



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

TEOLLISUUSHALLIEN SÄHKÖ- KUVIEN DOKUMENTOINTI JA KESKUSTEN LÄMPÖKUVAUS

TEKIJÄ: Niko Putkonen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Sähkötekniikan koulutusohjelma	
Työn tekijä Niko Putkonen	
Työn nimi Teollisuushallien sähkökuvien dokumentointi ja keskusten lämpökuvaus	
Päiväys 21.5.2017	Sivumäärä/Liitteet 35/17
Ohjaaja Lehtori Heikki Laininen	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Sähköasennus Sähkömestarit Oy	
Tiivistelmä <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Kuopiossa Sähköasennus Sähkömestarit Oy:lle, jolta työn oli tilannut Matti Korhonen. Työn tavoitteena oli luoda nykyaikaiset, nykyisiä sähköasennuksia vastaavat sähködokumentit jo olemassa oleviin teollisuushalleihin. Sen lisäksi työssä suoritettiin lämpökamerakuvaukset teollisuushallikonaisuuden sähkökeskuksiin. Opinnäytetyössä perehdyttiin johtimien, kaapeleiden, sulakkeiden ja keskusten valintaan, asennukseen ja dokumentointiin sekä lämpökuvaukseen ja sen suorittamiseen.</p> <p>Työssä kartoitettiin teollisuushallien sähköasennusten nykytilanne. Asennuksia vastaavat sähkökuvat piirrettiin Cads Planner 17:llä. Lämpökuvauksessa käytössä oli Flir E6 mallin lämpökamera, jolla saatiin kuvattua kaikki kuvauskohteina olleet sähkökeskukset. Lämpökuvauksen raportoinnissa voitiin käyttää hyödyksi sekä lämpö- että digikuvia.</p> <p>Lopputuloksena saatiin luotua hallin omistajalle nykyaikaisia sähköasennuksia vastaavat sähködokumentit. Myös lämpökuvauksessa saatiin suoritettua kuvaus ennalta sovituille sähkökeskuksille ja niistä laadittiin lämpökuvausraportti.</p>	
Avainsanat Teollisuushalli, sähkökuvat, sähkökuvien dokumentointi, lämpökuvaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Electrical Engineering			
Author Niko Putkonen			
Title of Thesis Documentation of Electrical Drawings and Thermal Imaging of Electrical Components			
Date	21 May 2017	Pages/Appendices	35/17
Supervisor Mr. Heikki Laininen, Lecturer			
Client Organisation /Partners Sähköasennus Sähkömestarit Oy			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was done for Sähköasennus Sähkömestarit Oy from Kuopio who had received a commission. Sähkömestarit got this commission order from Matti Korhonen who is the owner of the target halls. The commission deals with his industrial halls. There were not any electrical drawings of the halls. The purpose of this thesis was to update those electrical drawings.</p> <p>At first the current of electrical installations was checked. Then all the electrical distribution centers was located for and marked to the electric drawings. After that all electrical components were located (sockets, lamps, switches etc.) and marked as well. When all the components had been marked by hand in the drawings, they were drawn by using the CADS planner 17 program.</p> <p>The thermal imaging of electrical components was made by using the Flir E6 thermal camera. If there were some hot points in the components it had to be mentioned in the thermal imaging report.</p> <p>As a result of this thesis, the electrical drawings were updated to match the electrical installations. Also the thermal imaging report was made successfully and sent to the owner of the halls.</p>			
Keywords Industrial building, electrical drawings, documentation of electrical drawings, thermal imaging			

ESIPUHE

Opinnäytetyöni päätavoite oli luoda nykyisiä sähköasennuksia vastaavat sähkökuvien dokumentit teollisuushallikokonaisuuden omistajalle. Haluan kiittää Sähköasennus Sähkömestareiden toimitusjohtajaa Martti Ikosta sekä teollisuushallikompleksin omistajaa Matti Korhosta hänen tarjoamasta työstään, joka oli kokonaisuudessaan monipuolinen opinnäytetyöksi. Samalla haluan kiittää ohjaavaa opettajaa, lehtori Heikki Lainista työn ohjaamisesta ja neuvojen antamisesta etenkin työn loppuvaiheessa.

Erityismaininnan saa puolisoni Henriikka Huittinen, joka samana keväänä suoritti omaa opinnäytetyötään. Henriikka kannusti, kiritti ja tuki omalla toiminillaan työn etenemistä ja sen valmiiksi saamista.

Kuopiossa 21.5.2017

Niko Putkonen

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	TEOLLISUUSHALLIKOKONAISUUS.....	8
3	YLEISTIETOA KESKUKSISTA JA KAAPELEISTA	9
3.1	Kaapelit ja johtimet.....	9
3.1.1	Johdon kuormitettavuus	9
3.1.2	Jännitteenalenema	10
3.1.3	Ylivirtasuojaus.....	11
3.1.4	Ylikuormitussuojaus	11
3.1.5	Oikosulkusuojaus	11
3.2	Varokkeet.....	12
3.3	Ryhmäkeskukset.....	12
3.4	Dokumentointi	12
4	ALKUTILANNE	13
4.1	Keskusten paikallistaminen	13
4.2	Keskukset ja nousujohtokaaviot	13
4.2.1	Muutosten selvittäminen.....	14
4.2.2	Muutosten varmistaminen.....	14
5	SÄHKÖKUVAT JA NIIDEN PIIRTÄMINEN	15
5.1	Asemakaavio	15
5.2	Tasokuvat	16
5.3	Yleiskaapelointi	17
5.4	Nousujohtokaavio	18
5.5	Keskuskaaviot.....	18
5.6	Maadoituskaavio	19
6	LAITTEISTOJEN LÄMPÖKUVAUS	20
6.1	Määritelmiä	20
6.2	Lämpökuvauksen perusteet	20
6.2.1	Lämpösäteily	21
6.2.2	Emissiivisyys.....	21
6.3	Mittalaitteet	22
6.4	Kuvattava laitteisto	23

6.5	Turvallisuus	23
6.6	Havaittavia vikoja	24
6.6.1	Löysät liitokset	24
6.6.2	Epäsymmetrinen kuormitus.....	25
6.6.3	Mahdollisia muita vikoja.....	25
7	LÄMPÖKUVAUSTEN SUORITTAMINEN JA TULKITSEMINEN	26
7.1	Kuvauslaite.....	26
7.2	Kuvattavat kohteet.....	27
7.2.1	Pääkeskus (Halli 2).....	28
7.2.2	Ryhmäkeskus RK1.....	29
7.2.3	Kiinteistökeskus KK	30
7.2.4	Ryhmäkeskus RK9.....	31
7.3	Havainnot ja raportointi.....	33
8	YHTEENVETO.....	34
	LÄHTEET	35
	LIITE 1: PIIRUSTUSLUETTELO.....	36
	LIITE 2: ASEMAPIIRROS	37
	LIITE 3: TASOPIIRROS HALLI 1	38
	LIITE 4: TASOPIIRROS HALLI 2.....	39
	LIITE 5: TASOPIIRROS TOIMISTOHALLI	40
	LIITE 6: NOUSUJOHTOKAAVIO.....	41
	LIITE 7: KESKUSKAAVIO RK 7	42
	LIITE 8: MAADOITUSKAAVIO	46
	LIITE 9: LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI	47

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön aiheena on laatia teollisuushallikokonaisuuteen nykyaikaiset, päivitetyt sähkökuvat sekä suorittaa lämpökamerakuvaukset kyseessä olevasta kokonaisuudesta. Opinnäytetyön alkuvaiheessa ei ollut tietoa siitä, löytyykö kohteesta minkäänlaisia valmiita sähködokumenteja. Pääaiheena opinnäytetyössä ovat dokumenttien osalta sähköpistekuvat, sähkökeskuskaaviot ja nousujohtokaavio. Keskuksia ja niiden ryhmitäytksiä tutkittaessa ja lämpökuvattaessa huomiota tulee kiinnittää myös teollisuushallin sähköturvallisuuteen.

Toimeksiantaja on Sähköasennus sähkömestarit Oy, jolta työn oli tilannut Matti Korhonen. Tilaajan toiveena oli, että nykyisistä sähköasennuksista saataisiin laadittua sähkökuvat, joita ei aikaisemmin ollut valmiina sähköisessä muodossa. Työhön lisättiin kuvien piirtämisen lisäksi valittujen sähkökeskusten lämpökuvaus, jotta niistä nähtiin mahdolliset ongelmatilanteet ylikuumenemisen muodossa.

2 TEOLLISUUSHALLIKOKONAISUUS

Opinnäytetyöhön kuuluva tontti ja sen rakennukset sijaitsevat Kuopion alueella. Rakennusten omistaja on kuopiolainen Matti Korhonen. Tontilla on yhteensä neljä eri rakennusta, joista kaksi ovat teollisuushalleja, yksi toimii niin sanottuna toimisto- ja leporakennuksena sekä yksi rakennus on vanha rintamamiestalo, joka odottaa mahdollista purkutuomiota.

Teollisuushalleissa toimii yhteensä kolme eri toimijaa. Uusimmassa rakennuksessa, joka on uudelleen rakennettu vuonna 2010, toimii metallialanyrittäjä. Hallin kokonaispinta-ala on noin 370 m², josta teollisen hallin puoli on 210 m² ja toimistupuoli on 160 m².

Toisen teollisuushallin jakavat kaksi eri vuokralaista. Hallin kokonaispinta-ala on 385 m², josta sosiaali- ja toimistotilaa on noin 70 m². Vuokralaiset toimivat eri aloilla, joten niiden sähkönkulutuksensa on eri luokkaa. Tämän vuoksi halliin on tehty jälkikäteen sähkömuutostöitä. Sähköasennukset on muutettu siten, että molemmille vuokralaisille on asennettu omat sähkönkulutusmittarit, jotta niiden omaa sähkönkulutustaan on helpompi seurata.

Tontin uusin rakennus on toimistorakennus, joka on rakennettu vuonna 2010 valmistuneen teollisuushallin jälkeen. Toimistorakennuksen pinta-ala 176 m² ja siellä on myös erillinen työskentelyhalli (85 m²), jota käytetään mm. henkilöautojen korjaustilana. Toimistohalli on tällä hetkellä erään vuokralaisen hallussa ja se toimii sosiaali- ja lepotilana.

Alueen neljäs rakennus on vanha rintamamiestalo, joka ei ole enää käytössä. Talo odottaa purkutuomiota ja sen tilalle on suunnitteilla uudenlainen rakennus.

3 YLEISTIETOA KESKUKSISTA JA KAAPELEISTA

3.1 Kaapelit ja johtimet

Kaapelien ja johtimien on oltava standardien mukaiset tai niiden rakenteen on vastattava turvallisuustasoltaan standardeissa vaadittua. Kaapelirakenteiden standardeja on koottu Cenelecin laatimiin HD-harmonisointikirjoihin. Nimellisjännitteeltään niiden on oltava sopivia asennettavaan järjestelmään. Johtimien poikkipintojen tulee olla riittävän suuria ja värien on noudatettava standardin SFS 6000 kohdan 514 vaatimuksia. Kaapeleiden on kestettävä asennuspaikan ulkoisten tekijöiden vaikutukset, näitä ovat mm. ympäristön lämpötila, vesi ja vieraat kiinteät aineet sekä korrosio.

Johtimien poikkipintaa määritettäessä on huomioitava kuormitettavuus, oikosulkukestoisuus, vikasuojausvaatimusten kannalta virtapiirin suurin impedanssi, jännitteenalenema ja johtimiin kohdistuvat mekaaniset rasitukset. (D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2014, s. 186)

3.1.1 Johdon kuormitettavuus

Johdon kuormitettavuus määritellään johdon suurimman sallitun lämpötilan mukaan. Kuormitettavuuteen vaikuttavat johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden johtimien läheisyys.

Kuormitettavuuksista on tehty kuormitettavuustaulukoita IEC 60364-5-523 -standardin pohjalta. Näitä taulukoita on tehty sekä yksi- että kolmivaihepiireille sekä erikseen PVC- ja PEX-eristeisille johtimille. Lisäksi asennustavat on eritelty yhdeksään ryhmään kuormitettavuuden perusteella. Taulukot löytyvät mm. standardikirjasta SFS 6000. (D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2014, s. 216)

Johdon kuormitettavuus voidaan laskea kaavasta:

$$I_z = I_t * C_1 * C_2 * C_3 \dots \quad (1)$$

jossa,

I_t = taulukossa esitetty kuormitettavuus yhdelle virtapiirille standardin mukaisissa asennusolosuhteissa.

C_1, C_2, C_3 jne. ovat korjauskertoimia, joilla otetaan huomioon asennusolosuhteet. (SFS 6000, 2012)

Asennusolosuhteiden korjauskertoimia ovat jo mainitut johdinmateriaali, eristemateriaali, ympäristön lämpötila, asennustapa sekä muiden johtimien läheisyys.

3.1.2 Jännitteenalenema

SFS 6000 suosittelee, ettei jännitteenalenema ylittäisi 4 %:a ryhmäjohtotasolla. Keskuksella jännitteenalenema ei saisi ylittää ± 10 %:a. Mikäli jännitteenalenema poikkeaa suositusarvoista, voidaan se hyväksyä erikoistapauksissa. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi moottorit käynnistyksen aikana ja muut laitteet, joilla on suuri käynnistysvirta. (SFS 6000, 2012)

Jännitteenalenema voidaan laskea erikseen sekä yksi- että kolmivaiheiselle vaihtojännitteellä kaavoista 2 ja 3.

Jännitteenalenema yksivaihesella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I * 2 * l * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (2)$$

Jännitteenalenema kolmivaihesella vaihtojännitteellä:

$$\Delta U = I * 1 * \sqrt{3} * (r \cos \varphi \pm x \sin \varphi) \quad (3)$$

jossa (kaavat 2 ja 3),

ΔU = Jännitteenalenema voltteina (V)

I = johdossa kulkeva virta (A)

l = johdon pituus (m)

r = johdon ominaisresistanssi (Ω/m)

x = johdon ominaisreaktanssi (Ω/m)

φ = virran ja jännitteen välinen vaihekulma

Kaavoissa 2 ja 3 plusmerkkiä käytetään induktiivisella kuormalla ja miinus-merkkiä kapasitiivisellä kuormalla.

Suhteellinen jännitteenalenema saadaan kaavasta 4:

$$\Delta u = \frac{\Delta U}{U_n} * 100 \% \quad (4)$$

jossa,

Δu = suhteellinen jännitteenalenema

ΔU = Jännitteenalenema voltteina (V)

U_n = nimellisjännite

3.1.3 Ylivirtasuojaus

Jokainen virtapiiri (=vaihejohtimet) on varustettava ylivirtasuojalla, jonka on katkaistava virtapiirissä esiintyvä ylivirta, ennen kuin lämpötila nousee niin, että eristys, jatkokset, liitokset tai johtimien ympäristö vahingoittuvat. Nykyään sama suojalaite toimii yleensä sekä ylikuormitussuojana että oikosulkusuojana.

3.1.4 Ylikuormitussuojaus

SFS 6000:n mukaan johdinta ylikuormitukselta suojaavan suojalaitteen on täytettävä seuraavat ehdot:

$$I_B \leq I_n \leq I_z \quad (5)$$

$$I_2 \leq 1,45 * I_z \quad (6)$$

jossa,

I_B = virtapiirin mitoitusvirta

I_z = johtimen jatkuva kuormitettavuus

I_n = suojalaitteen nimellisvirta

I_2 = virta, joka varmistaa suojalaitteen toimimisen suojalaitteelle määritellyssä tavanomaisessa toiminta-ajassa. Virran I_2 arvo, jolla suojalaite toimii tehokkaasti, on annettu laitestandardeissa tai saadaan valmistajalta. (Tiainen, 2010)

3.1.5 Oikosulkusuojaus

Oikosulkusuojauksen toimivuuden kannalta sen tulee täyttää seuraavat ehdot:

Oikosulkusuojan tulee kytkeä oikosulku pois, ennen kuin se aiheuttaa johtimissa tai liitoksissa lämpö- ja mekaanisista vaikutuksista johtuvaa vaaraa. Ehdot täyttävä poiskytkentäaika voidaan määrittellä kaavasta 7:

$$t = \left(k * \frac{A}{I}\right)^2 \quad (7)$$

jossa,

t = kesto aika (s)

A = johdinpoikkipinta (mm²)

I = todellinen oikosulkuvirta (A) tehollisarvona

k = kerroin, joka ottaa huomioon johdinmateriaalin resistiivisyyden, lämpötilakertoimen ja lämmönvarauskyvyn sekä sopivat alku- ja loppulämpötilat. Vaihejohtimien k-arvot on esitetty SFS 600-1 taulukosta 43.1. (SFS 6000, 2012, s. 134)

3.2 Varokkeet

Varokkeella eli sulakkeella tarkoitetaan virtapiirissä olevaa turvalaitetta. Sen tarkoituksena on suojata sähkön käyttäjää tapaturmalta tai vaaralta, jos sähkölaite ylikuormittuu tai siihen ilmenee jokin muu sähkötekniinen vika, esimerkiksi oikosulku.

Varokkeen vaihtaminen tapahtuu yleensä virrattomana. Mikäli virtapiiriä ei voida tehdä virrattomaksi tuottamatta haittaa, voidaan enintään 25 A tulppasulake vaihtaa virrallisena. Maallikko voi vaihtaa enintään 25 A tulppasulakkeen, joissa kosketustussuojaus toteutuu ja oikosulusta ei aiheudu vaaraa. (SFS 600-2, 2012)

Nimellisvirraltaan suurempien kuin 25 A varokkeiden vaihtamiseen tarvitaan ammattihenkilö. Mikäli ammattihenkilö joutuu vaihtamaan virrallisia varokkeita, esimerkiksi 63 A tulppa tai kahvasulakkeen, voidaan vaihtotyö toteuttaa virrallisena siinä tapauksessa, mikäli virtapiiriä ei voida tehdä virrattomaksi tuottamatta haittaa. Tällaisissa vaihtotöissä noudatetaan erityisiä työohjeita ja työssä on käytettävä varokkeen vaihtoon tarkoitettuja erityissuojavälineitä. Kahvasulakkeiden vaihdossa suositellaan käytettäväksi aina suojahihalla varustettua vaihtokahvaa. (SFS 600-2, 2012)

3.3 Ryhmäkeskukset

Ryhmäkeskukset tulee sijoittaa niin, että niiden ympärillä tulee olla tarpeeksi tilaa asentamista ja myöhemmin mahdollisten yksittäisten laitteiden vaihtamista varten. Keskuksiin tulee päästä helposti käsiksi käyttöä, testausta, tarkastusta, huoltoa ja korjausta varten.

Ryhmäkeskuksella johtojen ja kaapeleiden liitäntäpaikat tulee olla helposti asennettavissa ja muunneltavissa.

3.4 Dokumentointi

Sähköasennusten dokumentointiin on käytettävä kaavioita, piirustuksia ja taulukoita. Dokumenteista on selvittävä sähköpisteiden sijainnit, johtimien koko ja lukumäärä sekä johtimien lajit ja tyypit. Suoja-, kytkin-, ja erotuslaitteiden ominaisuudet ja sijainti tulee myös ilmetä dokumentoinnissa. Edellä mainitut tiedot täytyy olla käytettävissä asennusten jokaisesta piiristä ja ne tulee päivittää jokaisen asennuksesta johtuvan muutostyön jälkeen.

Dokumenttien säilytys- ja ylläpitämisvelvoite on sähkölaitteiston haltijalla. Sähköurakoitsijan velvollisuutena on huolehtia omasta tekemästä asennustyöstä ja sen dokumentoinnista. Erityisesti kannattaa korostaa jo olemassa oleviin asennuksiin kohdistuvien muutos- ja laajennustöiden aiheuttamien lisäysten ja korjausten tekemistä sähkölaitteistoa koskeviin piirustuksiin ja kaavioihin. (D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista, 2014, s. 179)

Sähkölaitteiston käytön kannalta on oleellista, että tarpeelliset dokumentit ovat olemassa ja ne ovat ajantasalla.

4 ALKUTILANNE

Opinnäytetyön suorittamisen alussa minulla ei ollut aavistustakaan kyseisen hallin toiminnasta, sen kokonaisuudesta tai hallien ja toimistorakennuksen yhtenäisyyksistä. Alkuun tutustuimme hallin omistajan, Matti Korhosen sekä lehtori Heikki Lainisen kanssa paikkoihin ja katsoimme mitä kaikkea voisimme opinnäytetyöhöni ottaa mukaan.

Päädyimme pohdintojemme jälkeen aiheisiin, jotka koskevat sähködokumenttien päivittämistä ja lämpökamerakuvausta hallien sähkökeskuksiin. Aiheen rajauksen jälkeen alkoi miettiminen, kuinka työtä tullaan suorittamaan ja missä järjestyksessä. Päädyin lopputulokseen, että ensiksi tuotin sähkökuvat vastaamaan nykyisiä asennuksia ja sen jälkeen vuorossa oli lämpökamerakuvausten suorittaminen ja tulkitseminen. Tulkinnoista tuotettiin lämpökuvausraportti (Liite 9).

4.1 Keskusten paikallistaminen

Sähkökuvien päivittäminen alkoi kaikkien sähkökeskusten paikallistamisella ja kirjaamisella pohjakuvaan. Uudemmassa hallissa sijaitsi sähköpääkeskus, joten selvitystyö aloitettiin sieltä. Pääkeskuksesta ei löytynyt minkäänlaisia pääkeskuskaavioita, eikä hallin omistajalla ollut mitään kuvia sähköisessä muodossa, joten selvitystyö tuli tehdä alusta alkaen. Omien näköhavaintojen ja hallin omistajan selvitysten perusteella selvisi, että pääkeskuksesta lähtevät syötöt kaikkien hallien omille ”pääkeskuksille”, joita myös ryhmäkeskuksiksi kutsuttiin.

Tutkimusten jälkeen selvisi että, pääkeskus syöttää samassa tilassa olevaa ryhmäkeskus 7:aa, joka toimii uusimman rakennuksen, halli 1:n pääkeskuksena. Samoin sähköpääkeskuksesta lähtivät syötöt vanhemman teollisuushallin, halli 2:n pääkeskukselle ja toimistorakennuksen pääkeskukselle.

Itse selvitystyö aloitettiin ryhmäkeskusten paikallistamisella. Joitakin löytyneitä käsinpiirrettyjä sähköpistekuvia oli tässä vaiheessa käytettävissä, joista ilmeni muutamia ryhmäkeskuksia. Jotkin ryhmäkeskukset pystyttiin paikallistamaan ainoastaan näköhavainnoin, kävelemällä teollisuushallit läpi.

4.2 Keskukset ja nousujohtokaaviot

Halleissa käytettyjen tutkimustuntejen jälkeen selvisi kaikki ryhmäkeskukset. Niiden sijainnit merkatettiin pohjakuvaan ja sen jälkeen alkoi nousukaavioiden ja keskusten selvittäminen ja tutkiminen.

Hallikokonaisuuden muodostivat pääkeskus, kolmen hallin omat ryhmäkeskukset ja niiden alakeskukset (5 kpl). Sen lisäksi halleissa oli yhteensä 9 kpl työpaikkakeskuksia.

Työpaikkakeskukset eivät sen kummemmin tutkimusta tarvitse. Ne sijaitsivat yleensä jonkin työalueen läheisyydessä ja pääsääntöisesti niissä oli kaksi-neljä kpl voimapistorasioita ja samoin kaksi-neljä kpl yksivaihepistorasioita. Kaikki työpaikkakeskukset olivat ABB:n tuottamia. Alla olevassa kuvassa on esimerkki työpaikkakeskuksesta (kuva 1).



KUVA 1. ABB:n työpaikkakeskus (ABB, 2017).

4.2.1 Muutosten selvittäminen

Avattuani sähkökeskusten kansia, joidenkin sisältä löytyi keskus- tai nousukaavio kyseessä olevasta keskuksista, ja osaan niistä oli merkattu ajan saatossa ilmenneitä muutoksia. Kaikista keskuksista näitä ei kuitenkaan löytynyt. Sen lisäksi osaan keskuksista tehdyt muutokset oli merkattu sulakkeen numerointitauluihin erilaisin menetelmin, lyijykynällä, mustekynällä tai tussilla. Näistä oli osaltaan hyötyä sulakkeiden selvitystyössä.

4.2.2 Muutosten varmistaminen

Koska kaikkien keskusten muutoksia ei välttämättä ollut merkitty lainkaan, tuli jokaisen sulakkeen syötön varmistaminen suorittaa. Helpoin tapa selvittää sulakkeen yhteys kyseiselle laitteelle tai kojeelle, oli poistaa sulake ja varmistaa jännitteettömyys mittaamalla, näköhavainnoin tai kuuntelemalla.

Muutosten varmistaminen vei paljon aikaa, koska se suoritettiin yksin ilman työkaveria ja yleensä ilta-aikaan. Varmistaminen ilta-aikaan oli järkevintä, koska tällöin en häirinnyt työntekijöitä jännitteitä katkomalla. Varmistaminen tapahtui ottamalla sulake pois ja mittaamalla jännitteettömyys kyseisestä piiristä. Sulakkeen poisoton jälkeen tuli kävellä aina kyseiselle pisteelle, jonka syötön sen oletin olevan, ja mitata jännitteettömyys jännitemittarilla. Kun jännitteettömyys oli varmennettu, voitiin vahvistaa syötön olevan kyseiselle sähköpisteelle. Kävelymetrejä tuli päivän mittaan useita satoja, sillä suurin ryhmäkeskus sisälsi 35 eri ryhmää.

5 SÄHKÖKUVAT JA NIIDEN PIIRTÄMINEN

Sähkökuvat, kuten kaikki muutkin rakentamiseen liittyvät kuvat on aina oleellista piirtää tiettyyn mittakaavaan. Kuviiin piirrettävien päivityksien tulee olla paikkansa pitäviä ja todenmukaisia. Päivitykset piirretään oikeita ja todellisia vastaavia symboleita käyttäen, oikeaan sijaintiin ja oikeaan mittakaavaan. Joskus standardeissa mainituista mittakaavoista joudutaan tinkimään, esimerkiksi amakavassa, kun se on sensuuruinen, ettei sen tulostaminen ole luettavuuden kannalta järkevää. Tällöin mittakaavaa joudutaan suurentamaan, jolloin piirustus ja tulostettavan paperin koko kasvaa ja näin ollen se on helpommin luettavissa.

Yleisimmät mittakaavat sähköpiirustuksissa ovat 1:50 (tasokuvat) ja 1:200 tai 1:250 (asemakaaviot). Mittakaava tulee merkitä jokaiseen sähköpiirustukseen oikeassa alakulmassa olevaan informaatiokenttään. Informaatiokentässä eli otsikkoalueessa on mittakaavan lisäksi yleensä myös urakoitsijan logo, kohteen tiedot ja sijainti, piirtämisen päivämäärä, päivitysten päivämäärä, piirustusnumero ja -laji.

Piirtäminen aloitetaan yleensä asemakaavasta. Yleisimmin asemakaavaan on päivitetty kaapeleiden lisäykset maahan, eli sähkösyötöt toisiin rakennuksiin, ja pihapiiriin lisätyt valaisimet sekä mahdolliset autonlämmitystolpat.

5.1 Asemakaavio

Asemakaava on koko kohteen ja alueen kuvaus, mistä ilmenee kaikki rakennusten ulkopuoliset sähkösyötöt ja -pisteet. Asemakaavan on yleensä tuottanut arkkitehtitoimisto, johon sähköurakoitsijat tai sähkösuunnittelijat piirtävät kohteille sähkönsyöttökaapelit. Siihen merkitään myös pääkeskuksen sijainti, kaikki maa- ja ilmakaapelireitit ja -tyypit, kaapeleilla syötettyjen sähkölaitteiden sijainti, lämmittimet, pihavalaisimet ja teletekniset laitteet kuten valvontakamerat. (Kuki, 2011)

Sähkönsyöttökaapeleiden merkitseminen sijainnin mukaan mahdollisimman tarkasti on tärkeää. Kaapelit ovat maassa, joten ensimmäinen havainto niistä tehdään yleensä asemakaavion perusteella. Tästä on erityistä hyötyä esimerkiksi maansiirtourakoitsijalle, mikäli pihapiirissä tulee tulevaisuudessa muutoksen tarvetta. Tasokuvassa kaapeleiden kokoa pystytään havainnoimaan piirrettävän viivan paksuudella, mutta kaapeleiden todellinen koko ja materiaali tulee merkitä viiteviivoin. Viitteeseen merkitään ensiksi kaapelin materiaali ja sen perään kaapelin johdinmäärä ja poikkipinta-ala. Esimerkiksi AMCMK 3x50/16. (Kuki, 2011)

Asemakaava piirretään yleensä 1:200 tai 1:250 mittakaavaan, mutta pienemmissä kohteissa voidaan käyttää myös 1:50 tai 1:100 mittakaavaa. Tässä voidaan käyttää tulkinnanvaraa ja käytetään sitä mittakaavaa, missä kuvien tulkinta on mahdollisimman helppoa ja selkeää.

Työhöni ei kuulunut asemakaavion piirtämistä, koska siitä ei löytynyt aikaisempaa dokumentaatiota sähköjohdotusten osalta. Tämän perusteella olisi ollut mahdoton tietää kaapelireittejä ja koska niiden sijaintien tulisi olla suhteellisen tarkat kaaviossa tulevaisuutta ajatellen. Näiden perustelujen pohjalta jätimme yhteisymmärryksessä hallien omistajan kanssa asemakaavion pois piirustuksista. Hallin omistajan vastuulle jäi asemakaavion mahdollinen laatiminen tulevaisuudessa.

5.2 Tasokuvat

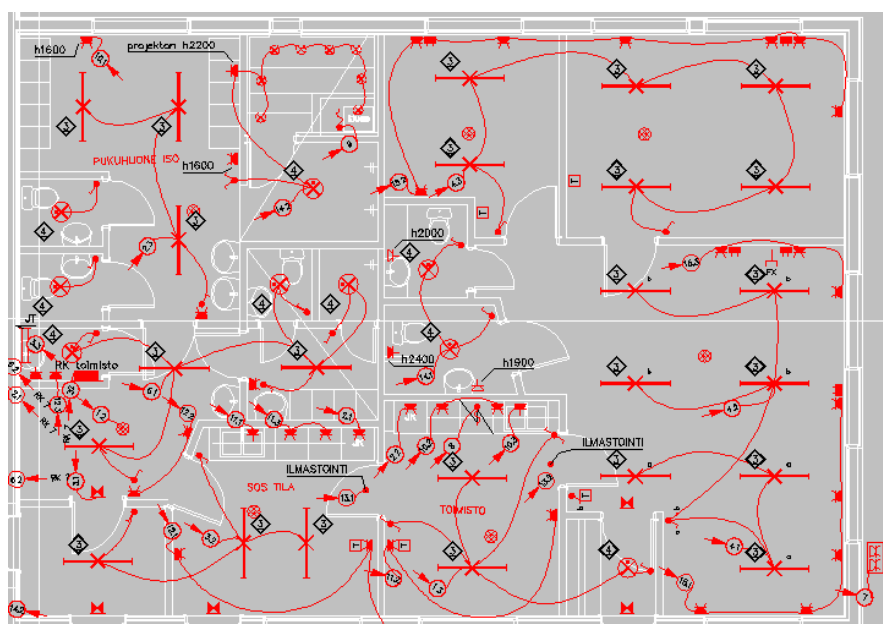
Tasokuvat on keskeinen osa sähkösuunnittelmaa uudiskohteissa ja myöskin loppudokumentoinnissa. Niissä esitetään kaikkien sähköpisteiden sijainnit tarkasti ja jälkikäteen ne toimivat karttana kyseisille sähköpisteille. Tasokuvat piirretään valmiiden pohjapiirusten päälle, ylhäältäpäin kuvattuna. Niistä tulee ilmetä kaikki sähköpisteet, joista yleisimpiä ovat: valaisimet, kytkimet, pistorasiat ja johdotukset. Tasokuvissa voidaan esittää laitteiden ja pisteiden väliset johdotukset. Sähkönjakelujärjestelmien osalta on tärkeää, että tasokuvassa ilmenee mistä keskuksesta ja mistä lähdistä sähköpiste saa syöttönsä. Mikäli asennettut pisteet poikkeavat standardiasennustavoista tai -korkeuksista, tulee poikkeavuus merkitä tasokuvaan viiteviivoin ja tekstein. Yleisimpien sähköpisteiden standardiasennuskorkeuksia on esitetty alla (kuva 2).

ASENNUSKORKEUDET YLEENSÄ	LATTIASTA mm
OHJAUSPISTEET	
Kytkimet yms.	1000
Termostaatit, mekinantokojeet yms.	1400
Palohälytyspainike	1700
PISTORASIA, TELEPISTEET	
Asuinhuoneet	200
Pesu- ja kylpyhuone alatapa	800 tai 1000
Pesu- ja kylpyhuone ylätapa	1700
Pesu- ja kylpyhuone, kodinkoneasennusten niin vaatiessa esim. "Pesutorri"	1900
Siivous	1000 tai 1800
Porrashuone, kellarikäylävä	1800
Parveke, alatapa	300
Parveke ylätapa	1700
Keittiön työpöylätaso	1000 tai 1200
Astianpesukone (vierteisessä kaapissa)	300
Kylmäkaappiyhdistelmä	2200
Liesituuletin	1800
Lieden pistorasia tai liitäntärasia	300
Soittokello	2200
SEINÄVALOPISTEET	SEINÄVALOPISTEET
Kylpyhuoneen ja WC:n peilivalaisin, kiinteä liitäntä (Peilin päällä)	1900
(Peilin sivulla)	1700
Peilikaapin liitäntä	Kalustopiirustuksen mukaan
Kaapistot matalalla (työtaso 850 mm)	
Keittiön työtasovalaisin	1300
Keittiön yläkaapin alareunaan sijoitettava valaisin	1300
Kaapistot korkealla (työtaso 900 mm)	
Keittiön työtasovalaisin	1380
Keittiön yläkaapin alareunaan sijoitettava valaisin	1400
JAKORASIA	2200 tai katossa

KUVA 2. Yleisimmät asennuskorkeudet eräille sähköpisteille (ST 51.22, 2013).

Suurissa kohteissa, joissa sähköpisteitä on paljon, tasokuvat toteutetaan eri tasoilla. Yleensä samaan tasokuvaan sijoitetaan pistorasia- ja valaisinpisteet, mukaalukien valaisinkytkimet. Niin sanotut erikoisjärjestelmät piirretään erillisille tasokuville niiden luettavuuden helpottamiseksi. Erikoisjärjestelmiä ovat mm. yleiskaapelointi- ja antennijärjestelmä, palovaroitinjärjestelmä ja rikosilmoitinjärjestelmä. Esimerkiksi palovaroitinjärjestelmä piirretään erikseen mahdollisen tulipalon varalta. Tällöin palokunnalle voidaan toimittaa erillinen kuvaus paloilmointijärjestelmästä ja näin ollen heidän työskentely helpottuu ja nopeutuu jo pelkästään sähkökuvien dokumentoinnin avulla. Yleensä palovaroittimet asentanut tai asennuttanut sähköurakoitsija toimittaa palokunnalle erikseen palovaroittimet paikantavan kartan, josta ilmenee niiden sijainnit ja lukumäärät selkeästi huonekohtaisesti. (Kuki, 2011)

Tasokuvien toteuttamisen aloitin rakennuksen tyhjältä pohjapiirustukselta. Kävelin teollisuushallin läpi ja jokainen sähköpiste (valaisin, kytkin, pistorasia, sähkökeskus yms.) tuli merkitä käsin pohjapiirustukseen paikanpäällä. Näistä käsinpiirretyistä versioista piirrettiin CADS planner 17:lla sähköiset –dwg tiedostot vastaamaan todellisia sähköasennuksia. Esimerkkiotos toteutetusta uusimman hallin sähköpistekuvasta on alla (kuva 3).

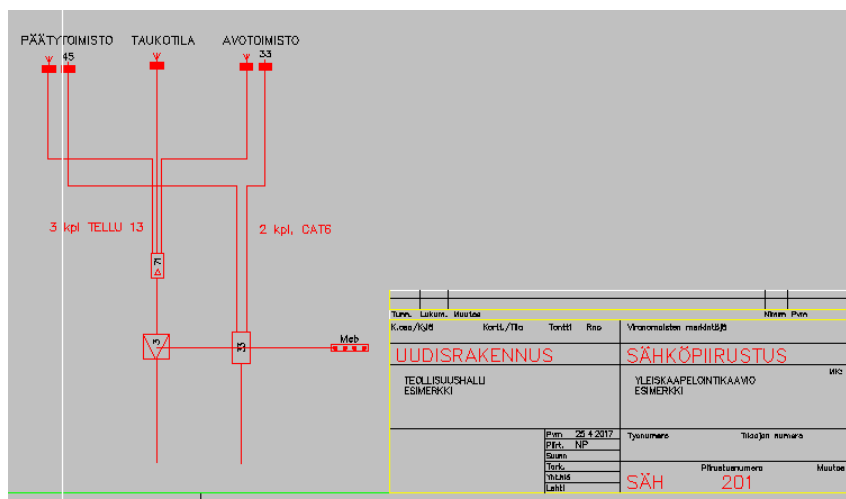


KUVA 3. Esimerkki toteutetusta sähköpistekuvasta (Niko Putkonen, 2017.)

5.3 Yleiskaapelointi

Yleiskaapelointi soveltuu moniin käyttötarkoituksiin, kuten tiedonsiirtoon, puheensiirtoon ja erilaisten turvallisuusjärjestelmien datansiirtotarpeisiin. Yleiskaapelointi on tarkoituksellinen ja tehokas tapa tuottaa kiinteistön tietoliikennekaapelointia. (Sähköala.fi, 2005)

Yleiskaapelointikaaviossa, esimerkki (kuva 4), esitetään rakennusten yleiskaapelointi paikkakohtaisesti. Kaavioon merkitään käytettävät komponentit, joista yleisimpiä ovat antenni- ja ATK-pistorasiat sekä käytetyt haaroittimet ja vahvistimet. Kaavioon merkitään muiden sähkökuvien tavoin, asennuksissa käytetyt johtimet joista yleisimpiä ovat antennikaapeli TELLU ja tietoverkkoakaapeli CAT.



KUVA 4. Yleiskaapeloinnin esimerkkikuva (Niko Putkonen, 2017.)

Yleiskaapeloinnin esimerkkikuvassa (kuva 4) on esitetty teollisuushalli 1:n kuvitteellinen yleiskaapeloinnin rakenne. Kuvassa on kolmen eri tilan (päätytoimiston, taukotilan ja avotoimiston) antenni ja ATK-pisteet ja niiden johdotukset (TELLU ja CAT 6).

Yleiskaapelointikaavion toteuttaminen ei kuulunut opinnäytetyöni aihealueeseen. Kaavion saaminen jäi hallin omistajan vastuulle esimerkiksi hallin sähkötoista vastanneelta urakoitsijalta.

5.4 Nousujohtokaavio

Nousujohtokaavion päätarkoitus on esittää rakennuksen sähköjakeluverkon rakenne. Siinä esitetään jakelujärjestelmään liittyvät pää-, mittaus- ja ryhmäkeskukset sekä niiden väliset nousujohtokaapelityypeineen. Lisäksi nousujohtokaaviossa tulee ilmetä rakennuskokonaisuuden sähköverkon liitos yleiseen sähköjakelujärjestelmään (liittymiskaapeli).

Rakennuskokonaisuuden nousujohtokaavio esitetään yleensä kaavioesityksenä sen luettavuuden vuoksi. Kaaviossa esitetään rakennuksen kerrokset vaakakatkoviivoin ja portaat pystykatkoviivoin. (ST-esimerkit 05, 2005)

Nousujohtokaavion piirtämisen pystyi aloittamaan, kun hallikokonaisuuden kaikki sähkökeskukset olivat selvillä. Sulakkeiden koot varmistettiin sähkökeskuksilta näköhavainnoin, mutta kaapeleiden kokoja ei valitettavasti pystytty varmistamaan eikä niistä ollut aikaisempia dokumentteja, joten näitä tietoja ei pystytty laittamaan nousukaavioon. Olennaisin eli syöttökaapeleiden suunnat ja niiden keskuskeskukset kuitenkin selvisi.

5.5 Keskuskaaviot

Keskuskaavioissa kerrotaan keskuksen tiedot sekä keskukseseen liittyvät kaapelit. Kaavioissa esitetään keskuksessa käytetyt komponentit, kuten pääkytkin, energiankulutusmittari, johdonsuojakatkaisijat, riviliittimet, kontaktorit ja merkkivalot. Kaavioon tulee merkitä varokkeiden tyypit, johtolähdöissä käytetyt kaapelit ja johtolähtöjen osoitteet. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2013)

Ajan tasalla olevan keskuskaavion olemassaolo on tärkeää. Sillä voidaan varmistaa laitteiston sujuva käyttö ja helpottaa vianetsintää. Jokaiselle keskukselle tulee toteuttaa oma keskuskaavionsa vastamaan senhetkisiä sähköasennuksia. Keskuskaaviot toteutetaan sekä pää- että ryhmäkeskuksille.

Keskuskaaviota pystyi toteuttamaan sähköpisteiden ja niiden syöttöjen varmistamisen jälkeen. Tässä vaiheessa jokainen sähköpiste ja niitä syöttävä ryhmä ja keskus oli merkitty tasokuvaan.

5.6 Maadoituskaavio

Maadoitukset ja potentiaalitasaukset ovat sähköturvallisuuden kannalta laitteiston tärkeimpiä osia. Maadoituksen tärkein tarkoitus on rajata kosketus- ja askelejännitteitä vian sattuessa. Maadoitus estää myös vaarallisten jännitteiden siirtymisen järjestelmien välillä, sekä vaarallisten vuotovirtojen, kipinöiden ja valokaarien siirtymisen ja syntymisen. Potentiaalitasauksilla ja maadoituksilla parannetaan myös laitteistojen häiriösuojausta. (Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry, 2013)

Maadoituskaaviossa esitetään rakennuksen maadoitusverkon rakenne. Maadoituskaavioon piirretään pääpotentiaalintauskiskot, potentiaalintauskiskot ja muut maadoituskiskot sekä kiskoihin liittyvät johdotukset johtotietoineen. Kaavioon esitetään myös liitokset maadoituselektrodiin sekä kaikkiin johtaviin rakenteisiin, esimerkiksi kaapelihyllyihin ja putkistoihin. (ST-esimerkit 05, 2005)

Maadoituskaavion toteuttamiseen tuli selvittää kaikki maadoitetut osat ja komponentit. Nämä pystyi havaitsemaan näköhavainnoin. Johtavia materiaaleja teollisuushallikokonaisuudessa olivat: kaapelihyllyt, ilmanvaihtokanavat, johtavat putkistot (kuva 5) sekä vesimittarit. Maadoituskaavioon tulee piirtää myös maadoituselektrodi sekä betonirauditus.



KUVA 5. Toimistohallirakennuksen maadoitetut vesijohtoputkistot (Niko Putkonen, 2017.)

6 LAITTEISTOJEN LÄMPÖKUVAUS

Rakennustekniikassa rakenteiden lämpökuvausta on käytetty hyödyksi jo useita vuosia. Sähkölaitteiston lämpökuvaus on rakennustekniikkaan verrattuna hyvin erilainen toimenpide. Kuvausvälineistö saattaa olla sama, mutta kuvauskohteet ja niiden erityispiirteet poikkeavat toisistaan huomattavasti. Sähkölaitteiston kuvauksessa on otettava huomioon sähkökomponenttien lämpötiloihin vaikuttavat kuormitusvirrat.

Sähkölaitteistojen lämpökuvauksen yleistymiseen ovat vaikuttaneet sähköistä johtuvat tulipalot, jotka ovat lisänneet nimenomaan laitteistojen oikein tehtyjen lämpökuvausten tarvetta. Merkittävä osa tulipaloista on saanut alkunsa sähkölaitteista tai – asennuksista joko käyttövirheen tai vikaantumisen seurauksena. Lämpökuvauksen ansiosta sähkölaitteistoissa on mahdollista huomata paloriskejä, jotka toteutuessaan aiheuttavat liiketoiminnan käyttökeskeytyksiä. (ST 53.62, 2014)

6.1 Määritelmiä

Lämpökamera

Lämpökamera on lämpösäteilyn vastaanotin, joka mittaa kuvattavan kohteen pinnasta lähtevän lämpösäteilyn voimakkuuta. Se muuttaa lämpösäteilyn lämpötilatiedoksi, josta muodostetaan edelleen lämpökuva digitaalisesti.

Lämpökuvaus

Lämpökuvauksella tarkoitetaan kuvauskohteen pintojen lämpötilaerojen havaitsemista ja kuvaimista. Se toteutetaan mittaamalla kuvattavan kohteen infrapunasäteily ja sen jälkeen tulkitaan lämpökuva.

Emissiivisyys

Emissiivisyys on kappaleen pinnan ominaisuus. Sillä kuvastetaan sen kykyä lähettää lämpösäteilyä. Osa säteilystä voi imeytyä tai heijastua kappaleen pinnasta, joten jokaisella eri materiaalilla on oma emissiivisyyskerroin välillä 0,0-1,0.

Lämpenemä

Kuvastaa kappaleen, eli komponentin, lämpötilan nousua suhteessa ympäristön lämpötilaan. Standardeissa käytetään Kelvin- asteita, mutta saman asteikkojaon vuoksi lämpenemät voidaan suoraan tulkita asteiksi (°C). (ST 53.62, 2014)

6.2 Lämpökuvauksen perusteet

Lämpökuvauksessa käytettävä lämpökamera mittaa kuvattavan kohteen pintalämpötilaa. Sen toiminta perustuu mitattavan kohteen pinnalta säteilevään lämpösäteilyyn, jonka voimakkuus riippuu pinnan emissiokertoimesta ja pintalämpötilasta. Lämpökamera vastaanottaa lämpösäteilyä, jonka se

muuttaa lämpökuvaksi. Lämpökuvasta kamera tuottaa kuvattavan kohteen pintalämpötilajakauman (KUVA 6).



KUVA 6. Lämpokuva, josta ilmenee yhden pisteen lämpötila sekä kohteen pintalämpötilajakauma (Niko Putkonen, 2017.)

Kamera näyttää todellista lämpökuvaa, jossa voidaan huomata poikkeavat lämpötilat eri väreinä. Lämpötilan skaalaus näkyy kuvassa.

Sähkölaitteiston lämpökuvaukseen liittyvät suurelta osin tiedot lämmönsiirtymisen perusteista, joita ovat lämpösäteily ja emissiivisyys.

6.2.1 Lämpösäteily

Lämpösäteily on näkymätöntä elektromagneettisten säteiden siirtymistä ilmassa. Kaikki materiaalit säteilevät infrapunaenergiaa, joiden lämpötila on absoluuttisen nollapisteen (0 K eli noin -273 °C) yläpuolella.

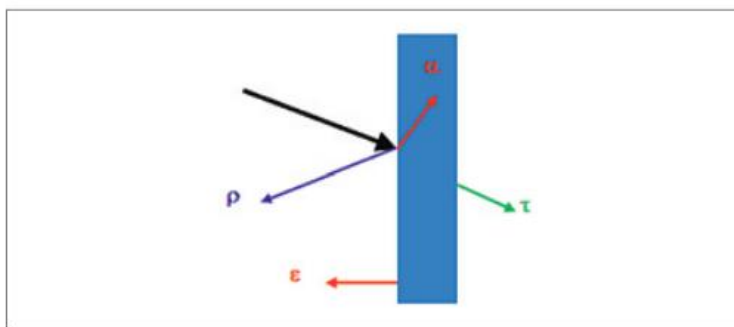
Lämpökamera ei mittaa lämpötilaa, vaan infrapunasäteilyn määrää. IR-säteily muutetaan absoluuttisella asteikoilla Kelvineiksi ja sen jälkeen suhteellisella asteikoilla asteiksi, Suomessa yleensä celsiusasteiksi.

Lämpökamerat mittaavat ainoastaan pitkäaaltokaistaista infrapuna-aaltoa. Se ei läpäise seiniä, ovia, lasia tai edes plexilasia. Tästä syystä kuvausvalmisteluissa tulee huomioida tämä seikka ja kaikki esteet on poistettava kuvattavien kohteiden edestä. (ST 53.62, 2014)

6.2.2 Emissiivisyys

Lämpökamera mittaa kohteesta lähtevää kokonaissäteilyä. Kun kameran lähettävä IR-säteily saavuttaa mitattavan kohteen rajapinnan, voi osa sen säteilystä (kuva 7):

- heijastua (ρ)
- "imeytyä" eli absorboitua lämpönä (α)
- kulkea kohteen läpi kokonaan (τ)



KUVA 7. Lämpösäteilyn käyttäytyminen kuvattavassa kohteessa (ST 53.62, 2014).

Tietojen pohjalta saadaan materiaalin heijastusominaisuus, emissiivisyys. Materiaalien emissiivisyysarvo vaihtelee 0 ja 1 välillä. Täysin lämpösäteilyä heijastamaton pinta saa arvon 1,0 ja täydellinen heijastinpinta saa puolestaan arvon 0,0. Todellisuudessa arvo on aina jossakin ääriarvojen rajamaastossa. Alla esitettyssä taulukossa on joidenkin aineiden emissiivisyyskertoimia (taulukko 1).

TAULUKKO 1. Eräiden aineiden emissiivisyyskertoimia

Pinta	Emissiivisyys
Ihmisen iho	0,98
Vesi	0,98
Sähköteippi	0,95
Maali	0,90
Paperi	0,90
Posliini (lasitettu)	0,92
Muovi	0,80-0,92
Puu	0,80-0,90
Posliini (kiiltävä valkoinen)	0,70-0,75
Kupari (hapettunut)	0,68
Kupari (kiiloitettu)	0,02
Alumiini (kiiloitettu)	0,05
Alumiini (voimakkaasti hapettunut)	0,20-0,30
Alumiini (karkaistettu)	0,18
Volframi (hehkulanka)	0,39

6.3 Mittalaitteet

Nykyään lämpökamerat ovat kohtuullisen pieniä ja niiden käyttö on huomattavasti helpompaa ja sujuvampaa kuin aikaisemmin. Mittaus on kohtalaisen nopeaa, mitattavaan kohteeseen ei tarvitse koskea ja mittaus voidaan suorittaa turvallisuuden kannalta tarpeeksi etäältä. Nykyaikaisilla lämpökameroilla saadaan tuotettua hyvälaatuisia kuvia, jotka ovat erittäin helposti lueattavissa.

Sähkölaitteistoa kuvattaessa mittalaitteen tulee olla siihen tarkoitukseen sopiva. Sen on oltava mittaava, eli ainakin yhden pisteen suora lämpötila pitää olla mitattavissa. Nykyaikaisilla laitteilla voidaan mitata myös koko kuva-alueen lämpötila-arvot jälkikäteen käyttäen apuna mittalaitteen omia tietokone-ohjelmistoja. (ST 53.62, 2014)

Sähkölaitteistoja mitattaessa suositellaan mittaustarkkuuden olevan ± 2 Celsiusastetta 100 °C ja yli 100 °C lämpötilassa tarkkuuden on oltava ± 2 %. Emissiivisyyskertoimia tulee olla mahdollista korjata mitattavalla kameralla. (ST 53.62, 2014)

Infrapunamittarit eivät sovellu sähkölaitteistojen lämpökuvaukseen. Niiden toiminta perustuu samaan kuin lämpökamerankin, mutta ne eivät pysty aikaansaamaan lämpökuvaa. (ST 53.62, 2014)

6.4 Kuvattava laitteisto

Sähkölaitteita kuvattaessa tulee huomioida laitteiston kuormitus. Ideaalinen tilanne lämpökuvaukselle on, kun laitteisto on korkeimmassa normaalisti tapahtuvassa kuormituksessa. Suosituksena pidetään, että laitteiston tulee olla vähintään 40 %:lla nimelliskuormalla. Pelkästään kuormituksen käynnistäminen ei auta kuvauksen onnistumisessa vaan suositus on, että laitteisto on ollut käynnissä ainakin puoli tuntia ennen kuvausten aloittamista. Tällöin kuormituksesta johtuva lämpötilan nousu on havaittamissa lämpökuvista paremmin.

6.5 Turvallisuus

Sähkölaitteistojen lämpökuvauksessa tulee noudattaa normaaleja sähkötyön lakeja, asetuksia standardeja ja ohjeita. Näitä ovat mm.

- 410/1996. Sähköturvallisuuslaki
- 498/1996. Sähköturvallisuusasetus
- 516/1996. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä
- 1193/1999. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen turvallisuudesta
- SFS 6002. Sähkötyöturvallisuusstandardi
- SFS 6000 –standardisarja. Pienjänniteasennukset

Myös kaikkia laitestandardeja tulee noudattaa. Ne voivat koskea kuvattavasta kohteesta riippuen: pienjännitevarokkeet, -kytkinlaitteet, vikavirtasuojat, jakokeskukset sekä muita kohteen komponentteja.

Lämpökuvauksen turvallisuusehtoina on että lämpökuvaajalla tulee olla pätevyyydet lämpökuvaukseen. Pätevyyksiä on kahdenlaisia LK 1 ja LK 2.

LK 1 – luokan pätevyyden omistava henkilö tulee olla itsenäiseen sähkötyöhön kykenevä sähköalan ammattilainen (KTMp 5.7.1996/516 11§). Hän voi suorittaa sähkölaitteiden lämpökuvausta itsenäisesti ilman toisen sähköalan ammattilaisen valvontaa. (ST 53.62, 2014)

LK 2 – luokan pätevyystodistuksen omaava henkilö ei ole sähköalan ammattilainen eikä näin ollen voi tehdä itsenäisesti sähkölaitteiden lämpökuvauksia. Hänellä tulee olla tarvittava tietotaito sähkölaitteistojen lämpökuvauksesta ja hänen tulee tehdä lämpökuvaus aina yhteistyössä KTM-päätöksen

5.7.1996/516 11§ edellytykset täyttävän sähköalan ammattilaisen kanssa. Lämpökuvausta tehdessä LK 2 – lämpökuvaja ei saa ulottua jännitetyöalueelle (työkaluilla tai kehonsa osalla). (ST 53.62, 2014)

6.6 Havaittavia vikoja

Suurin syy useisiin sähköjärjestelmäongelmiin on epänormaali korkea vastukseen tai liialliseen virtaan liittyvä kuumeminen. Kun johtimessa kulkee virta, johtimessa oleva resistanssi aiheuttaa tehohäviön, joka muuttu lämmöksi. Tällöin johdin lämpenee. Johtojen ja kaapeleiden oikeanlaisella mitoituksella sekä suojalaitteilla pyritään pitämään resistiivinen lämpeminen kurissa normaalitilanteessa. Huolimatta suojalaitteista, jotkin sähkölaitteiston osat voivat kuumetua liikaa. Nämä kohonneet lämpötilat voidaan havaita lämpökuvauksen avulla, ennen kuin aiheuttavat komponenttien hajoamista tai pahimmassa tapauksessa tulipaloa. (Sähköinfo, 2015)

6.6.1 Löysät liitokset

Löysät liitokset tai liitosten syöpyminen on yleinen sähkölaitteiston vika (KUVA 8 8). Liitoksen löystyminen nostaa virtapiirin resistanssia ja se aiheuttaa liitoskohtaan lämpenemistä. Lämpökuvassa tämä havaitaan kuumana kohtana, josta kauemmaksi siirryttäessä lämpötila laskee. Löysän liitoksen löytämisessä tulee käyttää tulkintaa, sillä kaikki lämpenemät eivät johdu liitoksen huonoudesta. Vaiheen lämpeneminen suhteessa muihin vaiheisiin voi myös olla selitettävissä kuormituksen suuruudella. (Sähköinfo, 2015)



KUVA 8. Löysä liitos riviliittimessä (ST 53.62, 2014).

6.6.2 Epäsymmetrinen kuormitus

Kun tutkitaan kaikkia kolmea vaihetta vierekkäin, lämpötilaeroista voidaan havaita epäsymmetrinen ongelma. Enemmän kuormitetut vaiheet havaitaan kuumempina. Kuormituksen epätasapaino voi joissakin tapauksissa olla normaalia tai se voi johtua mm. yhden vaiheen alijännitteestä. Yleisin syy epäsymmetrialle on kuitenkin yksivaihekuormien jakamattomuus vaiheiden välillä. Epäsymmetristä kuormaa ei voida varmistaa pelkästään lämpökuvauksella. Epäsymmetrian varmistukseksi, piiristä tulee mitata virrat kuumemisen syyn selvittämiseksi. (Fluke 2008)

Alla kuva epäsymmetrisestä kuormituksesta toimistohallirakennuksen päävarokkeissa (KUVA 9).



KUVA 9. Epäsymmetrinen kuormitus (Niko Putkonen, 2017.)

6.6.3 Mahdollisia muita vikoja

Lämpöpoikkeavaisuuksia sähköjärjestelmässä voivat aiheuttaa myös johdotusvirheet, eristysviat, erilaiset komponenttiviad ja alimitoitettut komponentit tai johtimet. Johtimien alimitoituksessa johdin kuumenee normaalikuormituksella liikaa ja näin ollen aiheuttaa ylikuumentumista ja huonoimmassa tapauksessa aiheuttaa tulipalon.

Lämpökuvauksessa ei havaita pelkästään kuumemisesta johtuvia vikoja. Myös niin sanotut kylmät viat voidaan havaita lämpökuvauksen avulla. Kylmiä vikoja sähkölaitteistossa ovat esimerkiksi pala- neet sulakkeet.

7 LÄMPÖKUVAUSTEN SUORITTAMINEN JA TULKITSEMINEN

Lämpökamerakuvaukset olivat opinnäytetyön aloituspalaverin yhteydessä mietitty suoritettavaksi koko teollisuushallikokonaisuuteen. Lämpökamerakuvaukset olivat viimeisenä vuorossa työn suorittamisjärjestyksessä. Suunniteltaessa kuvauskohteita ilmeni, että uusimman hallin vuokralainen oli lopettanut toimintansa ja täten päätimme että sen ryhmäkeskusta emme ottaneet kuvauksiin mukaan. Ryhmäkeskukseen ei olisi ollut mahdollista saada normaalia kuormitustilannetta aikaan, johon hallin käyttämättömyydestä, ja näin ollen kuvauksista tuotettu data ei olisi ollut tulkittavissa luotettavasti.

Lämpökamerakuvaukset sovittiin suoritettavaksi vanhemmassa teollisuushallissa ja toimistohalli rakennuksessa.

7.1 Kuvaslaite

Kuvauksissa käytettiin FLIR E6-lämpökameraa (KUVA 10). E6 on malliltaan kevyt ja helppokäyttöinen. Kamerassa on uusi MSX ominaisuus, jonka ansiosta kuvat ovat entisestään tarkempia ja yksityiskohtaisempia.



KUVA 10. Lämpökuvauksissa käytetty FLIR E6-kamera (Niko Putkonen, 2017.)

FLIR sarja on varustettu USB-liitännällä, joten kuvien jälkikäsittely ja siirtäminen tietokoneelle oli vaivatonta. Alla esitetyssä kuvassa on kameran teknisiä tietoja (KUVA 11).

Sarja	Flir E-Series
Anturitarkkuus	160 x 120
Lämpötila min.	-20 °C
Lämpötila maks.	+250 °C
Tarkkuus	0.06 °C
Taajuus	9 Hz
Pienin mittausetäisyys	0.5 m
Näkökenttä	45° x 34°
Liitännät	Wi-Fi Micro USB
Mittaustila	IR-kuva, reaaliokuva MSX ⁸ Kuva kuvassa Pienoiskuvagalleria
Näyttö	3" LCD
Ohjelmisto	Flir tools
Kuvantallennus	Sisäinen muisti
Suojausluokka	IP 54
Sähkönsyöttö	Litium-ioniakku
Mitat P x L x K	244 x 95 x 140 mm
Paino	575 g
Toimituksessa mukana	Dokumentaatio-CD Kova Kotelo Verkkovirta-akkulaturi Manuaalinen Ladattava Akku Ohjelmisto USB-kaapeli

KUVA 11. FLIR E6-lämpökameran tekniset tiedot. (Kimrok, 2010)

7.2 Kuvattavat kohteet

Teollisuushallikokonaisuuden lämpökuvattavaksi kohteiksi valittiin vanhemman halli 2:n sähkökeskukset: pääkeskus, ryhmäkeskukset RK1 ja RK3 sekä kiinteistökeskus. Myös uusimman toimistohallirakennuksen ryhmäkeskus kuvattiin. Kuvattaessa keskuksia tuli niiden kannet avata ja kosketussuojaukset poistaa, jotta päästiin kuvamaan kaikki sähkökomponentit.

Kuvattujen kohteiden määrä rajoittui lopulta neljään keskukseen. Kaikista keskuksista ei voitu avata kaikkia luokkuja ilman jännitteiden katkaemista. Halleissa oli työmiehet töissä ja jännitteettömyys hetkellisesti ei sopinut työntekijöille. Täten kuvaamatta jäi mm. vanhemman teollisuushallin päävarokkeet. Myöskään laitteistojen kuormitus ei ollut kaikissa keskuksissa riittävä kuvaushetkellä.

Huomioitavaa kuvauksen aikana oli vanhemman teollisuushallin sisäilman kylmyys. Hallin sisälämpötila vaihteli 11 ja 13 celsiusasteen välillä. Tämä selittyi hallien nosto-ovien jatkuvalla käytöllä, ulkolämpötilan ollessa 5 °C:tta.

7.2.1 Pääkeskus (Halli 2)

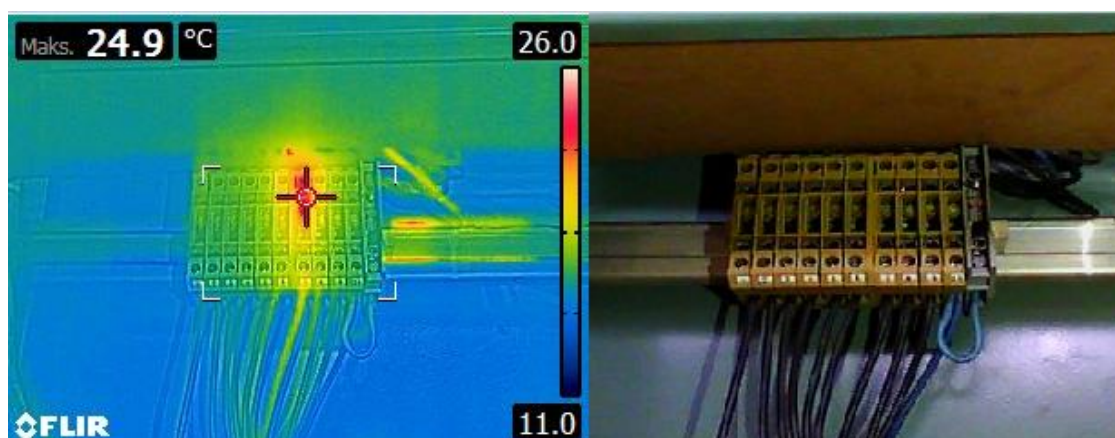
Vanhemman teollisuushallin pääkeskusta syötetään sähköpääkeskuksesta. Lämpökameran kuvaus-
hetkellä pääkeskuksen päävarokkeiden kuvaaminen ei ollut mahdollista. Keskuksen (KUVA 12) pää-
kytkimen luukua ei voitu avata ilman jännitteen katkaisemista.



KUVA 12. Vanhemman teollisuushallin pääkeskus (Niko Putkonen, 2017.)

Keskukselta voitiin tarkastaa kaikki luukut, jotka aukesivat ilman jännitekatkoa. Lämpökuvauksessa
huomiota herätti riviliitin ja sen liitin 7 (KUVA 13). Lämpötila oli siinä noussut hieman suhteessa mui-
hin riviliittämiin.

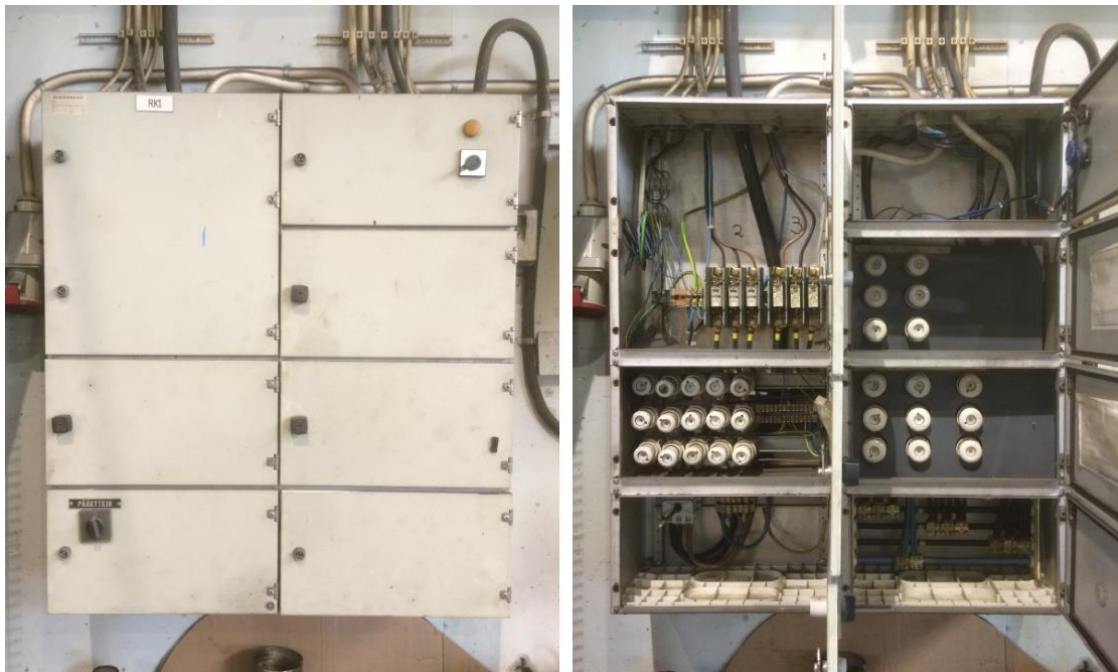
Koska lämpötilan nousu ei ollut poikkeuksellinen, ei riviliittimen lähtöjen virta-arvoja mitattu. Riviliit-
timen lämpötilan nousu ja samoin sille suoritettavat toimenpiteet on mainittu lämpökuvauksen rapor-
tissa (liite 9).



KUVA 13. Riviliittimen lämpökuvauksessa on havaittu lämpötilan nousu (Niko Putkonen, 2017.)

7.2.2 Ryhmäkeskus RK1

Hallin ryhmäkeskus 1:n (KUVA 14) lämpökuvauksen kannalta oli hyvä, että sen kaikki kannet saatiin aukaistua ilman jännitteen katkaisemista. Lämpökuvauksissa ei ollut huomioitavaa ryhmäkeskusta 2 ja kiinteistökeskusta syöttävissä varokkeissa.

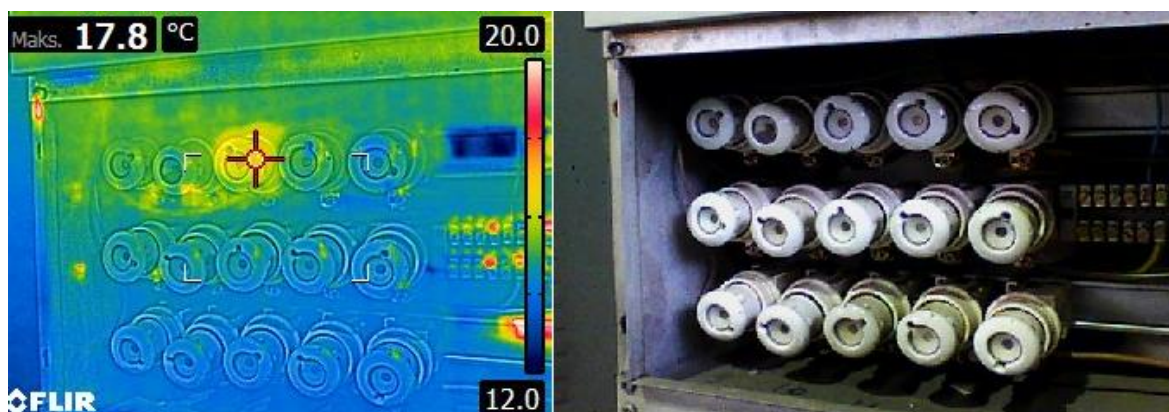


KUVA 14. Ryhmäkeskus 1 kannet kiinni ja kannet avattuna. Yhdestä sulaketaulusta kosketussuojauksen poistettu (Niko Putkonen, 2017).

Ryhmäkeskus 1 on pienellä käytöllä hallissa ja täten kuormituksen saaminen vastaamaan lämpökuvauksen vaatimuksia oli lähes mahdotonta.

Kuvassa 14 nähdään yhden sulaketaulun kosketussuojauksen poistaminen. Kyseisen sulaketaulun lähdistä on käytössä vain kaksi ryhmää: 1-ryhmä (nosturi) ja 3. ryhmän 1-vaihe. Tämän pystyi havaitsemaan myös lämpökuvasta (KUVA 15).

Ryhmäkeskus 1:llä ei ollut mainittavia lämpötilanpoikkeavuuksia lämpökuvissa.



KUVA 15. RK1 yhden sulaketaulun lämpökuva. (Niko Putkonen, 2017.)

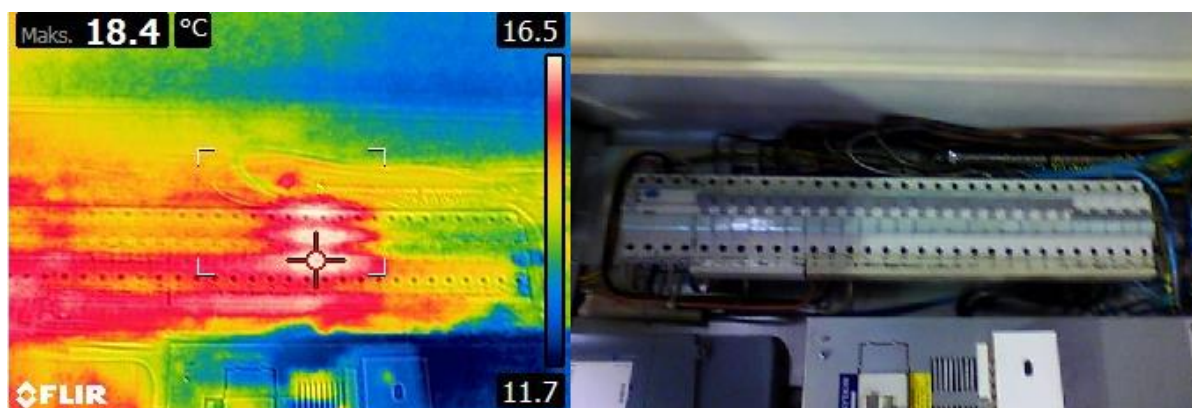
7.2.3 Kiinteistökeskus KK

Kiinteistökeskus (KUVA 16) sijaitsee teollisuushallin päätyseinällä. Keskus syöttää mm. sosiaalitoimen valaistusta ja pistorasiaryhmiä sekä sähkölämmittimiä. Lämpökuvaus ajoittautui sopivasti työntekijöiden kahvitauolle, jolloin kuormitus oli suurimmillaan. Tällöin valaistus oli ollut tiloissa aamusta asti päällä ja mm. kahvinkeitin ja astianpesukone olivat kuormittamassa keskuksen ryhmiä.



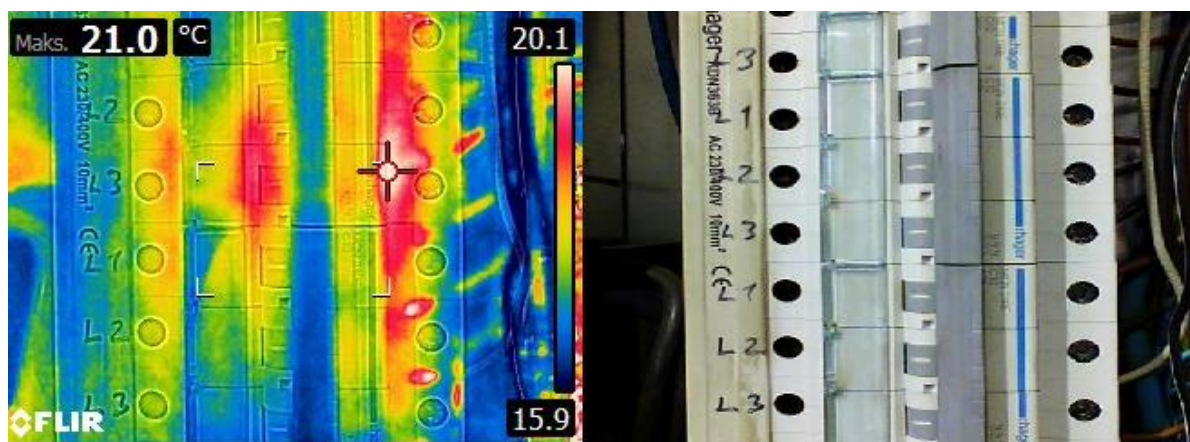
KUVA 16. Kiinteistökeskus kk kuvattuna kansi kiinni ja kansi auki kosketussuojat vielä kiinnitettyinä (Niko Putkonen, 2017.)

Kiinteistökeskuksen johdonsuojakatkaisijoiden lämpökuvasta (KUVA 17) havaitaan, edellä mainittujen ryhmien lämpeneminen. Lämpenemä on kuitenkin vain noin 3 astetta suhteessa muihin virrattomiin ryhmiin. Kuumimman komponentin lämpötila oli vain 18,4 astetta, joten lämpenemä oli luonnollinen ja sallituissa rajoissa.



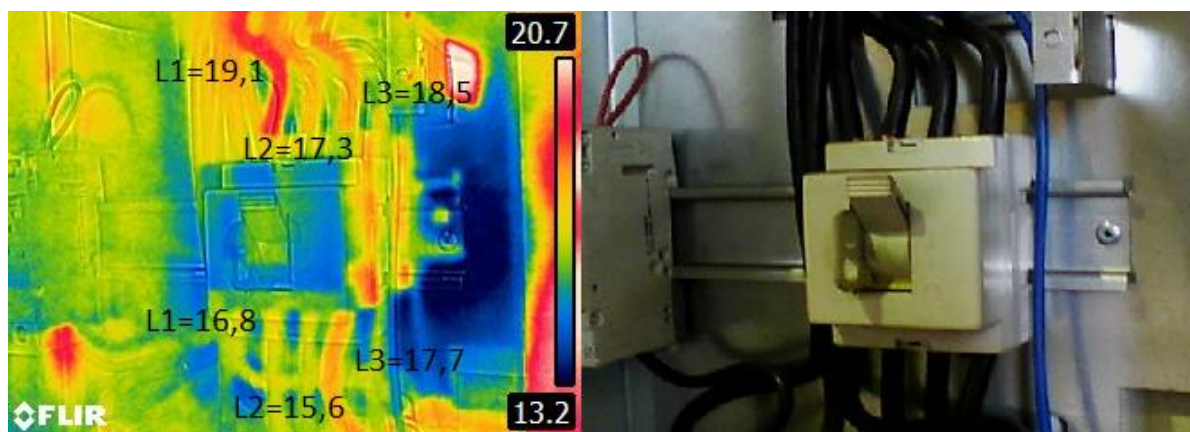
KUVA 17. Kiinteistökeskuksen johdonsuojakatkaisijoiden lämpökuvaus (Niko Putkonen, 2017.)

Kuvattaessa kuuminta johdonsuojakatkaisijaa lähempää (KUVA 18), saadaan komponentin lämmöksi 21,0 astetta. Tällainen komponentin lämpötila on luonnollinen kuormitettuna eikä se aiheuta ympäristölle tai sen komponenteille palovaaraa.



KUVA 18. KK johdonsuojakatkaisijan lämpökuvaus kohdistettuna yhteen ryhmään (Niko Putkonen, 2017.)

Kiinteistökeskuksen pääkytkintä kuvattaessa huomattiin vaiheiden välillä lämpötilaeroja (KUVA 19). Kuvaushetkellä ei ollut sähälöalan ammattilaista suorittamaan vaihejohtimille virta-arvojen mittausta, joten virta-arvojen mittauskehoitus raportoitiin lämpökuvausraporttiin. Raportissa on esitetty myös suositeltu toimenpide kyseiselle komponentille. Lämpöraportti löytyy liitteestä 9.



KUVA 19. Kiinteistökeskuksen pääkytkimen vaihejohtimien lämpötilojen vaihtelevuus (Niko Putkonen, 2017.)

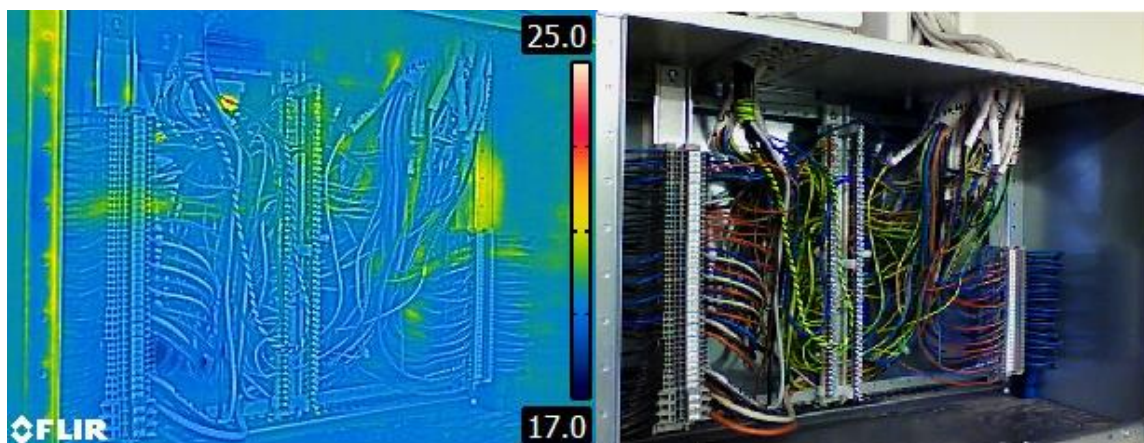
7.2.4 Ryhmäkeskus RK9

Ryhmäkeskus RK9 sijaitsee uusimmassa rakennuksessa, toimistohallissa (KUVA 20). Keskuksesta saatiin kuvattua kaikki muut komponentit paitsi pääkytkin. Pääkytkimen kannen avaaminen olisi aiheuttanut jännitekatkon halliin.



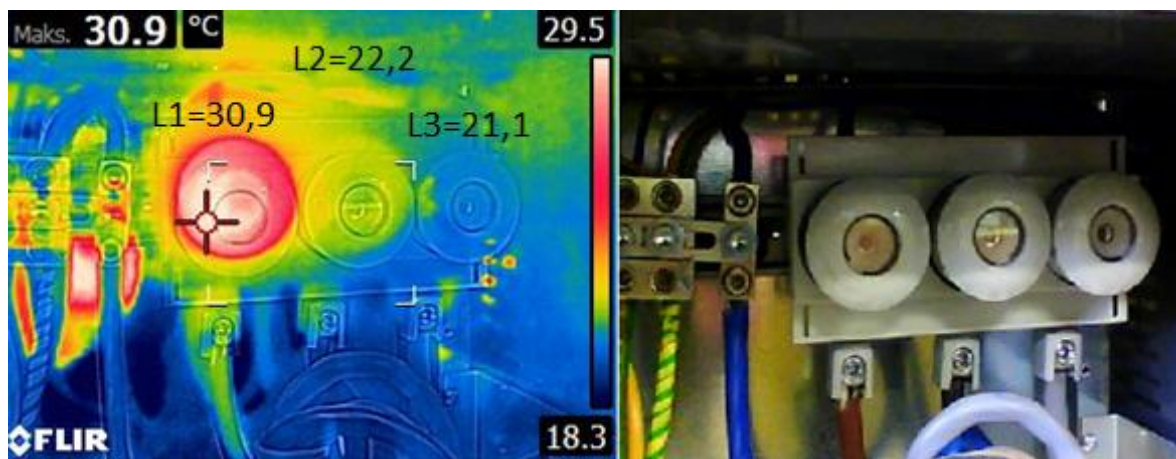
KUVA 20. RK9 kuvattuna kannet kiinni ja kannet aukaistuna suojakosketukset pois otettuna (Niko Putkonen, 2017.)

Keskuksen lämpökuvauksessa ei riviliittimissä ja johdonsuojakotelossa ollut mainittavia poikkeavuuksia lämpötiloissa (KUVA 21).



KUVA 21. Riviliittimien lämpökuvauksessa RK9 (Niko Putkonen, 2017.)

Ryhmäkeskuksen 9 pääsulakkeiden lämpötiloissa oli havaittavissa huomattavia poikkeavuuksia. 1-vaihe oli lähes 10 astetta lämpimämpi kuin 2- tai 3-vaihe. Kuvaushetkellä ei ollut sähköalan ammattilaista mittaamaan virta-arvoja, joten nämä arvot jäivät arvoitukseksi. Virta-arvojen mittauskehoitus on ilmoitettu lämpökuvauksessa ja samoin selvityspyyntö todennäköiselle epäsymmetriselle kuormitukselle (KUVA 22).



KUVA 22. RK9 pääsulakkeiden lämpötilojen eroavaisuus oli jopa yhdeksän astetta (Niko Putkonen, 2017.)

7.3 Havainnot ja raportointi

Lämpökuvauksen aikana havaitut poikkeavuudet on mainittu lämpökuvausraportissa. Näistä nopeimman prioriteetin statuksen sai ryhmäkeskus 9 ja sen pääsulakkeet. Pääsulakkeiden virta-arvot on mitattava ja sen lisäksi tulee tutkia sähköasennukset ja ryhmitykset. Selvitettäväksi jäi yksivaihekuormien jaottelu kaikille kolmelle vaiheelle.

Muita mainintoja kuvausraporttiin tulee teollisuushalli 2:n pääkeskuksen riviliittimien liitosten mahdollinen löysyys sekä samaisen rakennuksen kiinteistökeskuksen pääkytkimen virta-arvojen mittaus ja liitosten kiristys.

Toiminnolla varmistetaan lämpötilojen pysyminen paloturvallisissa arvoissa myös maksimikuormituksen aikana. Raportointi suoritetaan lämpökuvausraportointipohjalle ja se on esitetty täytettynä liitteessä (liite 9).

8 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön päätarkoituksena oli tuottaa sähködokumentit vastaamaan nykyisiä sähköasennuksia kaikissa halleissa teollisuushallikonaisuudessa. Sen lisäksi suoritettiin lämpökamerakuvaus kahden hallin sähkökeskuksiin.

Sähködokumenttien osalta opinnäytetyö sisälsi paljon työtunteja teollisuushalleissa, jolloin selvitettiin halleihin vuosien saatossa tehdyt muutostyöt. Pohjapiirustuksiin merkittiin käsin kaikki sähköpisteet, johtotiet ja käytetyt johtimet. Keskuksien osalta tuli tarkistaa ja varmentaa jokainen ryhmä. Teollisuushalleilla ja CADS planner ohjelmalla käytettyjen työtuntien jälkeen halleihin saatiin tuotettua sähködokumentit vastaamaan nykyisiä asennuksia.

Ilman aikaisempaa kokemusta lämpökuvauksesta työn suorittaminen vaati perehtymistä lämpökuvaukseen ja sen toteuttamiseen. Materiaalia lämpökuvauksesta oli saatavissa paljon ja sitä hyödynnettiin sekä teoriaosuudessa, että lämpökuvauksen suorittamisessa.

Lämpökuvatuista keskuksista ei löytynyt paloturvallisuutta vaarantavia vikakohtia, mutta joidenkin keskuksien luoksepäästävyys ei ollut riittävän hyvä. Niiden edustoilla säilytettiin paljon isoja tavaroita, jotka olisi hyvä siirtää pois. Lämpökuvauksen aikana oli oleellista, että suojauskosketukset poistettiin keskuksista, jotta saatiin näköyhteys kuvattaviin komponentteihin ja niiden liitoksiin. Jotta lämpökuvauksesta olisi saatu enemmän irti, olisi sähköalan ammattilainen ollut hyvä olla paikalla, jotta johtimien kuormitusvirrat olisi saatu mitattua ja virta-arvoja olisi voitu käyttää hyödyksi lämpökuvia tulkittaessa.

Kokonaisuutena opinnäytetyö ja sen suorittaminen tarjosi monipuolisuuden kokonaisuuden sähködokumenttien toteuttamiseen. CADS planner -ohjelma tuli tutummaksi kuvia tuotettaessa. Lämpökuvauksen osalta opinnäytetyö tarjosi lisää tietoa, osaamista ja käytännön kokemusta kuvauksesta ja sen toteuttamisesta.

LÄHTEET

- ABB. (23. huhtikuuta 2017). *www.asennustuotteet.fi*. Haettu 22. huhtikuuta 2017 osoitteesta http://www.asennustuotteet.fi/documents/images/W4/T40P4V_W4.jpg
- D1-2012 käsikirja rakennusten sähköasennuksista. (2014). *Sähköinfo Oy*. Espoo: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.
- Fluke 2008. (2008). *Detecting electrical unbalance and overloads*. Haettu 28. huhtikuuta 2017 osoitteesta : http://support.fluke.com/find-sales/Download/Asset/2518873_6251_ENG_B_W.PDF
- Kimrok. (2010). *www.kimrok.fi*. Haettu 20. huhtikuuta 2017 osoitteesta <http://www.kimrok.fi/sivut/laempoekamerat/flir-e6-laempoekamera>
- Kuki, J. (2011). *Sähkösuunnitelmien loppudokumentointi*. Opinnäytetyö, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, Sähkötekniikan koulutusohjelma. Haettu 12. huhtikuuta 2017 osoitteesta http://theseus.fi/bitstream/handle/10024/29433/opinnaytetyo_janne_kuki_theseus.pdf?sequence=1
- SFS 6000. (2012). *Pienjännitesähköasennukset*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- SFS 600-2. (2012). *Sähköasennukset. Osa 2: Säädökset, sähkötyöturvallisuus, erityisasennukset ja liittyvät standardit*. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry.
- ST 51.22. (21. 8 2013). *Sähkötieto ry*. Haettu 13. huhtikuuta 2017 osoitteesta Sähköseveri: <https://severi.sahkoinfo.fi/Search/PerformSearch>
- ST 53.62. (15. 9 2014). *Sähkötieto ry*. Haettu 20. huhtikuuta 2017 osoitteesta Sähköseveri: www.etsi.fi linkki
- ST-esimerkit 05. (15. 2 2005). *Sähkötieto ry*. Haettu 2. huhtikuuta 2017 osoitteesta Sähköseveri: <https://severi.sahkoinfo.fi/Search/PerformSearch>
- Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry. (2013). *Sähköasennukset 1*. Helsinki: Painokurki Oy.
- Sähköala.fi*. (2005). Haettu 15. 4 2017 osoitteesta http://www.sahkoala.fi/kiinteistoala/tietoliikenneverkot/fi_FI/yleiskaapelointi/
- Sähköinfo. (2015). Sähkölaitteistojen lämpökuvaukset. *Sähköasennuspäivä 2015*. Haettu 20. huhtikuuta 2017 osoitteesta https://caruna-cms-prod.s3-eu-west-1.amazonaws.com/sahkolaitteistojen_lampokuvaukset.pdf?c4Yd4THwh1RaxRR7rfRqy5H3U3jCDNnY
- Tiainen, E. (2010). *Johdon mitoitus ja suojaus*. Helsinki: Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry.

LIITE 1: PIIRUSTUSLUETTELO

PIIRUSTUSLUETTELO

28.4.2017

Piirtäjä

Niko Putkonen NP

SÄH 001

nro	piirustuksen nimi	mittak.	päiväys	muutos pvm	muutos teksti
001	PIIRUSTUSLUETTELO				
100	ASEMAPIIRROS	1:200			
101	TASOPIIRROS HALLI 1	1:50			
102	TASOPIIRROS HALLI 2	1:50			
103	TASOPIIRROS TOIMISTOHALLI	1:50			
201	NOUSUJOHTOKAAVIO				
301	RK7 HALLI 1				
302	RK TOIMISTO (HALLI 1)				
303	RK1 HALLI 2				
304	RK3 HALLI 2				
305	KK HALLI 2				
306	RK TOIMISTOHALLIRAKENNUS				
401	MAADOITUSKAAVIO				

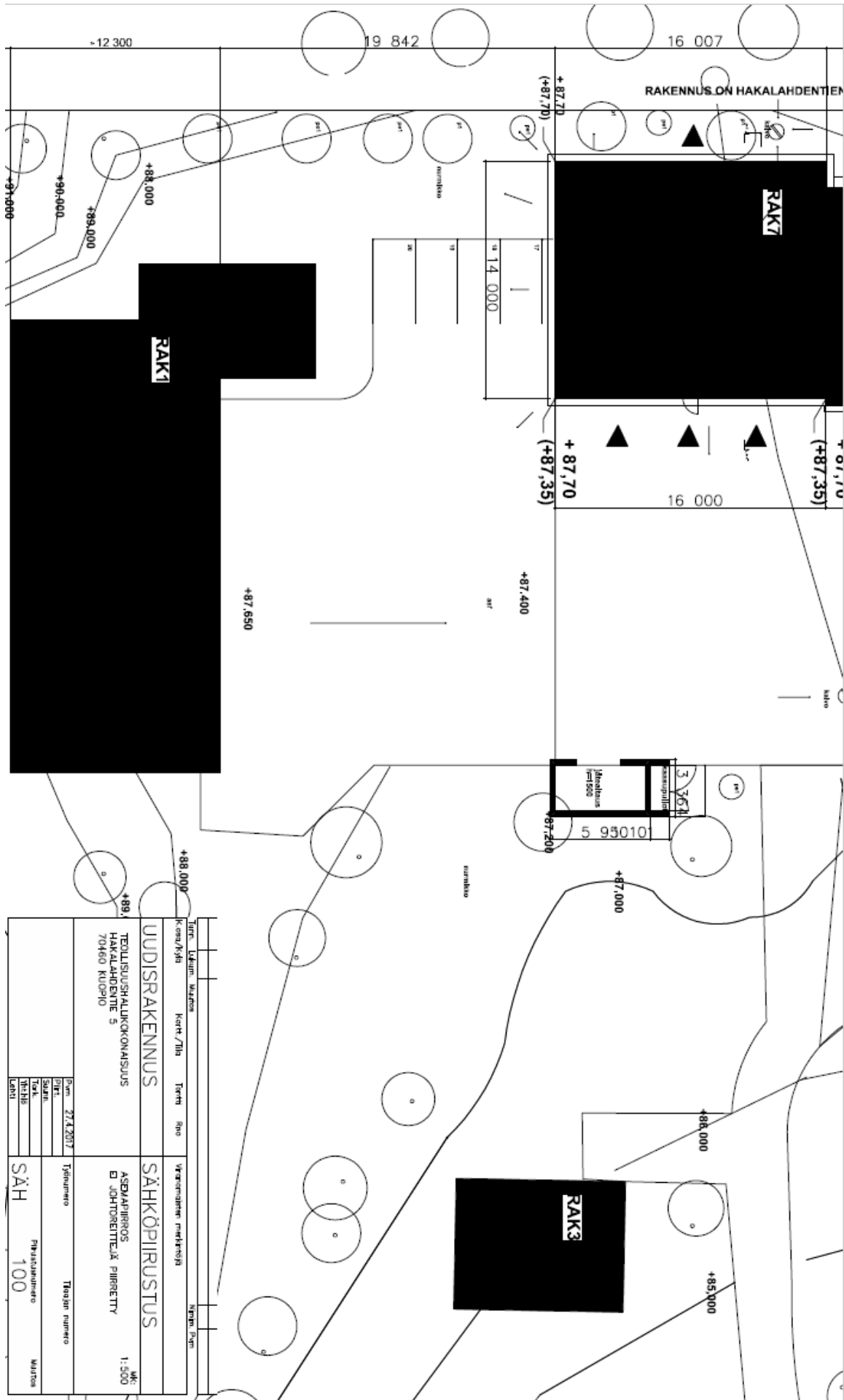
Kohteen tiedot:

Teollisuushallit Matti Korhonen

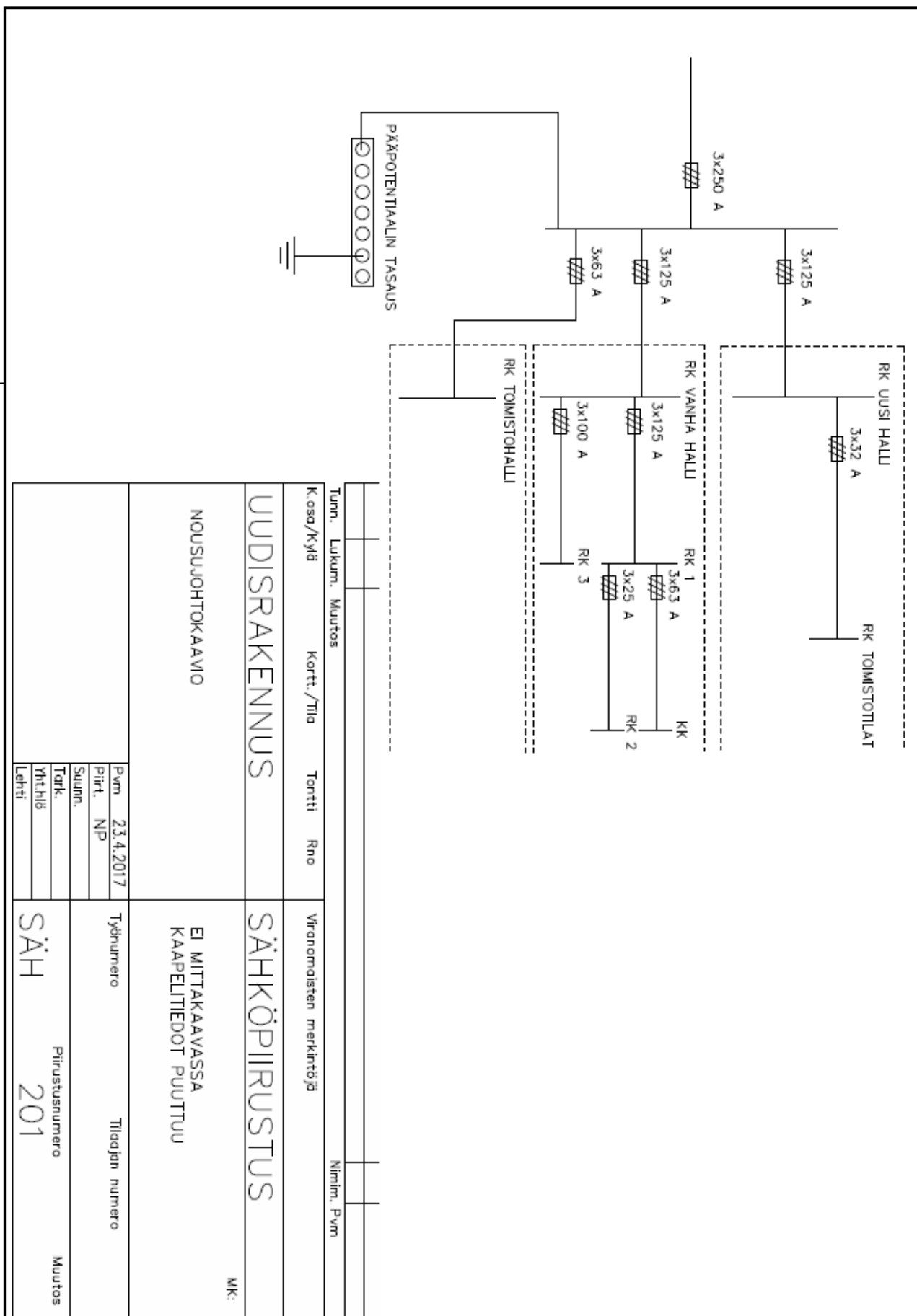
Hakalahdentie 5

70460 Kuopio

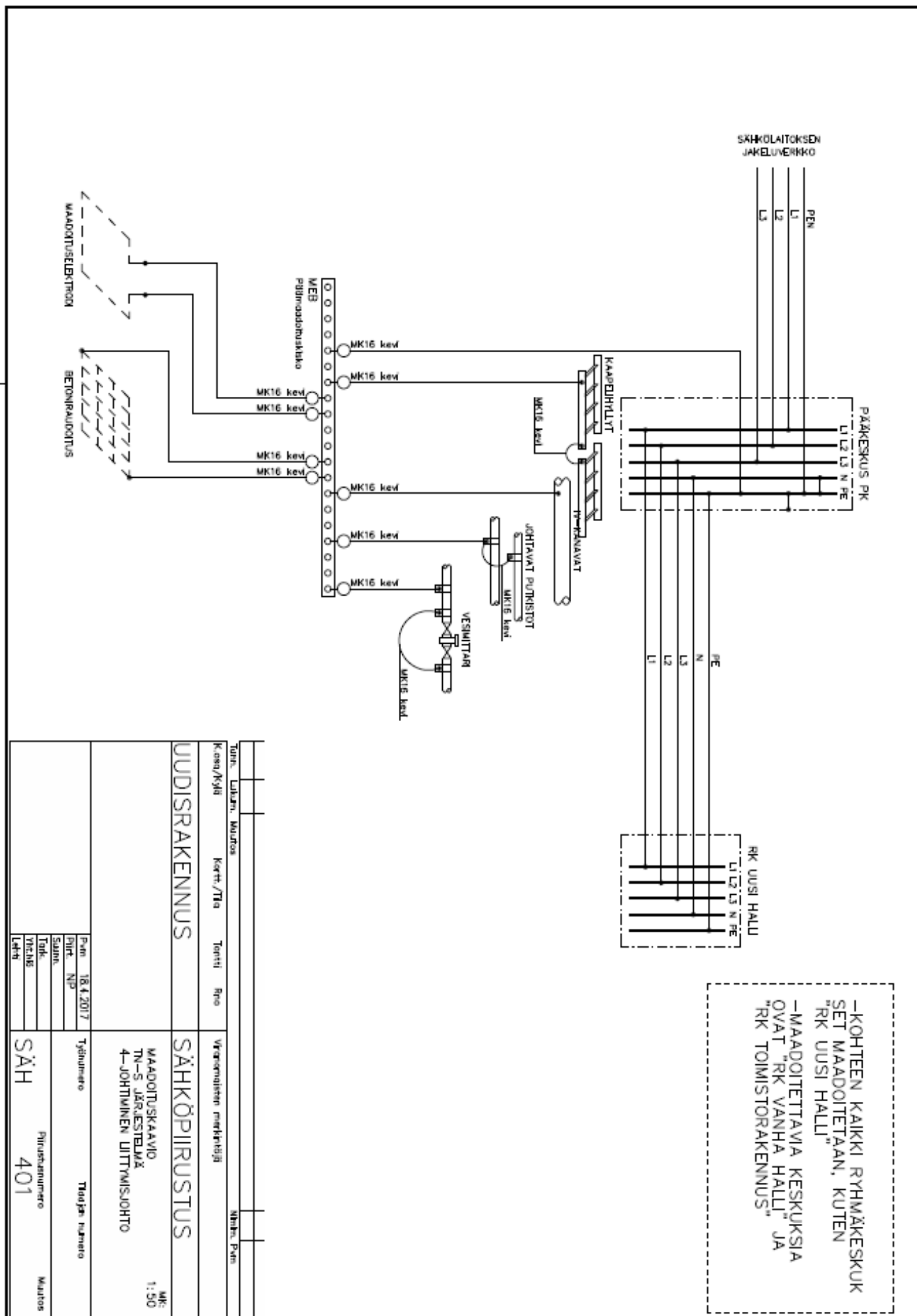
LIITE 2: ASEMAPIIRROS



LIITE 6: NOUSUJOHTOKAAVIO



LIITE 8: MAADOITUSKAAVIO



LIITE 9: LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI

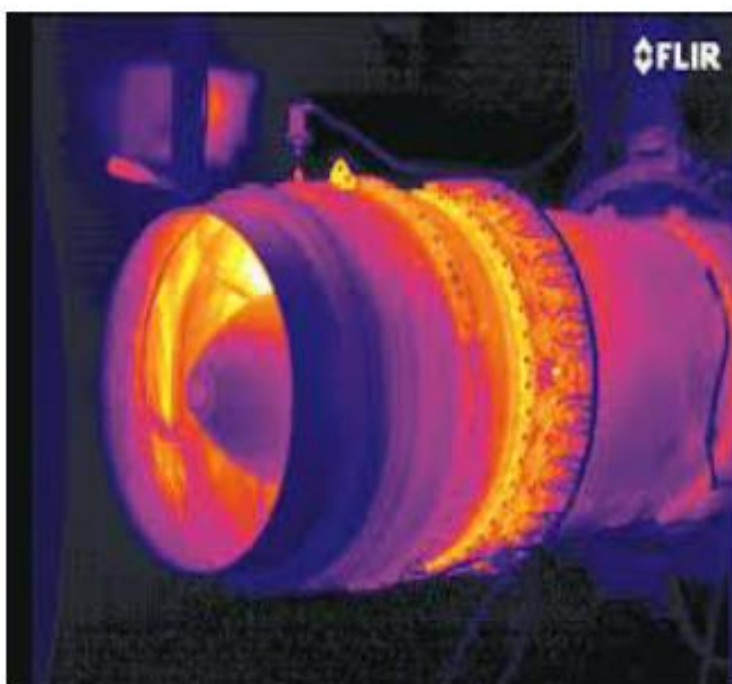
Sivu 0 / 5

Lämpökuvausraportti

Niko Putkonen

Savonia ammattikorkeakoulu

opinnäytetyö



Sähkölaitteisto

ASIAKAS:

MATTI KORHONEN

HAKALAHDENTIE 5

70460 KUOPIO

Matti Korhonen
040 9010012
matti.korhonen@efkava.fi

SISÄLLYS

Tarkastusyhteenveto	2
Ryhmäkeskus, toimistohallirakennus, pääsulakkeet 3x63 A	3
Pääkeskus, halli 2, riviliittimet 1-10.....	4
Kiinteistökeskus, halli 2, pääkytkin	5

TARKASTUSYHTEENVETO

Tiedoston nimi	Flir2177.jpg	Tarkastuspäivä ja -aika	26.4.2017 14:45
Vakavuus	Prioriteetti 2, 2kk kuluessa		
Tiedoston nimi	FLIR2111.jpg	Tarkastuspäivä ja -aika	26.4.2017 12:24
Vakavuus	Prioriteetti 2, 2kk kuluessa		
Tiedoston nimi	FLIR2145.jpg	Tarkastuspäivä ja -aika	26.4.2017 13:49
Vakavuus	Suosittelaa tarkastettavaksi		

Pääsulakkeet 3x63A, Flir2177.jpg, toimistohallirakennus RK9, L1-vaiheen lämpeneminen noin 10°C suhteessa vaiheisiin L2 ja L3. Kaikkien vaiheiden virta-arvojen mittaaminen, kytkentöjen ja ryhmityksen tutkiminen. Selvitettäväksi mahdollinen yksivaiheiden jaottelun puutteellisuus kaikille kolmelle vaiheelle.

Riviliittimet 1-10, FLIR2111.jpg, pääkeskus halli 2, Riviliittimen 7 pienoinen lämpeneminen suhteessa muihin liittimiin.

Suosittelaa kiristettäväksi liitosta ja sen jälkeen virta-arvojen mittaamista.

Pääkytkimen johtotulot ja -lähdöt, FLIR2145.jpg, kiinteistökeskus halli 2, Pääkytkimen tulon puoleiset lämpötilat L1 = 19,1°C, L2 = 17,3°C ja L3 = 18,5 °C. . Suositellaan pääkytkimien liittimien kiristystä ja tulojen ja lähtöjen virta-arvojen mittaamista maksimikuormituksen aikana.

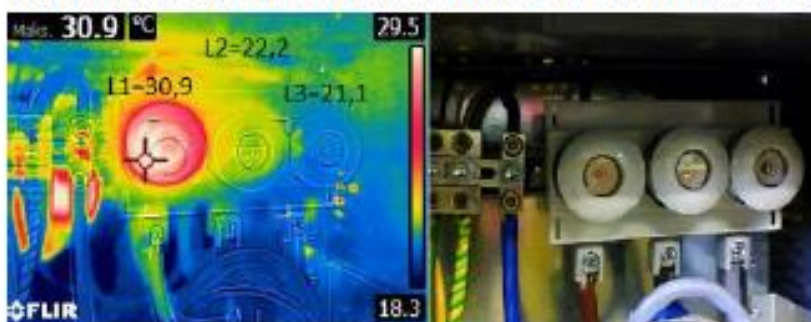
Muita havaintoja:

Yleisesti keskuksissa oli lämpenemistä ja palovaaraa lisäävää likaa ja pölyä, joka olisi hyvä imuroida pois. Lisäksi kaapeliläpiviennit tulisi tarkistaa ja mikäli niissä havaitaan puutteita, tulee ne uusia.

Keskusten luoksepäästäväisyyttä ja niiden käyttöön tarvittavaa tilaa tulisi lisätä keskusten ympärillä. Esimerkiksi halli 2 pääkeskuksen edessä oli paljon käyttötavaraa, mm askeltikkaita ja maansiirtotöissä käytettävä tärutin.

Tarkastuspäivämäärä:	21.4.2017	Sijainti:	Hakalahdentie 5, 70460 Kuopio
Laitteet:	FLIR E6	Laitteiston sijainti:	RK9 toimistohalli
Ympäristön ilmanlämpötila:	18°C	Tuulen nopeus:	
Kuormitus (%)	Ei tiedossa	Nimelliskuorma enintään:	3x63 A
Poikkeava lämpötila:	30,9°C	Mahdollinen ongelma:	Epäsymmetrinen kuormitus
Suosittelut toimenpide:	Vaiheiden virta- arvojen mittaaminen, kytkentöjen ja ryhmitysten tutkiminen	Korjausprioriteetti:	Vaatii toimenpiteitä 2kk kuluessa
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	20°C
Kameran valmistaja ja malli:	FLIR E6 1.2L	Kameran sarjanumero:	63954287
Ohjelmistoversio:	2.3.2000	Linssin kuvaus:	45°

RYHMÄKESKUS, TOIMISTOHALLIRAKENNUS, PÄÄSULAKKEET 3X63 A



Pääsulakkeet 3x63 A

Vaiheiden lämpötilat: L1 = 30,9°C, L2 = 22,2°C ja L3 = 21,1°C

Vaihe L1 on lämmennyt noin 10°C verrattuna vaiheisiin L2 ja L3. VAATII TOIMENPITEITÄ. Kaikkien vaiheiden virta-arvojen mittaaminen, kytkentöjen ja ryhmitysten tutkiminen. Selvitettäväksi mahdollinen vaiheiden jaottelun puutteellisuus.

Pääkuvan merkinnät

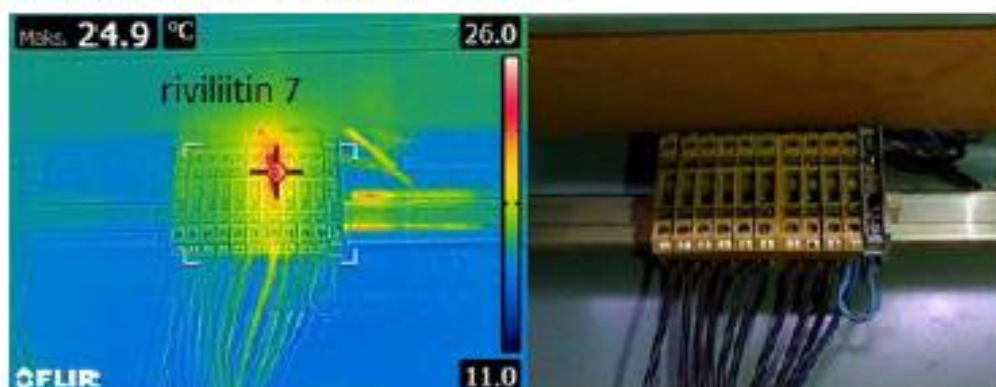
Nimi	Lämpötila (°C)	Emissiokerroin	Tausta (°C)
L1	30,9	0,95	18,3
L2	22,2	0,95	18,3
L3	21,1	0,95	18,3

Kuvan tiedot

Kuvausetaisyys	1 m
Kuva-asteikko	18,3°C ... 29,5°C
Kameran malli	FLIR E6
IR-anturin koko	160 x 120
Kuvausajankohta	26.4.2017 14:45
Lämpötila-asteikko ja väriskaala	18,3°C – 29,5°C sateenkaari
Kalibrointialue	-20°C ... +250°C
Lämpökuvaaja	Niko Putkonen

Tarkastuspäivämäärä:	21.4.2017	Sijainti:	Hakalahdentie 5, 70460 Kuopio
Laitteet:	FLIR E6	Laitteiston sijainti:	PK halli 2
Ympäristön ilmanlämpötila:	11,0 °C	Tuulen nopeus:	
Kuormitus (%)	Ei tiedossa	Nimelliskuorma enintään:	3x125 A
Poikkeava lämpötila:	24,9 °C	Mahdollinen ongelma:	Riviliittimen 7 löysä liitos
Suosittelut toimenpide:	Liittimien kiristys ja virta-arvojen mittaaminen	Korjausprioriteetti:	Vaatii toimenpiteitä 2kk kuluessa
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	20°C
Kameran valmistaja ja malli:	FLIR E6 1.2L	Kameran sarjanumero:	63954287
Ohjelmistoversio:	2.3.2000	Linssin kuvaus:	45°

PÄÄKESKUS, HALLI 2, RIVILIITTIMET 1-10



Virtamuuntajien jälkeinen riviliitinlähde 1-10

Riviliittimen 7 pieniäinen lämpeneminen suhteessa muihin liittimiin. Suositellaan kiristettäväksi liitosta ja sen jälkeen virta-arvojen mittaamista.

Pääkuvan merkinnät

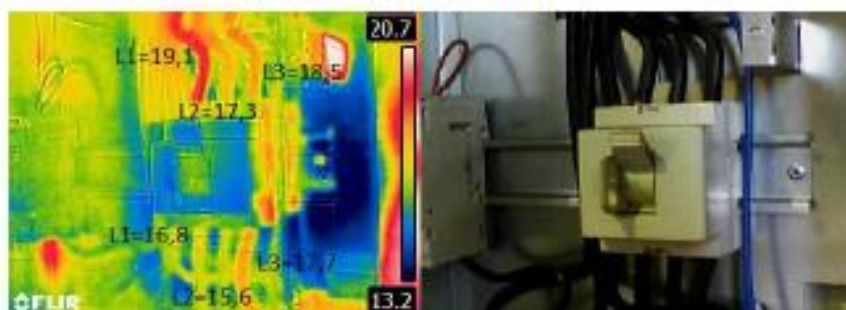
Nimi	Lämpötila (°C)	Emissiokerroin	Tausta (°C)
riviliitin 7	24,9°C	0,95	11,0°C

Kuvan tiedot

Kuvausetäisyys	1m
Kuva-asteikko	11,0°C ... 26°C
Kameran malli	FLIR E6
IR-anturin koko	160 x 120
Kuvausajankohta	26.4.2017 12:24
Lämpötila-asteikko ja väriskaala	11,0°C ... 26°C sateenkaari
Kalibrointialue	-20°C ... +250°C
Lämpökuvaaaja	Niko Putkonen

Tarkastuspäivämäärä:	21.4.2017	Sijainti:	Hakalahdentie 5, 70460 Kuopio
Laitteet:	FLIR E6	Laitteiston sijainti:	Kiinteistökeskus, halli 2
Ympäristön ilmanlämpötila:	11,0°C	Tuulen nopeus:	
Kuormitus (%)	Ei tiedossa	Nimelliskuorma enintään:	3x35 A
Poikkeava lämpötila:	19,1°C	Mahdollinen ongelma:	löysät liittokset
Suosittelut toimenpide:	Pääkytkimen virta-arvojen mittaus ja liittosten kiristys	Korjausprioriteetti:	Suosittellaan toteutettavaksi 2 kk aikana
Emissiokerroin:	0,95	Heijastunut lämpötila:	20°C
Kameran valmistaja ja malli:	FLIR E6 1.2L	Kameran sarjanumero:	63954287
Ohjelmistoversio:	2.3.2000	Linssin kuvaus:	45°

KIINTEISTÖKESKUS, HALLI 2, PÄÄKYTKIN



Pääkytkimen tulon puoleiset lämpötilat L1 = 19,1°C, L2 = 17,3°C ja L3 = 18,5 °C.

Pääkytkimen lähdön puoleiset lämpötilat L1 = 16,8°C, L2 = 15,6°C ja L3 = 17,7°C. Suositellaan pääkytkimien liittimien kiristystä ja tulojen ja lähtöjen virta-arvojen mittaamista maksimikuormituksen aikana.

Pääkuvan merkinnät

Nimi	Lämpötila (°C)	Emissiokerroin	Tausta (°C)
L1 yläpuoli	19,1	0,95	13,2
L2 yläpuoli	17,3	0,95	13,2
L3 yläpuoli	18,5	0,95	13,2
L1 alapuoli	16,8	0,95	13,2
L2 alapuoli	15,6	0,95	13,2
L3 alapuoli	17,7	0,95	13,2

Kuvan tiedot

Kuvausetäisyys	1m
Kuva-asteikko	13,2°C ... 20,7°C
Kameran malli	FLIR E6
IR-anturin koko	160 x 120
Kuvausajankohta	26.4.2017 13:49
Lämpötila-asteikko ja väriskaala	13,2°C ... 20,7°C sateenkaari
Kalibrointialue	-20°C ... +250°C
Lämpökuvaaaja	Niko Putkonen