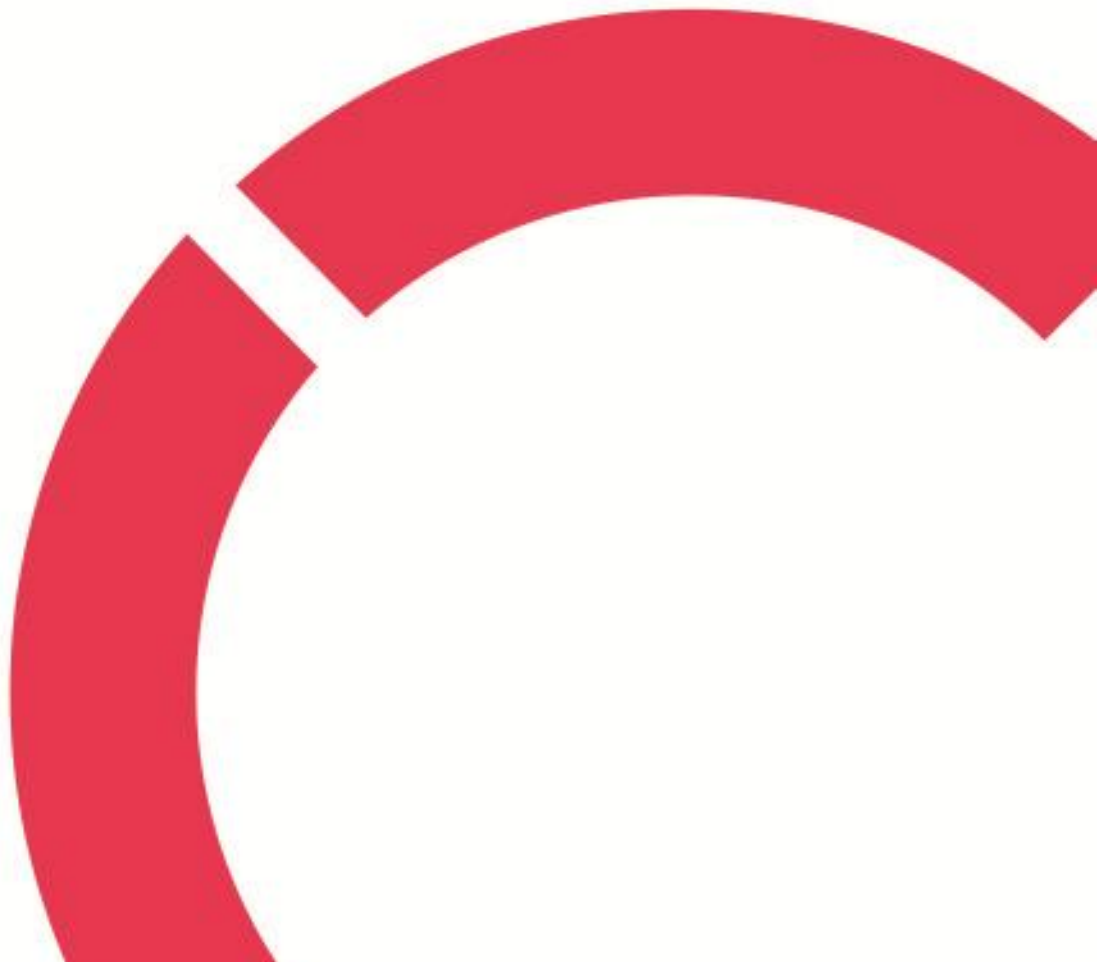


Tero Tuikkala

**SÄHKÖAUTOJEN LATAUSPAIKKOJEN SELVITYS KESKITE-
TYSSÄ KUNNOSSAPIDOSSA**

**Opinnäytetyö
CENTRIA-AMMATTIKORKEAKOULU
Sähkö- ja automaatioinsinööri koulutus
Toukokuu 2025**



TIIVISTELMÄ OPINNÄYTETYÖSTÄ

Centria-ammattikorkeakoulu	Aika Toukokuu 2025	Tekijä/tekijät Tero Tuikkala
Koulutus Sähkö- ja automaatiotekniikka	<input checked="" type="checkbox"/> AMK <input type="checkbox"/> YAMK	
Työn nimi SÄHKÖAUTOJEN LATAUSPAIKKOJEN SELVITYS KESKITETYSSÄ KUNNOSSAPIDOSSA		
Työn ohjaaja Kari Saarane	Sivumäärä 20+4	
Työelämäohjaaja Jaakko Pottala		
<p>Opinnäytetyössä kartoitettiin sähköautojen latausmahdollisuuksia Raahen SSAB:n keskitetyssä kunnossapidossa, jossa ollaan siirtymässä sähköautojen käyttöön. Työssä selvitettiin ensinnäkin, löytyykö nykyisistä sähkökeskuksista tarvittavia sähkösyöttöjä latauksen toteuttamiseen.</p> <p>Opinnäytetyö aloitettiin sähkökeskusten kartoituksella, niiden sähkökuviin perehtymisellä sekä miten sähköautojen latauspaikkoja voidaan toteuttaa. Lisäksi laskettiin latauspaikoille tarvittavat sulakoot ja kaapelit.</p> <p>Keskitetyn kunnossapidon tiloista löytyi tarvittavat sähkösyötöt latauksien toteuttamiseen. Lataus voidaan toteuttaa kahdesta eri sähkökeskuksesta 50 ampeerin syötöllä. Tämä mahdollistaa 3,7 kilowatin latauksen seitsemälle autolle tai lataustehon nostamisen kuudelle 11 kilowatin latausasemille.</p>		
Asiasanat Sähköauto, sähköautojen lataus		

ABSTRACT

Centria University of Applied Sciences	Date May 2025	Author Tero Tuikkala
Degree programme Electrical and Automation engineering		
Name of thesis SURVEY OF ELECTRIC VEHICLE CHARGING POINTS IN CENTRALIZED MAINTENANCE		
Centria supervisor Kari Saaranen	Pages 20+4	
Instructor representing commissioning institution or company Jaakko Pottala		
<p>The thesis surveyed the possibilities for charging electric cars at the centralized maintenance of SSAB Raahe. Where the transition to the use of electric cars is underway. The work firstly investigated whether the current electrical centers have the necessary electrical supplies to implement charging.</p> <p>The thesis began with a survey of electrical centers, studying their electrical diagrams and how electric car charging points can be implemented. The fuse sizes and cables were also calculated.</p> <p>The necessary electrical supplies were found in the centralized maintenance facilities. Charging can be implemented from two different electrical centers with 50 ampere supply. This allows 3,7 kilowatts charging for seven cars or the charging power of the charging stations to be increased to six 11 kilowatt charging points.</p>		
Key words electric vehicle, electric vehicle charge		

KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY

AC

Alternating current, vaihtovirta

DC

Direct current, tasavirta

kW

Kilowatti, teho yksikkö watti.

kWh

Kilowattitunti

TIIVISTELMÄ
ABSTRACT
KÄSITTEIDEN MÄÄRITTELY
SISÄLLYS

1 JOHDANTO	1
2 TEHTAAN HISTORIAA, TUOTTEITA JA KESKITETTY KUNNOSSAPITO	2
2.1 SSAB Raahe – terästehdas jo 1960-luvulta.....	2
2.2 Keskitetty kunnossapito toimii laajasti tehdasalueella.....	2
3 TYÖN TAUSTA.....	4
4 TEORIA.....	5
4.1 Sähköautoista puhuttaessa	5
4.2 Sähköautojen historia ja akkujen kehitys.....	5
4.3 Sähköautojen rakenne ja energian kulutus	5
4.4 Sähköautojen lataustavat	6
4.4.1 Lataustapa 1 – kevyt tai tilapäinen lataus	7
4.4.2 Lataustapa 2 – hidaslataus	7
4.4.3 Lataustapa 3 – peruslataus.....	7
4.4.4 Lataustapa 4 – pikalataus.....	7
4.4.5 Muita huomioita lataustavoista	8
4.5 Latauslaitteiden valinta ja sijoittelu	8
4.5.1 AC-latausasemat lataustavoilla 2 ja 3	9
4.5.2 DC-latausasemat lataustavalla 4.....	9
4.6 Kaapelien suojaus ja mitoitus	9
4.6.1 Kaapelien kuormitettavuus	10
4.6.2 Harmonisten yliaaltojen torjunta	13
4.6.3 Syötön automaattinen poiskytkentä ja oikosulkusuojaus	14
5 TEORIAN SOVITTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN TEHTAALLA	15
5.1 Suunnittelun lähtökohtia	15
5.1.1 Verkon ja laitteiston asettamat rajoitukset	15
5.1.2 Lataustehon määrittäminen	15
5.1.3 Vapaat sähkösyötöt	16
5.1.4 Kaapelien reititys	16
5.2 Lopullinen toteutus	17
6 JOHTOPÄÄTÖKSET	19
LÄHTEET	21
LIITTEET	

1 JOHDANTO

Opinnäytetyön taustalla on SSAB:n keskitetty kunnossapito ja sieltä ilmennyt tarve selvittää tarkemmin tulevien sähköautojen latauspaikkojen toteuttamista. Selvityksen aihe liittyy sekä hallituksen ajamaan että SSAB:n omaan tavoitteeseen siirtyä kohti ympäristöystävällisempää liikennöintiä. Keskitetyssä kunnossapidossa käytetään vielä toistaiseksi dieselautoja, jotka uusitaan sähköautoiksi leasing-sopimusten päättyessä. Autoja on käytössä 14 kappaletta.

Opinnäytetyössä kerrotaan ensin lyhyesti SSAB:n Raahen tehtaan historiasta, tuotteista ja keskitetyn kunnossapidon toiminnasta. Lisäksi käydään läpi sähköautoja, eri lataustapoja ja latauslaitteilta toivottuja ominaisuuksia. Lähtökohtana selvitykselle on nykyinen sähköjakelu ja sen riittävyys latausasemien toteuttamiseksi, jota varten on tehty muun muassa sähkötehoon liittyviä laskelmia. Samoin on laskettu syöttökaapeliin mitoitus ja suojausta. Teoriaosuus jatkuu tarkastelemalla muun muassa mahdollisten yliaaltojen haitallista vaikutusta sähkökeskuksiin liitettyihin laitteisiin. Lopussa teoriaa sovitetaan käytäntöön kohteen lähtötiedot huomioiden ja tehdään suunnitelma sähköautojen latauspaikkojen toteuttamiseksi.

Opinnäytetyön aihe nousee myös omasta työhistoriasta. Työkokemusta keskitetyn kunnossapidon sähköasentajana on noin 10 vuotta ja AMK-opintojen myötä olen päässyt vaihtelevissa työtehtävissä kiertämään tehtaan eri osastoilla. Yhdessä näistä tehtävistä pääsin perehtymään enemmän rakennusten sähköasennuksiin ja käytössä olevaan laitekantaan.

Lähdekirjallisuutena olen hyödyntänyt erityisesti Sähkötieto ry:n (2022) käsikirjaa Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät, jonka on tällä hetkellä kattavin ja ajantasaisin suomenkielinen teos. Lisäksi laskelmiin ja hieman vieraampaan aiheeseen yliaaltoihin olen käyttänyt muuta lähdemateriaalia. Ylipäätään sopivaa lähdekirjallisuutta on saatavilla rajatusti, koska sähköautot yleistyvät ja ne latauslaitteineen kehittyvät tällä hetkellä nopeasti.

2 TEHTAAN HISTORIAA, TUOTTEITA JA KESKITETTY KUNNOSSAPITO

2.1 SSAB Raahe – terästehdas jo 1960-luvulta

Rautaruukki on perustettu 1960-luvulla, mistä lähtien tehtaalla on valmistettu metallipohjaisia komponentteja teollisuuden eri tarpeisiin. Nimi Rautaruukki vaihtui nimeksi Ruukki 2004. Nimi Ruukki vaihtui nimeen SSAB vuonna 2014, kun SSAB osti Ruukin.

Raahen tehdas sijaitsee osoitteessa Rautaruukintie 155. Raahen tehtaalla on tällä hetkellä noin 2600 työntekijää. Liikevaihto vuonna 2023 SSAB:llä oli kokonaisuudessaan 119 489 miljoonaa Ruotsin kruunua. (SSAB 2023c, 5, 10.)

Nykyään SSAB:llä valmistetaan pääsääntöisesti kuumavalssattuja levy- ja nauhatuotteita (SSAB 2023b). Nämä erikoislujat terästuotteet ovat tehtaan osaamisalaa. Erikoislujista teräksistä valmistetaan esimerkiksi kaivinkoneen kauhoja ja kuorma-autoihin lavoja, jotka ovat kevyempiä ja kestävämpiä kuin normaalista teräksestä valmistetut tuotteet (SSAB 2023a). Kevyemmät tuotteet säästävät myös polttoainekuluissa. Terästä valmistetaan myös autoteollisuuden tarpeisiin. Terästä lähetetään jatkojalostukseen Hämeenlinnaan, esimerkiksi kattopeltien valmistukseen.

2.2 Keskitetty kunnossapito toimii laajasti tehdasalueella

Keskitetyn kunnossapidon keskeisin tehtävä on huoltaa ja ylläpitää tehtaalla käytettäviä laitteita. Huollettavalle laitteelle tehdään tarvittavat huoltotoimenpiteet, joihin kuuluu mekaanisten osien vaihtaminen sekä sähköisten komponenttien vaihdot. Keskitetyn kunnossapidon sähköjaoksessa pystytään esimerkiksi käämimään sähkömoottori uusiksi. Osastoilla on myös oma kunnossapitonsa, joka huolehtii osaston keskeisten laitteiden toiminnoista ja kunnossapidosta tuotannon aikana. Osastot ja keskitetty kunnossapito tekevät säännöllisesti yhteistyötä esimerkiksi huoltopäivinä, jolloin huolletaan tuotannon kannalta tärkeimmät laitteet.

Keskitetyn kunnossapidon henkilöstö liikkuu työkohteeseen yleensä pakettiautolla, koska niissä on tarvittavat varaosat kohteeseen ja painavampia osia on vaikea kuljettaa muilla kulkuneuvoilla, kuten esimerkiksi pyörällä. Keskitetyssä kunnossapidossa autoja käyttää noin 100 henkilöä ja autojen tarve on päivittäistä. Hiilineutraalia siirtymää edesauttaa, kun nämä autot vaihdetaan sähköautoiksi.

3 TYÖN TAUSTA

SSAB:llä siirrytään lähitulevaisuudessa sähköautojen käyttöön vanhojen dieselautojen leasing-sopimusten päättyessä. Tästä huolimatta tehdasalueella on toistaiseksi vain yksittäisiä sähköautojen latausasemia. Koko osastolle mitoitettuja sähkölatausasemia ei ole. Tähän taustaan verraten keskitetylle kunnossapidolle laadittava selvitys on suhteellisen laaja. Keskitetyllä kunnossapidolla on myös enemmän autoja kuin muilla osastoilla.

Opinnäytetyö on selvitys siitä, kuinka keskitetyn kunnossapidon sähköautojen latauspaikat kannattaisi toteuttaa. Opinnäytetyössä arvioidaan nykyisen sähköjakelun tilaa keskitetyn kunnossapidon toimitiloissa eli otetaan selville esimerkiksi sähkökeskusten vapaat sähkösyöttöpaikat. Opinnäytetyön vaiheita ovat tarvittavan lataustehon ja -virran laskeminen, alkuperäisiin sähköpiirustuksiin, -kuviin ja sähkökeskusten nykytilaan tutustuminen sekä syöttökaapelin mitoittaminen ja reitittäminen kohteeseen sopivaksi. Sähköautoihin siirtymistä helpottaa alun perin myös se, että tehtaalla on aikanaan kahdennettu melkein kaikki syöttökaapelit.

Opinnäytetyö ei sisällä varsinaista kustannusarviota. Kuitenkin kustannusten kannalta on järkevää mitoitaa latausteho hieman nykyistä tarvetta isommaksi. Näin pystytään tarvittaessa vastaamaan tulevaisuuden tarpeisiin, mikäli keskitetyn kunnossapidon sähköautojen määrä kasvaa tai automallit muuttuvat. Taloudellisesta näkökulmasta lataustehon mitoittaminen tällä tavoin on parempi kuin myöhempi uudelleenrakentaminen.

4 TEORIA

4.1 Sähköautoista puhuttaessa

Puhekieleen ei ole vakiintunut yhtä termiä sähköautoille. Siksi niistä on tärkeää käyttää oikeita termejä, etteivät esimerkiksi hybridi- tai sähköautot sekoitu puheessa keskenään. Ennemmin kannattaa suosia autojen ominaisuuksia tarkemmin kuvaavia termejä, kuten täyssähköauto tai ladattava auto. (Sähkötieto ry 2022, 13.) Opinnäytetyön kohteeseen tulee ladattavia autoja, joista käytän edempänä lyhempää nimitystä sähköauto.

4.2 Sähköautojen historia ja akkujen kehitys

Sähköauto keksintönä on paljon vanhempi kuin polttomoottoriauto. 1800-luvun lopulla sähköautot olivat yleisempiä ja helpompia käyttää kuin polttomoottoriautot. Sähköstartin ja automaattisen sytytyksenakon keksiminen 1900-luvun alussa nostivat polttomoottorikäyttöisten autojen suosion ylivoimaiseksi sähköautoihin nähden. Suosioon vaikutti polttoaineen helpompi kuljetettavuus, kun taas sähköä oli tarjolla lähinnä vain kaupungeissa. Tieverkoston laajeneminen vaikutti myös polttomoottoriautojen yleistymiseen. (Sähkötieto ry 2022, 13–14.)

Vasta 2000-luvulla mobiililaitteiden suosion kasvaessa alettiin kiinnittämään enemmän huomiota akkutekniikan kehittämiseen, ja kehitystyön myötä sähköautot nousivat uudelleen kilpailijaksi automarkkinoille. Samalla on käyty kiihtyvää keskustelua ilmastonmuutoksesta ja siitä, kuinka polttomoottorien aiheuttamia ilmansaasteita saadaan vähennettyä. Myös poliittiset päätökset nopeuttavat siirtymistä vähempipäästöisiin laitteisiin, mikä on lisännyt sähköautojen myyntiä. (Sähkötieto ry 2022, 14.)

4.3 Sähköautojen rakenne ja energian kulutus

Sähköauton rakenne eroaa vaihtoehtoista voimanlähdettä käyttävästä autosta siten, että täyssähköautossa on sähkömoottori polttomoottorin tilalla. Sähkömoottori saa käyttövoimansa taajuusmuuttajasta, joka saa energian akuista. Polttomoottori tuottaa paljon hukkalämpöä, jota voidaan hyödyntää myös auton

lämmityksessä. Sähkömoottori puolestaan ei tuota paljon hukkalämpöä, joten niihin on jouduttu kehittämään muita keinoja auton sisätilan lämmittämiseen. Esimerkkejä näistä ovat erilliset sähkölämmittimet ja ilmalämpöpumput. (Sähkötieto ry 2022, 13.)

Sähkömoottorin tuottama voima on tasaisempaa kuin vaihtoehtoista voimanlähdettä käyttävän moottorin. Sähkömoottorin etuna on tasaisempi vääntökäyrä koko toiminnan ajan. Polttomoottorissa tarvitaan tyhjäkääntiä, monivälityssuhteinen vaihdelaatikko ja mekaaninen kytkin. Sähköautoissa on alennusvaihte ja tasauspyörästö. Nelivetoautoissa on etu- ja taka-akselilla oma moottori. (Sähkötieto ry 2022, 13.)

Sähköautojen energiankulutus vaihtelee 10–30 kWh/100 km matkalla (TAULUKKO 1). Yleisesti henkilöautojen sähköenergiankulutusta laskettaessa sovelletaan arvoa 20 kWh/100 km. Energiankulutukseen vaikuttaa matkanopeus ja ulkolämpötila. (Sähkötieto ry 2022, 16.)

TAULUKKO 1. Sähköauton käyttämä energiankulutus kWh/100 kilometriä kohden. (mukaihen Sähkötieto ry 2022, 17.)

Ajoneuvo	Energiankulutus kWh/100 km
henkilöauto	15–30
pakettiauto	20–40
jakelukuorma-auto	80–140
raskas kuorma-auto tai yhdistelmä	100–240

4.4 Sähköautojen lataustavat

Sähköautojen lataamisessa voidaan soveltaa eri menetelmiä, joita ovat lataustavat 1–4. Suomessa suositellaan käytettäväksi lataustapoja 3 ja 4. Mikäli joudutaan käyttämään lataustapoja 1 tai 2, pitää käyttäjää opastaa oikeaan käyttötapaan, jotta laitteisiin ei tule turhaa kipinöintiä, joka voi pahimmillaan johtaa laitteen rikkoontumiseen. (Sähkötieto ry 2022, 47.)

4.4.1 Lataustapa 1 – kevyt tai tilapäinen lataus

Lataustapaa 1 voidaan käyttää korkeintaan 16 ampeerin ja 250 voltin yksivaiheista tai 480 voltin kolmivaiheista pistorasiaa. Lataustapa 1 sopii kevyiden sähköajoneuvojen lataukseen tai tilapäiseen lataukseen. Tällainen lataustapa ei sovellu jatkuvaan käyttöön vaan se voi vahingoittaa pistorasiaa. (Sähkötieto ry 2022, 48, 50.)

4.4.2 Lataustapa 2 – hidaslataus

Niin kutsuttua hidaslatausta käytetään 32 ampeerin ja 250 voltin yksivaiheista tai 480 voltin kolmivaiheista pistorasiaa. Lataus voidaan toteuttaa supersuko- tai kolmivaihepistorasialla. Tämäkin lataustapa on tarkoitettu vain väliaikaiseen käyttöön. Tällä lataustavalla virran määrä pitää rajoittaa kahdeksaan ampeeriin. (Sähkötieto ry 2022, 48.)

4.4.3 Lataustapa 3 – peruslataus

Lataustapaan 3 pitää suunnitella oma sähkönsyöttö ja latausasema. Sähköjohtojen pitää kestää 6–63 ampeerin virtaa ja 1,4–43 kilowatin lataustehoa. Latauspiste on tarkoitettu vain sähköauton lataukseen ja se on toteutettu kolmivaiheisena syöttönä. (Sähkötieto ry 2022, 51.)

4.4.4 Lataustapa 4 – pikalataus

Lataustavasta 4 käytetään nimityksiä teho-, pika-, suurteho- ja DC-lataus, sillä se on suunniteltu erityisen nopeaan lataukseen. Pikalatauksessa pistokkeen on kestävä suuria latausvirtoja. Lataustavoissa 1–3 käytetään vaihtosähköä, kun taas lataustapa 4 käyttää tasasähköä. Latauspiste on tarkoitettu vain sähköautojen lataukseen. (Sähkötieto ry 2022, 53.)

4.4.5 Muita huomioita lataustavoista

Käytettäessä lataustapoja 1–2 lataajan pitää varautua pidempään latausaikaan kuin käytettäessä lataustapoja 3–4. Lataustapoja 1–2 käytetään yön yli latauksessa. Lataustapojen 1–2 osalta pitää huomioida, että käytettävästä latauslaitteesta on rajoitettu virran syöttö kahdeksaan ampeeriin, ettei pistorasia vahingoitu. Myös käytettävän latauslaitteen tuennasta on huolehdittava, ettei se roiku pistorasiasta. Nykyisin suositellaan, että pistorasioiksi asennetaan supersukopistorasia sen paremman virrankestävyyden takia. (Sähkötieto ry 2022, 48–51.) Lataustavoissa 3–4 hyödynnetään tiedonsiirtoväylää, jotta tiedetään pistokkeiden oikea kytkeytyminen ja voidaan säädellä latausvirtoja tarpeen mukaan (Sähkötieto ry 2022, 51–53).

4.5 Latauslaitteiden valinta ja sijoittelu

Latauslaitetta valittaessa tulee selvittää, millaiseen ympäristöön ja olosuhteisiin latauslaitteet sijoittuvat. Latauslaitteessa on hyvä olla säätömahdollisuus, mikäli tulee tarve tehokkaammalle lataukselle. (Sähkötieto ry 2022, 81.) Latauslaitetta valittaessa onkin hyvä tiedostaa, miten sähköautojen lataus mahdollisesti muuttuu tulevaisuudessa. Uuden syöttökaapelin veto lisää valmiutta tulevaisuuden lataustarpeisiin.

Jos ladattavia autoja on paljon, on kuormanhallinta tärkeässä roolissa. Kuormanhallinta voidaan toteuttaa joko älykkäällä ohjauksella tai määrittelemällä latauslaitteen antama teho vakioksi. (Sähkötieto ry 2022, 76–77.) Suunniteltaessa pitää huomioida muuntajan kuormittuminen sähköautojen latauspaikkojen lisääntyessä. Muuntajaa kannattaa kuormittaa tasaisesti eri vaiheiden välillä, jotta vältetään epäsymmetrialta. Latauspaikkojen kannattaa vuorotella L1-, L2- ja L3-vaiheiden välillä.

Akkupalon sattuessa sähköauton pitää olla kohtuudella siirrettävissä. Latauslaitteen tulee sijaita latauspisteen välittömässä läheisyydessä, jotta pelastushenkilöstö huomaa selkeästi, mistä kohteen latauslaitteen saa virrattomaksi. Keskuksessa on hyvä olla hätäseis-painike. (Sähkötieto ry 2020, 26–28.)

4.5.1 AC-latausasemat lataustavoilla 2 ja 3

AC-latauslaitteen materiaali on säänkestävää muovia, metallia tai näiden yhdistelmiä. Latauslaite asennetaan joko seinään tai pylvääseen. Kohteessa on hyvä olla säilytyspaikka tai -kannake latauspistoliittimelle. Latausasemien sisälle on rakennettu erilaisia käyttöturvallisuutta ja latausta mittaavia laitteita sekä erotinkontaktori. Latausasemille suositellaan vedettäväksi kolmivaiheinen sähkönsyöttö, koska se mahdollistaa helpomman muutettavuuden tulevaisuudessa. Latausasemissa ja sähköautoissa on rajallinen tiedonsiirto. Sähköauto ilmoittaa latausasemalle, milloin sen akut ovat täynnä, jolloin latausasema lopettaa latauksen. (Sähkötieto ry 2020, 68–79.) AC-latauslaitteet käyttävät vaihtovirtaa.

4.5.2 DC-latausasemat lataustavalla 4

DC- ja AC-latausasemissa käytetään samoja materiaaleja. DC-latausasemia voidaan asentaa seinälle tai jalustalle. DC-latausasemissa on käytössä monia lataustapoja ja -tehoja. Latausasemissa voi olla kahta eri pistoketyyppiä, mikä mahdollistaa joko hitaan tai nopean latauksen. Älykkäällä ohjauksella varustetut latausasemat lataavat sähköautojen akut täyteen siinä järjestyksessä, jossa sähköautot ovat liitettyinä latauslaitteeseen. (Sähkötieto ry 2020, 70–71.) DC-latauslaitteet käyttävät tasavirtaa.

4.6 Kaapelien suojaus ja mitoitus

Suunnitteluvaiheessa on hyödyllistä laskea oikea suojaus kaapelille. Laskeminen ennakkoon kannattaa, sillä suojausta on vaikea korjata jälkikäteen. (Tiainen & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 94.) Mitoitusta koskevat laskelmat varmistavat riittävän lataustehon sekä ohjaavat sulakekoon ja kaapelin valintaa. Näillä valinnoilla on vaikutusta latausasemien käytettävyyteen ja turvallisuuteen.

4.6.1 Kaapelien kuormitettavuus

Aluksi on hyvä selvittää, kuinka paljon kilowatteja laitteisto tarvitsee. Kun tiedossa on kohteeseen suunniteltujen latauslaitteiden koko ja määrä, voidaan laskea tarvittava kilowatti määrä. Tähän kohteeseen tulee 3,7 kilowatin latauslaitteet, mutta todellisuudessa ne kannattaisi mitoittaa 11 kilowatin latauslaitteiksi. Sähköautoja kohteeseen tulee 14 kappaletta. Tarvittava kilowatti määrä voidaan laskea seuraavasti:

$$3,7 \text{ kW laitteet} \qquad 3,7 \text{ kW} * 14 \text{ kpl} = 51800 \text{ W} \qquad (1)$$

$$11 \text{ kW laitteet} \qquad 11 \text{ kW} * 14 \text{ kpl} = 154000 \text{ W} \qquad (2)$$

Kun kokonaiskilowatti määrä on tiedossa, voidaan laskea yhden vaiheen tarvitsema kilowatti määrä:

$$3,7 \text{ kW} \qquad \frac{51800 \text{ W}}{3 \text{ kpl}} = 17266,7 \text{ W} \qquad (3)$$

$$11 \text{ kW} \qquad \frac{154000 \text{ W}}{3 \text{ kpl}} = 51333,3 \text{ W} \qquad (4)$$

Tämän jälkeen voidaan laskea tarvittava ampeeri määrä vaihetta kohden. Ensiksi lasketaan 3,7 kilowatin tarvitsema sulake koko. Seuraavaksi lasketaan 11 kilowatin tarvitsema sulake koko:

$$3,7 \text{ kW} \qquad \frac{17266,7 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 75,1 \text{ A} \qquad (5)$$

$$11 \text{ kW} \qquad \frac{51333,3 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 223,2 \text{ A} \qquad (6)$$

Laskujen perusteella 3,7 kilowatin lataus voidaan toteuttaa kohtuudella 80 ampeerin sulakkeen takaa. Koska tulevaisuudessa voidaan tarvita isompaa lataustehoa, kannattaisi lataus mitoittaa 11 kilowatin latausteholle. Alasähkökeskuksista löytyy harvemmin tätä varten tarvittavaa 250 ampeerin lähtöä. Lataus saataisiin toteutettua pääsähkökeskuksen alta kahdesta eri alasähkökeskuksesta, joissa kummassakin on tarvittava 125 ampeerin lähtö.

Vapaana olevan lähdön koko vaikuttaa siihen, kuinka monta latausasemaa lähdön taakse voidaan asentaa. Tämä selviää kertomalla latausaseman kilowatti määrä latausasemien toivotulla kappalemäärällä, mistä saadaan kokonaiskilowatti määrä. Kokonaiskilowatti määrä on laskettu kolmelle vaiheelle. Yhdenvaiheen kilowattimäärä saadaan jakamalla kokonaiskilowatti määrä kolmella. Yhdenvaiheen kilowattimäärä pitää jakaa vielä sähköverkon jännitteellä, joka on 230 voltia. Tästä tuloksesta saadaan yhden vaiheen tarvitsema ampeeri määrä.

Aluksi laskin, kuinka paljon 11 kilowatin laturi tarvitsee tehoa. Sen jälkeen laskin, kuinka paljon tehoa kohdistuu yhtä vaihetta kohden, minkä jälkeen saadaan selville tarvittava ampeeri määrä:

$$11000 \text{ W} * 7 \text{ kpl} = 77000 \text{ W} \quad (7)$$

$$\frac{77000 \text{ W}}{3 \text{ kpl}} = 25666,7 \text{ W} \quad (8)$$

$$\frac{25666,7 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 111,6 \text{ A} \quad (9)$$

Yksi seitsemän auton latausasema tarvitsee 111,6 ampeeria toimiakseen, minkä takia käytetään 125 ampeerin lähtöä. Keskitetyn kunnossapidon sähkökeskuksista ei kuitenkaan voida toteuttaa 11 kilowatin latausta kaikille seitsemälle autolle. Sähkökeskuksista ei löydy yli 125 ampeerin lähtöä ja välikeskuksen asennus vaikuttaa tarvittavaan muutokseen. Isompi 11 kilowatin lataus voidaan toteuttaa ainoastaan kuudelle autolle per asema. Yksi kuuden auton latausasema tarvitsee 95,6 ampeeria toimiakseen.

$$11000 \text{ W} * 6 \text{ kpl} = 66000 \text{ W} \quad (10)$$

$$\frac{66000 \text{ W}}{3 \text{ kpl}} = 22000 \text{ W} \quad (11)$$

$$\frac{22000 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 95,6 \text{ A} \quad (12)$$

Lisäksi lasketaan ylikuormitussuojaus. Ylikuormitussuojauksen avulla varmistetaan, että vikatilanteessa sulake palaa tunnin kuluessa (Tiainen & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 133). Ylikuormitussuojaus sulakkeella lasketaan kaavalla

$$k * I_n \leq 1,45 * I_z \quad (13)$$

jossa

I_n on suojalaitteen nimellisvirta

I_z on johtimen jatkuva kuormitettavuus

k on sulakkeen ylemmän sulamisrajavirran ja sulakkeen nimellisvirran suhde.

$$k * I_n \leq 1,6 * I_z$$

$$1,6 * 125 A \leq 1,45 * I_z$$

$$\frac{1,6 * 125 A}{1,45} = I_z$$

$$\frac{1,6 * 125 A}{1,45} = 137,9 A$$

Kun latausaseman tarvitsema ampeeri määrä on tiedossa, voidaan mitoittaa kaapeli. Kohteissa kaapeli kulkee kaapelihyllyä pitkin, jossa on muitakin kaapeleita ja joka menee ulkoseinästä läpi. Lisäksi korjauskertoimiin pitää lisätä hallin lämpötila, joka voi nousta kesällä yli 25 celsiusasteen. Kaapelihyllylle korjauskertoimeksi saadaan 0,72. Seinässä oleva eristeen paksuus on 100 millimetriä, jonka korjauskerroin on 0,81 ja lämpötilan korjauskerroin 30 asteessa on 0,94. (Tiainen & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 223–224, 228.)

$$\frac{137,9 A}{0,72 * 0,81 * 0,94} = 251,5 A \quad (14)$$

Kun asennusympäristön vaikutukset on huomioitu ylikuormitussuojauksessa, saadaan kaapeliin kohdistuva kuormitus, joka on 251,5 ampeeria. Sopivia kaapeleita ovat 120 mm² MCMK-kaapeli, jonka kuormitettavuus on 274 ampeeria tai 185 mm² AMCMK-kaapeli, jonka kuormitettavuus on 274 ampeeria. (Tiainen & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto 2012, 217.)

Syöttökaapeli kannattaa vetää kohteeseen 11 kilowatin toteutuksella, jotta syntyy valmius siirtyä tarvittaessa isompaan lataustehoon. Seuraavaksi laskin, kuinka 3,7 kilowatin latausteholle saadaan toteutettua tarvittavat sulakekoot. Välikeskuksessa voidaan käyttää 40 ampeerin sulaketta ja syöttökeskukseen pitää asentaa isompi 50 ampeerin sulake.

$$3,7 \text{ kW} * 7 \text{ kpl} = 25900 \text{ W} \quad (15)$$

$$\frac{25900 \text{ W}}{3 \text{ kpl}} = 8633 \text{ W} \quad (16)$$

$$\frac{8633 \text{ W}}{230 \text{ V}} = 37,5 \text{ A} \quad (17)$$

4.6.2 Harmonisten yliaaltojen torjunta

Oikein toimiessaan sähkölaitteet hyödyntävät sinimuotoista jännitettä. Sähkölaitteet toimivat parhaiten silloin, kun niiden jännite pysyy vakiona. Koska sähkön kulutus on lisääntynyt, syntyy verkkoon yhä enemmän häiriöitä. Tällainen sähkön laatua merkittävästi heikentävä häiriö on esimerkiksi yliaallot. (Chauvin-Arnoux 2021, 9; Korpinen, Mikkola, Keikko & Falck 2008, 1.) Tyypillisiä yliaaltojen aiheuttajia ovat esimerkiksi AC- ja DC-käytöt, UPS-laitteet ja sähkösuotimet (ABB 2000, 7).

Yliaaltoja muodostuu sähkönjakeluverkkoon virran ja jännitteen suhteen epälinearisista virtapiirin osista. Tämä aiheuttaa virtapiikin, joka häiritsee sähköverkon normaalia toimintaa. Virtapiirien osien ottama virta on siis epäsinimuotoista. (ABB 2000, 7; Korpinen ym. 2008, 1, 11.) Lisäksi on huomioitava seuraava:

Epälineaaristen kuormien synnyttämät virran yliaallot eivät välttämättä ole ongelma vain niiden aiheuttajille, sillä ne leviävät verkkoa pitkin helposti myös muille sähkökäyttäjille aiheuttaen ongelmia, joihin ei ole osattu varautua. (Korpinen ym. 2008, 1.)

Yliaaltojen syntymistä pyritään vähentämään sähköverkon ylimitoituksella (ABB 2000, 8). Kaapelin mitoitus on suunniteltava huolella, jotta välttyään harmonisten yliaaltojen vaikutukselta kolmivaihejärjestelmissä. Standardi SFS 6000-5-52 sähkölaitteiden valinta ja asentaminen ohjeistaa, miten harmonisia yliaaltoja saadaan torjuttua. Kaapelin mitoitusta helpottaa, kun tiedetään harmonisen yliaallon suuruus ja onko se vaihe- vai nollajohdossa. Mikäli niitä ei ole tiedossa, kannattaa kaapeli ylimitoitaa hienman, mikä auttaa vähentämään harmonisia yliaaltoja. (SFS6000-5-52 2022, 60.)

4.6.3 Syötön automaattinen poiskytkentä ja oikosulkusuojaus

Syötön automaattinen poiskytkentä ja oikosulkusuojaus tukevat laitteiston toimintaa. Nämä eivät kuitenkaan suojaa laitteistoa yliaaltojen aiheuttamilta häiriöiltä. Syötön automaattinen poiskytkentä suojaa vikatilanteissa henkilöä, joka käyttää tai huoltaa laitteistoa. Käytännössä suojalaite katkaisee automaattisesti jännitteen pois piiristä tai laitteesta. Poiskytkennän on tapahduttava siten, että jännitteisen osan ja jännitteelle alttiin osan tai suojamaadoitus- tai PEN-johtimen välisen vian aikana ei esiinny vaihtojännitteellä yli 50 voltin tehollisarvoa tai sykkeettömällä tasajännitteellä yli 120 voltin kosketusjännitettä niin kauan, että siitä aiheutuisi haitallisia henkilövahinkoja. (Sähkötieto ry 2018, 2.)

Oikosulkusuojauksen tehtävä on suojata itse laitteistoa ylikuormittumiselta. Oikosulkusuojan täytyy sijaita kaapelin alkupäässä, kun taas ylikuormitussuoja voi tietyin edellytyksin olla kuormituspuolella. Oikosulkusuojaus katkaisee oikosulkuvirran ennen kuin se aiheuttaa johtimiin ja liitoksiin lämpö- tai mekaanisia vaurioita. Oikosulkusuojauksen toiminta pitää tarkistaa laskennallisesti suunnitteluvaiheessa. (Tiainen & Orrberg 2020, 83.)

5 TEORIAN SOVITTAMINEN KÄYTÄNTÖÖN TEHTAALLA

5.1 Suunnittelun lähtökohtia

Teorian sovittamisessa käytäntöön pitää huomioida ympäristö, jonne selvitys tehdään. On myös hyvä tutustua aikaisempaan laitekantaan. Lisäksi tärkeitä valintoja liittyy lataustehon määrittämiseen, vapaisiin sähkösyöttöihin ja kaapelin reititykseen.

5.1.1 Verkon ja laitteiston asettamat rajoitukset

Keskeinen latauspaikkojen toteutuksessa huomioitava tekijä nyt ja tulevaisuudessa on SSAB:n sähköverkon rajallisuus. Tehtaan rakentamisen aikaan 1960-luvulla ei ollut vielä tiedossa, millaista sähkön tarve on 60 vuoden kuluttua. Vaikka sähkösyötöt kahdennettiin jo silloin, ovat ne usein liian pienet nykyiseen sähkönkulutukseen nähden. Rakennusten sähkökeskukset ovat myös iäkkäitä, pääsääntöisesti 1970–1990-luvulta. Yleensä sähkökeskuksissa on niukasti vapaana olevia sähkösyöttöpaikkoja.

Sähkökeskuksia uusitaan kuitenkin tarvittaessa, esimerkiksi keskitetyn kunnossapidon sähkökeskukset uusittiin muutama vuosi sitten. Nykyisillä keskuksilla pystytään toteuttamaan 3,7 kilowatin lataus, mutta tulevaisuudessa tarvitaan todennäköisesti isompaa latausta. Tuolloinkin haasteena tulee olemaan sopivan sähkösyötön löytäminen ja uuden sähkönsyötön vetäminen.

5.1.2 Lataustehon määrittäminen

Lataustehon määrittämisessä apuna ovat tiedot kohteesta sekä laskelmat. Keskitetyn kunnossapidon työpäivä on välillä 07:00–15.30, jonka päätteeksi autot laitetaan tarvittaessa yön yli lataukseen. Autoilla päivittäin ajettava noin kymmenen kilometrin matka vaatii latausaikaa noin kahdeksan tuntia. Yön yli latauksessa aikaa on riittävästi, mikä puoltaa hitaampaa lataustehoa. Myös alustavat laskelmani viittasivat tähän, mutta teoriatiedon pohjalta päädyin nostamaan lataustehoa 3,7 kilowattiin, jotta se riittäisi talviolosuhteissakin.

Isompi 11 kilowatin latausteho karsiutui pois, koska se tarvitsee isomman syöttösulakkeen kuin 3,7 kilowatin latausteho. Lisäksi 11 kilowatin latausteho voi aiheuttaa enemmän yliaaltoja, mikä häiritsee sähköverkon normaalia toimintaa. Sähkökeskuksiin pitäisi tehdä huomattavia muutostöitä, mikäli haluttaisi toteuttaa 11 kilowatin lataus.

5.1.3 Vapaat sähkösyötöt

Laskelmat osoittivat, että latausasemille pitää asentaa joko 80 tai 250 ampeerin sulakkeet. Aloitin mahdollisten sähkösyöttöpaikkojen etsimisen tutkimalla sähkökeskusten sähköpiirustuksia ja -kuvia. Sähköpiirustuksista selvisi, ettei keskuksissa ollut lainkaan suuremman latauksen mahdollistavia 250 ampeerin lähtöjä. Tämän vuoksi alkuperäinen ajatus ottaa sähkönsyöttö yhdeltä sähkökeskuksesta muuttui. Lopulta sähkönsyöttö on järkevintä toteuttaa kahdelta eri sähkökeskuksesta 125 ampeerin takaa. Kävin myös paikan päällä tarkistamassa, ovatko ne vielä vapaana.

Tämä tarkoittaa 14 auton latausaseman jakamista kahteen osaan. LVI-ryhmän tiloissa sijaitsevasta sähkökeskuksesta toteutetaan seitsemän latausasemaa. Kenttäkorjausryhmän tiloissa sijaitsevasta sähkökeskuksesta toteutetaan toiset seitsemän latausasemaa. Molempiin sähkökeskuksiin jää vielä vapaita lähtöjä tulevaisuuden tarpeisiin.

Edellä mainittuja lähempänä olisi automaatiohuollon sähkökeskukset, mutta niissä tyhjät lähdöt ovat jo nyt vähissä. Sen sijaan sähköpääkeskuksessa olisi muutamia vapaita lähtöjä, mutta niistä voidaan toteuttaa uusia sähkökeskuksia korjaamorakennuksen tarpeisiin. Muut korjaamon sähkökeskukset sijaitsevat liian kaukana ja niissä sähkösyötön kaapelipituudet menisivät liian pitkiksi.

5.1.4 Kaapelien reititys

Yhdeltä sähkökeskuksesta vedettynä syöttökaapelin maksipituus olisi todennäköisesti ylittynyt. Maksimipituuden ylittyessä kaapelia suojaava sulake ei välttämättä toimi oikein, mikä voi aiheuttaa tulipalon tai muuta vahinkoa kiinteistölle. Kahdelta eri sähkökeskuksesta välimatkat latausasemille ovat lyhyemmät ja siten helpompi toteuttaa. Molemmissa tiloissa syöttökaapeli vedetään kaapelihyllyä pitkin rakennuksen ulkoseinälle. Kenttäkorjausryhmän tiloista vedettävälle syöttökaapelille pitää asentaa hie- man lisää kaapelihyllyä.

5.2 Lopullinen toteutus

Sähköautojen lataus toteutetaan kahdesta nykyisestä sähkökeskuksesta, jotka sijaitsevat LVI- ja kenttäkorjausryhmän tiloissa. Lataustavaksi valitaan lataustapa 3. Latausasema lataa sähköautoja 3,7 kilowatin teholla, mikä tekee lataustavasta hitaan. Vaihtoehtoiset toteutus on mallinnettu liitteisiin 1/1, 1/2, 2/1 ja 2/2.

LVI-ryhmän tilat sijaitsevat rakennuksen lounaskulmauksessa, jonne asennetaan seitsemälle sähköautolle latauspaikat. Sähkösyöttö vedetään LVI-ryhmän tilassa sijaitsevasta sähkökeskuksesta. Syöttökaapeliksi sopii MCMK 4x120+70 tai AMCMK 4x185+57, jota tarvitaan arviolta 45 metriä. Sähkökeskuksesta otetaan käyttöön lähtö 02.08, joka ilmoittaa, että kentästä kaksi on otettu paikka kahdeksan käyttöön. Sähkökeskuksen syöttösulakkeen kooksi on laskettu 50 ampeeria. Latauspisteiden läheisyyteen asennetaan välikeskus, jossa syöttökaapeli vaihdetaan pienempään poikkipinta-alan kaapeliin, jonka avulla tämä pienempi syöttökaapeli voidaan viedä latausasemalle. Välikeskuksen syöttösulakkeeksi laitetaan 40 ampeerin sulake. Latausasemaksi voidaan valita esimerkiksi DEFA Solid, joita asennetaan seitsemän kappaletta. DEFA Solid-latausasemalle pitää valmistajan ohjeistuksen mukaan olla sadesuoja. Latausasemien valikoima on laaja, mutta päädyin DEFA Solid-latausasemaan sen muunneltavan lataustehon takia.

Kenttäkorjausryhmän tilassa sijaitsevalta sähkökeskuksesta vedetään arviolta 80 metriä kaapelia latausasemille. Syöttökaapeliksi sopii MCMK 4x120+70 tai AMCMK 4x185+57. Sähkökeskuksesta otetaan käyttöön lähtö 02.05, joka ilmoittaa, että kentästä kaksi on otettu paikka viisi käyttöön. Sähkökeskuksen syöttösulakkeen kooksi on laskettu 50 ampeeria. Latauspisteiden läheisyyteen asennetaan välikeskus, jossa syöttökaapeli vaihdetaan pienempään poikkipinta-alan kaapeliin, jonka avulla tämä pienempi syöttökaapeli voidaan viedä latausasemalle. Välikeskuksen syöttösulakkeeksi laitetaan 40 ampeerin sulake. Latausasemaksi valitaan samoin perustein DEFA Solid, joita asennetaan seitsemän kappaletta.

Edellä mainituilta välikeskuksilta vedetään omat syöttökaapelit jokaiselle latauslaitteelle. Kaapelina voidaan käyttää MMJ 5x2,5 S. Mikäli siirrytään isompaan lataustehon käyttöön, pitää suorittaa sulakkeen isontaminen ja yhden latausaseman purku. Tässä tapauksessa sähkösyöttöön pitää vaihtaa 125

ampeerin sulake ja välikeskukseen tarvitaan 100 ampeerin sulake. Kahdelle pois jäävälle latausasemalle joudutaan vetämään oma sähkösyöttö, jos ne halutaan saada takaisin käyttöön.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET

Opinnäytetyössä on selvitetty eri vaihtoehtoja sähköautojen latauksen toteuttamiseksi keskitetyssä kunnossapidossa. Autoja tulee 14 kappaletta. Sähkönjakelu voidaan toteuttaa kahdesta eri sähkökeskuksesta, joista kummastakin vedetään seitsemälle sähköautolle latausasemat. Sähköautojen lataus toteutetaan 3,7 kilowatin latausteholla perustuen tämänhetkiseen lataustarpeeseen ja nykyisten sähkökeskusten vapaisiin lähtöihin. Sen sijaan isompi latausteho tuottaa sähkökeskuksille haasteita, sillä 11 kilowatin latausteholla saadaan asennettua vain kuuden auton latausasemat.

Opinnäytetyön raportoinnissa yhtenä haasteena on ollut kahdesta vaihtoehtoisesta latausjärjestelmästä rinnakkain kertominen. Lisäksi kohteesta olevien kuvien käyttö olisi ollut havainnollistavaa, mutta se olisi vaatinut erikoisluvan hankkimista. Opinnäytetyöstä voidaan kuitenkin ottaa mallia, kuinka sähköautojen latauspisteet toteutetaan ja millaisten laskelmien avulla latausteho määritellään oikean suuruiseksi. Laskelmilla on selvitettävä tarvittava kilowattimäärä, sulakekoot ja kaapelin mitoitus. Kaapelin mitoituksessa tarvittavien korjauskertoimien löytäminen oli alkuun haasteellista.

Täsmälliset taustatiedot kohteesta kuten esimerkiksi ajoneuvojen määrä ja tyyppi sekä sähköverkon ja laitteiston nykykunto auttavat latauspaikkojen suunnittelussa. Taustatiedot olivat pitkälti kunnossa työkokemuksen sekä muun selvittelytyön, esimerkiksi sähkökeskusten sähköpiirustusten ja -kuvien tutkimisen tuloksena. Sen sijaan toimeksiantajan puolelta ei ollut tarkkaa toivetta latausratkaisusta, mikä olisi alussa ohjannut toteutuksen suunnittelua. Opinnäytetyöprosessista opin, että toiveista kommunikointi alussa ja suunnittelun aikana on tärkeää, jotta työ etenee sujuvasti ja lopputulos vastaa haluttua.

Kehitysideana nostaisin sen, että uusiin sähkökeskuksiin varattaisiin valmiiksi tulevien sähköautojen latauksen mahdollistavat lähdöt. Tällä tavoin ennakoiden lähdöt eivät mene muuhun käyttöön. Samalla kannattaisi varmistaa se, kuinka monta sähköautoa on käytössä, miten tehokasta latausta ne vaativat ja mihin vuorokaudenaikaan käyttö ja lataus sijoittuvat. Lisäksi isommat sähköajoneuvot kuten esimerkiksi kuorma-autot kuluttavat huomattavasti enemmän sähköenergiaa ja vaativat siten tehokkaampaa latausjärjestelmää.

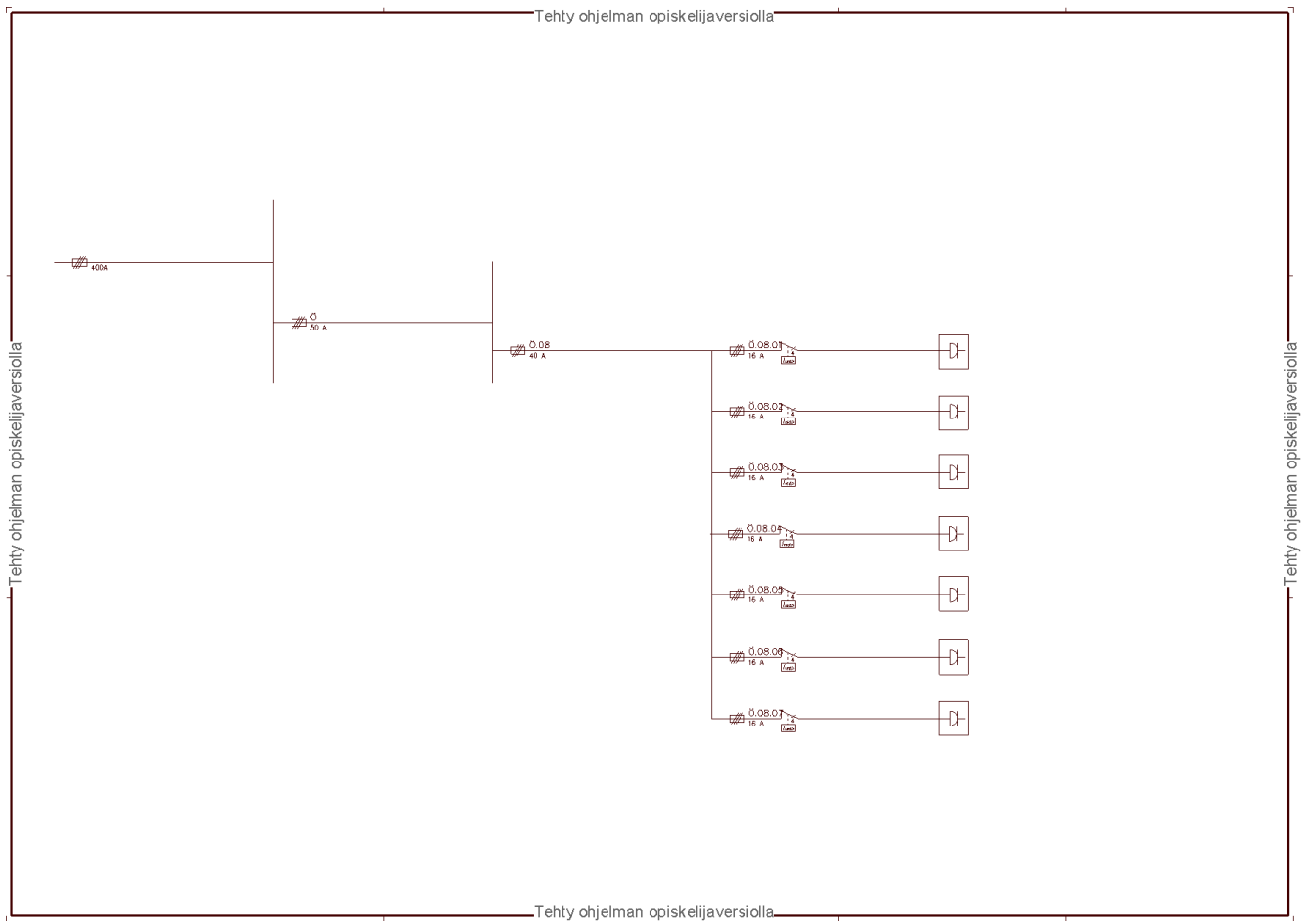
Latauspaikkoja suunniteltaessa on huomioitava sekä nykyhetken tarpeet että tulevaisuuden näkymät. Väärin mitoitettu latausjärjestelmä voi aiheuttaa sähköverkkoon enemmän yliaaltoja ja häiritä muita verkkoon kytkettyjä laitteita. Näiden vikojen etsiminen, paikallistaminen ja korjaaminen on työlästä.

Oikein mitoitettu latausjärjestelmä on myös ympäristöystävällisempi. Ennakoimalla riittävästi tulevaisuuden muutostarpeita voidaan rakentaa sekä kestäviä että kustannuksellisesti järkeviä latausjärjestelmiä.

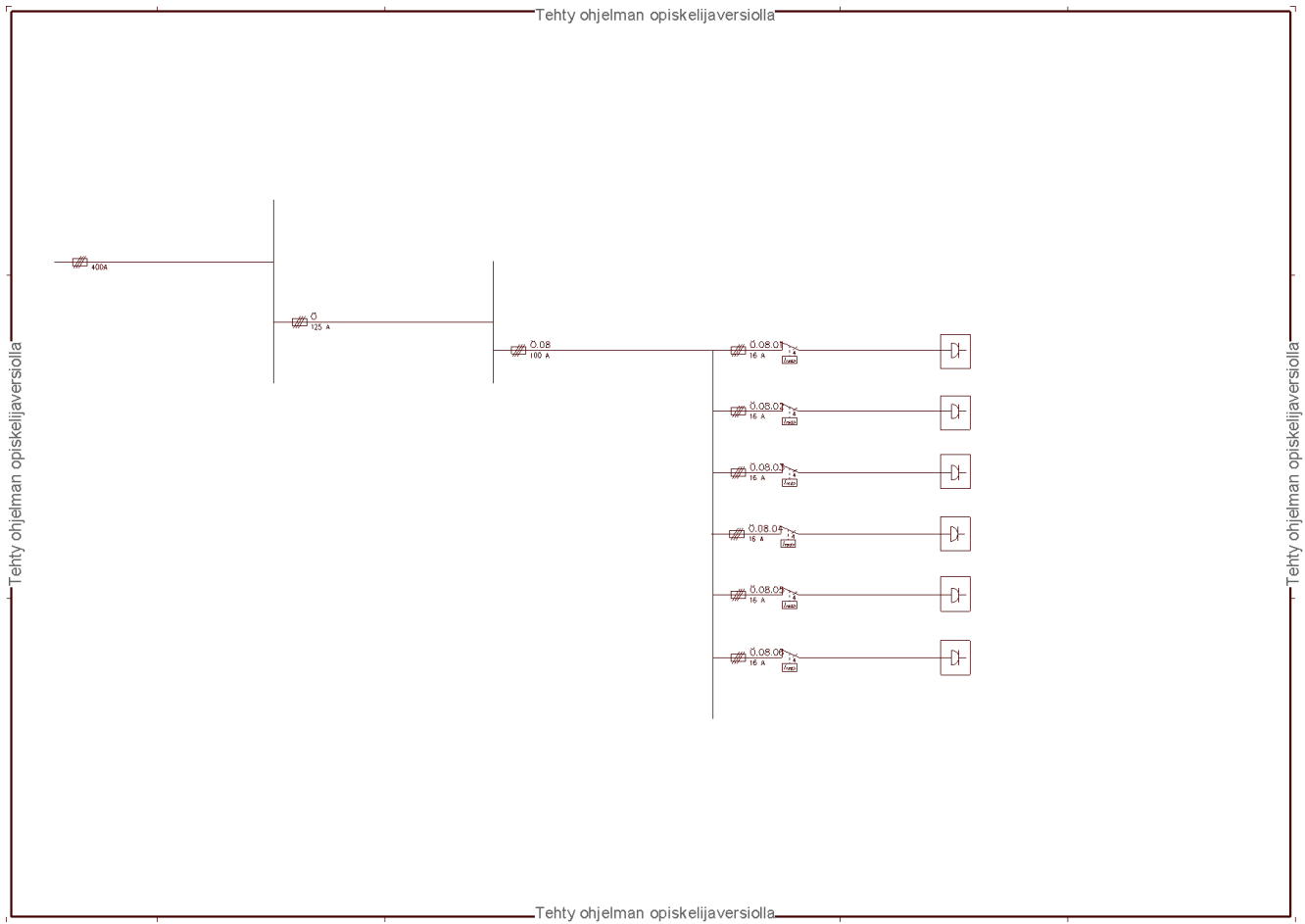
LÄHTEET

- ABB. 2000. Teknisiä tietoja ja taulukoita -käsikirja. Luku 9. Saatavissa: https://heikkilaakso.com/opetus/abb/090_0007.pdf Viitattu 17.3.2025
- Chauvin-Arnoux. 2021. Energia- ja yliaalto-opas. Saatavissa: https://chauvin-arnoux.fi/wp-content/uploads/2016/05/FI_Energia-ja-yliaalto-opas_2021.pdf Viitattu 21.3.2025
- Korpinen, L. Mikkola, M. Keikko, T. Falck, E. 2008. Yliaalto-opus. Saatavissa: <http://www.leenakorpinen.fi/archive/opukset/yliaalto-opus.pdf> Viitattu 20.3.2025
- SFS 6000. *Pienjännitesähköasennukset*. Osa 5–52: Sähkölaitteiden valinta ja asentaminen. Johtojärjestelmät. 2022. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS
- SSAB. 2023a. Asiakasesimerkkejä. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/brandit-ja-tuotteet/har-dox/asiakasesimerkkeja#sort=%40publishdate%20descending> Viitattu 30.6.2024
- SSAB. 2023b. SSAB:n Raahan tehdas. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/tuotantopaikkakunnat-suomessa/raahe> Viitattu 30.6.2024
- SSAB. 2023c. Vuosikertomus 2023 – Strategiaraportti. Saatavissa: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/sijoittajat/raportit-ja-esitykset#sort=%40customorder%20descending> Viitattu 30.6.2024
- Sähkötieto ry. 2022. Sähköajoneuvot ja latausjärjestelmät. ST-käsikirja 41. Espoo: Sähköinfo oy
- Sähkötieto ry. 2018. Ohjeita vikasuojauksesta enintään 1000 V:n TN-järjestelmässä. ST-käsikirja 53.25. Espoo: Sähköinfo Oy
- Tiainen, E. & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto. 2012. Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. 19. uus. p. Espoo: Sähköinfo
- Tiainen, E. Orrberg, M & Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto. 2020. Pienjännitesähkölaitteiston mitoitus. 2. uudistettu painos. Espoo: Sähköinfo Oy

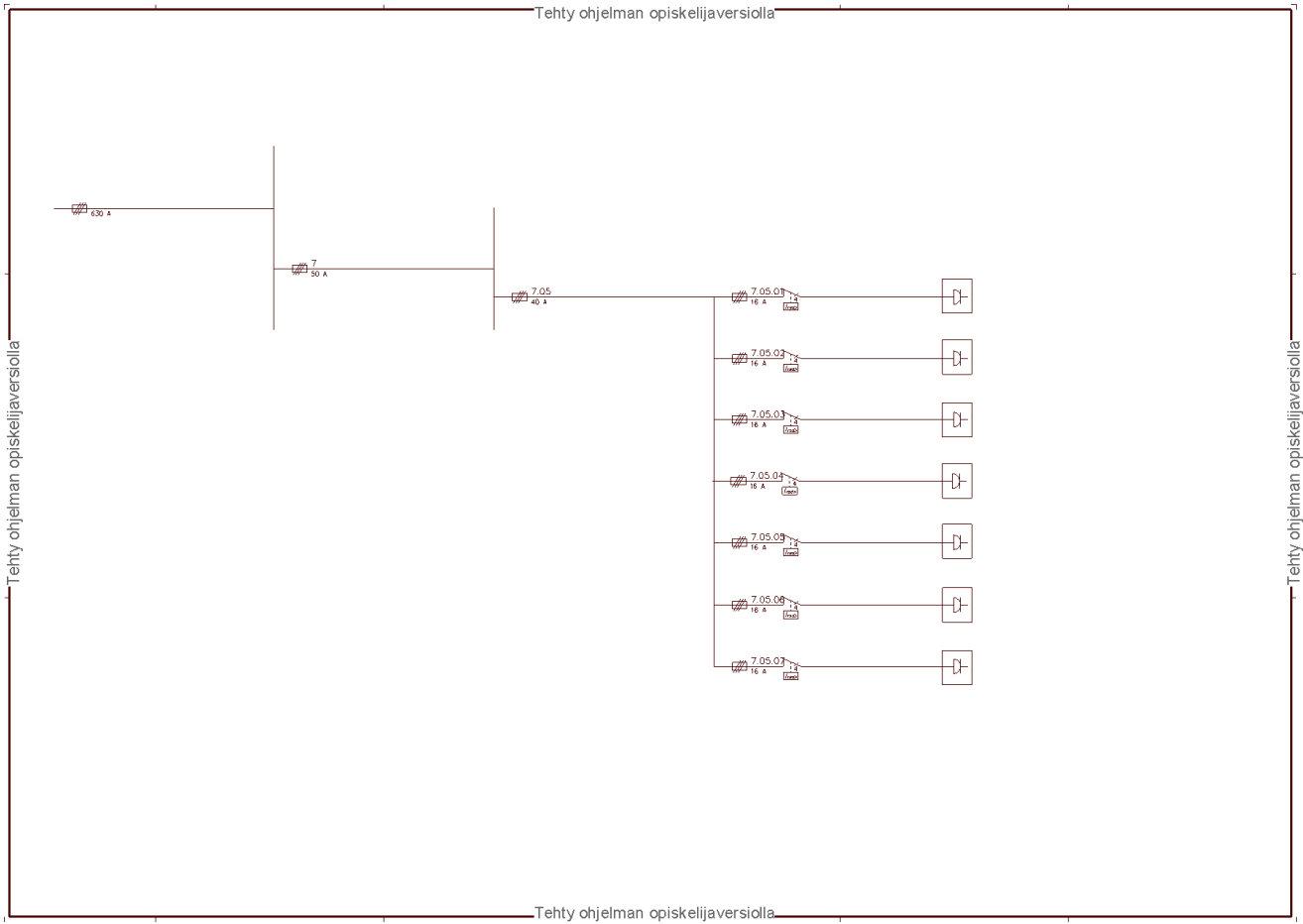
LVI-korjaamon sähkökeskuksen pääkaavio 3,7 kilowatin toteutuksella



LVI-korjaamon sähkökeskuksen pääkaavio 11 kilowatin toteutuksella



Kenttäkorjausryhmän sähkökeskuksen pääkaavio 3,7 kilowatin toteutuksella



Kenttäkorjausryhmän sähkökeskuksen pääkaavio 11 kilowatin toteutuksella

