



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Petri Simonen

Sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen tulevaisuuden latausratkaisut

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Ajoneuvotekniikan koulutusohjelma

Opinnäytetyö

19.5.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Petri Simonen Sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen tulevaisuuden latausratkaisut 67 sivua + 3 liitettä 19.5.2021
Tutkinto	insinööri (YAMK)
Tutkinto-ohjelma	Ajoneuvotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	
Ohjaajat	Lehtori Pasi Kovanen
<p>Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia nykyisiä ja tulevia lataustapoja varsinkin hyötyajoneuvojen osalta. Tavoitteena oli selvittää, onko täyssähköisille hyötyajoneuvoille jo olemassa vakiintuneita latausratkaisuja, sekä tutkia, miten tulevaisuudessa täyssähköisiä ajoneuvoja ladataan.</p> <p>Täyssähköisten ajoneuvojen lisääntyminen vaatii yhteneväisiä toimintatapoja lakien ja standardien muodossa, joita työssä myös tarkastellaan. Lisäksi työssä laadittiin esimerkki latausjärjestelmän suunnittelusta Veho Oy Ab:n Liedon-pisteeseen, jota voidaan tulevaisuudessa tarvittaessa käyttää. Tutkimuksessa on käytetty lähteinä aiheesta luotuja tieteellisiä artikkeleita, verkkojulkaisuja, viranomaissäädöksiä sekä muuta aiheesta löytynyttä kirjallisuutta.</p> <p>Täyssähköisten hyötyajoneuvojen kanta on vielä lähes olematon Suomessa, joten tässä opinnäytetyössä vertailtiin eri tahojen ennusteita tulevaisuuden autokannan kehittymisestä ajoneuvoryhmittäin. Varsinkin sähkökäyttöisten ajoneuvojen teknisten ratkaisujen osalta huomattiin, että moni asia on vielä standardoimatta, jolloin autovalmistajat voivat toteuttaa ratkaisuja haluamallaan tavalla. Työssä tutkittiin myös sähköajoneuvoihin ja kiinteistöjen sähköverkkoon liittyviä lakialoitteita sekä tulevia standardeja, jotka ovat vielä valmisteilla. Latausjärjestelmän suunnittelussa keskityttiin latausasemien ominaisuuksiin, tulevaisuuden tarpeisiin sekä pääkomponenttien kustannuksiin. Suunnitelma tehtiin laitevalmistajan ohjeiden perusteella ja mitoitettiin eri lähteistä saatujen latauspisteiden mitoitusohjeiden mukaan.</p> <p>Tutkimuksissa selvisi, että täyssähköisten hyötyajoneuvojen tulevaisuuden ennusteet poikkeavat paljon toisistaan ja niiden perusteella ei ajoneuvokannan kehitystä voida tarkasti selvittää. Myös kehitteillä olevat lait ja määräykset voivat pakottaa ajoneuvokannan kasvuun tulevaisuudessa. Kiinteistöjen sähköverkon rakentamiseen ajoneuvojen latausjärjestelmille ollaan myös luomassa lakeja, jotka määräävät minimivaatimukset latauspisteille. Työn tuloksena syntyi myös latausjärjestelmäesimerkki, jonka suunnittelussa on otettu huomioon korjaamon tarpeet ja järjestelmä mitoitettu sen mukaan.</p>	
Avainsanat	hyötyajoneuvot, latausjärjestelmät, sähköverkko

Author Title	Petri Simonen Future Charging Methods of Electric Commercial Vehicles
Number of Pages Date	67 pages + 3 appendices 19 May 2021
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Automotive Engineering
Professional Major	
Instructors	Pasi Kovanen, Senior lecturer
<p>The aim of this thesis was to study existing and future charging methods, especially for commercial vehicles. The aim was to find out if there are any already settled charging solutions for electric commercial vehicles and to study how the charging of electric vehicles will be done in the future.</p> <p>As the number of fully electric vehicles increases, uniform practices must be created in the form of laws and standards, which are also discussed in this thesis. An example of the design of a charging system that can be used in the future was created in this thesis for the Veho Oy Ab Lieto workshop. Scientific articles, online publications, government regulations and other literature on the subject have been used as sources in the thesis.</p> <p>The number of fully electric commercial vehicles is still small in Finland. Therefore, the forecasts of various instances on the future growth of different electric vehicle groups were compared. It seems that especially technical solutions for electric vehicles have not yet been standardized, which might mean that automotive manufacturers could implement their own solutions. The thesis studies the legislative initiatives for electric vehicles and the power grid for real estate as well as the standards that are still being prepared. The focus in the design of the charging system was on the characteristics of the charging stations and the future needs and the costs of the main components. The plan was carried out based on the instructions of the equipment manufacturers and information of various measuring sources in the charging stations.</p> <p>The thesis showed that the forecasts for the future of all-electric commercial vehicles differ from each other, and it is not possible to give an exact forecast of the future development of the vehicle fleet. The number of electric vehicles may also increase due to new laws and standards that force the growth of the vehicle fleet. Laws are being created for the electricity grid of the properties that would set a minimum number for charging stations. As a result of the design work an example of a charging system was created, the design of which considered the needs of the workshop, and the charging system was designed according to the needs.</p>	
Keywords	commercial vehicles, charging systems, electrical grid

Sisällys

Lyhenteet

1	Johdanto	1
2	Ladattavat hyötyajoneuvot	3
2.1	Muita tulevaisuuden latausratkaisuja	4
2.2	eVito	5
2.3	eSprinter	6
2.4	eCanter	7
2.5	eCitaro	8
2.6	eActros	10
2.7	eEconic	11
3	Lataustavat ja latauspistokkeet	12
3.1	Sähköajoneuvojen lataustehot sekä niiden hinnoittelu	12
3.2	Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1)	14
3.3	Hidas lataus (lataustapa 2)	14
3.4	Peruslataus (lataustapa 3)	15
3.5	Teholataus (lataustapa 4)	17
3.6	Kiskolataus eli pantografi	20
3.7	Muita tulevaisuuden lataustapoja	22
4	Standardit ja määräykset	26
4.1	Standardisomisjärjestöjä maailmalla	27
4.2	Standardit sähköajoneuvoille	28
4.3	Lakiehdotus maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta	29
5	Autokanta nyt ja tulevaisuudessa	30
5.1	Valtioiden, kuntien ja kaupunkien määräykset tulevaisuudessa päästöjen osalta	31
5.2	Päästöjen vaikutus ajoneuvokantaan	32
5.3	Ajoneuvojen määrä tulevaisuudessa	33

5.4	Ajoneuvojen jakaantuminen Suomessa	41
6	Kiinteistön vaatimukset	41
6.1	Sähköliittymä	41
6.2	Kaapelointi ja putkitus	43
6.3	Latausasemien sijoitus	44
6.4	Kiinteistön sähkökuorman hallinta	44
6.5	Käyttäjien hallinta ja tiedonsiirto	49
7	Vehon korjaamon latauspisteiden suunnittelu tulevaisuutta varten	51
7.1	Liedon pisteen lähtötietoja	52
7.2	Tarpeet	53
7.2.1	Myynti- ja luovutustilat	55
7.2.2	Pakettiautokorjaamo	55
7.2.3	Raskaan kaluston korjaamo	56
7.2.4	Pysäköintialueet	56
7.2.5	Autokatos	58
7.3	Sähköverkko	59
7.3.1	Sähköverkon kuormitus	59
7.3.2	Latausasemat	60
7.4	Kustannukset	63
8	Loppusanat	65
	Lähteet	68

Liitteet

Liite 1. Liikenne- ja viestintäministeriön käyttövoimaennuste

Liite 2. VTT:n käyttövoimaennuste

Liite 3. Tieliikenteen tietokeskuksen käyttövoimaennuste

Lyhenteet

ACEA	European Automotive Manufacturers Association, Euroopan autovalmistajien liitto.
BMS	Battery Management System, akun hallintajärjestelmä.
CNG	Compressed Natural Gas, paineistettu maakaasu.
IEA	International Energy Agency, kansainvälinen energiajärjestö.
IEC	International Electrotechnical Commission, kansainvälinen sähköalan standardointijärjestö.
ISO	International Organization for Standardization, kansainvälinen standardointijärjestö.
LNG	Liquefied Natural Gas, nesteytetty maakaasu.
LVM	Liikenne ja viestintä ministeriö.
OCPP	Open Charge Point Protocol, latausasemien kommunikointiprotokolla.
RFID	Radio Frequency Identification, radiotaajuudella toimiva etätunnistus.
VECTO	Vehicle Energy Calculation Tool, työkalu kuorma-autojen kulutuksen ja päästöjen laskentaan.
WLTP	Worldwide Harmonised Light Vehicles Test Procedure, uusi todenmukaisempi CO ₂ -päästöjen mittaustapa henkilöautoille.

1 Johdanto

Työssä tutkittiin täyssähköisten ajoneuvojen määrää erilaisten ennusteiden ja nykyisten liikenteessä olevien ajoneuvojen perusteella. Esimerkiksi EU:n asettamat päästötavoitteet kuitenkin pakottavat ajoneuvovalmistajia kehittämään erilaisia ratkaisuja ajoneuvojen käyttövoimille tulevaisuudessa. Tällä hetkellä hybridi- sekä täyssähköautot ovat jo tulossa kuitenkin markkinoille kovaa vauhtia. Hyötyajoneuvojen osalta täyssähköisten ajoneuvojen kasvun ennustaminen on vielä hyvin pienien valmistusmäärien takia vaikeaa, mutta ajoneuvovalmistajat ovat tuomassa myös täyssähköisiä hyötyajoneuvoja markkinoille lähivuosina. Tällä hetkellä suurin kasvuryhmä hyötyajoneuvoissa on sähkökäyttöiset kaupunkilinja-autot sekä pakettiautot, joiden reitti työpäivälle on helppo suunnitella etukäteen. Myös maailmaa vallitsevalla koronaepidemiolla on todennäköisesti vaikutuksia autovalmistajien tuotekehitykseen [1, s. 17.] Sähkökäyttöisistä ajoneuvoista on tehty paljon erilaisia ennusteita tulevaisuudelle, joita tässä työssä myös tutkitaan. Työssä on esitelty Daimlerin valmistamat täyssähköiset ajoneuvot, jotka ovat tällä hetkellä markkinoilla tai tulossa sinne lähivuosina.

Työn tavoitteena oli tutkia nykyisiä ja tulevaisuuden sähköajoneuvojen latausratkaisuja varsinkin hyötyajoneuvojen osalta, jotka vaativat latauksen osalta huomattavasti suurempia lataustehoja kuin henkilöautot niiden suuren akkukapasiteetin takia. Pienemmillä lataustehoilla latausajat kasvavat suuriksi, jolloin ajoneuvon käyttö työtehtävissä olisi haasteellista. Suuremmat lataustehot kuitenkin kuormittavat kiinteistöjen sähköverkkoa merkittävästi enemmän kuin tavalliset kotilatauspisteet, joten on tärkeää optimoida latausasemien aiheuttamaa kuormitusta myös sähköverkon osalta.

Lisäksi ajoneuvojen käyttäjillä on erilaisia käyttötarkoituksia sekä ajosuoritteita ajoneuvoille, jotka täytyy jo myyntivaiheessa huomioida. Sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen myynti tulee siis myös muuttumaan tulevaisuudessa, koska ajoneuvon lataus on iso osa ajoneuvon käyttöä. Automyynnin tulee tämän vuoksi myös huomioida asiakkaan lataustarpeet jo myyntivaiheessa sekä mahdollisesti opastaa sopivien latausasemien hankinnoissa sekä käytössä. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen lataaminen aiheuttaa uudenlaisia kustannuksia käyttäjille latausasemien, mahdollisesti kiinteistön sähköliittymän kasvattamisen ja sähkönkäytön osalta, joita tässä työssä on tutkittu. Hyötyajoneuvot ovat

pääsääntöisesti ammattikäytössä, joten niiden käyttökustannukset tulee selvittää käyttäjälle ennen ajoneuvon hankintaa.

Autotalojen pitää myös suunnitella omia tulevaisuuden lataustarpeita niin korjaamoiden, myynnin, vuokraustoiminnan kuin asiakkaidenkin kannalta ja pyrkiä löytämään kaikkien näkökulmasta mahdollisimman tehokas tapa ladata ajoneuvoja.

Latausratkaisujen toteuttamiseen vaikuttaa myös voimassa olevat standardit sekä lait ja niiden vaikutusta sähkökäyttöisiin ajoneuvoihin sekä kiinteistöihin selvitettiin tässä työssä. Varsinkin sähköajoneuvoja varten on jouduttu nopealla aikataululla luomaan uusia standardeja sekä lakeja, jotta saataisiin mahdollisimman yhteneväisiä toimintatapoja sekä ratkaisuja eri valmistajien kesken. Tätä työtäkin tehdessä eteen tuli asioita, joihin ei vielä ole luotu standardeja, joten mitään vakiintunutta toimintatapaa ei silloin ole. Muun muassa pantografilatauslaitteella ei vielä ole voimassa olevaa standardia vaan se on vasta kehitteillä. Myös lakeja sähköajoneuvoihin liittyen on julkaistu tai julkaisemassa, jolla saadaan tulevaisuutta varten esimerkiksi kiinteistöihin vähintään varaukset tehtyä latausasemille.

Veho Oy Ab kartoittaa tällä hetkellä kaikkien korjaamoiden lataustarpeita ja päivittää niitä tarvittaessa. Korjaamoiden sähköliittymiä tullaan myös kasvattamaan, jos se osoittautuu tarpeelliseksi. Latauspisteiden kartoittaminen sekä lisäys tullaan suorittamaan aluksi suurimpien kaupunkien korjaamoille tarpeen mukaan. Tässä työssä kartoitettiin Veho Oy Ab:n Liedon hyötyajoneuvopisteen tarve latauslaitteille ja suunniteltiin niiden sijoitukset mahdollisimman tehokkaaksi. Aluksi suunnittelussa kartoitettiin nykyiset latauspisteet, tulevaisuuden tarpeet sekä olemassa olevan sähköverkon riittävyys. Kartoituksen jälkeen valittiin laitevalmistaja, joka täyttää latausjärjestelmän tarpeet. Järjestelmä mitoitettiin tutkimusten mukaisille tulevaisuuden ajoneuvomäärille. Korjaamolle tullaan myös mahdollisesti asentamaan tai lisäämään 63 A:n 3-vaihepistorasioita, joita käytetään liikuteltavissa DC-latausasemissa. Työ tehtiin avuksi Veholle Oy Ab:lle, jotta rakenteilla olevat ja olemassa olevat autotalot voidaan varustaa nykystandardien ja tarpeiden mukaisilla latausjärjestelmillä.

2 Ladattavat hyötyajoneuvot

Tällä hetkellä Daimler on tuonut tai tuomassa lähivuosina Euroopan markkinoille useita hyötyajoneuvoja, jotka ovat täyssähköisiä. Toistaiseksi näiden lataustehot muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta ovat vielä maltillisia, mutta tulevaisuudessa vaatimukset näyttävät kasvavan, jolloin tarvitaan nopeampaa latausta eli suurempia lataustehoja. Esimerkiksi vanhaa Mercedes-Benz eVitoa, jonka akkukapasiteetti on 41 kWh, voidaan ladata ainoastaan AC-latauksella 7,2 kW:n teholla [2]. Uuden eViton akkukapasiteetti on jo kasvatettu 100 kWh:iin, minkä seurauksena lataustehot ovat kasvaneet AC-latauksessa 11 kW ja ajoneuvoa voidaan myös ladata DC-latauksella 110 kW:n teholla [3]. Vuoden 2021 aikana Daimler on ilmoittanut aloittavansa täyssähköisen eActros-kuorma-auton sarjatuotannon. Tällä hetkellä eActroksia on testiajossa usealla asiakkaalla ympäri Eurooppaa. Tulossa on myös täyssähköinen eEconic-jäteauto, jonka sarjatuotanto on Daimlerin mukaan tarkoitus alkaa 2022. eEconicin tekniikka tulee perustumaan eActrosin tekniikkaan. Suomessa täyssähköinen eActros tulee koeajoon ja asiakastesteihin melko varmasti aluksi ainakin pääkaupunkiseudulle. [4] Täyssähköisenä pakettiautoja on jo markkinoilla eVito sekä eSprinter. Lisäksi Daimlerin mallivalikoimaan kuorma-autojen osalta kuuluu myös Mitsubishi eCanter, joka kuormattavuuden osalta asettuu eSprinterin ja eActrosin väliin. Taulukossa 1 on esitetty Mercedesksen tällä hetkellä valmistamien ajoneuvojen akkukapasiteetit, akkukemiat sekä lataustehot.

Taulukko 1. Taulukko Daimlerin akkukapasiteeteista sekä maksimilataustehoista [2; 3; 4; 8; 9].

Malli	Nimellis akkukapasiteetti	Akkujen nimellisjännite	Akkukemia	Maksimi AC-latausteho	Maksimi DC-latausteho
eVito	41 kWh	356 V	Li-ion	7,2 kW	ei DC-latausta
New eVito	100 kWh	356 V	Li-ion	11 kW	110 kW
eSprinter	41/55 kWh	356 V	Li-ion	7,2 kW	80 kW
eCanter	82,8 kWh	356 V	Li-ion	7,2 kW	50 kW
eCitaro (NMC battery)	198 - 396 kWh	655 V	NMC	ei AC-latausta	150 / 300 kW*
eCitaro (Solid-State battery)	378 - 441 kWh	612 V	Solid-State	ei AC-latausta	80 kW
eActros	240 kWh	800 V	Li-ion	ei AC-latausta	150 kW
eEconic	240 kWh	800 V	Li-ion	ei AC-latausta	150 kW

*300 kW latausteho kattolatuslaitteella

2.1 Muita tulevaisuuden latausratkaisuja

Myös moni muu merkki on julkaissut tai julkaisemassa omia sähkökäyttöisiä ajoneuvoja, joten latausasemien tarve tulee tulevaisuudessa kasvamaan. Esimerkiksi Volvo on tuonut jo markkinoille täyssähköisen kuorma-auton, joka on asiakkailta jo testikäytössä Euroopassa [5]. Scaniaa markkinoilla hybridikäyttöinen kuorma-auto, jolla voidaan ajaa sähköllä n. 10 kilometrin matka.

Kuorma-autoihin on myös esitetty erilaisia konsepteja, joista yksi niistä on Wabcon kehittämä e-trailer. E-trailerissa peräkärryn on sijoitettu akusto sekä ajomoottori, jolla saadaan tavallisella dieselmoottorilla varustetun kuorma-auton kulutusta pienemmäksi (kuva 1). Yhdistelmä liikkuu pääsääntöisesti auton omalla moottorilla, mutta liikkumista avustetaan peräkärryn sähkömoottorilla. Peräkärryn akustoa ladataan jarrutuksesta saatavalla energialla. [6, s. 36–40.] Kehitteillä on myös ratkaisuja, jolla ajoneuvoa voidaan ladata tai se saa suoraan käyttövoimansa ajon aikana. Euroopassa on myös testikäytössä valtatiesuoksia, joiden yläpuolella kulkee sähkölinjat. Tiellä kulkevat ajoneuvot voivat ottaa käyttövoimansa sekä latausenergiansa katolle sijoitetusta pantografilaitteesta, sekä syöttää mahdollisesti jarrutusenergian suoraan sähköverkkoon takaisin, jos ajoneuvon akusto ei pysty energiaa vastaanottamaan. Kaikki kuorma-autoja Euroopassa valmistavat valtamerkit ovat jo kuitenkin jollain tavalla mukana täyssähköisten kuorma-autojen valmistuksessa.



Kuva 1. Wabcon kehittämä perävaunu, joka avustaa vetoautoa sähkömoottorilla [6, s. 36–40].

Täyssähköisiä kaupunkilinja-autoja on jo maailmalla liikenteessä yhteensä noin 500 000 kappaletta ja myös Suomessa täyssähköisten kaupunkilinja-autojen määrä on kasvanut viime vuosina. Vuonna 2019 liikennekäytössä oli täyssähköisiä linja-autoja 22 kpl ja vuonna 2021 alussa 88 kpl. [7]

2.2 eVito

eVito on jo sarjatuotannossa oleva pakettiauto, jonka nimellisakkukapasiteetti on 41 kWh, josta käytettävissä on 35 kWh (kuva 2). Tällä saavutetaan noin 150 km:n toimintasäde (WLTP). eVito on varustettu omalla 7,2 kW:n latauslaitteella, jolla akkujen lataus täyteen kestää noin 6 tuntia. Akkujen nimellisjännite on 365 V. Nykyistä markkinoilla olevaa eVitoa voidaan ladata ainoastaan auton omalla latauslaitteella. eVitoa ei näin ollen ole mahdollista ladata pikatauksella tasajännitteellä. [2]



Kuva 2. eVito [2].

Vuoden 2020 aikana tulee markkinoille uudistettu eVito, jossa auton oman latauslaitteen tehoa on kasvatettu 11 kW. Uuden eViton akkukapasiteetti on nostettu 100 kWh:iin, josta käytössä on 90 kWh. Kasvatetulla akkukapasiteetilla saavutetaan 421 km:n toimintasäde, EU:n direktiivin 692/2008/EC mukaan. Uudistettua eVitoa voidaan myös ladata DC-latauksella maksimissaan 110 kW:n teholla. [3]

2.3 eSprinter

eSprinter (kuva 3) on täyssähköinen eVitoa suurempi pakettiauto, johon on mahdollisuus valita käyttötarpeen mukaan joko 41 kWh:n tai 55 kWh:n nimellisakkukapasiteetti. Akkujen nimelliskapasiteetti muodostuu akkumoduuleista, joita pienemmässä on kolme ja suuremmassa neljä kappaletta. Pienemmällä akkukapasiteetilla auton kantavuus on 1040 kg ja vastaavasti suuremmalla akkukapasiteetilla 891 kg. Akkujen nimellisjännite on 365 V. eSprinter on varustettu 7,4 kW:n omalla AC-laturilla ja sitä voidaan myös ladata DC-latauksella maksimissaan 80 kW:n teholla [8].



Kuva 3. Täyssähköinen eSprinter [8].

eSprinterin toimintasäde 55 kWh:n akulla on 168 km ja 41 kWh akulla 115 km, WLTP mittaustavan mukaan [8].

2.4 eCanter

Mitsubishi eCanter (kuva 4) on Daimlerin valmistama sähkökäyttöinen kuorma-auto, jonka akkukapasiteetti on 82,8 kWh. Auto on varustettu omalla 7,2 kW:n latauslaitteella, jolla akkujen lataaminen täyteen kestää noin yhdeksän tuntia. Autoa voidaan myös ladata tasajännitteellä maksimissaan 50 kW:n teholla, jolloin akut valmistajan mukaan saadaan ladattua täyteen alle kahdessa tunnissa. Autossa on vakiovarusteena tyyppin 2 CCS -pistoke, tai valinnaisesti asiakas voi tilata auton haluamallaan pistokkeella. [9]



Kuva 4. Täyssähköinen Mitsubishi Fuso eCanter [9].

eCanterin käytettävissä oleva akkukapasiteetti on 66 kWh, ja akkujen nimellisjännite on 365 V [11]. eCanterin akkupaketti koostuu kuudesta kappaleesta 13,8 kWh:n akkumoduuleita. [9]

2.5 eCitaro

eCitaro kaupunkilinja-auto tuotiin markkinoille jo alkuvuodesta 2019 (kuva 5). eCitaro on kaupunkilinja-auto, joka mallin mukaan voidaan varustaa halutulla akkukapasiteetilla aina 395 kWh asti (NMC). Daimler on kuitenkin ilmoittanut jo suunnittelevansa uutta akkuteknologiaa (Solid State), jolla saadaan autoon maksimissaan 441 kWh:n kapasiteettien paremman energiatihedysten takia. Solid State -akkuteknologian haittapuolena on, että akkuja ei voida ladata suurilla tehoilla, jolloin latausajat kasvavat. Tämän takia ajo-
neuvon voi valita joko NMC- tai Solid-State akuista tarpeen mukaan. eCitaro on varustettu mallista riippumatta kahdella 125 kW:n sähkömoottorilla, joista saadaan

maksimissaan välityssuhteen avulla 11 000 Nm:n vääntömomentti. eCitarossa ei ole ollenkaan ajoneuvon sisäänrakennettua latauslaitetta, vaan sitä voidaan ladata ainoastaan tasajännitteellä. eCitaron mukana toimitetaan liikuteltava DC-latauslaite, joista asiakas voi valita kahdesta eritehoisesta itselleen sopivan. Näiden latauslaitteiden tehot ovat 40 kW tai 60 kW. Ladattaessa 40 kW:n teholla tarvitaan vähintään 63 A:n kolmivaihepistorasia ja 60 kW:n latauslaite ladattaessa täydellä teholla vaatii jo seuraavan koon, eli 125 A:n pistorasian tai kiinteän asennuksen sähkökeskukseen. Sähkökeskuksen sulake koko määräytyy lataustehojen mukaan. 40 kW:n latausteho tarvitsee sähköverkolta n. 58 A virtaa ja 60 kW:n latausteho 87 A, joiden perusteella sulakekoko valitaan. Ladattaessa tasajännitteellä maksimilatausteho on kaapelilla NMC-akuille 150 kW ja kattolatauslaitteella 300 kW. Solid-State-akkujen maksimilatausteho on 80 kW. eCitaron NMC-akkujen nimellisjännite on 655 V ja Solid-State-akkujen 612 V. [10]



Kuva 5. eCitaro [10].

2.6 eActros

Mercedes tuo markkinoille vuoden 2021 aikana täyssähköisen eActros-kuorma-auton jakeluliikenteeseen (kuva 6). Kuorma-auto perustuu perinteisen dieselkäyttöiseen kuorma-autoon, johon on asennettu sähköinen voimalinja. Voimanlähteenä toimii kaksi 125 kW:n sähkömoottoria, josta välityssuhteen avulla saadaan noin 11 000 Nm:n vääntömomentti.

Akusto koostuu 11 erillisestä akkumoduulista, joista kahdeksan on sijoitettu alustan alle ja kolme auton runkoon. Litium-ion-akkujen nimelliskapasiteetti on 240 kWh, joilla säävutetaan noin 200 kilometrin toimintasäde. [4]



Kuva 6. eActros [4].

eActroksen akkujen nimellisjännite on 800 V. eActroksessa ei ole ollenkaan omaa laturia vaan lataus tapahtuu DC-latauslaitteella. DC-latauksen maksimiteho on 150 kW. [4]

2.7 eEconic

Daimler on tuomassa markkinoille täyssähköisen eEconic-jäteauton (kuva 7), jonka voimansiirron tekniikka perustuu eActrokseen. eEconicista ei virallisia teknisiä tietoja ole vielä julkaistu, mutta asiakastestien pitäisi alkaa vuonna 2021, ja sarjatuotantoon ajoneuvon pitäisi Daimlerin mukaan tulla vuonna 2022. [4]



Kuva 7. eEconic-jäteauto [4].

3 Lataustavat ja latauspistokkeet

Mercedeksen hyötyajoneuvoihin sijoitetut omat laturit pystyvät tällä hetkellä tarjoamaan maksimissaan 11 kW:n tehon, joka ei välttämättä riitä asiakkaan tarpeisiin tai aikatauluihin. Nopeampaa latausta varten tarvitaan ulkoinen DC-latausasema, jolla akut saadaan ladattua täyteen nopeammin. Tällä hetkellä markkinoilla on DC-latausasemia jopa 350 kW:n tehoon asti. Mercedeksen maksimilatausteho käyttäen latauskaapelia ja ladatessa DC-jännitteellä on tällä hetkellä 150 kW.

3.1 Sähköajoneuvojen lataustehot sekä niiden hinnoittelu

Maailmalla on jo avattu useita sähköautojen latauspisteitä, joissa voidaan ladata autoa jo 350 kW:n teholla. Esimerkiksi Daimler avasi helmikuussa 2020 Stuttgartiin sähkökäyttöisille hyötyajoneuvoille latausaseman, jossa on 2 kpl 300 kW:n ja 3 kpl 150 kW:n DC-latausasemia (kuva 8). Vielä Daimlerin ajoneuvoja ei voi ladata suurimmalla asemalta saatavalla latausteholla, mutta valmistaja on ilmoittanut varautuvansa tulevaisuutta varten. Kokonaisuudessaan muuntamo pystyy syöttämään 1 MW:n kokonaistehon latausasemille [14].



Kuva 8. eActros latauksessa Stuttgartin 1MW latausasemalla [14].

Autotaloihin tai korjaamokäyttöön latausasemien hankinnassa pitää ottaa huomioon ajoneuvojen lataustarve. Isojen akustojen lataamiseen tarvitaan suurempia tehoja, jos halutaan ladata ajoneuvoja nopeasti. Kuitenkin isojen latausasemien hankintahinta kasvaa lataustehojen myötä, minkä lisäksi kiinteistön sähköverkko voi rajoittaa niiden käyttöä. Vuokrakäytössä ajoneuvot ovat useasti asiakkaalla koko päivän, jolloin lataus voidaan suorittaa yön aikana. Kuitenkin asiakkaiden autot korjaamolla voivat vaatia latauksen korjaamokäynnin aikana, jolloin tarvitaan suurempia latausvirtoja rajallisen ajan takia. Näin asiakas pääsee lähtemään suoraan ajoon korjaamokäynnin jälkeen, jolloin ajoneuvon tehokkuus paranee. Korjaamon tarpeisiin riittää ainakin tällä hetkellä liikuteltavat DC-latauslaitteet vähäisen ajoneuvokannan sekä joustavuuden takia.

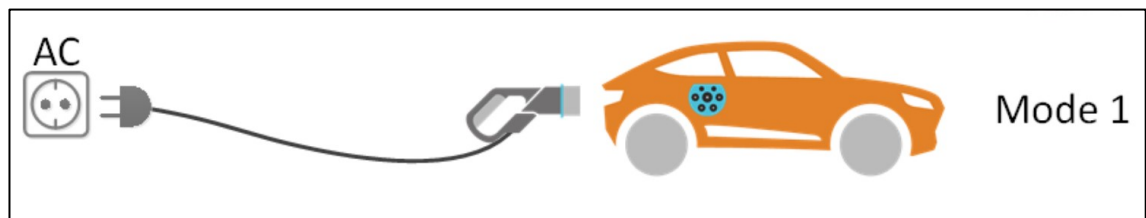
Hyötyajoneuvot vaativat myös usein suuremman tilan kuin henkilöautot, joten niiden lataaminen esimerkiksi kauppakeskuksissa on harvemmin mahdollista. Julkisten latauspisteiden hinnoittelu vaihtelee myös eri toimijoiden kesken. Toisilla hinnoittelu perustuu ladattuun energiaan, kun taas esimerkiksi IONITY-asetat käyttävät hinnoittelua ladatun ajan mukaan. Ladatun ajan mukaan hinnoittelu asiakkaan näkökulmasta tarkoittaa, että autoa pitää pystyä lataamaan suurilla tehoilla, jolloin sähkön hinta jää alhaisemmaksi

kuin pienillä tehoilla ladattaessa. IONITY-asemilla Lahdessa, Hämeenlinnassa ja Paimiossa on nyt jo mahdollista ladata ajoneuvoa 350 kW:n teholla.

Sähköajoneuvojen lataustavat on jaoteltu erilaisiin ryhmiin. Lataustavoille on olemassa erilaista termistöä ja seuraavassa esitetyt käsitteet ovat Seskon esittämiä.

3.2 Kevyiden sähköajoneuvojen lataus (lataustapa 1)

Lataustapaa 1 (kuva 9) käytetään kevyisiin ja pienitehoisiin sähköajoneuvoihin kuten sähköpotkulaudat, sähköpolkupyörät ja sähkökäyttöiset skootterit. Lataus tapahtuu suoraan tavallisesta kotitalouspistorasiasta, joka on varustettu 30 mA:n vikavirtasuojalla. [12]



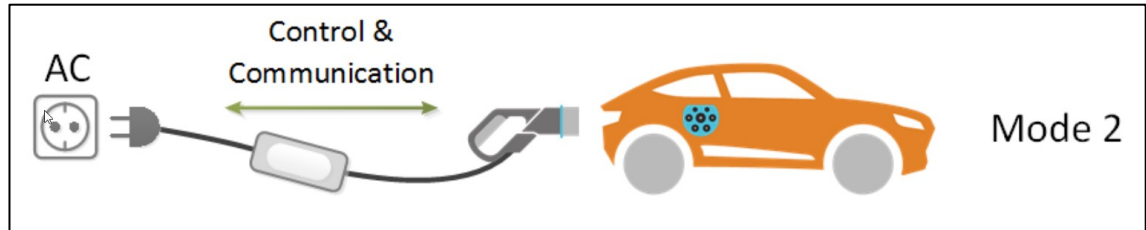
Kuva 9. Lataustapa1. Lataus tapahtuu suoraan pistorasiasta ilman välikappaleita [13].

Tässä lataustavassa latauskaapelissa ei ole mitään suojaointia. Ainoa suoja on kiinteistön sähköverkkoon asennettu vikavirtasuoja [12].

3.3 Hidas lataus (lataustapa 2)

Hidaslatauksella tarkoitetaan sitä, kun ajoneuvoa ladataan tavallisesta pistorasiasta vaihtosähköllä. Latauskaapeli toimitetaan usein auton mukana ja latauskaapeliin on integroitu ohjainlaiteyksikkö sekä suojaustoiminnot, mukaan lukien vikavirtasuoja (kuva 10). Tällä tavoin maksimilatausvirta on rajoitettu 8 ampeeriin standardin SFS-EN 62752 mukaan. Samassa standardissa on myös esitetty ohjaus- ja suoja-laiteyksikön vaatimukset. Tätä tapaa ei suositella jatkuvaan käyttöön vaan silloin kuin muuta lataustapaa ei ole käytettävissä. [12]

Suojalaiteyksikkö valvoo lataustapahtumaa ja aloittaa lataamisen vasta, kun pistoke on kytketty ajoneuvoon. Tällä pyritään estämään sähköonnettomuudet latauspistokkeen kautta, kun pistoke on irrallaan. [12]



Kuva 10. Lataustapa 2. Lataus tapahtuu pistorasiasta erillisellä latauskaapelilla, jolla latausteho määritetään [13].

Suojalaiteyksikkö myös kertoo ajoneuvolle, kuinka suurella teholla ajoneuvoa voidaan ladata pulssisuhdemoduloidulla signaalilla. Lataustavan 2 latauskaapelin pistotulpassa voi myös olla lämpötila-anturi, joka valvoo, ettei pistotulppa pääse ylikuumentamaan latauksen aikana [12].

Lataustapaan 1 ja 2 on valmisteilla standardi, joka määrittää seinässä olevan kestävämmän pistokytkimen ominaisuudet, joka on tarkoitettu ajoneuvojen lataamiseen. IEC:n tulevan standardin 60884-1 määrittämä pistokytkin kestää ajoneuvojen latausta paremmin kuin normaali pistokytkin. High-load -pistokytkimen tulee kestää 5 + 1 tunnin ja 28 A:n lämpenemistesti, jolloin ulkoilman ja pistokytkimen lämpötilaero ei saa kasvaa yli 35 astetta. Vastaavan testin arvot normaalille pistokytkimelle ovat 22 A:n kuormituksella 1 tunti, jolloin ulkoilman ja pistokytkimen lämpötilaero ei saa kasvaa yli 45 asteeseen. Uuden standardin mukaisilla pistokytkimillä voidaan ladata ajoneuvoa 16 A:n jatkuvalla teholla. Tällä hetkellä normaalista pistorasiasta saa ladata vain 8 A:n virralla [14].

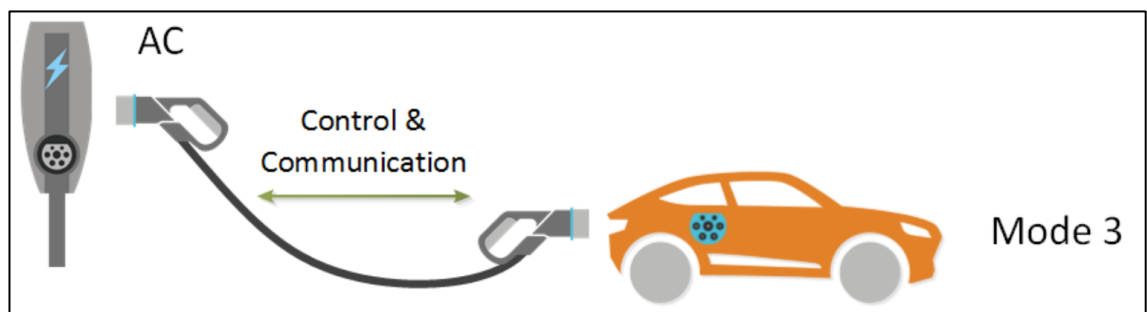
3.4 Peruslataus (lataustapa 3)

Peruslataus on suositeltava lataustapa sähköajoneuvoille normaalikäytössä. Tässä lataustavassa syötetään myös vaihtosähköä ajoneuvoon kuten lataustavassa 2, mutta sähköajoneuvokäyttöön tarkoitettu latauslaitteesta (kuva 11). Latausvirta voi tällä menetelmällä olla jopa 63 ampeeria, jolla savutetaan maksimissaan 43 kW:n latausteho,

mutta yleisimmin latauslaite antaa maksimissaan 22 kW:n tehon. Lataustehon suuruuteen vaikuttaa myös ajoneuvon oman laturin teho, sähköautolatausaseman maksimisyöttöteho sekä sähköverkon maksimiteho. Vaihtosähköä syöttävässä latauslaitteessa voi olla kiinteä johto ja pistoke tai sähköajoneuvon lataukseen tarkoitettu pistorasia, johon ajoneuvon mukana oleva irrallinen latausjohto kytketään. Ennen latauksen aloittamista latauslaitteen pistokkeet lukittuvat mekaanisesti, millä estetään sähköiskun vaara. Lataus ei myöskään ala ennen kuin latauslaite on havainnut, että ajoneuvo on kiinnitetty latauslaitteeseen [12].

Latausasemat voidaan liittää kiinteistön automaatiojärjestelmiin sekä latausasemissa voi olla erilaisia toimintoja kuten etäkäyttö, jolla voidaan tarkastaa ajoneuvon lataustila tai ohjata lataustapahtumaa. AC-latausasemien valmistajia on viime aikoina tullut paljon lisää sähköautojen yleistymisen takia, jolloin niiden hinnat ovat kuluttajille maltilliset.

Julkisista latauspisteistä on myös säädetty lakeja, joita jakelijoiden tulee noudattaa. Julkisissa vaihtovirtalatausasemissa tulee olla vähintään standardin SFS-EN 62196-2 [16] tyyppin 2 mukainen pistoke tai pistorasia [15].



Kuva 11. Lataustapa 3. Lataus tapahtuu erillisestä sähköajoneuvokäyttöön tarkoitetusta pistorasiasta [13].

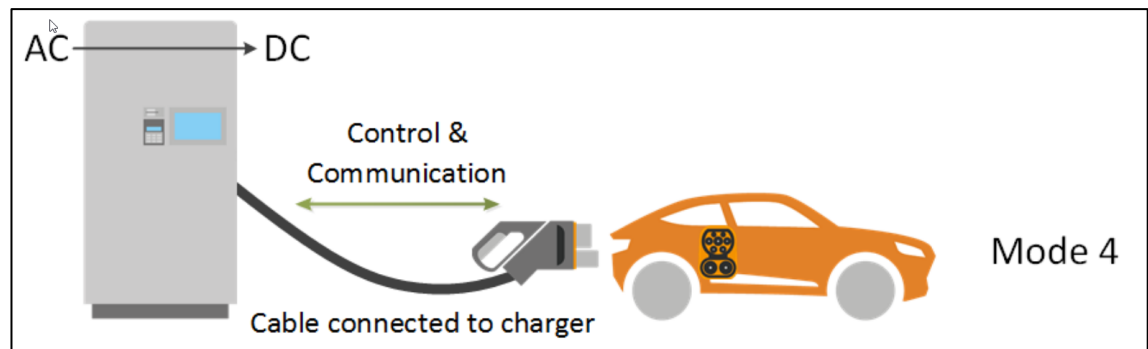
Henkilö ja pakettiautojen lataukseen usein riittää AC-latausasema eli lataustapa 3. AC-latausasemat syöttävät nimensä mukaisesti ajoneuvoon vaihtosähköä. Ajoneuvon sisäinen latauslaite muuttaa vaihtojännitteen tasajännitteeksi, joilla ajoneuvon akustoa ladataan. Nämä latausasemat pystyvät yleensä lataamaan sähköliittymän koosta sekä latauslaitteen mallin mukaan 11–22 kW:n teholla. Tämä riittää hyvin henkilö- sekä pakettiautojen lataamiseen, joiden oman laturin tehot harvoin ylittävät 22 kW:n lataustehon. Latausaseman pistoke voidaan valita oman ajoneuvon tarpeen mukaan.

Hyötyajoneuvoissa nämä ratkaisut sopivat hyvin, jos ajoneuvoa voidaan ladata esimerkiksi työpäivän ulkopuolisen ajan. Teoriassa esimerkiksi 200 kWh:n akku voidaan ladata 22 kW:n AC-laturilla täyteen n. 9 tunnin aikana. Myös sähkön käyttö, esimerkiksi illan ja yön aikana on pientä, jolloin sähköverkon ylikuormituksesta ei tarvitse huolehtia.

Tavallisen AC-latausaseman, jolla saavutetaan 22 kW:n maksimilatausteho hinnat alkavat n. 700 eurosta ylöspäin riippuen valmistajasta sekä tehosta. Jos latauspisteiden sijoitusta on mietitty jo kiinteistön sähköverkkoa suunniteltaessa, on latauslaitteiden asennuksen hinta myös edullisempi. Isompiin hyötyajoneuvoihin tämä lataustapa ei välttämättä sovi ajoneuvojen suuren akkukapasiteetin takia, jos ajoneuvoa ei ole aikaa ladata pitkiä aikoja. Lisäksi kaikissa hyötyajoneuvoissa ei välttämättä ole omaa laturia ollenkaan.

3.5 Teholataus (lataustapa 4)

Teholatauksella tarkoitetaan latausta, jolla ajoneuvon akustoon syötetään suoraan tasajännitettä ulkopuolisella laturilla. Tällä lataustavalla ajoneuvossa ei tarvita omaan latauslaitetta, joka muuttaisi vaihtojännitteen tasajännitteeksi akuille. Teholatauksesta määritetään vielä jossain lähteissä erikseen teholataus ja pikalataus, jotka kuitenkin molemmat kuuluvat lataustapaan 4. Teholatauksella tarkoitetaan 20–50 kW:n ja pikalatauksella 50–350 kW:n lataustehoja. Lataustavassa 4 sähköverkosta tuleva vaihtojännite muunnetaan tasajännitteeksi, jota syötetään suoraan ajoneuvon akustoon. Lataustehoa ohjataan laturin ja ajoneuvon välisen tiedonsiirron avulla. Tässä lataustavassa latausjohto on kiinteä osa latausasemaa. Latausjohtojen tyyppin tulee olla standardin SFS-EN 62196-3 [16] mukainen CCS2 tai CHAdeMo. CCS2-tyypin pistoketta käytetään pääasiassa eurooppalaisissa ajoneuvoissa ja CHAdeMo-pistoketta japanilaisissa mutta myös jossain eurooppalaisissa. [17] Suuret teholatausasemat ja niiden asennus ovat erittäin kalliita, joten niitä on pääosin julkisissa sähköä myyvissä latauspisteissä.



Kuva 12. Lataustapa 4. Tässä lataustavassa ajoneuvon akkuja ladataan suoraan tasajännitteellä [13].

DC-latausasemaan voidaan sijoittaa tehokkaampi laturi, joka ei vie autosta tilaa. DC-latauksessa haasteita tuo lataaminen suurilla tehoilla, jolloin latauskaapelin poikkipinta-ala kasvaa erittäin suureksi. Latauskaapelin suuri poikkipinta-ala tekee kaapelista jäykän ja painavan, joka hankaloittaa laitteen liittämistä ajoneuvoon sekä käyttöä. Latauskaapelin lämpötila ei saa kohota yli 50 kelviniä korkeammaksi verrattuna ympäröivään lämpötilaan standardien VDE-AR-E 2623-5-3 [18] ja SFS-EN 62196-3 [16] mukaan. Tätä on kompensoitu tekemällä latauskaapeliin jäähdytys, jossa jäähdytysneste kiertää latauskaapelin ympärillä. Latauskaapelissa on sisäänrakennetut lämpötila-anturit, jotka tarkkailevat latauskaapelin ja liittimien lämpötilaa jatkuvasti. Jos kaapeli jäähdytyksestä huolimatta lämpenee liikaa, voidaan lataustehoa pienentää, jolla estetään latauskaapelin ylikuumeneminen [19]

DC-latausasemia on myös liikuteltavina. Tämä vaihtoehto toimii hyvin kohteissa, joissa latausasemaa tarvitsee liikuttaa paikasta toiseen. Kuitenkin latausasema tarvitsee vähintään 63A pistorasian, jotta latausasemasta saadaan esimerkiksi 40 kW:n latausteho. Tämä voi hankaloittaa laitteen käyttöä, koska varsinkin vanhemmissa rakennuksissa tarvittavaa pistorasiaa voi olla hankala löytää. Liikuteltavan latauslaitteen etuina voidaan pitää sen liikuteltavuutta sekä hyvää ulottuvuutta.

Alankomaalainen latauslaitevalmistaja Heliox (kuva 13) sekä suomalainen Kempower vastasivat sähköpostikyselyyn, että niiden latauslaitteiden syöttökaapeleita voidaan jatkaa jatkojohdolla, kunhan valmistajan vaatimukset jatkokaapelille täyttyvät. Tällä saavutetaan hyvä ulottuvuus ajoneuvolle, eikä latauslaitteelle tarvittavia pistorasioita tarvitse sijoittaa tiheästi.



Kuva 13. Heliox-merkkinen liikuteltava DC-latauslaite [20]

Kiinteiden DC-latausasemien korkean hinnan takia niiden asentaminen omaan käyttöön ei vielä nykyään ole järkevää. Kiinteitä DC-latausasemia asennetaan vain lähinnä lataus-sähköä myyvien yritysten käyttöön. Tällä hetkellä DC-latausta tarvitseville liikuteltava la-tauslaite on järkevin ja kustannustehokkain vaihtoehto. Liikuteltava latausasema vaatii pistorasian, josta sähkö saadaan latauslaitteelle. Kuitenkin liikuteltavien DC-latausase-mien tehot voivat olla suuria, jolloin kiinteistöstä ei välttämättä löydy riittävän suurta pis-torasiala.

DC-latausasemien hinnoissa on suuria eroja aseman tyypistä, valmistajasta sekä tehon tarpeen mukaan. Liikuteltavien 40 kW:n DC-latausasemien hintaluokka on noin 20 000

€, ja tehon kasvaessa myös hinnat nousevat. Kaupunkien päätepysäkkien pantografi-latauslaitteiden kustannukset ovat jo useita satoja tuhansia paikan mukaan.

3.6 Kiskolataus eli pantografi

Kiskolataus on käytössä enimmäkseen linja-autojen latauksessa. Kiskolatauksessa ajoneuvon katolla on kiskokosketin, joka nostetaan yläpuolelle sijoitettuun virtakiskoon tai jossa yläpuolella olevasta latausasemasta laskeutuu latauskosketin ajoneuvon katolla oleviin virtakoskettimiin (kuva 14). Tällöin ihmisen ei tarvitse koskea jännitejohtimiin. Kiskolatauksella on mahdollisuus saavuttaa jopa 600 kW:n latausteho, koska kaapelit eivät rajoita latausvirran kasvua. [21]



Kuva 14. ABB:n kiskolatausjärjestelmä. Ajoneuvon katolla latauskoskettimet liitetään toisiinsa [21].

Tällä hetkellä kiskolataus on käytössä pääosin kaupunkilinja-autoissa pääte pysäkeillä, joissa tarvitaan nopeaa latausta. Latausasemia tulee varmasti paljon lisää tulevaisuudessa, koska sähkökäyttöisten kaupunkilinja-autojen määrä on kovassa kasvussa. Sähkökäyttöisissä kaupunkilinja-autoissa käytetään tällä hetkellä pääosin kahta eri ajoneuvotyyppiä. Toiset on varustettu suuremmilla akuilla, jolloin toimintasäde on pidempi, jolloin latausta ei tarvita niin useasti. Kuitenkin suuret akustot tuovat painoa runsaasti lisää, jolloin ihmisiä ei voida ottaa kyytiin niin paljon kuin pienemmillä akuilla varustetussa linja-autossa. Suuremmat akut myös mahdollistavat koko päivän liikennöinnin ilman latauksia, mutta aiheuttavat kuitenkin rajallisen päivittäisen toimintasäteen pitkän latausajan takia. Isompien akkujen eduksi voidaan myös laskea mm. pienemmät kustannukset

latausinfrastruktuurissa, toimintavarmuus parempi kuin päätepysäkkilatauksessa sekä yksinkertaisempi hankita menettely.

Pienemmillä akuilla varustettujen linja-autojen haasteeksi taas muodostuu tiheän latausinfraan rakentaminen. Kiskolatauslaitteen rakentamiskustannukset voivat olla useita satoja tuhansia euroja. Kuitenkin pienempien akkujen hyödyiksi voidaan laskea mm. ajoneuvon pienempi massa sekä tilantarve ja rajaton toimintasäde päivän aikana. Kiskolatauslaitteelle ei vielä tällä hetkellä ole standardia, mikä saattaa vielä hidastaa ajoneuvokannan kehitystä. Kuitenkin ACEA on luonut suosituksen, jota suurimmat autovalmistajat tällä hetkellä noudattavat. [22]

3.7 Muita tulevaisuuden lataustapoja

Sähköajoneuvoille tulevaisuutta varten kehitetään erilaisia tapoja ladata akkuja tai ajaa puhtaasti sähköllä. Tällä hetkellä ainakin Ruotsissa ja Saksassa on kokeilussa maantie, jonka yläpuolella kulkee sähköjohdot. Sähkökäyttöisiä ajoneuvoja voidaan ladata ajon aikana katolle sijoitetun pantogafilaitteen avulla (kuva 15). Näin sähkökäyttöistä ajoneuvoa ei tarvitse pysäyttää latauksen ajaksi. [23]



Kuva 15. Saksassa sijaitseva sähköistetty tie, jossa ajoneuvoa ladataan ajon aikana yläpuolella olevista johtimista [23].

Haasteiksi tässä lataustavassa on muodostunut esimerkiksi pelastushelikopterin laskeutuminen onnettomuustilanteissa [23].

Ruotsissa on myös toinen kokeilu Tukholman lähellä, jossa tiehen on upotettu sähkökisko, jolla ajoneuvoa voidaan ladata ajon aikana. Sähkön siirto ajoneuvoon tapahtuu alustassa olevan varren kautta. Tämänkin ratkaisun hyötynä on, ettei ajoneuvoa tarvitse pysäyttää latauksen ajaksi, sekä tien rakentaminen on edullisempaa kuin rakentaa sähköjohtimet tien yläpuolelle. [24]



Kuva 16. Tiehen upotettu sähkökisko, jolla saadaan ladattua ajoneuvoa ajon aikana [24].

Haasteena tälle ratkaisulle on pohjoisen haastavat olosuhteet kuten lumi ja jää. Kuitenkin tienhoitoon on jo valmiiksi olemassa laitteet raitiovaunuliikenteestä. Tiessä olevat kiskot saattavat aiheuttaa vaikeuksia myös muille tielläliikkuville kuten moottoripyörille latauskiskojen liukkaudesta johtuen. Tällä hetkellä kokeilussa olevan tien pituus on noin kaksi kilometriä, mutta Ruotsilla on tarkoitus tulevaisuudessa pidentää olemassa olevaa tietä sekä rakentaa uusia kiskolla varustettuja teitä [24].

Ruotsissa on meneillään pilottihanke Smart Road Gotland, jossa ajoneuvoa ladataan induktiivisesti. Tien alle n. 8 cm:n syvyyteen on upotettu latauskäämi, jolla ajoneuvoa ladataan. Latauskäämi aktivoituu vasta, kun ajoneuvo on käämin päällä, joten siitä ei ole haittaa ihmiselle tai eläimille. Ajoneuvon alustaan asennetaan vastaanottava käämi, johon latausenergia indusoituu. Induktiivisessa latauksessa tien alle on asennettu latauskäämi, jolla ajoneuvoa ladataan. Ajoneuvon alustaan on asennettu vastaanottava latauskäämi, jonka avulla lataus tapahtuu. Lataustehoa voidaan kasvattaa asentamalla ajoneuvon alustaan useampia vastaanottavia käämejä. [25]



Kuva 17. Latauskäämit sijoitettuna tien alle Smart Road Gotland kokeilussa [25].

Tällä hetkellä tien suurin latausteho on 25 kW, mutta tie on myös suunniteltu hyötyajoneuvoja varten. Lataustehoja aiotaan nostaa vähitellen hyötyajoneuvoille sopivammaksi. Projektissa on käytössä kuorma-auto, jonka alle on sijoitettu viisi vastaanottavaa käämiä ja linja-auto, jonka alustassa on kolme vastaanottavaa käämiä. Näille ilmoitetut maksimilataustehot ovat 75 kW ja 125 kW. Tässä lataustavassa on myös hyötynä, ettei ajoneuvoa tarvitse pysäyttää latauksen ajaksi, mutta vastaavasti haittana on järjestelmän suuret valmistuskustannukset [25].

Akkujen vaihto (Battery Swap) ajoneuvoihin on myös yksi tulevaisuuden mahdollisuuksia. Kun ajoneuvon akusto tyhjenee, se vaihdetaan akunvaihtopisteessä valmiiksi ladattuun akkuun. Akun vaihto on ajallisesti paljon nopeampi kuin akun lataaminen paikallisesti. Akun vaihtoon on kehitetty jo asemia, joissa akun vaihto tapahtuu automaattisesti. Periaatteena on siis, että akku on ns. pantillinen, joka vaihdetaan täyteen sen tyhjentyessä. [26]



Kuva 18. Automaattinen akunvaihtopiste Kiinassa [26].

Suurimmaksi haasteeksi akun vaihdossa muodostuu akkujen erilaisuus. Jotta akunvaihto olisi toimivaa, jokaisen akun sekä ajoneuvon akkujen kiinnityksen tulisi olla samanlainen. Akkujen kokoon ja muotoon tulisi luoda standardi, joka määrittelisi kaikkien autovalmistajien tuottamaan samanlaiset akut ajoneuvoihin. Lisäksi akkupaketin kiinnityksen sekä sijainnin tulisi olla myös samanlainen jokaisessa ajoneuvossa.

4 Standardit ja määräykset

Standardit ovat välttämättömiä, jotta eri valmistajien tuotteet ovat yhteneväisiä. Standardeilla luodaan yhteneväisiä toimintatapoja sekä menetelmiä. Standardit ovat vapaaehtoisia, ja niillä pyritään tekemään yhteisiä sääntöjä asioiden helpottamiseksi. Standardeilla luodaan myös turvallisuutta laitteisiin sekä helpotetaan kansainvälistä kauppaa. Standardien vapaaehtoisuuden takia niitä ei välttämättä tarvitse noudattaa, ellei sitä ole erikseen esimerkiksi laissa määrätty. Kuitenkin esimerkiksi yritykset voivat vaatia standardien noudattamista ostamilleen palveluille ja tuotteille. Standardeja luovia järjestöjä on maailmalla useita, ja ne on jaettu alueittain. Suomen osalta standardeja luovat järjestöt jaetaan maailmanlaajuisiin, eurooppalaisiin sekä suomalaisiin. Näiden lisäksi standardeja tuottavat järjestöt jaetaan myös toimialoittain sähkötekniiseen, yleiseen sekä

televiestintään [27]. Taulukossa 2 on esitetty Suomen kannalta eniten vaikuttavat standardisoimisjärjestöt.










Taulukko 2. Suomen kannalta merkittävimmät standardisoimisjärjestöt [27].

Maailmalaajuinen taso		
IEC International Electrotechnical Commission	ISO Organization for Standardization	ITU International Telecommunication Union
Eurooppalainen taso		
CENELIC European Committee for Electrotechnical Standardization	CEN European Committee for Standardization	ETSI European Telecommunications Standards Institute
Kansallinen taso		
SESKO Sähkötekniinen ala	SFS Suomen Standardisoimisliitto SFS ry	Viestintävirasto Teleala

4.1 Standardisoimisjärjestöjä maailmalla

Lisäksi maailmanlaajuisesti ajoneuvoihin merkittäviä standardisoimisjärjestöjä ovat mm. yhdysvaltalainen autoalan standardisoimisjärjestö SAE (Society of Automotive Engineers), saksalainen DIN (German Institute for Standardization) sekä kiinalainen GB (China National Standards).

Esimerkiksi Kiina on tällä hetkellä kasvavimpia maita sähköajoneuvojen osalta, joten tulevaisuudessa jää nähtäväksi, miten eri maiden standardit tulevat näkymään sähköajoneuvojen tekniikassa. Suurimpana erona sähköajoneuvoissa latausstandardien välillä on latauspistokkeet. Latauspistokkeissa on eroja maiden välillä niin vaihtosähköllä kuin tasasähköllä ladattaessa. Kuvassa 19 on esitetty yleisimmät latauspistokkeet eri maissa.

	USA	JAPAN	EU	CHINA	
Single Phase/ 3-Phase AC Charging	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 SAE J1772 Level 1, Level 2 Single phase	 IEC 62196-2 Level 1, 2 Single/Three phase	 IEC 62196 Level 1,2 Single/Three Phase	
DC Fast Charging /AC- DC Combo	 SAE J1772 Level 2 + DC Combo	 Tesla Supercharger	 CHAdeMO DC Fast Charging	 IEC 62196-3 Hybrid Combo	 GB/T 20234.3- 2011 DC Fast charging

Kuva 19. Yleisimmät latauspistoke tyypit ladattaessa vaihto- ja tasasähköllä [28].

4.2 Standardit sähköajoneuvoille

Sähköajoneuvon latauksen osalta ilman standardeja jokainen autovalmistaja voisi tuottaa omanlaisen ratkaisun, jolloin esimerkiksi julkisia latauspisteitä ei olisi tai ne sopisivat vain tietyille automerkille. Tämä hankaloittaisi esimerkiksi latauspalveluja tarjoavien yritysten toimintaa, koska jokaiselle ajoneuvomerkille tulisi rakentaa omanlainen latausasema.

Sähköauton lataukseen liittyvät standardit voidaan jaotella kolmeen eri luokkaan, latauskomponentit, kiinteistön standardit sekä turvallisuus standardit. Standardeja sähköajoneuvoille on luotu liittyen niiden lataukseen, sähköverkkoon kuin ajoneuvoon. Lisäksi standardeja luovia järjestöjä on paljon ympäri maailmaa.

Seuraavassa lueteltu osa Suomessa ajoneuvon lataukseen liittyviä standardeja:

Sähköverkosta latauspisteeseen

- SFS 6000-7-722 Latauspisteen asennus ja syöttö

- IEC/TS 61439-7 Lataustolppa (koteloinnit yms.)
- SFS-EN 61000-6-2 ja -3 EMC, immuniteetti ja emissio
- SFS-EN 61140 Suojaus sähköiskulta
- SFS-EN 61508 Sähköisten järjestelmien toiminnallinen turvallisuus

Latauspisteestä autoon

- SFS-EN 61851-1 Yleiset turvallisuusvaatimukset
- SFS-EN 61851-21 On- ja off-board-laturin EMC, verkkovaikutukset
- SFS-EN 61851-23 DC-latausasema
- SFS-EN 61851-24 DC-latausasema/EV-kommunikaatio
- SFS-EN 62196-1 ja -2 AC-pistokytin
- SFS-EN 62196-1 ja -3 DC-pistokytin
- SFS-EN 50620 Latauskaapeli ja SFS-EN 62752 Suojalaiteyksikkö
- IEC 62955 Kiinteä RDC-DD-yksikkö lataustapaan 3

Latausasemien asennuksessa on siis otettava huomioon paljon erilaisia asioita niin kiinteistön kuin latausasemien kannalta. Lisäksi sähkökäyttöisten ajoneuvojen lisääntyessä yhteneväiset standardit ovat erittäin tärkeitä niin käyttäjien kuin valmistajien kannalta. Standardeja on myös jatkuvasti kehitteillä lisää; mm. pantografilatauksesta ei vielä tällä hetkellä ole standardia, vaan ajoneuvovalmistajat voivat halutessaan toteuttaa järjestelmän haluamallaan tavalla. Kuitenkin valtamerkit noudattavat esimerkiksi ACEA:n suosituksia [22].

4.3 Lakiehdotus maankäyttö- ja rakennuslain muuttamisesta

Suomen hallitus on keväällä 2020 luonut eduskunnalle lakiesityksen sähköajoneuvojen latauspisteistä ja latauspistevalmiuksista rakennuksissa, rakennusten automaatio- ja ohjauksjärjestelmistä, sekä maankäyttö- ja rakennuslain 126 §:n muuttamisesta. Lakiehdotuksessa määrättäisiin, että jokaisella normaalitehoisella ajoneuvon latauspisteellä tulee olla standardin EN 62196-2 [16] mukainen tyyppin 2 pistorasia tai liitin. Normaalitehoisella latauspisteellä tarkoitetaan alle 22 kW:n latausasemaa. Suuritehoisissa eli yli 22 kW:n latausasemissa tulee olla vaihtosähköllä ladattaessa tyyppin 2 pistoke ja tasasähköllä

ladattaessa standardin EN 62196-3 [16] mukainen CCS2-pistoke. Laki helpottaisi ajoneuvon käyttäjiä tiedostamaan millainen ajoneuvon latauspistokkeen tulisi olla. Kuitenkin laki asettaisi niiden ajoneuvojen valmistajat Suomessa eriarvoiseen asemaan, jotka on varustettu muulla kuin tyyppin 2 tai CCS2-latauspistokkeella.

Lisäksi edellä mainittu lakiehdotus velvoittaisi asentamaan latauspistevalmiuden uusiin ja laajasti korjattaviin asuinrakennuksiin, joissa on yli neljä pysäköintipaikkaa, niin, että myöhemmin jokaiselle pysäköintipaikalle olisi mahdollisuus asentaa latauspiste. Myös uusiin tai laajasti korjattaviin ei asuttaviin rakennuksiin, joissa on enemmän kuin 10 pysäköintipaikkaa tulisi asentaa vähintään yksi suuritehoinen latausasema. Vaihtoehtona suuritehoiselle latauspisteelle pysäköintialueelle voitaisiin asentaa yksi normaalitehoinen latausasema, kun pysäköintipaikkoja on 11–50, kaksi normaalitehoista latauspistettä, kun pysäköintipaikkoja on 51–100 ja kolme normaalitehoista latausasemaa, kun pysäköintipaikkoja on yli sata. Lisäksi ei asuttaviin rakennuksiin, joissa on 11–30 pysäköintipaikkaa tulisi asentaa 50 %:n valmius latausasemalle ja yli 30 paikan pysäköintialueille 20 %:iin pysäköintipaikoista niin, että latausvalmiuksien vähimmäismäärä ei kuitenkaan saa olla alle 15 pysäköintipaikoista. Olemassa oleviin ei asuttaviin rakennuksiin, joissa on yli 20 pysäköintipaikkaa, tulisi asentaa vähintään yksi latausasema vuoteen 2024 mennessä [29].

5 Autokanta nyt ja tulevaisuudessa

Tällä hetkellä Suomessa sähköautojen osuus on vielä pieni, mutta määrä kasvaa kovaa vauhtia jatkuvasti. Viime vuosina niin täyssähköisten kuin ladattavien hybridien määrä on kaksinkertaistunut vuosittain.

Hyötyajoneuvojen osalta sähköautojen kasvua on vaikea ennustaa niiden rajallisen toimintasäteen ja vähäisen määrän takia. Julkisten pikalatausasemien määrä tulee varmasti myös vaikuttamaan autojen myyntiin. Tulevaisuudessa on myös vaikea ennustaa julkisten latausasemien sähkön hinnoittelua, joka vaikuttaa ajosuoritteen kustannuksiin. Latausasemia hallinnoivien yritysten on kuitenkin tarkoitus tehdä voittoa sekä kattaa latausasemien perustamiskustannukset. Latausta tarjoavilla yrityksillä on tällä hetkellä erilaisia veloituserusteita, jotka vaikuttavat ajamisen kustannuksiin. Toiset veloittavat

käytetyn sähkön mukaan ja toiset lataukseen käytetyn ajan mukaan. Ajan mukaan veloitettavassa sähkössä olisikin tärkeää saada ladattua ajoneuvoa mahdollisimman suurella teholla. Kuitenkin latausasemien sekä ajoneuvojen omien latureiden maksimitehot vaihtelevat suuresti. Esimerkiksi K-latausasemat veloittavat latauksesta käytetyn ajan mukaan ja latausasemien tehot vaihtelevat 50 kW:sta 350 kW:iin. Teoreettisesti esimerkiksi 200 kWh:n akuston lataaminen 50 kW:lla kestää neljä tuntia, joka maksaa asiakkaalle $240 \text{ min} \times 0,2 \text{ € / min} = 48 \text{ €}$, kun taas 350 kW:n teholla ladattaessa akuston saisi ladattua täyteen $34 \text{ min} \times 0,2 \text{ € / min} \approx 6,86 \text{ €}$. Esimerkki kertoo hinnoittelusta, joka vaikuttaa suuresti liikennöitsijöiden kuluihin sekä latausaikaan. Todellisuudessa lataustehoihin vaikuttaa myös esimerkiksi akuston lämpötila, akuston varausaste sekä akuston ominaisuudet ottaa virtaa vastaan.

Hyötyajoneuvojen osalta kuitenkin ratkaiseva asia on energian hinta, jolla ajoneuvo liikkuu. Sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen osuus on vielä niin pieni, ettei niitä ole huomioitu hinnoittelussa, mutta mahdollisesti tulevaisuudessa kaikkien latausasemien hinnoittelu perustuu ladattuun energiaan.

5.1 Valtioiden, kuntien ja kaupunkien määräykset tulevaisuudessa päästöjen osalta

Sähköautojen määrä on viime vuosina kasvanut merkittävästi. Globaalit ja kansalliset päästötavoitteet asettavat autovalmistajille paineita. Sähköautojen määrästä tulevaisuudessa on tehty paljon erilaisia arvioita. Henkilöautojen määrä on kasvanut tasaisesti viime vuosina, mutta esimerkiksi hyötyajoneuvojen määrän ennustaminen on jo haastavampaa. Hyötyajoneuvojen määrään tulevaisuudessa vaikuttavat ainakin ajoneuvon hankintahinta, valtion hankintatuet, latausinfrastruktuuri sekä ylläpitokustannukset. Ajoneuvojen yleistyessä ajoneuvojen hinnat todennäköisesti myös laskevat suurempien tuotantoerien myötä. Valtion hankintatuki on tällä hetkellä sähköautolle 2000 € vuoteen 2021 asti. Tulevaisuudessa hankinta tuen määrää ei voida vielä tietää, mutta esityksiä hankintatuen kasvattamiseksi on tehty. Tuki voi siis kasvaa tai poistua kokonaan. Suomessa myös autojen verotuksella on suuri merkitys liikenteessä. Autoista maksetaan ostaessa veroa, minkä lisäksi autoa käyttäessä maksetaan mahdollisesti käyttövoimaveroa, joka määräytyy vanhemmissa ajoneuvoissa kokonaisuusmassan ja uudemmissa autoissa hiilidioksidipäästöjen mukaan. Verojen suuruutta tulevaisuudessa ei myöskään vielä tiedetä. Sähköauton hankintahinta voi tällä hetkellä olla jopa kaksinkertainen

verrattuna normaalin dieselkäyttöiseen autoon. Auton hankintahintaan vaikuttavat suuresti isojen akkujen hinta. Varsinkin hyötyajoneuvoissa suuret akkukapasiteetit kasvattavat hankintahinnan korkeaksi.

Hinnan kompensoimiseksi vastaavaan dieselautoon on maat kehittäneet erilaisia tukia sähköauton ostoon. Suomessa tuki on vielä verrattavan pieni. Suomessa tukea voi saada 2000 € uudesta autosta tai vähintään kolmen vuoden vuokrauksesta. Hankintatuki on voimassa vuosina 2028–2021. [30] Esimerkiksi Saksassa otettiin vuonna 2018 käyttöön yli 7,5 tonnin kokonaispainoisten kuorma-autojen ja työkoneiden hankintatuki. Hankintatukea voi saada esimerkiksi CNG-käyttöiseen kuorma-autoon 8000 € ja LNG-käyttöiseen 12 000 €. Sähkökäyttöiseen 7,5–12 tonnin kuorma-autoon voi saada tukea 12 000 € ja yli 12 tonnin kuorma-autoon 40 000 €. [31] Näillä tuilla alkaa jo olemaan suuri vaikutus yrityksille, kun mietitään vaihtoehtoisella polttoaineella toimivaa kuorma-autoa tai työkoneita.

5.2 Päästöjen vaikutus ajoneuvokantaan

Ilmastonmuutos ja sen myötä vaatimukset tulevat kasvattamaan sähköajoneuvokantaa tulevaisuudessa myös raskaiden ajoneuvojen osalta. 1.7.2020 alkaen ajoneuvovalmistaja vaaditaan määrittämään myös raskaiden ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt sekä polttoaineenkulutus. Yli 3500 kg:n ajoneuvojen hiilidioksidipäästöt sekä polttoaineenkulutus määritetään siihen tarkoitukseen tehdyllä simulointiohjelmalla. VECTO (Vehicle Energy Consumption Calculation Tool) on tähän kehitetty simulointiohjelma, jolla määritetään raskaiden ajoneuvojen kulutus ja päästöarvot. Raskailla ajoneuvoilla on erittäin paljon erilaisia käyttötarkoituksia sekä ajoneuvorakenteita, jolloin simulointiohjelmaan syötetään ajoneuvotiedot komponentti kerrallaan. Lisäksi simulointiohjelmaan määritetään kunkin ajoneuvon käyttötarkoitus, jolloin saadaan todellisuutta vastaava simuloitu ajosykli. [32]

EU on asettanut vuonna 2009 hiilidioksidipäästöjen vähentämistarpeille autovalmistajia sitovat tavoitearvot henkilö- ja pakettiautoille. Nämä tavoitearvot koskevat ajoneuvovalmistajien uusien henkilöautojen päästöjen keskiarvoja. Vuonna 2019 asetettiin myös yleisimmille kuorma-autotyypeille raja-arvot vuosille 2025 ja 2030.

Pakettiautojen tavoitearvo vuonna 2025 on 15 % ja vuoden 2030 31 % pienempi kuin vuonna 2021. Pakettiautojen päästöt ilmoitetaan grammoina kilometriä kohti.

Kuorma- autojen päästörajat on myös ilmoitettu vuosille 2025 ja 2030. Päästöjen vertailuarvona käytetään ajanjakson 1.7.2019–30.6.2020 uusien ensirekisteröityjen kuorma-autojen päästöarvoja. Kuorma-autojen päästöjen tulee vähentyä vuoteen 2025 mennessä 15 % ja vuoteen 2030 30 %. Kuorma-autojen päästöt ilmoitetaan grammoina tonnikilometriä kohden.

Näiden lisäksi autovalmistajia veloitetaan valmistamaan vuoteen 2025 mennessä päästöttömiä tai vähäpäästöisiä ajoneuvoja 2 % kaikista ajoneuvoista. Näistä noin neljänneksen tulee olla raskaita ajoneuvoja. Euroopan komissio tarkastelee päästörajoja uudelleen vuonna 2022. Vähäpäästöisellä yli 16 tonnin ajoneuvolla tarkoitetaan ajoneuvoa, jonka hiilidioksidipäästöt ovat alle puolet vuoden 2019 rekisteröityjen saman ryhmän ajoneuvojen keskiarvosta. [33]

5.3 Ajoneuvojen määrä tulevaisuudessa

Sähköautojen määrää tulevaisuudessa on arvioitu monessa eri julkaisussa. Sähköautot jaetaan kahteen ryhmään, ladattavat hybridit sekä täyssähköautot. Täyssähköisten henkilöautojen määrä kasvaa tällä hetkellä kovaa vauhtia. Suomessa rekisteröityjen täyssähköisten henkilöautojen määrä oli vuoden 2020 toisella vuosineljänneksellä noin 6400 kpl ja samaan aikaan edellisenä vuonna noin 3500 kpl [7]. Maailmalla IEA:n tuottaman tutkimuksen mukaan vuonna 2019 sähköajoneuvoja liikenteessä oli noin 3,3 miljoonaa ja vuonna 2020 luku olisi noin 4,8 miljoonaa. Suurin kasvuryhmä tällä hetkellä täyssähköisissä hyötyajoneuvoissa on kaupunkilinja-autot sekä pakettiautot. Sähköisten ajoneuvojen ennusteet eroavat toisistaan suuresti. Ennusteet myös eroavat toisistaan sähkökäyttöisyyden perusteella. Toisissa ennusteissa eritellään hybridit, ladattavat hybridit ja täyssähköiset ajoneuvot, kun taas toisissa kaikki em. lasketaan samaan ennusteeseen. [34]

Kuvassa 20 on esitetty sähkökäyttöisten pakettiautojen, kuorma-autojen ja linja-autojen määrän kehitystä vuodesta 2015 vuoden 2020 toiseen vuosi neljännekseen. Sähkökäyttöisten pakettiautojen määrä on kehittynyt tasaisesti ja vuoden 2020 toisella

vuosineljänneksellä niitä oli 402 kappaletta rekisteröitynä suomeen, johon on laskettu myös ladattavat hybridit. Vuoden 2020 toisella vuosineljänneksellä pakettiautoja oli rekisteröitynä noin 339 000 kappaletta, joten sähkökäyttöisten osuus koko ajoneuvokannasta on noin 0,1 %.

Sähkökäyttöisten linja-autojen määrä on viime vuosina lähtenyt kasvuun. Suurin osa näistä on kaupunkilinja-autoja, jotka toimivat pääkaupunkiseudulla. 2020 toisella vuosineljänneksellä sähkökäyttöisiä linja-autoja oli rekisteröitynä 65 kappaletta joista 52 Uudellamaalla. Kaikkiaan rekisteröityjä linja-autoja oli 8801 kappaletta, joten sähkökäyttöisten osuus kaikista on vain 0,7 %. [7]

Sähkökäyttöisiä kuorma-autoja oli toisella vuosineljänneksellä vuonna 2020 rekisteröity vain kolme kappaletta, joten niiden kasvu jää tulevaisuudessa nähtäväksi.

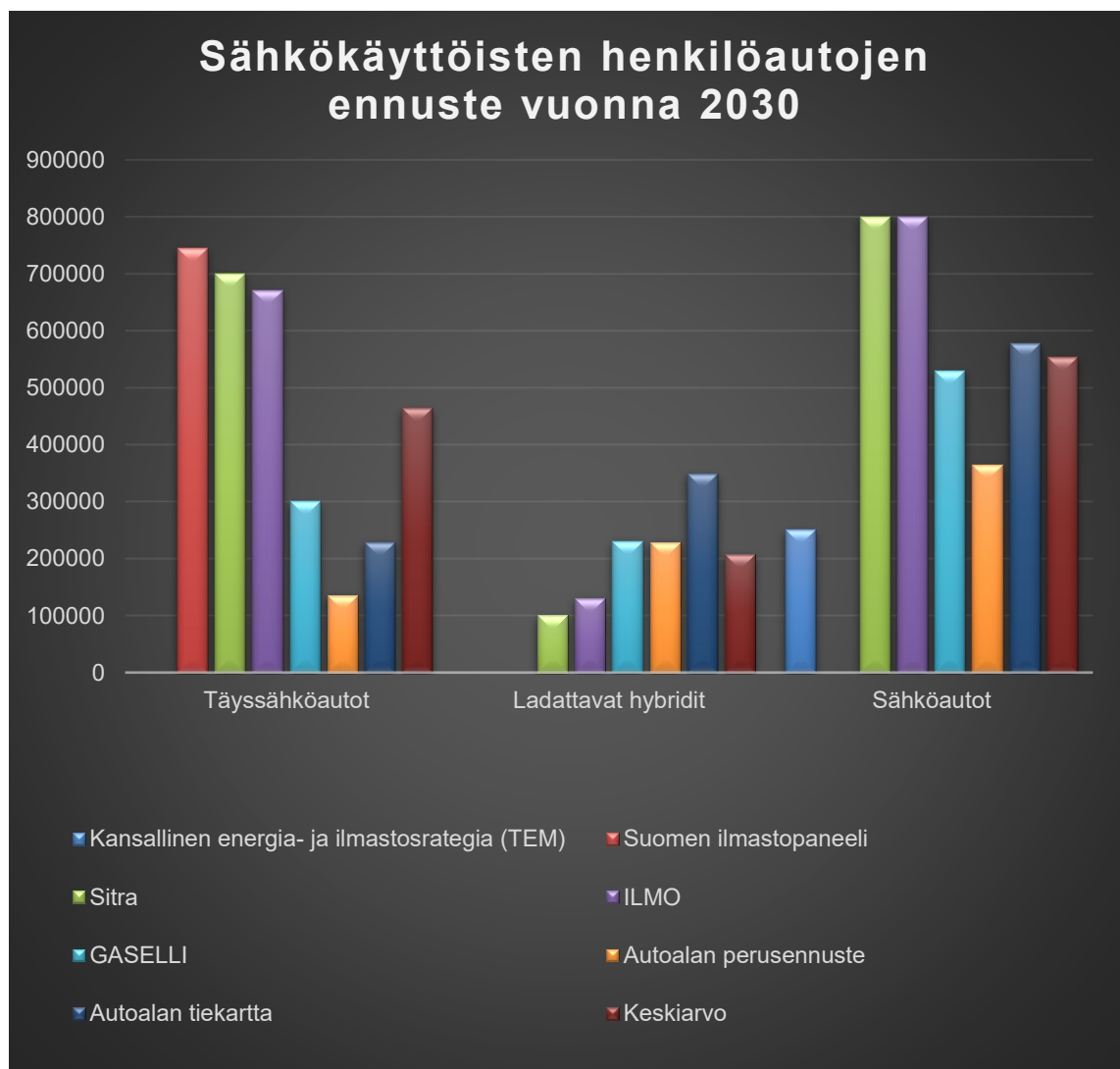


Kuva 20. Sähkökäyttöisten pakettiautojen, kuorma-autojen ja linja-autojen määrän kehitys viime vuosina. Sisältää täyssähköiset sekä ladattavat hybridit. [7]

Kuvassa 21 on esitetty eri toimijoiden arvioita sähkökäyttöisten henkilöautojen kehityksestä tulevaisuudessa. Kuvasta voidaan huomata, että hajontaa eri ennusteissa on hyvin paljon. Suurimmassa ennusteessa sähköautoja on vuonna 2030 yhteensä 800 000 kpl, kun taas pienimmässä ennusteessa 250 000 kpl. Tutkimukset on teetetty Suomen johdettavilla tutkimuslaitoksilla, ja siltikin ennusteen määrät eroavat paljon toisistaan. Suuret

vaihtelut ennusteissa myös vaikeuttavat esimerkiksi latauspisteiden määrän kasvattamista ennakkoon, kun taas latauspisteiden vähäinen määrä vaikuttaa auton ostajiin negatiivisesti.

Ennusteissa vuonna 2030 ladattavien hybridien ja täyssähköisten henkilöautojen myyntiosuus VTT:n ennusteen mukaan on 24 % kun taas vastaavat luvut liikenne- ja viestintäministeriön sekä tieliikenteen tietokeskuksen mukaan ovat 70 % ja 38,3 % [35 s. 125; 36 s. 4]. Lisäksi Tieliikenteen tietokeskus ennakoii että 1,6 % vuoden 2030 myydyistä autoista on vetykäyttöisiä [37].

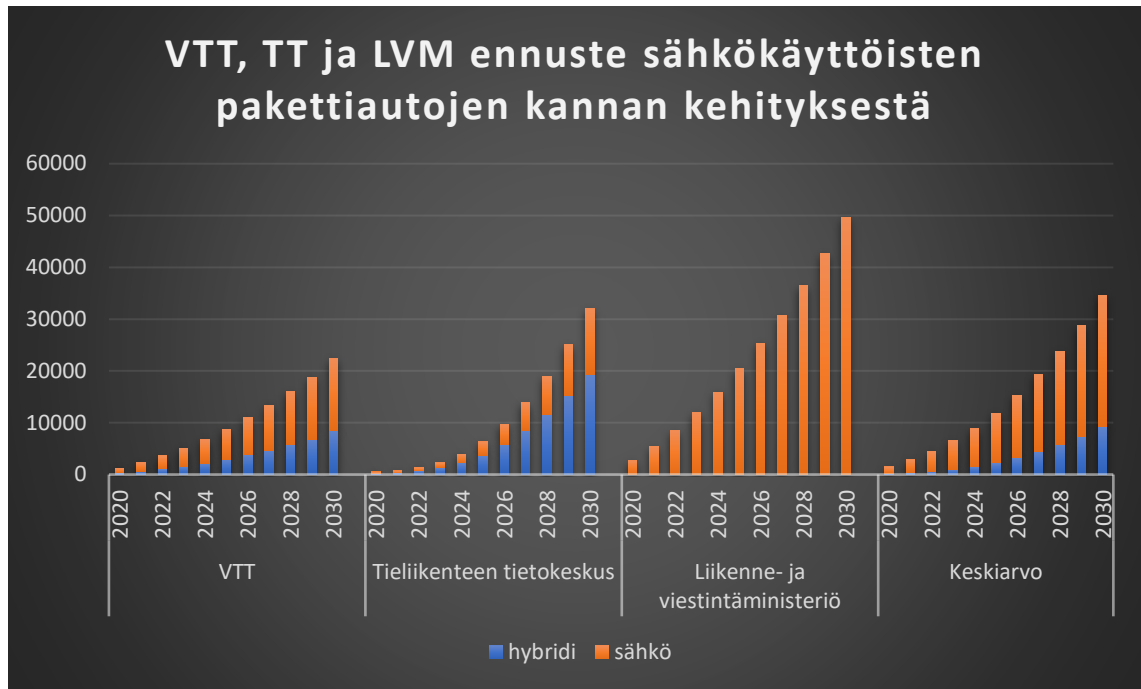


Kuva 21. Sähkökäyttöisten henkilöautojen kannan kasvun ennuste vuonna 2030 [35; 36; 37].

Suomessa on liikenteessä tällä hetkellä noin 2,8 miljoonaa henkilöautoa. Optimistisemman ennusteen mukaan vuonna 2030 olisi edelleen noin 2 miljoonaa henkilöautoa, joiden liikkumisen energiana käytetään jotain muuta kuin sähköä.

Kuvissa 22, 23, 24 ja 25 on VTT, Tieliikenteen tietokeskuksen sekä Liikenne- ja viestintäministeriön ennusteita sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen määrästä tulevaisuudessa. Lisäksi kuvissa on laskettu näiden ennusteiden keskiarvo. Myös sähkökäyttöisten hyötyajoneuvojen ennusteissa hajonta on hyvin suurta. Suurimmassa osassa tutkimuksia ennusteet oli ilmoitettu prosentteina myydyistä ajoneuvoista vuodessa. Kuvissa ajoneuvojen määrät on laskettu VTT:n ennusteessa olevista autojen kappalemääristä. Ennusteiden vertailussa ei myöskään ole arvioitu kuinka paljon liikenteessä poistuu ajoneuvoja vuosien välillä. Vuoden 2020 ajoneuvomäärien lähtötiedot on otettu Traficomien tilastotietokannasta.

VTT:n ennusteessa uusien pakettiautojen myyntimäärä on 15 000 kpl/vuosi vuoteen 2024 asti ja vuodesta 2025 eteenpäin 16 000 kpl/vuosi. Lisäksi käytettyjen ajoneuvojen tuontimääräksi on oletettu 1 500 kpl/vuosi, joka on laskettu vuosien 2010–2015 keskiarvosta. [35]



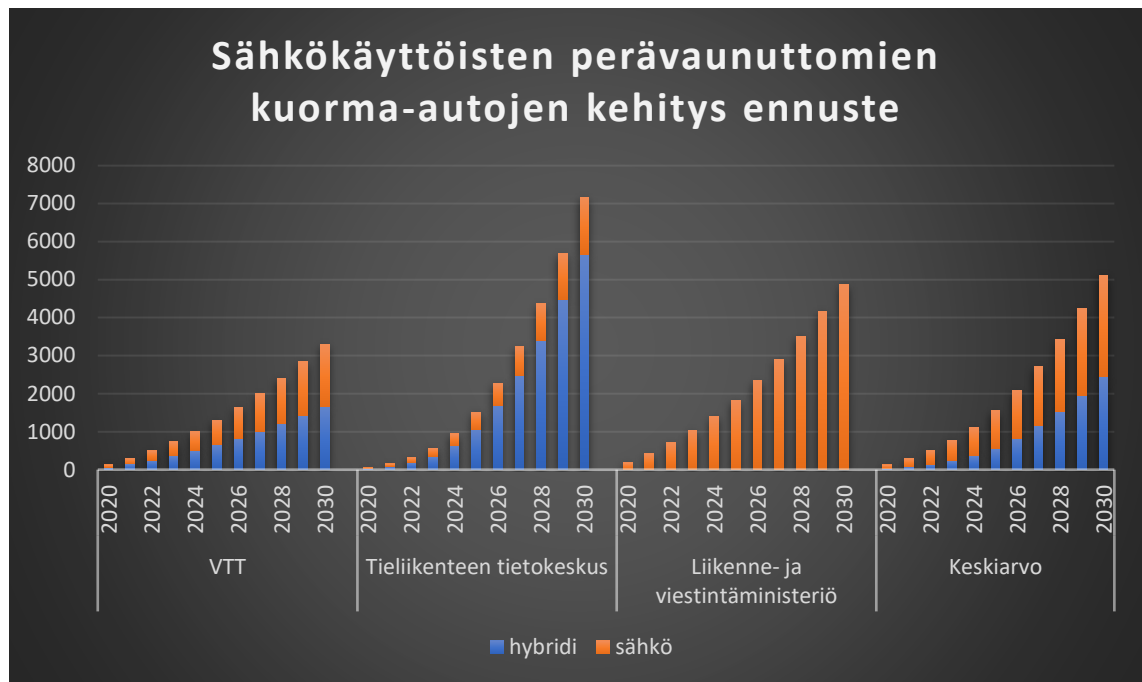
Kuva 22. VTT:n, Tieliikenteen tietokeskuksen sekä Liikenne- ja viestintäviraston ennuste sähkökäyttöisten pakettiautojen kannasta tulevaisuudessa [35; 36; 37].

Sähkökäyttöisten Suomessa rekisteröityjen pakettiautojen määrä vuoden 2020 toisella vuosineljänneksellä oli 337 kappaletta. Tieliikenteen tietokeskuksen ennusteen mukaan vuonna 2021 sähkökäyttöisiä pakettiautoja olisi liikenteessä 477 kappaletta, kun taas Liikenne- ja viestintäviraston ennusteen mukaan niitä olisi liikenteessä 5361 kappaletta [37]. Melkein 5000 sähkökäyttöisen pakettiauton myynti vuodessa on kuitenkin lähes mahdottomuus, kun kaikkiaan pakettiautoja myydään vuodessa noin 15 000 kappaletta. Kuitenkin sähkökäyttöisten pakettiautojen käyttöä puoltaa varsinkin ammattiliikenteessä niille ennalta määrättävä reitti kaupunkiliikenteessä. Usein sähkökäyttöisten pakettiautojen akkukapasiteetti riittää päivän ajosuoritteeseen. Jos pakettiautolla ajetaan useamassa vuorossa, niin pikalatauksen avulla akut saadaan kohtuullisessa ajassa ladattua.

Sähkökäyttöiset kuorma-autot on jaettu kehitysennusteessa kahteen ryhmään, perävauvuttomat sekä perävauvulliset eli ajoneuvoyhdistelmiin. Sähkökäyttöisten kuorma-autojen ennusteet on esitetty kuvissa 23 ja 24.

Kevyempien kuorma-autojen myyntimäärinä on käytetty VTT:n ennustetta, joka on uusien osalta 2 880 kpl /vuodessa ja käytettynä maahantuotavien 1 800 kpl vuodessa [35].

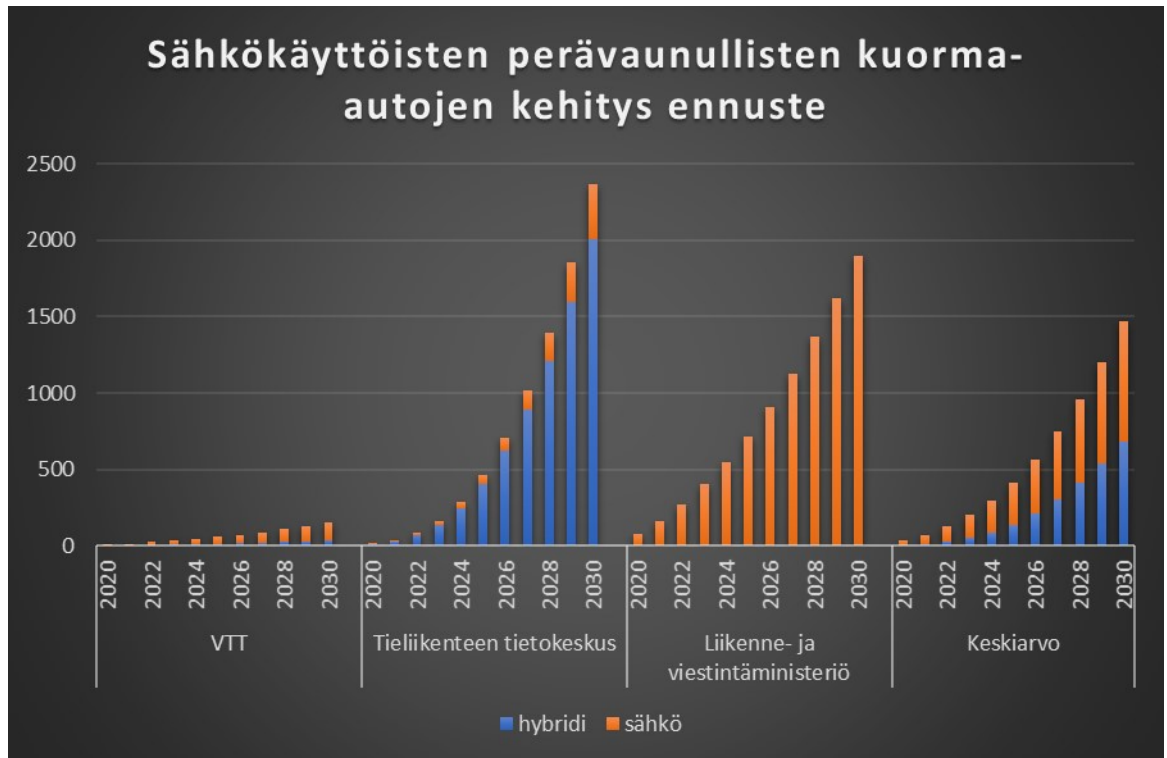
Käyttynä maahantuotujen ennuste on laskettu vuosien 2004–2019 keskimääräisestä tasosta.



Kuva 23. Perävaunuttomien kuorma-autojen kehitysennusteet [35; 36; 37].

Sähkökäyttöisten perävaunuttomien kuorma-autojen määrä tulee ennusteen mukaan kasvamaan kohtalaisen paljon tulevaisuudessa. Tästä ajoneuvoryhmästä varmasti suurin osa tulee olemaan ns. jakelukuorma-autoja, jotka ajavat pääsääntöisesti kaupunkien sisällä. Näissä työtehtävissä päivän ajosuorite on kohtalaisen pieni, jolloin akkujen kapasiteetti riittää koko työpäivän ajaksi. Useammassa vuorossa ajavia autoja voidaan ladata vuorojen välissä.

Perävaunullisten kuorma-autojen määrä VTT:n myyntiennusteessa on 1 120 kpl vuodessa ja käytettynä maahantuotavien osuus 700 kpl vuodessa. Uusien perävaunullisten myynnin keskiarvo on ollut vuosina 2000–2019 noin 1200 kpl, ja käytettynä maahantuotujen keskimääräinen taso vuosina 2004–2019 on ollut noin 700 kpl. [35]

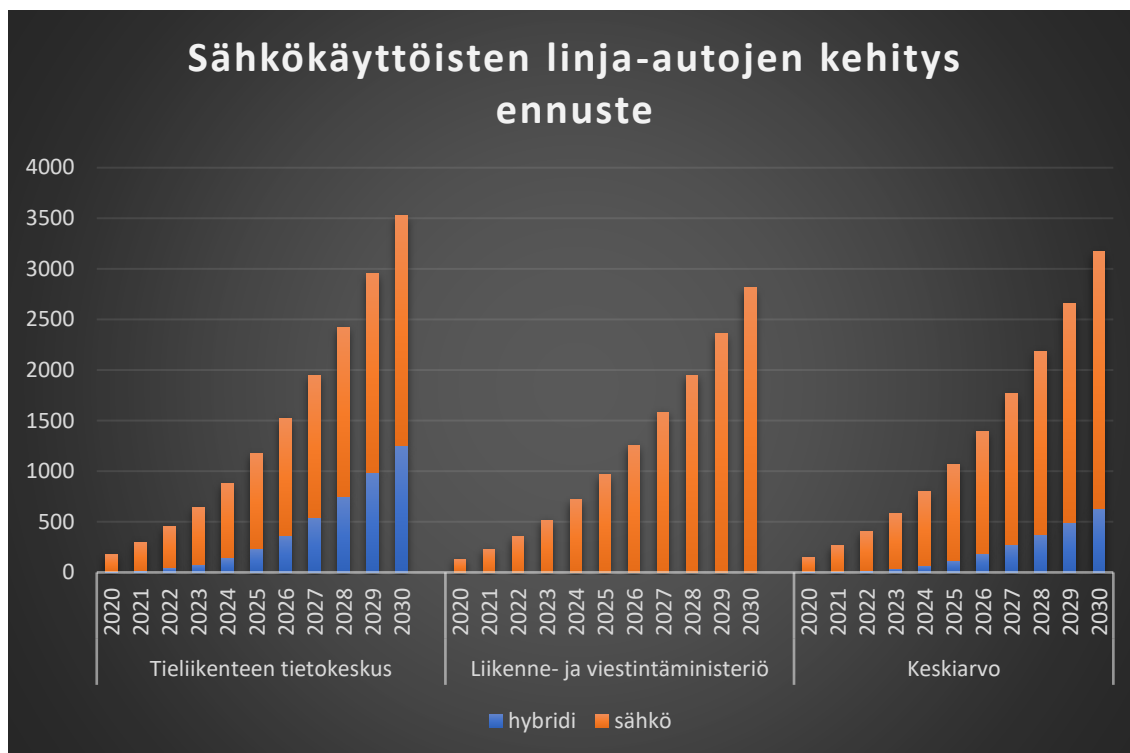


Kuva 24. Sähkökäyttöisten perävaunullisten eli ajoneuvoyhdistelmien kehitysennusteet [35; 36; 37].

Sähkökäyttöisten perävaunullisten autojen määrä tulevaisuudessa tulee ennusteiden mukaan olemaan pieni niiden suuren energian tarpeen, sekä pitkien toimintamatkojen takia. VTT:n ennusteen mukaan

VTT:n tekemässä ennusteessa sähkökäyttöisille linja-autoille on ennustettu vain määrä vuosille 2025 ja 2030. VTT:n ennusteen mukaan vuonna 2025 sähkökäyttöisiä linja-autoja olisi noin 400 kappaletta ja vuonna 2030 noin 800 kappaletta [35], kun taas tieliikenteen tietokeskuksen ennusteen mukaan vuonna 2025 olisi yli 900 ja vuonna 2030 yli 2200 sähkökäyttöistä linja-autoa [37].

Sähkökäyttöisten linja-autojen ennusteessa autojen määrän lähtötiedot vuodelle 2020 on otettu Traficomien tilastotietokannasta [7].



Kuva 25. Sähkökäyttöisten linja-autojen kehitysennuste [35; 36 ja 37].

Ennusteiden mukaan täyssähköisten sekä hybridi pakettiautojen ja pienten kuorma-autojen myynti tulee kasvamaan lähivuosina. Pienemmät kuorma-autot toimivat lähinnä taajamissa esimerkiksi jakeluajossa, jolloin niiden reitti on helppo suunnitella etukäteen ja ajosuoritteet voidaan määritellä sopiviksi sähkökäytölle. Isojen runkolinjoilla toimivien sähköisten kuorma-autojen myynti on ennusteessa olematonta niiden pitkän toimintasaatteen ja suuren tehon tarpeen takia.

Myös kaupunkilinja-autojen määrä on jo nyt kovassa kasvussa. Kaupunkilinja-autojen määrää edistää niiden ennalta suunniteltu reitti sekä kuntien ja kaupunkien hallinnoimat latauspisteet päätepysäkeillä. Lisäksi liikennöitsijät saavat kilpailutuksessa lisäpisteitä päästöttömyydestä. Päästöttömyys saattaa olla myös kilpailutuksen edellytys. Myös kaupungeissa toimiville pakettiautoille reitti voidaan valita niin, että ajoneuvon toimintasäde riittää työpäivän ajaksi.

Kaikkien sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrät poikkeavat niin suuresti toisistaan, että niiden perusteella on mahdotonta arvioida ajoneuvokantaa tulevaisuudessa. Kuitenkin kaikissa ajoneuvoryhmissä ennustetaan sähkökäytön lisääntyvän myös

hyötyajoneuvoissa lähivuosina paljon. Pienintä kehityksen ennustetaan olevan raskaissa kuorma-autoissa, joiden energian kulutus on suurta sekä liikennesuoritteet suuria.

5.4 Ajoneuvojen jakaantuminen Suomessa

Sähkökäyttöiset hyötyajoneuvot tulevat varmasti lisääntymään aluksi suuremmissa kaupungeissa, joissa latausasemien määrä on jo valmiiksi suurempi kuin pienemmillä paikkakunnilla. Tällä hetkellä Traficomien tilastotietokannan mukaan noin 50 % sähkökäyttöistä tai ladattavista hybrideistä on rekisteröity Suomen suurimpiin kaupunkeihin [7]. Lisäksi maakunnissa haasteita latausasemien vähäisyyden lisäksi tuo pitkät välimatkat.

6 Kiinteistön vaatimukset

Uudet täyssähköajoneuvot vaativat kiinteistön sähköjärjestelmältä paljon tehoa. Hyötyajoneuvojen suuren massan takia autot on varustettu suurilla akustoilla, jotka pitää pysyä lataamaan täyteen mahdollisimman nopeasti. Tällä hetkellä suurin latausteho kaapelilatauksessa Daimlerin valmistamissa ajoneuvoissa on 150 kW, joka vaatii jo täydellä teholla ladattaessa suuren sähköliittymän kiinteistöön sekä suuritehoisen DC-latausase-
man. Tulevaisuudessa kuitenkin kaikkien sähköautojen osuus tulee kasvamaan, jolloin kiinteistön sähkön tarve tulee vain lisääntymään. Tämän lisäksi ajoneuvojen lataustehot kasvavat jatkuvasti.

6.1 Sähköliittymä

Sähköliittymän kokoon vaikuttaa kiinteistön sähköntarve niin kuin myös saatavuus. Kaik-
kialle, varsinkaan vanhempiin kiinteistöihin ei välttämättä ole saatavilla kohtuullisilla in-
vestoinneilla riittävän suurta sähköliittymää. Tällöin sähköliittymän kasvattamisen hinta
voi kasvaa erittäin suureksi. Sähköliittymän koon määrittämiseen kiinteistön osalta on
omat määräyksensä ja myös sähköautojen latauspisteille. Isompien latauspisteiden
asentaminen kiinteistöön vaatii myös sähköverkon osalta oman suunnitelmansa. Sähkö-
liittymää kasvattaessa latauspisteitä varten tulee tietää kiinteistön nykyinen sähkönkulu-
tus, jotta voidaan määrittää latauslaitteille tarvittava kapasiteetti.

Pienjänniteliittymällä tarkoitetaan alle yhden kilovoltin jännitteellä toimivaa sähköverkkoa. Useimmilla sähköyhtiöillä maksimivirta pienjänniteliittymään on 1000 ampeeria. Esimerkiksi 1000 ampeerin liittymä toteutetaan useasti tuomalla sähköpääkeskukseen useampi syöttökaapeli, jolloin niiden yhteenlaskettu virta vastaa sähköliittymän kokoa. Esimerkiksi Tampereen sähköverkko toteuttaa 1000 ampeerin pienjänniteliittymän viidellä erillisellä 3 x 200 ampeerin syöttökaapelilla ($5 * 3 * 200 \text{ A}$) [38].

Jos pienjänniteverkon koko ei riitä kiinteistölle, tarvitaan keskijänniteverkko. Keskijännite tarkoittaa 1–36 kilovoltin jännitettä. Yleisimmin sähköyhtiöt tarjoavat keskijänniteverkkoa, jonka jännite on 20 kilovoltia. Keskijänniteverkossa kiinteistöön tuodaan 20 kilovoltin jännite, joka muunnetaan kiinteistön omalla muuntajalla pienjännitteeksi, joka jaetaan kiinteistöön. Suurempaa jännitettä käytettäessä voidaan kiinteistölle tulevan syöttökaapelin kokoa pienentää verrattuna pienjänniteliittymään.

Kiinteistöön voidaan myös asentaa erillinen sähköliittymä esimerkiksi sähköajoneuvojen latausta varten. Tällöin kiinteistöllä on siis oma sähköliittymä ja ajoneuvojen lataamiselle tai muille kuluttajille omansa. Tällä tavoin esimerkiksi ajoneuvojen lataamiseen käytettyä energiaa on helppo seurata suoraan sähkölaskusta, jos koko sähköliittymä on tarkoitettu ladattaville ajoneuvoille. Taulukossa 3 on esitetty erilaisia vaihtoehtoja latausasemien määrille ja tehoille sähköliittymän koon mukaan.

Taulukko 3. Erilaisia vaihtoehtoja latausasemille sähköliittymän koon mukaan [39].

Latausliittymän päävaroke	Suurin sallittu kokonaisteho	EV-latausjärjestelmän maksimiteho (AC), voi edellyttää latauskuormanhallintaa / latauksen aikaisten kuormien pudotusta
3 x 25 A	17 kW	11 kW (3 x 16 A)
3 x 35 A	23 kW	1 x 22 kW (3 x 32 A) / 2 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 50 A	33 kW	2 x 22 kW (3 x 32 A) / 4 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 63 A	42 kW	3 x 22 kW (3 x 32 A) / 6 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 80 A	53 kW	4 x 22 kW (3 x 32 A) / 8 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 100 A	67 kW	5 x 22 kW (3 x 32 A) / 10 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 125 A	83 kW	6 x 22 kW (3 x 32 A) / 12 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 160 A	107 kW	7 x 22 kW (3 x 32 A) / 14 x 11 kW (3 x 16 A)
3 x 200 A	133 kW	8 x 22 kW (3 x 32 A) / 16 x 11 kW (3 x 16 A)

Mitoitettaessa sähköliittymää sähköajoneuvojen lataukselle on tärkeää tietää, millaisia ajoneuvoja tullaan lataamaan. Mitoitettaessa sähköverkkoa täyssähköisen henkilöauton

sähkökulutuksena voidaan pitää 20 kWh / 100 km, kun taas hyötyajoneuvojen sähkökulutus on huomattavasti suurempi. Esimerkiksi eSprinterin toimintasäde 47 kWh:lla on noin 150 km, jolloin sähkökulutus ajossa on n. 30 kWh / 100 km ja vastaavasti eActrok-
sessa sähkökulutus on yli 100 kWh/100 km.

Hyötyajoneuvojen latausajat halutaan niiden tiheän käytön takia usein pitää lyhyenä, jolloin lataustehoja tulee kasvattaa. Lisäksi ajoneuvojen varaustaso lataukseen tultaessa riippuu täysin niille suunnitellun reitin pituudesta, joka suunnitellaan mahdollisimman tehokkaaksi päivittäiseen ajoon. Liikennöitsijöiden automäärä voi vaihdella yhdestä useisiin kymmeneen ajoneuvoihin, jolla on myös suuri merkitys sähköliittymän kokoa sekä latausjärjestelmää suunniteltaessa. Latausasemille käytetään tasauskerrointa 1, joka tarkoittaa, että sähköliittymän koko tulee vastata latausasemien ottamaa maksimitehoa. Tästä voidaan poiketa, jos käytetään älykästä kuormanhallintaa, jolloin latausasemien ottamaa tehoa rajoitetaan silloin kun tehon tarve kasvaa suuremmaksi kuin sähköliittymän koko.

6.2 Kaapelointi ja putkitus

Uuden kiinteistön sähkösuunnittelussa tulee myös kaapeloinnin ja valmiuksien osalta huomioida tulevaisuuden sähkötarpeet sekä tiedonsiirto. Varsinkin sähköajoneuvojen määrän kasvaessa latauspisteitä tullaan jatkossa tarvitsemaan yhä enemmän. Etenkin suuremmissa kaupungeissa sähköajoneuvon määrä tulee ennusteiden mukaan kasvamaan merkittävästi lähivuosien aikana. Uusien ja saneerattavien kiinteistöjen osalta on tulevaisuuden kannalta hyödyllistä ainakin suunnitella mahdollisten latauspaikkojen sijainnit sekä asentaa niihin putkitukset valmiiksi jo rakentamisen yhteydessä, vaikka laki ei sitä vielä vaatisikaan. Näin sähkökaapelit latauslaitteita varten on halvempi ja helpompi lisätä tarpeen vaatiessa. Valmiuden asentamisen kustannukset jäävät kohtalaisen pieniksi verrattuna jälkikäteen tehdyille asennuksille, joissa usein joudutaan kaivamaan maata ja uusimaan lisäksi paikoitusalueen pinnoite.

Tulevat lakimuutokset voivat tulla määräämään vähimmäismäärän latauspisteille kiinteistöissä sekä parkkialueilla, mutta tulevaisuudessa sähköautojen lisääntyessä vähimmäisvaatimukset tuskin riittävät. Uutta kiinteistöä rakentaessa valmius latauspisteiden

lisäämiseen tulevaisuudessa on hyvä huomioida esimerkiksi sähkökaapeleiden putkituksien asentamisella jo valmiiksi.

6.3 Latausasemien sijoitus

Kiinteiden latausasemien sijoitus suunnitellaan mahdollisimman tehokkaaksi kaikkien kannalta. Kiinteät latausasemat tulee sijoittaa niin että sen lähelle pääsee esteettömästi ajamaan molemmista suunnista. Esimerkiksi liikerakennuksissa ulos asennettavissa latausasemissa tulee huomioida eri käyttäjät. Autoliikkeillä asiakkaiden autot tulee mahdollisesti ladata korjaamokäynnin aikana, vuokra-autojen akut tulee olla aina täynnä asiakkaalle luovutettaessa ja myös mahdollisille ulkopuolisille asiakkaille voidaan tarjota mahdollisuus ladata ajoneuvoja. Autoliike voi myös hyötyä ulkopuolisten lataajien käynnistä. Kun ajoneuvo on latauksessa, asiakkaalla on hetki aikaa esimerkiksi tutustua autoliikkeen tarjontaan. Latauslaitteen asennuspaikkaa valittaessa on myös huomioitava, että esimerkiksi talvisin voidaan lumen auraus tehdä latauslaitteen ympäriltä tehokkaasti. Latauslaitteen asennuksessa tärkeintä on kuitenkin noudattaa laitteen valmistajan asennusohjeita sekä muita turvallisuusmääräyksiä.

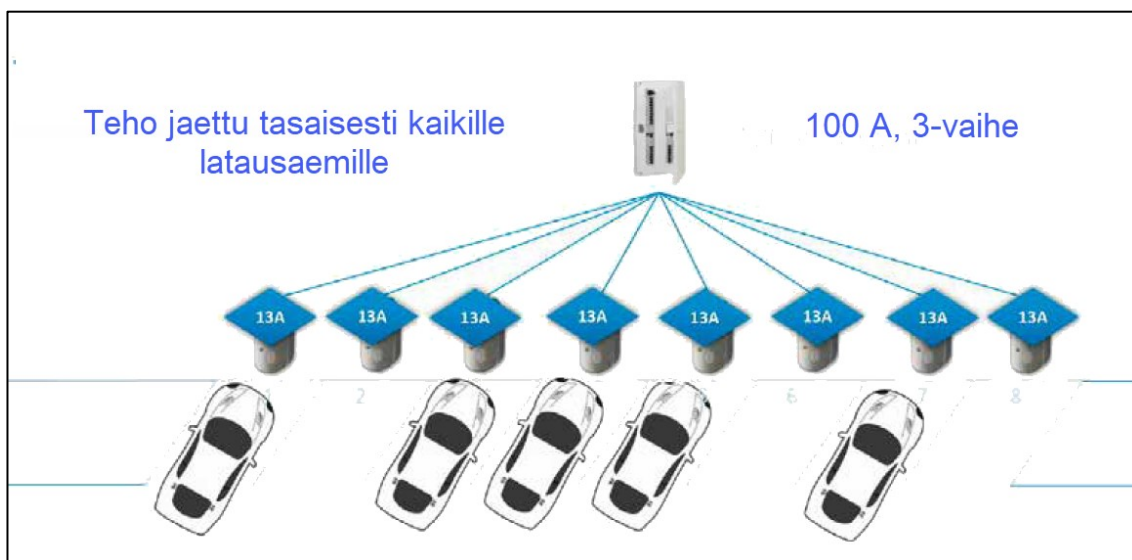
Liikuteltavalle latauslaitteelle voidaan pistorasioita sijoittaa kohtuullisen pienillä kustannuksilla paikkoihin, joissa ajoneuvoja aiotaan ladata. Lisäksi pistorasioiden etäisyyttä latauslaitteeseen voidaan kasvattaa jatkojohdolla. Kuitenkin isojen liikuteltavien latauslaitteiden vaatimat virrat voivat kasvaa suuriksi, jolloin pistorasioiden sijainteihin kannattaa kiinnittää huomiota.

6.4 Kiinteistön sähkökuorman hallinta

Latauslaitteiden aiheuttamat sähkökuormat voivat kasvaa suuriksi varsinkin, jos useassa latausasemassa on ajoneuvoja latauksessa samanaikaisesti. Etenkin hyötyajoneuvojen suuren akkukapasiteetin ja nopean lataustarpeen vuoksi latausvirrat voivat kasvaa erittäin suuriksi, jolloin kiinteistön sähköverkko voi kuormittua liikaa. Tällöin latausasemille menevää latausvirtaa voidaan joutua rajoittamaan, ettei kiinteistön sähköverkko ylikuormitu. Ilman sähkökuorman hallintaa sähköverkon tasauskerroin tulee olla 1. Tämä tarkoittaa, että latausaseman tai asemien yhteen laskettu maksimiteho ei saa ylittää

kiinteistöstä saatavilla olevaa maksimitehoa. Tällaista järjestelmää on järkevää käyttää pientalossa, jossa on yksi latausasema ja sähköverkko riittää kaikissa tilanteissa lataamiseen. Jos useampi latausasema asennetaan näin, niin haittapuolena tällaisella ratkaisulla on, että usein osa latauspaikoista on tyhjänä, jolloin sähköverkon kapasiteettia olisi enemmän käytettävänä ja lataustehot voisivat olla suurempia.

Kuvassa 26 on esitetty useamman latausaseman asennus ilman kuormanhallintaa. Ajoneuvojen lataukseen on käytettävissä 100 A:n virta verkosta kahdeksalle autopaikalle. Kun sähköverkosta saatava maksimivirta jaetaan jokaiselle latauslaitteelle, on käytettävissä jokaiselle 13 A:n virta. Vaikka useampi latauslaite olisi käyttämättä, niin yhden latauslaitteen maksimivirta lataukselle pysyy samana.



Kuva 26. Sähkökuorma jaettuna tasaisesti kaikille latausasemille [40].

Jos latausasemia on useita eikä kiinteistön pääsulakekokoa haluta kasvattaa, voidaan latausasemille rakentaa kuorman tunteva järjestelmä, joka rajoittaa latausasemien tehoa, jos kiinteistön sähköverkko uhkaa ylikuormittua. Näin sähkön syötön tasauskerroin latausasemille voi olla alle yksi. Tämä tarkoittaa, että latauslaitteiden yhteen laskettu teho on suurempi kuin sähköverkosta olisi mahdollista ottaa. Latauspisteille syöttävän ryhmäjohton perässä voi olla useita latausasemia, mutta niitä harvoin käytetään samanaikaisesti. Jos ajoneuvoja on vähän latauksessa samanaikaisesti, latausteho voidaan

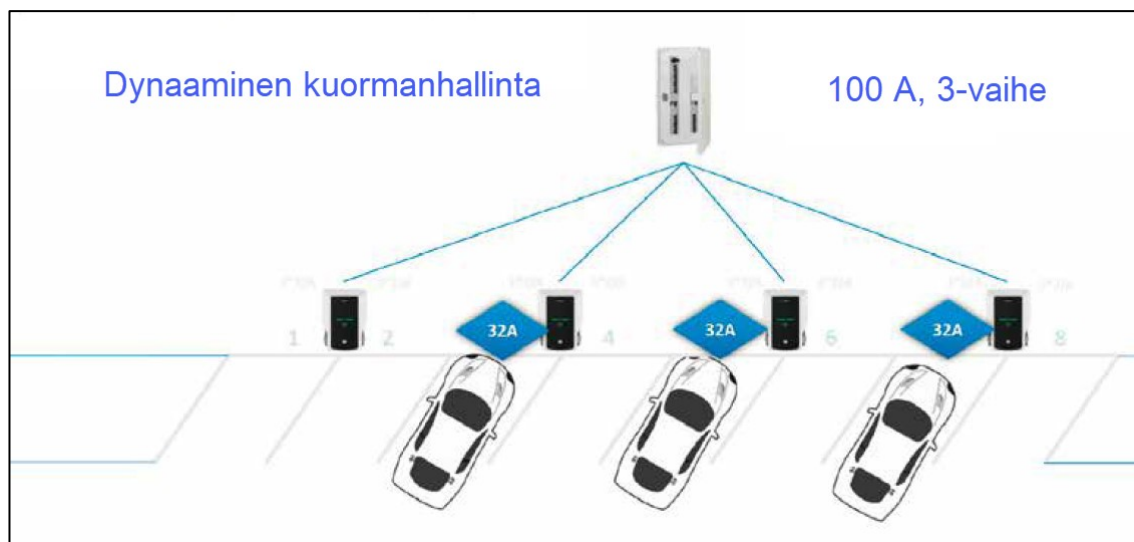
pitää suurena, ja kun useampaa ajoneuvoa ladataan samanaikaisesti, lataustehoa pienennetään niin, ettei sähköverkko kuormitu liikaa.

Kuormanhallinta voidaan jakaa kolmeen ryhmään: sähkökuormien vuorottelu, lataustehon puolittaminen kuormituksen noustessa liian suureksi sekä dynaaminen, jossa lataustehoa voidaan säätää portaattomasti sähköverkon kuormituksen mukaan [41].

Sähkökuormien vuorottelua käytetään pienissä latausjärjestelmissä, kuten pientaloissa, joissa on esimerkiksi vain yksi latausasema. Näissä usein kiinteistön pääsulakekoko ei riitä samanaikaisesti ajoneuvon lataamiseen ja esimerkiksi uunin tai kiukaan käyttöön. Tällöin estetään latausaseman käyttö, kun kiuas tai uuni on käytössä, jotta sähköverkko ei kuormitu liikaa. [41]

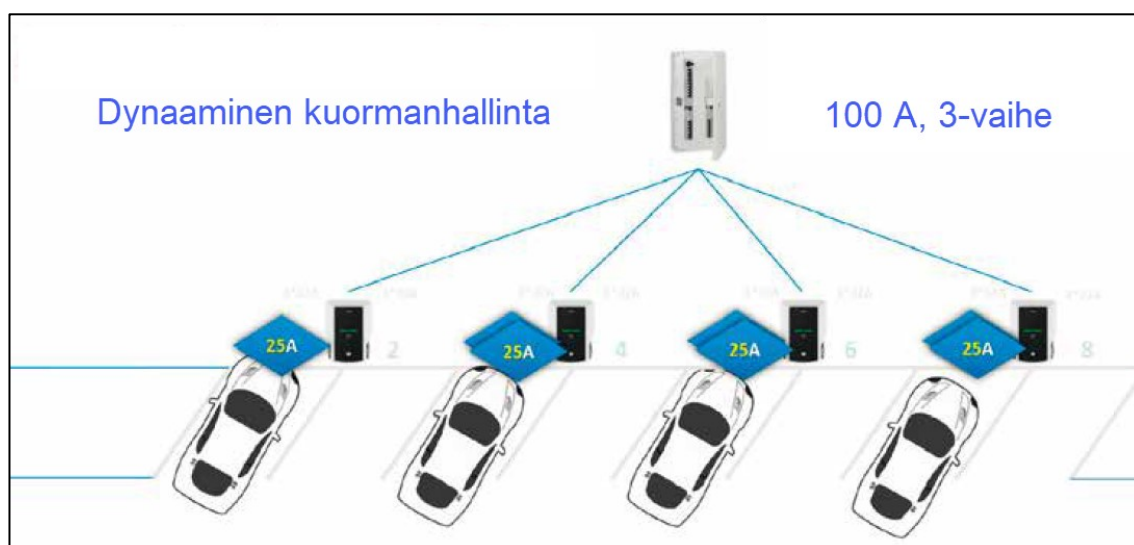
Lataustehon puolittamista käytetään myös useasti pienissä kohteissa, kun sähköverkon koko riittää muiden sähkölaitteiden lisäksi lataamiseen osittaisella teholla. Kun uuni tai kiuas on käytössä, ajoneuvon latausteho voidaan puolittaa, jolloin sähköverkko ei ylikuormitu. Kun muut suuret kuormat sammutetaan, voidaan latausteho taas nostaa korkeammaksi.

Tavallisen kuormanhallinnan haittapuolista voidaan välttyä dynaamisella kuormanhallinnalla. Dynaamisella kuormanhallinnalla jokaisen latausaseman teho voidaan maksimoida suhteessa verkon maksimitehoo. Jos osa latausasemista on käyttämättä, näistä vapautuva latausvirta voidaan syöttää käytössä oleville latausasemille. Kuvassa 27 on esitetty kahdeksan auton paikoitusalue, jossa latauksessa on kolme ajoneuvoa. Dynaamisella kuormanhallinnalla jokaiselle ajoneuville voidaan tarjota 32 A:n latausvirta, kun muut latausasemat ovat käyttämättä.



Kuva 27. Dynaaminen kuormanhallinta. Esimerkki latausvirran kasvattamisesta, kun kaikki latausasemat ei ole käytössä [40].

Kun samalle 8 auton paikoitusalueelle lataukseen laitetaan 4 ajoneuvoa, dynaaminen kuormanhallinta pienentää latausvirtaa automaattisesti. Kun 100 A:n syöttövirta jaetaan neljälle ajoneuville, niin jokaista voidaan ladata 25 A:n virralla (kuva 28).

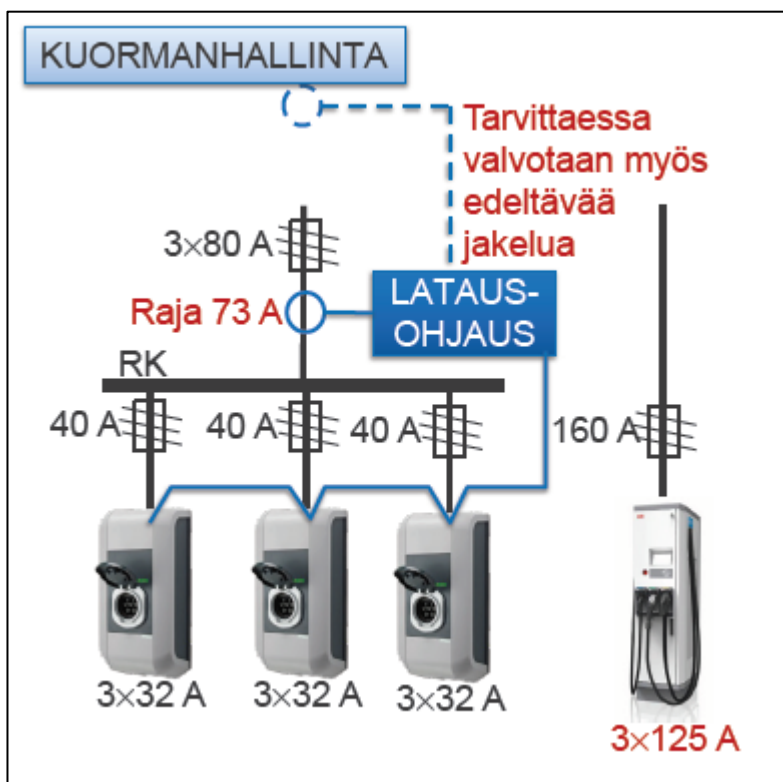


Kuva 28. Dynaaminen kuormanhallinta. Esimerkki latausvirran rajoittamisesta, kun kaikki latausasemat ovat käytössä [40].

Dynaamisella kuormanhallinnalla voidaan ohjata erilaisia kokonaisuuksia. Jossain tapauksissa voidaan hallita vain latausasemia ja toisissa voidaan valvoa ja hallita koko

kiinteistön sähköverkkoa. Kuorman hallinta toteutetaan paikallisilla virranmittauksilla eri-puolilta sähköverkkoa, joiden mukaan virtaa jaetaan eri laitteille. Järjestelmä voi esimerkiksi mitata koko kiinteistön käyttämää virtaa ja kasvattaa latausasemille syötettävää virtaa, kun muun kiinteistön virrankulutus on pieni. [40]

Kuormanhallinta on järkevää AC-latausasemille, mutta kiinteiden DC-latausasemien eli tehollatausasemien on syytä toimia aina täydellä teholla. Tehollatausasemat on siis hyvä mitoittaa sähköverkkoon sopiviksi tai tarvittaessa kasvattaa kiinteistön pääsulakekokoa latausaseman tehoa vastaavaksi. Kuvassa 29 on esitetty yhdistelmä, jossa tehollatausasemalle sähkö syötetään suoraan verkosta ja AC-latausasemille on dynaaminen kuormanhallinta. [39]



Kuva 29. DC- ja AC-latauslaitteiden asennus dynaamisella kuormanhallinnalla [39].

Sähköverkon kuormituksen seurantaan ja valvontaan käytetään erilaisia vaihtoehtoja joita mm. ovat virtamittarit, releohjaukset, dynaamiset ohjaukset sekä ohjelmallisia palveluita. Kuitenkin näiden järjestelmien osalta on tärkeää varmistaa, ettei sähköverkko pääse ylikuormittumaan missään tilanteessa. [39]

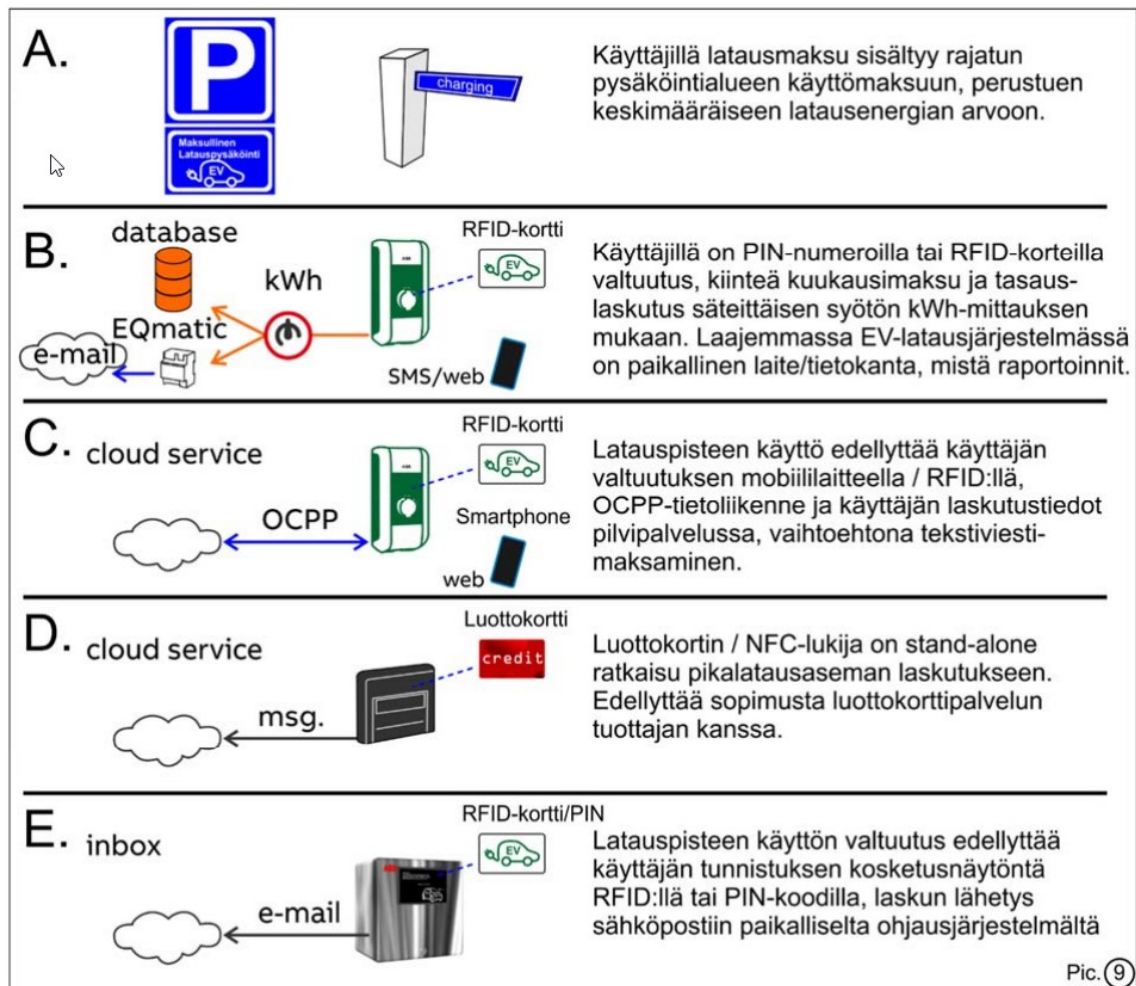
6.5 Käyttäjien hallinta ja tiedonsiirto

Latausta voidaan tarjota ns. vapaana latauksena, rajoitettuna latauksena tai näiden yhdistelmänä. Vapaalla latauksella tarkoitetaan, että kaikki voivat vapaasti käyttää latausasemaa. Rajoitetulla latauksella tarkoitetaan käyttäjien rajoittamista esimerkiksi erilaisten tunnisteiden avulla. Tällöin vain halutut käyttäjät voivat ladata latausasemasta. Näiden yhdistelmällä tarkoitetaan esimerkiksi taloyhtiön asukkaille tarkoitettua ilmaista latausta ja ulkopuolisilta voidaan veloittaa latauksesta.

Tiedonsiirto latausasemien ja taustajärjestelmien välillä toteutetaan pääsääntöisesti OCPP (Open Charge Point Protocol) -protokollalla. OCPP-protokollan avoin toimintaperiaate mahdollistaa mm. eri laitteiden kuormituksen hallinnan ja valvonnan. OCPP:n avulla luodaan yhtenäinen ja avoin kommunikointi eri laitevalmistajien kesken sekä mahdollistetaan esimerkiksi tiedonsiirto eri operaattorien välillä. Näin lataustapahtuma voidaan yksilöidä käyttäjien kesken ja esimerkiksi laskuttaa lataustapahtumasta. Tiedonsiirtoa voidaan myös hyödyntää latausasemien etähallintaan, jolla vikatilanteissa voidaan etänä lukea latauslaitteen vikaloki tai esimerkiksi uudelleen käynnistää latausasema. Etähallinnan avulla saadaan kustannussäästöjä monessa tapauksessa, koska paikan päällä ei välttämättä tarvitse fyysisesti käydä. Erilaiset taustajärjestelmiä voidaan toteuttaa tapauskohtaisesti tarpeiden mukaan. [39]

Joissain tapauksissa latausasemien tehoa voidaan hallita ajoneuvo kohtaisesti esimerkiksi akun varaustilan perusteella niin, että lähes täyteen ladatun akun lataustehoa pienennetään ja vastaavasti tyhjän akun lataustehoa kasvatetaan. Tietyt täyssähköautot eivät lähde lataamaan liian pienellä latausteholla ollenkaan varsinkaan kylmällä ilmalla, jolloin käytetty latausteho ohjautuu akkujen lämmitykseen. Tällaisissa tapauksissa tiedonsiirron avulla voidaan latausasemille kertoa minimilatausteho, jolla ajoneuvoa aletaan ladata. Jos verkon kuormituksen takia latausasemalle ei riitä tarpeeksi suurta virtaa, niin ajoneuvon lataus käynnistyy vasta, kun saatavilla oleva virta kasvaa riittävän suureksi.

Tietyissä tapauksissa latausasemien käyttäjät tulee tunnistaa seurannan, laskutuksen tai muun syyn takia. Tunnistukseen on olemassa erilaisia tapoja kuten erilaiset PIN-koodit, mobiilisovellukset sekä RFID-tunnisteet. Kuvassa 30 on esitetty erilaisia tunnistautumistapoja latauksen seurannalle sekä maksamiselle. Tunnistautumistapoihin vaikuttaa järjestelmien koko sekä käyttötarkoitus. [39]



Kuva 30. Erilaisia tunnistautumistapoja latausasemille [39].

Kuvan 30 kohta A sopii esimerkiksi taloyhtiöihin, joissa lataus sisältyy kiinteään kuukausi hintaan. Tällä tavalla lataajalle annetaan oikeus ladata ajoneuvoa esimerkiksi rajatulla pysäköintialueella. [39]

Kohdassa B käyttäjä tunnistautuu jollain valitulla tunnistustavalla. Niitä voi olla esimerkiksi PIN- koodi, RFID-kortti tai erilaiset puhelinsovellukset. Tämä järjestelmä toimii paikallisesti ja veloitus voi olla kiinteä kuukausihinta tai kilowattituntiperustainen. [39]

Kohdan C käytössä edellytetään puhelinsovellus tai RFID-tunnistautumista. Latauksen tiedot lähetetään pilvipalveluun OCPP-viesteillä, jolloin latausjärjestelmä voidaan antaa esimerkiksi jonkin latausoperaattorin hallinnoimaksi. [39]

Vaihtoehto D:ssä lataus veloitetaan suoraan esimerkiksi luottokortilta. Tämä edellyttää sopimusta luottokorttipalvelun tarjoajan kanssa. PIN-koodia ei tarvita, koska latausmaksu on pienempi kuin 50 €, joka voidaan toteuttaa lähimaksulla. [39]

Vaihtoehto E:stä lataustapahtuman lasku lähetetään paikallisesti suoraan käyttäjän sähköpostiin. [39]

7 Vehon korjaamon latauspisteiden suunnittelu tulevaisuutta varten

Latauspisteiden suunnittelulla luotiin Veho Oy Ab:lle esimerkki kiinteistön latausasemien sekä hyötyajoneuvojen vaatimuksiin tulevaisuudessa. Työssä keskitytään sähköverkon kuormitukseen, latausasemien valintaan sekä sijaintiin. Suunnittelussa ei keskitytä yksityiskotiin, kuten kaapelien mitoittamiseen tai yleisesti sähkösuunnitelmiin. Tarkoituksena on suunnitella korjaamolle, myynnille sekä paikoitusalueelle latausasemat sekä niille sähköistys tulevaisuutta silmällä pitäen. Liedon hyötyajoneuvopisteessä toimii korjaamo sekä myyntitilat. Rakennus on valmistunut vuonna 1992. Liedossa myydään ja huolletaan paketti-, kuorma- sekä linja-autoja.



Kuva 31. Veho Oy Ab:n Liedon korjaamo sekä myynti

Vierailin 2.9.2020 Liedon pisteessä, jossa käytiin läpi korjaamon tarpeita latausratkaisujen osalta sekä kartoitettiin jo olemassa oleva latauslaitteet sekä pistorasiat [42]. Myöhemmin mm. aikataulusyistä sovittiin, että tässä työssä tehdään vain esimerkki Veho Oy Ab:lle latausasemien sijoittamiselle, laitteiden valinnalle sekä liittymän mitoitukselle. Jo suunnittelun alkuvaiheessa kävi selväksi, että latausasemia valmistavia yrityksiä on paljon kaikkiin käyttötarkoituksiin. Lisäksi on myös paljon kokonaisvaltaisia sähköajoneuvojen latausratkaisuja tuottavia yrityksiä, jotka tarjoavat palvelun suunnittelusta käyttööntoon sekä monesti myös ylläpidon latausasemille.

7.1 Liedon pisteen lähtötietoja

Korjaamon, myynnin sekä paikoitusalueen tarpeet selvitettiin 29.9.2020 yhdessä Liedon korjaamopäällikön kanssa. Näiden pohjalta tehtiin malli latauspisteiden toteutukselle, jota voidaan käyttää tarvittaessa ja lopullinen sähkösuunnittelu jätetään sähkösuunnittelijalle. Tässä esimerkissä kartoitettiin latauspisteiden sijaintien tarpeet nyt ja tulevaisuudessa sekä tutkittiin tarjolla olevia latauslaitteita.

Tällä hetkellä rakennuksen pääkeskuksen nimellisvirta on 630 A ja pääsulakkeiden koko 400 A. Pääkeskuksessa on vapaana 1 kpl 63 A:n, 1 kpl 125 A:n ja 1 kpl 250 A:n lähtöjä, joita voidaan käyttää ajoneuvojen latausasemille, kun kiinteistön liittymäkoko kasvatetaan. Alue kuuluu Carunan sähköverkkoon, joka hallinnoi sähköliittymiä. Carunan pienjänniteliittymän maksimikoko on 960 A, joten tarvittaessa liittymää voidaan kasvattaa latausasemille sopivaksi.

Tarkoituksena on saada tulevaisuutta varten latausmahdollisuus henkilökunnalle, myynnille sekä tarpeen vaatiessa asiakkaille. Lataussähköä ei ole kuitenkaan tarkoitus alkaa myymään. Kuitenkin ulkona olevilta latausasemilta pitää pystyä estämään ulkopuolisten lataus tarvittaessa.

7.2 Tarpeet

Latausratkaisut korjaamalla koskevat pääsääntöisesti välttämättömiä latauksia, joten sähkön myyntiin asiakkaille tai työntekijöille ei ainakaan vielä keskitytä. Latausasemia ei siis tarvitse liittää esimerkiksi jonkin operaattorin palveluun, joka hoitaisi sähkön myynnin sekä laskutuksen. Tulevaisuudessa sähköautojen yleistyessä ja latausmäärien kasvaessa myös työntekijöiden omien autojen lataaminen alkaa tuomaan kustannuksia yritykselle, jolloin voi olla tarpeellista alkaa veloittamaan latauksesta myös työntekijöitä.

Vaihtosähköä syöttävien latauspisteiden tulee vähintään työpäivän aikana pystyä tarjoamaan työntekijöille n. 100 km:n matkaan vaadittava määrä sähköä. Jos henkilöauton sähkönkulutuksena pidetään keskimäärin 25 kWh:a / 100 km niin latauslaitteen pitäisi pystyä lataamaan 8 tunnin työpäivän aikana vähintään n. 4 kW:n teholla. Tämä riittää suurimmalle osalle päivittäisestä ajosuoritteesta, mutta välillä voi joutua matkustamaan pidempiä matkoja esimerkiksi työtehtävissä, jolloin tarvitaan vielä suurempaa lataustehoa toimintasäteen kasvattamiseksi. 11 kW:n latausteholla saavutetaan jo teoreettisesti n. 350 km:n toimintasäde 8 tunnin latauksella. Todellinen kesimääräinen henkilöauton sähkönkulutus on ST-käsikirjan 13.31 [41, s. 4] mukaan 20 kWh / 100 km, jolloin suunniteltujen latauslaitteiden teho riittää varmasti haluttuun toimintasäteeseen. ST-käsikirjassa 13.31 on myös esitetty kaava älykkään latausjärjestelmän tehon vähimmäismitoitukselle, joka lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$P_{\text{sähköajoneuvojen lataus}} = \frac{\text{haluttu toimintasäde (km)} \times 0,20 \text{ kWh/km} \times n_{\text{auto}}}{\text{latauskerran aika (h)}}$$

Edellä mainitussa kaavassa n_{auto} tarkoittaa ladattavien autojen lukumäärää. Tällä kaavalla laskettuna 100 km:n toimintasäteen saavuttamiseen riittäisi jo 2,5 kW:n latausteho / ajoneuvo 8 tunnin latauksella.

Kirjassa on myös kaava [41, s. 4] paikoitusalueen latausasemien vähimmäismitoitukseen kahden tai useamman latauspisteen järjestelmiin:

$$P_{\text{paikoitus}} = 10 \text{ kW} + 2 \text{ kW/paikka} * n_{\text{auto}}$$

Kaavassa n_{auto} tarkoittaa sähköistettyjen autopaikkojen lukumäärää. Tällä kaavalla laskettuna latausasemien yhteenlaskettu vähimmäisteho olisi kahdeksan auton paikoitusalueella 26 kW, joka tarkoittaa 3,25 kW lataustehoa jokaiselle autolle, jos niitä ladataan samanaikaisesti.

Korjaamokäytössä DC-latauslaitteen tulee pystyä lataamaan akkuja 400 V:n sekä 800 V:n jännitteellä. Näin sama latauslaite käy kaikkiin myynnissä sekä korjaamolla oleviin ajoneuvoihin. Korjaamotiloissa sähköajoneuvojen latauspisteitä tarvitaan huoltojen sekä diagnosoinnin ajaksi. Taulukossa 4 on esitetty lataustarpeet eri paikoille.

Taulukko 4. Olemassa olevat ja tulevat lataustarpeet.

Tila	Olemassa olevat	Lisättävät	Yhteensä
Pakettiauto korjaamo	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n Keba merkinen latausasema	Ei lisättävää	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n Keba merkinen latausasema
Kuorma-auto korjaamo	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia	Ei lisättävää	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia
Myyntihalli	Ei ole	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n latausasema	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n latausasema
Esittelyautojen paikoitus	Mercedes Wallbox	2 kpl 22 kW:n latausasema	3 kpl 22 kW:n latausasema
Henkilökunnan paikoitus	Ei ole	2 kpl 22 kW:n latausasema	2 kpl 22 kW:n latausasema
Asiakas paikoitus	Ei ole	2 kpl 22 kW:n latausasema	2 kpl 22 kW:n latausasema
Ulkokatos / Rent	Ei ole	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n latausasema	1 kpl 63 A:n 3-vaihepistorasia + 22 kW:n latausasema

Latausasemien yhteenlasketun tehon määrittämisellä estetään sähköverkon ylikuormitus. Varsinkin DC-latausasemat vaativat suuria kuormia sähköverkolta, jolloin sähköverkko kuormittuu liikaa, jos niitä käytetään samanaikaisesti. Yhteensä lisättäviä AC-latausasemia on 9 kpl ja 63 A 3-vaihepistorasioita 2 kpl. Ulkokatokseen asennettavaan latausasemaan ei tule kuormanhallintaa, eikä sitä liitetä verkkoon kustannuksien säästämiseksi. Katoksen latausasema voidaan asentaa yksittäin toimimaan maksimiteholla jatkuvasti. Kuitenkin katoksen ryhmäkeskukseen pitää asentaa latausasemalle johdon-suojakatkaisija sekä B-tyyppin vikavirtasuoja.

7.2.1 Myynti- ja luovutustilat

Myyntihalliin on tulevaisuutta varten tärkeää saada latausmahdollisuus niin pakettiautoille kuin kuorma-autoille, jolloin esimerkiksi luovutettaessa ajoneuvoa asiakkaalle voidaan varmistaa, että akusto on täyteen ladattu. Pakettiautoja voidaan ladata niin vaihtosähköllä kuin tasasähkölläkin. Asiakkaille on kuitenkin tärkeää esitellä erilaisia ajoneuvon lataustapoja, joten autoa luovutettaessa olisi tärkeää, että voidaan esitellä molempien latausasemien käyttö. Myyntihallissa paras paikka latauslaitteiden asennukselle on pakettiautokorjaamon ja myyntihallin välinen seinä suoraan nosto-oven läheisyydessä. Siihen sähkökäyttöiset ajoneuvot on helppo ajaa lataukseen sekä luovutusta varten. Myyntihallissa ei ole valmiina myöskään 63 A:n 3-vaihepistorasiaa, johon liikuteltava DC-latauslaite voidaan liittää. Pistorasia tulee lisätä ja asentaa AC-latauslaitteen läheisyyteen samalle seinälle, jolloin molempien laitteiden käyttö ja esittely on helppoa. Lisäksi tällä saadaan ladattua kuorma- ja linja-autot, joissa ei ole auton sisäistä latauslaitetta.

7.2.2 Pakettiautokorjaamo

Pakettiautojen korjaamohallissa on jo valmiina Keba-merkkinen AC-latausasema. Latausasema pystyy syöttämään maksimissaan 22 kW:n tehon ja on varustettu tyyppin 2 pistokkeella. Tällä hetkellä latausaseman maksimilatausteho riittää myös tulevaisuuden tarpeisiin, koska Daimlerin tällä hetkellä valmistamissa hyötyajoneuvoissa ajoneuvon oman latauslaitteen maksimi teho on 11 kW. Lisäksi pakettiautojen korjaamohallissa on myös valmiina 63 A:n 3-vaihepistorasia, jota voidaan hyödyntää tarvittaessa liikuteltavan DC-latauslaitteen kanssa. Kuitenkin tällä hetkellä pakettiautot on varustettu omalla latauslaitteella, jolloin ajoneuvoja voidaan ladata jo olemassa olevalla latauslaitteella. Nämä

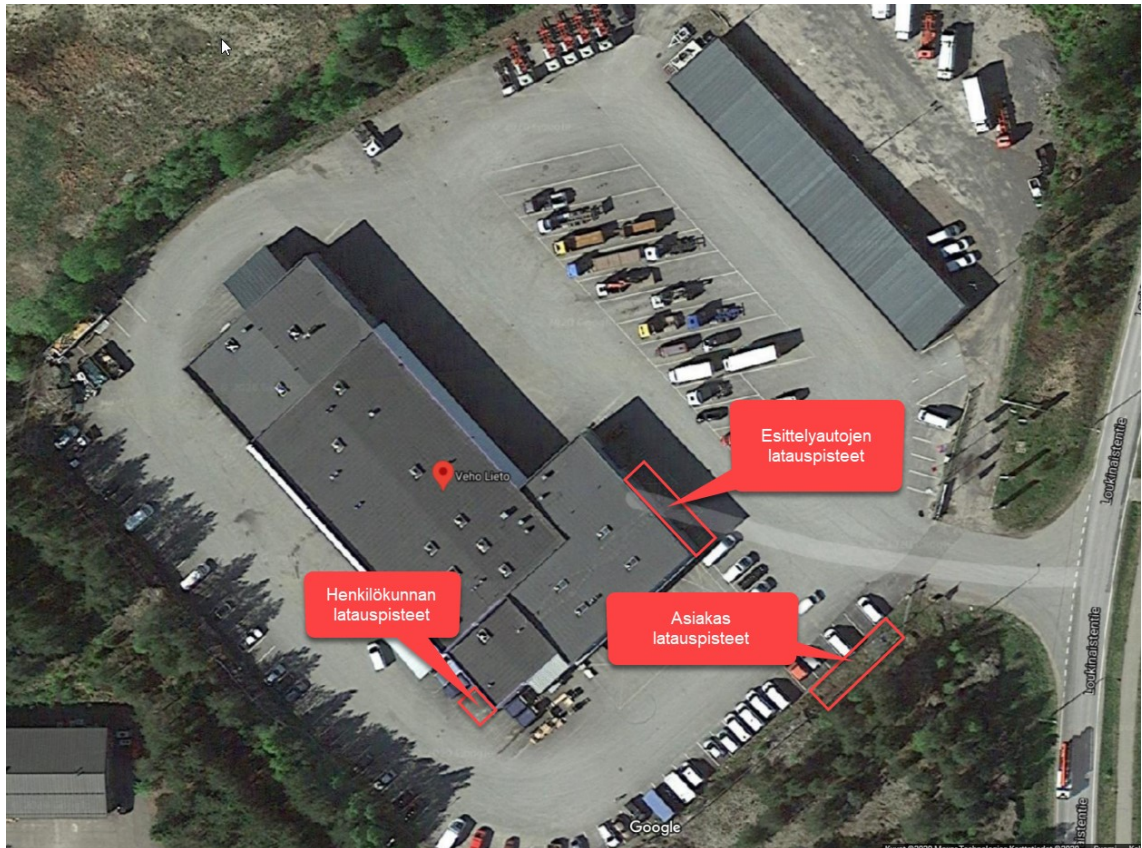
täyttävät pakettiautokorjaamon lataustarpeet myös tulevaisuudessa, joten tämän korjaamon sähköistystä latausasemia varten ei tarvitse muuttaa.

7.2.3 Raskaan kaluston korjaamo

Raskaan kaluston korjaamoon ei tulla asentamaan kiinteää latauspistettä, vaan ajoneuvojen lataus huollon aikana tullaan toteuttamaan liikuteltavalla tasasähköä syöttävällä latauslaitteella. Vaihtosähköä syöttävää latausasemaa ei tarvita raskaan kaluston korjaamohallissa, koska kuorma- ja linja-autoissa ei ole omaa sisäistä latauslaitetta. Näin ollen niiden lataus voidaan toteuttaa ainoastaan tasajännitettä syöttävällä latauslaitteella. Liikuteltavalla DC-latauslaitteella ajoneuvon lataus voidaan myös tehdä huoltopaikasta riippumatta. Keskeisellä paikalla kuorma-autojen korjaamohallista on jo valmiina 63 A:n 3-vaihepistorasia, jota voidaan käyttää kuorma- ja linja-autojen latausaseman virran syöttöön.

7.2.4 Pysäköintialueet

Pysäköintialueiden lataustarvevaatimukset koskevat henkilökunnan, asiakkaiden sekä osittain vuokraamon ja myynnin ajoneuvoja. Kuvassa 32 on esitetty piha-alueen pysäköintipaikat, joihin latausasemia tullaan asentamaan.



Kuva 32. Veho Liedon paikoitusalueet latausasemille.

Myyntihallin ulkopuolen seinässä on jo valmiiksi asennettuna Mercedes Wallbox -latausasema. Latausaseman maksimi latausteho on 22 kW, mutta tässä latausasemassa ei ole käyttäjän tunnistusta eikä kuormanhallintaa, joten laite joudutaan korvaamaan toisella. Myyntihallin ulkoseinään asennetaan 3 kpl 22 kW:n AC-latausasemia, joissa on käyttäjän tunnistus, sekä kuorman hallinta. Latausasemien sijoitus on esitetty kuvassa 33.

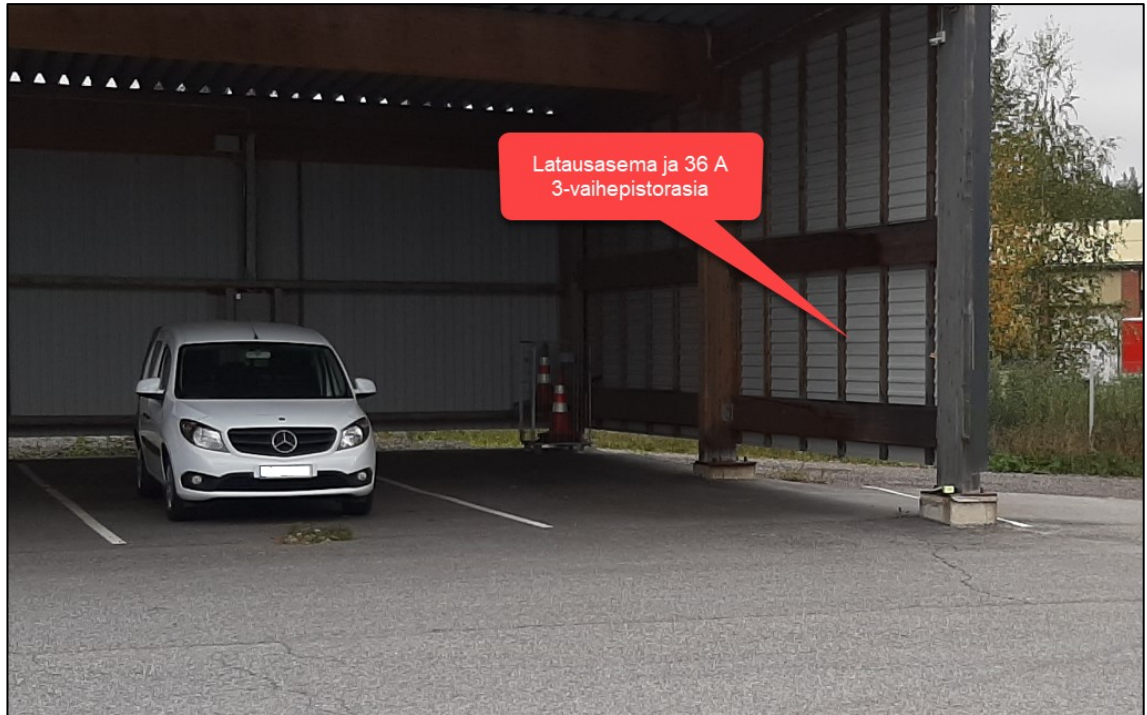


Kuva 33. Latausasemien sijoitus esittelyautoille.

Samanlaisia asemia lisätään myös henkilökunnan paikoitusalueelle 2 kpl ja asiakas paikoitukseen 2 kpl. Kaikkien uusien asennettavien latausasemien yhteenlaskettu maksimiteho lukuun ottamatta katoksen latausasemaa olisi $8 \text{ kpl} * 22 \text{ kW} = 176 \text{ kW}$. Tämä tarkoittaa, että jo pelkästään AC-latausasemille tarvittava virta olisi yli 250 A. Näiden lisäksi myyntihalliin lisättävä 63 A 3-vaihepistorasia lisäisi tarvittavan virran yli 300 ampeeriin. Asiakas paikoituksen latausasemien sähkökaapelit tulee kaivaa maahan sähköpääkeskuksen ja paikoitusalueen väliltä.

7.2.5 Autokatos

Kiinteistössä on myös pitkä autokatos, jota voidaan hyödyntää latauslaitteille. Katokseen mahtuu myös kuorma- ja linja-autot. Katoksen alle sijoitettuja latausasemia on mukavampi käyttää esimerkiksi talvisin ja sateella. Lisäksi talvisin lumenaurauksesta ei aiheudu vaaraa latausasemille. Katoksessa on valmiina oma ryhmäkeskus, josta syötetään sähkö pihalla oleviin lataustolppiin. Katoksen takaseinään ja katoksen takana olevalle hiekkakentälle on asennettu lämmitystolppia, jotka eivät ole aktiivisessa käytössä. Näiden poistamisella käytöstä saadaan ryhmäkeskukselta vapautuva kuorma käytettyä katokseen asennettavalle AC-latausasemalle, sekä 63 A:n 3-vaihepistorasialle.



Kuva 34. Autokatoksen latausaseman ja 3-vaihepistorasian sijainti.

Näin saadaan lataustarpeet täytettyä myös vaihtoautojen sekä vuokra-autojen osalta tulevaisuudessa. Latausasema sekä 63 A:n 3-vaihepistorasia tullaan sijoittamaan katoksen kaakkois- seinälle katoksen sisäpuolelle.

7.3 Sähköverkko

Lisättävät 22 kW:n latauslaitteet sekä 63 A 3-vaihepistorasia tarvitset toimiakseen täydellä teholla yli 300 ampeerin virran. Sähköverkon liittymä kokoa tullaan kasvattamaan 200 A, joka syötetään omasta keskukselta latauslaitteille. Näin tulevaisuudessa on helppompaa kasvattaa tai seurata latausasemien toimintaa.

7.3.1 Sähköverkon kuormitus

Energian mittaus tulee varmasti tulevaisuudessa ajankohtaiseksi, kun sähköajoneuvokanta kasvaa ja latauksesta veloitetaan. Sähkönsyöttö kaapelit asennetaan latauskeskukselta latausasemille säteittäisesti, joka tarkoittaa, että jokaiselle latausasemalle

menee oma syöttökaapelinsa keskukselta. Lisäksi jokaiselle latausasemalle asennetaan tiedonsiirtokaapelit kuormanhallintaa tai muita tiedonsiirtoa vaativia toimintoja varten. Lisättävien latausasemien ja pistorasian tarvitsema virta on suurempi kuin liittymän kasvatus, joten asennettavien latausasemien pitää sisältää kuormanhallinta, jolloin latausasemat säätävät itse tiedonsiirron avulla maksimitehon sähköverkon kuormituksen mukaan. Vaihtoehtoisesti latausasemien tehon säätöä voidaan hoitaa erilaisilla taloautomaatiojärjestelmillä, jotka ohjaavat ja valvovat kokokiinteistön sähkökuormaa. Näiden etuina on, että sähkönkulutus voidaan optimoida koko kiinteistön osalta ja hyödyntää koko sähköverkon kapasiteetti. 63 A:n 3-vaihepistorasian tulee pystyä syöttämään jatkuvasti täysi teho, joten liittymäkoon kasvatuksessa latausasemille jää pistorasian tarvitseman virran jälkeen 134 ampeeria , joka tarkoittaa, että jokaiselle latausasemalle on käytettävissä $134 \text{ A} / 8 = 16,75 \text{ A}$. Jokainen latausasema pystyy lataamaan ajoneuvoa 11 kW :n teholla, vaikka kaikki latausasemat olisivat samanaikaisesti käytössä. Näin myös latauslaitteita voidaan lisätä tarvittaessa ilman sähköliittymän muutoksia.

7.3.2 Latausasemat

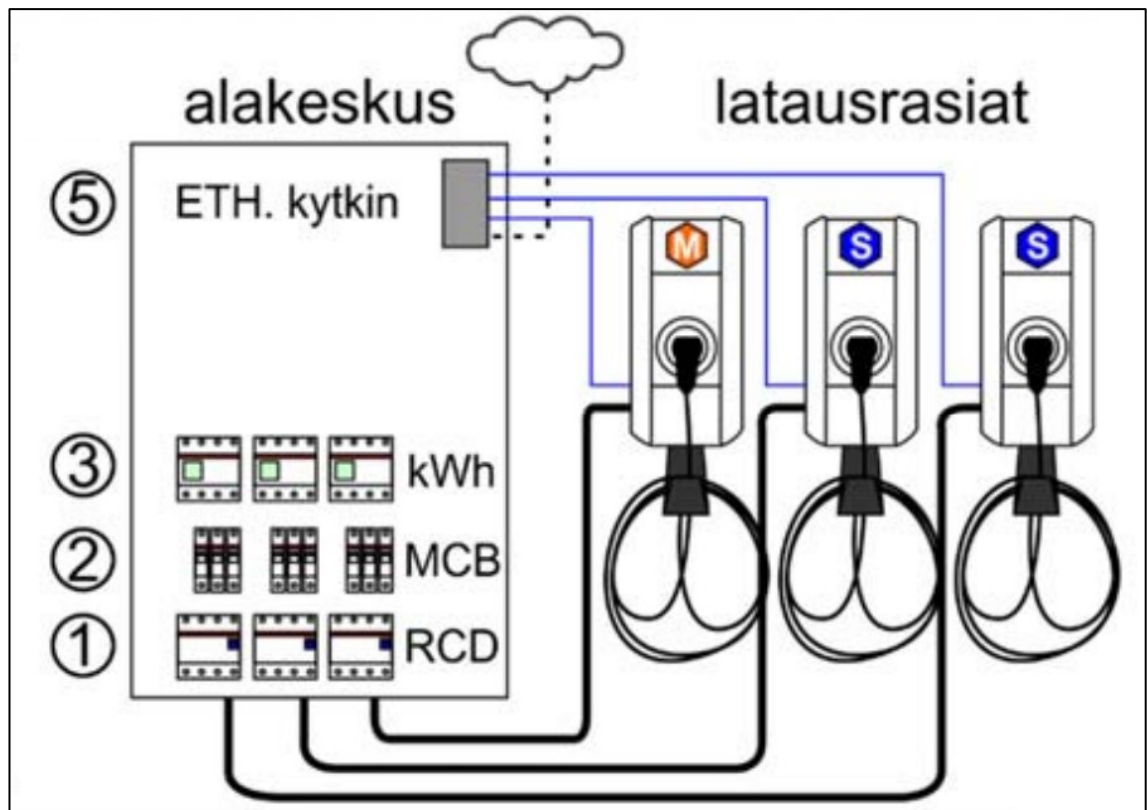
Eri valmistajien vaihtosähköä syöttäviä latausasemia on tarjolla runsaasti tällä hetkellä. Lisäksi latausasemia valmistavilla yrityksillä on monesti tarjolla myös useita eri malleja latausasemista käyttötarpeen ja tehon mukaan. Tähän projektiin suunniteltavassa latausasemassa tulee vähintään olla jokin tapa estää ulkopuolisten lataus, eli latauslaitteessa tulee olla lukitus tai tunnistus, jolla lataus voidaan estää ulkopuolisilta. Helpoin vaihtoehto olisi käyttää RFID-tunnistetta, jolloin kaikille käyttäjille annetaan henkilökohmainen tunnistus, jolla lataus voidaan aloittaa. Tunnusteiden haltijoista on helppo pitää kirjaa ja näin ollen tiedetään tarkasti latausasemien käyttäjä määrä. Kuitenkin tunnusteiden jakaminen esimerkiksi asiakkaille satunnaisia latauskertoja varten voi olla hankalaa. Tarjolla käyttäjän tunnisteksi on myös esimerkiksi PIN-koodi, jonka syöttämällä lataus voidaan aloittaa. Isommille latausjärjestelmille on myös tarjolla erilaisia pilvipalveluita, joita voidaan hallita sekä seurata latausasemien toimintaa. Lisäksi asennettavilta latausasemilta vaaditaan 22 kW :n maksimilatausteho tulevaisuutta varten. Suurimpien sähkölaitevalmistajien kuten ABB, Schneider sekä ENSTO latauslaitteen valinnalla varmistetaan varaosien sekä tuen saatavuus myös tulevaisuudessa. Kaikilla edellä mainituista valmistajista on tarjota useita latausasemia tarvittavilla ominaisuuksilla, joista tämän suunnitelman osalta tärkeimmät on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Latausasemien ominaisuuksia.

Valmistaja	Malli	Teho	Käyttäjän hallinta	Kuormanhallinta
Ensto	EVB103-AI	22 kW	RFID, Pilvipalvelu	Dynaaminen. Vaatii ulkoisen ohjauksen
ABB	EVLunic Pro S/M	22 kW	RFID, Pilvipalvelu	Dynaaminen. Master-slave-tyyppinen
Schneider	EVB1A22P2RI	7 / 22 kW	RFID	Dynaaminen. Vaatii ulkoisen ohjauksen

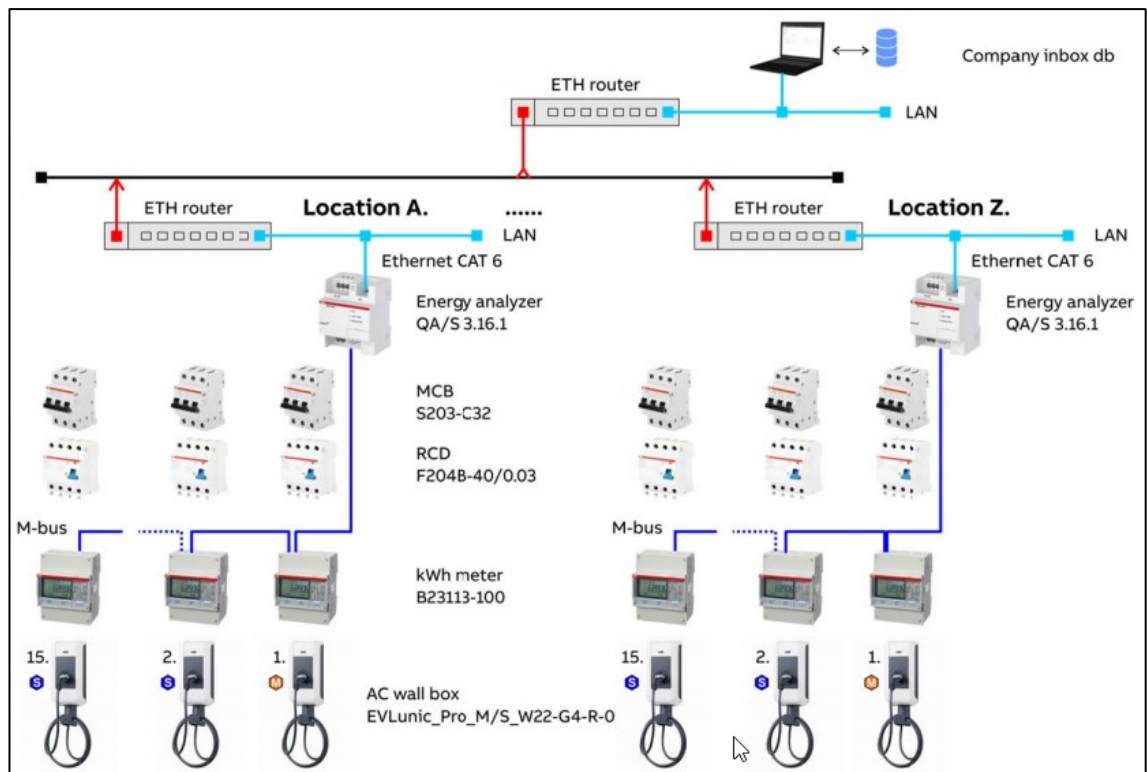
ABB:n valmistamassa latausasemassa kuormanhallinta voidaan toteuttaa paikallisesti latausasemien välillä master-slave-tyyppisesti. Muilla vertailtavilta merkeillä kuormanhallinta vaatisi ulkopuolisen tiedon sähköverkon kuormituksesta esimerkiksi taloautomaatiolta. Tähän suunnitelmaan valikoitui ABB:n latausasemat, jotta kiinteistöön ei tarvitse lisätä automaatiota, joka nostaisi latausjärjestelmän kustannuksia. RFID-tunnisteen lisäksi ABB:n latausasemaa voidaan hallita pilvipalvelun kautta, jolla tulevaisuudessa voidaan myös lataustapahtuman veloitus hoitaa tarpeen vaatiessa.

Master-slave-ratkaisussa yksi master-latausasema ohjaa muita latausasemia ja rajoittaa latausasemien lataustehoja tarvittaessa. Master-latausasemalle asetetaan kaikille latausasemille käytettävissä oleva maksimivirta, ja master-latausasema rajoittaa sitä tarpeen vaatiessa latausasemien tiedonsiirron avulla. Ladattava ajoneuvo ilmoittaa myös latauslaitteelle maksimilataustehon, joka määräytyy ajoneuvon sisäisen latauslaitteen mukaan. Latausasemat liitetään toisiinsa säteittäin CAT-6-kaapelin avulla, jonka välityksellä lataustehoja ohjataan. Latausasemien kytkentä on esitetty kuvassa 35.



Kuva 35. Periaatekuva latauslaitteiden kytkennöistä [39].

Jokaiselle latausasemalle tarvitaan oma energianmittaus, johdonsuojakatkaisija sekä B-tyyppin vikavirtasuojakytkin, joka suojaa myös sähköajoneuvoissa käytettävältä tasajännitteeltä. Lisäksi tiedon välittämiseen latauslaitteiden välillä tarvitaan Ethernet-kytkin tai Ethernet-reititin, jos halutaan käyttöön pilvipalvelut. Tämänkaltaisen järjestelmän kaavio-kuva komponentteineen on esitetty kuvassa 36.



Kuva 36. Esimerkkikaavio latausjärjestelmästä, joka liitetty verkkoon [39].

7.4 Kustannukset

Taulukkoon 6 on kerätty latausjärjestelmään välttämättömien tuotteiden hintoja. Lisäksi kokonaishintaa nostaa vielä laitteiden asennustyöt, kaapelit, maanrakennus työt ja muut pientarvikkeet. Hinnat on kerätty yleisesti verkosta saatavilla olevista hinnastoista, joten hinnat ovat ohjevähittäishintoja ja sisältävät arvonlisäveron. Tarjouspyynnöillä tai kokonaisurakkatarjouksella hinnat jäävät todennäköisesti alhaisemmaksi.

Taulukko 6. Latausjärjestelmän pääkomponenttien kustannukset (hinnat sis. ALV) [43; 44].

Valmistaja / Toimitaja	Tuote	Hinta / kpl	Määrä	Kokonaishinta
Caruna	Sähköliittymän kasvatus 200 A	27 200,00 €	1	27 200,00 €
ABB	Latausasema, EVLunic-Pro-M-W22-G4-R-0	2 080,00 €	2	4 160,00 €
ABB	Latausasema, EVLunic-Pro-S-W22-G4-R-0	1 800,00 €	7	12 600,00 €
ABB	Johdonsuojakatkaisija S203-C32	67,00 €	9	603,00 €
ABB	Vikavirtasuojakytkin, F200-F204B-40/0.03, B-tyyppi	368,00 €	9	3 312,00 €
ABB	Energiamittari EQ 65A 400/AC-B23113-100, 3-vaihe MID	235,00 €	8	1 880,00 €
ABB	Energia-analysaattori	441,00 €	1	441,00 €
			Yhteensä	50 196,00 €

Kustannuslaskelmaan on poimittu myös energiamittarit sekä energia-analysaattori, jota käytetään, jos latausjärjestelmä kytketään pilvipalveluun. Kokonaiskustannuksien osalta näiden komponenttien hinta on kohtalaisen pieni. Kuvassa 36 on esitetty kaaviokuva komponenttien sijoittelusta. Kuvassa latausjärjestelmä on liitetty verkkoon ja lisäksi jokaisella latausasemalla on oma energiamittarinsa, jolloin myös latauksen seuranta ja laskutus on mahdollista. Suurimmiksi kustannuksiksi tämän kokoisen latausjärjestelmän rakentamisessa tulee sähköliittymän kasvattaminen sekä maanrakennus- ja asennustyöt. Tämän takia olemassa olevan sähköliittymän riittävyys sekä latausjärjestelmän koko tulee selvittää tarkasti ennen rakennustöiden aloittamista.

Asennettaessa useampaa latausasemaa myös latausaseman hinta on ratkaisevassa asemassa, jolloin koko latausjärjestelmän käyttötarkoitus myös tulevaisuutta varten on tärkeää tiedostaa. Työkustannukset tämän kokoiselle järjestelmälle myös nousevat korkeaksi, varsinkin kun pihan asfaltointi joudutaan kaivamaan auki kaapeleiden asennuksen takia.

8 Loppusanat

Jo tätä opinnäytetyötä kirjoittaessa moni asia ehti muuttua sähköajoneuvojen latauksen sekä autojen osalta. Se toi haasteita työn tekemiselle, mutta myös kertoo tämän hetken nopeasta sähköautoilun kehittämisestä. Uusia malleja tulee markkinoille kiihtyvällä vauhdilla ja pääsääntöisesti niiden akkukapasiteetti sekä lataustehot kasvavat koko ajan. Tämä tuo haasteita samanaikaisesti niin kiinteistöille kuin julkisille latauspisteille. Varsinkin raskaille kuorma-autoille tarkoitettuja tehollatausasemia ei vielä Suomessa ole, mutta jos autokanta tulevaisuudessa kasvaa, niin se myös pakottaa latausinfraan kehittämisen. Esimerkiksi viiden vuoden päästä ennusteiden mukaan täyssähköisiä kuorma-autoja on mahdollisesti liikenteessä paljon, varsinkin suurimmissa kaupungeissa, jolloin myös latausasemia raskasta liikennettä varten tullaan tarvitsemaan.

Osa tätä työtä oli selvittää sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrää tulevaisuudessa eri tahojen ennusteiden perusteella. Ennusteita vertailemalla heti aluksi oli selvillä, että sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrien ennustaminen on erittäin haastavaa. Ennusteiden ajoneuvomäärissä oli suuria eroja, johtuen valmisteilla olevista tai keskeneräisistä lakipykälästä, standardeista, ajoneuvovalmistajien tulevaisuuden näkymistä jne. Kaikissa ennusteissa kuitenkin oli yhteinen tekijä, joka oli sähkökäyttöisten ajoneuvojen moninkertaistuminen lähivuosien aikana.

Raskaimmissa kuorma-autoissa kasvuennusteet ovat pienimpiä vielä toistaiseksi niiden suuren energiatarpeen takia, jota ajoneuvovalmistajat eivät vielä ole sähkökäyttöisissä kuorma-autoissa ratkaisseet. Työtä alettiin tekemään alkuvuodesta 2020, jolloin esimerkiksi Daimler oli vasta esitellyt prototyyppensä monesta täyssähköisestä ajoneuvosta.

Toukokuussa 2021 tätä kirjoittaessa on jo myyntiin tullut monta uutta täyssähköistä ajoneuvoa monelle valtamerkille. Globaali ilmastonmuutos ja sen myötä uudet lait ja säännökset vauhdittavat myös autovalmistajia kehittämään paikallisesti päästöttömiä ajoneuvoja, joita täyssähköiset ajoneuvot tällä hetkellä edustavat. Tämä kertoo ajoneuvoteollisuuden nopeasta sähköistymisestä ja jokaisella autovalmistajalla on paineita saada myyntiin lisää sähkökäyttöisiä ajoneuvoja.

Suomessa sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrä on lähes kaksinkertaistunut tätä työtä kirjoittaessa. Vuoden 2020 ensimmäisen kvartaalin aikana liikenteessä oli n. 8500 täyssähköistä ajoneuvoa, kun taas vuoden 2021 ensimmäisen kvartaalin aikana liikenteessä oli n. 15000 täyssähköistä ajoneuvoa. Pakettiautojen osalta vuoden 2021 ensimmäisellä kvartaalilla on täyssähköisiä pakettiautoja liikenteessä 513 kappaletta, joka on vähemmän kuin yhdessäkään ennusteessa on arvioitu. Kuitenkin täyssähköisten pakettiautojen määrän kasvu on lähtenyt kiihtymään, joten mahdollisesti niiden määrä tulevaisuudessa vastaa ennusteita [7].

Tässä työssä ennusteiden vertailu osoitti, että sähkökäyttöiset ajoneuvot tulevat tulevaisuudessa syrjäyttämään polttomoottorilla varustetut ajoneuvot, mutta autojen sähköistyminen on vielä alkutekijöissä, joten niiden kasvuvauhtia ei vielä tiedetä. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen määrää ollaan myös kasvattamassa lakien avulla, jolloin polttomoottorilla varustettujen myynti kiellettäisiin kokonaan. Tämän toteutuminen jää tulevaisuudessa nähtäväksi. Lisäksi tulevaisuudessa saatetaan kehittää muita energiaratkaisuja ajoneuvojen liikuttamiseen. Esimerkiksi Daimler on esitellyt konseptikuoma-auton, jossa sähkö ajoneuvon liikuttamiseen tuotetaan polttokennon avulla. Polttokenno käyttää polttoaineena vetyä, jonka tuottaminen sekä jakeluinfra on vielä olematonta [45].

Työssä käsiteltiin käytössä olevia ja vakiintuneita ajoneuvojen lataustapoja sekä standardoituja latauspistokkeita. Sähkökäyttöisten ajoneuvojen lisääntyä on kehitetty vakiintuneita lataustapoja, jotka ovat jakaantuneet pääsääntöisesti Eurooppaan, aasiaan sekä Yhdysvaltoihin. Jokainen edellä mainituista on luonut omia standardeja sekä lataustapoja sähköautojen lataukseen, mutta valamerkit toimittavat ajoneuvot kohdemaahan standardoidulla latauspistokkeella. Tutkiessa erilaisia lataustapoja, jotka eivät ole vielä maailmanlaajuisesti vakiintuneet, huomattiin että moni ajoneuvovalmistaja yrittää kehittää kasvavassa kilpailussa omia ratkaisujaan. Tämä myös vaikeuttaa standardien luomista, koska sähköajoneuvot vasta kehittyvät, jolloin parasta tapaa esimerkiksi lataukselle ei vielä tiedetä. Myös työssä tutkittu akkujen vaihto tarkoittaisi, että suurin osa autovalmistajista päätyisi tähän ratkaisuun, jolloin ajoneuvojen akkujen tulisi olla samantlaisia. Tämä tuntuu vielä varsin epätodennäköiseltä ratkaisulta, koska autovalmistajien välillä on tällä hetkellä kova kilpailu sähköajoneuvojen osalta. Tällä hetkellä vaikuttaa sähköajoneuvojen osalta, että kehitystyö on vasta alussa, joten standardit kehittyvät

jatkuvasti ja tulevaisuudessa jää nähtäväksi, minkälaiset menetelmät vakiintuvat sähköajoneuvoihin.

Osa tätä työtä oli myös tutkia nykyisten ja tulevaisuuden latauslaitteiden asettamia vaatimuksia kiinteistöihin. Ajoneuvojen lataustehojen sekä ajoneuvokannan kasvaessa myös kiinteistöjen sähköverkon kuormitus tulee lisääntymään. Kiinteistöjen kuormitusta voidaan hallita, joko sähköliittymää kasvattamalla tai lisätä sähköverkolle kuormanhallintaa järjestelmiä. Usein paikoitusalueilla, joissa on useampi latausasema, vain osa niistä on kerrallaan käytössä, joten latausasemien kuormanhallinnalla voidaan mahdollisesti sähköliittymän koko optimoida tarpeiden mukaan. Kuitenkin aihetta tutkiessa ilmeni, että varsinkin isojen yritysten paikoitusalueet varmasti vaativat tulevaisuudessa lisää latausaseimia sähköajoneuvoja varten. Lisäksi varsinkin yrityksillä on päätettävänä millä tavalla tulevaisuudessa työntekijöiden mahdollinen sähköautojen lataus tullaan veloittamaan. Tällä hetkellä siihen on jo tässä työssäkin esiteltyjä mahdollisuuksia useita.

Työssä oli myös aluksi tarkoitus suunnitella ja toteuttaa ulkopuolisen yrityksen kanssa yhteistyössä Veho Oy Ab:n Liedon korjaamon latauspisteiden kartoitus sekä lisäys tulevaisuutta varten. Kuitenkin henkilöstömuutoksien sekä aikataulujen takia toteutuksesta jouduttiin luopumaan. Työhön tehtiin oma näkemykseni tulevaisuuden tarpeista ja sähköliittymän riittävydestä sekä komponenttitasoinen suunnitelma latauspisteiden osalta.

Joka tapauksessa sähköajoneuvojen lisääntyminen tulee muuttamaan paljon ajotottumuksia, kiinteistöjen sähköverkkoja sekä mahdollisesti tiestöjä erilaisilla latausratkaisuilla. Autoala vaatii tulevaisuudessa paljon muutakin kuin pelkästään ajoneuvojen tuntemusta. Työtä tehdessä myös tuli selväksi, että tulevaisuus sähkökäyttöisten ajoneuvojen osalta ei ole selvää millekään taholle. Uusia asioita ajoneuvojen sähköistymiseen tulee kiihtyvällä tahdilla, joita yritetään parhaan mukaan ratkaista eri tahojen toimesta. Myös ilmaston lämpenemisen myötä on pakko tuottaa määräyksiä kasvihuonepäästöjen vähentämiseksi, joka tulee vaikuttamaan suuresti ajoneuvojen kehitykseen sekä määrään.

Lähteet

- 1 Wen,W; Yang, S; Zhou, P & Gao, S, Z. 2020. Impacts of COVID-19 on the electric vehicle industry: Evidence from China. ScienceDirect. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1364032121003142>>. Luettu 6.5.2021.
- 2 The eVito panel van: your holistic solution for electromobility. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz. <<https://www.mercedes-benz.ie/vans/en/vito/e-vito-panel-van>>. Luettu 31.7.2020.
- 3 eVito Tourer specifications. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz. <<https://www.mercedes-benz.co.uk/vans/en/evito-tourer/technical-data>>. Luettu 31.7.2020.
- 4 Mercedes-Benz Wörth plant to start series production of the eActros in 2021. 2020. Verkkoaineisto. <<https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko.xhtml?oid=47534590&rellid=1001&resultInfoTypeId=175&ls=L2VuL2luc3RhbmNIL2tvLnhodG1sP29pZD0zMzQ1MTIzMSZyZWxJZD02MDgyOSZmcm9tT2lkPTMzNDUxMjMxJnJlc3VsdEluZm9UeXBISWQ9NDA2MjYmdmld1R5cGU9bGlzdCZzb3J0RGVmaW5pdGlvbj1QVUJMSVNIRURfQVQtMiZ0aHVtYINjYWxlSW5kZXg9MSZyb3dDb3VudHNJbmRleD01JmZyb21JbmZvVHlwZUIkPTQwNjI4&rs=9#prevId=47534786>>. Luettu 9.9.2020.
- 5 Ensimmäiset sähköiset Volvo-kuorma-autot toimitettu asiakkaille. 2019. Verkkoaineisto. <<https://www.volvotrucks.fi/fi-fi/news/press-releases/2019/feb/lehdistotiedote-19022019.html>>. Luettu 22.7.2020.
- 6 Heseding, Johannes; Schünemann, Gerd & Dieckmann Thomas. 2019. Commercial Vehicle Trailers with Hybrid Functions. ATZ magazine 05/2019. s. 36–40.
- 7 Tilastotietokanta. Verkkoaineisto. Traficom. <<https://trafi2.stat.fi/PXWeb/pxweb/fi/TraFi/>>. Luettu 8.9.2020 ja 8.5.2021.
- 8 Advanced drive system with proven strengths: the eSprinter Panel Van. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz. <<https://www.vans.mercedes-benz.com/vans/en/sprinter/e-sprinter-panel-van>>. Luettu 8.8.2020.
- 9 FUSO eCanter eLearning. 2020. Koulutusmateriaali. Daimler AG.
- 10 Sähköistä liikkuvuutta sarjatuotantoon. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz. <https://www.mercedes-benz-bus.com/fi_FI/models/ecitaro/facts/technical-data.html>. Luettu 31.7.2020.
- 11 Daimler opens new charging park for electric commercial vehicles. 2020. Verkkoaineisto. Mercedes-Benz.

- <<https://media.daimler.com/marsMediaSite/en/instance/ko/Daimler-opens-new-charging-park-for-electric-commercial-vehicles.xhtml?oid=45547969>>. Luettu 15.7.2020.
- 12 Sähköajoneuvojen lataussuositus. 2019. Verkkoaineisto. Sesko Ry. <https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ja_latausjarjestelmat/lataussuositus>. 27.5.2019. Luettu 22.7.2020.
 - 13 Deltrix charging solutions. Latauslaittevalmistajan verkkosivu. <<https://deltrixchargers.com/about-emobility/charging-modes/>>. Luettu 6.8.2020.
 - 14 Vesa, Juha. 2019. Sähköautojen latausjärjestelmiä koskeva standardointi. Verkkojulkaisu. Sesko Ry. <https://tukes.fi/documents/5470659/6372821/2019-03-12_Sahkoautojen_latausjarjestelmien_standardointitilanne_tukes_Juha_Vesa.pdf/958b212e-c81e-8773-af59-8256f21492e3/2019-03-12_Sahkoautojen_latausjarjestelmien_standardointitilanne_tukes_Juha_Vesa.pdf>. Luettu 4.7.2020.
 - 15 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2014/94/EU. Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta.
 - 16 SFS-EN 62196-3. Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers. 2016. Suomen Standardoimisliitto.
 - 17 Korhonen, Eero; Linja-aho Vesa; Mäkinen Jukka; Orrberg Matti. 2019. Sähköautot ja latausjärjestelmät. ST-käsikirja 41. Sähkötieto Ry.
 - 18 VDE-AR-E 2623-5-3. DC-charging with high performance for road vehicles. 2017. Saksan Sähkötekniikan toimikunta.
 - 19 Phoenix Contact, tuote-esite. Verkkojulkaisu. <https://www.phoenixcontact.com/online/portal/fi?1dmy&urile=wcm%3apath%3a/fifi/web/main/products/technology_pages/subcategory_pages/High_power_charging_technique/1133ecfe-70de-4949-a06a-e0395c029297> Luettu 15.7.2020.
 - 20 Heliox, tuote esite. Verkkojulkaisu. <<https://www.heliox-energy.com/products-and-services/our-products>>. Luettu 12.9.2020.
 - 21 ABB, tuote-esite. Verkkojulkaisu. <https://new.abb.com/ev-charging/products/pantograph-down?_ga=2.241860610.1603491260.1621276870-2090520843.1621276870>. Luettu 17.5.2021.

- 22 Charging of Electric Buses: ACEA Recommendations. 2017. Verkkojulkaisu. Euroopan autovalmistajien liitto. <<https://www.acea.be/publications/article/charging-of-electric-buses-acea-recommendations>>. Luettu 7.7.2020.
- 23 eHighway – Electrification of road freight transport. Verkkojulkaisu. Siemens. <<https://www.mobility.siemens.com/global/en/portfolio/road/ehighway.html>>. 16.9.2020.
- 24 Sweden opens world's first electrified road, to charge e-vehicles on the run. 2020. ZME Science. Verkkojulkaisu. 5.5.2020. Luettu 16.9.2020.
- 25 Smart road Gotland. Verkkosivusto. <<https://www.smartroadgotland.com/>>. Luettu 16.9.2020.
- 26 EV battery-swapping finds new life in China. 2020. CGTN, China Global Television Network. 17.8.2020. Luettu 15.9.2020.
- 27 Mitä standardi tarkoittaa?. Verkkojulkaisu. Suomen standardisoimisliitto Ry. <<https://sfs.fi/standardeista/mika-on-standardi/>>. Luettu 20.11.2020.
- 28 Das, HS; Rahman, MM; Li, S & Tan CW. 2020. Electric vehicles standards, charging infrastructure, and impact on grid integration: A technological review. Science Direct.
- 29 Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi sähköajoneuvojen latauspisteistä ja latauspistevalmiuksista rakennuksissa sekä rakennusten automaatio- ja ohjausjärjestelmistä ja maankäyttö- ja rakennuslain 126 §:n muuttamisesta. 2020. HE 23/2020 vp.
- 30 Lausuntopyyntö määräysluonnoksesta: Vaihtoehtoisten polttoaineiden vertailuhinnoista annettavat tiedot. 2020. Verkkojulkaisu. Traficom. <<https://www.traficom.fi/fi/asioi-kanssamme/sahkoauton-hankintatuki>>. Luettu 1.9.2020.
- 31 Kaasu- ja sähkökuorma-autojen hankintatuen kysyntä ylitti Saksassa odotukset. 2020. Verkkojulkaisu. Autoalan tiedotuskeskus. <https://www.aut.fi/ajankoh-taista/uutiset/kaasu-ja_sahkokuorma-autojen_hankintatuen_kysynta_ylitti_saksassa_odotukset.2989.news>. Luettu 1.9.2020.
- 32 Rahkola, Pekka. 2019. Raskaan kaluston VECTO-simulointi Suomessa. Verkkoaineisto. Traficom. <[https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Vecto_2018_Traficom_tutkimuksia_13_2019%20\(002\).pdf](https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/publication/Vecto_2018_Traficom_tutkimuksia_13_2019%20(002).pdf)>. Luettu 3.9.2020.
- 33 MEPs approve new CO2 emissions limits for trucks. 2019. Verkkoaineisto. Euroopan parlamentti. <<https://www.europarl.europa.eu/news/en/press->

- room/20190412IPR39009/meps-approve-new-co2-emissions-limits-for-trucks>. Luettu 3.9.2020.
- 34 Global EV Outlook 2019. 2019. Verkkoaineisto. IEA. 6/2019. <https://iea.blob.core.windows.net/assets/7d7e049e-ce64-4c3f-8f23-6e2f529f31a8/Global_EV_Outlook_2019.pdf>. Luettu 10.9.2020.
- 35 Jääskeläinen, Saara & Laurikko, Juhani. 2020. Liikenteen kasvihuonekaasupäästöjen perusennuste 2020-2050. Verkkojulkaisu. Teknologian tutkimuskeskus VTT. <https://api.hankeikkuna.fi/asiakirjat/d99a3ae3-b7f9-49df-afd2-c8f2efd3dc1d/1ab511f1-aa06-45c0-b3ef-9ac9650838c9/MUIS-TIO_20200422120412.pdf>. Luettu 8.7.2020.
- 36 Särkijärvi, Johanna; Jääskeläinen Saara & Lohko-Soner, Katja. 2018. Toimenpideohjelma hiilettömään liikenteeseen 2045. Verkkojulkaisu. Liikenne- ja viestintäministeriö. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161210/LVM_13_18_Toimenpideohjelma%20hiilettomaan%20liikenteeseen%202045%20Liikenteen%20ilmastopolitiikan%20tyoryhman%20loppuraportti.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. 12.12.2018. Luettu 7.7.2020.
- 37 Paketti-, kuorma- ja linja-autojen tulevaisuuden käyttövoimat – tiekartta vuoteen 2040. 2019. Verkkojulkaisu. Tieliikenteen Tietokeskus. <http://www.aut.fi/files/2009/Hyotyajoneuvojen_kayttovoimat_tiekartta.pdf>. 9.5.2019. Luettu 3.8.2020.
- 38 Sähköliittymähinnastot. 2020. Tampereen sähköverkko Oy. <<https://www.sahkolaitos.fi/tampereen-sahkoverkko/palvelut-ja-tuotteet/tuotteet-ja-hinnastot/sahkoliittymahinnastot/>>. Luettu 21.11.2020.
- 39 Sähkö liikenteen käyttövoimana osana energiamurrosta – EV-latausjärjestelmän suunnittelijan opas suunnittelu – toteutus – ylläpito. 2019. ElectroMobility. <<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=9AKK107492A1741&LanguageCode=fi&DocumentPartId=&Action=Launch>>. Luettu 8.12.2020.
- 40 Linteri, Päivi; Iltanen, Timo & Malassu, Henri. 2018. Verkkojulkaisu. Suunnittelijan opas. Sähköautojen latausjärjestelmien huomioiminen kiinteistöjen sähkösuunnittelussa. Ensto. <<https://www.ensto.com/globalassets/whitepapers/suunnittelijan-opas-sahkoautojen-latausjarjestelmat.pdf>> Luettu 4.12.2020.
- 41 Finni, Erkki; Hietaniemi, Janne & Karppinen, Reijo. 2020. Rakennuksen sähköverkon ja pienjänniteliittymän mitoittaminen. ST-kortisto 13.31. Sähkötieto Ry.
- 42 Kinnunen, Tom. Korjaamo vierailu Liedossa. Lataus suunnitelmien läpikäynti. 29.9.2020.

- 43 Liittymismaksuhinnasto Caruna Oy. 2020. Verkkoaineisto. Caruna Oy. <https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/liittymismaksuhinnasto_caruna_oy_1.12.2020.pdf?QuDs6k2ekALL2kC_7632U2FsO9X8lsZj>. Luettu 3.12.2020.
- 44 Verkkokauppa SLO. Verkkoaineisto. SLO sähkötarviketoimittaja. <<https://verkkokauppa.slo.fi/fi/>>. Luettu 3.12.2020.
- 45 Collaboration with Linde on liquid-hydrogen refueling technology. 2020. Verkkajulkaisu. Daimler. <<https://www.daimler.com/investors/reports-news/financial-news/20201210-refuelig-liquid-hydrogen-trucks.html>>. Luettu 4.4.2021.

Liikenne- ja viestintäministeriön käyttövoimaennuste tulevaisuudessa

Liikenne- ja viestintäministeriön ennuste pakettiautojen, perävaunuttomien- sekä perävaunullisten kuorma-autojen ja linja-autojen käyttövoimista tulevaisuudessa.

Pakettiautojen käyttövoimajakauma uusmyynissä ja kannan kehittyminen.

PA käytt. ottov.	Käyttövoimajakauma uusmyynissä								Tarkistussumma
	bens.	FFV	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	
2015	0,6 %	0 %	95,8 %	1,3 %	0,0 %	0,00 %	2,4 %	0 %	100 %
2016	0,5 %	0 %	92,9 %	1,8 %	0,0 %	0,00 %	4,7 %	0 %	100 %
2017	0,5 %	0 %	90,0 %	2,4 %	0,0 %	0,0 %	7,1 %	0 %	100 %
2018	0,5 %	0 %	87,1 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	9,4 %	0 %	100 %
2019	0,4 %	0 %	84,2 %	3,6 %	0,0 %	0,0 %	11,8 %	0 %	100 %
2020	0,4 %	0 %	81,3 %	4,2 %	0,0 %	0,0 %	14,1 %	0,00 %	100 %
2021	0,3 %	0 %	78,4 %	4,8 %	0,0 %	0,0 %	16,5 %	0,00 %	100 %
2022	0,3 %	0 %	75,5 %	5,3 %	0,0 %	0,0 %	18,8 %	0,00 %	100 %
2023	0,3 %	0 %	72,6 %	5,9 %	0,0 %	0,0 %	21,2 %	0,00 %	100 %
2024	0,2 %	0 %	69,7 %	6,5 %	0,0 %	0,0 %	23,5 %	0,00 %	100 %
2025	0,2 %	0 %	66,8 %	7,1 %	0,0 %	0,0 %	25,9 %	0,00 %	100 %
2026	0,2 %	0 %	63,9 %	7,7 %	0,0 %	0,0 %	28,2 %	0,00 %	100 %
2027	0,1 %	0 %	61,0 %	8,3 %	0,0 %	0,0 %	30,6 %	0,00 %	100 %
2028	0,1 %	0 %	58,1 %	8,8 %	0,0 %	0,0 %	32,9 %	0,00 %	100 %
2029	0,0 %	0 %	55,2 %	9,4 %	0,0 %	0,0 %	35,3 %	0,00 %	100 %
2030	0,0 %	0 %	50,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	40,0 %	0,00 %	100 %
2031	0,0 %	0 %	46,7 %	11 %	0 %	0 %	43 %	0,00 %	100 %
2032	0,0 %	0 %	43,3 %	11 %	0 %	0 %	45 %	0,00 %	100 %
2033	0,0 %	0 %	40,0 %	12 %	0 %	0 %	48 %	0,00 %	100 %
2034	0,0 %	0 %	36,7 %	13 %	0 %	0 %	51 %	0,00 %	100 %
2035	0,0 %	0 %	33,3 %	13 %	0 %	0 %	53 %	0,00 %	100 %
2036	0,0 %	0 %	30,0 %	14 %	0 %	0 %	56 %	0,00 %	100 %
2037	0,0 %	0 %	26,7 %	15 %	0 %	0 %	59 %	0,00 %	100 %
2038	0,0 %	0 %	23,3 %	15 %	0 %	0 %	61 %	0,00 %	100 %
2039	0,0 %	0 %	20,0 %	16 %	0 %	0 %	64 %	0,00 %	100 %
2040	0,0 %	0 %	16,7 %	17 %	0 %	0 %	67 %	0,00 %	100 %
2041	0,0 %	0 %	13,3 %	17 %	0 %	0 %	69 %	0,00 %	100 %
2042	0,0 %	0 %	10,0 %	18 %	0 %	0 %	72 %	0,00 %	100 %
2043	0,0 %	0 %	6,7 %	19 %	0 %	0 %	75 %	0,00 %	100 %
2044	0,0 %	0 %	3,3 %	19 %	0 %	0 %	77 %	0,00 %	100 %
2045	0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
2046	0,0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
2047	0,0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
2048	0,0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
2049	0,0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
2050	0,0 %	0 %	0,0 %	20 %	0 %	0 %	80 %	0,00 %	100 %
	bens.	FFV	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	yhteensä
2020	3 423		305 630	1 857			5 469		316 378
2030	1 665		247 671	13 842			50 028		313 206
2035	972		201 469	22 533			85 853		310 827
2040	511		154 286	32 224			126 010		313 031
2045	239		104 405	41 485			164 321		310 449
2050	98		61 635	49 204			196 072		307 009

Linja-autojen käyttövoimajakauma uusmyynissä ja kannan kehittyminen.

LA	Käyttövoimajakauma uusmyynissä								Tarkistussumma	
	käytt. ottov.	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö		vety
2015	0 %	0 %	100,0 %	0,0 %	0 %	0 %	0,0 %	0 %	100 %	
2016	0,0 %	0,0 %	99,0 %	0,50 %	0,0 %	0,0 %	0,50 %	0,0 %	100 %	
2017	0,0 %	0,0 %	97,5 %	1,5 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %	100 %	
2018	0,0 %	0,0 %	95,6 %	2,4 %	0,0 %	0,0 %	2,0 %	0,0 %	100 %	
2019	0,0 %	0,0 %	92,6 %	3,4 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %	0,0 %	100 %	
2020	0,0 %	0,0 %	87,6 %	4,4 %	0,0 %	0,0 %	8,0 %	0,0 %	100 %	
2021	0,0 %	0,0 %	82,7 %	5,3 %	0,0 %	0,0 %	12,0 %	0,0 %	100 %	
2022	0,0 %	0,0 %	78,7 %	6,3 %	0,0 %	0,0 %	15,0 %	0,0 %	100 %	
2023	0,0 %	0,0 %	72,8 %	7,3 %	0,0 %	0,0 %	20,0 %	0,0 %	100 %	
2024	0,0 %	0,0 %	66,8 %	8,2 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	100 %	
2025	0,0 %	0,0 %	60,8 %	9,2 %	0,0 %	0,0 %	30,0 %	0,0 %	100 %	
2026	0,0 %	0,0 %	54,9 %	10,1 %	0,0 %	0,0 %	35,0 %	0,0 %	100 %	
2027	0,0 %	0,0 %	48,9 %	11,1 %	0,0 %	0,0 %	40,0 %	0,0 %	100 %	
2028	0,0 %	0,0 %	42,9 %	12,1 %	0,0 %	0,0 %	45,0 %	0,0 %	100 %	
2029	0,0 %	0,0 %	37,0 %	13,0 %	0,0 %	0,0 %	50,0 %	0,0 %	100 %	
2030	0,0 %	0,0 %	31,0 %	14,0 %	0,0 %	0,0 %	55,0 %	0,0 %	100 %	
2031	0,0 %	0,0 %	24,0 %	16,0 %	0,0 %	0,0 %	60,0 %	0,0 %	100 %	
2032	0,0 %	0,0 %	17,0 %	18,0 %	0,0 %	0,0 %	65,0 %	0,0 %	100 %	
2033	0,0 %	0,0 %	10,0 %	20,0 %	0,0 %	0,0 %	70,0 %	0,0 %	100 %	
2034	0,0 %	0,0 %	3,0 %	22,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2035	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2036	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2037	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2038	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2039	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2040	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2041	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2042	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2043	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2044	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2045	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2046	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2047	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2048	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2049	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %	
		bens.	FFV	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	yhteensä
2020				12 787	152			86		13 026
2030				9 906	806			2 403		13 116
2035				6 809	1 448			4 750		13 007
2040				3 886	2 186			6 970		13 042
2045				1 831	2 715			8 448		12 994
2050				810	3 001			9 172		12 983

Perävaunuttomien kuorma-autojen käyttövoima uusmyynissä ja kannan kehittyminen.

käytt. ottov.	Käyttövoimajakauma uusmyynissä								Tarkistussumma
	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	
2015	0 %	0 %	99,9 %	0,1 %	0 %	0 %	0,0 %	0 %	100 %
2016	0,0 %	0,0 %	99,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,50 %	0,0 %	100 %
2017	0,0 %	0,0 %	98,0 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %	100 %
2018	0,0 %	0,0 %	96,0 %	2,0 %	0,0 %	0,0 %	2,0 %	0,0 %	100 %
2019	0,0 %	0,0 %	94,0 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	0,0 %	100 %
2020	0,0 %	0,0 %	92,0 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %	0,0 %	100 %
2021	0,0 %	0,0 %	90,0 %	5,0 %	0,0 %	0,0 %	5,0 %	0,0 %	100 %
2022	0,0 %	0,0 %	88,0 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	6,0 %	0,0 %	100 %
2023	0,0 %	0,0 %	86,0 %	7,0 %	0,0 %	0,0 %	7,0 %	0,0 %	100 %
2024	0,0 %	0,0 %	84,0 %	8,0 %	0,0 %	0,0 %	8,0 %	0,0 %	100 %
2025	0,0 %	0,0 %	82,0 %	9,0 %	0,0 %	0,0 %	9,0 %	0,0 %	100 %
2026	0,0 %	0,0 %	79,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	11,0 %	0,0 %	100 %
2027	0,0 %	0,0 %	77,0 %	11,0 %	0,0 %	0,0 %	12,0 %	0,0 %	100 %
2028	0,0 %	0,0 %	75,0 %	12,0 %	0,0 %	0,0 %	13,0 %	0,0 %	100 %
2029	0,0 %	0,0 %	73,0 %	13,0 %	0,0 %	0,0 %	14,0 %	0,0 %	100 %
2030	0,0 %	0,0 %	71,0 %	14,0 %	0,0 %	0,0 %	15,0 %	0,0 %	100 %
2031	0,0 %	0,0 %	67,0 %	16,0 %	0,0 %	0,0 %	17,0 %	0,0 %	100 %
2032	0,0 %	0,0 %	62,0 %	18,0 %	0,0 %	0,0 %	20,0 %	0,0 %	100 %
2033	0,0 %	0,0 %	57,0 %	20,0 %	0,0 %	0,0 %	23,0 %	0,0 %	100 %
2034	0,0 %	0,0 %	52,0 %	22,0 %	0,0 %	0,0 %	26,0 %	0,0 %	100 %
2035	0,0 %	0,0 %	45,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	30,0 %	0,0 %	100 %
2036	0,0 %	0,0 %	40,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	35,0 %	0,0 %	100 %
2037	0,0 %	0,0 %	35,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	40,0 %	0,0 %	100 %
2038	0,0 %	0,0 %	30,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	45,0 %	0,0 %	100 %
2039	0,0 %	0,0 %	25,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	50,0 %	0,0 %	100 %
2040	0,0 %	0,0 %	20,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	55,0 %	0,0 %	100 %
2041	0,0 %	0,0 %	15,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	60,0 %	0,0 %	100 %
2042	0,0 %	0,0 %	10,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	65,0 %	0,0 %	100 %
2043	0,0 %	0,0 %	5,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	70,0 %	0,0 %	100 %
2044	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2045	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2046	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2047	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2048	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2049	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	Yht.
2020			68 003	554			167		68 724
2030			63 057	1 938			3 422		68 416
2035			56 737	4 205			7 304		68 246
2040			45 726	7 886			14 465		68 076
2045			30 020	13 735			24 376		68 131
2050			18 844	15 226			33 793		67 863

Perävaunullisten kuorma-autojen käyttövoimajakauma uusmyynissä ja kannan kehityminen.

käytt. ottov.	Käyttövoimajakauma uusmyynissä								Tarkistussumma
	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	
2015	0 %	0 %	100,0 %	0 %	0 %	0 %	0,0 %	0 %	100 %
2016	0,0 %	0,0 %	99,0 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,5 %	0,0 %	100 %
2017	0,0 %	0,0 %	98,0 %	1,0 %	0,0 %	0,0 %	1,0 %	0,0 %	100 %
2018	0,0 %	0,0 %	96,0 %	2,0 %	0,0 %	0,0 %	2,0 %	0,0 %	100 %
2019	0,0 %	0,0 %	94,0 %	3,0 %	0,0 %	0,0 %	3,0 %	0,0 %	100 %
2020	0,0 %	0,0 %	92,0 %	4,0 %	0,0 %	0,0 %	4,0 %	0,0 %	100 %
2021	0,0 %	0,0 %	90,0 %	5,0 %	0,0 %	0,0 %	5,0 %	0,0 %	100 %
2022	0,0 %	0,0 %	88,0 %	6,0 %	0,0 %	0,0 %	6,0 %	0,0 %	100 %
2023	0,0 %	0,0 %	86,0 %	7,0 %	0,0 %	0,0 %	7,0 %	0,0 %	100 %
2024	0,0 %	0,0 %	84,0 %	8,0 %	0,0 %	0,0 %	8,0 %	0,0 %	100 %
2025	0,0 %	0,0 %	82,0 %	9,0 %	0,0 %	0,0 %	9,0 %	0,0 %	100 %
2026	0,0 %	0,0 %	79,0 %	10,0 %	0,0 %	0,0 %	11,0 %	0,0 %	100 %
2027	0,0 %	0,0 %	77,0 %	11,0 %	0,0 %	0,0 %	12,0 %	0,0 %	100 %
2028	0,0 %	0,0 %	75,0 %	12,0 %	0,0 %	0,0 %	13,0 %	0,0 %	100 %
2029	0,0 %	0,0 %	73,0 %	13,0 %	0,0 %	0,0 %	14,0 %	0,0 %	100 %
2030	0,0 %	0,0 %	71,0 %	14,0 %	0,0 %	0,0 %	15,0 %	0,0 %	100 %
2031	0,0 %	0,0 %	67,0 %	16,0 %	0,0 %	0,0 %	17,0 %	0,0 %	100 %
2032	0,0 %	0,0 %	62,0 %	18,0 %	0,0 %	0,0 %	20,0 %	0,0 %	100 %
2033	0,0 %	0,0 %	57,0 %	20,0 %	0,0 %	0,0 %	23,0 %	0,0 %	100 %
2034	0,0 %	0,0 %	52,0 %	22,0 %	0,0 %	0,0 %	26,0 %	0,0 %	100 %
2035	0,0 %	0,0 %	45,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	30,0 %	0,0 %	100 %
2036	0,0 %	0,0 %	40,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	35,0 %	0,0 %	100 %
2037	0,0 %	0,0 %	35,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	40,0 %	0,0 %	100 %
2038	0,0 %	0,0 %	30,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	45,0 %	0,0 %	100 %
2039	0,0 %	0,0 %	25,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	50,0 %	0,0 %	100 %
2040	0,0 %	0,0 %	20,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	55,0 %	0,0 %	100 %
2041	0,0 %	0,0 %	15,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	60,0 %	0,0 %	100 %
2042	0,0 %	0,0 %	10,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	65,0 %	0,0 %	100 %
2043	0,0 %	0,0 %	5,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	70,0 %	0,0 %	100 %
2044	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2045	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2046	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2047	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2048	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2049	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
2050	0,0 %	0,0 %	0,0 %	25,0 %	0,0 %	0,0 %	75,0 %	0,0 %	100 %
	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety	yht.
2020			26 446	99			65		26 609
2030			24 522	576			1 330		26 429
2035			22 064	1 408			2 840		26 313
2040			17 782	2 708			5 625		26 116
2045			11 300	5 306			9 479		26 085
2050			6 670	5 910			13 142		25 722

Tähän kirjoitetaan liitteen sisältö. Alla on ohje liitteiden poistamiseksi ja lisäämiseksi siten, että ylätunnisteet säilyvät oikeanlaisina.

VTT:n käyttövoimaennuste tulevaisuudessa

VTT:n ennuste pakettiautojen, perävaunuttomien- sekä perävaunullisten kuorma-autojen ja linja-autojen käyttövoimista tulevaisuudessa.

Pakettiautot:

Pakettiautoja on Suomessa liikenteessä noin 325 000 kappaletta, ja niissä oletetaan myynnin jatkuvan likimain nykytasolla (noin 15 000 kpl/vuosi) ja nousevan tasolle 16 000 kpl/vuosi vuodesta 2025 eteenpäin. Käytettyjen tuonnin oletusarvo on 1500 kpl/vuosi, mikä vastaa vuosien 2010-2015 keskiarvoa.

Perusennusteessa on käytetty seuraavaa arviota eri teknologioiden myyntiosuuksista pakettiautoissa vuosina 2020-2030:

käytt. otto vuosi	bens.	FFV	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety
2020	0,8 %	0 %	93,7 %	0,1 %	0,0 %	1,6 %	3,9 %	0 %
2021	0,8 %	0 %	92,5 %	0,1 %	0,0 %	2,1 %	4,5 %	0 %
2022	0,8 %	0 %	91,4 %	0,0 %	0,0 %	2,6 %	5,2 %	0 %
2023	0,8 %	0 %	90,2 %	0,0 %	0,0 %	3,2 %	5,8 %	0 %
2024	0,8 %	0 %	89,0 %	0,0 %	0,0 %	3,7 %	6,5 %	0 %
2025	0,8 %	0 %	87,9 %	0,0 %	0,0 %	4,2 %	7,1 %	0 %
2026	0,8 %	0 %	86,7 %	0,0 %	0,0 %	4,8 %	7,8 %	0 %
2027	0,8 %	0 %	85,5 %	0,0 %	0,0 %	5,3 %	8,4 %	0 %
2028	0,8 %	0 %	84,4 %	0,0 %	0,0 %	5,8 %	9,1 %	0 %
2029	0,8 %	0 %	83,2 %	0,0 %	0,0 %	6,4 %	9,7 %	0 %
2030	0,8 %	0 %	79,2 %	0,0 %	0,0 %	9,0 %	11,0 %	0 %

Kuorma-autot:

Kuorma-autot jaetaan ALIISA-mallissa kevyempiin, perävaunuttomiin kuorma-autoihin (joita on noin 70 000 kpl) ja raskaampiin, perävaunullisiin eli ns. ajoneuvoyhdistelmiin (joita on nykytasolla noin 27 500 kpl).

Kevyempiä kuorma-autoja on myyty aikavälillä 2010...2019 vuosittain uusina keskimäärin noin 2500 kpl, ja perusennusteessa niiden myynnille on ennakoitu tasoksi 2880 kpl/a, mikä vastaa vuoden 2019 myyntilukuja. Käytettynä oletetaan tuotavan edelleen noin 1800 autoa, mikä on ollut keskimääräinen taso vuosina 2004...2019.

Eri käyttövoimien osuuksien oletetaan kehittyvän perävaunuttomissa kuorma-autoissa seuraavasti:

käytt. ottov.	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety
2020	0,0 %	0,0 %	95,3 %	1,9 %	0,0 %	1,4 %	1,4 %	0,0 %
2021	0,0 %	0,0 %	93,7 %	2,7 %	0,0 %	1,8 %	1,8 %	0,0 %
2022	0,0 %	0,0 %	92,2 %	3,5 %	0,0 %	2,1 %	2,1 %	0,0 %
2023	0,0 %	0,0 %	90,7 %	4,3 %	0,0 %	2,5 %	2,5 %	0,0 %
2024	0,0 %	0,0 %	89,2 %	5,1 %	0,0 %	2,9 %	2,9 %	0,0 %
2025	0,0 %	0,0 %	87,6 %	5,9 %	0,0 %	3,2 %	3,2 %	0,0 %
2026	0,0 %	0,0 %	86,1 %	6,8 %	0,0 %	3,6 %	3,6 %	0,0 %
2027	0,0 %	0,0 %	84,6 %	7,6 %	0,0 %	3,9 %	3,9 %	0,0 %
2028	0,0 %	0,0 %	83,1 %	8,4 %	0,0 %	4,3 %	4,3 %	0,0 %
2029	0,0 %	0,0 %	81,5 %	9,2 %	0,0 %	4,6 %	4,6 %	0,0 %
2030	0,0 %	0,0 %	80,0 %	10,0 %	0,0 %	5,0 %	5,0 %	0,0 %

Raskaampia, perävaunua vetäviä kuorma-autoja on myyty aikavälillä 2000...2019 vuosittain uusina keskimäärin noin 1200 kpl, ja perusennusteessa niiden myynnille on ennakoitu tasoksi 1120 kpl/a, mikä vastaa vuoden 2019 myyntilukuja. Käytettynä oletetaan tuotavan edelleen 700 autoa, mikä on ollut keskimääräinen taso vuosina 2004...2019.

Eri käyttövoimien osuuksien oletetaan kehittyvän perävaunua vetävissä kuorma-autoissa seuraavasti:

käytt. ottov.	bens.	ED95	dies.	kaasu	PHEV(BE)	PHEV(DI)	sähkö	vety
2020	0,0 %	0,0 %	98,3 %	1,4 %	0,0 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %
2021	0,0 %	0,0 %	97,9 %	1,8 %	0,0 %	0,1 %	0,3 %	0,0 %
2022	0,0 %	0,0 %	97,4 %	2,1 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %	0,0 %
2023	0,0 %	0,0 %	97,0 %	2,5 %	0,0 %	0,1 %	0,4 %	0,0 %
2024	0,0 %	0,0 %	96,5 %	2,8 %	0,0 %	0,1 %	0,5 %	0,0 %
2025	0,0 %	0,0 %	96,1 %	3,2 %	0,0 %	0,2 %	0,6 %	0,0 %
2026	0,0 %	0,0 %	95,6 %	3,6 %	0,0 %	0,2 %	0,6 %	0,0 %
2027	0,0 %	0,0 %	95,2 %	3,9 %	0,0 %	0,2 %	0,7 %	0,0 %
2028	0,0 %	0,0 %	94,7 %	4,3 %	0,0 %	0,2 %	0,8 %	0,0 %
2029	0,0 %	0,0 %	94,3 %	4,6 %	0,0 %	0,2 %	0,9 %	0,0 %
2030	0,0 %	0,0 %	93,8 %	5,0 %	0,0 %	0,3 %	1,0 %	0,0 %

Linja-autot:

Linja-autoja on tällä hetkellä ajoneuvorekisterissä noin runsaat 12 500 kpl, ja muutama harvaa poikkeusta lukuun ottamatta ne ovat diesikäyttöisiä. Ne jakaantuvat kaupunkiliikenteen autoihin, joita on noin 2500 kpl, ja loput ovat ns pitkän matkan liikennettä ajavia.

Linja-autojen myynnin on perusennusteessa jatkuvan tasolla 500 kpl/vuosi (uudet) ja 320 kpl/vuosi (käytettyjen tuonti). Molemmat luvut vastaavat edellisen vuosikymmenen keskiarvotasoa.

Linja-autojen uusien käyttövoimien eli kaasun ja sähkön yleistymisen on perusennusteessa oletettu pääasiassa tapahtuvan suurien kaupunkien ja kaupunkiseutujen joukkoliikenteessä käytettävien autojen kautta, koska niiden (tai niillä tehtävien kuljetuspalvelujen) hankintaa koskeva ns. Puhtaiden ajoneuvojen direktiivi ohjaa varsin voimakkaasti sähköön, vaikkakin biopolttoaineet (biokaasu tai uusiutuva diesel) hyväksytään myös etenkin alkuvaiheessa.

Ko. direktiivin toimeenpanon vaikutuksesta Suomessa on Ramboll tehnyt selvityksen LVM:n toimeksiannosta, ja perusennusteessa käytettävät luvut sähkö- ja kaasulinja-autojen myynnille on arvioitu sen perusteella (Ramboll 2020). Sen mukaan kaasukäyttöisiä linja-autoja olisi käytössä noin 100 vuoteen 2025 mennessä ja vajaat 200 vuoteen 2030 mennessä. Vastaavasti sähkökäyttöisiä olisi 400 vuoteen 2025 mennessä ja yli 800 vuoteen 2030 mennessä.

Tieliikenteen tietokeskuksen käyttövoimaennuste tulevaisuudessa

Tieliikenteen tietokeskuksen ennuste pakettiautojen, perävaunuttomien- sekä perävau-
nullisten kuorma-autojen ja linja-autojen käyttövoimista tulevaisuudessa.

Osuus ensirekisteröidyistä pakettiautoista ja pikkubusseista								
	bensiini	diesel	dieselhybridi (kevyt- ja täyshybridit)	kaasu	täys- sähkö	lataus- hybridi	vety	yhteensä
2016	1,0 %	98,0 %	0,0 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	99 %
2017	0,8 %	99,0 %	0,0 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2018	1,1 %	98,3 %	0,1 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2019	1,1 %	97,7 %	0,2 %	0,7 %	0,2 %	0,1 %	0,0 %	100 %
2020	1,0 %	96,7 %	0,4 %	1,4 %	0,4 %	0,2 %	0,0 %	100 %
2021	1,0 %	95,6 %	0,6 %	1,7 %	0,6 %	0,4 %	0,0 %	100 %
2022	1,0 %	93,5 %	1,2 %	2,0 %	1,2 %	1,2 %	0,0 %	100 %
2023	1,0 %	90,8 %	2,1 %	2,4 %	2,1 %	1,6 %	0,0 %	100 %
2024	1,0 %	86,5 %	3,8 %	2,9 %	3,8 %	2,0 %	0,0 %	100 %
2025	1,0 %	81,5 %	6,0 %	3,5 %	5,3 %	2,6 %	0,0 %	100 %
2026	1,0 %	76,0 %	9,1 %	4,2 %	6,9 %	2,9 %	0,0 %	100 %
2027	1,0 %	70,0 %	11,8 %	5,0 %	8,9 %	3,2 %	0,1 %	100 %
2028	1,0 %	63,1 %	14,1 %	5,8 %	11,6 %	3,5 %	0,8 %	100 %
2029	1,0 %	56,7 %	17,0 %	6,3 %	13,9 %	3,9 %	1,1 %	100 %
2030	1,0 %	50,8 %	18,7 %	7,0 %	16,7 %	4,2 %	1,6 %	100 %
2031	1,0 %	46,8 %	19,6 %	7,3 %	18,4 %	4,7 %	2,2 %	100 %
2032	1,0 %	43,8 %	20,6 %	7,7 %	19,0 %	4,9 %	3,1 %	100 %
2033	1,0 %	40,6 %	21,6 %	8,1 %	19,5 %	4,9 %	4,3 %	100 %
2034	1,0 %	38,4 %	22,7 %	8,2 %	20,1 %	4,4 %	5,2 %	100 %
2035	1,0 %	35,9 %	23,8 %	8,4 %	20,7 %	4,0 %	6,2 %	100 %
2036	1,0 %	33,0 %	25,0 %	8,6 %	21,3 %	3,6 %	7,4 %	100 %
2037	1,0 %	29,8 %	26,3 %	8,7 %	22,0 %	3,2 %	8,9 %	100 %
2038	1,0 %	26,2 %	27,6 %	8,9 %	22,6 %	2,9 %	10,7 %	100 %
2039	1,0 %	22,1 %	29,0 %	9,1 %	23,3 %	2,6 %	12,8 %	100 %
2040	1,0 %	17,5 %	30,4 %	9,3 %	24,0 %	2,3 %	15,4 %	100 %

Osuus ensirekisteröidyistä jakelukuorma-autoista (alle 16 t)								
	bensiini	diesel	dieselhybridi (kevyt- ja täyshybridit)	kaasu	täys- sähkö	lataus- hybridi	vety	yhteensä
2016	1,0 %	98,0 %	0,0 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	99 %
2017	0,2 %	99,0 %	0,0 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2018	1,5 %	97,6 %	0,1 %	0,3 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2019	0,5 %	99,1 %	0,2 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2020	0,5 %	97,4 %	0,4 %	0,8 %	0,5 %	0,4 %	0,0 %	100 %
2021	0,5 %	96,4 %	0,6 %	1,0 %	0,9 %	0,6 %	0,0 %	100 %
2022	0,5 %	95,0 %	1,2 %	1,2 %	1,3 %	0,9 %	0,0 %	100 %
2023	0,5 %	92,9 %	2,1 %	1,4 %	1,8 %	1,4 %	0,0 %	100 %
2024	0,5 %	89,7 %	3,8 %	1,7 %	2,3 %	2,0 %	0,0 %	100 %
2025	0,5 %	85,4 %	6,0 %	2,0 %	3,0 %	3,0 %	0,0 %	100 %
2026	0,5 %	80,8 %	9,1 %	2,4 %	3,0 %	4,3 %	0,0 %	100 %
2027	0,5 %	76,1 %	11,8 %	2,9 %	3,6 %	5,1 %	0,1 %	100 %
2028	0,5 %	71,2 %	14,1 %	3,4 %	4,3 %	5,6 %	0,8 %	100 %
2029	0,5 %	66,1 %	17,0 %	4,1 %	5,2 %	6,2 %	1,0 %	100 %
2030	0,5 %	61,6 %	18,7 %	5,0 %	6,2 %	6,8 %	1,2 %	100 %
2031	0,5 %	57,7 %	19,6 %	5,9 %	7,1 %	7,5 %	1,6 %	100 %
2032	0,5 %	54,2 %	20,6 %	6,5 %	7,8 %	8,2 %	2,1 %	100 %
2033	0,5 %	50,6 %	21,6 %	6,9 %	8,6 %	9,0 %	2,7 %	100 %
2034	0,5 %	47,0 %	22,7 %	7,2 %	9,0 %	9,9 %	3,6 %	100 %
2035	0,5 %	43,9 %	23,8 %	7,6 %	9,5 %	10,4 %	4,3 %	100 %
2036	0,5 %	40,5 %	25,0 %	7,9 %	10,0 %	11,0 %	5,1 %	100 %
2037	0,5 %	36,7 %	26,3 %	8,3 %	10,5 %	11,5 %	6,2 %	100 %
2038	0,5 %	32,7 %	27,6 %	8,8 %	11,0 %	12,1 %	7,4 %	100 %
2039	0,5 %	28,2 %	29,0 %	9,2 %	11,5 %	12,7 %	8,9 %	100 %
2040	0,5 %	23,8 %	30,4 %	9,7 %	12,1 %	13,3 %	10,2 %	100 %

Osuus ensirekisteröidyistä kuorma-autoista (yli 16 t)								
	bensiini	diesel	dieselhybridi (kevyt- ja täyshybridit)	kaasu	täys- sähkö	lataus- hybridi	vety	yhteensä
2016	0,0 %	99,6 %	0,0 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2017	0,0 %	99,6 %	0,0 %	0,4 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2018	0,0 %	99,4 %	0,1 %	0,5 %	0,0 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2019	0,0 %	99,0 %	0,2 %	0,7 %	0,0 %	0,1 %	0,0 %	100 %
2020	0,0 %	97,9 %	0,4 %	1,4 %	0,1 %	0,2 %	0,0 %	100 %
2021	0,0 %	97,1 %	0,6 %	1,7 %	0,2 %	0,4 %	0,0 %	100 %
2022	0,0 %	95,3 %	1,2 %	2,0 %	0,3 %	1,2 %	0,0 %	100 %
2023	0,0 %	93,3 %	2,1 %	2,4 %	0,6 %	1,6 %	0,0 %	100 %
2024	0,0 %	90,5 %	3,8 %	2,9 %	0,8 %	2,0 %	0,0 %	100 %
2025	0,0 %	86,7 %	6,0 %	3,5 %	1,1 %	2,6 %	0,0 %	100 %
2026	0,0 %	82,2 %	9,1 %	4,2 %	1,6 %	2,9 %	0,0 %	100 %
2027	0,0 %	77,7 %	11,8 %	5,0 %	2,2 %	3,2 %	0,1 %	100 %
2028	0,0 %	72,4 %	14,1 %	6,0 %	3,1 %	3,5 %	0,8 %	100 %
2029	0,0 %	66,7 %	17,0 %	7,2 %	4,1 %	3,9 %	1,1 %	100 %
2030	0,0 %	61,5 %	18,7 %	8,7 %	5,3 %	4,2 %	1,6 %	100 %
2031	0,0 %	56,7 %	19,6 %	10,0 %	6,9 %	4,7 %	2,2 %	100 %
2032	0,0 %	52,5 %	20,6 %	11,0 %	7,9 %	4,9 %	3,1 %	100 %
2033	0,0 %	48,0 %	21,6 %	12,1 %	9,1 %	4,9 %	4,3 %	100 %
2034	0,0 %	44,0 %	22,7 %	13,3 %	10,5 %	4,4 %	5,2 %	100 %
2035	0,0 %	39,8 %	23,8 %	14,7 %	11,5 %	4,0 %	6,2 %	100 %
2036	0,0 %	35,9 %	25,0 %	15,4 %	12,7 %	3,6 %	7,4 %	100 %
2037	0,0 %	32,1 %	26,3 %	16,2 %	13,3 %	3,2 %	8,9 %	100 %
2038	0,0 %	27,9 %	27,6 %	17,0 %	14,0 %	2,9 %	10,7 %	100 %
2039	0,0 %	23,1 %	29,0 %	17,8 %	14,7 %	2,6 %	12,8 %	100 %
2040	0,0 %	17,7 %	30,4 %	18,7 %	15,4 %	2,3 %	15,4 %	100 %

Osuus ensirekisteröidyistä linja-autoista (yli 8 t)

	bensiini	diesel	dieselhybridi (kevyt- ja täyshybridit)	kaasu	täys- sähkö	lataus- hybridi	vety	yhteensä
2016	0,0 %	97,3 %	0,0 %	1,0 %	1,7 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2017	0,0 %	97,0 %	0,0 %	1,2 %	1,8 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2018	0,0 %	98,9 %	0,1 %	0,8 %	0,2 %	0,0 %	0,0 %	100 %
2019	0,0 %	86,8 %	0,2 %	0,9 %	12,0 %	0,1 %	0,0 %	100 %
2020	0,0 %	85,9 %	0,4 %	1,1 %	12,2 %	0,5 %	0,0 %	100 %
2021	0,0 %	83,2 %	0,6 %	1,3 %	14,0 %	0,9 %	0,0 %	100 %
2022	0,0 %	79,7 %	1,2 %	1,5 %	16,1 %	1,4 %	0,0 %	100 %
2023	0,0 %	74,9 %	2,1 %	1,8 %	18,6 %	2,6 %	0,0 %	100 %
2024	0,0 %	68,9 %	3,8 %	2,4 %	21,3 %	3,6 %	0,0 %	100 %
2025	0,0 %	61,5 %	6,0 %	2,8 %	24,5 %	5,1 %	0,0 %	100 %
2026	0,0 %	53,4 %	9,1 %	3,4 %	27,0 %	7,1 %	0,0 %	100 %
2027	0,0 %	44,4 %	11,8 %	4,1 %	29,7 %	10,0 %	0,1 %	100 %
2028	0,0 %	36,5 %	14,1 %	4,9 %	32,7 %	11,0 %	0,8 %	100 %
2029	0,0 %	28,0 %	17,0 %	5,9 %	35,9 %	12,0 %	1,1 %	100 %
2030	0,0 %	21,7 %	18,7 %	7,1 %	37,7 %	13,3 %	1,6 %	100 %
2031	0,0 %	17,2 %	19,6 %	8,5 %	39,2 %	13,3 %	2,2 %	100 %
2032	0,0 %	15,5 %	20,4 %	9,4 %	40,0 %	11,9 %	2,9 %	100 %
2033	0,0 %	13,4 %	21,0 %	10,3 %	40,8 %	10,7 %	3,7 %	100 %
2034	0,0 %	11,1 %	21,4 %	11,3 %	41,6 %	9,7 %	4,8 %	100 %
2035	0,0 %	9,1 %	21,4 %	12,5 %	42,5 %	8,7 %	5,8 %	100 %
2036	0,0 %	8,4 %	20,4 %	13,1 %	43,3 %	7,8 %	6,9 %	100 %
2037	0,0 %	7,3 %	19,3 %	13,8 %	44,2 %	7,0 %	8,3 %	100 %
2038	0,0 %	6,5 %	18,4 %	14,5 %	45,1 %	5,6 %	10,0 %	100 %
2039	0,0 %	4,9 %	17,5 %	15,2 %	46,0 %	4,5 %	12,0 %	100 %
2040	0,0 %	3,2 %	16,6 %	16,0 %	46,9 %	3,6 %	13,8 %	100 %