

**Teemu Kopakkala**

## **VERKOSTOSELVITYS**

**Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkko**

**Opinnäytetyö**

**CENTRIA AMMATTIKORKEAKOULU**

**Sähkötekniikan koulutusohjelma**

**Maaliskuu 2015**

## TIIVISTELMÄ

<b>Yksikkö</b> Ylivieskan yksikkö	<b>Aika</b> Maaliskuu 2015	<b>Tekijä</b> Teemu Kopakkala
<b>Koulutusohjelma</b> Sähkötekniikka		
<b>Työn nimi</b> Verkostoselvitys. Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkko.		
<b>Työn ohjaaja</b> Jari Halme	<b>Sivumäärä</b> 66 + 19 Liitettä	
<b>Työelämäohjaaja</b> Leo Tuppurainen		
<p>Tässä työssä on tehty verkostoselvitys Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkosta. Työn tilaajaa on VR Track Oy, mutta varsinainen työn toimeksiantaja on Liikennevirasto. Työssä on suunnitelmat Liikenneviraston ja VR-Yhtymä Oy:n pienjänniteverkkojen ja laitteistojen eriyttämisestä sekä laskelmat Liikenneviraston pienjänniteverkon muutosten mitoittamisesta. Eriyttämisen yhteydessä on mitoitettu uusi pienjännite liittymä Liikenneviraston laitteistoille, koska Liikenneviraston vanha puistomuuntaja tullaan purkamaan. Työssä on myös kartoitettu laitteistojen kuntoa ja uudistamistarvetta. Työssä käsitellään myös valaistuksen loistehon kompensointia.</p>		
<b>Asiasana</b> pienjänniteverkko, laitteisto, muuntamo, ratapiha, loisteho, valonheitinmasto		

**ABSTRACT**

<b>Unit</b>	<b>Date</b>	<b>Author</b>
Ylivieska Unit	March 2015	Teemu Kopakkala
<b>Degree programme</b>		
Electrical Engineering		
<b>Name of thesis</b>		
Statement of the condition and the modifications, low-voltage network of the railway yard of Rovaniemi		
<b>Instructor</b>	<b>Pages</b>	
Jari Halme	66 + 19 Appendices	
<b>Supervisor</b>		
Leo Tuppurainen		
<p>The objective of this thesis was to carry out a survey of the low-voltage network of the railway yard of Rovaniemi. The client was VR Track Oy, but the thesis was ultimately commissioned by Liikennevirasto. This work includes plans for separating the low-voltage networks and equipment of Liikennevirasto and VR-Yhtymä Oy as well as the calculations for dimensioning the changes into the low-voltage network of Liikennevirasto. The old power transformer of Liikennevirasto will be demolished and replaced by a new low-voltage connection. This thesis included mapping out the state of the equipment and the need for new equipment as well as compensating the reactive power of lighting.</p>		
<b>Key words</b>		
low-voltage network, power transformer, reactive power compensation, flood-light masts		

**TIIVISTELMÄ**  
**ABSTRACT**  
**SISÄLLYS**

<b>1 JOHDANTO</b> .....	<b>1</b>
<b>2 TOIMIJAT</b> .....	<b>2</b>
2.1 Liikennevirasto .....	2
2.2 VR Track Oy.....	3
2.3 VR-Yhtymä Oy .....	4
<b>3 ROVANIEMEN RATAPIHA</b> .....	<b>5</b>
<b>4 RATAPIHAN SÄHKÖLAITTEISTOT</b> .....	<b>7</b>
4.1 Sähkörata .....	7
4.1.1 1500 V vaunuliitännätpisteet .....	10
4.1.2 Vaihteiden lämmitys.....	10
4.2 Pienjänniteverkko.....	11
4.3 Turvalaitteet .....	11
<b>5 JOHDON SUOJAUS JA MITOITUS</b> .....	<b>13</b>
5.1 Ylikuormitussuojaus ja oikosulkusuojaus sulakkeilla.....	18
5.2 Syötön nopea poiskytkentä.....	19
5.3 Jännitteenalenema .....	20
5.4 Selektiivisyys.....	22
<b>6 JAKELUJÄRJESTELMÄT</b> .....	<b>23</b>
6.1 TN-järjestelmät .....	23
6.2 TT-järjestelmä.....	25
6.3 IT-järjestelmä.....	26
<b>7 MAADOITUS SÄHKÖRATAYMPÄRISTÖSSÄ</b> .....	<b>27</b>
<b>8 ROVANIMEN RATAPIHAN PIENJÄNNITEVERKON NYKYTILA</b> .....	<b>29</b>
8.1 Ratapiha- ja laiturivalaistus .....	30
8.2 Valaistuksen loistehon kompensointi .....	35
8.3 Muuntamot .....	38
8.3.1 Puistomuuntajan pienjänniteverkko .....	38
8.3.2 Aseman muuntamon pienjänniteverkko .....	41

8.4 Pistorasiakeskukset .....	42
<b>9 PIENJÄNNITEVERKON MUUTOS- JA MITOITUSEHDOTUS .....</b>	<b>45</b>
9.1 Eteläpään asetinlaitteen pienjänniteverkon muutos ja mitoitus .....	45
9.1.1 Valaistuksen tehon tarve järjestelmässä .....	47
9.1.2 Kokonaisteho järjestelmässä .....	48
9.1.3 Suojalaitteiden ja kaapelien mitoitus.....	49
9.1.4 Valaistuksen loistehon kompensoinnin mitoitus .....	52
9.1.5 Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema .....	54
9.2 Pohjoispään asetinlaitteen pienjänniteverkon muutos ja mitoitus .....	55
9.2.1 Valaistuksen tehon tarve järjestelmässä .....	57
9.2.2 Kokonaisteho järjestelmässä .....	58
9.2.3 Suojalaitteiden ja kaapelien mitoitus.....	58
9.2.4 Valaistuksen loistehon kompensoinnin mitoitus .....	60
9.2.5 Oikosulkuvirrat ja jännitteenalenemat.....	61
9.3 Laiturivalaistus ja infomonitorit .....	62
<b>10 JOHTOPÄÄTÖKSET .....</b>	<b>63</b>
<b>LÄHTEET.....</b>	<b>64</b>

## **LIITTEET**

### **KUVIOT**

KUVIO 1. VR Groupin rakenne .....	4
KUVIO 2. Rovaniemen ratapihan raiteistokaavio.....	5
KUVIO 3. Ilmakuva ratapiha-alueesta.....	6
KUVIO 4. Sähköradan rakennejärjestelmät 25 kV ja 2x25 kV .....	8
KUVIO 5. Virran kulkutie 25 kV reduktiojohdinjärjestelmässä.....	8
KUVIO 6. Virran kulkutie 25 kV imumuuntaja järjestelmässä .....	9
KUVIO 7. Virran kulkutie 2x25 kV järjestelmässä .....	10
KUVIO 8. Kaksi sulaketta sarjassa.....	22
KUVIO 9. TN-S -järjestelmä.....	24
KUVIO 10. TN-C -järjestelmä .....	24
KUVIO 11. TN-C-S -järjestelmä.....	25
KUVIO 12. Metallisen valaisinpylvään maadoitus .....	28
KUVIO 13. Valonheitinmaston VHM 14 sähkökeskus.....	33

KUVIO 14. Liitäntälaitte .....	34
KUVIO 15. Liitäntälaitteen arvokilpi .....	35
KUVIO 16. Yleiskaavio puistomuuntamon pienjänniteverkosta.....	39
KUVIO 17. Puistomuuntamo .....	40
KUVIO 18. Puistomuuntamon pääkeskus.....	41
KUVIO 19. Yleiskaavio aseman muuntamon pienjänniteverkosta ratapiha.....	42
KUVIO 20. Vaununlämmityspistorasiakeskus PRK9 .....	43
KUVIO 21. Veturinlämmityspistorasiakeskus.....	44
KUVIO 22. Yleiskaavio pienjänniteverkosta muutoksen jälkeen .....	47
KUVIO 23. Yleiskaavio pienjänniteverkosta muutokseen jälkeen.....	57

## TAULUKOT

TAULUKKO 1. gG-sulakkeen pienin toimintavirta .....	16
TAULUKKO 2. Johdon kuormitettavuus .....	17
TAULUKKO 3. Johdon pienin sallittu kuormitettavuus.....	19
TAULUKKO 4. Elohopeahöyrylamppuvalaisimet valonheitinmastoissa .....	31
TAULUKKO 5. Suurpainenatriumlamppuvalaisimet valaisinpylväissä .....	31
TAULUKKO 6. Nykyinen vaiheiden kuormitus.....	50
TAULUKKO 7. Vaiheiden kuormitus muutoksen jälkeen .....	51
TAULUKKO 8. Suojaustarkastelu muutoksen jälkeen.....	52
TAULUKKO 9. Loistehon kompensoinnin mitoitus taulukko.....	53
TAULUKKO 10. Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema .....	55
TAULUKKO 11. Suojaustarkastelu muutoksen jälkeen.....	59
TAULUKKO 12. Nykyinen vaiheiden kuormitus.....	60
TAULUKKO 13. Vaiheiden kuormitus muutoksen jälkeen .....	60
TAULUKKO 14. Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema .....	62

## 1 JOHDANTO

Opinnäytetyössä tehdään verkostoselvitys Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkosta. Työn tilaaja on VR Track Oy, mutta varsinainen työn toimeksiantaja on Liikennevirasto. Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkon ja laitteistojen omistajat ovat VR-Yhtymä Oy ja Liikennevirasto.

Työn päätavoitteena on eriyttää Liikenneviraston ja VR-Yhtymän Oy:n pienjänniteverkot toisistaan ja mitoittaa Liikenneviraston laitteistoille uusi pienjänniteliitymä. Tällä hetkellä ratapiha-alueen pienjänniteverkkoa syötetään kahdesta muuntamosta. Toinen muuntamo sijaitsee asemarakennuksen kellarissa ja toinen ratapiha-alueen reunalla autonpurkupaikan vieressä.

Työssä laaditaan tarvittavat suunnitelmat ja laskelmat tulevista muutoksista pienjänniteverkossa. Jakamojen keskuskaaviot päivitetään vastaamaan todellisuutta (LIITE 3-19). Samalla arvioidaan laitteistojen kunto ja uudistamistarve.

Omistussuhteiden muututtua on tärkeää saada eroteltua Liikenneviraston ja VR-Yhtymä Oy:n laitteistot toisistaan. Tämä helpottaa kohdistamaan sähkön laskutuksen oikealle osapuolelle. Tällä hetkellä sähkön laskutukseen on molemmille osapuolille arvioidut osuudet.

Liikenneviraston omistamia laitteistoja pienjänniteverkossa ratapiha-alueella ovat ratapihavalolaistus, laiturivalaistus, infomonitorit, asetinlaitteet ja veturien kääntöpöytä. VR-Yhtymä Oy:n omistamia laitteistoja ovat pistorasiakeskukset, kompressorikeskus ja kolme valonheitinmastoja.

## 2 TOIMIJAT

Rautatiealalla on monta toimijaa. Kukin vastaa oman osa-alueen toiminnasta. Toiminta-alueita ovat liikennöinti, radanrakennus ja rataverkon hallinnointi.

### 2.1 Liikennevirasto

Liikennevirasto on asiantuntijaorganisaatio, joka vastaa liikenteestä. Liikennevirasto toimii Viestintä- ja liikenneministeriön hallinnonalalla. Liikennevirasto kehittää ja ylläpitää liikennejärjestelmää yhteistyössä toisten toimijoiden kanssa. (Liikennevirasto 2014.)

Liikennevirasto vastaa valtion rautatie- ja maantieverkosta. Liikennevirasto myös vastaa sen hallinnoimista vesiväylistä. Koko maassa Liikennevirasto valvoo ja ohjaa vesiväylien pitoa. (Liikennevirasto 2014.)

Liikennevirastolla on vastuu toteuttaa suuret maantie-, rautatie- ja vesiväyläprojektit. Liikennevirasto vastaa myös näiden hankkeiden suunnittelusta, rakentamisesta ja ylläpidosta. (Liikennevirasto 2014.)

Liikenneviraston vastuulla on huolehtia rautatieasemilla annettavasta matkustajainformaatiosta. Matkustajainformaation kuuluu juna-asemien ja laitureiden kuulutukset, opasteet ja informaationäytöt. (VR-Yhtymä Oy 2014.)

Liikennevirastoon kuuluu Rataliikennekeskus, joka valvoo rataverkon liikennettä. Rataliikennekeskuksen päätehtävä on huolehtia rataverkolla liikenteen sujuvuudesta. Pasilassa sijaitsee valtakunnallinen liikenteen ohjauksen kokonaishallinta. Kaiken kaikkiaan Suomessa on 13 aluekeskusta, joista hoidetaan liikenteen ohjausta rautateilla. (VR-Yhtymä Oy 2014.)



## 2.2 VR Track Oy

VR Track Oy on Suomen suurin radanrakentaja. VR Track Oy tarjoaa elinkaaren kattavia palveluita. Sen palvelut kattavat suunnittelun, rakentamisen ja kunnossapidon. VR Track Oy on myös hyvin suuri rautatiemateriaalien toimittaja. VR Track Oy toimii myös ulkomailla, kuten Virossa ja Ruotsissa. (VR-Yhtymä Oy 2014.)

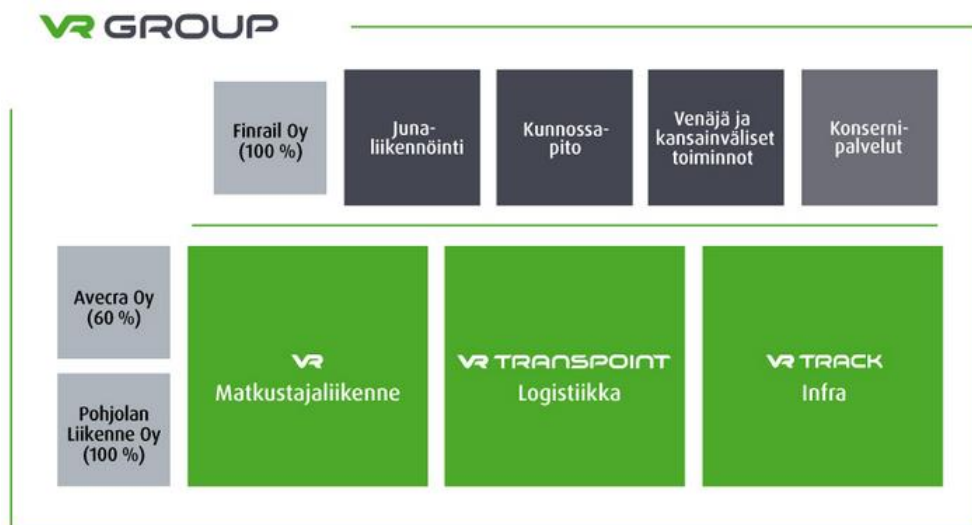
VR Track Oy:n suunnittelupalvelut kattavat rakennetekniikka-, teknologiakehitys-, mittaus-, asiantuntija- ja suunnittelupalvelut. Rakentamispalvelut sisältävät sillanrakentamista ja sillansiirtoa, sähkörakentamista, radanrakentamista ja maanrakentamista. Kunnossapitopalvelut tarjoavat sähköasemien ja -järjestelmien kunnossapitoa, ohjaus- ja turvalaitteiden kunnossapitoa, ratojen ja muiden väylien kunnossapitoa sekä määräaikaistarkastukset, viankorjaukset ja huollot. VR Track Oy:llä on myös tarjota muita palveluita, kuten radan materiaalipalvelut, ISA-palvelut ja radantarkastuspalvelut. (VR-Yhtymä Oy 2014.)

VR Trackin Oy:n asiakkaita ovat esimerkiksi kunnat, satamat ja valtio. Liikennevirasto on VR Track Oy:n suurin asiakas. (VR-Yhtymä Oy 2014.)

### 2.3 VR-Yhtymä Oy

VR Group on Suomen valtion kokonaan omistama yhtiöryhmä. Konsernin emoyhtiö on VR-Yhtymä Oy, johon kuuluu kaikkiaan 23 yhtiötä. VR Group koostuu kolmesta keskeisestä liiketoiminta-alueesta. Nämä alueet ovat VR Oy, VR Transpoint Oy ja VR Track Oy. VR huolehtii rautateillä matkustajaliikenteestä, Vr Traspoint harjoittaa logistiikkaa ja VR Track Oy on radanrakentaja. (VR-Yhtymä Oy 2014.) Kuviossa 1 on esitetty koko VR Groupin liiketoiminnan rakenne.

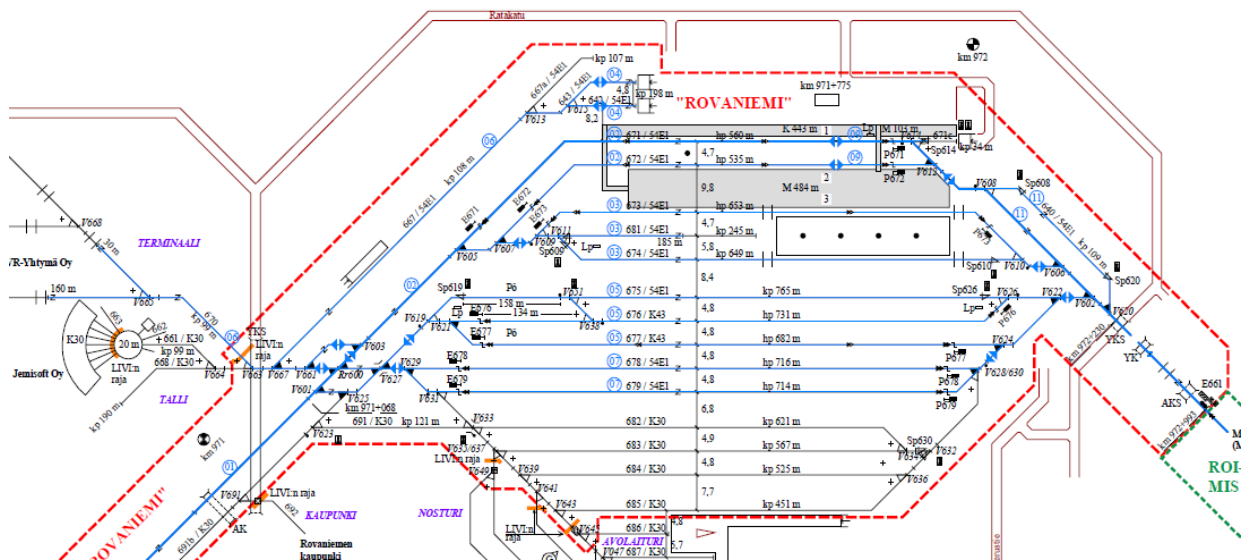
Rautateillä matkustajaliikenteestä huolehtivaan VR:ään kuuluu myös junissa ravintolapalveluja tarjoava Vecra ja linja-autoliikenteestä huolehtiva Pohjolan Liikenne. (VR-Yhtymä Oy 2014.)



KUVIO 1. VR Groupin rakenne (VR-Yhtymä Oy 2014)

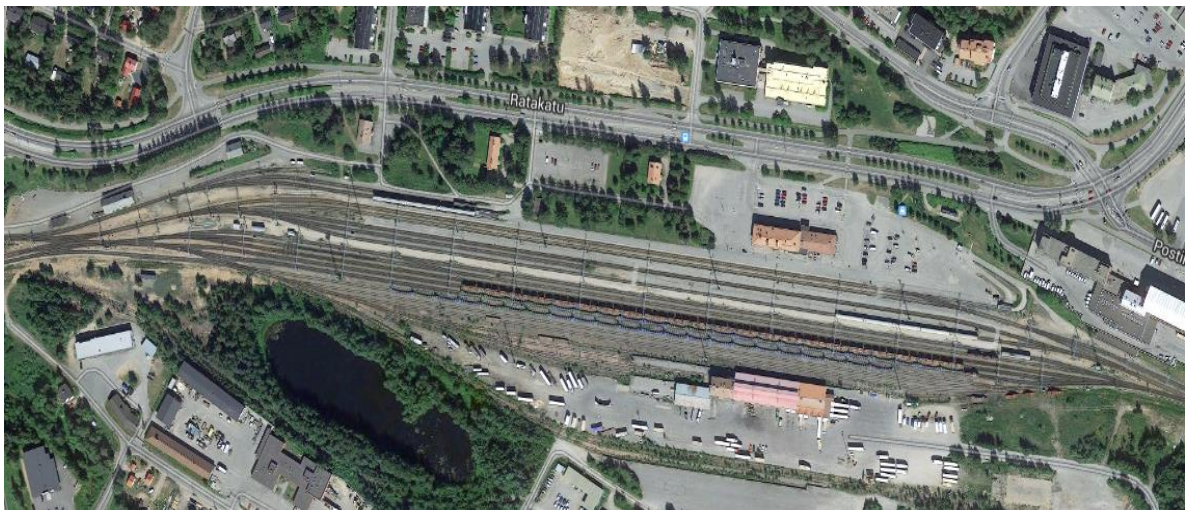
### 3 ROVANIEMEN RATAPIIHA

Rovaniemen ratapiha-alue koostuu ratapihasta ja puunlastausterminalista. Rovaniemen ratapiha on noin kilometrin pituinen ja puunlastausterminali noin 800 metriä. Rovaniemi sijaitsee rataosuudella Oulu-Kemi-Rovaniemi-Kemijärvi. Rovaniemeltä rautateitä pitkin matkaa Kemiin on 113 kilometriä ja Kemijärvelle 85 kilometriä. Rovaniemen rautatieasema sijaitsee keskustan tuntumassa. Asemalta keskustaan matkaa on runsas kilometri. Ratapihalla on kaikkiaan 23 raidetta. Kolme raidetta on puunlastausterminalissa ja loput 20 raidetta ratapihalla. Ratapihalla on yksi pääraide, ja muut raiteet ovat sivuraiteita. Pääraiteen lisäksi sivuraiteista kuusi kappaletta on junakulkuraiteita. Sivuraiteista seitsemän päättyy päätepuskimiin. Pääraide on merkitty kuvioon 2 paksummalla viivalla kuin muut raiteet. (Liikennevirasto 2013.)



KUVIO 2. Rovaniemen ratapihan raiteistokaavio (Liikennevirasto 2004)

Sähköistettyjä raiteita ratapihalla on 11 ja osittain sähköistettyjä raiteita on yksi, se päättyy päätepuskimeen. Lisäksi puunlastaustermiinalin alueella on osittain sähköistettyjä raiteita. Kuviossa 2 sähköistetyt raiteet on merkitty sinisellä värillä. Oulun ja Rovaniemen välinen sähkörata valmistui vuoden 2004 joulukuussa. Raiteiden numeroinnin näkee kuvioista 2. Raiteet 671, 672 ja 673 on tarkoitettu henkilöjunien lähtö- ja pysähdysraiteiksi. Näillä raiteilla on myös matkustajalaiturit. Raiteiden 673 ja 674 välissä sijaitsee huoltolaituri, jossa voidaan vesittää ja huoltaa junakalustoa. Välilaiturille, joka on raiteiden 672 ja 673 välissä, kulku tapahtuu raiteen 671 ylikäytävän kautta. Rovaniemen ratapihalla on myös autojen purku- ja lastausmahdollisuus. Autojen lastauspaikka sijaitsee aseman pohjoispäässä raiteen 671 jatkeena olevalla raiteella 671e. Autojen purkupaikka sijaitsee ratapihan eteläpäässä raiteilla 642 ja 643. (Liikennevirasto 2013.)



KUVIO 3. Ilmakuva ratapiha-alueesta

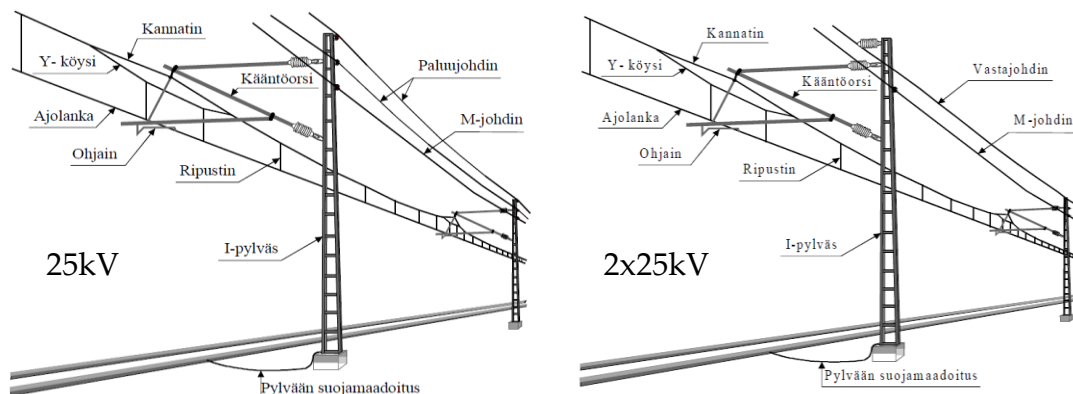
## 4 RATAPIHAN SÄHKÖLAITTEISTOT

Rovaniemen ratapihalla on käytössä kolme eri jännitettä, jotka ovat 25 kV, 1500 V ja 400/230 V. Sähköradassa käytetään 25 kV jännitettä, jonka avulla myös vaihteet lämmitetään. 1500 V jännitettä käytetään seisovan vaunukaluston lämmitykseen ja muihin seisovan vaunuston sähköntarpeisiin. Normaalina pienjänniteverkon 400/230 V jännitettä käytetään ratapihalla valaistuksen, asetinlaitteen, pistorasiakeskuksien ja rakennusten sähköistykseen. 400 V käytetään myös vanhemman vaunukaluston seisontalämmitykseen ja dieselvetureiden ja -työkoneiden seisontalämmitykseen.

### 4.1 Sähkörata

Suomessa sähköradalla on käytössä kaksi sähköistysjärjestelmää, jotka ovat 25 kV ja 2x25 kV (Sähkörataohjeet 2009, 5). Enimmäkseen Suomessa on käytössä 25 kV sähköistysjärjestelmä. Sähköradan tarvitsema sähköenergia otetaan kantaverkon 110 kV jännitteestä syöttöasemien kautta. Sähköradassa virta syötetään ajojohtimen ja ratakiskon väliin. Ratakisko toimii paluuvirtajohtimena. (Ratatekniset määräykset ja ohjeet 2005, 14.)

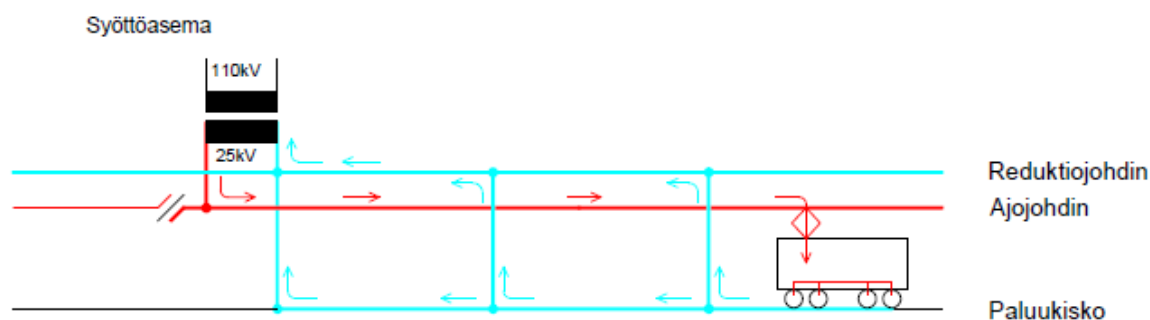
Sähkörata koostuu ratajohdon johtimista ja niiden kannatusrakenteista, kuten portaaleista, pylväistä ja kääntöorsista. Sähköradalla on myös syöttöasemia, välilytkinasemia, imumuuntajia ja säästömuuntajia. Kuviossa 4 on esitetty sähköradan rakennejärjestelmät 25 kV ja 2x25 kV. (Sähkörataohjeet 2009, 5.)



KUVIO 4. Sähköradan rakennejärjestelmät 25 kV ja 2x25 kV (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 2013, 33-34)

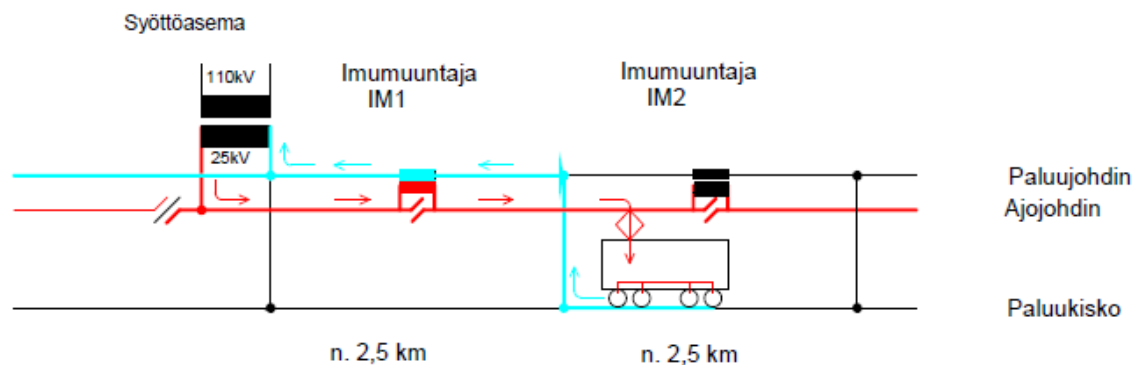
25 kV järjestelmässä ajojohtimeen syötetään yksi vaihejännite, joka on suuruudeltaan 25 kV 50 Hz. Järjestelmässä virta menee ajolangasta vetokaluston virroitimen kautta vetokaluston muuntajan ensiokäämin kautta pyörille ja edelleen ratakiskoon. Ratakiskosta paluuvirta vedetään paluujohtimeen imumuuntajien avulla ja johdetaan takaisin syöttöasemalle. (Ratatekniset määräykset ja ohjeet 2005, 14.)

25 kV järjestelmässä, jossa ei ole imumuuntajia käytetään reduktiojohdinta. Reduktiojohdin on kytketty paluukiskojen rinnalle, joka pienentää maan kautta palaavaa virtaa. Reduktiojohdin kytketään tavallisesti paluukiskoon 300 - 500 m välein. (Sähkörataohjeet 2009, 6.)



KUVIO 5. Virran kulkutie 25 kV reduktiojohdinjärjestelmässä (Sähkörataohjeet 2009)

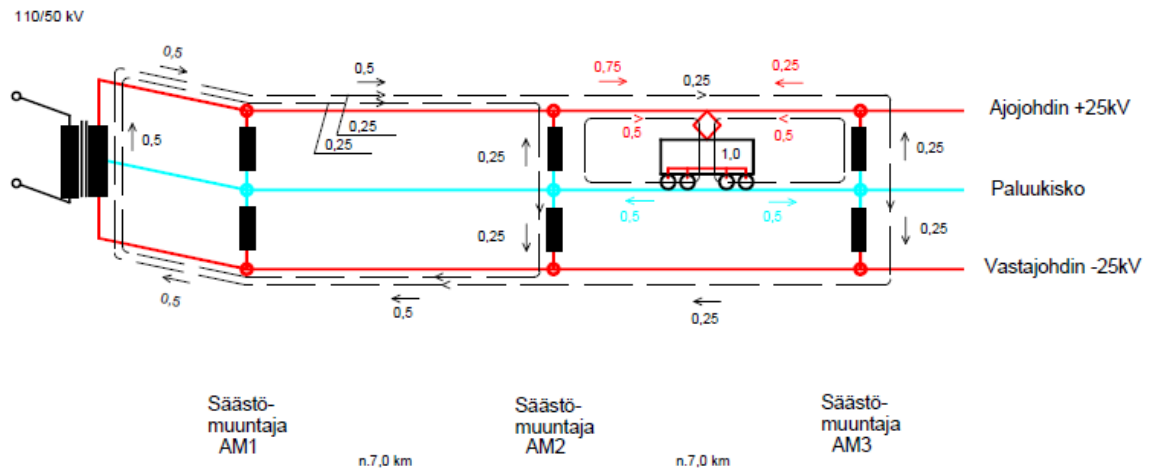
Imumuuntaja toimii kuten virtamuuntaja, jonka muuntosuhde on 1:1. Virtamuuntajan ensiö on kytketty sarjaan ajojohtimen kanssa ja toisio paluujohtimen kanssa. Imumuuntajia on asetettu sähköradalle tasaisin välein. Suurin sallittu välimatka imumuuntajien välillä saa olla 2,6 km, mutta joissain tapauksissa välimatka voi olla pitempi. Paluuvirta pakotetaan kulkemaan paluujohtimeen kiskoliitäntäpisteestä imumuuntajan avulla. Näin paluuvirta kulkee korkeintaan puolet imumuuntajavälistä paluukiskossa. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 2013, 21.)



KUVIO 6. Virran kulkutie 25 kV imumuuntaja järjestelmässä (Sähkörataohjeet 2009)

2x25 kV järjestelmässä ajojohtimeen syötetään myös 25 kV 50 Hz yksivaihejännite ja lisäksi vastajohtimeen syötetään -25 kV 50 Hz yksivaihejännite. 2x25 kV järjestelmässä virta kulkee kuten 25 kV järjestelmässä, mutta paluuvirta vedetään vastajohtimeen säästömuuntajan avulla. (Ratatekniset määräykset ja ohjeet 2005, 14.)

Tässä järjestelmässä 50 kV syöttömuuntajan toisiokäämi on kytketty vastajohtimen ja ajojohtimen väliin. Toision keskipiste kytketään paluukiskoon. Tässä järjestelmässä teho siirretään 50 kV jännitteellä, jonka ansiosta tehonsiirtokyky on paljon parempi kuin 25 kV järjestelmässä. Sähkörataan asennetaan ajojohtimen ja vastajohtimen väliin säästömuuntajia, joiden välimatka saa olla enintään 7 km. Säästömuuntajan keskipiste kytketään paluukiskoon. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 2013, 22.)



KUVIO 7. Virran kulkutie 2x25 kV järjestelmässä (Sähkörataohjeet 2009)

#### 4.1.1 1500 V vaunuliitännät

Ratapihoilla on useita 1500 V vaunuliitännät liikennepaikasta ja sen koosta riippuen. Liitännät käytetään vaunukaluston seisontalämmitykseen. 1500 V jännite tuotetaan ratapihalla olevalla muuntoasemalla. Tarvittava 1500 V jännite tuotetaan yksivaihemuuntajalla ajojohtimen 25 kV jännitteestä. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5 2013, 16.)

#### 4.1.2 Vaihteiden lämmitys

Vaihteenlämmityksen sähköenergia otetaan sähköradasta. Sähköratapylväeseen on sijoitettu vaihteenlämmitysmuuntaja, jonka kautta sähköenergia otetaan. Muuntajalla sähköradan 25 kV jännite muutetaan 400 V tai 400 V / 347 V / 283 V. 400 V jännitettä käytetään vaihteiden lämmitykseen, kun käytetään puolijohteisiin perustuvia säätöjärjestelmiä. 400 V / 347 V / 283 V jännitteitä käytetään vaihteiden lämmitykseen, kun käytetään jännitevalintasäätöön perustuvia säätöjärjestelmiä. (Vaihteenlämmityksen tekniset määreet 2006, 20.) Tyypillisesti yhden vaihteen



lämmitysteho on 6-32,2 kW riippuen vaihdetyypistä (Vaihteenlämmityksen tekniset määreet 2006, 28).

## 4.2 Pienjänniteverkko

Tällä hetkellä Rovaniemen ratapihalla on kaksi toisistaan erillään olevaa pienjänniteverkkoa. Toinen verkoista saa syötön asemarakennuksen kellarissa olevasta muuntamosta ja toinen verkko ratapiha-alueen reunalla autonpurkupaikan vieressä olevasta puistomuuntamosta.

Muuntamojen keskijänniteliittymät toimittaa Rovaniemen Energia Oy. Puistomuuntamon omistaa Liikennevirasto ja aseman muuntamon VR-Yhtymä Oy. Tällä hetkellä verkot on kaapeloitu siten, että toisen muuntamon vikaantuessa voidaan varayhteyden kautta syöttää toista verkkoa.

Ratapihalla pienjänniteverkkoja käytetään rakennusten, ratapiha- ja laiturivalaistuksen, asetinlaitteiden, pistorasiakeskuksien ja kompressorikeskuksen sähköistykseen. Voidaan sanoa, että toinen verkko on eteläpäässä ja toinen pohjoispäässä ratapihaa. Lisäksi ratapihalla on kaksi asetinlaitetta. Ratapihan eteläpäässä oleva asetinlaite saa sähkönsä puistomuuntajasta ja pohjoispään asetinlaitteella on oma pienjänniteliittymä.

## 4.3 Turvalaitteet

Turvalaitteisiin kuuluvat suojausjärjestelmät, varoituslaitokset, asetinlaitteet, junien kauko-ohjaus, junien kulunvalvonta ja laskumäkijärjestelmät. Turvalaitteet takaavat junien turvallisen liikennöinnin rataverkolla ja ne muodostavat radan liikenteenvälityksen kapasiteetin. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6 2014, 55.) Tur-

valaitejärjestelmä rakentuu radanvarteen asetetusta ilmais- ja ohjauslaitteista, veturissa olevista kulunvalvontalaitteista sekä asetinlaitteesta, joka sisältää turvalaitelogiikan (Järvinen 2012, 10).

Asetinlaite on järjestelmä, jolla muodostetaan ja varmistetaan radalla liikkuvalla kalustolle kulkutie. Kulkutiellä tarkoitetaan turvattua reittiä kulkutien alku- ja päätepisteen välille. Kulkutiehen kuuluvat sillä olevat vaihteet, pysäytyslaitteet, opastimet ja raideosuudet. (Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6 2014, 11;14.)

Suomessa on käytössä hyvin erilaisia ja eri tekniikalla toteutettuja asetinlaitteita. Toimintaperiaatteiltaan asetinlaitteet voidaan jakaa ryhmien tai modulien perusteella rakennettuihin asetinlaitteisiin tai vapaakytkentäisiin asetinlaitteisiin. Molempia asetinlaitetyyppejä on toteutettu sekä tietokonepohjaisena että releasetinlaitteina. (Järvinen 2012, 16.)

Vapaakytkentäisessä releasetinlaitteessa kaikki kytkennät on toteutettu yksittäisten releiden avulla. Turvalogiikoilla ja tietokoneasetinlaitteissa toiminnallisuus on ohjelmallisesti toteutettu. Releryhmäasetinlaitteissa toiminnot on toteutettu rele-ryhmillä. (Järvinen 2012, 17-19.)

## 5 JOHDON SUOJAUS JA MITOITUS

Johdon mitoituksella tarkoitetaan johdon kuormitettavuutta. Johdon suojauksella tarkoitetaan johdon suojausta oikosulkujen ja ylikuormituksen vaikutuksilta. Ylivirtasuojien ja johdon mitoituksessa on myös tärkeää, että niitä koskevat vaatimukset täyttyvät. Mitoituksessa tulee selvittää äärijohtimien, nollajohtimen, suojaajohtimen ja potentiaalintasausjohtimien poikkipinnat, syötön automaattisen poiskytkennän ehdot, oikosulkusuojauksen toiminta, jännitteenalenema, mitoitusarvot ja suojalaitteiden selektiivisyys. On hyvin tärkeää, että johdon valinnassa tekniset minimivaatimukset täyttyvät ja johdon mitoitus on myös kokonaistaloudellisesti mahdollisimman optimaalinen. Vaikuttavia asioita kokonaistaloudellisuuteen ovat asennuskustannukset, hankintakustannukset, häviökustannukset ja kunnossapitokustannukset. On myös tärkeää miettiä, kun valitsee johtoa, että se kuuluu normaalisti valmistettaviin malleihin. (Tiainen 2008, 139-140.)

Jotta asennus voidaan suunnitella luotettavaksi ja taloudelliseksi, on sähköliittymän suurimman kuormituksen määrittäminen tärkeää. Suurinta kuormitusta määritettäessä voidaan ottaa huomioon asennuksen tai sen osan osakuormitusten eriaikaisuus eli tasaus. Sähköliittymän mitoituksessa on myös otettava huomioon sähkösaannin varmuus, muutostarpeet ja tulevaisuuden sähkötehon tarpeet, mutta toisaalta taloudellisesti ei ole järkevää tarpeeton liittymän ylimitoittaminen. (SFS 6000 2012, 68; Tiainen 2008, 140.)

Virtapiirissä ylikuormitusvirralla tarkoitetaan ylivirtaa, joka esiintyy muulloin kuin vian aikana. Ylivirta tarkoittaa mitä tahansa suurempaa virtaa mitoitusvirtaan verrattuna. Ylikuormitussuojalla tulee suojata jokainen virtapiiri siten, että ylikuormitusvirta katkaistaan, ennen kuin lämpötila nousee niin, että jatkokset, liitokset, eristys tai johtimen ympäristö vaurioituu. Ylikuormitussuojana käytetään

normaalisti johdonsuojakatkaisijoita, sulakkeita tai katkaisijoita. SFS 6000:n mukaan ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen on täytettävä seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (1)$$

$$I_2 \leq 1,45 \cdot I_z \quad (2)$$

missä

$I_B$  = virtapiirin mitoitusvirta

$I_z$  = johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  = suojalaitteen nimellisvirta

$I_2$  = virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä toiminta-ajassa

(Tiainen 2008, 140-141.)

Virtapiirissä oikosululla tarkoitetaan vikaa normaalitilanteessa eri potentiaalissa olevien jännitteisten osien välillä. Vika on hyvin pieni-impedanssinen. Ylikuormitusvirtaan verrattuna oikosulkuvirta on huomattavasti isompi. Suojalaitteiden täytyy toimia oikosulkuutilanteessa huomattavasti nopeammin kuin ylikuormitustilanteessa. Oikosulkusuojana ja ylikuormitussuojana voi toimia sama suojalaite, mutta ne voivat olla myös erilliset laitteet. Oikosulkusuoja on aina asennettava syöttävän kaapelin alkupäähän. Oikosulkusuoja on asennettava jokaiseen virtapiiriin. Oikosulkusuojan on katkaistava oikosulkuvirta ennen kuin se aiheuttaa liitoksissa ja johtimissa lämpö- ja mekaanisista vaikutuksista johtuvaa vaaraa. (Tiainen 2008, 158.)

Oikosulkuvirta voidaan mitata tai laskea. IEC 909-standardissa on esitelty oikosulkuvirran laskentamenetelmät. Laskentaan voi myös käyttää siihen soveltuvia laskentaohjelmia, joilla voidaan määrittää oikosulkuvirta suhteellisen tarkasti.

Käytännössä laskentaan voidaan tehdä joitain yksinkertaistuksia. Laskenta voidaan suorittaa kaavalla (3):

$$I_k = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot Z) \quad (3)$$

missä

$I_k$  = pienin yksivaiheinen oikosulkuvirta (A)

$c = 0,95$  (kerroin, joka ottaa huomioon jännitteenaleneman liittimissä, sulakkeissa, kytkimissä, johdoissa jne.)

$U$  = pääjännite (V)

$Z$  = virtapiirin kokonaisimpedanssi, joka muodostuu muuntajan jälkeisten johtimien impedanssista, muuntajan impedanssista ja muuntajaa edeltävän verkon impedanssista.

Tätä kaavaa käytettäessä tulokseen voi tulla virhettä enintään noin 10 %. Virheet tapahtuvat aina turvallisempaan suuntaan. Tästä syystä kaavaa voidaan käyttää laskentaan, koska laskettu oikosulkuvirta on pienempi kuin todellisuudessa. (Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 94-95.)

Taulukossa 1 on esitetty gG-sulakkeelle pienimmät vaaditut toimintarajavirrat ja vaaditut mitatut arvot, kun vaaditut poiskytkentäajat ovat 0,4 s ja 5 s. Mitatut oikosulkuvirrat on oltava 25 % suurempia kuin suojalaitteiden toimintarajavirrat, koska oikosulun aikainen lämpötila on suurempi kuin mittauslämpötila. (Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 92.)

TAULUKKO 1. gG-sulakkeen pienin toimintavirta (Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 94)

Nimellisvirta [A]	gG-sulake 0,4 s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A]	gG-sulake 5,0 s [A]	Vaadittu mitattu arvo [A]
2	16	20	9	11,3
4	32	40	18	22,5
6	46,5	58,2	28	35
10	82	102,5	46,5	58,2
16	110	137,5	65	81,3
20	145	181,3	85	106,3
25	180	225	110	137,5
32	270	337,5	150	187,5
35			165	206,3
40			190	237,5
50			250	312,5
63			320	400
80			425	531,3
100			580	725

Johtimen poikkipinnan virtapiirissä määrää ensisijaisesti kuormitusvirta ja sen aiheuttama johtimen lämpeneminen. Kuormitettavuus määritellään johdon suurimman sallitun lämpötilan mukaan. Lämpötilaa, joka on jatkuvasti sallittu johtimelle, ei saa ylittää. Ylilämpö voi aiheuttaa tulipalon tai kiihdyttää eristeiden vanhentumista ja lyhentää johdon käyttöikä. Johdon kuormitettavuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat myös eristemateriaali, johdinmateriaali, asennustapa, ympäristön lämpötila ja muiden virtapiirien läheisyys. Suomessa ympäristönlämpötilojen perusarvoina käytetään ilman lämpöä +25 °C, maan lämpöä +15 °C ja maan lämpöresistiivisyyttä 1,0 Km/W. Näillä arvoilla ei tarvitse käyttää korjauskertoimia johtimen kuormitettavuuden määrittämiseen. Mikäli arvot poikkeavat perusarvoista tai johdon lähistöllä on muita johtoja, jotka heikentävät kuormitettavuutta, tulee nämä asiat ottaa huomioon johdon mitoituksessa. Tarvittavat korjauskertoimet eri tilanteissa on esitetty SFS 6000-standardissa. (Tiainen 2008, 149, 152.)

Useimmissa tapauksissa tarkka johdon mitoitus ei ole perusteltua, joten useimmissa mitoitustehtävissä voidaan käyttää taulukon 2 mukaisia kuormitettavuusarvoja. (Tiainen 2008, 150.)

TAULUKKO 2. Johdon kuormitettavuus (A). Asennustapa A: uppoasennus, asennustapa C: pinta-asennus, asennustapa D: maa-asennus ja asennustapa E: vapaa ilma-asennus. (Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 217)

Johtimen nimellis- poikkipinta mm <sup>2</sup>	SFS 6000:n mukaiset asennustavat			
	A	C	D	E
Kupari				
1,5	14	18,5	26	19
2,5	19	25	35	26
4	24	34	46	36
6	31	43	57	45
10	41	60	77	63
16	55	80	100	85
25	72	102	130	107
35	88	126	160	134
50	105	153	190	162
70	133	195	240	208
95	159	236	285	252
120	182	274	325	292
150	208	317	370	338
185	236	361	420	386
Alumiini				
16	43	62	78	65
25	56	77	100	83
35	69	95	125	102
50	83	117	150	124
70	104	148	185	159
95	125	180	220	194
120	143	209	255	224
150	164	240	280	260
185	187	274	330	297

## 5.1 Ylikuormitussuojaus ja oikosulkusuojaus sulakkeilla

Ylikuormitussuojana sulake on perinteinen suojalaite, jota on käytetty yleisimpänä suojalaitteena sähköasennusten suojauksessa aina 1990-luvulle saakka. Sulake on edelleen hyvin käyttökelpoinen ja käytetty suojalaite sen monien hyvien ominaisuuksien takia. Nykyään monissa kohteissa johdinsuojakatkaisija on syrjäyttänyt sulakkeen. Sulake voi toimia sekä ylikuormitussuojana että oikosulkusuojana tai pelkästään oikosulkusuojana. Kahvasulake ja tulppasulake ovat yleisimmät sulakerakenteet. (Tiainen 2008, 145.)

Sulakkeessa on kirjainmerkintöjä, joilla kuvataan sulakkeen käyttöluokka ja katkaisualuetta. Katkaisualuetta kuvataan kirjaimella g tai a. Kirjain on merkitty sulakkeeseen ensimmäisenä. Kirjaimella g merkityn sulakkeen katkaisukyky käsittää koko virta-alueen. Kirjaimella a merkityn sulakkeen katkaisukyky käsittää tietyn osa-alueen. Toinen kirjain sulakkeessa kertoo käyttöluokan. Se määrittelee tarkasti virta-aika-ominaisuudet. Yleiskäyttöön tarkoitettua sulaketta merkitään kirjaimilla gG. Moottoripiirin sulaketta merkitään kirjaimilla gM tai aM. (Tiainen 2008, 159.)

Tulppasulakkeita ja kahvasulakkeita voidaan käyttää sekä oikosulkusuojana että ylikuormitussuojana. Katkaisukyky rajoittaa tulppasulakkeen käyttöä oikosulkusuojana. Standardin mukaan 500 V tulppasulakkeiden katkaisukyky on 20 kA. Kahvasulakkeilla on hyvät katkaisuominaisuudet ja ne soveltuvatkin erittäin hyvin oikosulkusuojuiksi. Katkaisukyky kahvasulakkeilla on vähintään 50 kA. Katkaisukyky voi olla suurempikin mikäli valmistaja niin ilmoittaa. Useilla kahvasulakkeilla katkaisukyky on 100 kA. (Tiainen 2008, 159-160.)



TAULUKKO 3. Johdon pienin sallittu kuormitettavuus käytettäessä gG-sulakkeita ylikuormitussuojana (Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 134)

gG tyyppisen sulakkeen suurin sallittu nimellisvirta A	Johdon sallittu kuormitus vähintään A
6	8
10	13,5
16	18
20	22
25	28
32	35
35	39
40	44
50	55
63	70
80	88
100	110
125	138
160	177
200	221
250	276

## 5.2 Syötön nopea poiskytkentä

Yleisin käytetty vikasuojausmenetelmä on syötön automaattinen poiskytkentä. Se perustuu suojalaitteeseen ja suljettuun vikavirtapiiriin. Suojalaite tulee valita siten, että vian sattuessa kosketusjännite kytkeytyy pois ennen kuin se aiheuttaa vaaraa. Suojalaitteen tulee toimia joko 0,4 sekunnissa tai 5 sekunnissa. Jos ryhmäjohdon ylivirtasuojaa on enintään 31 A, tulee suojalaitteen toimia 0,4 sekunnissa. Jos ryhmä- tai pääjohdon ylivirtasuojaa on yli 32 A, hyväksytään suojalaitteelle 5 sekunnin poiskytkentä aika. (Tiainen 2008, 164; Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1 2013, 92.)

### 5.3 Jännitteenalenema

Jännitteenalenemalla tarkoitetaan liittymispisteen ja kuormituspisteen välistä jännitehäviötä. Jännitteenalenema ilmaistaan yleensä prosentteina. Jännitteenalenema pienjänniteasennuksissa, jotka on syötetty yleisestä jakeluverkosta, ei pitäisi olla suurempi kuin 3-5 prosenttia. Valaistuksessa suositellaan, että jännitteenalenema ei olisi suurempi kuin kolme prosenttia ja muussa käytössä ei yli viittä prosenttia. Jos asennuksen pääjohdot ovat pitempiä kuin 100 metriä, voidaan jännitteenalenemaa kasvattaa 0,005 prosenttia metriä kohden, jotka ylittävät 100 metriä. Lisäys ei saa kuitenkaan olla yli 0,5 prosenttia. (SFS 6000 2012, 262.)

Jännitteenalenema voidaan laskea kaavalla (4):

$$u = b\left(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi\right) I_B \quad (4)$$

missä

$u$  = jännitteenalenema (V)

$b$  = kerroin, joka on 1 kolmivaiheisille ja 2 yksivaiheisille piireille

$\rho_1$  = johdinmateriaalin resistiivisyys normaalikäytössä. Kuparille 0,0225  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$  ja alumiinille 0,036  $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$

$L$  = johtimen pituus (m)

$S$  = johtimen poikkipinta-ala ( $\text{mm}^2$ )

$\lambda$  = johtimen reaktanssi johtimen pituusyksikköä kohden. Jos ei tiedossa tarkkaa arvoa, voidaan käyttää 0,08  $\text{m}\Omega/\text{m}$

$I_B$  = suunniteltu virta (A)

Jännitteenalenema prosentteina voidaan laskea kaavalla (5):

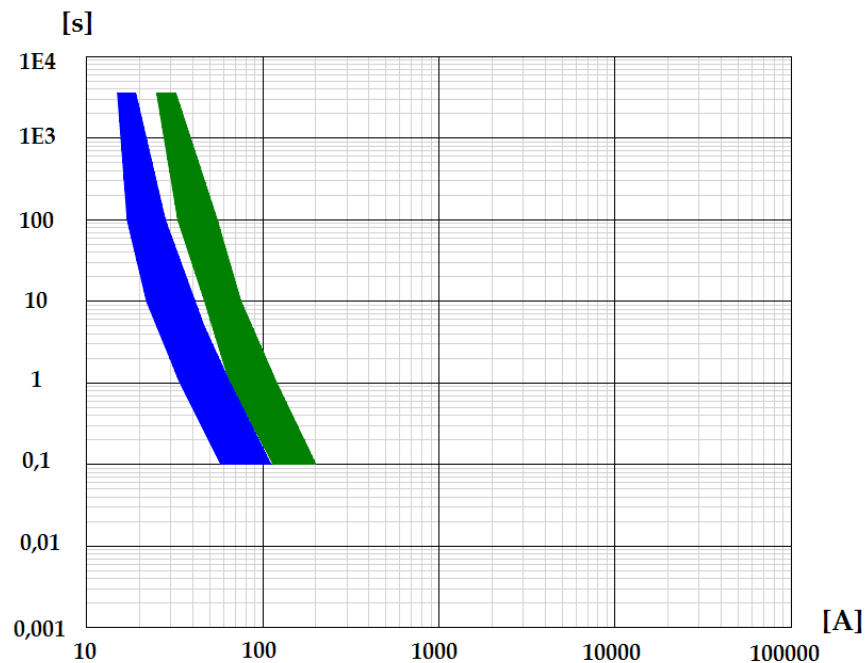
$$\Delta u = 100\% \frac{u}{U_0} \quad (5)$$

$U_0$  = vaiheen ja nollan välinen jännite (V)

(SFS 6000 2012, 263.)

## 5.4 Selektiivisyys

Suojalaitteiden selektiivisyydellä tarkoitetaan niiden toimintaa varsinaisella suojausalueella tapahtuvissa ylikuormitus- tai oikosulkuilanteissa. Eri suojalaitteiden selektiivisyys tarkistetaan vertailemalla niiden ominaiskäyriä. Selektiivisyys suojalaitteiden välillä saavutetaan, jos niiden ominaiskäyrät eivät leikkaa kuvion 8 mukaisesti. Jälkimmäisen suojalaitteen ominaiskäyrä tulee olla edellisen suojalaitteen ominaiskäyrän yläpuolella. Suojalaitteiden vertailussa tulee käyttää jälkimmäisen suojalaitteen ylintä toimintakäyrää ja seuraavan suojalaitteen alinta toimintakäyrää. Mitoitukseen tarvittavat ominaiskäyrät saadaan suojalaitteen valmistajalta. Aina ei ole tarpeellista saavuttaa täydellistä selektiivisyyttä, koska se voi johtaa kohtuuttomaan ylimitoitukseen. (Tiainen 2008, 166.)



KUVIO 8. Kaksi sulaketta sarjassa

## 6 JAKELUJÄRJESTELMÄT

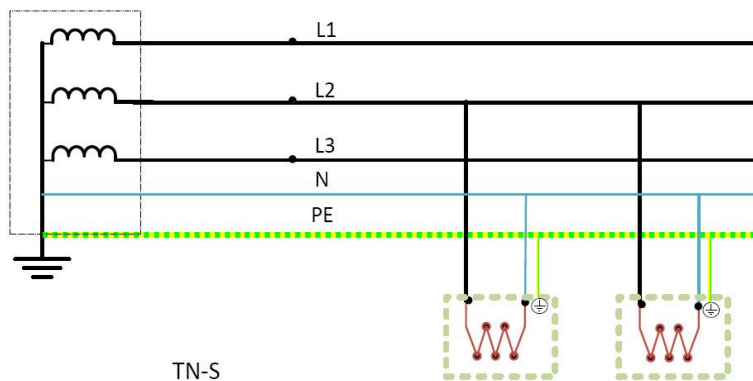
Jakelujärjestelmät voidaan luokitella jännitteisten johtimien lukumäärän ja maadoitusjohtimen tyyppin avulla. Järjestelmien ominaisuuksiin kuuluvat seuraavat tiedot: jännitelaji (vaihtosähkö vai tasasähkö), nimellistaajuus vaihtojännitteellä, äärijohtimien lukumäärä ja tunnus (L1, L2 ja L3), nimellisjännitteet tai jännite, suojajohdin (PE, PEN-johdin, nollajohdin N, keskipistejohdin M) ja maadoitustapa järjestelmässä (TN-S, TN-C, IT, TT). (Tiainen D1 2012, 62.)

Pienjänniteverkkoa suunniteltaessa pitää tietää syöttävän järjestelmän soveltuvuus tarkoitettuun käyttöön ja oikosulkuvirta syöttöpisteessä. Jakeluverkkoyhtiöltä saa tarvittavat tiedot. (Tiainen D1 2012, 62.)

### 6.1 TN-järjestelmät

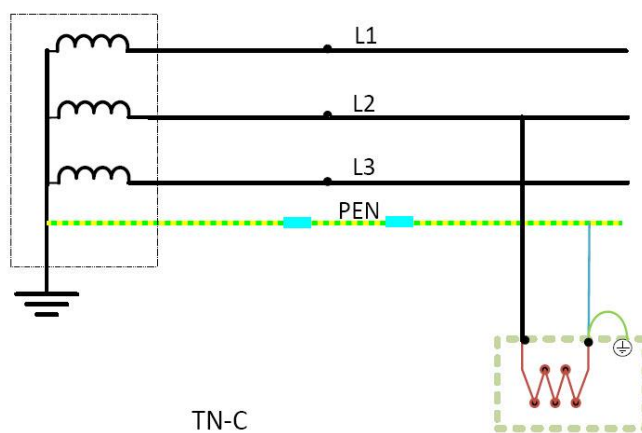
TN -järjestelmässä on suoraan maadoitettu virtapiirin yksi piste. Sähkölaitteiden ja -laitteistojen osat, jotka ovat jännitteelle alttiita, ovat yhdistetty tähän pisteeseen suojajohtimen avulla. Kolmivaihejärjestelmässä tähtipiste on tavallisesti maadoitettu. Tähän järjestelmään kuuluvat TN-C ja TN-S -järjestelmät ja niiden yhdistelmä TN-C-S -järjestelmä. (Tiainen D1 2012, 63.)

TN-S -järjestelmässä käytetään erillistä suojajohdinta ja nollajohdinta koko järjestelmässä. Yleisesti TN-S -järjestelmän sähköasennuksissa käytetään nollajohdinta. Moottorikäyttöissä teollisuudessa ja yliaallottomissa kuormissa ja muissa symmetrisissä kuormissa nollajohdin on usein tarpeeton eikä sitä käytetä. Kolmivaihejärjestelmässä on tavallisesti viisi johdinta (3L+N+PE) tai neljä johdinta (3L+PE). Yksivaihejärjestelmässä on tavallisesti kolme johdinta (L+N+PE). (Tiainen D1 2012, 63.)



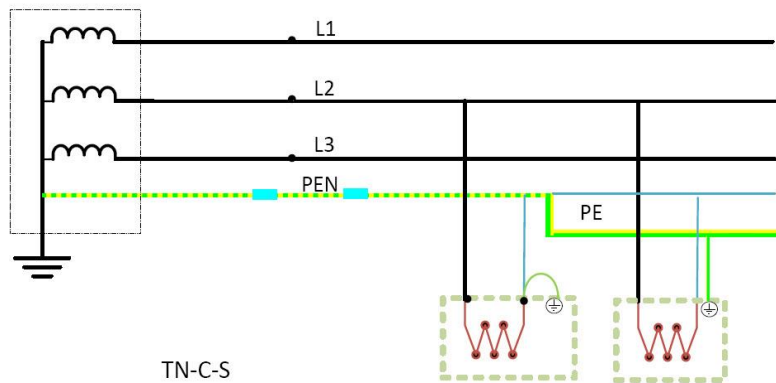
KUVIO 9. TN-S -järjestelmä (Talotekniikan verkkoaineisto 2015)

TN-C -järjestelmässä toimii sama johdin sekä nolla- että suojajohtimena koko järjestelmässä. Johdinta nimitetään PEN-johtimeksi. Järjestelmää voidaan käyttää vain silloin, kun poikkipinta johtimella on vähintään 16mm<sup>2</sup> alumiinia tai 10mm<sup>2</sup> kuparia. Kolmivaihejärjestelmässä käytetään TN-C -järjestelmää. Johtimia järjestelmässä tarvitaan neljä (3L+PEN). Vanhoissa asennuksissa ryhmäjohtotasolla on käytetty yleisesti nollausta ilman poikkipintavaatimuksia. PEN-johdinta on aiemmin nimitetty nollajohtimeksi eikä sitä erotettu merkinnöillä tavallisesta nollajohtimesta. (Tiainen D1 2012, 63-64.)



KUVIO 10. TN-C -järjestelmä (Talotekniikan verkkoaineisto 2015)

TN-C-S -järjestelmä on TN-S ja TN-C -järjestelmien yhdistelmä. TN-C -järjestelmä on aina syöttävän verkon puolella tällaisessa sekajärjestelmässä TN-S -järjestelmään nähden, koska PEN-johtimeksi ei saa uudelleen kytkeä toisistaan erotettua suoja- ja nollajohdinta. (Tiainen D1 2012, 64.)



KUVIO 11. TN-C-S -järjestelmä (Talotekniikan verkkoaineisto 2015)

## 6.2 TT-järjestelmä

TT -järjestelmässä on yksi piste virtapiirissä maadoitettu. Normaalisti tämä on muuntajan tähtipiste. Jännitteelle alttiit osat sähkölaitteistoissa ja -laitteissa on maadoitettu erillisten tai erillisen maadoituselektrodien avulla TN -järjestelmästä poiketen. Määritelmän mukaan näiden elektrodien on oltava sähköisesti erillisiä verrattuna syöttöverkon maadoituselektrodiin. Suomessa tätä järjestelmää ei käytetä, mutta se on yleinen Etelä-Euroopassa. (Tiainen D1 2012, 66.)

### 6.3 IT-järjestelmä

IT -järjestelmä on maasta erotettu järjestelmä. Mitään sen osaa virtapiirissä ei ole kytketty suoraan maahan. Jännitteelle alttiit osat sähkölaitteissa ja -laitteistoissa on kytketty suojajohtimen avulla yhteiseen elektrodiin tai erillisiin maadoituselektrodeihin. Elektrodi voi olla myös syöttävän verkon maadoituselektrodi. Järjestelmässä voi käyttää nollajohdinta, mutta se ei ole suositeltavaa. (Tiainen D1 2012, 66.)



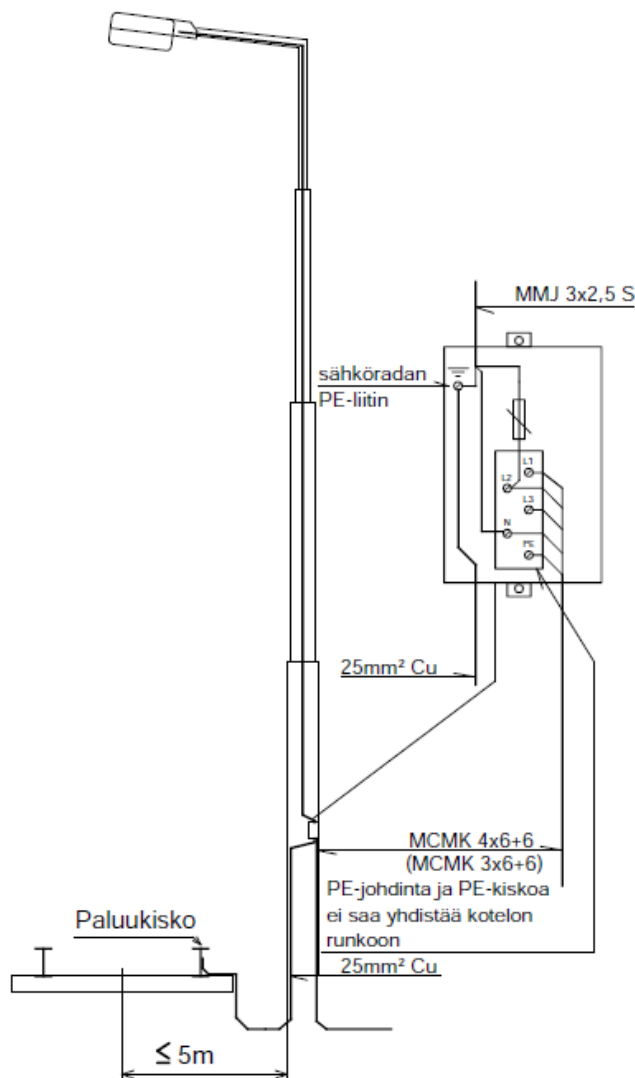
## 7 MAADOITUS SÄHKÖRATAYMPÄRISTÖSSÄ

Laitetiloissa maadoituskiskoon tai maadoitusliittimeen liitetään maadoituskohteet. Laitetilojen, joiden sijainti on sähköradan läheisyydessä, päämaadoituskisko MEB liitetään samaan paluukiskoon kuin M-johdin ja ratajohtopylväät. Ulkopuolisen verkon PEN- (PE)- johdin voidaan liittää paluukiskoon, jos yhdistämisen jälkeen käyttövirran aiheuttama kiskopotentiaali on enintään 50 V. Myöskään kiskopotentiaalista aiheutuva virta ei saa aiheuttaa liiallista lämpenemistä PEN- tai PE- johdossa. Mikäli kiskopotentiaali on yli 50 V, tulee laitetila tai laite syöttää erotusmuuntajalla. Erotusmuuntajalla tarkoitetaan muuntajaa, joka kytketään laitetilan ja yleisen verkon väliin. Tämän avulla saadaan erotettua laitetila galvaanisesti yleisestä verkosta. (Laitetilojen ja valaisimien maadoittaminen 2004, 4-5.)

Pienjänniteverkon kaapelit liikennealueella kytketään pääkeskuksen päämaadoituskiskoon, joka kytketään varmistetusti sähköradan paluukiskoon mahdollisesti M-johtimen tai raidekuristimen välityksellä. Toisessa päässä kaapelin vaippa eristetään sähkörataan maadoitetusta rakenteesta, kuten valaisinpylvästä tai jakokaapista. (Yleisohje johdoista ja kaapeleista Ratahallintokeskuksen alueella 2004, 17.)

Valonheitinmasto maadoitetaan varmistetusti kahdella Cu25-johtimella paluuvirtapiiriin. Maadoitusjohtimet maston puoleisessa päässä kytketään erilliseen maadoituskiskoon, joka voi olla mastorakenteen valmistuksen yhteydessä rakennettu erillinen kisko tai osa. Perustuksen alle asennettu ns. J-lenkki (Cu16) liitetään myös tähän kiskoon tai osaan. Myös mastokeskuksen PE-SE-kiskon ja maston maadoituskiskon väliin kytketään yhdysjohdin. Valaisimen syöttökaapelin PE-johdin yhdistetään syöttökeskuksessa PE-SR-kiskoon ja valaisimen runkoon. (Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu 2010, 32.)

Metallinen valaisinpylväs maadoitetaan yhdellä Cu25-johtimella paluuvirtapiiriin eli paluukiskoon. Pylvään syöttökaapelin PE- johdin pylvään puoleisessa päässä liitetään eristettyyn PE- liittimeen, eikä sitä yhdistetä pylvääseen kuvion 12 mukaan. Pylväessä oleva valaisimen kaapelin PE- johdin kytketään valaisimen runkoon ja pylvään alapäässä pylvääseen. (Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnittelu 2010, 32.)



KUVIO 12. Metallisen valaisinpylvään maadoitus (Laitetilojen ja valaisimien maadoittaminen 2004, liite 17)

## 8 ROVANIMEN RATAPIHAN PIENJÄNNITEVERKON NYKYTILA

Rovaniemen ratapihan pienjänniteverkko on pääasiassa rakennettu 1980-luvun alussa. Alueen sähkönsyötöstä vastaa tällä hetkellä kaksi muuntamo. Toisen muuntamon omistaa Liikennevirasto ja toisen VR-Yhtymä Oy. Omistussuhteiden muututtua Liikennevirasto haluaa luopua omasta muuntamostaan ja korvata sen pienjänniteliittymällä. Tällä hetkellä muuntamot syöttävät sekä Liikenneviraston että VR-Yhtymä Oy:n laitteistoja ja rakennuksia. Koska selvää rajapintaa ei kuluttajien välillä ole, jaetaan sähkönkulutus sovitun jako-osan mukaan eikä todellisen kulutuksen mukaan. Muuntamon korvauksen yhteydessä Liikenneviraston ja VR-Yhtymä Oy:n pienjänniteverkot ja laitteistot erotetaan toisistaan.

Liikenneviraston laitteistoja pienjänniteverkossa ovat valonheitinmastot, asetinlaitteet, laiturivalaistus, kääntöpöytä ja infomonitorit. VR-Yhtymä Oy:n pienjänniteverkossa on rakennuksia kuten asemarakennus ja laitteistoja. VR-Yhtymä Oy:n laitteistoja pienjänniteverkossa ovat vaunujen seisontalämmityspistorasiakeskukset, veturien seisontalämmityspistorasiakeskukset, veturien tankkauspiste, paineilmakompressorikeskus ja kolme valonheitinmastoa.

Pienjänniteverkon selvitystyö aloitettiin hankkimalla saatavilla olevat dokumentit. Dokumentteja oli saatavilla kohtuullisen hyvin, mutta ei kaikista ratapihalla olevista laitteistoista. Osa dokumenteista oli melko vanhoja, eikä ollut varmuutta siitä, vastasivatko ne nykyhetkeä. Tästä syystä oli syytä kartoittaa koko pienjänniteverkko ja sen laitteistot. Kartoituksen yhteydessä tuli myös arvioida laitteistojen kuntoja ja uudistamistarvetta. Pienjänniteverkon kartoitimme valokuvaten kaikki laitteistot kuten keskukset ja kaapelijakokaapit. Havaitut eroavaisuudet merkitsimme ylös dokumentteihin niiden päivitystä ja tulevia muutoksia varten.

## 8.1 Ratapiha- ja laiturivalaistus

Ratapihavalaisukseen on käytetty 15 valonheitinmastoa ja laiturivalaisukseen 19 pylväsvalaisinta. Valonheitinmastoissa on käytetty 1000 W, 700 W tai 400 W purkauslamppuvalaisimia mastosta riippuen. Pylväsvalaisimissa on käytetty 70 W tai 150 W purkauslamppuvalaisimia pylvästä riippuen. Valaistus ratapihalla on toteutettu suurpainenatrium (snat) lamppuilla tai elohopeahöyrylamppuilla (hg). Taulukossa 4 ja 5 on esitetty valaisimien tarkka määrä, teho ja tyyppi. Valonheitinmastojen valaisimet ovat pääasiassa elohopeahöyrylamppuja. Pylväsvalaisimien lamput ovat kaikki suurpainenatriumlamppuja. Valonheitinmastojen valaistuksen ohjaus tapahtuu keskitetysti eteläpään asetinlaitteen laitetilasta. Valonheitinmastojen VHM0 ja VHM12 on hoidettu paikallisesti hämäräkytkimien avulla. Valonheitinmaston VHM15 ohjaus on suoritettu pohjoispään asetinlaitteen laitetilasta.

Suurpainenatriumlamppu on yleinen aluevalaistuksen ja katuvalaistuksen lampputyyppi, koska sillä on hyvä valotehokkuus ja pitkä käyttöikä. Sen valotehokkuus on yleensä 120 lm/W. Elohopeahöyrylamppu on hyvin yleinen aluevalaistuksen ja katuvalaistuksen lampputyyppi. Tyypillisesti elohopeahöyrylampulla valotehokkuus on 60 lm/W. Valotehokkuudeltaan elohopeahöyrylamppu on vaatimaton suurpainenatriumlamppuun verrattuna. Tämän takia elohopeahöyrylamppujen yleisyys on vähentymässä. Vuoden 2015 jälkeen elohopeahöyrylamppuja ei enää saa valmistaa, mikä johtaa vähitellen niiden häviämiseen kokonaan. (Valoa design 2015, 3.)

TAULUKKO 4. Elohopeahöyrylamppuvalaisimet valonheitinmastoissa

Valonheitinmasto	1000W	700W	400W
VHM 0		4	3
VHM 1	2		2
VHM 2	2		
VHM 3 (purettu)			
VHM 4	2		
VHM 5	2		
VHM 6	2		
VHM 7	2		
VHM 8	2		
VHM 9	4		1
VHM 10	2		1
VHM 11	3		
VHM 12	3		
VHM 13	2		
VHM 14	2		
VHM 15	3		2

TAULUKKO 5. Suurpainenatriumlamppuvalaisimet valaisinpylväissä

Pylväsvalaisin	150W	70W
Valaisin 1	1	
Valaisin 2	1	
Valaisin 3	1	
Valaisin 4	1	
Valaisin 5	2	
Valaisin 6	1	
Valaisin 7	1	
Valaisin 8	1	
Valaisin 9	1	1
Valaisin 10	1	
Valaisin 11	1	1
Valaisin 12	1	
Valaisin 13	1	1
Valaisin 14	1	
Valaisin 15	2	
Valaisin 16	2	
Valaisin 17	2	
Valaisin 18	2	
Valaisin 19	2	

Jokaisella valonheitinmastolla on oma sähkökeskus, joka on asennettu mastoon tai sen viereen. Sähkökeskuksesta syötetään valaistuksen lisäksi myös muita laitteistoja, kuten pistorasiakeskuksia tai autonlämmityspistorasioita riippuen valonheitinmastosta. Sähkökeskuksissa oikosulku- ja ylikuormitussuojana käytetään gG - tyyppin tulppa- tai kahvasulakkeita.

Pääasiallisesti kaikki valonheitinmastojen sähkökeskukset ovat hyväkuntoisia muutamaa sähkökeskusta lukuun ottamatta. Valonheitinmastojen VHM0, VHM4 ja VHM15 ovat huonokuntoisia ja vaativat uusimisen (LIITE 1-3). Valonheitinmaston VHM0 keskuksessa osa tulppasulakkeiden pitimistä oli ruosteessa ja johtojen liittimet hapettuneita. Valonheitinmastossa VHM0 valaistuksen liitälaitteet olivat myös huonossa kunnossa. Liitälaitteissa käämejä suojaava eriste oli hape-roa ja osittain pois kulunutta. Valonheitinmaston VHM4 keskuksessa myös osa tulppasulakkeiden pitimistä oli ruosteessa tai oikosulkujen seurauksena palanut ja johtojen liittimet hapettuneita. Valonheitinmaston VHM4 keskuksessa valaistuksen ohjauskaapeli oli asennettu epämääräisesti roikkumaan keskuksen oikeasta yläkulmasta. Keskus on myös tarpeettoman iso, koska se syöttää vain kahta valaisinta. Valonheitinmaston VHM15 keskuksessa oli myös havaittavissa ruostumista ja hapettumista, mutta ei niin paljon kuin valonheitinmastojen VHM0 ja VHM4 keskuksissa. Useassa keskuksessa virtapiirimerkinnot ovat epäselviä tai puuttuvat kokonaan. Nämä puutteet tulee korjata vastaamaan todellisuutta. Kuviossa 13 on esitetty valonheitinmaston VHM14 sähkökeskus, jonka kosketussuoja on vaurioitunut ja korjaus suoritettu teipillä. Vaurioituneet kosketussuojat tulee uusida, ettei niistä aiheudu vaaraa käyttäjille.



KUVIO 13. Valonheitinmaston VHM 14 sähkökeskus

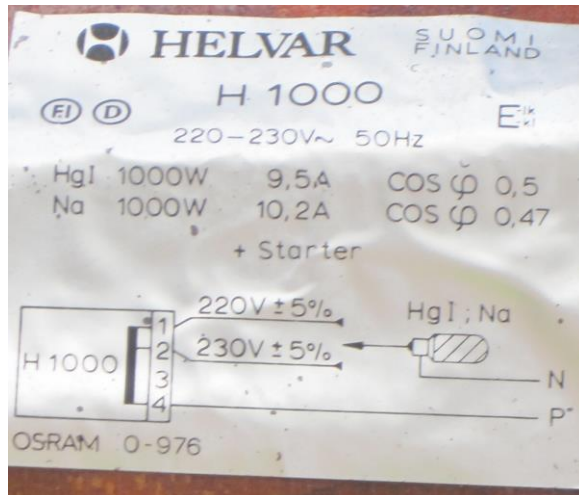
Jokaisessa valonheitinmaston sähkökeskuksessa on liitântälaite jokaiselle purkauslamppuvalasimelle. Kuviossa 14 on esitetty liitântälaite. Liitântälaite on yleisnimitys laitteille, joiden avulla purkauslamput liitetään sähköverkkoon. Niiden tehtävänä on rajoittaa virtaa ja auttaa lampun sytyttämisessä. Tavallisin virranrajoitin on kuristin. Kuristimen etuina ovat halpa ja yksinkertainen rakenne sekä toimintavarmuus. Ne voivat esimerkiksi vaimentaa radiohäiriötä, stabilisoida verkkojännitteen vaihtelua ja muuntaa verkkojännitteen lampulle sopivampaan muotoon. Kuristin koostuu kuparilangasta ja rautasydäimestä. Kelarungolle on kääritty lakkaeristeinen kuparilanka. Rautasydän koostuu ohuista metallilevyistä, mikä on asetettu runkoon. Sydämessä oleva ilmapäli vähentää magneettista kyllästymistä ja parantaa sähköisiä ominaisuuksia. (Ahponen, Kasurinen, Kukkonen, Laitinen, Laakkonen, Setälä, Tiainen, Tiensuu, Varsila & Vuola 1999,49, 79 & Halonen & Lehtovaara 1992, 291.)



KUVIO 14. Liitäntälaitte

Liitäntälaitteena on HELVAR 1000 -kuristin. Sen arvokilvessä on esitetty kytkentäkaavio, siihen kytkettävän lampun nimellisteho ja malli, nimellisvirta ja tehokerroin. Tehokerroin  $\cos \varphi$  kuristimella on 0,5. Yleensä kuristimeen on myös merkitty  $t_w$  arvo, joka tarkoittaa kääninlämpötilaa, jossa sen elinikä on 10 vuotta jatkuvassa käytössä nimellisolosuhteissa (Ahponen ym. 1999, 83). Tässä kuristimessa kyseistä arvo ei ole. Kuristimet ovat vanhoja ja lähellä käyttöikänsä loppua. Muuten kuristimet olivat silmämääräisesti hyväkuntoisen näköisiä muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta. Valonheitinmaston VHM0 kuristimet olivat huonokuntoisen näköisiä ja vaativat uusimisen (LIITE 1).





KUVIO 15. Liitälaitteen arvokilpi

## 8.2 Valaistuksen loistehon kompensointi

Purkauslamppuvalaisimet ottavat verkosta sekä pätötehoa että induktiivistä loistehoa. Loistehoa tarvitaan kuristimen tai muun liitälaitteen magneettikentän ylläpitämiseen. Melkein kaikilla purkauslampputyypeillä virran pätökomponentti on pienempi kuin virran loiskomponentti. Tällöin sähköverkkoa rasittava virta määräytyy pääasiassa loisvirran mukaan. Tehokerroin  $\cos \varphi$  purkauslamppuvalaisimilla on yleensä 0,4-0,65 tyypistä riippuen. Loiskomponentin vaikutus on sitä haitallisempi, mitä pienempi tehokerroin on. (Ahponen ym. 1999, 151.)

Mikäli sähköverkossa on laitteita tai laitteistoja, jotka kuluttavat loistehoa, on sen kompensointi tarpeellista. Mikäli loistehoa ei kompensoida, perii sähköjakeluyhtiö loistehosta maksun, joka on verrattain suuri muuhun energiamaksuun nähden. Ilmaisen loistehon osuus voi olla joillain jakeluyhtiöillä vain 16% pätötehosta. Loistehon kompensointi pienentää verkon mitoitusta ja niissä aiheutuvia häviöitä kuten jännitteenalenemaa. (Männistö, Hietalahti, Seesvuori & Wilen 2006, 81.)

Kompensoinnin voi toteuttaa yksittäiskompensoinnilla, kojeryhmien kompensoinnilla tai keskitetyllä kompensoinnilla. Yksittäiskompensointia käytetään normaalisti moottoreille ja myös joskus purkauslamputuille. Kojeryhmän kompensointi sopii parhaiten kojeryhmille, joissa kojeiden etäisyydet ovat keskukselta pienet ja loistehon vaihtelut pienehköt. Kompensointiparisto sijoitetaan joko keskuksen lähelle tai itse keskukseseen. Paristo tulee varustaa kytkimellä ja sulakkeella. Keskitetyssä kompensoinnissa pääkeskukseen sijoitetaan kompensointiparistot. Paristoille on varattava sulakkeelliset lähdöt. Nykyään keskitetysti toteutettu kompensointi hoidetaan automatiikkaparistoilla. Automaattisessa kompensoinnissa loistehonsäädin ohjaa kondensaattoriportaita päälle tarpeen mukaan. (ABB TTT käsikirja 2000, luku 9.)

Valaisinkohtaisessa kompensoinnissa purkauslampun tarvitsema loisteho voidaan tuottaa valaisimeen asennetulla kondensaattorilla. Tällöin kondensaattori kytketään yleensä kuristimen rinnalle. Jos purkauslamput kytketään sähköverkkoon 3-vaiheyhymänä, voidaan loistehon kompensointi toteuttaa yhteisellä kondensaattorilla ryhmäkohtaisesti. Tällainen kompensointitapa on yleinen hallityyppisissä rakennuksissa, kuten teollisuushalleissa. Purkauslamppujen tarvitsema loisteho voidaan tuottaa myös keskitetysti pää- tai ryhmäkeskuksella. (Ahponen ym. 1999, 159,161,163.)

Loisteho voidaan laskea kaavalla (6):

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (6)$$

missä

S = näennäisteho

P = pätöteho

Kuorman ottama virta:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} \quad (7)$$

missä

S = näennäisteho

U = pääjännite

Tehokerroin:

$$\cos \varphi = \frac{P}{S} \quad (8)$$

missä

S = näennäisteho

P = pätöteho

(ABB TTT käsikirja 2000, luku 9.)

Valonheitinmastojen purkauslamppujen yhteenlaskettu pätöteho ratapihalla on:

$$P = 39 \text{ kW}$$

Tehokerroin valaisimien liitälaitteissa on  $\cos \varphi = 0,5$ .

Valonheitinmastojen näennäisteho on:

$$S = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{39 \text{ kW}}{0,5} = 78 \text{ kVA} \quad (9)$$

Valonheitinmastojen kuluttama loisteho ilman kompensointia on:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \approx 67,55 \text{ kVAr} \quad (10)$$

Valonheitinmastojen kuluttama loisteho on merkittävä ilman loistehon kompensointia. Jos tehokerrointa parantaa arvosta  $\cos\varphi = 0,5$  arvoon  $\cos\varphi = 0,97$  saadaan näennäisteho alenemaan.

Näennäisteho  $\cos\varphi = 0,97$  arvolla on:

$$S = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{39 \text{ kW}}{0,97} = 40,2 \text{ kVA} \quad (11)$$

Valonheitinmastojen vaatima loisteho kompensoinnilla on:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \approx 9,75 \text{ kVAr} \quad (12)$$

Tuloksena havaitaan, että loistehon arvo on alentunut arvosta 67,55 kVAr arvoon 9,75 kVAr.

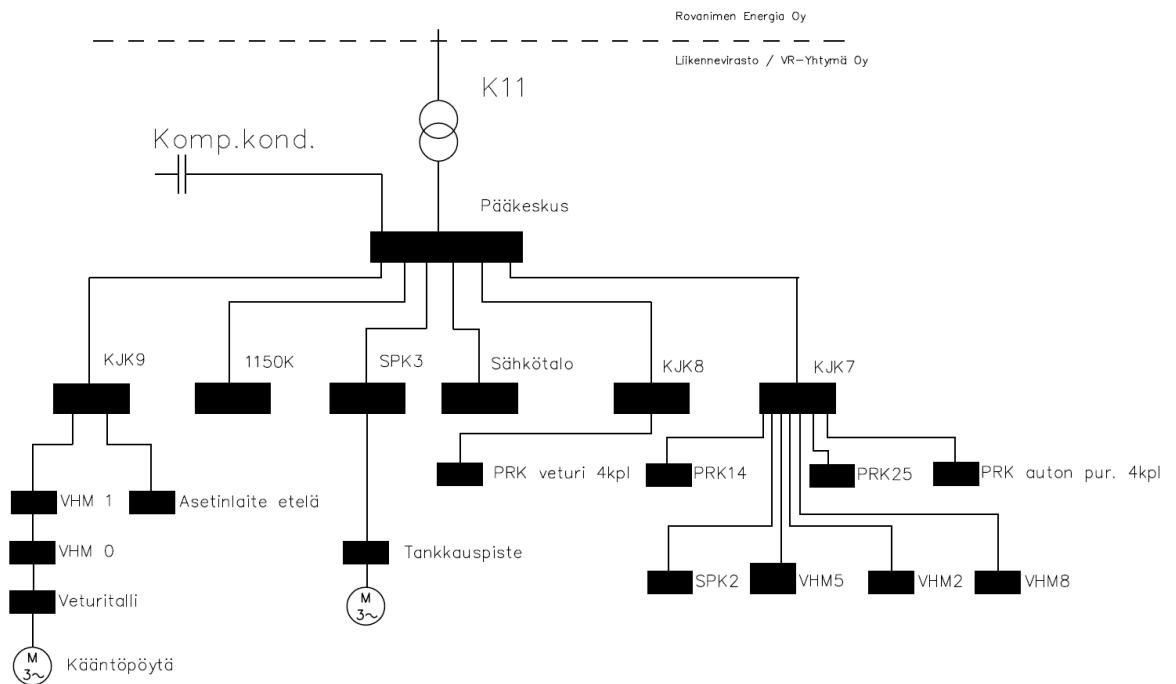
### 8.3 Muuntamot

Ratapihan pienjänniteverkkoa syötetään kahdella muuntamolla. Toinen muuntamo sijaitsee asemarakennuksen kellarissa ja toinen ratapiha-alueen reunalla autovaunujen purkupaikan vieressä. Liikennevirasto omistaa autovaunujen purkupaikan vieressä olevan puistomuuntajan ja VR-Yhtymä Oy aseman kellarissa olevan muuntajan. Puistomuuntajan tunnus on K11 ja aseman muuntajan tunnus on K12. Muuntamoja syötetään Rovaniemen Energia Oy:n 10 kV keskijänniteverkosta.

#### 8.3.1 Puistomuuntajan pienjänniteverkko

Tällä hetkellä puistomuuntaja syöttää valonheitinmastoja, rakennuksia (veturitalli, vaunumiehet-rakennus, ratapihatoimisto ja sähkötalo), pistorasiakeskuksia, eteläpään asetinlaitetta, kompressorikeskusta ja tankkauspistettä. Muuntamon yhtey-

dessä on verkon pääkeskus. Pääkeskuksella ovat syötöt kompressorikeskukselle 1150K, kaapelijakokaapeille KJK7, KJK8 ja KJK9, sähköpääkeskukselle SPK3 ja sähkötalolle. Kaapelijakokaapilta KJK9 menee syöttö asetinlaitteelle, veturitallille ja valonheitinmastoille VHM0 ja VHM1. Veturitallilta syötetään sen yhteydessä olevaa vetureiden kääntöpöytää. Kaapelijakokaappi KJK8 syöttää neljää veturinlämmityspistorasiakeskusta ja vesipostin lämmitystä. Kaapelijakokaappi KJK7:stä lähtee syötöt valonheitinmastoille VHM2, VHM6 ja VHM8, autonpurkupaikan pistorasiakeskuksille, vaunumiehet-rakennukselle (SPK2) ja pistorasiakeskukselle PRK25 ja PRK14.



KUVIO 16. Yleiskaavio puistomuuntamon pienjänniteverkosta

Puistomuuntajan pienjänniteverkossa on käytössä TN-C-S -järjestelmä. Muuntajan teho on 500 kVA.



KUVIO 17. Puistomuuntamo

Puistomuuntamon pääkeskuksella ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus on toteutettu gG -tyyppisillä kahvasulakkeilla. Kahvasulakkeet on sijoitettu vanhanaikaisiin varokeyttimein (KUVIO 18). Muuntamon yhteydessä on loistehon kompensointipatteristo. Kompensointipariston lähtö on suojattu 200 A sulakkeilla. Tarkkaa kompensointipariston kokoa ja tyyppiä ei ole tiedossa, mutta arviolta patteriston koko on 75 – 90 kVAr.

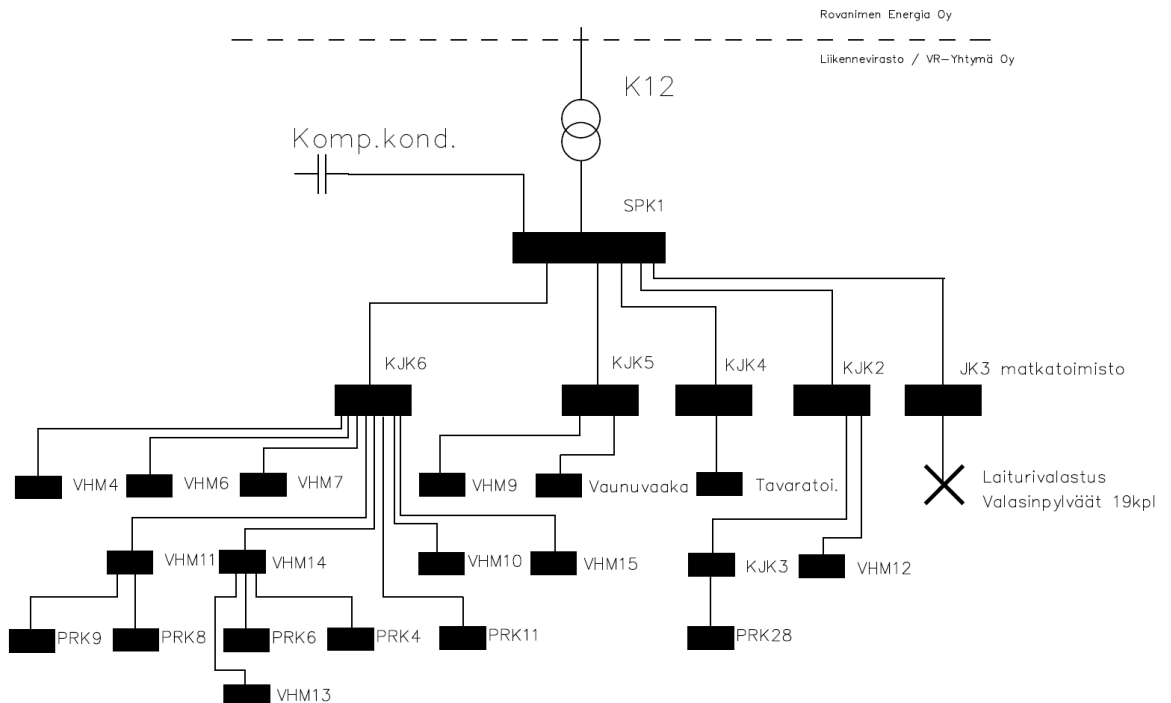


KUVIO 18. Puistomuuntamon pääkeskus

### 8.3.2 Aseman muuntamon pienjänniteverkko

Tällä hetkellä aseman muuntaja syöttää valonheitinmastoja, rakennuksia (asema-rakennus, tavaratoimisto ja väestösuoja) ja pistorasiakeskuksia. Muuntamon yhteydessä sijaitsevat pääkeskus ja loistehon kompensointiparisto. Kompensointi on toteutettu automatiikkaparistoilla, joiden teho on 4x50 kVAr. Loistehon säätimenä toimii K205 -mallinen säädin. Pääkeskuksella ovat syötöt ratapihan kaapelijakokaapeille KJK2, KJK4, KJK5 ja KJK6. Kaapelijakokaappi KJK2 syöttää valonheitinmastoja VHM12 ja kaapelijakokaappia KJK3. Kaapelijakokaappi KJK4 syöttää tavaratoimistoa. Kaapelijakokaappi KJK5 syöttää valonheitinmastoja VHM9 ja vaunuvaakaa. Kaapelijakokaappi KJK6 syöttää valonheitinmastoja VHM4, VHM5, VHM6, VHM7, VHM10, VHM11, VHM14 ja VHM15 sekä pistorasiakeskusta PRK11. Valonheitinmasto VHM11 syöttää pistorasiakeskuksia PRK8 ja PRK9. Va-

lonheitinmasto VHM14 syöttää pistorasiakeskuksia PRK4 ja PRK6 sekä valonheitinmastoa VHM13.



KUVIO 19. Yleiskaavio aseman muuntamon pienjänniteverkosta ratapiha-alueella

Myös aseman muuntamon pienjänniteverkossa on käytössä TN-C-S -järjestelmä. Pääkeskus on 1250 A kennokeskus. Keskus on mallia SST-MPK 1250. Keskus on hyväkuntoinen. Virtapiirien merkinnät keskuksella olivat asianmukaiset, mutta eivät ole yhdenmukaiset seinällä olevan pääkaavion kanssa. Keskuksella ylikuormitus- ja oikosulkusuojaus on toteutettu gG -tyyppisillä kahvasulakkeilla ja tulpasulakkeilla. Kahvasulakkeet ovat varokeytimissä. Muuntajan koko on 500 kVA.

#### 8.4 Pistorasiakeskukset

Tällä hetkellä ratapiha-alueella on 14 vaununlämmityspistorasiakeskusta ja neljä veturinlämmityspistorasiakeskusta. Pistorasiakeskukset ratapihalla ovat pääasias-



sa 63 A ja 32 A keskuksia. Pistorasiakeskuksia syötetään puistomuuntamosta sekä aseman muuntamosta. Vaununlämmityspistorasiakeskukset ovat vanhoja, 1980-luvulla rakennettuja. Pääasiallisesti kaikki pistorasiakeskukset ovat kohtuullisen hyvässä kunnossa. Osassa pistorasiakeskuksista on pistorasian suojakansi rikki, kuten kuviossa 20 olevassa pistorasiakeskuksessa. Osa pistorasiakeskuksista on sijoitettu liian alas eivätkä ne täytä nykymääräyksiä. Jos pistorasia on asennettu pienemmälle etäisyydelle lattiasta tai seisoma-alustasta kuin 1,7 m, on käytettävä turvasululla varustettua pistorasiaa tai asennettava pistorasia lukittuun tilaan (SFS 6000 2012, 599).



KUVIO 20. Vaununlämmityspistorasiakeskus PRK9

Sähköradanvalmistumisen myötä vuonna 2004 ratapihalle on asennettu 1500 V vaununlämmityspostit, joiden takia 400 V pistorasiakeskusten käyttö on vähentynyt. Melko usea 400 V pistorasiakeskus on vähällä käytöllä tai käyttämättömänä.

Tällaiset keskkukset voisi poistaa alueelta kokonaan. Tällöin niitä ei tarvitsisi huoltaa tai korjata.

Veturinlämmityspistorasiakeskkukset ovat uusittu vuonna 2002, ja ne ovat hyvässä kunnossa. Osa keskkuksista on hieman vinossa, mutta se ei haittaa käyttöä. Olisi kuitenkin järkevää suoristaa keskkukset, jotta ne eivät aiheuta tulevaisuudessa esimerkiksi kaapelivaurioita. Kuviossa 21 on esitetty yksi veturinlämmityspistorasiakeskus.



KUVIO 21. Veturinlämmityspistorasiakeskus

## 9 PIENJÄNNITEVERKON MUUTOS- JA MITOITUSEHDOTUS

Pienjänniteverkon muutoksen ja mitoituksen lähtökohtana oli, että Liikenneviraston omistama vanha puistomuuntamo puretaan ja VR-Yhtymä Oy:n ja Liikenneviraston pienjänniteverkot ja laitteistot erotetaan toisistaan. Muuntajan tilalle otetaan uusi pienjänniteliittymä Rovaniemen Energia Oy:ltä. Liittymä syöttää Liikenneviraston laitteistoja. Myös VR-Yhtymän Oy:n on otettava uusi pienjänniteliittymä omille laitteistoille, joita puistomuuntamo syöttää. Suunnitelmat tehtiin siten, että eteläpään asetinlaitteelle otetaan uusi pienjänniteliittymä, josta syötetään ratapihan eteläpään Liikenneviraston laitteistoja. Ratapihan pohjoispään laitteistoja syötetään pohjoispään asetinlaitteelta, jonka nykyistä pienjänniteliittymään suurennetaan. Molemmilla asetinlaitteilla on 125 A keskuskeskukset, joihin voidaan ottaa maksimissaan 3x100 A liittymät, koska Rovaniemen Energia Oy:n tarjoama seuraava suurempi liittymäkoko on 3x160 A.

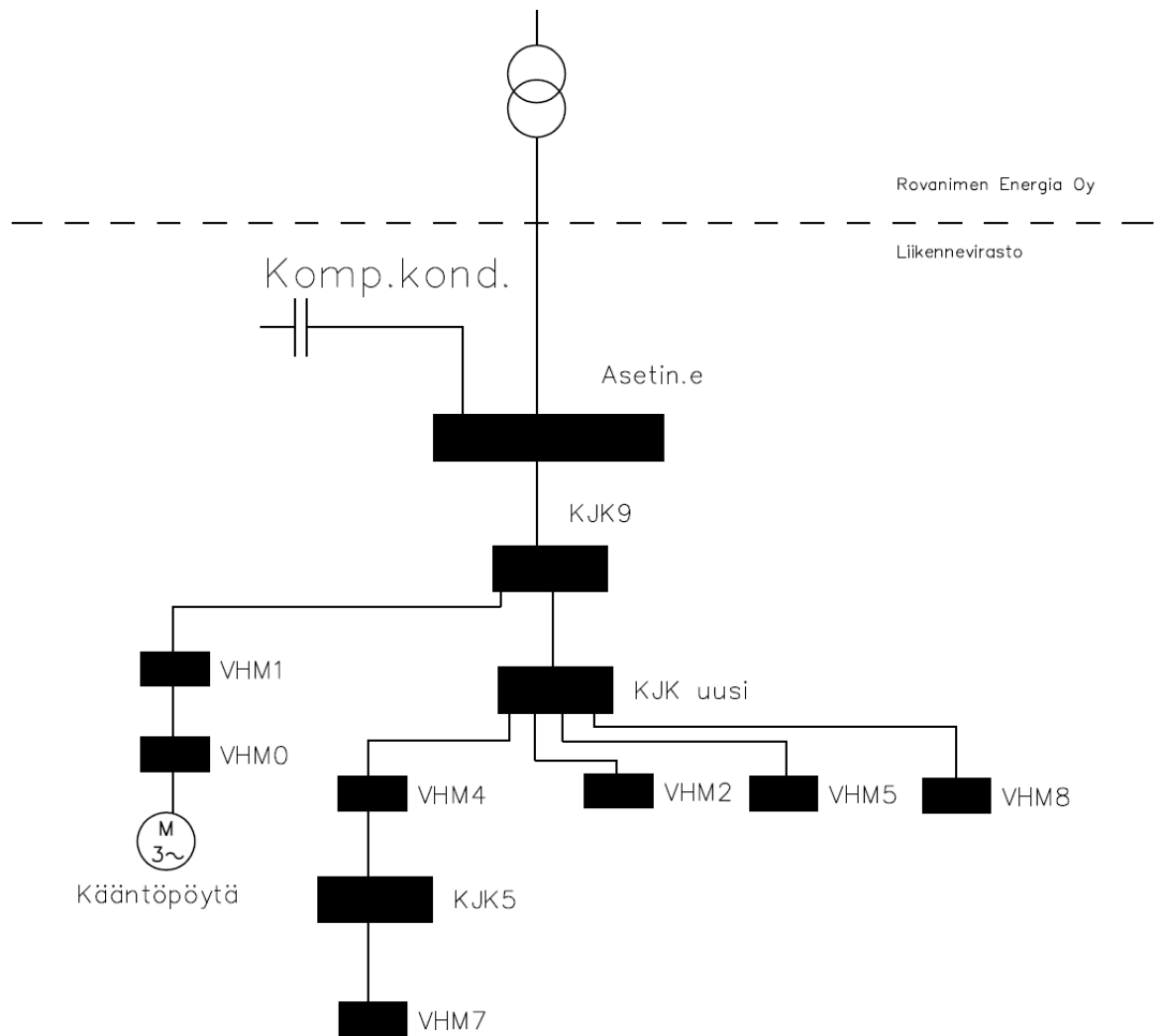
### 9.1 Eteläpään asetinlaitteen pienjänniteverkon muutos ja mitoitus

Aluksi piti määrittää, mitä laitteistoja syötetään eteläpään asetinlaitteelta. Lähtökohtana oli, että mahdollisimman pienillä muutoksilla ja uudistuksilla selvittää. Puistomuuntamon syöttämiä Liikenneviraston laitteistoja ovat ratapihavalolaistus ja veturitallin kääntöpöytä. Muutoksen jälkeen asetinlaitteen pääkeskus tulee syöttämään asetinlaitteen laitteita, kääntöpöytää ja valonheitinmastoja VHM0, VHM1, VHM2, VHM4, VHM5, VHM7 ja VHM8. Asetinlaitteen pääkeskukselle otetaan uusi pienjänniteliittymä Rovaniemen energia Oy:ltä. Mitoituksessa käytin apuna FEBDOK -suunnitteluohjelmistoa, jonka demoversiota voi käyttää ilmaiseksi 45 päivä ajan. FEBDOK-ohjelmistolla on helppo laskea oikosulkuvirrat ja jänniteenalenemat.

Kaapelijakokaapin KJK9 ja asetinlaitteen välinen kaapeli käännetään siten, että asetinlaitteen pääkeskus syöttää kaapelijakokaappia KJK9. Puistomuuntamolta kaapelijakokaappiin KJK9 menevä syöttökaapeli käännetään valonheitinmastolle VHM5, johon asennetaan uusi kaapelijakokaappi kaapelijakokaapin KJK7 viereen. Kaapelijakokaappi KJK9 syöttää valonheitinmastoja VHM0 ja VHM1 sekä uutta kaapelijakokaappia. Valonheitinmastosta VHM0 menee nykyisin veturitallille syöttö, joka irrotetaan, koska veturitallin omistus on siirtynyt ulkopuolisille. Veturitallilta menee nykyisin kääntöpöydälle syöttö, joka irrotetaan veturitallin keskuksesta. Kääntöpöydälle asennetaan uusi syöttökaapeli valonheitinmastolta VHM0. Valonheitinmaston VHM0 keskus tulee uusiksi sen huonon kunnan takia.

Kaapelijakokaapista KJK7 käännetään valonheitinmastot VHM2, VHM5 ja VHM8 uuteen kaapelijakokaappiin. Kaapelijakokaappi KJK7 jää VR-Yhtymä Oy:n laitteistojen käyttöön. Puistomuuntamon ja valonheitinmaston VHM4 välinen kaapeli käännetään myös uuteen kaapelijakokaappiin, mikäli kaapeli löytyy ja sen kunto on hyvä. Tarvittaessa asennetaan uusi kaapeli valonheitinmaston VHM4 ja uuden kaapelijakokaapin välille. Valonheitinmasto VHM4 kaapelointi muutetaan siten, että se syöttää kaapelijakokaappia KJK5, joka otetaan Liikenneviraston laitteistojen käyttöön. Kaapelijakokaapissa KJK5 olevat VR-Yhtymä Oy:n laitteistot siirretään viereiseen kaapelijakokaappiin KJK6, jonka syöttö tulee aseman muuntamolta. VR-Yhtymä Oy:n laitteistoja kaapelijakokaapissa KJK5 ovat vaunuvaaka ja valonheitinmasto VHM9. Myös kaapelijakokaappiin KJK5 asemamuuntamolta tuleva syöttö irrotetaan. Valonheitinmasto VHM7 kytketään jakokaapista KJK6 kaapelijakokaappiin KJK5. Kuviossa 22 on esitetty yleiskaavio muutoksesta.

Asetinlaitteen laitetilassa on 125 A sähkökeskus, johon uusi pienjänniteliittymä otetaan. Asetinlaitteen laitteet mitoitetaan 30 kW teholle. Valonheitinmastojen tehonmitoituslaskelmat on esitetty sivulla 47. Kääntöpöydän moottorin teho on 10kW.



KUVIO 22. Yleiskaavio pienjänniteverkosta muutoksen jälkeen

### 9.1.1 Valaistuksen tehon tarve järjestelmässä

Pätöteho valonheitinmastoilla on:

$$P_{VHM} = 16,4 \text{ kW}$$

Tehokerroin valonheitinmastojen liitälaitteilla  $\cos\varphi = 0,5$ .

Näennäisteho valonheitinmastoilla ilman loistehon kompensointia on:

$$S_{VHM} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{16,4 \text{ kW}}{0,5} = 32,8 \text{ kVA} \quad (13)$$

Koska purkauslamppuilla tehokerroin on vain 0,5, on loistehon kompensointi järkevää. Tällöin vältetään turhalta ylimitoitukselta, häviöiltä ja loistehomaksuilta. Pyritään kompensoimaan valaistuksen tehokerroin arvoon 0,97.

Näennäisteho kompensoituna on:

$$S_{VHM} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{16,4 \text{ kW}}{0,97} \approx 17 \text{ kVA} \quad (14)$$

Valonheitinmastojen ottama kokonaisvirta kompensoituna on:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{17 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} \approx 25 \text{ A} \quad (15)$$

### 9.1.2 Kokonaisteho järjestelmässä

Järjestelmän yhteenlaskettu näennäisteho on:

$$S_{kok} = 57 \text{ kVA}$$

Sähköliittymän mitoitusvirta on:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{57 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} \approx 82,3 \text{ A} \quad (16)$$

Seuraava isompi liittymän koko on 3x100 A, jonka Rovaniemen energia tarjoaa. Valitaan liittymän kooksi siis 3x100 A. Liittymän koko mitoitetaan yleensä 20-30 % isommaksi tulevaisuuden laajennusten varalta. Tässä tapauksessa ylimitoitus on noin 20 %.

### 9.1.3 Suojalaitteiden ja kaapelien mitoitus

Suurin osa kaapeleista on jo olemassa pienjänniteverkossa. Niiden soveltuvuus pitää varmistaa muutoksen jälkeen. Ylikuormitus- ja oikosulkusuojana järjestelmässä käytetään gG -tyypin sulakkeita. Aluksi mitoitetaan sulake järjestelmää syöttävälle kaapelille, joka on asetinlaitteen pääkeskuksen ja kaapelijakokaapin KJK9 välinen kaapeli kuvion 22 mukaan. Lasketaan kuormitusvirta  $\cos \varphi = 0,9$  arvolla, joten mitoitus tulee hieman yläkanttiin.

Lasketaan kuormitusvirta:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} \quad (17)$$

$$I \approx 43 \text{ A}$$

Valitaan taulukosta 3 sulakkeeksi seuraava suurempi sulakekoko 50 A. 50 A sulakkeella johdon sallittu kuormitettavuus on vähintään 55 A. Tämän jälkeen tarkistamme taulukosta 2 kuinka suuri kaapelin pitää vähintään olla. Kaapelin pitää taulukon 2 mukaan olla poikkipinnaltaan vähintään 16 mm<sup>2</sup>. Asetinlaitteen ja kaapelijakokaapin KJK9 välille on asennettu poikkipinnaltaan 70 mm<sup>2</sup> alumiini-kaapeli, jonka jatkuva kuormitus taulukon 2 mukaan voi olla 185 A, joten se täyttää vaatimuksen reilusti. Taulukosta 8 näemme muiden kaapelijakokaappien ja keskuksien väliset kaapelit sekä suunnitellut virrat ja sulakkeet. Mastokeskuksilla valaisimet on suojattu joko 10 A tai 16 A tulppasulakkeilla. Valonheitinmastojen

VHM1, VHM6 ja VHM9 keskuksissa valaisimet oli suojattu 16 A sulakkeella ja muissa valonheitinmastojen keskuksissa 10 A sulakkeella. Kaikki valaisimet voi suojata 10 A sulakkeella, joten 16 A sulakkeet tulisi myös vaihtaa 10A sulakkeiksi.

Valonheitinmastojen keskuksilla valaistuskuorma tulee järjestää mahdollisimman symmetrisesti kaikille vaiheille, jotta kuormitus on mahdollisimman tasainen ja PEN-johdinten paluuvirta on mahdollisimman pieni. Taulukosta 6 näemme nykyisen vaiheiden kuormituksen ja taulukosta 7 muutettavan kuormituksen. Nykytilanteessa vaiheiden kuormitus ei ole kovinkaan tasaista, joten kuormituksen uudelleen ryhmittely mastokeskuksilla on tarpeellinen. Muutoksen jälkeen kuormituksen on lähes symmetrinen.

TAULUKKO 6. Nykyinen vaiheiden kuormitus

Mastokeskus	Valaisinkuorma vaiheittain		
	L1	L2	L3
VHM0	2x700 W+400 W	700 W+400 W	700 W
VHM1	1000 W+400 W	1000 W	400 W
VHM2	1000 W	1000 W	
VHM4	1000 W		1000 W
VHM5	1000 W		1000 W
VHM7	1000 W		1000 W
VHM8	1000 W	1000 W	
Yhteensä	7,2 kW	4,1 kW	4,1 kW



TAULUKKO 7. Vaiheiden kuormitus muutoksen jälkeen

Mastokeskus	Valaisinkuorma vaiheittain		
	L1	L2	L3
<u>VHM0</u>	<u>700 W</u>	<u>2x700 W</u>	<u>700W+2x400 W</u>
<u>VHM1</u>	<u>1000 W</u>	1000 W	<u>2x400 W</u>
VHM2	1000 W	1000 W	
<u>VHM4</u>		<u>1000 W</u>	1000 W
VHM5	1000 W		1000 W
VHM7	1000 W		1000 W
VHM8	1000 W	1000 W	
Yhteensä	5,7 kW	5,4 kW	5,3 kW

Varmistetaan, että mitoitus täyttää seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (18)$$

$I_B$  = on virtapiirin mitoitusvirta

$I_z$  = on johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  = on suojalaitteen nimellisvirta

TAULUKKO 8. Suojaustarkastelu muutoksen jälkeen

Keskus / kaapelijako- kaappi	$I_B$ [A]	kaapeli tyyppi	kaapelin pituus [m]	$I_n$ [A]	$I_z$ [A]	ok?
Asetin.e - JKJ9	46,6	AMCMK 4x70+41	55	50	185	ok
KJK9 -VHM1	10	APAKM 3x185+185	140	32	330	ok
VHM1 - VHM0	14	APAKM 3x185+185	260	32	330	ok
KJK9 - KJK uusi	27,3	APAKM 3x185+185	280	32	330	ok
KJK uusi - VHM2	10	AMCMK 3x35+10	200	25	125	ok
KJK uusi - VHM5	10	AMCMK 3x25+16	5	25	78	ok
KJK uusi - VHM8	10	AMCMK 9x50+17	200	25	150	ok
KJK uusi - VHM4	17,7	APAKM 3x185+185	85	32	330	ok
VHM4 - KJK5	15	APAKM 3x185+185	185	32	330	ok
KJK5 - VHM7	10	AMCMK 3x25+10	5	25	78	ok

Taulukkoon 8 on merkitty jakamojen ja keskuksen väliset kaapelit ja niille suunnitellut sulakkeet. Havaitaan, että mitoitus ja muutos täyttävät vaadittavat ehdot.

#### 9.1.4 Valaistuksen loistehon kompensoinnin mitoitus

Loistehon kompensointi on järkevintä suorittaa keskitetysti asetinlaitteen pääkeskuksella, koska valaisimissa ei ole valaisinkohtaista kompensointia. Kääntöpöydän moottoria ei ole tarpeen kompensoida, koska sen käyttö on erittäin vähäistä. Tarvittava loisteho voidaan laskea taulukon 9 avulla. Kun halutaan parantaa  $\cos \varphi$  arvoa, valitaan taulukosta 9 sopiva kerroin. Etsitään sarakkeesta  $\cos \varphi_1$  nykyinen tehokerroin ja sen jälkeen etsitään sarakkeesta  $\cos \varphi_2$ , mihin arvoon tehokerroin halutaan parantaa. Valittujen arvojen leikkauskohdasta katsotaan kerroin, jolla kuorman pätöteho kerrotaan. Kun pätöteho on kerrottu kertoimella, saamme tulokseksi tarvittavan loistehon, jonka perusteella kompensointiparisto voidaan mitoittaa. Tässä tapauksessa tehokerroin halutaan parantaa arvosta 0,5 arvoon 0,97,

jolloin kerroin on 1,48. Kompensointi on järkevintä suorittaa automatiikkaparis-  
toilla, koska valaistus ei ole koko ajan päällä. Kompensointilaitteistoksi kannattaa  
valita estokelaparisisto tai yliaaltosuodatin, koska purkauslamput tuottavat yliaalto-  
ja verkkoon.

Tarvittava kompensointiteho on:

$$Q = P \cdot 1,48 \quad (19)$$

$$Q \approx 24,3 \text{ kVAr}$$

Valitaan kompensointipatterin kooksi 25 kVAr. Tämän kokoinen patteristo vaatii  
keskuksella 63 A sulakkeen. (Ahponen ym. 1999, 165.)

TAULUKKO 9. Loistehon kompensoinnin mitoitus taulukko (ABB TTT-käsikirja  
2000-07, luku 9)

cos $\varphi_1$	cos $\varphi_2$				
	1,00	0,99	0,98	0,97	0,95
0,30	3,18	3,04	2,98	2,93	2,85
0,32	2,96	2,82	2,76	2,71	2,63
0,34	2,77	2,62	2,56	2,52	2,44
0,36	2,59	2,45	2,39	2,34	2,26
0,38	2,43	2,29	2,23	2,18	2,11
0,40	2,29	2,15	2,09	2,04	1,96
0,42	2,16	2,02	1,96	1,91	1,83
0,44	2,04	1,90	1,84	1,79	1,71
0,46	1,93	1,79	1,73	1,68	1,60
0,48	1,83	1,69	1,62	1,58	1,50
0,50	1,73	1,59	1,53	1,48	1,40
0,52	1,64	1,50	1,44	1,39	1,31
0,54	1,56	1,42	1,36	1,31	1,23
0,56	1,48	1,34	1,28	1,23	1,15
0,58	1,40	1,26	1,20	1,15	1,08
0,60	1,33	1,19	1,13	1,08	1,00

### 9.1.5 Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema

Taulukossa 10 on laskettu jakamojen ja keskuksien oikosulkuvirta ja jännitteen alenema. Tässä vaiheessa ei ollut tiedossa tarkkaa oikosulkuvirran arvoa pääkeskuksella. Kun pääsulakkeen koko on 100 A, on oikosulkuvirran keskuksella oltava vähintään 580 A. Laskelmat on laskettu 600 A oikosulkuvirran arvolla pääkeskuksessa.

Edeltävän verkon impedanssi on:

$$Z = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot I_k) = (0,95 \cdot 400 \text{ V}) / (\sqrt{3} \cdot 600 \text{ A}) \approx 0,366 \Omega \quad (20)$$

Kaapelijakokaapin KJK9 oikosulkuvirta on:

$$I_k = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot Z) = (0,95 \cdot 400 \text{ V}) / (\sqrt{3} \cdot (0,366 \Omega + 0,0613 \Omega)) \approx 510 \text{ A} \quad (21)$$

Jännitteenalenema kaapelijakokaapille KJK9 on:

$$\begin{aligned} u &= b(\rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi) I_B \\ &= 1 \cdot (0,036 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot \frac{55 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} \cdot 0,9 + 0,00008 \Omega / \text{m} \cdot 55 \text{ m} \cdot 0,436) \cdot 43 \text{ A} \approx 1,2 \text{ V} \end{aligned} \quad (22)$$

$$\Delta u = 100 \% \frac{u}{U_0} = 100 \% \cdot \frac{1,2 \text{ V}}{230 \text{ V}} \approx 0,52 \% \quad (23)$$

Taulukosta 8 näemme, että oikosulkuvirrat ovat vaadittuja arvoja suuremmat ja täyttävät siten vaatimukset. Vaaditut arvot on saatu taulukosta 1. Jännitteenalenematkin täyttävät vaatimukset. Valaistuksessa suositeltu jännitteenalenema on enintään 3 prosenttia ja muissa asennuksissa enintään 5 prosenttia.

TAULUKKO 10. Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema

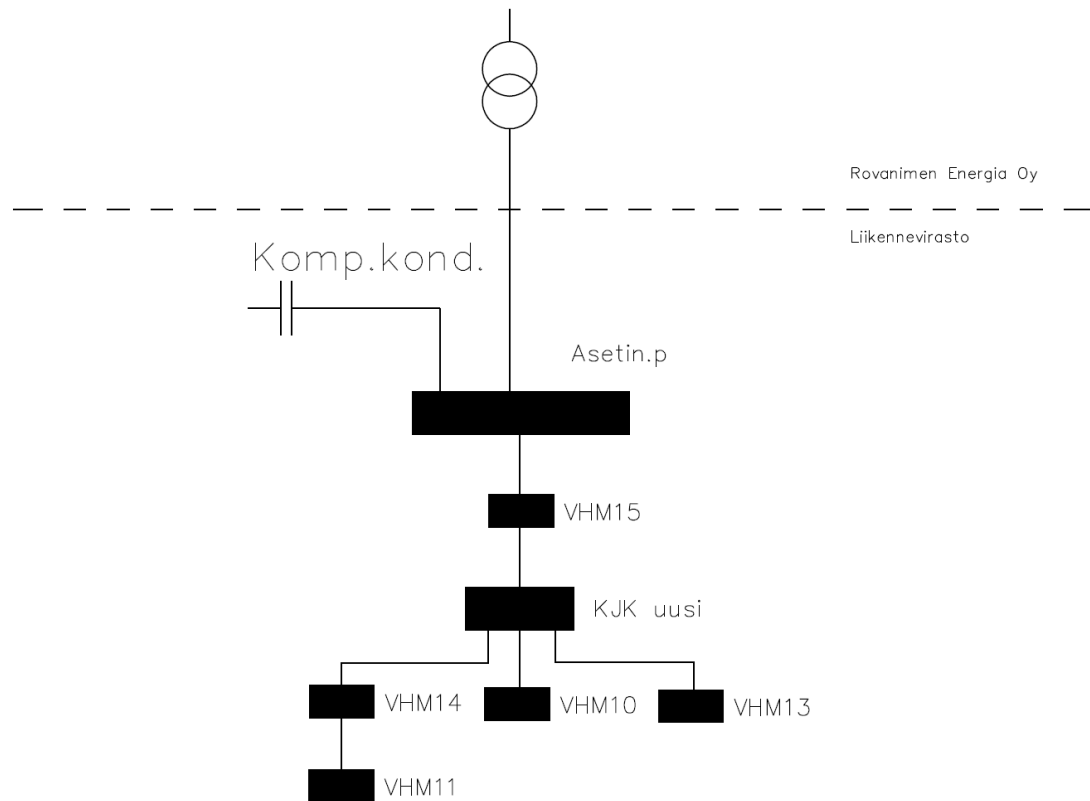
Keskus / kaapeli- jakokaappi	$I_k$ [A]	Vaadittu $I_k$ [A]	$\Delta u$ [%]	$\Delta u$ valaisin [%]
Pääkeskus	600	580	0	
KJK9	510	250	0,52	
KJK uusi	396	150	1,04	
VHM1	445	150	0,92	1,62
VHM0	359	150	1,8	2,5
Kääntöpöytä	312	150	2,16	
VHM2	221	180	1,46	2,16
VHM5	380	180	1,07	1,77
VHM8	250	180	1,34	2,04
VHM4	370	180	1,12	1,82
KJK5	325	180	1,2	
VHM7	314	180	1,25	1,95

## 9.2 Pohjoispään asetinlaitteen pienjänniteverkon muutos ja mitoitus

Pohjoispään asetinlaitteen keskukselta syötettäviä laitteistoja ovat valonheitinmastot VHM10, VHM11, VHM13, VHM14 ja VHM15. Tällä hetkellä keskuksella on 3x35 A liittymä, jota tulisi suurentaa tarvetta vastaavaksi.

Asetinlaitteen pääkeskukselta asennetaan uusi kaapeli valonheitinmastolle VHM15. Valonheitinmastolta VHM15 asennetaan uudelle kaapelijakokaapille uusi kaapeli. Uusi kaapelijakokaappi asennetaan raiteiden 679 ja 682 väliin, mikäli Aukean tilan ulottuma (ATU) täyttyy. Mikäli ATU ei täyty vedetään kaapeli valonheitinmastolle VHM14, josta syötetään valonheitinmastoja VHM10, VHM11 ja VHM13. ATU:lla tarkoitetaan tilaa radalla, jonka sisäpuolella ei saa olla kiinteitä laitteita eikä rakenteita. ATU raiteen keskilinjasta mitattuna on noin 2,5 m. (Ohje erityistyöstä rautatiealueella 2011, 4.) Uusi kaapelijakokaappi asennetaan valon-

heitinmastojen VHM14 ja VHM13 välisen kaapelin sekä kaapelijakokaapin KJK6 ja valonheitinmaston VHM15 välisen kaapelin risteyskohtaan. Uudelle kaapelijakokaapille katkaistaan valonheitinmastojen VHM14 ja VHM13 välinen kaapeli sekä kaapelijakokaapin KJK6 ja valonheitinmaston VHM15 välinen kaapeli. Uudelta kaapelijakokaapilta syötetään valonheitinmastoja VHM10, VHM13 ja VHM14. Valonheitinmastolta VHM10 irrotetaan nykyinen syöttö ja sen syötöksi käännetään uudelle kaapelijakokaapille katkaistu kaapelijakokaapin KJK6 ja valonheitinmaston VHM15 välinen kaapeli. Valonheitinmastoilta VHM11 ja VHM14 irrotetaan kaapelijakokaapilta KJK6 tulevat syötöt, jotka käännetään syöttämään pistorasiakeskuksia PRK4, PRK6, PRK8 ja PRK9. Pistorasiakeskukset jäävät VR-Yhtymä Oy:n verkkoon. Uudelle kaapelijakokaapille katkaistu valonheitinmastojen VHM13 ja VHM14 välinen kaapeli käännetään valonheitinmastojen VHM13 ja VHM14 syötöksi. Valonheitinmastolta VHM14 asennetaan uusi syöttökaapeli valonheitinmastolle VHM11. Uudet kaapelit asennetaan vanhoille kaapelireiteille tai kaapelikouruun maakaapeleiden kaivu- ja asennusohjeiden mukaisesti.



KUVIO 23. Yleiskaavio pienjänniteverkosta muutoksen jälkeen

### 9.2.1 Valaistuksen tehon tarve järjestelmässä

Asetinlaitteen laitteet on mitoitettu 25 kW teholle.

Valonheitinmastojen yhteenlaskettu pätöteho on:

$$P_{VHM} = 12,2 \text{ kW}$$

Tehokerroin valonheitinmastojen liitälaitteilla  $\cos\varphi = 0,5$ .

Näennäisteho valonheitinmastoilla ilman loistehon kompensointia on:

$$S_{VHM} = \frac{P}{\cos\varphi} = \frac{12,2 \text{ kW}}{0,5} = 24,4 \text{ kVA} \quad (24)$$

Näennäisteho, kun tehokerroin on kompensoitu arvoon 0,97 on:

$$S_{VHM} = \frac{P}{\cos \varphi} = \frac{12,2 \text{ kW}}{0,97} \approx 12,6 \text{ kVA} \quad (25)$$

Valonheitinmastojen ottama kokonaisvirta kompensoituna on:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{12,6 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} \approx 18,2 \text{ A} \quad (26)$$

### 9.2.2 Kokonaisteho järjestelmässä

Järjestelmän yhteenlaskettu näennäisteho on:

$$S_{kok} = 37,6 \text{ kVA}$$

Sähköliittymän mitoitusvirta on:

$$I = \frac{S}{\sqrt{3}U} = \frac{37,2 \text{ kVA}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV}} \approx 54,3 \text{ A} \quad (27)$$

Seuraava isompi liittymän koko on 3x63 A, jonka Rovaniemen Energia Oy tarjoaa.

Valitaan liittymän kooksi siis 3x63 A. Liittymän on noin 17 % ylimitoitettu.

### 9.2.3 Suojalaitteiden ja kaapelien mitoitus

Järjestelmässä käytetään ylikuormitus- ja oikosulkusuojana gG -tyypin sulakkeita.

Mitoitetaan järjestelmän mitoitusvirta  $\cos \varphi = 0,9$  arvon mukaan.

Valonheitinmastojen kokonaisvirta järjestelmässä on:

$$I_{VHM} = \frac{P}{\sqrt{3}U \cos \varphi} = \frac{12,2 \text{ kW}}{\sqrt{3} \cdot 0,4 \text{ kV} \cdot 0,9} \approx 20 \text{ A} \quad (28)$$



Taulukossa 11 on esitetty mitoitetut sulakkeet ja uudet kaapelit sekä varmistettu vanhojen kaapelien sopivuus muutokseen.

TAULUKKO 11. Suojaustarkastelu muutoksen jälkeen. Uudet kaapelit on alleviivattu.

Keskus / kaapelijako-kaappi	$I_B$ [A]	kaapeli tyyppi	kaapelin pituus [m]	$I_n$ [A]	$I_z$ [A]	ok?
Asetin.p - VHM15	20	<u>AMCMK 3x70+21</u>	120	32	185	ok
VHM15 - KJK uusi	20	<u>AMCMK 3x70+21</u>	194	25	185	ok
KJK uusi - VHM10	10	PLKVJ 3x16+10	195	16	78	ok
KJK uusi - VHM13	10	AMCMK 3x35+10	20	25	125	ok
KJK uusi - VHM14	10	AMCMK 3x35+10	40	25	125	ok
VHM14 - VHM11	10	<u>AMCMK 3x35+10</u>	175	20	125	ok

Varmistetaan, että mitoitus täyttää seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (29)$$

$I_B$  = on virtapiirin mitoitusvirta

$I_z$  = on johtimen jatkuva kuormitettavuus

$I_n$  = on suojalaitteen nimellisvirta

Valonheitinmastojen keskuksilla valaistuskuorma tulee järjestää mahdollisimman symmetrisesti kaikille vaiheille, jotta kuormitus olisi mahdollisimman tasainen ja PEN-johtimen paluuvirta olisi mahdollisimman pieni. Taulukosta 12 näemme nykyisen vaiheiden kuormituksen ja taulukosta 13 muutettavan kuormituksen. Vaiheiden kuormitus on nykyisellään jo melko tasainen. Muutamalla muutoksella saadaan kuormitus lähes symmetriseksi.

TAULUKKO 12. Nykyinen vaiheiden kuormitus

Mastokeskus	Valaisinkuorma vaiheittain		
	L1	L2	L3
VHM10	1000 W	1000 W	400 W
VHM11	2x1000 W	1000 W	
VHM13	1000 W		1000 W
VHM14	1000 W	1000 W	
VHM15	400 W	1000 W	1000W+400 W
Yhteensä	5,4kW	4kW	2,8kW

TAULUKKO 13. Vaiheiden kuormitus muutoksen jälkeen

Mastokeskus	Valaisinkuorma vaiheittain		
	L1-N	L2-N	L3-N
VHM10	1000 W	1000 W	400 W
<u>VHM11</u>	<u>1000 W</u>	1000 W	<u>1000 W</u>
VHM13	1000 W		1000 W
VHM14		1000 W	<u>1000W</u>
VHM15	<u>1000 W</u>	1000 W	<u>2x400 W</u>
Yhteensä	4 kW	4 kW	4,2 kW

#### 9.2.4 Valaistuksen loistehon kompensoinnin mitoitus

Loistehon kompensointi on järkevintä suorittaa keskitetysti asetinlaitteen pääkeskuksella, koska valaisimissa ei ole valaisinkohtaista kompensointia. Kompensointi on järkevintä suorittaa automatiikkaparistoilla, koska valaistus ei ole kokoajan päällä. Kompensointilaitteistoksi kannattaa valita estokelaparisto tai yliaalto-suodatin, koska purkauslamput tuottavat yliaaltoja verkkoon.

Kompensoidaan  $\cos \varphi$  arvoon 0,97, jolloin tarvittava kompensointiteho on:

$$Q = P \cdot 1,48 \quad (30)$$

$$Q \approx 18 \text{ kVAr}$$

Valitaan kompensointipatterin kooksi 20 kVAr. Tämän kokoinen patteristo vaatii keskuksella 50 A sulakkeen. (Ahponen ym. 1999, 165.)

### 9.2.5 Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema

Taulukossa 14 on laskettu jakamojen oikosulkuvirta ja jännitteenalenema. Tässä vaiheessa ei ollut tiedossa tarkkaa oikosulkuvirran arvoa pääkeskuksella. Kun pääsulakkeen koko on 100 A, on oikosulkuvirran keskuksella oltava vähintään 580 A. Laskelmat on laskettu 600 A oikosulkuvirran arvolla pääkeskuksessa.

Edeltävän verkon impedanssi on:

$$Z = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot I_k) = (0,95 \cdot 400 \text{ V}) / (\sqrt{3} \cdot 600 \text{ A}) \approx 0,366 \Omega \quad (31)$$

Valonheitinmaston VHM15 oikosulkuvirta on:

$$I_k = (c \cdot U) / (\sqrt{3} \cdot Z) = (0,95 \cdot 400 \text{ V}) / (\sqrt{3} \cdot (0,366 \Omega + 0,134 \Omega)) \approx 438 \text{ A} \quad (32)$$

Jännitteenalenema valonheitinmastolle VHM15 on:

$$\begin{aligned} u &= b \left( \rho_1 \frac{L}{S} \cos \varphi + \lambda L \sin \varphi \right) I_B \\ &= 1 \cdot (0,036 \Omega \text{ mm}^2 / \text{m} \cdot \frac{120 \text{ m}}{70 \text{ mm}^2} \cdot \cos 0,9 + 0,00008 \Omega / \text{m} \cdot 120 \text{ m} \cdot \sin 0,436) \cdot 20 \text{ A} \approx 1,2 \text{ V} \end{aligned} \quad (33)$$

$$\Delta u = 100 \% \frac{u}{U_0} = 100 \% \cdot \frac{1,2 \text{ V}}{230 \text{ V}} \approx 0,52 \% \quad (34)$$

Taulukosta 14 näemme, että oikosulkuvirrat ovat vaadittuja arvoja suuremmat ja täyttävät vaatimukset. Vaaditut arvot on saatu taulukosta 1. Jännitteenalenemäkin täyttävät vaatimukset.

TAULUKKO 14. Oikosulkuvirta ja jännitteenalenema

Keskus / kaapeli-jakokaappi	Ik [A]	Vaadittu Ik [A]	$\Delta u$ [%]	$\Delta u$ valaisin [%]
Pääkeskus	600	580	0	
VHM15	438	150	0,52	1,22
KJK uusi	304	180	1,24	
VHM10	134	110	2,12	2,82
VHM13	287	180	1,28	1,98
VHM14	270	180	1,41	2,11
VHM11	182	145	1,78	2,48

### 9.3 Laiturivalaistus ja infomonitorit

Laiturivalaistusta ei saa järkevästi liitettyä kumpaankaan verkkoon, koska kaapelipituudet tulisivat kohtuuttoman pitkiksi, eivätkä tarvittavat ehdot täytyisi. Tällä hetkellä laiturivalaistusta syötetään aseman muuntamolta matkatavaran säilytyksen pääkeskukselta JK3. Syöttö voitaisiin jättää nykyiselleen ja mittaroida lähtö. Näin saisi kohdistettua sähkönkulutus Liikennevirastolle. Laiturien infomonitorien kanssa voisi toimia samoin. Infomonitorin syöttö tulee asemanmuuntamon pääkeskukselta.

## 10 JOHTOPÄÄTÖKSET

Aluksi työn kokonaiskuvan hahmottaminen oli hankalaa, koska saatavilla olevat dokumentit olivat jokseenkin sekavia eivätkä vastannut nykytilannetta. Haasteena oli myös työn laajuuden rajaaminen. Työn edetessä kokonaiskuva ja työn tavoite selkeytyi ja työn tekeminen oli sujuvaa ja selvää. Työn tekeminen vaati dokumentointia ja valokuvaamista paikanpäällä muutamia kertoja, joka oli mielestäni mielenkiintoista ja tärkeää työn kannalta. Työn tekeminen vaati myös syventymistä pienjänniteverkkojen ja loistehon kompensoinnin mitoittamiseen. Kaiken kaikkiaan projekti onnistui mielestäni hyvin ja tuotettu työ on tilauksen mukainen.

## LÄHTEET

Ahponen, A., Kasurinen, E., Kukkonen, M., Laitinen, M., Laakkonen, R., Setälä, J., Tiainen, O., Tiensuu, A., Varsila, M. & Vuola, J. 1999. Lamput ja valaisimet. Espoo: Sähköinfo Oy.

Järvinen, A. Tulevaisuuden junien kulunvalvontajärjestelmän (ERTMS) rajapinnan sovittaminen nykyisiin rautateiden turvalaitteisiin. 2012. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/Its\\_2012-47\\_tulevaisuuden\\_junien\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/Its_2012-47_tulevaisuuden_junien_web.pdf). Luettu 15.2.2015.

Kauppi, V., Mäkinen, P., Reinikainen, V., Tiainen, E. & Ylinen, T. Sähköasennukset 4. Espoo: Sähköinfo Oy.

Käsikirja rakennusten sähköasennuksista D1-2012. 2012. 21. painos. Espoo: Sähköinfo Oy.

Laittilojen ja valaisimien maadoittaminen. 2002. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b9\\_laittilojen\\_valaisimien\\_maadoittaminen.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b9_laittilojen_valaisimien_maadoittaminen.pdf). Luettu 15.2.2015.

Liikennevirasto. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://portal.liikennevirasto.fi>. Luettu 2.7.2014.

Männistö, M., Hietalahti, L., Seesvuori, R., Seesvuori, V. & Wilen, T. Tliaallot ja kompensointi. 2006. Espoo: Sähköinfo Oy.

Ohje erityistöistä rautatiealueella. 2011. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj\\_ohje\\_erityistyosta.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/rtjj_ohje_erityistyosta.pdf). Luettu 14.3.2015.

Tiainen, E. Sähköasennukset 1. Espoo: Sähköinfo Oy.

Ratatekniset määräykset ja ohjeet. 2005. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato\\_5\\_sahkoistetty\\_rata.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_5_sahkoistetty_rata.pdf). Luettu: 15.2.2015

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 5. Sähköistetty rata. 2013. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2013-21\\_rato\\_5\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2013-21_rato_5_web.pdf). Luettu: 15.2.2015.

Ratatekniset ohjeet (RATO) osa 6. Turvalaitteet. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo\\_2014-07\\_rato6\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf8/lo_2014-07_rato6_web.pdf). Luettu 15.2.2015.

Rautatiealueelle tulevien kiinteiden laitteiden ja rakenteiden maadoitussuunnitelu. 2010. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2010-13\\_rautatiealueelle\\_tulevien\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2010-13_rautatiealueelle_tulevien_web.pdf). Luettu 15.2.2015.

SFS 6000. Sähköasennukset. Osa 1: pienjännitesähköasennukset. 2012. Suomen standardisoimisliitto SFS.

Sähkörataohjeet. 2009. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b22\\_sahkorataohjeet\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b22_sahkorataohjeet_web.pdf). Luettu 15.2.2015.

Talotekniikan verkkoaineisto. 2015. TN- järjestelmä. Tampere University of Applied Sciences. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://tate.blogs.tamk.fi/sahkoinen-talotekniikka/sahkoverkko/tn-jarjestelma/>. Luettu 13.3.2015.

Vaihteenlämmityksen tekniset määreet. 2006. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b17\\_vaihteenlammituksen\\_tekniset\\_maareet.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b17_vaihteenlammituksen_tekniset_maareet.pdf). Luettu 14.2.2015.

Valoa design. 2015. Motiva Oy. Www-dokumentti. Saatavissa: [http://www.motiva.fi/files/2648/EuP-direktiivin\\_vaikutusten\\_arviointi\\_Tie-ja\\_katuvalaistus\\_seka\\_toimistovalistus.pdf](http://www.motiva.fi/files/2648/EuP-direktiivin_vaikutusten_arviointi_Tie-ja_katuvalaistus_seka_toimistovalistus.pdf). Luettu 18.12.2014.

Vr-Yhtymä Oy. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vrtrack.fi/fi/vr-track/yrityksemme/>. Luettu 2.7.2014.

Vr-Yhtymä Oy. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/vr-group-yrityksena/toimintaymparisto/rautatiealan-keskeiset-toimijat/>. Luettu 2.7.2014.

Vr-Yhtymä Oy. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/liiketoiminnot/>. Luettu 16.11.2014.

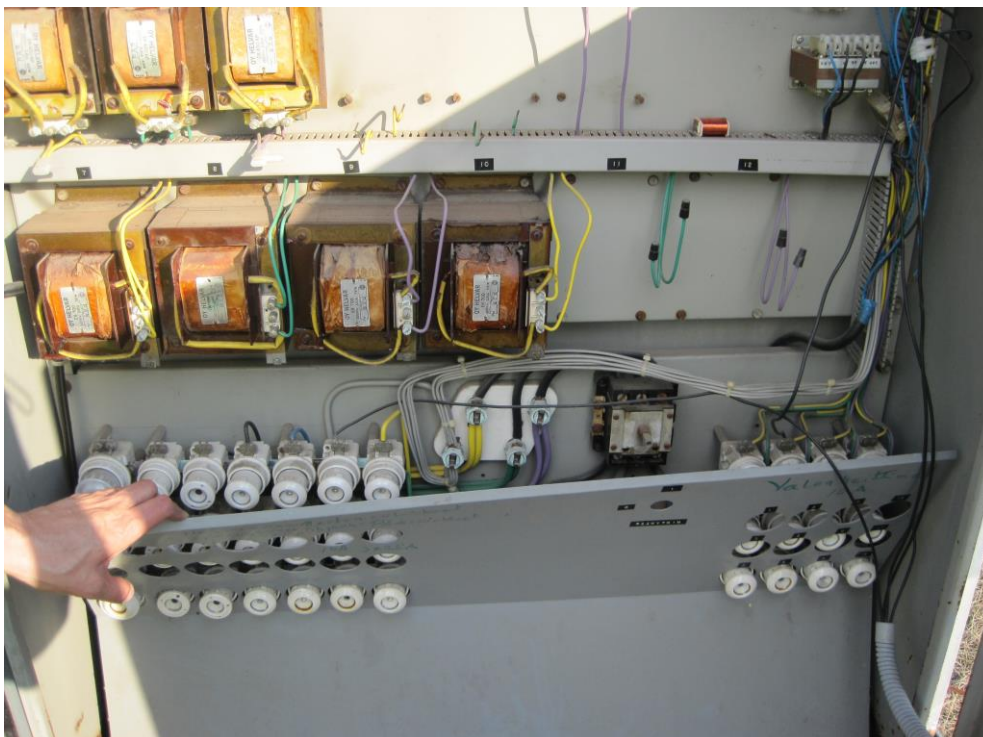
Vr-Yhtymä Oy. 2014. Www-dokumentti. Saatavissa: <http://www.vrgroup.fi/fi/vrgroup/liiketoiminnot/matkustajaliikenne/>. Luettu 16.11.2014.

Yleisohje johdoista ja kaapeleista ratahallintokeskuksen alueella. 2004. Www-dokumentti. Saatavissa:

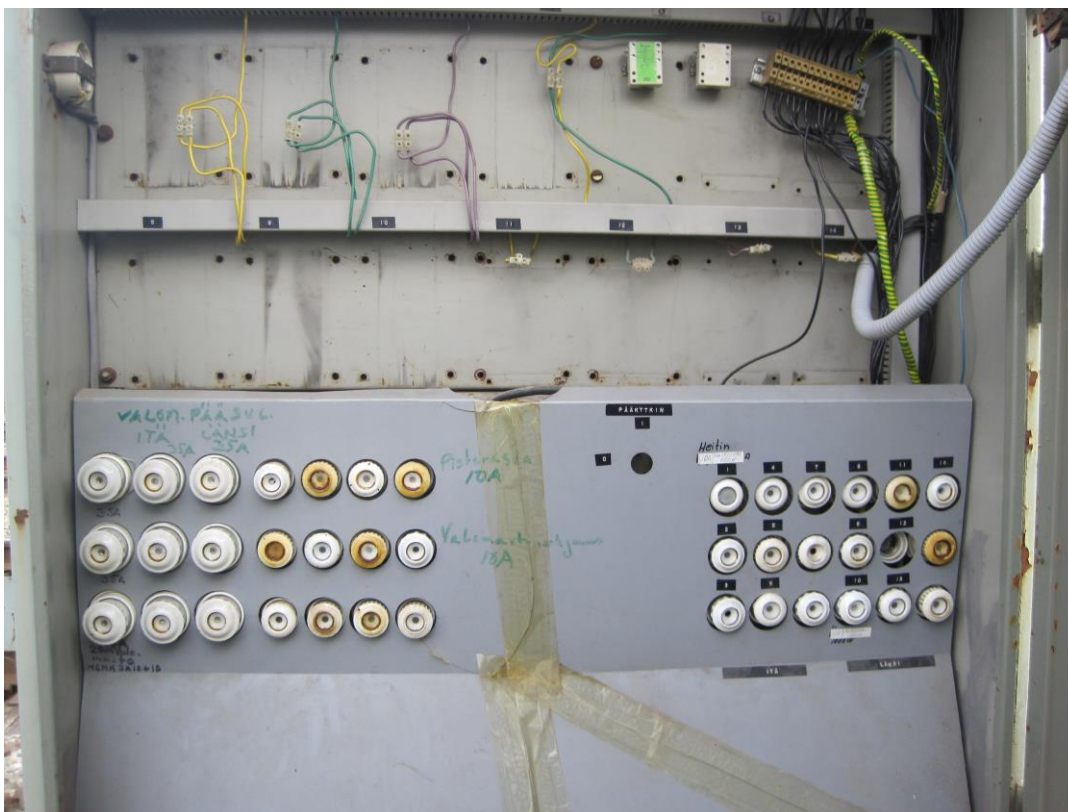
[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk\\_b13\\_yleisohje\\_johdoista\\_kaapelista.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rhk_b13_yleisohje_johdoista_kaapelista.pdf). Luettu 15.2.2015.



Valonheitinmaston VHM0 sähkökeskus nykyisin



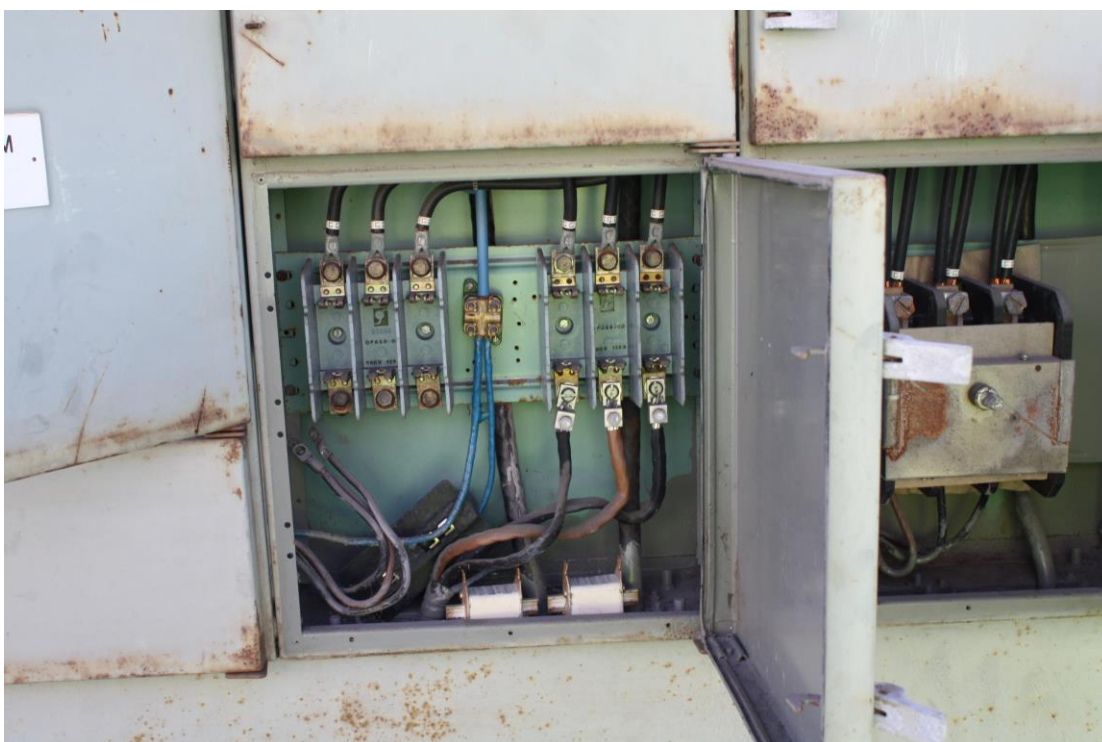
Valonheitinmaston VHM4 sähkökeskus nykyisin



Valonheitinmaston VHM15 sähkökeskus nykyisin



Valonheitinmaston VHM15 sähkökeskus nykyisin



Valonheitinmaston VHM15 sähkökeskus nykyisin



Valonheitinmaston VHM15 sähkökeskus nykyisin





	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	A																										
	KESKUS																										
	RYHMÄ																										
	OSOITE																										
	TUNNUS																										
	JOHDOTUS																										
	kVA/kW																										
	A / A																										
	HUOM.																										
A																											
B																											
C	Pääsulake																										
D	Pääkytkin																										
E																											
F	1.1 Valonheitin länsi																										
G	1.2 Valonheitin länsi																										
H	1.3																										
I	2.1 Valonheitin itä																										
J	2.2 Valonheitin itä																										
K	2.3																										
L	3 Voimavirtapistorasia																										
M	4.1 Pistorasia																										
N	4.2																										
O	4.2																										
P	5 Radiokoppi																										
Q	6 Autoniämityspistorasat																										
R	7																										
S																											
A	D muutos																										
B	E muutos																										
C	F muutos																										

Yhtymänumero

Sähköpostiosoite

Käsittelemisajan alkamispäivä

suunn. / 26.2.2015

Projektin alkamispäivä

Lehti

Projektiluokitus

1/1

Projektiluokitus

1/1

Tark.

SÄH

Valonheittimistö VHM1

Asetin.e

MCMO 7x1,5

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	KESKUS																										
A	RYHMÄ																										
B	OSOITE																										
C	TUNNUS																										
D	JOHDOTUS																										
E	kVA/kW																										
F	A / A																										
G	-UOM.																										
	<p>1</p> <p>2</p> <p>3</p> <p>4.1</p> <p>4.2</p> <p>4.3</p>																										
	<p>Pääkytkin / pääsulake</p> <p>Vaimavirtapistorasiala</p> <p>Va ohjain länsi</p> <p>Va ohjain itä</p>																										
	<p>Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallisohj.</p> <p>Kontaktori K1</p> <p>5.1 Paikallisohjaus</p> <p>Ohjauksivälitin</p> <p>Va aistuksenohjaukskapeli</p> <p>Va aistuksenohjaukskapeli</p> <p>5.2 Pistorasiala</p>																										
	<p>AMCMK 3x35+10</p> <p>MMJ 3x2,5</p> <p>MMJ 3x2,5</p> <p>MMJ 2,5</p> <p>MCMO 12x2,5</p> <p>MCMO 12x2,5</p> <p>1E/16</p>																										
	<p>25/63 Nousu KIK7</p> <p>Ei sulakkeita</p> <p>/25 /16</p> <p>/16</p> <p>10/10 1000W</p> <p>10/10 1000W</p> <p>/10</p> <p>6/10</p> <p>M4M4</p> <p>Asetin. e</p>																										
	<p>Suunn. /26.2.2015</p> <p>Sähkösuunn. / Typpinumero</p> <p>Lehti / Piirustusanumero</p> <p>1/1</p> <p>SÄH</p>																										
	<p>Valonheittimasto VHM2</p>																										

1:1.3.2015 BHW2.pst/lehti1



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37													
A	KESKUS																																							
B																																								
C	Pääkytkin / pääsulake																																							
D	1 Voimavirtapistorasias																																							
E	2 Valohetin tä																																							
F	3.1																																							
G	3.2																																							
H	3.3																																							
I	4.1																																							
J	4.2																																							
K	4.3 Valohetin läns																																							
L	5.1 Paikallisojaisuus																																							
M	Konttori K2																																							
N	Ohjauksen valinta 1=kouko-oi. 2=paikallisoj. Kontaktori K1																																							
O	Ohjauksen valinta 1=kouko-oi. 2=paikallisoj.																																							
P	Ohjauksella																																							
Q	Valaistuksenohjauksikaapeli																																							
R	Valaistuksenohjauksikaapeli																																							
S	5.2 Pistorasia																																							
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Suunn.</td> <td style="width: 15%;">/28.1.2015</td> <td style="width: 15%;">Kokonaisuus</td> <td style="width: 15%;">Sähkösopisto</td> <td style="width: 15%;">Tyyppinumero</td> </tr> <tr> <td>Piirt.</td> <td>IKG</td> <td>Lehti</td> <td>1/1</td> <td>Projekti</td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;"><b>Valonheittinmasto VHM5</b></td> <td style="text-align: right; font-size: 2em;"><b>SÄH</b></td> </tr> </table>																										Suunn.	/28.1.2015	Kokonaisuus	Sähkösopisto	Tyyppinumero	Piirt.	IKG	Lehti	1/1	Projekti	<b>Valonheittinmasto VHM5</b>				<b>SÄH</b>
Suunn.	/28.1.2015	Kokonaisuus	Sähkösopisto	Tyyppinumero																																				
Piirt.	IKG	Lehti	1/1	Projekti																																				
<b>Valonheittinmasto VHM5</b>				<b>SÄH</b>																																				

13.1.2015

VHM5 mastoskema

D muutos  
E muutos  
F muutos

A muutos  
B muutos  
C muutos



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	A	B	C	D	E	F	G	H	J	K	L	M	N	O	P	R	S										
	KESKUS																										
	RYHMÄ																										
	OSOITE																										
	TUNNUS																										
	JOHDOTUS																										
	kVA/kW																										
	A / A																										
	HUOM.																										
A																											
B																											
C	Pääkytkin / pääsulake																	AMCMK 3x25+10									
D	1 Voimavirtapistorasia																	/25									
E	2																	/16									
F	3																	/16									
F	4.1 Valoheitin itä																	MMJ 3x2,5									
F	4.2																	/10									
F	4.3 Valoheitin länsi																	MMJ 3x2,5									
G																		10/10									
G																		Valaisin 1000W									
G																		Valaisin 1000W									
H																											
H																											
J																											
J																											
K	Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallisohj. Kontaktori K1																										
K																											
L	5.1 Paikallisuus																	MMJ 2,5									
L																		6/10									
M																											
M																											
N																											
N																											
O	Ohjauksiviliitin																										
O	Valaistuksen ohjauksikaapeli																	MCMK 3x2,5+2,5									
P																		VHM7									
P																											
R																											
R	5.2 Pistorasia																	16/16									
S																											
S																											

suunn.	26.2.2015	Kokonaistus	Sähköpostilla	lyönumero
irt.		Lehti		
ok.		1/1		
<b>SÄH</b>				

Valonheitinmasto VHM6

C muutos  
B muutos  
A muutos

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																			
A	KESKUS																																													
B																																														
C	Pöykylkin																																													
D	2.1 Valheitin länsi																																													
E	2.2 Valheitin itä																																													
F	2.3																																													
G	3. Valoväritapahtarin																																													
H																																														
I																																														
J																																														
K	Ohjauksen valinta =kouko-ol i. 2=paikallisol i. kontaktori <1																																													
L	1 Paikallisolisuus																																													
M	Kontaktori <2																																													
N	Ohjauksen valinta =kouko-ol i. 2=paikallisol i.																																													
O	Ohjusvirvilitin																																													
P	Valaistuksenohjaukskaapeli																																													
Q	Valaistuksenohjaukskaapeli																																													
R	Valaistuksenohjaukskaapeli																																													
S	Valaistuksenohjaukskaapeli																																													
A	A muutos																																													
B	B muutos																																													
C	C muutos																																													
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Suunn.</td> <td style="width: 15%;">26.2.2015</td> <td style="width: 15%;">Kokonaistus</td> <td style="width: 15%;">Sähkösopisto</td> <td style="width: 15%;">Lytinumero</td> </tr> <tr> <td>Fiili.</td> <td></td> <td>Laki.</td> <td></td> <td>Prustinumero</td> </tr> <tr> <td>Tot.</td> <td></td> <td>1/1</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Tark.</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><b>SÄH</b></td> </tr> </table>																											Suunn.	26.2.2015	Kokonaistus	Sähkösopisto	Lytinumero	Fiili.		Laki.		Prustinumero	Tot.		1/1			Tark.				<b>SÄH</b>
Suunn.	26.2.2015	Kokonaistus	Sähkösopisto	Lytinumero																																										
Fiili.		Laki.		Prustinumero																																										
Tot.		1/1																																												
Tark.				<b>SÄH</b>																																										
<b>Valonheitinmasto VHM7</b>																																														

13.3.2015

VHM7.mastoluonnos

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
A	KESKUS																										
B																											
C	Pätkytkin / pääsulake																										
D	1 Voimavirtapistorasias																										
E	2																										
F	3																										
G	4.1 Valoheittin itä																										
H	4.2 Valoheittin läns																										
I	4.3 Valoheittin läns																										
J																											
K	Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallisonj. Kontaktori K1																										
L	5.1 Paikallisonjous																										
M																											
N																											
O	Ohjauksvaliittin																										
P	Valaistuksenohjouskaapeli																										
Q																											
R																											
S	5.2 Pistorasia																										
A	RYHMÄ																										
B																											
C																											
D																											
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
Q																											
R																											
S																											
A	OSOITE																										
B																											
C																											
D																											
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
Q																											
R																											
S																											
A	TUNNUS																										
B																											
C	AMCMK 3x25+10																										
D																											
E																											
F	MMJ 5x2,5																										
G	MMJ 5x2,5																										
H	MMJ 5x2,5																										
I																											
J																											
K																											
L	MMJ 2,5																										
M																											
N																											
O																											
P	MCMK 3x2,5+2,5																										
Q																											
R																											
S																											
A	kVA/kW																										
B																											
C																											
D																											
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L	6/10																										
M																											
N																											
O																											
P																											
Q																											
R																											
S																											
A	A / A																										
B																											
C	25/63																										
D																											
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
Q																											
R																											
S																											
A	HUOM.																										
B																											
C	Nousu K.K.K6																										
D	Ei sulakkeita																										
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P	VHM7																										
Q																											
R																											
S																											
A	Kotonausuu																										
B	Sähkösäätö																										
C	Työnumero																										
A	Suunn. /28.1.2015																										
B	Pirt. /1/																										
C	Pirt. /1/																										
D	Pirt. /1/																										
E	Pirt. /1/																										
F	Pirt. /1/																										
G	Pirt. /1/																										
H	Pirt. /1/																										
I	Pirt. /1/																										
J	Pirt. /1/																										
K	Pirt. /1/																										
L	Pirt. /1/																										
M	Pirt. /1/																										
N	Pirt. /1/																										
O	Pirt. /1/																										
P	Pirt. /1/																										
Q	Pirt. /1/																										
R	Pirt. /1/																										
S	Pirt. /1/																										
A	Valonheittinmasto VHM10																										
B																											
C																											
D																											
E																											
F																											
G																											
H																											
I																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
Q																											
R																											
S																											
A	SÄH																										

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37
	KESKUS																										
A																											
B																											
C																											
D																											
E																											
F																											
F																											
G																											
H																											
J																											
K																											
L																											
M																											
N																											
O																											
P																											
R																											
S																											
A	RYHMÄ	OSOITE	TUNNIUS	JOHDOTUS	kVA/kW	A / A	HUOM.																				
B																											
C		Pääkytkin / pääsulake		AMCMK 3x50 I17		125/125	Nousu K,K6																				
D	1	PRK8		AMCMK 3x35+10		100/125																					
E	2	PRK9		AMCMK 3x35+10		100/125																					
F	3					/25																					
F	4	Pistorasia				10/10																					
G																											
H		Ohjauksen valinta 1=kauko-ohj. 2=paikallishöj.																									
J	4	Kontaktori K1 Kontaktori K2 Paikallishöjus																									
K		Valaistuksenohausraappeli		MCMO 12x2,5		/25	SPK1 asenna VHM7																				
L	5	Valaistuksenohausraappeli		MCMO 12x2,5																							
M	6.1	Valonheitin itä		MMJ 3x2,5		10/10	1000W																				
N	6.2	Valonheitin länsi		MMJ 3x2,5		10/10	1000W																				
O	6.3					/10																					
P	7.1	Valonheitin länsi		MMJ 3x2,5		10/10	1000W																				
R	7.2					/10																					
S	7.3					/10																					
S	8					/25																					
S	9	Voimavirtapistorasia				/25																					

Saun. / 28.2.2015		Kokonaus	Sähöpaisto	Työnumero
Lehti	1/1	Lehti	1/1	
Par.		Par.		
<b>Valonheitinmasto VHM11</b>				<b>SÄH</b>

13.3.2015

VHM11 markkinointi

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37										
A	KESKUS																																				
B																																					
C	Pääkytkin / pääsulake																																				
D	1 Voimavirtapistorasia																																				
E	2 Autonommmitys pistorasiat																																				
F	3.1																																				
F	3.2																																				
F	3.3																																				
G	4.1 Valohetkinäyttö																																				
G	4.2																																				
G	4.3 Valohetkinäyttö																																				
H																																					
J																																					
K	Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallissohj. Kontaktori <1																																				
L	5.1 Paikallissohjus Kontaktori <2																																				
M	Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallissohj.																																				
N																																					
O	Ohjauksen valinta 1=kouko-ohj. 2=paikallissohj.																																				
P	Valaistuksenohj. puskakaapeli																																				
P	Valaistuksenohj. puskakaapeli																																				
R																																					
S	5.2 Pistorasia																																				
A	D muutos																																				
B	F muutos																																				
C	F muutos																																				
<table border="1" style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Kokonaismäärä</td> <td style="width: 15%;">/26.2.2015</td> <td style="width: 15%;">Sähkökopioita</td> <td style="width: 15%;">yönumero</td> </tr> <tr> <td>Lehti</td> <td>1/1</td> <td>Prinssi numero</td> <td>SÄH</td> </tr> <tr> <td>Tark.</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </table>																										Kokonaismäärä	/26.2.2015	Sähkökopioita	yönumero	Lehti	1/1	Prinssi numero	SÄH	Tark.			
Kokonaismäärä	/26.2.2015	Sähkökopioita	yönumero																																		
Lehti	1/1	Prinssi numero	SÄH																																		
Tark.																																					
<b>Valonheitinmasto VHM13</b>																																					

13.3.2015

BMV 3 muutoslehti



	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																				
	KESKUS																RYHMÄ	OSIITE	TUNNUS	JOHDOTUS	KVA/kW	A / A	HUOM.																								
A																																															
B																																															
C																																															
D																																															
E																																															
F																																															
G																																															
H																																															
J																																															
K																																															
L																																															
M																																															
N																																															
O																																															
P																																															
R																																															
S																																															

A muutos  
 E muutos  
 C muutos

Kaapelijakokaappi KJK5

Suuruus / 14.3.2015  
 Piirustusnumero  
 SÄH

Kokoamisus  
 Sähkösäätö  
 Työnumero







	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37																																
A	KESKIUUS																										RYHMÄ	OSOITE	TUNNUS	JOHDOTUS	kVA/AW	A / A	HUOM.																										
B																																																											
C	Puitostuuntamo K11																													APAKM 3x185+185		200																											
D	1 Vesipöstin lämmitys																										1			MCMK 4x6+5		35/200																											
E	2 Veturin lämmitys PRK1																										2			AMCMK 4x70+21		125/200																											
F	3 Veturin lämmitys PRK2																										3			AMCMK 4x70+21		125/200																											
G	4 Veturin lämmitys PRK3																										4			AMCMK 4x70+21		125/200																											
H	5 Veturin lämmitys PRK4																										5			AMCMK 4x70+21		125/200																											
I																																																											
J																																																											
K																																																											
L																																																											
M																																																											
N																																																											
O																																																											
P																																																											
Q																																																											
R																																																											
S																																																											

A muutos  
B muutos  
C muutos

Kaupeli jakokaappi KJK8

Kokonaissumma  
SÄH

14.3.2015  
Lehti 1/1  
Pöytäkirja

