonka perusteella hinta määräytyy. Yksittäisen käyttäjän mittarin näyttö voi sijaita myös lukitun luukun takana, kunhan käyttäjällä on siihen pääsy avaimella. Mittarissa näytetään joko kumulatiivinen energialukema tai tietyn lataustapahtuman energiamäärä, ja julkiseen lataukseen suositellaan tapahtumakohtaista energianäyttöä. Julkisissa latauspisteissä voidaan kumulatiivisesta lukemasta peittää numerot, jotka ylittävät 100 kWh. (Sähköautoihin ladatun energian mittaukset.)

Mittarin ja latausliitännän väliset häviöt eivät saa ylittää kuudesosaa suurimmasta sallitusta virheestä, jotta mittaustulos pysyy luotettavana. Latauksen päätyttyä on tarvittaessa voitava esittää pysyvä todiste mittaustuloksesta sekä lataustapahtuman yksilöintiin liittyvistä tiedoista. Lataustapahtuman jälkeen toimittuja tietoja on voitava vertailla latausaseman mittarin näytön antamiin tietoihin. (Sähköautoihin ladatun energian mittaukset.)

7 Yhteenveto ja pohdinta

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää raitiovaunuvarikolle suunniteltavan latausinfrastruktuurin keskeiset suunnittelutarpeet ja toteutusvaihtoehdot tukemaan Kaupunkiliikenne Oy:n päätöksentekoa tilaajana. Työ keskittyi varikko-ympäristöön sopivien latauslaitteiden, niiden sijoittelun ja kriittisten suunnittelunäkökohtien, kuten kuormanhallinnan ja turvallisuuden arviointiin. Lisäksi työssä tuotiin esiin suosituksia latausratkaisuista ja otettiin huomioon myös henkilöstön latausmahdollisuudet sekä taustajärjestelmien vaatimukset.

Työn tuloksena syntyi kokonaisvaltainen käsikirja latausinfra perustamisesta raitiovaunuvarikolle, mikä mahdollistaa kestävämpien ja kustannustehokkaampien ratkaisujen toteuttamisen.

Kaikki latausasemat tulisi olla OCPP1.6- tai 2.1 yhteensopivia, jotta ne saadaan yhdistettyä keskitettyyn taustajärjestelmään ja latausaseman MID-sertifioinnin avulla voidaan latausasema tarvittaessa vapauttaa puolijulkiseen tai julkiseen käyttöön.

Latauksesta olisi syytä periä maksua kaikilta, jotta siitä ei muodostu etua. Julkisesta latauksesta on mahdollista saada myös katetta kattamaan käyttö- ja infra-kustannuksia.

Lataustapahtuman kestoa olisi syytä rajoittaa etenkin tehollatausasemien osalta. Tämä voidaan tehdä esimerkiksi kyltein tai määrittämällä haluttu SOC-taso. Kun haluttu SOC-taso on saavutettu, lataustapahtuma keskeytyy. Tämän lisäksi voitaisiin vielä veloittaa korkeahkoa aikaveloitusta siitä hetkestä, kun auto on ladata täyteen tai tietty kohtuullinen latausaika on kulunut.

Lähtökohtaisesti kaikki latauspaikat olisi syytä olla varattuna ainoastaan latauksessa oleville sähköautoille. Jos kuitenkin parkkipaikkojen kokonaismäärä on rajallinen suhteessa parkkipaikkoja tarvitsevien määrään ja vapaita parkkipaikkoja ei ole saatavilla olisi parkkipaikalle syytä sallia pysäköidä myös polttomootoriauto (ICE).

Vaikka latauspisteiden sijoittelua ei tekisi itse, tilaajan olisi syytä tietää perusasiat sijoittelusta, jotta tilaaja ei hyväksy sellaista suunnitelmaa, mikä ei ole oikeasti järkevä toteuttaa. Tilastojen valossa osa latauspaikkojen sijoittelusta on parempia kuin toiset. Tilaajan on syytä myös tiedostaa pelastusviranomaisten vaatimukset ja suositukset, jotta ne on huomioitu jo suunnitteluvaiheessa. Omistaja vastaa joka tapauksessa viranomaisvaatimusten täyttämisestä.

Työtä voisi jatkaa muutaman vuoden kuluttua, kun markkinoille on tullut enemmän täyssähköisiä hyötyajoneuvoja ja työkoneita. Tähän Kaupunkiliikenne voisi vaikuttaa omalta osaltaan tilaajana tekemällä kestäviä valintoja uusia ajoneuvoja hankittaessa.

Lähteet

Ajoneuvolaki. 2002. 1090/11.12.2002.

Asetus ajoneuvojen rakenteesta ja varusteista. 1992. 1256/4.12.1992.

Ennakoiva markkinavuoropuhelu: sähköisten työkoneiden käyttö rakennustyömailla. 2022. Verkkoaineisto. KEINO-osaamiskeskus. <<https://www.hankinta-keino.fi/fi/ajankohtaista/tapahtumat/ennakoiva-markkinavuoropuhelu-sahkoisten-tyokoneiden-kaytto>>. 18.5.2022. Katsottu 6.3.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta. 2023. Asetus (EU) 2023/1804. Verkko-aineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 22.9.2023. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32023R1804>>. Luettu 13.10.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta. 2014. Direktiivi 2014/94/EU. Verkkoaineisto. Euroopan unionin virallinen lehti 28.10.2014. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014L0094>>. Luettu 13.10.2024.

Hallituksen esitys eduskunnalle vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta annettua EU:n asetusta täydentäväksi lainsäädännöksi. 2024. HE 52/2024.

Hiilineutraali Kaupunkiliikenne 2030. Verkkoaineisto. Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy. <<https://kaupunkiliikenne.fi/vastuullisuus/hiilineutraali-kaupunkiliikenne/>>. Luettu 18.2.2024.

Kevyt hyötyajoneuvo. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://stat.fi/meta/kas/kevyt_hyotyajon.html>. Luettu 27.10.2024.

Koski-Lammi, Lotta. 2024. Hankejohtaja, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 13.9.2024.

Kunnas, Paula. 2024. Suunnittelija, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 28.3.2024.

Laki rakennusten varustamisesta sähköajoneuvojen latauspisteillä ja latauspistevalmiuksilla sekä automaatio- ja ohjausjärjestelmillä. 2020. 733/29.10.2020.

Laki sähkön ja eräiden polttoaineiden valmisteverosta. 1996. 1260/30.12.1996.

Laurila, Jaakko. 2024. Hankintainsinööri, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 28.3.2024.

Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä. 2024. Verkkoaineisto. Autoalan Tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/tilastot/autokannan_kehitys/sahko-autojen_maaran_kehitys>. 7.11.2024. Luettu 17.11.2024.

Linja-aho, V.; Mäkinen, J.; Orrberg, M. & Sähkötieto. 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. 6., uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Pihlatie; Söderena; Markkanen; Nylund; Rahkola; Åman; Muona; Pettinen; Nau-manen; Shah; Baranauskas. 2022. Työkoneiden kustannustehokkaat päästövä-hennyskeinot. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022:63. Helsinki: Valtioneuvoston kanslia.

Raide-Jokeri-seminaari. Yrityksen sisäinen aineisto. Pääkaupunkiseudun Kau-punkiliikenne Oy.

Raskas hyötyajoneuvo. Verkkoaineisto. Tilastokeskus. <https://stat.fi/meta/kas/raskas_hyotyajo.html>. Luettu 27.10.2024.

SFS-EN IEC 61851-1. 2019. Electric vehicle conductive charging system – Part 1: General requirements. European Committee for Electrotechnical Standardi-zation.

Stenberg, Juha. 2024. CEO & Co-Founder, eMabler Oy, Helsinki. Keskustelu 16.9.2024.

Strategia, visio ja arvot. 2024. Yrityksen sisäinen aineisto. Pääkaupunkiseudun Kaupunkiliikenne Oy.

Sähköajoneuvojen latauspisteet kiinteistöissä ja pelastustoiminnan edellytysten huomioiminen: Ohje toiminnanharjoittajalle. 2022. Verkkoaineisto. Pelastuslai-tosten kumppanuusverkosto. <https://pelastuslaitokset.fi/sites/default/files/2022-08/S%C3%A4hk%C3%B6autojen_latauspisteet_kiin-teist%C3%B6ss%C3%A4_ja_pelastustoiminnan_edellytysten_huomioimi-nen.pdf>. 14.6.2022. Luettu 2.9.2024.

Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2023. Verkkoaineisto. SESKO ry. <<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/lataussuositus/>>. 18.5.2023. Luettu 17.10.2024.

Sähköautoihin ladatun energian mittaukset. Verkkoaineisto. Turvallisuus- ja ke-mikaalivirasto. <<https://tukes.fi/tuotteet-ja-palvelut/mittauslaitteet/sahkoautojen-latausmittaus>>. Luettu 21.10.2024.

Sähköautosanasto. 2021. Verkkoaineisto. SESKO ry. <<https://sesko.fi/standardointi/sahkoautot-ja-latausjarjestelmat/sahkoautosanasto/>>. 8.4.2021. Luettu 6.3.2024.

Talvio, Satu. 2024. Ympäristöasiantuntija, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 2.4.2024.

Tiainen, Pekka. 2024. Toimitusjohtaja, Wattery Oy, Teams-keskustelu 11.9.2024.

Toivanen, Antti. 2024. Projektipäällikkö, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 13.9.2024.

Valovirta, Ville. 2022. Miten julkisilla hankinnoilla voidaan edistää sähköisten työkoneiden käyttöönottoa rakennustyömailla? Verkkoaineisto. Työ- ja elinkeinoministeriön ohjaama ja rahoittama KEINO-osaamiskeskus. <<https://www.hankintakeino.fi/fi/ajankohtaista/blogikirjoitukset/miten-julkisilla-hankinnoilla-voidaan-edistaa-sahkoisten>>. 31.8.2022. Luettu 6.3.2024.

Vierikko, Mika. 2024. Tiimipäällikkö varikot + muut kohteet, Kaupunkiliikenne, Helsinki. Keskustelu 20.9.2024.

Liikennekäytössä olevien sähköajoneuvojen määrä Suomessa

Taulukko 1. Liikennekäytössä olevien sähköajoneuvojen määrä Suomessa.

Vuosi	täyssähköiset henkilöautot	henkilöautot, lataushybridit	täyssähköiset paketti-autot	paketti-autot, lataushybridit	täyssähköiset kuorma-autot	kuorma-autot, lataushybridit	täyssähköiset linja-autot	linja-autot, lataushybridit
2010	23	0	74	0	0	0	0	0
2011	56	0	75	0	0	0	0	0
2012	109	128	84	0	0	0	1	0
2013	169	296	84	0	0	0	3	0
2014	360	569	96	1	0	0	5	0
2015	614	973	129	1	1	0	5	0
2016	844	2 441	170	7	1	0	13	0
2017	1 449	5 719	210	14	1	0	22	0
2018	2 404	13 095	256	29	2	0	21	0

2019	4 661	24 703	312	39	2	0	62	3
2020	9 697	45 621	444	107	7	0	87	2
2021	22 921	76 990	796	182	9	0	271	2
2022	44 889	104 039	1556	258	25	0	550	2
2023	83 765	135 090	3181	294	66	5	653	2
11/2024	112 160	163 474	4188	353	101	7	933	0

(Liikennekäytössä olevien ladattavien autojen määrä 2024.)