

Janne Tamminen

LÄMPÖKUVAUS ENNAKKOHUOLLOSSA

Sähkötekniikan koulutusohjelma

2011

LÄMPÖKUVAUS ENNAKKOHUOLLOSSA

Tamminen, Janne
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sähkötekniikan koulutusohjelma
Tammikuu 2011
Ohjaaja: Nieminen, Esko
Työn teettäjä: UPM-Kymmene, Rauma
Sivumäärä: 34
Liitteitä: 1

Asiasanat: lämpökuvaus, sähkökeskus, moottori, raportointi

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää UPM-Kymmenen Rauman tehtaalla sähkökeskusten ja moottoreiden lämpökuvausmahdollisuuksista tulevaisuudessa.

Aluksi teoriaosuudessa esitellään kameran rakenne ja tekniikka sekä tekniset tiedot. Siinä kerrotaan myös kameran käytöstä, kuvaamisesta ja historiasta. Työssä mietitään ympäristön vaikutuksia sekä pohditaan kuvaamisen etuja.

Mittauksissa kuvattiin sattumanvaraisesti neljän paperikoneen sähkökeskuksia sekä erillis- ja linjakäytön moottoreita. Lämpökuvausten avulla yritettiin selvittää, onko tehtaalla kannattavaa kuvata kohteita myös jatkossa.

Työssä kerrotaan myös tehtaan raportointimenetelmistä ja onko siihen ja kuvaamiseen olemassa parempia tapoja.

Lopputuloksena saatiin tarvittavia tietoja keskuksien ja moottoreiden kuvaamisesta sekä raportoinnista tulevaisuutta varten.

THERMAL IMAGING IN PREVENTIVE MAINTENANCE

Tamminen, Janne

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Electrical Engineering

January 2011

Nieminen, Esko

Number of pages: 34

Appendices: 1

Key words: thermal imaging, distribution board, motor, reporting

The purpose of this thesis was to solve the possibilities for thermal imaging of distribution boards and motors in the future for UPM-Kymmene Rauma paper mill.

At first, the structure, technology and specifications of the camera are introduced in the theoretical part. The thesis also tells about the use, photographing and history of the camera. In the thesis the environmental effects and the benefits of thermal imaging are considered.

In the measurements, distribution boards and individual motors and line drives in all four paper machines were randomly photographed. The aim was to clarify whether it is cost-effective to use thermal imaging in the mill in the future.

In the thesis the reporting methods of the mill are described and potential better solutions for reporting and imaging are pondered.

As a result of this thesis, necessary information for thermal imaging of distribution boards and motors as well as reporting was received for the future.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	LÄMPÖKAMERAN ESITTELY	6
2.1	Lämpökameran rakenne ja tekniikka.....	6
2.2	Käyttö sähkö- ja automaatiokunnossapidossa	9
2.3	Käyttö ja kuvaaminen	9
2.3.1	Väripaletin ja lämpötila-alueen valinta	10
2.3.2	Ympäristön vaikutukset.....	11
2.4	Lämpökuvauksen edut	12
3	LÄMPÖKUVAUKSEN TEORIAA.....	12
3.1	Emissiivisyys	12
3.2	Sähkömagneettinen spektri ja musta kappale	13
3.3	Lämpökuvauksen historiaa	15
4	MITTAUSKOHTEIDEN SELVITYS UPM-KYMMENEN RAUMAN TEHTAALLA	16
4.1	UPM- Kymmene Rauma	16
4.2	Keskukset.....	16
4.2.1	Keskuksien kuvaaminen kentältä	17
4.2.2	Keskusten kuvaamisen tulokset	17
4.3	Moottorit	21
4.3.1	Moottoreiden lämpöluokitus ja lämmönkestävyys	22
4.3.2	Moottoreiden lämpökuvauksen seuranta	23
4.3.3	Moottoreiden kuvaamisen tulokset.....	23
5	RAPORTOINTI	29
5.1	Lämpökuvien tulkinta ja raportointi	29
5.2	ThermaCAM Reporter 2000	30
5.3	SAP.....	32
5.3.1	SAP :in käyttö raportoinnissa.....	32
6	YHTEENVETO	33
	LÄHTEET.....	34
	LIITTEET	

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää UPM-Kymmenen Rauman tehtaalla olevien sähkökeskusten sekä moottoreiden lämpökuvausmahdollisuudesta tulevaisuuden ennakkohuollossa. Työssä tutkitaan, onko lämpökuvaus kannattavaa ja pohditaan löytyykö kuvaukseen ja raportointiin mahdollisia parannuksia.

Työn alussa keskitytään lämpökuvauksen teoriaan ja lämpöoppiin sekä lämpökameran historiaan. Kuvauksessa käytetty kamera esitellään käyttöominaisuuksien ja teknisten tietojen avulla.

Teoriaosuuden jälkeen pureudutaan mittauksiin ja mittaustuloksiin sekä kuvattuihin kuviin.

Lopuksi vielä kerrotaan tehtaan kuvauskäytännöistä ja raportoinnista sekä parannusehdotuksista.

2 LÄMPÖKAMERAN ESITTELY

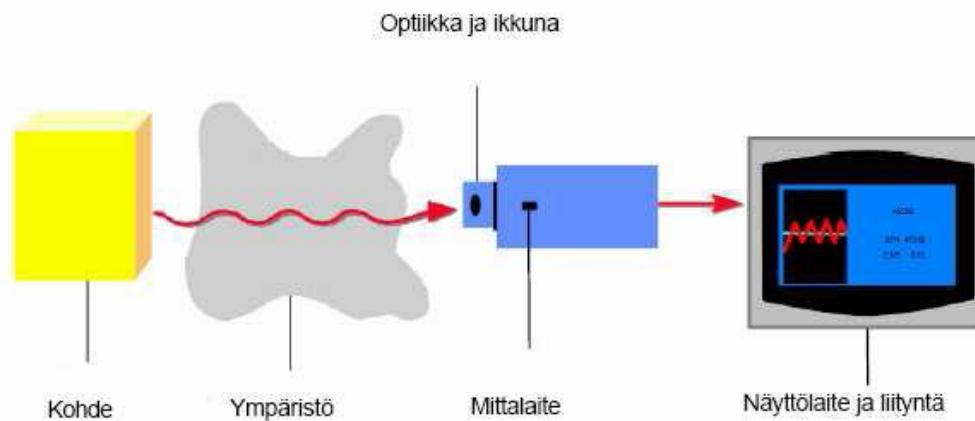
Lämpökamera on yleinen mittalaite teollisuuden kunnossapitotoimissa. Sen käyttö on yleistynyt huomattavasti ennakkohuollossa. Lämpökuvauksen avulla löydetään helposti mahdolliset vikakohdat ja pystytään korjaamaan vaurioita ennalta ehkäisevillä toimenpiteillä.

Lämpökamera on saavuttanut yhä enemmän suosiota ainetta rikkomattomana testausten menetelmänä (NDT- menetelmä, Non Destructing Testing). Kamera on vuosien saatossa muuttunut suuresti. Yleinen kuva painavasta ja vaikeakäyttöisestä laitteesta on saanut väistyä. Ilmaisinteknologian kehitys ja elektroniikan suuret harppaukset ovat johtaneet siihen, että laitteesta on tullut pienen videokameran näköinen. Kameraa on helppo käyttää ja jokainen työntekijä voidaan kouluttaa sitä käyttämään. /1/

2.1 Lämpökameran rakenne ja tekniikka

Kamera on lämpösäteilyn vastaanotin. Mittauskohteen pinnasta lähtee luonnostaan lämpösäteilyä. Jokainen kuvattava kohde, jonka lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen lähettää lämpö- eli infrapunasäteilyä. Kameran ilmaisin muuttaa lämpösäteilyn lämpötilatiedoksi ja lämpökuvaa muodostuu reaaliajassa kameran näytölle.

Erilaisilla optiikoilla voidaan vaikuttaa kameran näkymäalueeseen. Materiaali on yleensä hiilipinnoitettua germaniumia, koska optisen kanavan täytyy luonnollisesti läpäistä ja taittaa säteilyä, jota normaali lasi ei tee. Optiikkaa vaihtamalla voidaan vaikuttaa lämpökameran erotuskykyyn, jolloin kamera pystyy erottamaan pienempiä pinta-aloja. /2/



Kuva 1. Infrapunamittauslaitteisto /9/

Työssä käytetyn kameran teknisiä tietoja

FLIR Systems ThermaCAM SC640

Kuvausominaisuudet

Tarkkuus: $\pm 2,0$ °C tai ± 2 % lukemasta

Terminen herkkyys: $< 0,06$ °C, $+30$ °C:n lämpötilassa

Erotuskyky: 40 mm:n linssi: 0,66 mrad

Ilmaisin

Ilmaisintyyppi: Ilmaisimatriisi (FPA), jäädyttämätön mikrobolometri 640x480 kuvapistettä

Spektrialue: 7.5-13 μm

Näyttö: 5,6 tuumaa, 1000x600 kuvapistettä

Etsin: 800x600 kuvapistettä

Kuvanopeus: 30/25 Hz

Ympäristötiedot

Käyttölämpötila-alue: -15 °C- $+50$ °C

Kotelointi: IP54

Kosteus: 95 %:n suhteellinen kosteus $+25$ °C- $+40$ °C

Fyysiset tiedot

Kameran paino: 19 mm: linssillä ja akulla 1,93 kg

Tiedonsiirtoliitännät

- USB
- Audio
- FireWire
- CVBS
- SD-muistikortti

Optiset tiedot

19 mm:n linssi

Lähin tarkennusetäisyys: 0,20m

F-luku: 1,1



Kuva 2. FLIR ThermaCAM CS640 /8/

2.2 Käyttö sähkö- ja automaatiokunnossapidossa

Lämpökameran käyttö teollisuudessa on monipuolista, mutta sähkö- ja automaatiokunnossapidossa kameran käyttö on yksinkertaista. Kameran avulla voidaan sähkölaitteiden kuormitetuista osista löytää kohteita, joiden liiallinen lämpeneminen voi johtaa laitteen vaurioitumiseen. Lämpötilan perusteella saadaan selville laitteiden toiminta. Häiriintynyt toiminta näkyy yleensä lämpötilan nousuna. Laitteiden normaalia lämpötilaa tai lämpötilajakaumaa ei ole aina selvillä. Tämän takia on hyvä pitää arkistossa referenssitietoja kuvattavista kohteista. Ajan myötä kohteita seuraamalla voidaan huomata lämpötilan nousua tai lämpötilan jakaumaa, jonka avulla huolto voidaan ajoittaa sopivaan ajankohtaan. /3/

Sähkö- ja automaatiokunnossapidon saralla lämpötilan nousu johtuu yleensä ylikuormituksesta tai löysästä liitoksesta. Myös kylmät kohdat väärässä paikassa voivat olla merkinä viasta, kuten ylivirtasuojan toimimisesta, katkenneesta johtimesta tai palaneesta vastuksesta tai käämistä.

2.3 Käyttö ja kuvaaminen

Kameran ja käyttö kuvaaminen on yleisesti helppoa. Kohdetta kuvattaessa on otettava huomioon monia seikkoja. Kuvattavan kohteen materiaalista johtuen emissiivisyys on tärkeä, koska materiaaleilla on oma emissiokerroin.

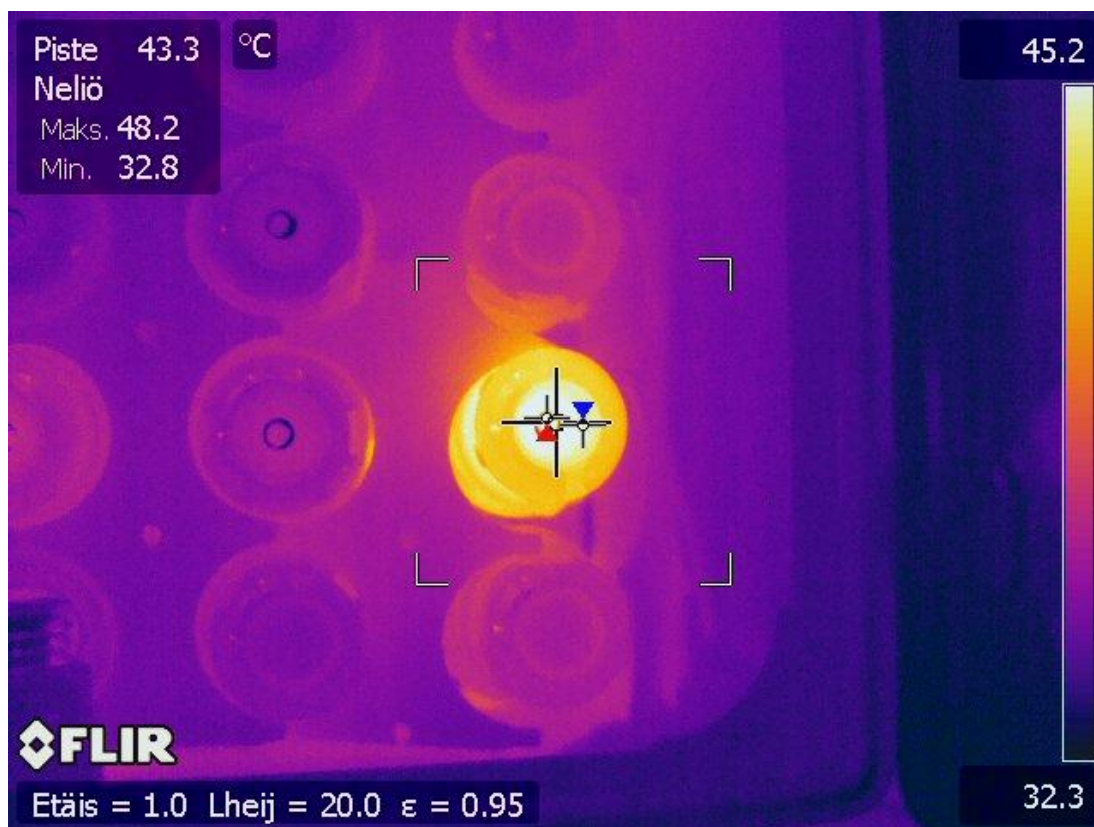
Kuvakulma on erittäin tärkeä, jotta saadaan selkeä ja onnistunut kuva. Kuvaus ei onnistu lasin tai läpinäkyvän suojalevyn läpi, koska kirkas pinta heijastaa kuvan takaisin eikä kuvaus kohteesta näin ollen onnistu. Moottoreiden ja sähkökeskusten suojat estävät kuvauksen ja vaikka on tehty kuvaukseen tarkoitettua aukot, voi kuvaaminen olla hankalaa. Kuitenkin suojalevyt yms. kannattaa ottaa pois tieltä, jos mahdollista.

Kuva on otettava aina tarpeeksi läheltä ja kohdistettava tarkaksi haluttaessa hyvä lämpökuvakuva kohteesta. Kuvausympäristön lämpötilan muuttuessa on kameran lämpötilan annettava tasoittua kymmenen minuuttia.

Kuvaaminen yritetään tehdä normaalissa tehdasolosuhteissa, jolloin laitteet ovat käynnissä ja saadaan todenmukainen lämpenemä selville. Kuvaus tapahtuu yleensä ryhmissä, jolloin toiminta on nopeaa ja tehokasta. Ryhmän jäsenille tulisi olla jonkinlainen käsitys lämpöopin perusteista ja heidän tulisi osata lukea lämpökuvia. /4/

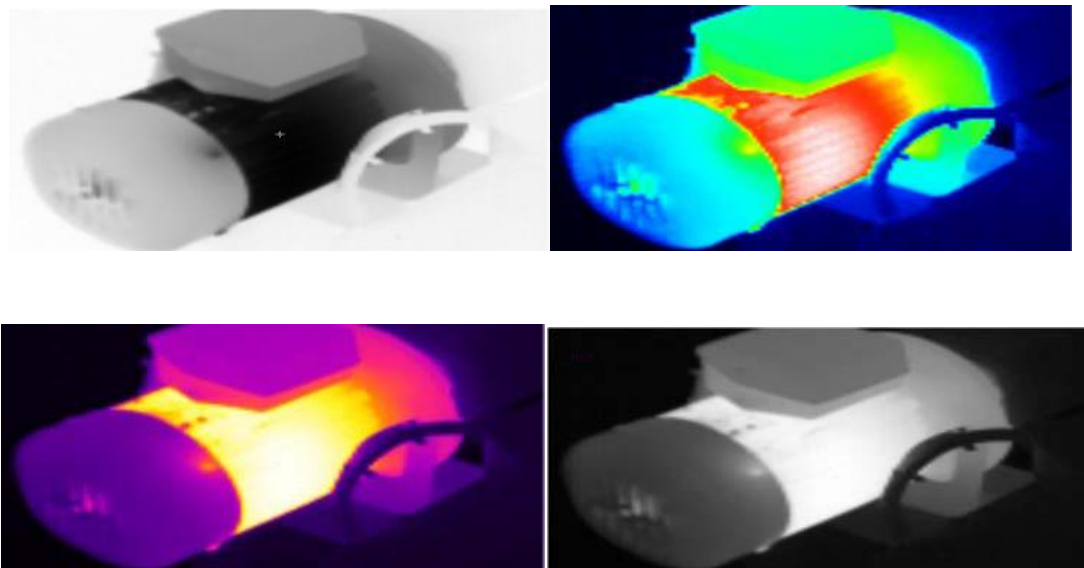
2.3.1 Väripaletin ja lämpötila-alueen valinta

Kuvattaessa kohdetta, jonka lämpötila eroaa vain vähän ympäristön lämpötilasta on suhtauduttava kriittisesti kuvaustuloksiin. Lämpötila-alue on säädettävä tarkasti, jotta pienimmätkin lämpötilamuutokset erottuvat kuvasta. Paremman tuloksen saa pitämällä kuvausasetuksia manuaalilla, jolloin kuva ei automaattisesti muuta itseään ympäristön mukaisesti ja vikakohteet voivat jäädä huomaamatta. Manuaalilla voit itse tarkentaa ja muokata lämpötila-alueita mieleesi mukaan. Huonosti säädetyssä lämpötila-alueessa kuva on kokonaan sininen, kun kohde ja ympäristö ovat saman lämpöisiä. Näin ollen aluetta on pienennettävä, jotta mahdollinen lämmennyt kohde saadaan kuvatuksi. Kuva 3. on hyvä esimerkki hyvästä lämpötila-alueesta.



Kuva 3. Lämmennyt sulake.

Väripaletin valinta vaikuttaa suuresti kohdetta kuvattaessa. Kaikilla paleteilla kuvasta ei erotu välttämättä mitään kriittistä esille. Nykyisillä kameran mukana tulleilla kuvi-
en tarkasteluohjelmilla paletti voidaan vaihtaa vielä jälkikäteenkin.



Kuva 4. Palettivaihtoehdot. /6/

2.3.2 Ympäristön vaikutukset

Ympäristön vaikutukset on otettava myös huomioon, koska ne vaikuttavat kuvaamiseen. Osa kohteen heijastamasta säteilystä on peräisin ympäristöstä. Itse kohteesta peräisin olevan ja siitä heijastuvan säteilyn määrään vaikuttaa myös ilman absorptio. Kuvaamiseen vaikuttavat myös ympäristön häiriöt kuten ilman epäpuhtaudet, kosteus, etäisyys kohteesta ja auringon valo. Runsas ilman kosteus ja epäpuhtaudet voivat aiheuttaa lyhyilläkin välimatkoilla muutoksia mittaustuloksiin. Muutokset johtuvat siitä, kun lämpösäteily törmätessä ilmassa olevaan vesimolekyyliin tai hiukkaseen, siroaa ja osittain absorboituu. Likaisissa ja kosteissa olosuhteissa on tärkeää, että kuvataan mahdollisimman läheltä. Aurinkoisella kelillä on kannattavaa ottaa enemmän kuin yksi kuva kohteesta varmuuden vuoksi, huomioon ottaen mahdolliset auringon-
säteilyn aiheuttamat virheet. /6/

2.4 Lämpökuvauksen edut

Kuvaustekniikkaa on käytetty kymmeniä vuosia tutkimuksissa ja teollisuudessa. Tämän päivän kamerat eivät ole suuria ja kalliita, koska tekniikka on kehittynyt nopeasti eteenpäin. Se on tehnyt kameroista halvempia, käyttäjäystävällisempiä, käyttövarmempia sekä kooltaan pienempiä. Seuraavassa on esitetty muutamia hyötyjä lämpökameran käytössä:

- Mittaaminen on nopeaa, kuvaamiseen menee alle sekunti. Säästetään aikaa, kun toiminta on nopeaa.
- Liikkuvien kohteiden mittaus onnistuu helposti.
- Vaarallisia ja luoksepääsemättömiä kohteita voidaan kuvata kauempaa.
- Kuumia kohteita voidaan kuvata, jopa yli 1300 °C: n kohteita. Tällaisissa lämpötiloissa kosketukseen perustuva mittaus ei olisi kovin pitkäikäinen.
- Kohteen lämpötila saadaan mitatuksi ilman huojuntaa. Koskevalla mittauksella tuloksessa esiintyy huojuntaa lämpötilaenergian siirtyessä mittauspään.
- Kuvaaminen ei vahingoita mittauslaitteita, koska koskevaa mittausta ei tarvita. /9/

3 LÄMPÖKUVAUKSEN TEORIAA

3.1 Emissiivisyys

Kameran mittaaman säteilyn määrään ei kuitenkaan ainoastaan vaikuta kohteen lämpötila vaan myös kohteen säteilykyky eli emissiivisyys. Kuvaamisessa tärkein korjausparametri on emissiivisyys, mikä lyhyesti tarkoittaa, kuinka paljon säteilyä kuvattava kohde lähettää verrattuna täydellisen mustan kappaleen lähettämään säteilyyn nähden.

Yleisesti kohteiden materiaalien ja käytettävien pinnoitteiden emissiivisyys on 0,1-0,95 välillä. Kiiltävien pintojen säteilykyky on alle 0,1, kun taas hapettuneiden ja maalattujen pintojen emissiivisyys on paljon korkeampi. Öljymaalien emissiivisyys

on infrapuna-alueella yli 0,9 eikä muutu näkyvän spektrin mukaan. Ihmisen emissiivisyys taas on lähes 1.

Vastakohtana toista ääripäätä edustavat hapettumattomat metallipinnat, jotka ovat melkein täysin läpinäkymättömiä heijastaen näkyvää valoa hyvin vahvasti sen aallonpituuden riippumatta. Näiden metallien emissiivisyys on hyvin alhainen ja lisääntyy vain lämpötilan noustessa. Epämetallien emissiivisyys taas on normaalisti korkea ja laskee lämpötilan noustessa.

Kuvattaessa esim. säiliön pinnan korkeutta, kirkas pinta heijastaa alhaisen emissiivisyyden takia peilikuvaa. Avuksi tässä tapauksessa on laitettava kohteen pinnalle teippiä tai maalia. Korkean emissiivisyysarvon omaavan teipin avulla kohteen lämpötila sekä pinnankorkeus saadaan selville.

Esimerkkejä materiaalien emissiivisyyksistä:

- Alumiini, kiillotettu ~0,05
- Betoni ~0,92
- Kupari, hapettunut, musta ~0,78
- Öljymaali, musta tasainen ~0,94

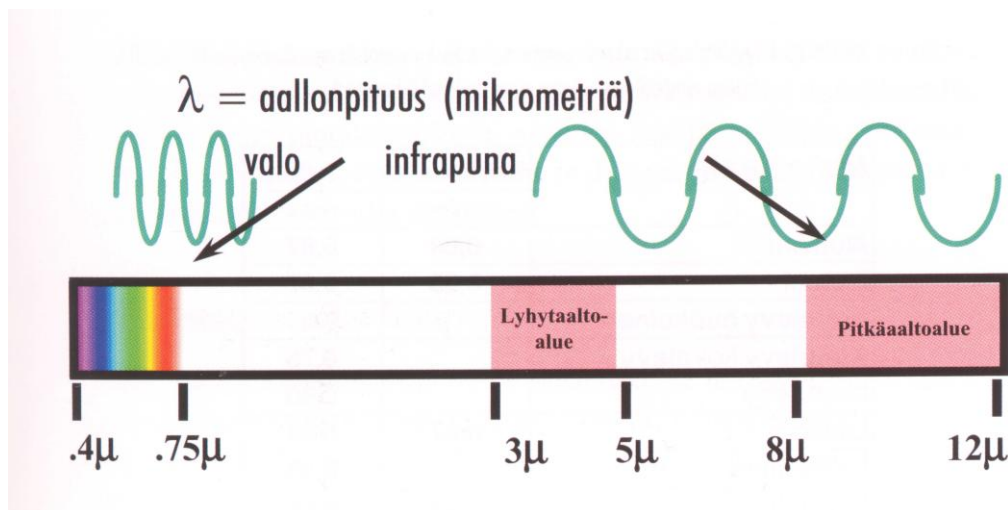
Jokaisella materiaalilla on oma emissiivisyyskertoisensa. Yllä on vain muutama kerrottu malliksi. /5/

3.2 Sähkömagneettinen spektri ja musta kappale

Sähkömagneettinen spektri jaetaan yleisesti aallonpituusalueisiin, joita sanotaan kaistoiksi. Ne erotetaan niiden tapojen perusteella, joilla kyseistä säteilyä tuotetaan ja havaitaan. Sähkömagneettisen spektrin eri kaistojen säteily on suurin piirtein samalaista. Niitä koskevat kaikkia samat lait ja niiden erotus on ainoastaan aallonpituus.

Lämpökuvauksessa käytetään spektrin infrapunaista kaistaa. Lyhytaaltojen päässä infrapunaisen alue rajoittuu tummanpunaiseen, joka on hyvin silmin nähtävissä. Pitkien aaltojen puolella infrapunakaista yhdistyy mikroaaltojen radiotaajuuksiin, jotka ovat millimetrialueella.

Infrapunakaista jaetaan vielä neljään kapeampaan kaistaan, joiden rajat ovat valittu mielivaltaisesti. Nämä neljä kapeaa kaistaa ovat: lähi-infrapunakaista (0,75- 3 mikrometriä), keski-infrapunakaista (3- 6 mikrometriä), pitkäaaltoakaista (6- 15 mikrometriä) ja ääri-infrapunakaista (15- 100 mikrometriä).



Kuva 5. Näkyvän valon ja infrapunaa aallonpituudet /7/

Musta kappale määritetään kohteeksi, joka absorboi kaiken itseensä kohdistuvan säteilyn kaikilla aallonpituuksilla. Säteilylähteenä toimivan musta kappaleen rakentaminen on yleisesti hyvin yksinkertaista. Läpinäkymättömästä absorboivasta materiaalista tehty isoterminen ontelo aukko on säteilyominaisuuksiltaan melkein täydellinen musta kappale. Kaiken säteilyn itseensä imevän kappaleen yksi käytännön sovellus on valotiivis laatikko, missä on yhdellä sivulla aukko. Aukosta sisään tuleva säteily siroaa ja absorboituu jatkuvan heijastumisen johdosta.

Mikäli musta kappaleen lähettämän säteilyn lämpötila nousee yli 525 celciusta, kappale alkaa muuttua näkyväksi siten, että paljaalla silmällä tarkasteltuna se ei näytä enää mustalta. Säteilijä muuttuu mustasta punahehkuiseksi ja lämpötilan noustessa se muuttuu oranssin kautta keltaiseksi. Kappaleen värilämpötilan määrittelee se lämpötila, johon musta kappale tulee lämmittää, jotta saadaan sama näkyvä aallonpituus.

/5/

3.3 Lämpökuvauksen historiaa

Noin kaksisataa vuotta sitten ei sähkömagneettisen spektrin infrapunaisen kaistan olemassa olosta edes tiedetty. Infrapunainen löytyi vahingossa etsittäessä uutta optista ainetta. Infrapunaspektrin löysi vahingossa Sir William Herschel. Tämän jälkeen infrapunatutkimista jatkoi moni muukin tiedemies tehden omia havaintojaan. Ensimmäinen nk. `lämpökuvakuva` tuli mahdolliseksi vuonna 1840. Sen teki mahdolliseksi Sir John Herschel, infrapunatutkimuksen pojan ja itse ansioituneen astronomin työn tuloksena. Kuva perustui siihen, että ohuesta öljykerroksesta haihtuu öljyä lämpötilan mukaan. Lämpökuvakuva erottui öljykalvosta heijastuvassa valossa interferenssi-ilmiöiden muuttaen kuvaa eri tavoin. Hän onnistui saamaan alkeellisen kuvan myös paperille, mitä sitten kutsuttiin `lämpökuvaksi`. /5/

Infrapunailmaisimien herkkyys parani hitaasti. Toinen merkittävä läpimurto tapahtui, kun Langley niminen keksijä keksi bolometrin vuonna 1880. Kyseessä oli ohut mustattu platinaliuska, joka oli kytketty Wheatstonen sillan toiseen varteeseen. Herkkä galvanometri reagoi, kun piiriin kohdistettiin infrapunasäteilyä. Vuosien 1900- 1920 välillä maailman keksijät `löysivät` infrapunaisen ja useita patenteja myönnettiin laitteille. Ensimmäiset toimivat järjestelmät alkoivat kehittyä vuosien 1914- 18 sodan aikana. Silloin keksittiin kaksi käänteentekeväää infrapunailmaisinta: kuvanmuunnin ja fotoni-ilmaisin. Kuvanmuunnin sai enemmän huomiota aluksi sotilaspiireissä kyvyllään `nähdä pimeässä` ensimmäistä kertaa historiassa. Näiden jälkeen kehitystä salailtiin 1950-luvun puoliväliin asti, josta lähtien vastaavia laitteita alkoi viimein tulla myös siviilitutkimuksen- ja teollisuuden käyttöön. /7/

4 MITTAUSKOHTEIDEN SELVITYS UPM-KYMMENEN RAUMAN TEHTAALLA

4.1 UPM- Kymmene Rauma

UPM-Kymmene Rauman tehdas on suurimpia paperitehtaita Suomessa. Nykyisen nimensä se on saanut vuonna 1996. Tänä päivänä tehdas valmistaa aikakauslehtipaperia ja revinnäismassaa eli fluff- sellua. Tehdas työllistää n. 700 henkilöä. Paperin valmistukseen käytetään vuosittain yli 1,7 milj. m³ kuusipuuta. Tehtaalla on neljä paperikonetta, joiden tuotantokapasiteetti on 1,28 milj. tonnia vuodessa sekä fluff-sellulinja, jonka tuotantokapasiteetti on 150 000 tonnia vuodessa. Tehdas tekee myös läheistä yhteistyötä Metsä- Botnian sellutehtaan ja Rauman sataman kanssa.

4.2 Keskukset

UPM-Kymmenen Rauman tehtaalla keskusten kuvaaminen kuuluu vuosittain ennakko-ohjelman toimintasykliin. Kuvaaminen tapahtuu normaalin syklin mukaan kaksi kertaa vuodessa tai käyttöhenkilöiden pyynnöstä. Toivottavaa olisi, jos oman alueen henkilöt oma-aloitteisesti pyytäisivät kuvaamaan omaa aluettaan. Kuvaus tapahtuu vähintään kolmen henkilön ryhmissä, mutta suurempi määrä on toivottavaa ovien avaamisen ollessa silloin nopeampaa eikä kuvaaja joudu odottamaan. Tällä hetkellä tehtaalla kuvataan sähkötilojen keskukset sekä muuntajat. Kentällä olevia keskuksia ei ole kuvattu ja sitä oli nyt tarkoitus pistokoemaisesti kuvaamalla selvittää.

Kuvatessa löytyi tehtaalta eri ikäisiä sekä eri näköisiä keskuksia. Vanhoissa keskuksissa sulakkeet ja johdot olivat hyvin näkyvillä eli kuvaajalle hyvä tilanne kuvata, jolloin mahdolliset viat löytyvät hyvin. Uusissa keskuksissa taas kaapit on jo niin hyvin koteloitu ja suojattu, ettei kuvaaja pääse kohteisiin käsiksi. Kaapit ovat liian hyvin suojattu, jolloin kuvaaminen on mahdotonta. Tämän vuoksi on suojalevyihin tehty pieniä reikiä, jotta kuvaaminen olisi helpompaa. Rauman tehtaan tapauksessa reiät ovat kuvausta ajatellen liian pieniä eikä niistä ole mitään hyötyä. Läpinäkyväsuojalevy heijastaa kuvan takaisin eikä sitä ole mahdollista kuvata, ellei suojalevyä ota kokonaan pois edestä. Monet kohteet ovat liian hyvin suojattuja, että kuvaaminen on lähes mahdotonta. Keskuslähtöjen kansien mekaaninen lukitus on ymmärrettävää

kentällä, etteivät ulkopuoliset pääse kaappiin sisälle, mutta sähkötiloissa se ei ole välttämätöntä, ainoastaan hidaste.

4.2.1 Keskuksien kuvaaminen kentältä

Kentältä kuvattuja keskuksia:

- Pistorasiakeskukset
- Valaistuskeskukset
- Jäähdytys/kylmänveden/kompressorikeskukset
- Ilmastointikeskukset

Tehtaalla kuvaaminen tapahtui kaikilla neljällä paperikoneella. Kuvaaminen suoritettiin kuvaamalla keskuksia pistokoemaisesti. Ensimmäisen kuvauskerran jälkeen huomattiin pistorasiakeskusten kuvaamisen olevan turhaa, koska ne ovat harvoin kuormitettuja ja niiden kuvaaminen lopetettiin. Keskityttiin enemmän valaistuskeskuksiin, joita tehtaalla on paljon.

4.2.2 Keskusten kuvaamisen tulokset

Keskusten kuvaamisessa keskityttiin kuvaamaan sulakkeita, lämpimiä laitteita, löysiä liitoksia sekä kuormitettuja johtimia. Sähköjärjestelmien yleisiä kuvauskohteita ovat mm. johtoliitokset, läpiviennit, teho- ja mittamuuntajat, kaapelipäätteet, kiskot rakenteineen, kontaktorit, kytkinvarokkeet sekä maadoitukset. /3/

Seuraavassa taulukossa tehtaan keskusten kuvauksen tulokset:

Kuvatut keskukset	Yht.192	Löydetyt viat		
		Sulake	Löysä liitos/lämmin johdin	Lämmin laite
PRK	36			
Valaistuskeskus	110	8	3	2
Tuloilmakeskus	4			1
Ilmastointikeskus	8			1
Eri laitteiden keskukset	11			6
Ryhmäkeskus	8			
Muut keskukset	15			
PRK:n kuvaaminen ei oleellista, koska harvoin kuormitettu!				

Taulukko 1. Keskusten kuvaamisen tulokset.

Kuvauksen tulosten perusteella satunnaisia vikoja löytyi. Jakamalla keskukset ryhmiin näyttävät tulokset mitättömiltä. Keskusten lämpimien laitteiden kuormituslämpötila saattaa olla oikea, mutta referenssitulosten puuttuessa tulosten analysoinnin voi kyseenalaistaa.

Löysiä liitoksia/kuormitettuja johtimia löydettiin muutama ja niitäkin korjataan aina paikan päällä jos pystytään.

Sulakkeiden lämpötilaerot saattoivat johtua kuormituseroista eikä keskuksissa ollut todella kuumia sulakkeita.

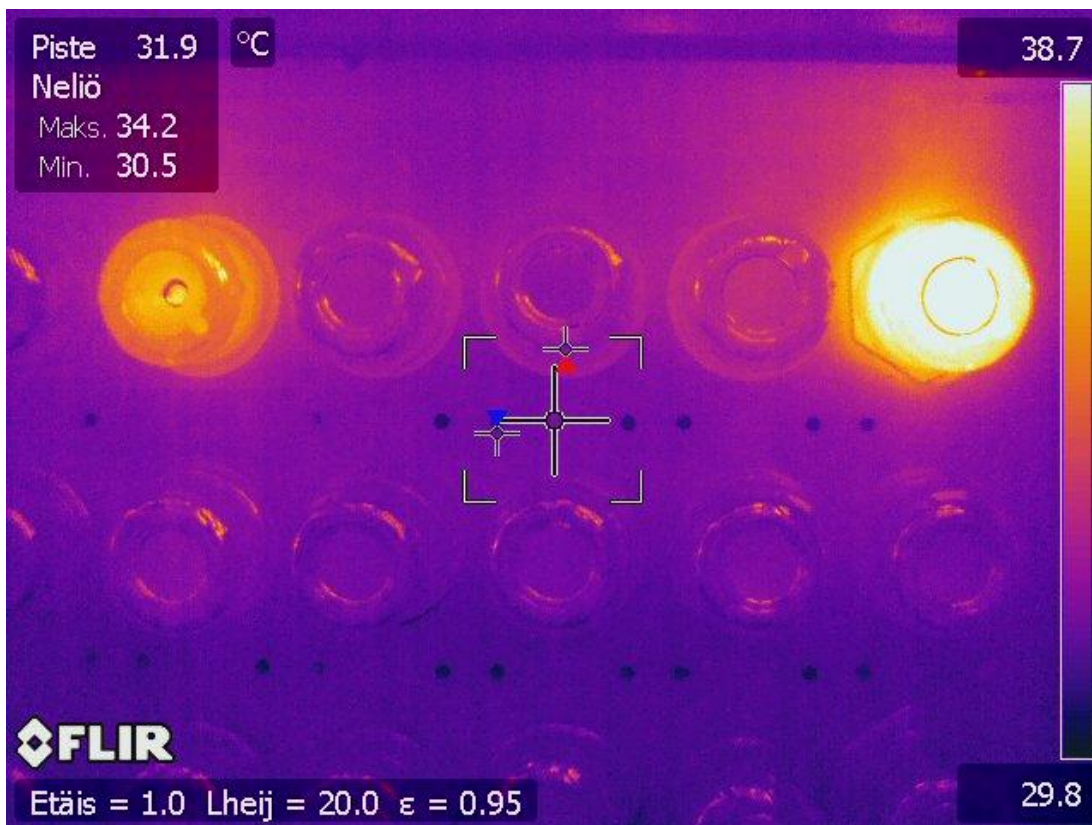
Seuraavassa kuvattuja keskuksia:



Kuva 6. Lämmin laite.(Konevälpän keskus 157-2002H).



Kuva 7. Kahvasulakkeiden lämpötiläero. (PK2, 400V Valaistuskeskus 150-4I12)



Kuva 8. Lämmin sulake. (PK2 SC23, 400V Valaistuskeskus, 150-4I13)



Kuva 9. Löysä liitos tai kuormitettu johdin. (PK2 Valaistuskeskus, 150-5I2)



Kuva 10. Lämpimiä johtimia. (PK3 Valaistuskeskus, 150-7I3)

4.3 Moottorit

Lämpökuvauksella voidaan seurata moottoreiden käyntilämpötilaa ja mahdollisia lämpeneviä kohtia. Menetelmä perustuu enimmäkseen kokemukseen ja tietoon laitteiden referenssilämpötiloista. Lämpötilaan vaikuttavat myös moottorin rakenne, kuormitus ja jäähdytys. Lämpökameralla voidaan havaita myös kytkentäkotelon normaalia korkeampi lämpötila, mikä voi olla seurausta löystyneiden liittimien aiheuttamasta hukkalämmöstä.

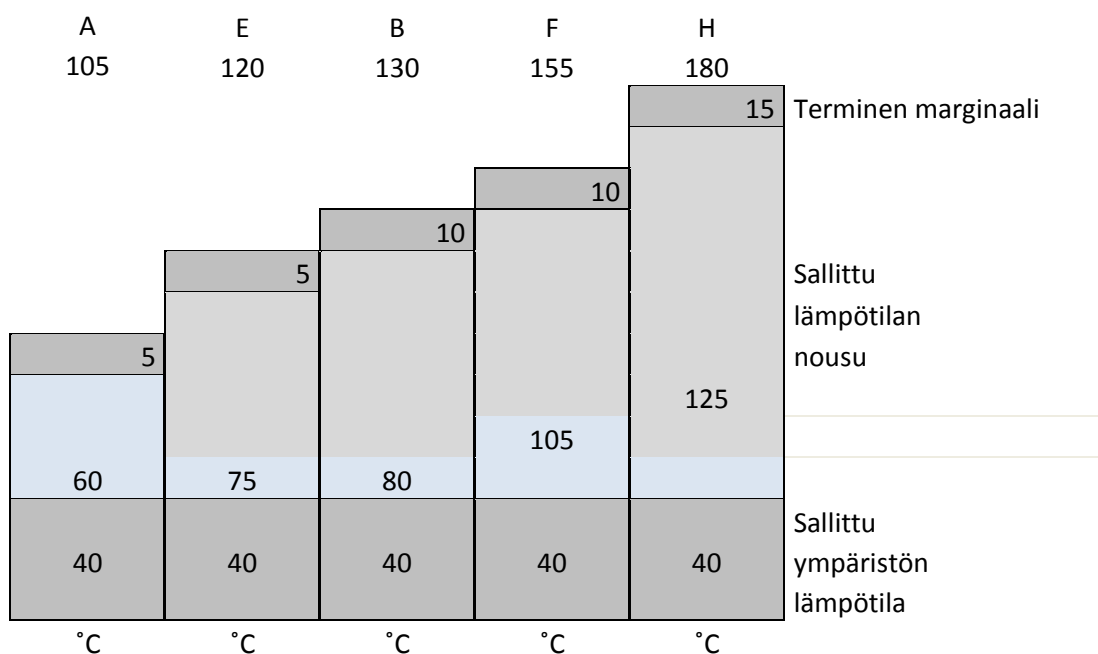
Moottoreiden lämpökuvien tulkinta on hankalaa, koska siihen vaikuttaa niin monet eri tekijät. Kuten ympäristöolosuhteet, sijoitus, kuormitus ja käyttö. Kuormituksen vaikutus on suuri, koska jos eri kuvauskerroilla kuormitus on muuttunut, ei kuvia voi verrata toisiinsa. Käytön tapa, onko se suorakäyttöinen vai taajuusohjattu, vaikuttaa lämpenemään. Taajuusohjattu moottori voi käydä eri taajuudella eri kuvauskerroilla. Taajuus määrää myös moottorin pyörimisnopeuden. Pyörimisnopeus vaikuttaa moottorin tuuletukseen ja tuuletus taas vaikuttaa moottorin jäähdytykseen. Tähän voidaan vaikuttaa järjestämällä moottorille erillistuuletus. /7/

4.3.1 Moottoreiden lämpöluokitus ja lämmönkestävyys

Kaikki moottorit on luokiteltu eristemateriaalien mukaan eri lämpöluokkiin. Lämpöluokat on jaettu IEC 85 normin mukaan ja jokaiselle on annettu oma kirjain, joka kertoo mihin luokkaan moottori kuuluu. Luokkien kirjaimet ovat: A, E, B, F ja H. Luokkien maksimi lämpötila-arvot ovat 105- 180 °C :n välillä.

Suurin osa moottoreista kuuluu B- tai F- luokkaan. Esimerkiksi ABB käyttää kaikissa moottoreissaan F-luokan eristyksiä. Näin ollen moottori sallii suuremman ylikuormitusmarginaalin kuin B-luokka.

Lämpötilat ja niiden marginaalit on esitetty seuraavassa taulukossa:



Taulukko 2. Moottoreiden lämpöluokat.

Moottoreille on asetettu myös muita lämpötilarajoja. Suurin sallittu ympäristön lämpötila on 40 °C. Ympäristön lämpötilan ollessa suurempi, joudutaan moottorin nimellisteho laskemaan. /7/

4.3.2 Moottoreiden lämpökuvauksen seuranta

Moottoreiden lämpökuvaus on hyvä sovittaa mukaan moottoreiden muuhun ennakkoivaan kunnossapitoon. Tässä tapauksessa kuvattiin vain 1-kriittisyysluokan moottoreita eli tärkeimpiä. Muita kuvaukseen vaikuttavia tekijöitä ovat:

- Moottorin korvattavuus toisella moottorilla
- Moottorin teholuokka
- Varaosien saatavuus

UPM- Kymmenen tehtaalla moottorien kuvausta vaikeutti moottoreiden sijainnin määrittäminen. Moottorien kriittisyyslistalla oli vain moottorin positio ja maantieteellinen positio puuttui. Onneksi SAP :sta löytyi vastausta siihen.

Tehtaan taajuusmuuttajakäytöt oli jaettu kahteen, linja- ja erilliskäyttöihin. Linjakäytöissä moottoreiden nopeudet säätävät toisiinsa suhteutettuna. Erilliskäytöllä tarkoitetaan yksittäisen kohteen taajuusmuuttajakäyttöä. Suurin osa moottoreista käy vakionopeudella (on/off- käyttö). Kaikki nämä käytöt pyörittävät oikosulkumoottoreita. Taajuusmuuttajakäyttöön soveltuvilla moottoreille on erityisvaatimuksia.

Linjakäytön moottorit löytyivät hyvin, koska ne sijaitsevat paperikoneen kyljessä. Erilliskäytön moottorit taas on sijoitettu ympäri tehdasta.

Taajuusmuuttajakäytön moottoreita ovat mm.:

- Pumput
- Puhaltimet
- Sekoittimet

4.3.3 Moottoreiden kuvaamisen tulokset

Moottoreiden kuvaamisessa keskityttiin seuraamaan moottorin lämpötilaa sekä samalla katsottiin silmämääräisesti niiden puhtautta, sijaintia sekä suojausta. Tehtaalla

monet moottorit oli hyvin katettu, mikä vaikeutti kuvaamista. Joidenkin moottoreiden kohdalla kate tuli hyvin oikeuksiinsa sen ollessa likaisessa paikassa. Kate kuitenkin estää kuvaamisen ja myös mahdollisesti haittaa moottorin jäähdytystä.

Seuraavassa taulukossa tehtaalla kuvattujen moottoreiden tuloksia:

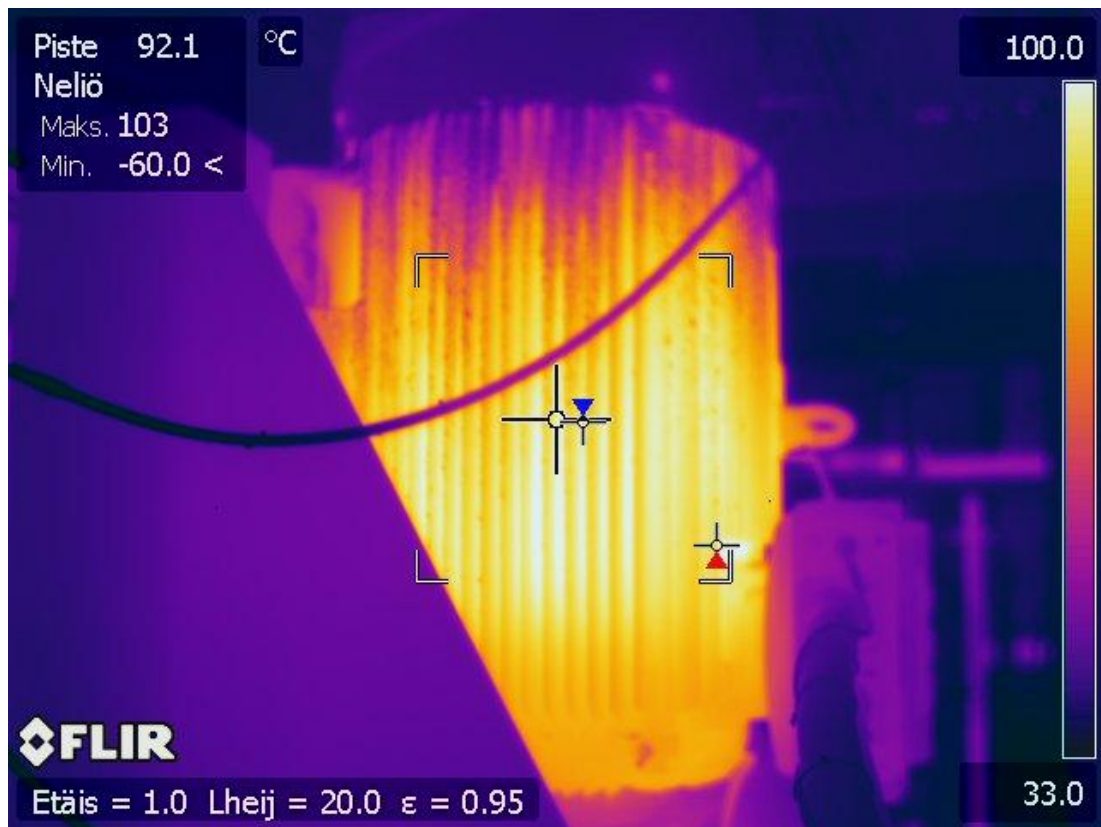
Kuvatut moottorit	Yht.207	Moottorin lämpötila	
		80-100	<100
Muut moottorit	140	3	2
Linjakäytöt	67	1	0
Keskimäärin lämpötila 40-70 astetta.			

Taulukko 3. Kuvattujen moottoreiden tulokset.

Taulukosta huomataan, että tehtaalla moottoreiden lämpötilat ovat hyvin sallituissa rajoissa. Lämpimiä moottoreita on vaikea analysoida, koska ei ole tietoa millaisella kuormalla moottori kävi kuvaushetkellä.

Tehtaalla ympäristöolosuhteet ovat yleisestikin kosteat ja lämpimät, mihin nähden moottoreiden jäähdytys toimii erittäin hyvin.

Tehtaalla kuvattuja moottoreita:

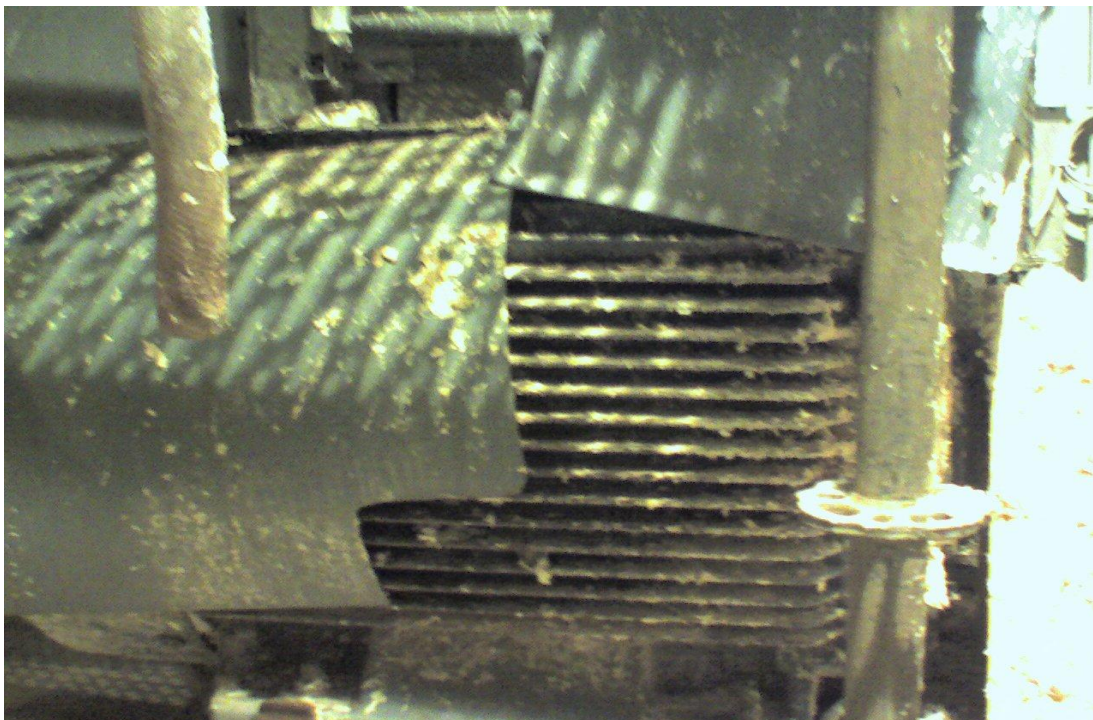


Kuva 11. Lämmin moottori. (Konesihtti 1, 42-3006 positio)



Kuva 12. Likainen moottori. (Viirapuristin 1, MC-pumppu 1, 41-6221)

Kuvasta nähdään likainen lämmin moottori. Likaisuus toimii eristeenä moottorin päällä ja todellisuudessa moottori voi olla vielä lämpimämpi kuin mittaustulos antaa ymmärtää.



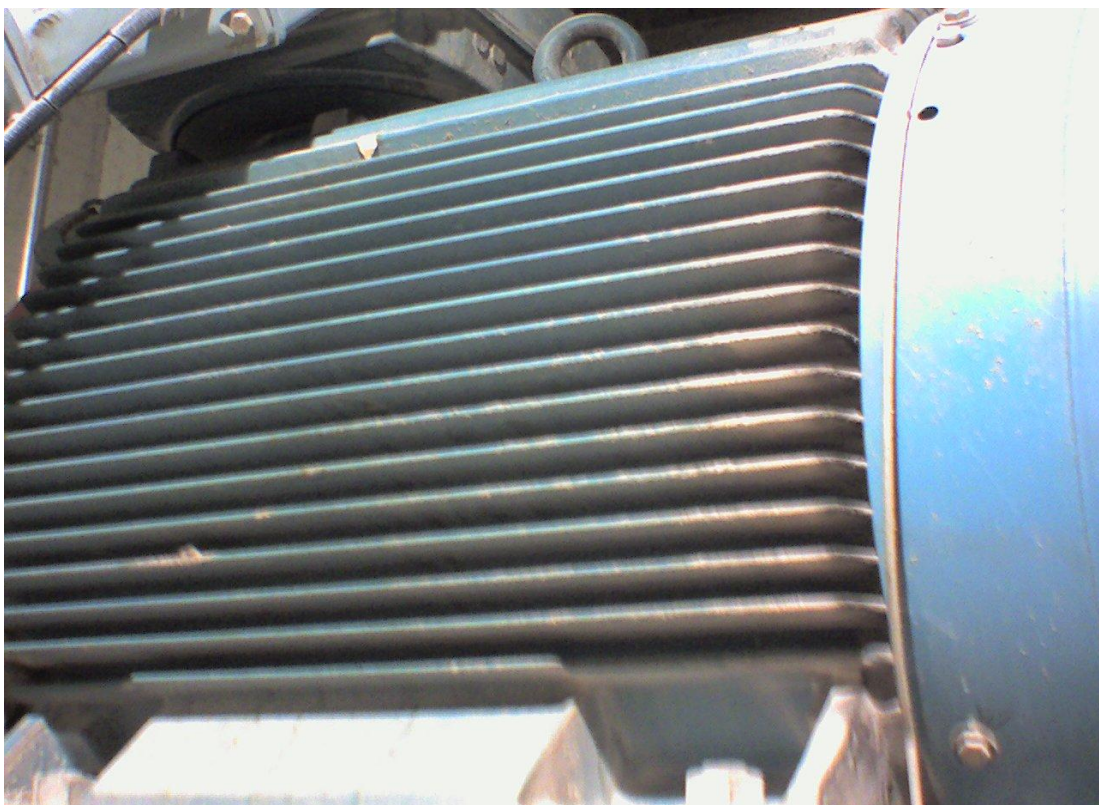
Kuva 13. Yllä oleva moottori digikuvana.

Tällaisia moottoreita tulisi puhdistaa tietyin väliajoin tai, kun huomataan likaisia moottoreita, niistä tulisi tehdä ilmoitus ja puhdistaa ne myöhemmin esim. ennakko-huoltotyönä. Yleisesti moottoreiden kuvaaminen ei tällä hetkellä ole suositeltavaa ja suurimmista sekä tärkeistä moottoreista menee viesti tietojärjestelmään, jos lämpötilan nousu on hälyttävä. Ja näin yhden kuvauskierroksen jälkeen on vaikea sanoa, onko joku moottori liian lämmin. Moottorit kyllä kestävät korkeita lämpötiloja lyhytaikaisesti, mutta korkea lämpötila vanhentaa moottorin eristystä ja lyhentää käyttöikä. 6 ja 10 kV :n moottoreissa on Pt-100-anturit ja lämpötilat näkyy järjestelmässä sekä IEC- runkokoosta 200 lähtien moottorien suojana on termistorit.

Linjakäytön moottori:



Kuva 14. Käyttö 1 (syl. 37 ja 38) 8. kuivatusryhmä. (42-443208)



Kuva 15. Yllä oleva moottori digikuvana.

Edellisistä kuvista nähdään, että linjakäytön moottorit ovat isoja ja erittäin tärkeitä tuotannollisesti. Niiden lämpenemistä ei saa ottaa kevyesti. Näissä mittauksissa linjakäytön moottoreiden lämpötilat olivat kuitenkin sallittujen rajojen sisällä eikä jatkomittauksiin ole tällä hetkellä syytä ryhtyä.

5 RAPORTOINTI

Nykyisin sähköasennusten lämpökuvaustutkimukset dokumentoidaan ja raportoidaan lähes poikkeuksetta raporttiohjelman avulla. Nämä ohjelmat, jotka ovat erilaisia riip-puen valmistajasta, on tavallisesti sovitettu kameroihin suoraan, mikä tekee rapor-toinnista erittäin nopeaa ja helppoa. /10/

5.1 Lämpökuvien tulkinta ja raportointi

Lämpökuvien tulkinta on tarkkaa ja kuvaajalla tulisi olla koulutusta kuvaamisesta osatakseen analysoida kuvia. Kuvauskohteesta on tehtävä selvät muistiinpanot, jotka ovat tärkeitä seurannan ja raportin laatimisen kannalta. Kuvauskohteesta tulisi kirjata ylös kaikki tärkeä tieto, mitä ei kuvasta selviä. Kirjattavia tietoja ovat esimerkiksi ympäristön olosuhteet, mikä lämpökuva vastaa mitäkin digikuvaa sekä tiedot kes-kuksesta tai moottorin tyyppikilvestä. Näitä ilman raportin laatiminen hankaloituu huomattavasti.

UPM-Kymmenen tehtaalla kuvauksen yhteydessä löytyneistä vioista vain selvistä tapauksista raportoidaan. Epäilyttävissä tilanteissa kuvaaja tekee itse päätöksen, onko vika todellinen vai ei. Tulevaisuudessa voisi merkitä ylös myös nämä `ehkä` tilanteet seuraavaa kuvauskertaa varten.

Ammattimainen raportti jaetaan usein kahteen osaan:

Etusivut, jolla on perustiedot tutkimuksesta, kuten

- tiedot asiakkaasta, esimerkiksi asiakkaan yrityksen nimi ja yhteyshenkilö
- tutkimuspaikan tiedot, esimerkiksi paikan osoite
- tutkimuspäivämäärä
- raportin päivämäärä
- lämpökuvaajan nimi
- lämpökuvaajan allekirjoitus
- yhteenveto tai sisällysluettelo

Tutkimussivut, joilla olevien infrapunakuvien avulla dokumentoidaan ja analysoidaan lämpöominaisuudet ja poikkeamat.

Tutkitun kohteen tunnistustiedot:

- kohteen tiedot, esimerkiksi tunnus, nimi tai numero
- valokuva

Infrapunakuvia kerätessä on syytä kiinnittää huomiota muutamiin yksityiskohtiin:

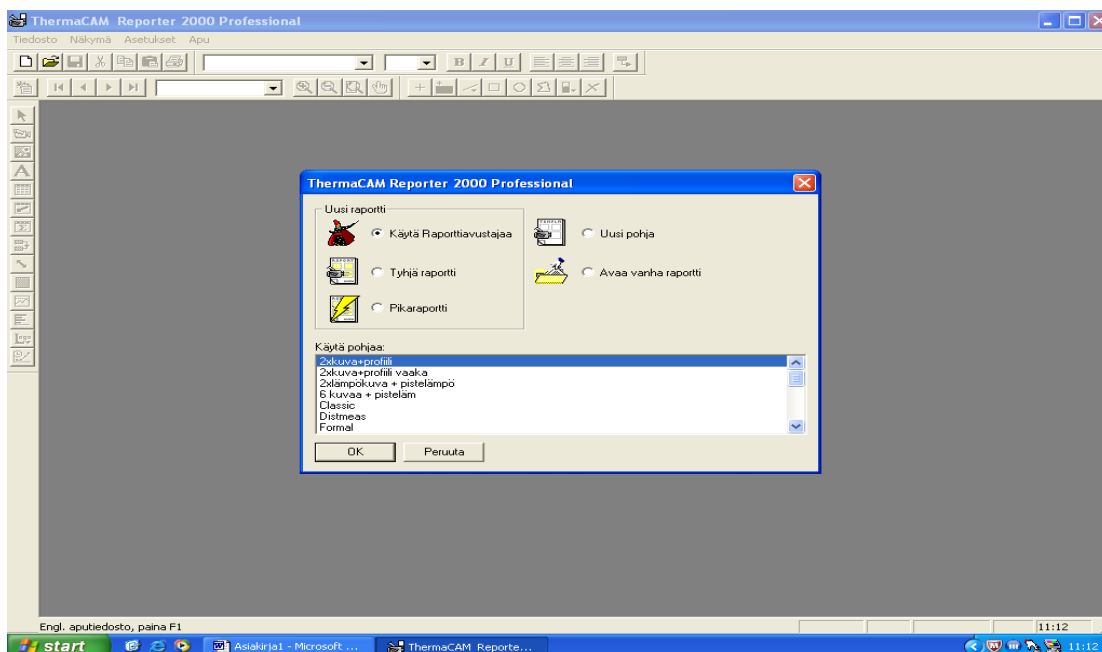
- optinen tarkennus
- otoksen tai ongelman lämpösäätö (taso ja mittausalue)
- sommittelu eli sopiva tarkasteluetäisyys ja katselukulma

5.2 ThermaCAM Reporter 2000

UPM- Kymmenen tehtaalla raportointi tapahtuu kameran mukana tulleella ThermaCAM Reporter 2000- ohjelmalla. Kuten nimikin kertoo, ohjelma on jo vanha ja uudempia versioita on saatavilla markkinoilta.

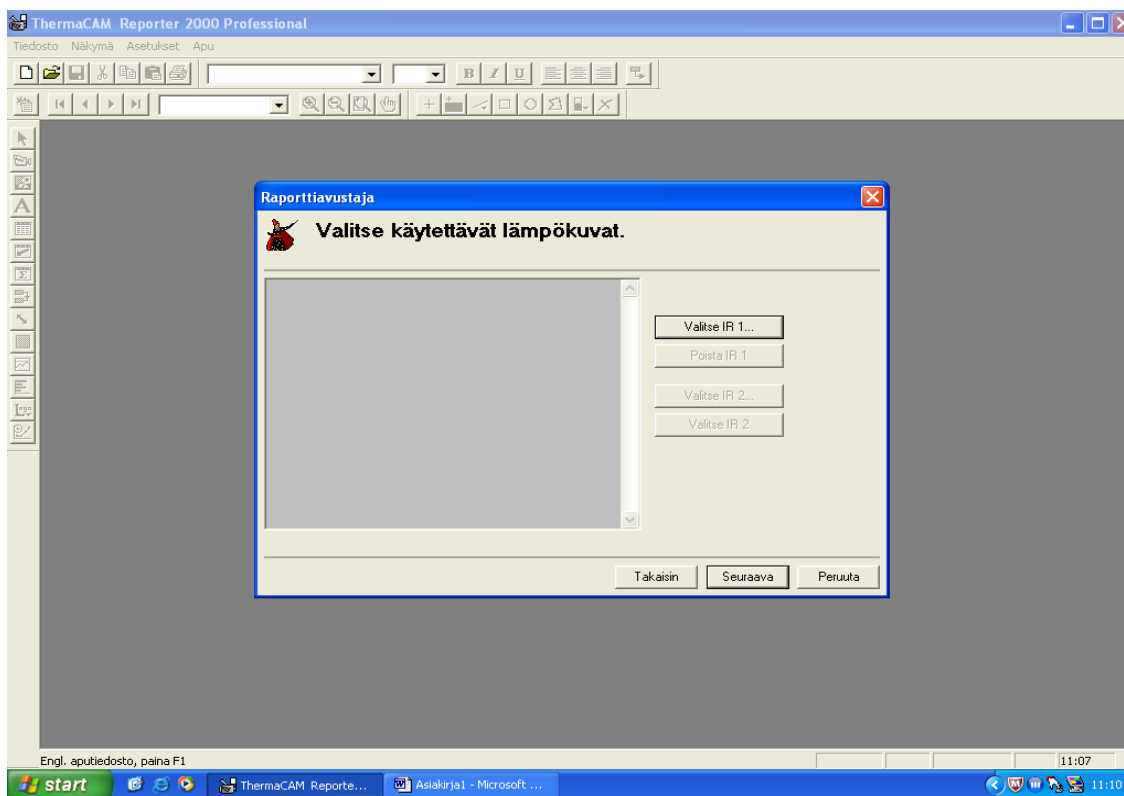
ThermaCAM Reporter 2000 on sovitettu monentyyppisiin FLIR Systems- infrapunakameroihin. Ohjelma on hyvin yksinkertainen ja ohjaa raportin tekijää sitä tehtäessä.

Seuraavassa kuva (Kuva 16.) ThermaCAM:in aloitussivusta:



Kuva 16. ThermaCAM Reporter 2000 avauskuva.

Aloitussivulla valitaan käytetäänkö raporttiavustajaa, jonka avulla saadaan erilaisia raporttipohjia.



Kuva 17. Esimerkkipohjan aloitus.

Edellisessä kuvassa on raporttiavustajan avulla valittu pohjamalli kaksi kuvaa ja profiili. Ohjeiden mukaan lisätään halutut kuvat ja tiedot raporttiin, joiden avulla ohjelma tekee valmiin raportin kuvaajalle.

Tehtaan valmiit raportit löytyvät tietojärjestelmän L-asemalta ja valmis raportti nähdään liitteessä (Liite1).

5.3 SAP

SAP- järjestelmä on johtava toiminnanohjausjärjestelmä. SAP koostuu eri toimintoja tukevista sovelluksista, jotka on integroitu toisiinsa ja tukevat näin paitsi yksittäisiä toimintoja, että myös koko prosesseja.

SAP- järjestelmästä löytyy hyvät ratkaisut mm. taloushallintoon, laskutukseen, henkilöstöhallintaan, hankintoihin, toiminnan suunnitteluun ja seurantaan.

Integraatio eri sovellusten välillä takaa tiedon kulun/näkyvyyden eri osa-alueiden välillä reaaliaikaisesti ilman erillisiä liittymiä. Yksittäinen tieto syötetään järjestelmään vain kerran ja tieto päivittyy automaattisesti kaikkii sovelluksiin samanaikaisesti. Integroitu järjestelmä lisää myös läpinäkyvyyttä organisaation toiminnassa.

/11/

5.3.1 SAP :in käyttö raportoinnissa

UPM-Kymmenen tehtaalla raportit kirjoitetaan havaintojen jälkeen SAP :in järjestelmään. Vikailmoitus tehdään alueen tai position kohdalle, josta tapauskohtaisesti alue päättää itse jatkosta. Kuvaaja vain ns. ilmoittaa SAP :in vikailmoitukseen löytyneen vikahavainnon.

SAP :iin vikailmoitukset jalostuvat huonosti. Vikailmoituksen tekeminen on vaikeaa ja työlästä varsinkin jos kohteita on monia.

Vikailmoituksen paikkaa ei ole selvästi ilmoitettu. Tehdäänkö ilmoitus vain alueelle vai itse viallisen position kohdalle. Koska asiaan ei ole tänä päivänä puututtu niin kuvaaja tekee ilmoituksen alueelle ja alue päättää jatkotoimista omatoimisesti.

Vikailmoitus pitäisi kuitenkin aina tehdä tarkalle kohteelle. Kaikki tehtaan kohteet kuuluvat johonkin työpisteeseen ja tätä kautta ilmoitukset menevät oikeaan paikkaan.

6 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tarkastella UPM- Kymmene Rauman tehtaan keskusten ja moottoreiden lämpökuvausta ennakkohuollon merkeissä. Alkutaipale keskittyi täysin kameran käytön alkeisiin sekä lämpöoppiin, jotta kuvaaminen päästäisiin aloittamaan. Kuvaaminen aloitettiin keskuksista, joihin alun perin piti vain keskittyä. Tehtaalla kuvataan jo sähkötiloissa olevat keskuksset, mutta kentällä olevat keskuksset eivät olleet saaneet huomiota. Tehtävä oli siis selvittää, onko jatkossa kannattavaa kuvata kentältä keskuksia. Näin yhden kuvauskerran jälkeen kysymykseen on helppo vastata, että ei ole. Mitään suurempia vikakohteita ei tällä kertaa löytynyt. Vaikka kuvaus tapahtui pistokoemaisesti ja ehkä mahdollinen vikakohde jäi käymättä läpi, ei näiden tulosten perusteella ole keskusten kuvaus oleellista.

Moottoreiden kuvaaminen lisättiin myöhemmin mukaan urakkaan, mikä hieman mäsensi kuvaajaa, mutta urakka saatiin kunnialla tehtyä. Moottoreiden kuvaus suoritettiin myös pistokoemaisesti ja keskityttiin ainoastaan 1-kriittisyysluokan moottoreihin ainoastaan. Niistäkään ei yhden kuvauskerran jälkeen löytynyt mitään kriittistä. Monien moottoreiden ollessa hyvin katettuja, niiden kuvaaminen jäi heikommaksi. Jäähdytysripojen puhdistusta kannatan jatkossa tehtävän. Massakerroksen ollessa hyvä eriste moottorin pinnalla, sen alapuolella lämpötila voi olla hyvin korkea, eikä kamera pysty sitä kuvaamaan. Isojen ja tärkeiden moottoreiden tieto kulkeutuu valvomoihin, joita ei näin ollen kannata kuvata. Näistä moottoreista voitaisiin tehdä lista, jotta niitä ei tulevaisuudessa kuvata lämpötilan mittauksen vuoksi.

Raportointiin ja kuvaamiseen itsessään on parannusmahdollisuuksia, vaikka kuinka paljon. Tehtaan kamera on edelleen markkinoiden parhaimmistoa, mutta ohjelmasta on tullut jo muutamia uudempia versioita, jotka voisivat olla parempia ja helpompia käyttää. SAP :iin tehtäviin vikailmoituksiin täytyy saada yhteinen käytäntö, jota jatkossa käytetään. Kuvaamiseen täytyy varata aikaa ja henkilöstöä. Sähkötilojen kuvaamisessa on hyvä olla monta ihmistä avaamassa keskusten ovia, jotta kuvaaminen olisi nopeaa.

Kokonaisuudessaan työ oli haastava ja mielenkiintoinen. Lämpökuvaus ja kameran käyttö oli uutta ja samalla tutustui laajemmin tehtaaseen. Työstä jäi onnistunut olo ja toivon UPM-Kymmenen olevan tyytyväinen lopputulokseen.

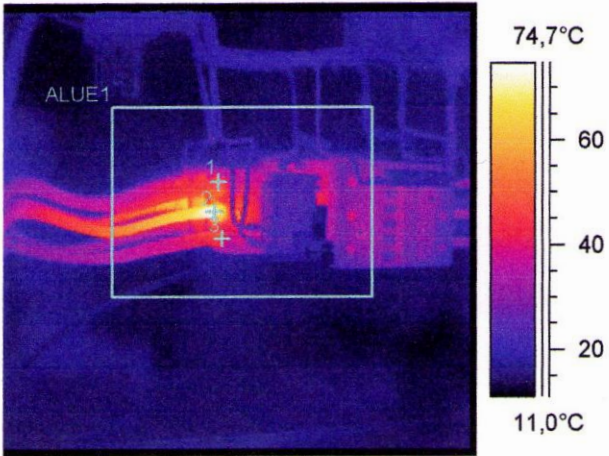
LÄHTEET

1. Opetushallituksen oppimateriaali, Kunnossapitotekniikan oppikirja, Mekaniikka, Luku 5: Lämpökamera (Verkkajulkaisu). Luettu: 2.10.2010. Saatavissa: http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/mekaniikka_k5_lampokamera.html
2. Infradex Oy, Lämpökameran toiminta(verkkajulkaisu), Luettu: 6.10.2010, Saatavissa: <http://www.infradex.com/kuinka.html>
3. Juha Romppainen, Linjakäytön ennakkohuolto (Diplomityö), Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, 2002.
4. Jari Saarenpää, Sähkötekniisten laitteiden kunnossapidon kehittäminen sinkkitehtaalla, (Diplomityö), Lappeenrannan teknillinen korkeakoulu, 2006.
5. Infrared Training Center Lämpökuvauskurssi ITC Level 1 2007 kurssimateriaali
6. Tero Uusitupa, Lämpökamera kuvaaminen ja kuvien analysointi, (Opinnäytetyö), Tampereen ammattikorkeakoulu, 2006.
7. Janne Korte, Sähkömoottoreiden ennakoiva kunnossapito lämpökuvauksien avulla, (Opinnäytetyö), Pori, Satakunnan ammattikorkeakoulu, 2007.
8. FLIR SC640 infrared for rent from Vizaar AG (verkkajulkaisu), Luettu: 22.11.2010. Saatavissa: <http://www.thermografie-xtra.de/index.php?id=73&L=1>
9. Pasi Hietapakka, Teollisuuden lämpökuvausmenetelmien kehittäminen, (Opinnäytetyö), Kokkola, Keski-Pohjanmaan ammattikorkeakoulu, 2009.
10. FLIR Systems, ThermaCAM SC640 Käyttäjän opas, 2007.
11. SAP- järjestelmä yleisesti(verkkajulkaisu), luettu 1.12.2010, Saatavissa: http://www.certia.fi/tmp_certia_site_0.asp?lang=1&sua=1&s=5



LÄMPÖKUVAUSRAPORTTI

Päivämäärä	07.11.2006
Osasto	PK 2
Kuvauksen syy	Määräaikaiskuvaus
Kuvaajat	J. Väkiparta



/alokuva

KOHDE	157-37G10.05 siirtoilmahuone 157-6806
ALUE1 SUURIN LAMPÖTILA	75,9°C
	-
L1 VIRTA	
L2 VIRTA	
L3 VIRTA	
	-
PISTE1 LAMPÖTILA	47,2°C
PISTE2 LAMPÖTILA	75,0°C
PISTE3 LAMPÖTILA	44,9°C

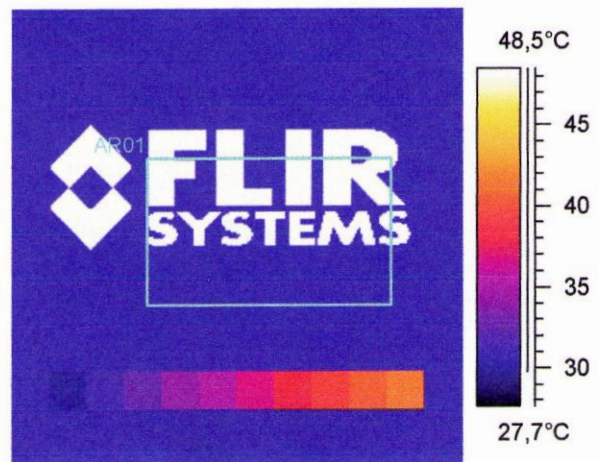
Vikailmoituksen numero: 070966

jälkitarkastus:

kommentit:

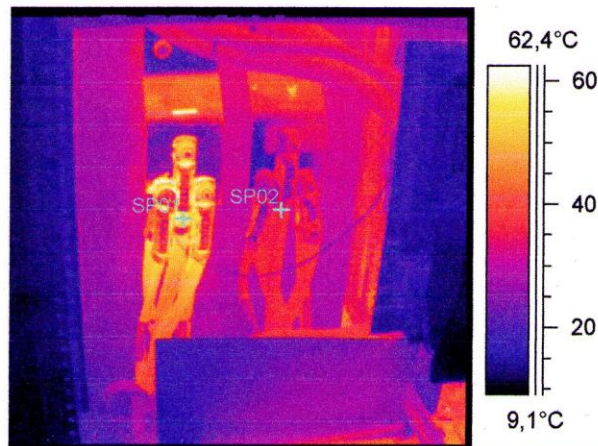
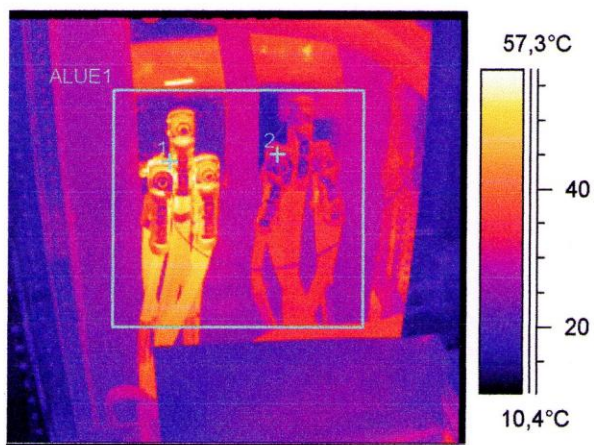
Johdin liitos löysä

kohte jälkitarkastuksen jälkeen



Tunniste	Arvo
AR01 : maks	48,4°C

kohde uudelleen kuvattuna 21.12.-06



Tunniste	Arvo
SP01	54,8°C
SP02	34,1°C

KOHDE	=157-6X12 Sisäviiran vetotela +H12.2
ALUE1 SUURIN LÄMPÖTILA	60,0°C
L1 VIRTA	-
L2 VIRTA	-
L3 VIRTA	-
PISTE1 LÄMPÖTILA	59,0°C
PISTE2 LÄMPÖTILA	28,6°C
PISTE3 LÄMPÖTILA	-

Vikailmoituksen numero: 070967

jälkitarkastus:

kommentit:

Johdinliitokset löysällä