



Osaamista
ja oivallusta
tulevaisuuden
tekemiseen

Ahmed Shabeeb

Sähkökeskuksen lämpökuvaukset osana ennakoivaa kunnossapitoa

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Automaatiotekniikka

Insinöörityö

22.10.2021

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Ahmed Shabeeb Sähkökeskuksen lämpökuvaukset osana ennakoivaa kunnossapitoa 37 sivua 27.04.2022
Tutkinto	insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma	Sähkö- ja automaatiotekniikan tutkinto-ohjelma
Ammatillinen pääaine	Automaatiotekniikka
Ohjaajat	Lehtori Kai Virta
<p>Tämän opinnäytetyön kautta esitellään lämpökuvaustekniikkaa ja -työkaluja osana ennaltaehkäisevää huoltotyötä sähkökeskuksissa. Tarkoituksena on esitellä lämpökuvauksen hyötyjä ja mahdollisuuksia.</p> <p>Lämpökuvauksen toimintaprosessit ja teknologiat ovat tärkeä osa ylläpitoa ja modernia tutkintaa, mitkä auttavat ei vain yrityksiä, mutta myös tavallisia ihmisiä, tekemään mahdollisesti ennakoivia suunniteltuja huoltotoimenpiteitä ja, pahimmissa tapauksissa, voi ehkäistä kuolemantapauksia.</p> <p>Lämpökuvaaminen on helppo, luotettava, nopea ja edullinen menetelmä. Tätä voidaan käyttää myös tutkimaan laitteissa mahdollisesti esiintyviä sähkövikoja, kuten löylyneitä tai syöpyneitä liitännöitä sekä epätasapainoisia sähkökuormia tai ylikuormituksia.</p> <p>Tässä lopputyössä tunnistetaan lisäksi lämpökameroiden toimintaperiaatteet sekä käyttötarkoitukset ja esitetään, kuinka lämpökamerat näkevät asioita, joita ihmisen silmä ei näe.</p> <p>Tässä työssä selvitetään olosuhteita, joissa lämpökuvauksessa saadaan parhaat tulokset sekä olosuhteet, joissa ei ole mahdollista saada tyydyttäviä tuloksia, esimerkiksi kun sähkökuormat ovat hyvin pieniä, sekä olosuhteet, jolloin lämpökuvausta ei voida suorittaa.</p> <p>Opinnäytetyössä määritetään myös ennakoivan kunnossapidon merkitystä, verrataan korjaavaan kunnossapitoon, esitellään työn huolimattomuudesta tai epäonnistumisesta aiheutuvia keskeytyksiä sekä näistä aiheutuviin tuotantohävikkeihin ja muihin menetyksiin.</p> <p>Lopuksi tulokset selvennetään ja analysoidaan laatimalla lopulliset lämpökuvausraportit, jotka sisältävät lämpökuvan, analyysin ongelmasta ja ratkaisusta jokaisesta tutkittavasti kohteesta erikseen.</p>	
Avainsanat	lämpökuvaus, lämpökamera, infrapunasäteily

Author Title Number of Pages Date	Ahmed Shabeeb Thermographic Imaging of Electrical Centers as Part of Pro-active Maintenance 37 pages 27 April 2022
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electrical and Automation Engineering
Professional Major	Automation Engineering
Instructors	Kai Virta, Senior Lecturer
<p>In this thesis, thermal imaging technology and tools are presented as part of preventive maintenance work in power centers. The purpose is to introduce the benefits and possibilities of thermal imaging.</p> <p>Thermal imaging procedures and technologies are important part of upkeeping and modern examination that helps, not only companies, but also common people to make possibly preventive plans for maintenance and, in worse cases, might even prevent fatalities.</p> <p>Thermal imaging is an easy, reliable, fast, and inexpensive method. This method can be also used to inspect possible electrical faults in equipment, such as loose or corroded connections and unbalanced electrical loads or overloads.</p> <p>This thesis identifies the operating principles and uses of thermal cameras, and shows how thermal cameras see things that the human eye cannot see.</p> <p>The conditions under which the best results are achieved in thermal imaging, as well as the conditions in which satisfactory results are not possible to achieve, are presented in this study.</p> <p>The thesis also defines the importance of preventive maintenance, compares to corrective maintenance, introduces preventive maintenance to interruptions caused by the negligence or caused by interruptions due to failures, and consequent production losses and other losses.</p> <p>Finally, the results are clarified and analyzed by preparing final thermal imaging reports that include separate thermal images, analyses of the problems, and solutions for each examined mechanism.</p>	
Keywords	thermal imaging, thermal camera, infrared radiation

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Yritys	4
2.1	ABB Oy	4
2.2	Coor Service Management Oy	4
2.3	Työnkuvaukseni ja kokemukseni	5
3	Sähkökeskuksen kunnossapitoa	6
3.1	Kunnossapidon määritelmä	6
3.2	Ennakoiva kunnossapito	6
3.3	Korjaava kunnossapito	7
3.4	Kunnossapidon kustannukset	8
3.4.1	Esimerkkitapaus ennakoivasta kunnossapidosta, aito tapahtuma	8
3.4.2	Esimerkki korjaavasta kunnossapidosta, hypoteettinen tapaus	8
4	Infrapunasäteily	9
4.1	Infrapunasäteilyn määritelmä	9
4.2	Infrapunasäteilyn historia	10
4.3	Lämpökameroiden kehittyminen	10
4.4	Infrapunan toimintaperiaatteet	13
4.5	Kuinka lämpökamera näkee lämmön, jota silmämme eivät näe	13
4.6	Lämpökuvauksen edut sähkösovelluksissa	14
5	Lämpökuvaustekniikka	15
5.1	Kuormitus	15
5.2	Riskit	15
5.3	Sähkövirran lämpövaikutus	16
5.4	Älypuhelimet ja lämpökuvaus	18
6	Työtehtävät	20
6.1	Tellus pääkeskus PK-1, pääsähkökeskus 1	20
6.2	Konetehtaan valaistusryhmäkeskus	21

6.3	E-toimisto ryhmäkeskus, tasattava kuorma	23
6.4	Generaattorintehtaalla, elohopeavalaisimet	24
6.5	Pääkytkimen kojeen kärki	25
6.6	E-tehtaan kompensointi	26
6.7	E-tehtaan kontaktori	28
6.8	Esimerkkikohteen muut viat	29
7	Raportointi	31
8	Yhteenveto	35
	Lähteet	37

1 Johdanto

Entisessä kotimaassani Irakissa ei ollut siellä asuessani sähköautomaatioteknologiaa lähes ollenkaan. Tämä olisi ollut siellä erittäin hyödyllinen useiden sähkökatkokkien takia. Nämä ongelmat olisi hyvin voitu välttää, jos saatavilla olisi ollut sekä teknologiaa että osaamista.

Olen itse kiinnostunut sähköalasta henkilökohtaisesti siksi, että jos kehitän osaamistani, pystyn harjoittamaan kyseistä ammattia en vain Suomessa, mutta myös mahdollisesti kotimaassani, missä sähkövikojen vuoksi kärsitään jopa ihmishenkiä vaativista tulipaloista, taloudellisista ongelmista ja muista teknologian kehitykseen vaikuttavista tekijöistä. Koska teen jo nyt työkseni sähköasentajan työtä, on tämä oman ammatillisen kehitykseni takia erittäin hyödyllinen tutkimuksen tekniikka, millä on pitkälle kantava vaikutus tulevaisuudessakin.

Nämä aikaisemmin mainitut ongelmat voitaisiin helposti estää, jos teknologiaa, kuten lämpökuvausta, pystyttäisiin harjoittamaan yrityksissä. Tällä hetkellä lämpökuvauksen tekniikka ei ole laajalti käytössä Irakissa kauppasaarron aiheuttamien ongelmien vuoksi, jonka takia menetetään paljon kaikissa muissakin sähkötekniikan osa-alueissa.

Nykyään lämpökuvauksen työkalut ja niiden käyttö on huomattavasti edullisempi kuin mitä se oli nuoruudessani 80-luvulla, koska silloin kyseinen teknologia oli vielä uutta ja kallista. Tämä esti silloin sen saatavuutta suurella osalla maailmaa. Tämän lisäksi kotimaani oli vuodesta 1991 alkaen kauppasaarrossa, mikä pahensi kaiken uuden teknologian saamisen Irakiin.

Tällä hetkellä en itse tee lämpökuvausta, mutta olen työni puolesta ollut mukana tutkimuksen suorittamisessa. Tutkimuksen suorittaminen vaatii monivaiheisen prosessin, joka on mielenkiintoinen ja samalla vaarallinen, jos prosessi suoritetaan väärin. Esim. kun lämpökuvauksia ollaan suorittamassa, ei se ainoastaan tarkoita sitä, että avataan sähkökaappi ja tehdään tarvittava kuvaus, vaan siinä pitää ottaa huomioon tutkimuksen mahdolliset vaikutukset yrityksen eri osa-alueisiin, koska ABB:lla on käytössään yli 500 sähkökeskusta, jotka voivat olla toisiinsa kytkettyjä. Koskaan ei voi tehdä lämpökuvausta, jos sähköt ovat pois päältä, koska tutkimus ei ole näissä tapauksissa luotettava.

Tehdyt tutkimukset osoittavat, että suuri osa sähkökeskuksissa tai sähkölaitteissa mahdollisesti syntyvistä tulipaloista johtuu ennaltaehkäisevän huollon laiminlyönnistä. Lämpökuvauksen avulla voimme havaita ajoissa viat, joiden laiminlyönti voi synnyttää vakavia tulipaloja ja täten voi johtaa mittaviin vahinkoihin. Tässä opinnäytetyössä selvitetään lämpökuvauksen toimintaperiaatteet ja käyttö sekä aikaisempien kokemusten hyödyntäminen. Samalla selvennetään olosuhteita, jotta saadaan saavutettua parhaat tulokset ja selvitettyä olosuhteet, joissa lämpökuvausta ei voida tehdä.

Lämpökuvausta pidetään yhtenä luotettavimmista, nopeimmista sekä helpoimmista mahdollisten vikojen havaitsemisessa ja avustaa ennaltaehkäisemään huoltotöiden sähkökeskusten liitosten tai laakereiden korjaustarpeissa. Lämpökuvauksen avulla voidaan myös varmistaa sähkölaitteiden pysyvän optimaalisessa kunnossa. Infrapunasäteilyyn perustuvaa lämpökuvausta käytetään myös teollisuudessa kunnossapitoon sekä sähköverkkolinjojen seuraamiseen.

Lämpökuvaaminen on olennainen osa ennakoivaa huoltoprosessia, erityisesti tuotantolaitoksissa, jotta vältetään häiriöitä. Nämä voivat johtaa äkillisiin ja odottamattomiin toimintahäiriöihin, jotka voivat aiheuttaa suuria tappioita tuotteita valmistaville yrityksille. Siksi on ilmeistä, että siirtyminen korjaavasta kunnossapidosta ennakoivaan kunnossapitoon tapahtuisi asteittain.

Säännöllinen lämpökuvaus yleistyy, mikä lisää lämpökuvauslaitteiden saatavuutta, hinnat normalisoituvat ja käytettävyys parantuu kehityksen myötä.

Lämpökuvaustyön tekevän henkilön tulee olla erittäin ammattitaitoinen, koska lämpökuvauksen suorittaminen väärällä tavalla voi johtaa väriin tuloksiin, kuten välttämättömien suoritettavien korjausten laiminlyöntiin tai turhien korjausten tekemiseen.

Koska lämpökuvausprosessin on tapahduttava sähköä ollessa päällä, tämä prosessi voi aiheuttaa riskejä sähkökeskusten ovia avattaessa. Siksi esitettiin, että sähkökeskuksia valmistettaessa tulisi laatia suunnitelma niiden ovien automaattisesta avaamisesta erityisten koodien ja painikkeiden kautta, mitkä annetaan vain tarpeen vaatiessa, kuten lämpökuvauksen suorittajalle.

Yksi esimerkki mielestäni kehittämistä vaativista asioista on muuttaa nykypäivän lämpökuvauksen tekniikkaa, missä automatisoidaan tietyt toimenpiteet, kuten esim. sähkökeskusovien luukkujen avaus, mikä laskisi vaaratilanteiden syntymistä paljon.

Lämpökuvauksen ja muiden tutkimukseen liittyvien tekniikoiden koulutuksien järjestäminen ja lisäksi näihin tutkimuksiin laitteiden tuominen maihin, joissa tutkimusten taso ei välttämättä ole yhtä korkealla tasolla kuin Suomessa, mikä parantaisi näissä maissa turvallisuutta ja tuotantoa.

2 Yritys

2.1 ABB Oy

ABB Company:n historia alkaa vuodesta 1883, jolloin Ludwig Friedholm perusti Swedish Electric Company Ltd. Westerrosissa sähkölampujen ja generaattoreiden valmistajaksi.

Charles Eugene Lancelot Brown ja Walter Boveri perustivat Brown, Boveri & Cie -yrityksen, BBC, vuonna 1891 Sveitsin Badenissa sveitsiläiseksi konserniksi, mikä tuotti vaihtoja ja tasavirtamoottoreita, generaattoreita, höyryturbiineja sekä muuntajia. ABB perustettiin sen jälkeen, kun ruotsalainen sähköyhtiö Allmänna Svenska Elektriska Aktiebolaget, ASEA, fuusioitiin BBC:n kanssa vuonna 1988. ASEA:n entinen toimitusjohtaja Percy Barnevik johti konsernia vuoteen 1996 asti (Wikipedia).

2.2 Coor Service Management Oy

Coor on yksi johtavista erityyppisten palveluiden tarjoajista Pohjoismaissa, mikä toimii mm. Suomessa, Ruotsissa, Norjassa ja Baltian maissa. Ydinyhtiö perustettiin Ruotsissa vuonna 1998.

Coor ja ABB solmivat viisivuotisen sopimuksen, joka alkoi 1.4.2017 ja päättyi 31.3.2022, jossa Coor toimittaa ABB:lle palveluita, joihin kuuluvat mm. kiinteistöpalvelut, postipalvelut, kahviautomaatit, turvallisuuspalvelut, siivouspalvelut sekä aula- ja toimistopalveluita.

Coor vastaa myös talotekniseen kunnossapitoon liittyvistä huolto- ja korjaustehtävistä asiakasyrityksemme ABB:n toimisto- ja tuotantotiloissa. Sähkötyöt voivat olla esimerkiksi huolto- ja korjaustehtävien suorittamista sähköjärjestelmiin, valaistukseen, ilmastointiin, vikavirtasuojien testaukset ja mittaukset, sähkökeskuksen tarkistukseen sekä lämpökuvauksella havaittujen virheiden korjaaminen ja seuranta.

2.3 Työnkuvaukseni ja kokemukseni

Olen ollut kiinnostunut ja harrastanut sähköitä lapsuudesta asti ja muistan 13-vuotiaana, kun tein kotona ensimmäisen 36 W:n loisteputkivalaisimen. Valaisimessa oli puinen jalusta, mikä oli 120 cm pitkä ja 10 cm leveä. Lampun pidikkeet ja sytyttimen pidin olivat kiinnitettynä puun molempiin päihin, kun taas kuristin on kiinnitetty puun keskelle. Kun näin silloin lampun valon, olin iloinen ja tämä kruunasi työni. Myöhemmin lähdin opiskelemaan ja työskentelemään sähköalan ammattiin virallisesti ja perustin tuolloin huoltoon ja sähköasennuksiin erikoistuneen yrityksen.

Olen työskennellyt ABB:llä sähköasentajana vuodesta 2019 lähtien. Vastaan talotekniiseen ylläpitoon liittyvistä huolto- ja korjaustehtävistä asiakasyrityksemme ABB:n toimisto- ja tuotantotiloissa Pitäjänmäessä ja Vuosaarella. Työtehtäviini kuuluu suorittaa säännöllisesti huolto- ja korjaustehtäviä sähköjärjestelmiin, valaistukseen, ilmastointiin, vikavirtasuojien testauksiin ja mittauksiin, sähkökeskuksen tarkistuksiin. Lisäksi teen lämpökuvauksella havaittujen virheiden korjaukset ja näiden jatkoseurannat.

31.03.2022 päivä on viimeinen työpäiväni Coorin alaisuudessa, koska Coorin ja ABB:n välinen sopimus päättyy edellä mainittuna ajankohtana. Tätä tekstiä kirjoittaessani on 28.3.2022. Lähes kolmen vuoden aikana olen viettänyt upeita aikoja upeiden työtovereiden, LVI-asentajien, kiinteistöhuoltajien ja teknisten kiinteistöhuoltajien kanssa. Mutta vaikka kadun lähtemistäni tästä upeasta työryhmästä, tarkoitan tässä Coorin tiimiä, mutta onneksi en lähde ABB:stä, vaan jatkan siellä työskentelevän Quant Finland Oy:n kautta.

Henri Chi (2017), Quantin nykyinen johtaja, kertoo opinnäytetyössään, että ABB Full Service oli ABB:n oma kunnossapito-osasto, joka suoritti huolto- ja korjaustöitä itselleen ja ulkopuolisille asiakkaille. Nordic Capital osti ABB Full Servicen ABB-yhtymältä vuoden 2014 lopussa. ABB Full Service toimii nykyään nimellä Quant. ABB Full Servicellä on 25 vuoden kokemus alalta markkinajohtajana, minkä aikana ABB on parantanut turvallisuutta ja tuotannon tehokkuutta yli 300 toimipaikassa ympäri maailmaa. Quant jatkaa nyt johtavassa asemassa teollisuuden kunnossapitopalveluiden tuottajana maailmanlaajuisesti. Quantin pääkonttori sijaitsee Tukholmassa.

3 Sähkökeskuksen kunnossapitoa

3.1 Kunnossapidon määritelmä

Suomalainen (2011) kuvaa opinnäytetyössään kunnossapidon määritelmän olevan yleisnimitys toimenpiteille, joiden tavoitteena on koneiden, laitteiden ja rakennusten toimintakunnon ylläpito. Termiin sisältyy sekä teknillisiä, taloudellisia että hallinnollisia toimintoja.

Standardissa 6201 (2003) määritellään, että ”Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”.

Saksalainen metrologinen instituutti määritteli kunnossapidon sarjaksi peräkkäisiä menettelytapoja, joiden tarkoituksena on varmistaa, että laitteet ja koneet valmistetaan tuotantoprosessille, jolloin ne ovat valmiita vaadittuihin töihin. Yleensä kunnossapito on niiden laitoksen yleiseen toimintaan liittyvien toimien summa, jotka suorittaa toimivaltainen osasto tavoitteiden saavuttamiseksi, jotta vaaditut laatutasot säilytetään mahdollisimman vakaasti.

3.2 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoiva kunnossapito on yksi kokonaisvaltaisen kannattavan kunnossapidon kulmakivistä. Ennakoiva kunnossapito sisältää joukon huolto-osaston suorittamia toimia ja menettelyitä pitääkseen laitteet optimaalisissa olosuhteissa ja pyrkiäkseen välttämään yllättäviä toimintahäiriöitä sekä korjaamalla mahdolliset epäkohdat ennen vika- ja toimintahäiriötilan kehittymistä. Ennakoivan huolto-ohjelman onnistumisaste riippuu siitä, saavutetaanko mahdollisimman vähän toimintaa häittäviä keskeytyksiä sekä hyväksyttävät korjauskustannukset. Näiden välillä hyvän tasapainon löytäminen vaatii työtä, suunnittelua ja kokemusta.

Jotta tuotantolinjoilla työskentely jatkuisi hyvän toimintaperiaatteen puitteissa ja kohtuullisin kustannuksin siten, että tuotantoon vaadittujen yksityiskohtien, kuten tuotannon, työn laadun sekä työturvallisuuden ja -terveyden vaatimusten mukaisesti suojellaan työntekijöitä, omaisuutta ja ympäristöä kaikilta haittatekijöiltä, tulee ennakoivan kunnossapidon suunnittelu, toteutus ja kehitys valmistella monipuolisesti yksityiskohtia ottaen huomioon.

Tämä toimenpide tulee suorittaa ennalta määritetyn aikataulun mukaisesti, josta laitteen tai järjestelmän valmistajat tai huollosta vastaavat kokeneet tahot päättävät. Ennakkoon suunnitellut katkot ovat taloudellisesti ja tuotannollisesti kannattavampia kuin äkilliset ja mahdollisesti haittaavat häiriöt ja keskeytykset.

Kannattaa myös huomioida, että ennakoivaa huoltoa ei välttämättä kannata tehdä, jos sen kustannukset ovat suuremmat kuin tuotantotappioista ja korjaavien kunnossapidoista aiheutuvat kustannukset yhteensä.

3.3 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito on yksi perinteisimmistä toimenpiteistä. Korjaavassa kunnossapidossa laitteille ei tehdä tarvittavia korjauksia ennen kuin ne lakkaavat toimimasta toimintahäiriöiden vuoksi, mitkä usein ilmenevät ennaltaehkäisevän huollon laiminlyönneistä, viivästymisestä tai muista esteistä. Ennalta suunnittelematon tuotannon keskeytyks voi johtaa suurempaan taloudelliseen menetykseen kuin itse laitteen korjauskustannukset.

Mohamud (2022) kertoo opinnäytetyössään, että ”Korjaavassa kunnossapidossa vikaantuvaksi todettu komponentti tai osa pyritään palauttamaan käyttökelpoiseksi. Komponentin tai osan elinaikaa voidaan laskea korjaavan kunnossapidon suoritusajojen avulla. Korjaava kunnossapito voi olla äkillistä ja suunnittelematonta korjausta tai suunniteltua korjausta. Seuraavat asiat sisältyvät korjaavaan kunnossapitoon: vian diagnosointi, vian löytäminen, korjaus, väliaikainen korjaus, toimintakunnon palauttaminen”.

3.4 Kunnossapidon kustannukset

Ennakoivan kunnossapidon tai korjaavan kunnossapidon kustannusten ja tuotantohäviöiden välisen suhteen kaavioita, joita on joskus vaikea ymmärtää, ei kyetä toistamaan perinteisten käyrien esimerkeillä. Mainitsen kuitenkin muutaman esimerkin, joissa lämpökuvauksen rooli ja tehokkuus sähkökeskuksissa mahdollisesti tapahtuvien vikojen varhaisen havaitsemisen. Tämä havaitseminen auttaa korjaamaan vian ennen sen syntymistä ja täten välttämään tai vähentämään mahdollisesti syntyviä menetyksiä ja siten tuotantoon mahdollisesti vaikuttavien hävikkien lyhentämisessä.

3.4.1 Esimerkkitapaus ennakoivasta kunnossapidosta, aito tapahtuma

ABB lähetti Cookille lämpökuvausraportin, minkä perusteella Coor on vastuussa lämpökuvauksen avulla havaitsemien sähkövikojen korjaamisesta osana ennakoivaa kunnossapitoa.

ABB:lle ilmoitettiin, että pääkytkimen vaihtaminen edellyttää koko voimakeskuksen pääsähkön katkaisemista. Näin ollen sovittiin, että pääkytkimen vaihto tehdään viikonloppuna muuntamon huollon yhteydessä syksyn 2021 alussa, jolloin on suunniteltu sähkökatkos koko tehtaalle. Pääkytkin hankittiin hyvissä ajoin ja vaihdettiin sujuvasti sekä turvallisesti tuotantoprosessiin vaikuttamatta. Otettiin myös huomioon, että joskus tilausaika kestää kaksi viikkoa tai enemmän, varsinkin jos on kyse vanhemmasta mallista, meillä oli runsaasti aikaa tilata pääkytkin SOL:ltä.

3.4.2 Esimerkki korjaavasta kunnossapidosta, hypoteettinen tapaus

Tässä tilanteessa kojeen kärjen löysyydestä aiheutuvan lämmön seurauksena kärki voi vaurioitua täysin ja aiheuttaa virran katkeamisen tai tulipalon. Tämä johtaa korjaavaan kunnossapitoon, joka voi kestää pitkään, varsinkin tilanteissa, joissa varaosia ei välttämättä ole helposti saatavilla. Jos näitä mahdollisia ongelmakohtia ei ennakoivissa kunnossapidoissa seurata ja korjata, korjaavassa kunnossapidossa kustannukset voivat olla huomattavan isot sekä aiheuttaa mittavia vahinkoja itse rakennuksessa kuin jopa ihmisiin. Nämä vahingot voivat pahimmissa tapauksissa myös aiheuttaa lähialueella oleville muille yritysille tai ihmisille ongelmia.

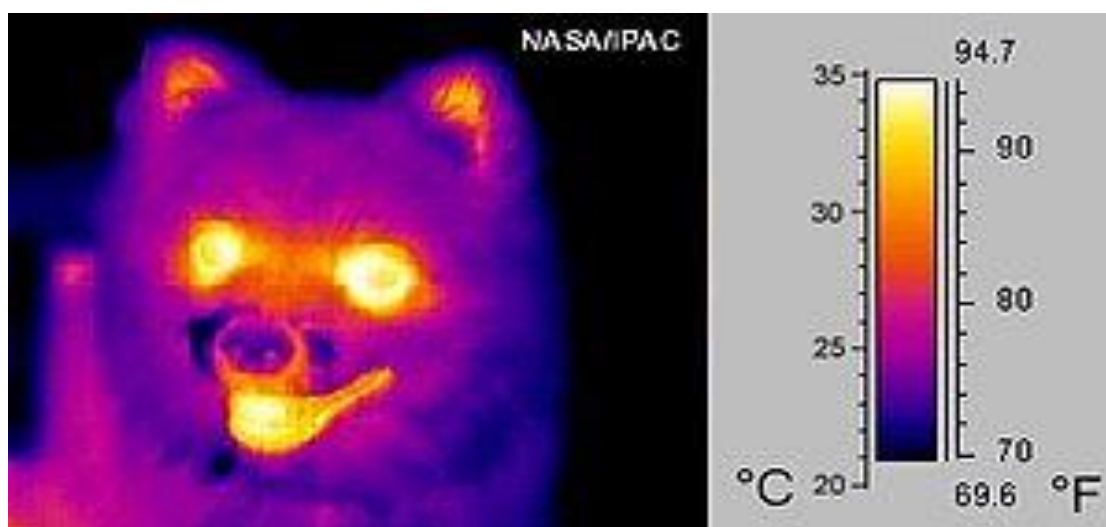
4 Infrapunasäteily

4.1 Infrapunasäteilyn määritelmä

Infrapunasäteet voidaan määritellä sähkömagneettisiksi säteiksi, jotka putoavat magneettisen spektrin näkymättömään osaan, jota ihmissilmä ei havaitse. Koska silmä ei näe suurinta osaa magneettisesta spektristä, paitsi näkyvää valoa magneettispektrin sisällä välillä 400–700 nanometriä, kun taas infrapunasäteet ovat välillä 700 nm - 1 mm, eli välittömästi näkyvän valon jälkeen.

Vaikka on monia eläimiä, jotka tuntevat lämpöä, on vain harvoja, jotka aistivat tai näkevät infrapunaa. Ihmissilmä sen sijaan on kykeneväinen näkemään vain tietyt valon taajuu-
det, mikä edustaa vain pientä osaa sähkömagneettisesta spektristä, missä valo kulkee aaltolina. Vaikka infrapuna ei ole havaittavissa ihmisen silmillä, voimme sen sijaan usein aistia sen lämpönä ihollamme.

Vaikka nykytekniikka on laajentaneet ihmissilmän näkökenttää esimerkiksi infrapunakameroiden avulla, on olemassa tiettyjä eläinlajeja, jotka ovat kehittyneet havaitsemaan infrapunavaloa luonnollisesti. Esimerkiksi hyttyset, kuoppakyykäärmeet, härkäsammakot ja jotkin kalalajit.



Kuva 1. Koira kuvattuna infrapunakameralla. Lähde: NASA/ICA, Wikipedia

4.2 Infrapunasaäteilyn historia

Vaikka infrapunasaäteilyn historia on pitkä ja monivaiheinen, mainitsen vain suurimmat tapahtumat, joilla on eniten vaikutusta kaupallisen infrapunatutkimuksen kehitykseen.

Infrapunasaäteilyn löysi brittiläinen tähtitieteilijä William Herschel vuonna 1800, kun hän kokeili näkyvän spektrin eri värien lämpötilaeron mittaamista. Hän havaitsi lämpötilan nousun näkyvän spektrin punaisen näkyvän valon jälkeen. Tämän takia sitä kutsutaan infrapunaksi.

1880-luvulla bolometri kehitettiin, minkä avulla voitiin mitata sähkömagneettista säteilyä. 1930- ja 1950-luvulla lämpökuvausta kehitettiin poliittisista syistä ja myöhemmin sodankäyntiin liittyvistä teknologisista kehityksistä. Esimerkiksi sodassa haluttiin havaita viholliset tehokkaammin öisin tai savun peittämissä sotatantereissa.

1950 ja 1960 välisenä aikana kehitettiin yksielementtinen ilmaisin, millä pystyi tuottamaan lineaarisia kuvia. Näistä alkeellisista ilmaisimista kehittyivät modernit lämpökuvaukset.

4.3 Lämpökameroiden kehittyminen

Vuonna 1965 myytiin ensimmäinen kaupallinen lämpökamera korkeajännitteisten voimalinjoiden tarkastamiseen. AGA:n ensimmäistä mallia, valmistettu vuonna 1965, kuljettiin pakettiautolla kohteisiin suuren koon takia.



Kuva 2. AGAn malli 650, valmistettu 1965. IRINFO.ORG (2017)

ISI:n valmistama malli, vuonna 1980, oli ensimmäinen lämpökamera, mikä osasi erottaa auringon valon aiheuttaman säteilyn vääristymisen.



Kuva 3. ISI Videotherm, valmistettu vuonna 1980. IRINFO.ORG (2017)

Ageman mallia, valmistettu vuonna 1997, toimi pohjana kaikille käsin kannettaville kameramalleille.



Kuva 4. Ageman 570-sarjan malli, valmistettu vuonna 1997. IRINFO.ORG (2017)



Kuva 5. Lämpökamera Flir T860, valmistettu vuonna 2019. Teledyne Flir.



Kuva 6. Lämpökamera Fluke Ti400, valmistettu vuonna 2015. Fluke

4.4 Infrapunanan toimintaperiaatteet

Infrapunaenergia on vain osa sähkömagneettista spektriä, mikä sisältää gamma-, röntgen-, ultraviolettisäteilyn, ohuen näkyvän valon alueen, infrapunanan, terahertsiaaltojen, mikroaallojen ja radioaallojen. Nämä kaikki liittyvät toisiinsa ja vaihtelevat aallonpituudeltaan. Kaikki esineet lähettävät tietyn määrän mustan kappaleen säteilyä lämpötilansa funktiona.

Yleensä mitä korkeampi kappaleen lämpötila on, sitä enemmän infrapunasäteitä säteilee mustana kappaleen säteilyinä. Erityinen kamera voi havaita tämän säteilyn samalla tavalla kuin tavallinen kamera havaitsee näkyvän valon. Se toimii jopa täydellisessä pimeydessä, koska ympäristön valotasolla ei ole väliä. Tämä tekee siitä hyödyllisen hankalissa pelastusoperaatioissa, kuten savuisissa rakennuksissa ja maan alla.

4.5 Kuinka lämpökamera näkee lämmön, jota silmämme eivät näe

Jokainen keho lähettää tai absorboi lämpösäteilyä ja vaikka voimme tuntea sen ihollamme, emme näe sitä silmillämme, koska infrapuna on hieman silmiemme näkyvän spektrin ulkopuolella. Onneksi meillä on nyt lämpökuvaustekniikka, joka voi muuntaa

nämä näkymättömät aallot näkyväksi valoksi ja tuo monipuolisesti hyötyä ihmisille useissa eri käyttötarkoituksissa.

Laitteet, jotka voivat muuntaa infrapuna-aallot väreiksi, toimivat hyvin samalla tavalla, mutta myös eri tavalla kuin videokamerat. Lasin sijaan, jota infrapunasäteiden on vaikea läpäistä, infrapunakamerat käyttävät linssinä germanium-nimistä materiaalia, koska se päästää infrapuna-aallot kulkemaan ilmaisimiin ja muuntaa siten säteilyn informaationa elektronisiksi antureiksi. Sitten tiedot muunnetaan näkyvien värien asteikolle, jonka intensiteetti on suoraan verrannollinen kohteen lähettämään lämpötilaan.

4.6 Lämpökuvauksen edut sähkösovelluksissa

Ajatus lämpökuvauksesta sähköalalla perustuu periaatteeseen, että kaikki, missä sähkövirta kulkee, on alttiina korkealle lämpötilalle. Mutta jokaisessa laitteessa ja sovelluksessa on omat maksimaaliset rajat lämpötilan suhteen. Infrapunatutkimus on ensisijainen diagnostiikkateknikka, millä havaitaan varhaiset viat mittaamalla näiden laitteiden pinnoilta lämmön aiheuttaman infrapunasäteilyn määrän sähkökeskuksissa, muuntajissa, kaapeleissa, pääkatkaisijoissa, alikatkaisijoissa, aurinkopaneeleissa ja kaikissa muissa sähkökomponenteissa.

5 Lämpökuvaustekniikka

Lämpökuvausprosessin suorittavalla henkilöllä tulee olla riittävä pätevyys ja kokemus lämpökuvausprosessin suorittamiseksi sekä kuuluu olla tietoinen tutkimukseen liittyvistä eri osa-alueista. Tämä ei ole vain laitteella tehtävä kuvausosuus, vaan pitää myös tuntea eri prosessin osa-alueet, joihin kuuluvat mm. sähkökeskukset, ryhmäkeskukset, pääkeskukset ja niiden pääkytkimet sekä kompensointi. Esimerkiksi keskuksen luukkujen avaaminen täytyy tehdä oikealla tavalla, mikä vaatii jännitteen poiskytkemisen.

Raksystems kertoo kotisivuillaan, että ”Lämpökuvaus on luotettava apu kiinteistön kunnon tarkkailuun ja korjaustarpeen määrittelyyn sekä sen rakenteiden ja järjestelmien energiataloudellisen toimivuuden varmistamiseen. Kuvauksen avulla rakennuksen vuoto- ja vikakohdat selviävät varmasti ja nopeasti rakenteita rikkomatta”.

5.1 Kuormitus

Parhaiden tulosten saamiseksi sähkökeskusten ja -järjestelmien lämpökuvauksessa on suositeltavaa, että kuormitus on huipussaan. Hyväksyttävien tulosten saavuttamiseksi kapasitiivinen kuorman tulee olla alle 40 % ja käyttöajan vähintään 30 minuuttia. Mutta jos kapasitiivinen kuorma on alle 20 %, lämpökuvausta ei suositella, koska tällaisissa tilanteissa ei saada luotettavia tuloksia.

5.2 Riskit

Tunnetusti sähkökeskusten lämpökuvausprosessin tulee olla jännitteinen, mikä saattaa altistaa lämpökuvausryhmän sähköiskun tai valokaaren riskeille, joten on noudatettava varovaisuutta ottamalla riittävä turvaetäisyys jännitteisistä osista sekä suojata itsensä mahdollisimman hyvillä eristävillä varusteilla. On suositeltavaa, että vain sellaiset henkilöt, jotka ovat kokeneita, ovat tietoisia riskeistä sekä hyvin koulutettuja, ovat vastuussa sähkökeskuksen ovien avaamisesta ja sulkemista. Joidenkin sähköiskuriskien vähentämiseksi voidaan tehdä pieniä reikiä muovisia suojakoskettimia varten, jotka peittävät sähkökeskusten sähkökatkaisijat. Nämä aukot mahdollistavat lämmön karkaamisen ja

siten antavat mahdollisuuden suorittaa lämpökuvausta ilman, että näitä suojia tarvitsee poistaa.

5.3 Sähkövirran lämpövaikutus

Kun sähkövirta kulkee johtimen läpi, syntyy lämpöenergiaa. Tämän lämmön vaikutus riippuu kolmesta päätekijästä. Sähköjohtimen resistanssi, eli mitä suurempi vastus sitä korkeampi lämpötila, sähkövirran virtausaika, eli mitä pidempi aika sitä suurempi lämpö ja lopuksi virranmäärä. Sähkö lisää sen tuottamaa lämpöä, ja tämä suhde selvitettiin Joulen laissa, joka toteaa matemaattisesti: sähkövirran tuottama lämpö on yhtä suuri kuin sähkövirran neliö kerrottuna johtimen resistanssilla kerrottuna ajalla. E =lämpötila, I =virta, R =resistanssi, t =aika.

$$E = I^2 R t$$

Teknologian kehityksen myötä on yleisesti huomattu sähkövirran kulkemisen olevan nopeampaa joissakin elementeissä kuin toisissa. Metallit yleisesti ottaen toimivat sähköjohtatuksessa, kun taas muovi ja kumi toimivat eristävinä elementteinä. Kun sähkövirta kulkee kuparissa ja alumiinissa, elektronit siirtyvät helposti atomista toiseen, minkä vuoksi niiden käyttö on yleistä lankojen valmistuksessa. Elektronien hankkiman energian täytyy ilmetä tavalla tai toisella, ja sen mukaan termodynamiikan lakien mukaan energia ei häviä eikä synny tyhjästä, vaan se muunnetaan muodosta toiseen. Tässä tapauksessa energia muuttuu sähkömagneettiseksi säteilyksi tai ns. lämmöksi, mikä on tarpeeksi kuuma hehkuakseen punaisena.

Alkuaine	Resistiivisyys
alumiini	2,655
elohopea	98,4
gallium	17,4
hiili	1375
hopea	1,59
indium	8,37
iridium	5,3
kadmium	6,83
kalium	6,15
kalsium	3,91
koboltti	6,24
kromi	12,9
kulta	2,35
kupari	1,678
lantaani	5,7
litium	8,55
lyijy	20,65
magnesium	4,45
mangaani	185
molybdeeni	5,2
natrium	4,2
nikkeli	6,84
osmium	9,5
palladium	10,5
platina	10,6
rauta	9,71
rubidium	12,5
seleeni	12
sinkki	5,92
tallium	18
tantaani	12,45
tina	11
titaani	42
uraani	30
vanadiini	25
volframi	5,65

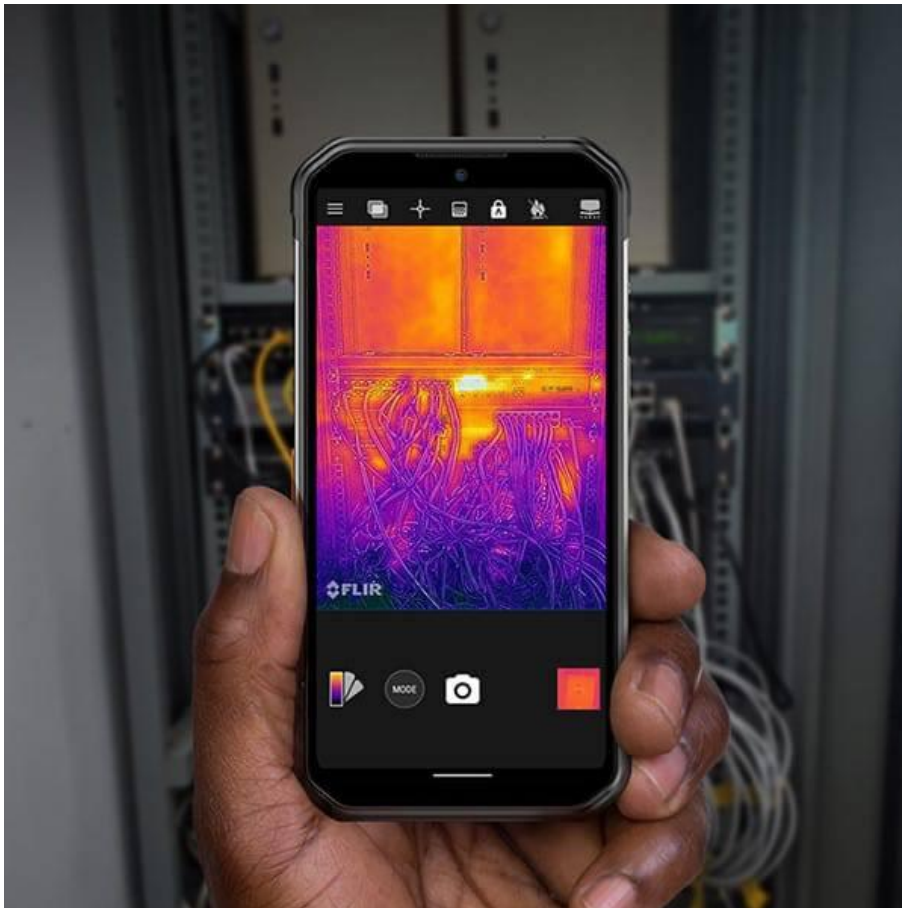
Kuva 7. Alkuaineiden resistiivisyys. (Taulukot.com 2016)

5.4 Älypuhelimet ja lämpökuvaus

Tekniikan kehitys on johtanut lämpökuvauksen sisällyttämiseen moniin kuluttajatuotteisiin, mm. älypuheliimiin. Joissakin älypuhelimissa on sisäänrakennettuna lämpökamera joihinkin saa jälkikäteen hankittua erillislisävarusteena lämpökuvauksen mahdollistavan laitteen.

Yksi tunnetuimmista näistä puhelimista on Cat Phonen Cat S60 -puhelin, mikä on julkaistu vuonna 2016 ja on maailman ensimmäinen älypuhelin, missä on sisäänrakennettuna lämpökamera. Tämä kamera pystyy mittaamaan lämpöä pinnoista 15-30 metrin etäisyydeltä sekä pystyy näkemään tummien materiaalien, kuten savun, lävitse.

Vuonna 2018 saman yrityksen Cat S61 -puhelinmallissa parannettiin kameran ominaisuuksia, kuten kuvien korkeampaa kontrastia, nostettiin havaittavan lämpötila-alueen skaalaa miinus 20 ja 400 celsiusasteeseen välille ja kameran tarkkuutta parannettiin. Kameran resoluutiota nostettiin 1280 x 720 pikselin määrään ja siihen lisättiin mahdollisuus tallentaa videoita lämpökuvauksella ja lähettää se haluamallaan tekniikalla eteenpäin.



Kuva 8. Älypuhelimien lämpökuvauskuva, puhelinmalli Ulefone Armor 11T. MENAFM (2020)

6 Työtehtävät

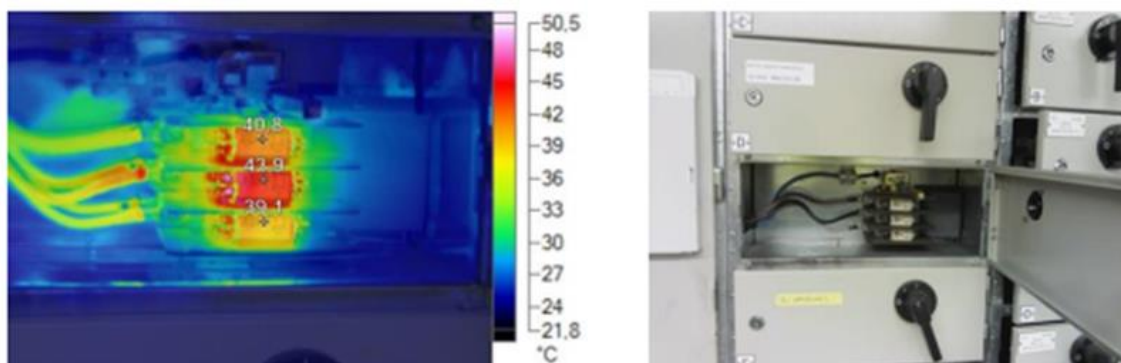
Nykyisiin työtehtäviini Coorissa kuuluu suorittaa säännöllisesti huolto- ja korjaustehtäviä sähköjärjestelmiin, valaistukseen, ilmastointiin, vikavirtasuojien testauksiin ja mittauksiin, sähkökeskuksen tarkistuksiin sekä lämpökuvauksella havaittujen virheiden korjaukset ja näiden jatkoseurannat. Nämä työtehtävät todennäköisesti jatkuvat myös Quantin alaisuudessa.

Lämpökuvaaminen on mielestäni helppo toimenpide, mutta se voi myös olla vaarallinen kokemattomalle henkilölle, koska kaapeleissa, sähkökeskuksissa ja muissa sähkölaitteissa kulkee voimakas sähkövirta. Oman osaamisen kehittäminen on käytännössä ottaen jatkuvaa jo oman ja muiden turvallisuudenkin takia. Vaikka perusasiat eivät usein muuttuisikaan, tekniikan kehitys tuo uusia laitteita ja järjestelmiä sekä käytäntöjä, joiden opetteleminen on kriittistä tällä alalla.

Seuraavaksi kuvaan erinäisiä työtehtäviä sekä sitä, kuinka niissä esiintyviä ongelmia korjattiin.

6.1 Tellus pääkeskus PK-1, pääsähkökeskus 1

Lämpökameran avulla havaittiin kennon 02E sulakkeen lähdössä lämpenemistä. Vaiheen L2-sulake on lämminnyt muita voimakkaammin, vaikka virrat ovat tasaiset (L1=47A, L2A=46, L3=47A). Sulake näyttää silmämääräisesti olevan pohjassa. Sähkölaitteiden keskimmäiset komponentit ja sulakkeet lämpenevät eniten lämpösäteilyn vuoksi. Tämä osoittaa, että ongelma ei ole kuormitusvirran tasapainossa, vaan sulakkeen ja sulakepitimien välisissä kosketuspisteissä. Vika on hoidettu lähdön sulakkeiden liitospintojen tarkistuksella, sulakepitimien puhdistuksella ja sulakkeiden vaihdolla (kuva 9).



Kuvan tiedot		IR_00086.IS2	
Päivä	29.8.2019	Aika	8:42
Kuvaaja		Kohde	Tellus, PK1, kenno 02.E
Pätevyystodistuksen nro		Kuvausetäisyys	1 m
Kamera	Fluke Ti400	Taustalämpötila	22,0 °C
Sarjanumero	Ti400-18110099	Tuulen nopeus	m/s
Linssin kuvaus	Standardi	Tuulen suunta	
Emissiokerroin	0,95	Säätila	
Mittaustulokset			
Virta L1	47	A	Lämpötila L1 40,8 °C
Virta L2	46	A	Lämpötila L2 43,9 °C
Virta L3	47	A	Lämpötila L3 39,1 °C

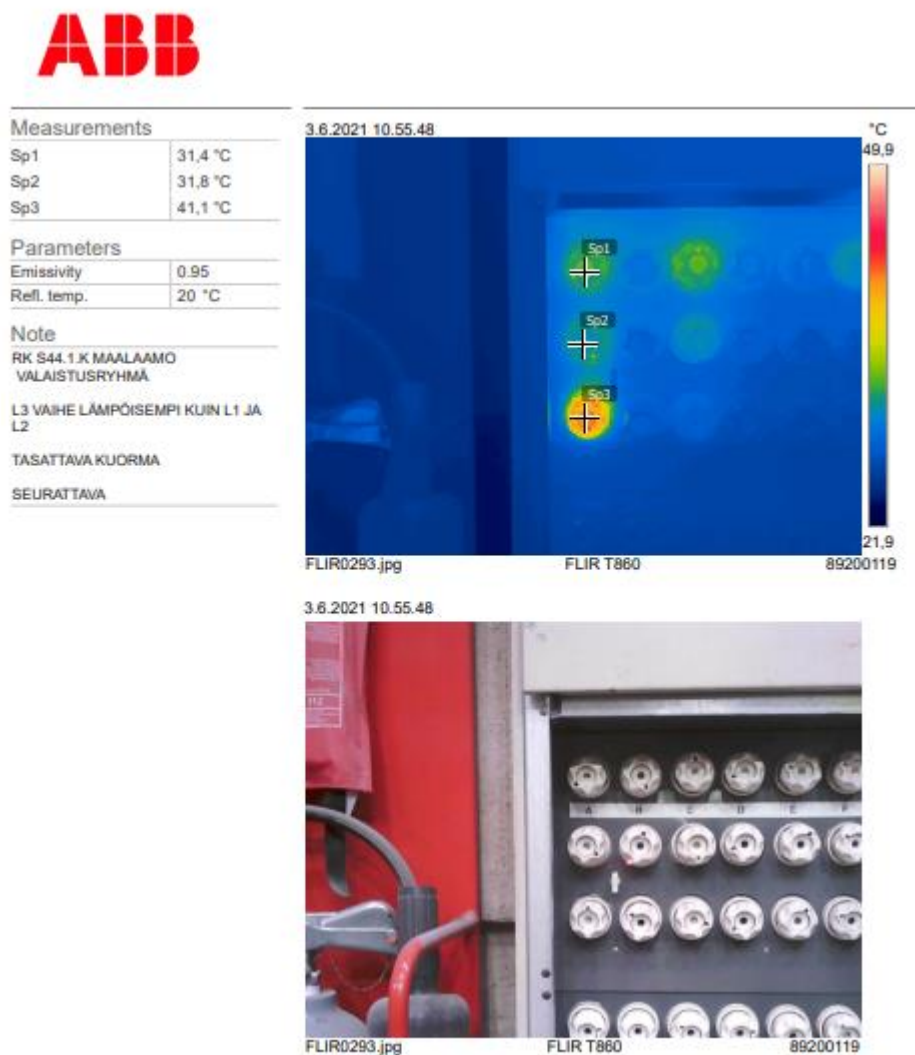
Kuva 9. Pääkeskus PK-1-sulakkeiden lämpökuvat ja raportti

Tämä tapaus on hyvä esimerkki siitä, kuinka pienillä toimenpiteillä, kuten sulakepitimien puhdistuksella, on iso vaikutus pidemmällä tähtäimellä isojen ongelmien syntymisen ehkäisyssä ja kuinka tarkkana pitää työtä tekevän henkilön olla, jotta pystyy tunnistamaan tämän tapaisia ongelmia, missä vain nopea vilkaisu auta, vaan pitää tarkasti tutkia ongelman mahdolliset syyt. Tässä tapauksessa oli kyse sulakkeen ja sulakepitimien välistä kohdasta.

6.2 Konetehtaan valaistusryhmäkeskus

Valaistuskeskuksessa RK. S44.1.K lämpökamera havaitsi, että L3-vaihe on lämpimämpi kuin L1 ja L2. Kävi ilmi, että lämpötilan nousu ei johtunut löystyneistä liitoksista vaan pikemminkin epätasakuormituksesta. Epätasaiset kuormat voivat johtua useista syistä. Yksi näistä syistä on se, että kuormitusta ei jaeta tasaisesti kolmen vaiheen kesken, vaan pikemminkin keskitytään yhteen vaiheeseen. On mahdollista, että ero jakautumisessa

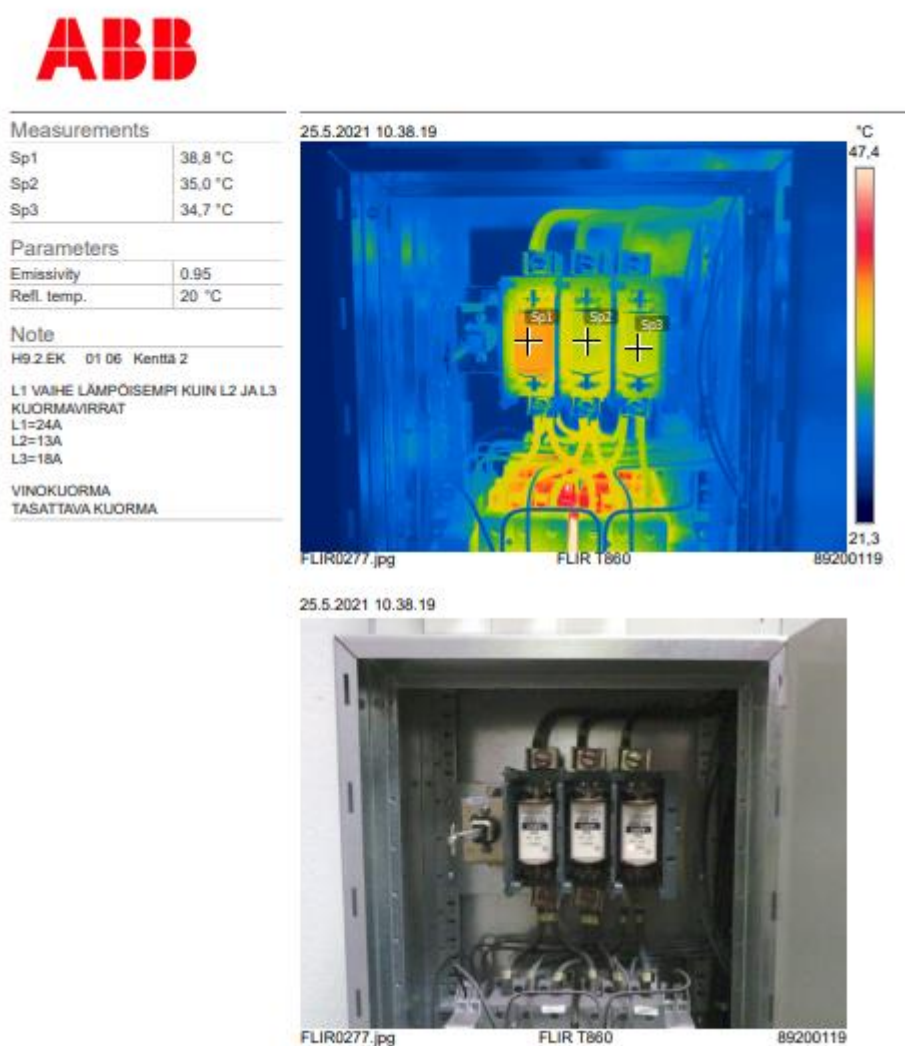
johtuu vanhojen loistelamppujen kuristimien kuumenemisesta ja vaurioitumisesta, mikä lisää niiden energiankulutusta, kuten tässä tapauksessa näkyy. Vanhat valaisimet vaihdettiin uusiin LED-valoihin. Vaihto tapahtui viikonloppuna suunnitelman mukaan tuotantoprosessiin vaikuttamatta (kuva 10).



Kuva 10. Ryhmäkeskus S44.1.K.Maalaamon valaistusryhmässä on tasattava kuorma.

6.3 E-toimisto ryhmäkeskus, tasattava kuorma

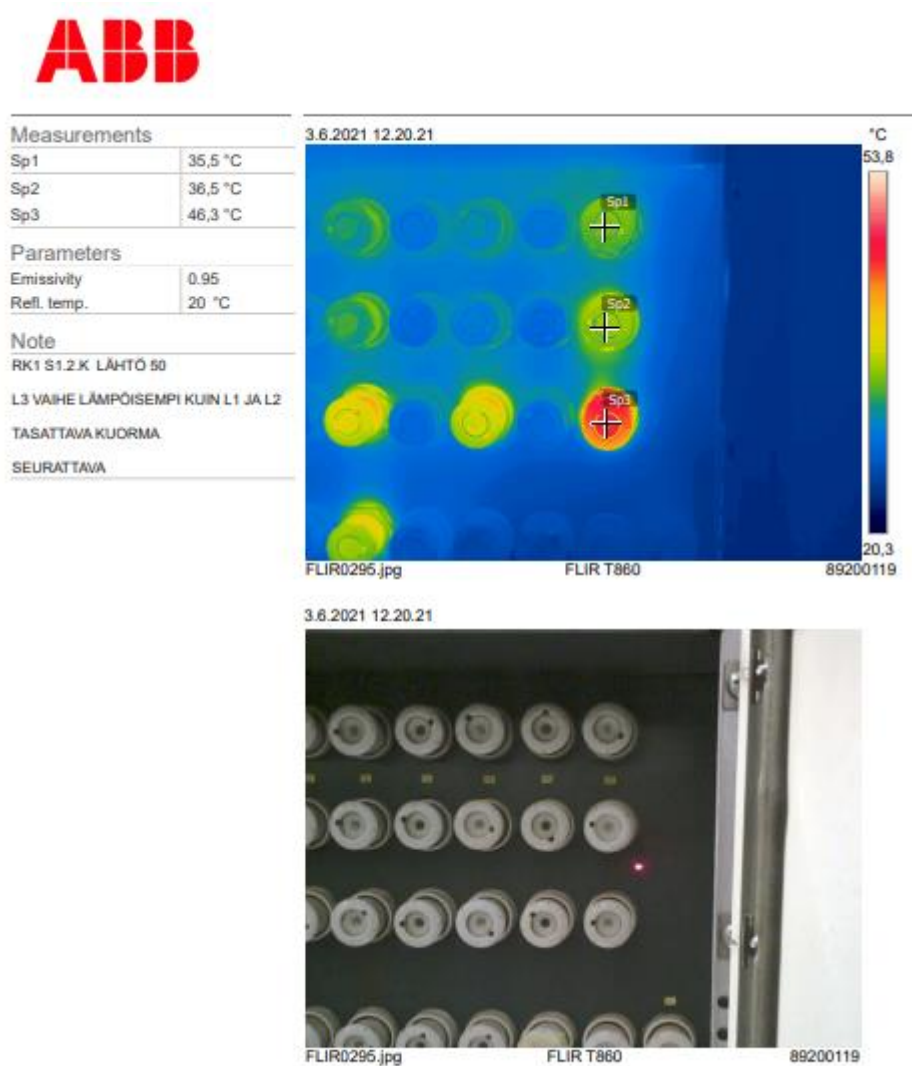
Toisen kerroksen ryhmäkeskus on RK H9.2. ET. Tässä tilanteessa, vaikka yhden sulakkeen lämpötilan nousu oli vähäistä, lämpökamera huomaa eron, mitä paljain silmin ei havaita. On selvää, että ensimmäisen vaiheen kahvasulakkeen lämpötilan nousu johtuu epätasapainoisen jakautumisen seurauksesta. Tässä kannattaa huomioida, että tätä kerrosta pidetään vanhana ja siinä on paljon epäsäännöllisiä jakorasioita, joten on luonnollista, että kuormitusvirtojen jakautumisessa on eroja. Tässä vaiheessa korjausta tai seurantaa ei tarvita, sillä tämä kerros kunnostetaan lähitulevaisuudessa (kuva 11).



Kuva 11. Ryhmäkeskus RK H9.e2.EK, tasattava kuorma

6.4 Generaattorintehtaalla, elohopeavalaisimet

Generaattoritehtaalla ryhmäkeskus on RK1 S1.2.K lähtö 50 valaistusryhmä. Lämpökuvausraportti osoittaa, että kolmas vaihe on lämpimämpi kuin muut vaiheet. Tämä lämpötilan nousu voi johtua elohopeavalaisimen vaiheen suuresta kuormitusvirrasta, mikä johtuu näiden valojen iästä ja niiden komponentin vaurioista, kuten kondensaattorista, kurostimista ja syyttimistä kuvassa 8. Puhumattakaan siitä, että elohopealamput ovat energiaa kuluttavampia ja nykyisin elohopeavalaisimet on korvattu uusilla LED-valaisimilla.



Kuva 12. Generaattorintehtaalla ryhmäkeskus RK1 S1.2.K

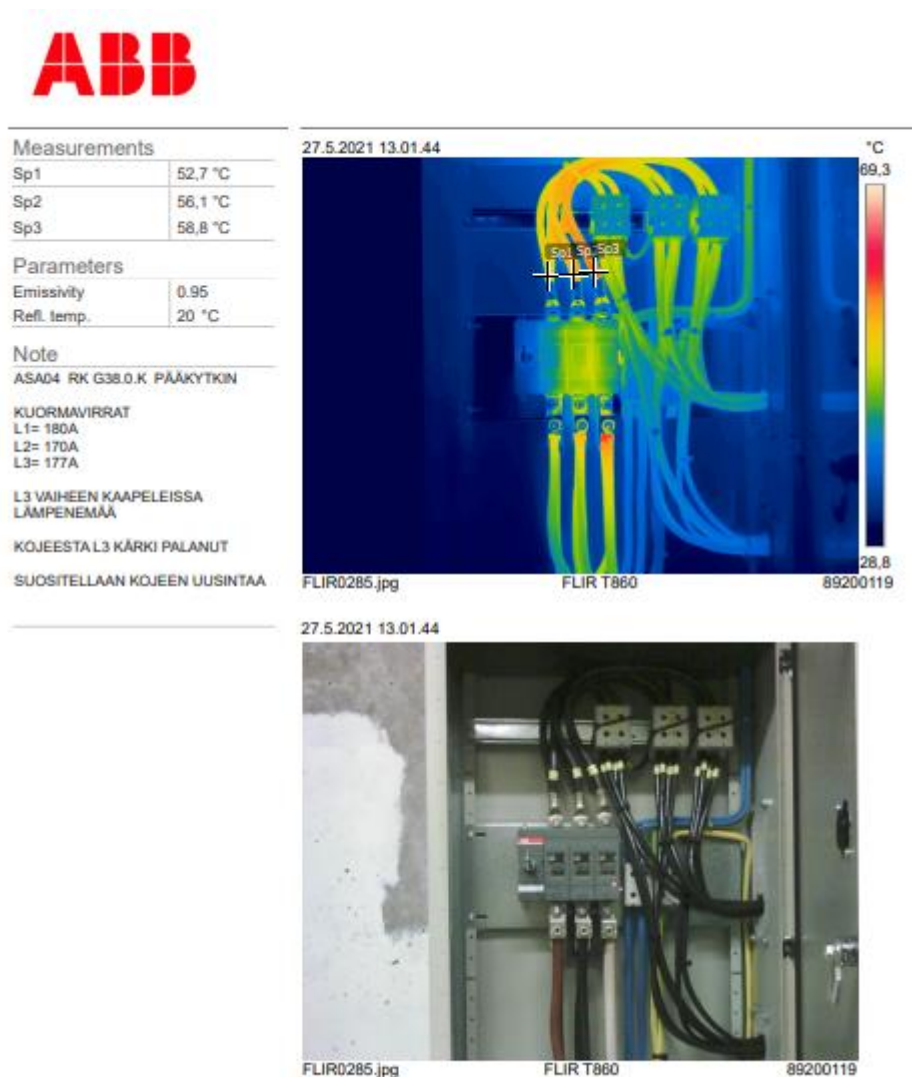


Kuva 13. Elohopeavalaisin Coorin korjaamossa.

6.5 Pääkytkimen kojeen kärki

Konetehtaan alasähköasemalla olevan ryhmäkeskuksen RK G38.0.k lämpökuvauksessa (kuva 14) havaittiin pääkytkimen L3-vaiheen kaapeleissa korkeampaa lämpötilaa kuin muissa. Vaikka vika näyttää johtuneen kojeen kärjen palamisesta, on suositeltavaa

uusia koko koje. Pääkytkin vaihdettiin viikonloppuna muuntamon huollon yhteydessä, jolloin oli suunniteltu sähkökatkos. Tässä on hyvä esimerkki lämpökuvauksen roolista vikojen havaitsemisessa varhaisessa vaiheessa ja siten vaurioituneiden osien vaihtamisessa oikea-aikaisesti tarvitsematta turvautua korjaaviin huoltotoihin ja katkaista sähköjä ennakoimattomasti, mikä johtaisi suuriin tuotannon menetyksiin.



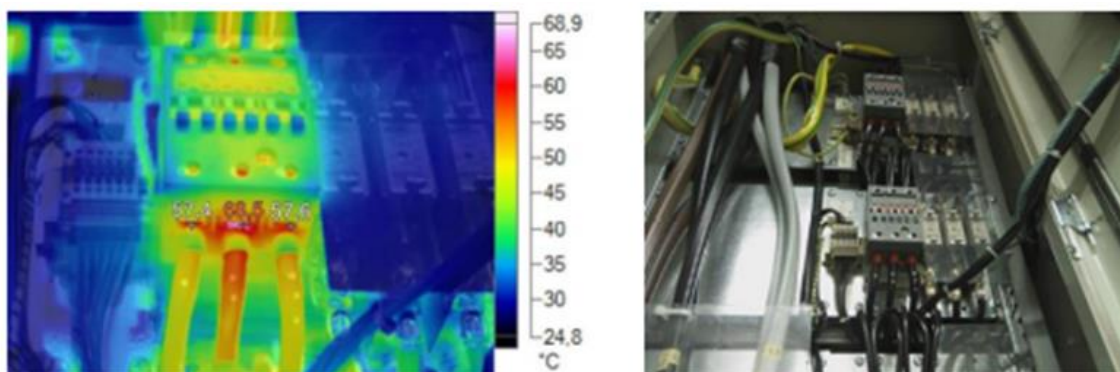
Kuva 14. Lämpökamerakuva ASA RK G38.0.K pääkytkin

6.6 E-tehtaan kompensointi

E-tehtaan kompensointi on KP1 F1.1.EK-PK F1.1.EK/04B. Lämpökameralla havaittiin, että kondensaattoripariston viidennen portaan kontaktorin ja johtimen ovat lämmenneet

alapuolen liitospintojen kohdalta. Lämpeneminen on voimakkainta vaiheessa L2. Lämpökuvausraportti suosittelee, että liitosten kireys, liitospinnat ja johtimien kunto tulisi tarkastaa. Mikäli nämä asiat ovat kunnossa, suositellaan kontaktorin uusintaa.

Liitäntöjen kireys, liitospinnat ja johtimien kunto on tarkastettu ja kaikki näyttää olevan kunnossa. Tämä tarkoittaa sitä, että ongelma on kontaktorissa, joka piti vaihtaa uuteen. Tässä on huomioitava, että suurin osa kompensoinnin vioista on kontaktoreissa, sillä viime vuonna vaihdettiin 14 kpl, mitkä löydettiin lämpökuvauksen avulla (kuva15).



Kuvan tiedot		IR 00094.IS2		
Päivä	2.9.2019	Aika	9:07	
Kuvaaja		Kohde	KP1, Kontaktori porras 5	
Pätevyytodistuksen nro		Kuvausetäisyys	1 m	
Kamera	Fluke Ti400	Taustalämpötila	22,0 °C	
Sarjanumero	Ti400-18110099	Tuulen nopeus	m/s	
Linssin kuvaus	Standardi	Tuulen suunta		
Emissiokerroin	0,95	Säätila		
Mittaustulokset				
Virta L1	78,8	A	Lämpötila L1	57,4 °C
Virta L2	78,2	A	Lämpötila L2	68,5 °C
Virta L3	78,2	A	Lämpötila L3	57,6 °C

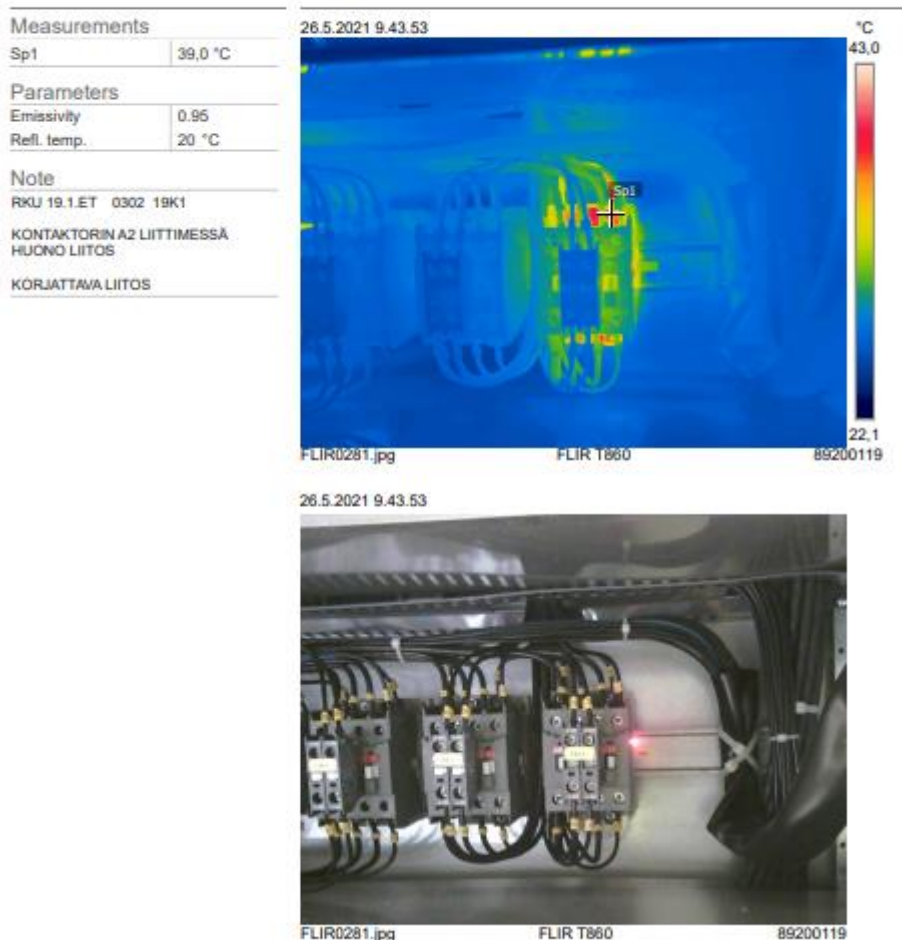
Kuva 15. Kompensointi, KP1 F1.1.EK-PK F1.1.EK/04B

6.7 E-tehtaan kontaktori

E-tehtaalla ryhmäkeskuksen RK U19.1.ET oikean puolen kontaktorin osoitti, että kontaktorin kelan yläkäämin puolella oleva A2 on muita kuumempi. Manuaalisessa tarkastuksessa havaittiin, että vian syynä oli huono liitos kontaktorin A2 liittimessä, eli liitántäruuvia ei ollut kiristetty kunnolla.

Vika on korjattu kiristämällä liitántäruuvia riittävästi. Korjaus myös tapahtui viikonloppuna muuntamon huollon yhteydessä, jolloin oli suunniteltu sähkökatkos.

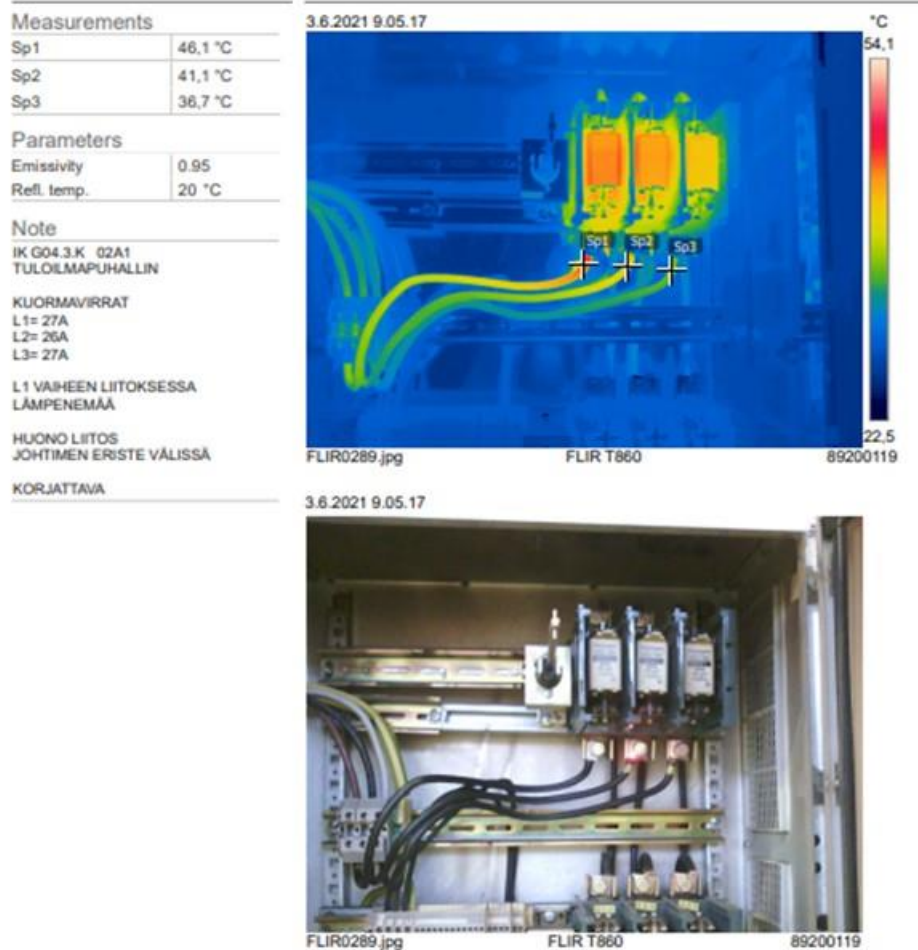
On syytä huomata, että jos löysyyttä ilmenee jossain kohdassa, se voi vahingoittaa vierisiä komponentteja. Joten tällaisissa tapauksissa on suositeltavaa seurata kontaktoria seuraavissa lämpökuvauksissa ja varmistaa, että kaikki on kunnossa. Muussa tapauksessa kontaktori on vaihdettava uuteen (kuva 16).



Kuva 16. Ryhmäkeskus RK U19.1.ET Kontaktorin A2 liittimessä huono liitos

6.8 Esimerkkikohteen muut viat

Kuvassa 17 esitetään tietyt toiminnot lämpökuvauksen prosessista. Lämpökuvauksesta kävi ilmi, että vian syynä oli kaapelin eristeen meneminen ruuvin alle. Kuparilanka ei ollut riittävän tiukasti kiinnitetty, joten se aiheutti enemmän lämpöä kuin muut johdot. Kaapeli saatiin korjattua kiristämällä sekä korjaamalla se oikeaan asentoon. Koska jouduttiin katkaisemaan sähköt pääpiiristä, niin korjaus tehtiin muuntajien huollon yhteydessä (kuva 17).



Kuva 17. Ryhmäkeskus IK G4.3.K huono liitos johtimen välissä

7 Raportointi

Työn päätteeksi lämpökuvauksen tekijän tulee toimittaa asiakkaalle kattava raportti, joka sisältää luettelon kaikista toimintahäiriöistä kuvineen ja mitä ratkaisuja siihen ehdote-
taan. Raportin kautta asiakkaalle tulee tiedottaa hätätapauksista, jotka on korjattava kii-
reellisesti, kuten tapaukset, jotka voivat aiheuttaa tulipalon. Raporttiin tulee sisältyä säh-
kökeskukset, jotka eivät tehneet lämpökuvausta ja mitkä ovat syyt ja esteet.

Raportti tulee sisältää:

- raportin laatijan ja lämpökuvaaajan nimi ja pätevyystodistuksen numero
- lämpökuvauksen tehneen firman nimi
- linssin kuvaus
- emissiokerroin
- lämpökuvauksen kohde, päivä ja aika
- kameran tyyppi, valmistajan nimi ja sarjanumero
- kuvausetäisyys (m)
- taustalämpötila (°C)
- mittaustulokset (m/s. esim. vaiheiden virrat ja lämpötilat)
- tuulen nopeus ja suunta (jos työ on ulkona).

Tässä on esimerkki aikaisemmin tehdystä raportista, mistä on poistettu henkilötietoja ja
muita tarkempia tietoja itse sijainnista sekä on kuvattu vain yksi tutkituista kohteista.

Raportti

1.11.2019

TEHTAAN LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI, HELSINKI

Aika 29.8 – 17.10.2019

Paikka Tehtaat

Käytönjohtaja Henkilö 1, Yritys 1

Läsnä Henkilö 2, Yritys 2

Henkilö 3

Yleistä

Käynnin tarkoitus on lämpökuvauksella selvittää sähkönsyötön mahdolliset ongelmatilanteet.

Kuvauksen alussa todettiin, ettei erillisiä lämpökuvia oteta muuten kuin löydettäessä kuumia pisteitä tai lämpötilaeroja.

Kuvaaja Henkilö 4

Kamera Fluke Ti400, sarjanumero: Ti400-sarjanumero

Vakuudeksi Espoossa Henkilö 2

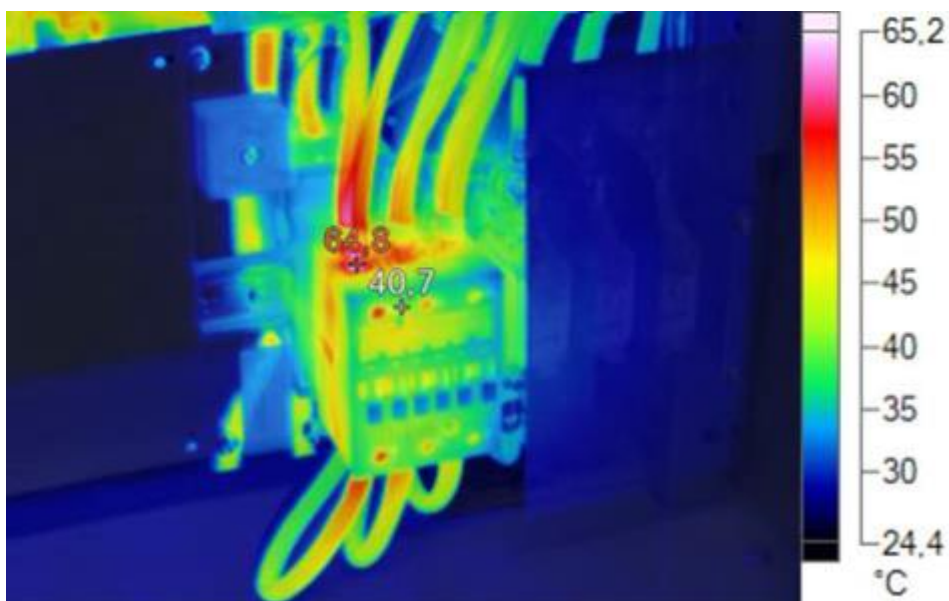
1.11.2019 Yritys 2

Jakelu Henkilö 1, Yritys 1

Henkilö 5, Yritys 3

Henkilö 2, Yritys 2

E-tehtaan kompensointi, KP1 F1.1.EK-PK F1.1.EK/04C. Kondensaattoripariston yhden-
nentoista portaan kontaktorin vaiheen L1 johdin ja kontaktori lämminnyt liitoksen koh-
dalta. Liitoksen kireys, liitospinnat ja johtimien kunto tulisi tarkastaa. Mikäli nämä asiat
ovat kunnossa, tulisi kontaktori uusida.



Kuvan tiedot		IR_00092.IS2	
Päivä	29.8.2019	Aika	10:44
Kuvaaja	Henkilö 3	Kohde	KP1, Kontaktori porras 11
Pätevyystodistuksen nro		Kuvausetäisyys	1 m
Kamera	Fluke Ti400	Taustalämpötila	24,0 °C
Sarjanumero	Ti400-sarjanumero	Tuulen nopeus	m/s
Linssin kuvaus	Standardi	Tuulen suunta	
Emissiokerroin	0,95	Säätila	
Mittaustulokset			
Virta L1	78,7	A Lämpötila L1	64,8 °C
Virta L2	78,1	A Lämpötila L2	51,4 °C
Virta L3	78,1	A Lämpötila L3	48,0 °C

Yhteenveto

Lämpökuvauksen yhteydessä ilmeni joitakin ongelmatapauksia. Seuraavat lämpökuvaukset kannattaisi ajoittaa niin, että kuvattavissa kohteissa on tuotanto käynnissä, ja sähköjärjestelmän komponentit ovat kuormitettuina. Tämän kaltaisessa kohteessa sähkökeskusten ja muuntajien lämpökuvaukset olisi hyvä suorittaa vuoden välein.

8 Yhteenveto

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää lämpökuvauksen merkitystä osana ennakoivaa kunnossapitoa. Käytän esimerkkejä havainnollistamaan eroa ennakoivan ja korjaavan kunnossapidon välillä sekä mitä häviöitä tuotannossa voi syntyä, jos ennaltaehkäisevän huollon suorittaminen on laiminlyöty ja vaikutukset tuotannolliseen hävikkiin. Tuon myös esiin, miten etukäteen suunnitellaan lämpökuvauksella havaittujen korjausten tekemisajankohdat ilman, että se vaikuttaa yrityksen tuotantoprosessiin.

Näin ollen voidaan sanoa, että ennakoiva kunnossapito on yksi tärkeimmistä ja menestyneimmistä kunnossapidon tyypeistä ja kannattavimmista, koska se varmistaa esimerkiksi tehtaiden tuotantolinjojen jatkuvuuden ilman suuriin materiaalihäviöihin johtavia keskeytyksiä tuotannossa.

Tässä työssä selvitettiin myös olosuhteet, joissa voimme saada lämpökuvauksesta parhaat tulokset. Tätä prosessia ei voida suorittaa, jos ei oteta huomioon vaadittavia turvallisuustoimenpiteitä, joita lämpökuvauksen aikana tulee noudattaa.

Koska lämpökuvauksen prosessi on suoritettava sähkön ollessa jännitteellä, tämän prosessin tulee suorittaa vain ammattilaisten ja pätevien henkilöiden, jotka tuntevat tehtävän riittävästi, että työturvallisuus ei vaarantuisi.

Käyn myös lävitse lämpökameran historiaa, tärkeitä alaa mullistavia malleja, kuvauksen toimintaperiaatteita ja käyttämiseen liittyviä yksityiskohtia. Lisäksi selvennän mitä kuvantamisen suorittavien ammattihenkilöiden tulee noudattaa, jotta tutkimukset voidaan tehdä ja analysoida oikein.

Asiakkaille toimitetaan tutkimusten päätteeksi jokaisesta sähkökeskuksesta erikseen yksityiskohtaiset loppuraportit, mitkä sisältävät analyysit, lämpökuvauksitulokset sekä mitä kiireellisiä ongelmakohtia tulee korjata mahdollisimman pian.

Tämän kokemuksen ansiosta sain paljon kokemusta lämpökuvauksen alalta. Tätä kokemusta voidaan hyödyntää muissa maissa, kuten kotimaassani Irakissa, jossa on koettu vaikeat taloudelliset olosuhteet, monet sodat sekä pitkään jatkunutta taloussaartoa. Tä-

män kokemuksen hyödyntäminen muissa maissa, jotka kärsivät tekniikan ja lämpökuvaustyökalujen puutteesta, auttaisi mm. vähentämään sähkövirtakatkoksia merkittävästi ja tulipaloja.

Mitä enemmän tutkimuksia kyseisestä aiheesta on, sitä parempi se on monille kolmansien maille, joissa ei näitä tutkimuksia julkaista tai ole esillä paljon tekniikan ja teknologian puutteen takia. Lisäksi näiden tutkimusten pitää olla julkaistu paikallisten käyttämillä kielillä, eikä vain oppilaitoksissa käytetyillä kielillä. Omassa tapauksessani tätä tutkimusta voidaan ainakin alustavasti käyttää muiden irakilaisten tutustuttamiseen aiheeseen ja vähintäänkin ainakin herättämään mielenkiintoa ja uteliaisuutta modernista, nykypäivän sähköalasta, nykypäivän käytössä olevista laitteista sekä näiden tuomista mahdollisuuksista.

Kuten aikaisemmin mainitsinkin, kyseisen teknologian saaminen muihin maihin, kuten Irakiin tai Somaliaan, pelastaisi laajasti ihmishenkiä, jos koulutuksia, laitteita ja sähköalan asiantuntijoita olisi saatavilla. Tämä ei tietenkään heti ratkaise ongelmia, mutta yhdenkin sukupolven kouluttamisen vaikutus Irakin sähköalaan olisi iso ja mullistava.

Lähteet

Chi Henri. 2017. ABB Oy Motors and Generators -yksikön energiansyöttöjen erotus- ja lukitusohjeet. Opinnäytetyö. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-2017102616328>. Luettu 29.3.2022.

Fluke Ti400. Kuva. Saatavilla: <https://www.fluke.com/en-us/product/thermal-cameras/ti400>. Luettu 11.4.2022.

IRINFO.ORG. Thermal Imaging from the Beginning of the Thermographer's Camera to the Present. 27.10.2017. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://irinfo.org/12-1-2013-kochanek/>. Luettu: 29.3.2022.

MENAFM The Middle East North Africa Financial Network. 30.5.2021. Kuva. Saatavissa: <https://menafn.com/1102175025/Ulefone-Armor-11T-5G-with-thermal-imaging-camera-goes-official>. Luettu 11.4.2022.

Mohamud Mohamed. 2022. Lämpölaitoksen kunnossapitosuunnitelma. Opinnäytetyö. Saatavissa: <https://urn.fi/URN:NBN:fi:amk-202202172588>. Luettu 9.3.2022.

PSK 6201. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. 2.p. 30s. 2003. Luettu 9.3.2022

Raksystems. Lämpökuvaukset ja usein kysytyt kysymykset. 16.11.2021. Verkkoaineisto. Saatavissa: <https://raksystems.fi/sanasto/lampokuvaukset/>. Luettu 22.3.2022

Suomalainen Mikko. 2011. LÄMPÖKUVAUS SÄHKÖKUNNOSSAPIDOSSA. Opinnäytetyö. Saatavissa: https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32467/Suomalainen_Mikko.pdf. Luettu 9.3.2022.

Taulukot.com. 22.5.2016. Sähköoppi. Verkkoaineisto. Saatavissa: https://www.taulukot.com/fysiikka/sahko_magnetismioppi/. Luettu: 30.3.2022.

Teledyne Flir T860. Kuva. Saatavissa: <https://www.flir.in/products/t860/>. Luettu: 11.4.2022.

Wikipedia. Percy Barnevik. Verkkoaineisto. Saatavissa: https://en.wikipedia.org/wiki/Percy_Barnevik. Luettu: 25.4.2022.