

Petteri Laine

TURVAKYTKIMIEN JA SÄHKÖKESKUSTEN  
ENNAKKOHUOLLON KEHITTÄMINEN

Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
2012

# TURVAKYTKIMIEN JA SÄHKÖKESKUSTEN ENNAKKOHUOLLON KEHITTÄMINEN

Laine, Petteri  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Automaatiotekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2012  
Ohjaaja: Leino, Mirka  
Sivumäärä: 25  
Liitteitä: 2

Asiasanat: kunnossapito, lämpökuvaukset, analyysi, Fluke Ti32

---

Metsä Fibren Rauman tehtaalla on havaittu turvakytkimien äkillisiä rikkoutumisia ja siitä johtuen tuotannonmenetyksiä.

Tämän opinnäytetyön aiheena oli tutkia erilaisia tapoja kehittää ja tehostaa turvakytkimien ja sähkökeskusten ennakko- ja huoltoa Metsä Fibren Rauman tehtaalla. Erityisesti pyrittiin selvittämään lämpökameran soveltuvuutta tehtävään.

Tämän opinnäytetyön teoriaosuudessa käydään läpi kunnossapidon rakenteita ja ennakko- ja huollon osuutta kokonaisvaltaisessa kunnossapitotoiminnassa. Teoriaosuudessa käydään myös läpi lämpökuvauksen perusteita.

Työosuudessa tutkittiin Metsä Fibren Rauman tehtaalla turvakytkimiä ja sähkökeskuksia erilaisissa käyttöympäristöissä. Turvakytkimiä kuvattiin lämpökameralla ja niistä pyrittiin löytämään poikkeamia.

Tuloksena saatiin tutkimustietoa siitä, miten lämpökamerakuvaukset olisi hyvä suorittaa ja mitä asioita tulisi ottaa huomioon kuvattaessa. Työn liitteenä ovat lämpökuvauksiohjeet, jotka tehtiin asentajien avuksi.

# IMPROVING PREVENTIVE MAINTENANCE OF SAFETY SWITCHES AND SWITCHBOARDS

Laine, Petteri

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Automation Engineering

May 2012

Supervisor: Leino, Mirka

Number of pages: 25

Appendices: 2

Keywords: maintenance, thermographic survey, thermal imaging, analysis, Fluke Ti32

---

Metsä Fibre's Rauma mill has been confronting sudden breakdowns of safety switches and therefore some production losses.

The aim of this thesis was to explore different ways to develop and improve preventive maintenance system of safety switches and switchboards in Metsä Fibre's Rauma mill.

The theoretical part of this thesis concentrates on maintenance structures and preventive maintenance of overall maintenance operations. The theoretical part contains also basics of thermal imaging.

Work section investigates safety switches and switchboards in different operating environments in Metsä Fibre's Rauma mill. Safety switches and switchboards were imaged with thermal camera in order to find deviations in them.

The main result of this thesis was the research knowledge of using thermal imaging in preventive maintenance. How thermal imaging should be used and what issues should be considered when imaging. Detailed thermal imaging instructions are attached in this thesis to help installers in thermal imaging.

## SISÄLLYS

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 1     | JOHDANTO.....                                      | 5  |
| 2     | YRITYSESITTELY .....                               | 6  |
| 3     | KUNNOSSAPITO .....                                 | 7  |
| 3.1   | Kunnossapidon osa-alueet .....                     | 7  |
| 3.1.1 | Huolto .....                                       | 8  |
| 3.1.2 | Korjaava kunnossapito .....                        | 8  |
| 3.1.3 | Ehkäisevä kunnossapito .....                       | 9  |
| 3.1.4 | Parantava kunnossapito .....                       | 9  |
| 3.1.5 | Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen .....      | 10 |
| 3.2   | Luotettavuuskeskeinen kunnossapito .....           | 10 |
| 3.3   | Lämpökamera kunnossapidon työkaluna.....           | 11 |
| 4     | LÄMPÖKUVAUKSEN PERUSTEITA .....                    | 12 |
| 4.1   | Lämpökameran käyttö .....                          | 13 |
| 4.1.1 | Lämpökuvan paletit.....                            | 14 |
| 4.1.2 | Optiikka.....                                      | 15 |
| 4.2   | Kuvan analysointi .....                            | 17 |
| 4.2.1 | Testauspenkki.....                                 | 17 |
| 4.3   | Lämpökuvien hyödyntäminen .....                    | 19 |
| 5     | LÄMPÖKUVAUKSET METSÄ FIBREN RAUMAN TEHTAALLA ..... | 20 |
| 5.1   | Lämpökamera Fluke Ti32.....                        | 21 |
| 5.2   | Kuvauskohteet .....                                | 22 |
| 5.3   | Tulokset .....                                     | 22 |
| 6     | YHTEENVETO .....                                   | 24 |
|       | LÄHTEET .....                                      | 25 |
|       | LIITTEET   |    |

## 1 JOHDANTO

Metsä Fibren Rauman tehtaalla on havaittu ongelmia turvakytkimissä ja sähkökeskuksissa. Ongelmat liittyvät prosessilaitteiden äkkinäisiin toimimattomuuksiin ja rikkoutumisiin sekä erilaisten sähkölähtöjen komponenttien rikkoutumisiin. Katkokset tuotannossa laskevat tehtaan käytettävyyttä ja tuotannonmenetykset ovat asiakkaalle erittäin kalliita.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli löytää ratkaisuja em. kohteissa esiintyviin ongelmiin. Työssä pyrittiin hyödyntämään lämpökameraa mahdollisuuksien mukaan.

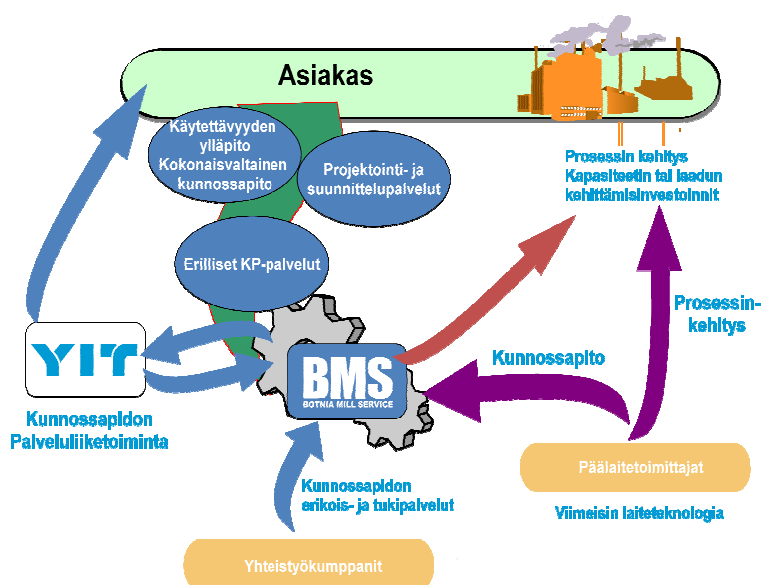
Työssä selvitettiin, miksi laitteet rikkoutuvat ja mitä asialle voisi tehdä jo ennen niiden rikkoutumista.

## 2 YRITYSESITTELY

Oy Botnia Mill Service Ab on yritys, joka tuottaa kunnossapitopalveluja metsäteollisuudelle. Yrityksen käynnissäpitoyksiköt sijaitsevat Kemissä, Joutsenossa, Raumalla, Tampereella ja Äänekoskella. Projektointi- ja suunnitteluliiketoimintaa on edellisten kaupunkien lisäksi myös Kuopiossa ja Simpeleellä. Yrityksellä on myös kunnossapitopalvelut Kemissä. Hallinto toimii Helsingissä.

Yrityksen omistaa Metsä Fibre (50.1 %) ja YIT (49.9 %). Yrityksen toimitusjohtaja on Risto Leisti. Vuonna 2009 yrityksen liikevaihto oli 58,0 miljoonaa euroa. Työntekijöitä yrityksellä oli vuoden 2009 lopulla 398 henkilöä.

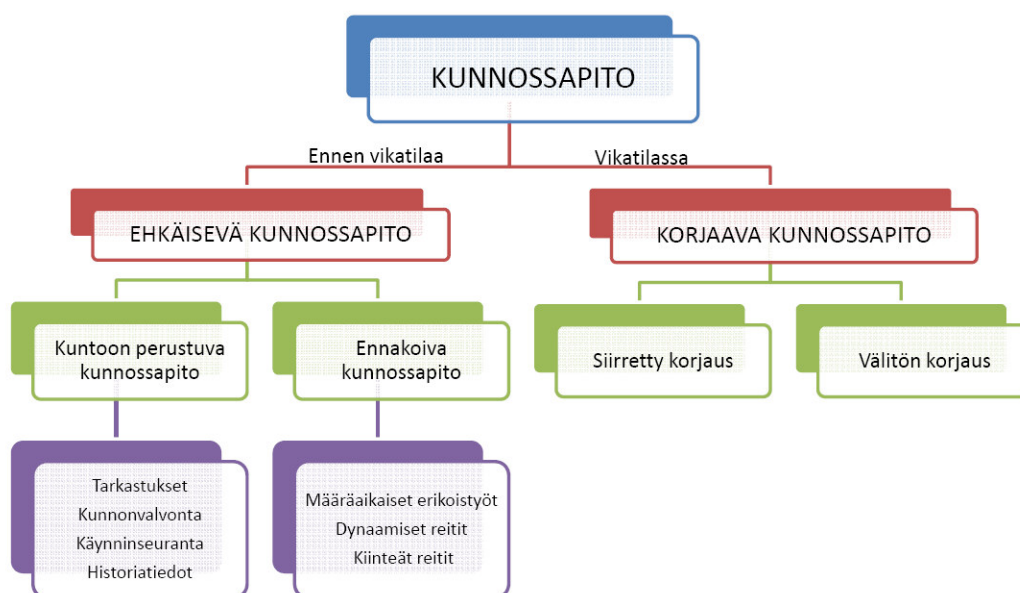
Oy Botnia Mill Service Ab:n missio on tuottaa käyttövarmuutta kustannustehokkaasti metsäteollisuudelle. Oy Botnia Mill Service Ab:n visio on olla metsäteollisuuden prosessien johtava kunnossapitäjä, edelläkävijä, johon teollisuus ja palveluntuottajat vertaavat toimintaansa. (Ahto 2012). Alla olevassa kuvassa (kuva 1.) Oy Botnia Mill Service Ab:n toimintamalli.



**Kuva 1. Oy Botnia Mill Service Ab:n toimintamalli.**

### 3 KUNNOSSAPITO

"Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden päämääränä on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana" (Kunnossapidon tietopankki, 2012). Alla olevassa kuvassa (kuva 2.) on esitetty kunnossapitolajit standardin SFS-EN 13306 mukaan.



**Kuva 2. Kunnossapitolajit SFS-EN 13306 mukaan (Järviö 2008, 14).**

#### 3.1 Kunnossapidon osa-alueet

Kunnossapito koostuu eri osa-alueista, jotka voidaan karkeasti erotella viiteen pääalaan:

1. huoltoon
2. korjaavaan kunnossapitoon
3. ennakoivaan kunnossapitoon
4. parantavaan kunnossapitoon
5. vikojen ja vikaantumisten selvittämiseen

### 3.1.1 Huolto

Huoltamalla pidetään yllä kohteen käyttöominaisuuksia tai palautetaan heikentynyt toimintakyky ennen vian esiintymistä. Huoltamalla voidaan myös estää vaurioiden syntyminen. Jaksotettu huolto suoritetaan tietyin aikavälein. Jaksotettu huolto pitää sisällään seuraavia toimia:

- toimintaedellytysten vaaliminen, käytön suorittama kunnossapito (autonomous maintenance)
- puhdistus (cleaning)
- voitelu (lubrication)
- huoltaminen (servicing)
- kalibrointi (calibration)
- kuluvien osien vaihtaminen (replacement of wear & tear items)
- toimintakyvyn palauttaminen (restoration of deterioration) (Järviö 2004, 39–40)

### 3.1.2 Korjaava kunnossapito

Korjaava kunnossapito voidaan karkeasti määritellä siten, että laite huolletaan vaurion jo synnyttyä. Yleensä vaurioitumisen seurauksena on prosessin katkeaminen. Katkoksista seuraavat tuotannonmenetykset ovatkin tavallisesti huomattavasti suuremmat kuin itse korjauksen kustannukset. Aikaisemmin tärkeimmille laitteille rakennettiin varalaitte, joka voitaisiin ottaa käyttöön pääkäytön rikkoutuessa. Varalaitteista syntyy kuitenkin kustannuksia ja usein varalaitetta on mahdotonta järjestää. (ABB:n TTT-käsikirja 2000–07.)

Korjaava kunnossapito voi olla häiriökorjaus (suunnittelematon) tai kunnostus (suunniteltu). Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät seuraavat toimet:

- vian määrittäminen (fault diagnosis, trouble shooting)
- vian tunnistaminen (fault recognition)
- vian paikallistaminen (fault localization)
- korjaus (repair)



- väliaikainen korjaus (temporary repair)
- toimintakunnon palauttaminen (restoration) (Järviö 2004, 38)

### 3.1.3 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapidon tarkoitus on ehkäistä tuotantolinjan suunnittelemattomia häiriöitä ja tuotantokatkoksia. Päämääränä on pienentää vikaantumisen todennäköisyyttä tai koneen / osan toimintakyvyn heikkenemistä. (Järviö 2004, 40). Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä (aikataulutettua ja jatkuvaa) ja usein erilaiset ennakko-huoltotehtävät on ajastettu tuotannonohjausjärjestelmiin. Ehkäisevä kunnossapito pitää sisällään muun muassa:

- tarkastaminen (inspection)
- kunnonvalvonta (condition monitoring)
- määräystenmukaisuuden toteaminen (compliance check)
- testaaminen / toimintakunnon toteaminen (visual & function test)
- käynninvalvonta (monitoring)
- vikaantumistietojen analysointi (trend analysis) (Järviö 2004, 40).

### 3.1.4 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito tarkoittaa laitteiden suorituskykyä, käytettävyyttä, luotettavuutta ja turvallisuutta parantavaa toimintaa, jonka avulla voidaan poistaa esimerkiksi suunnitteluvirheistä johtuvat ongelmatapaukset tai vaurioiden perussyt ja siten vähentää kunnossapidon tarvetta. (ABB:n TTT-käsikirja 2000–07.)

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään:

1. Kohteen rakennetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja kuin alkuperäiset. Esimerkkinä voidaan käyttää vanhojen tasavirtakäyttöjen uudistamista taajuusohjatuilla oikosulkumoottoreilla.

2. Kohteen uudelleensuunnittelu ja korjaus siten, että parannetaan kohteen luotettavuutta. Tarkoitus on muuttaa kohteen toiminta luotettavammaksi, eikä niinkään muuttaa suorituskykyä.
3. Kohdetta modernisoidaan ja pyritään pääsemään parempaan suorituskykyyn. Yleensä modernisaatiolla uudistetaan koneen ohella valmistusprosessi. Usein on järkevämpää modernisoida vanha kone kuin romuttaa se ja ostaa uusi tilalle, jos koneella on vielä elinaikaa jäljellä. (Järviö 2004, 40–41).

### 3.1.5 Vikojen ja vikaantumisten selvittäminen

Vikojen ja vikaantumisten selvittämisellä pyritään selvittämään perussyyn vikaantumiselle sekä vikaantumisprosessi. Tulosten perusteella voidaan suorittaa parannuksia, joiden avulla estetään vastaavien ongelmien uusiutuminen. Tavanomaisia menetelmiä vikojen ja vikaantumisten selvittämiseksi ovat:

- vika-analyysit (fault analysis)
- vikaantumisen selvittäminen
- mallintaminen
- perus- / juurisyy selvittäminen (RCFA, root cause failure analysis)
- materiaalianalyysit (analysis of material)
- suunnittelun analyysit (design analysis)
- vikaantumispotentiaalin kartoitukset / riskienhallinta (Järviö 2004, 41)

## 3.2 Luotettavuuskeskeinen kunnossapito

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito RCM (Reality Centered Maintenance) on kunnossapitomenetelmä, joka alun perin kehitettiin lentokoneiteollisuuden tarpeisiin 1960-luvulla. Sen tavoitteena on vähentää kunnossapitokustannuksia keskittämällä kunnossapitotoimet tärkeimpiin kohteisiin ja valita jokaiselle kohteelle tehokkain kunnossapitolaji. (Sarajärvi 2010, 36).

RCM sisältää päätöslogiikkapuun, jonka avulla saadaan selville tehokkaat ja soveltuvat ehkäisevän kunnossapidon vaatimukset rakenteille ja laitteille. Päätöslogiikkapuun antamat tulokset perustuvat tunnistettuihin vikaantumismekanismeihin ja niiden aiheuttamiin seurauksiin turvallisuuteen, käyttöön ja talouteen. Lopputuloksena päätöslogiikkapuun käyttämisestä saadaan perusteet sille, onko yksittäinen kunnossapitotehtävä välttämätön tehdä. (Järviö 2000, 20).

### 3.3 Lämpökamera kunnossapidon työkaluna

Lämpökamera on työkalu, jota hyödynnetään usein teollisuudessa ennakkohuollon yhteydessä. Lämpökuvan avulla voidaan paikantaa laitteista alkavia vikoja ja korjata ne jo ennen kuin laite rikkoutuu.

## 4 LÄMPÖKUVAUKSEN PERUSTEITA

Lämpökamera mittaa kohteen lähettämää infrapunasäteilyä, jota ei voi ihmissilmällä havaita. Kaikki kappaleet, joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen, lähettävät lämpösäteilyä. Lämpökameraan kulkeutuva infrapunasäteily muutetaan kamerassa säteilyn voimakkuuden perusteella lämpökuvaksi. Kuvan asetuksia voidaan muokata vielä kuvan ottamisen jälkeen tietokoneella, käyttäen analysointiohjelmistoa. (Asp R, Tuominen T, Hyppönen H.)

Lämpökuvauks on yleistynyt teollisuudessa käytettävänä apuvälineenä viime vuosien aikana. Merkittävä syy kuvauksien yleistymiseen on se, että kamerat ovat nykyään pieniä, tarkkoja ja helppokäyttöisiä. Lisäksi lämpökameroiden hinta on pudonnut merkittävästi viime vuosien aikana. (Infradex Oy:n www-sivut 2012.)

Teollisuusympäristössä lämpökamerakuvaus tuo merkittävän tuen ennakkohuolloille. Monesti kohteita seurataan usealla eri tavalla. Näitä tapoja ovat esimerkiksi sähkövirta, lämpötila ja valokaaripurkaukset. Lämpökuvauksena menetelmänä on, erityisesti jännitteellisissä kohteissa, ainoa tapa mitata lämpötila kosketusvapaasti. Lämpökuvasta saadaan usein paikannettua rikkoontunut laite tai sen osa.

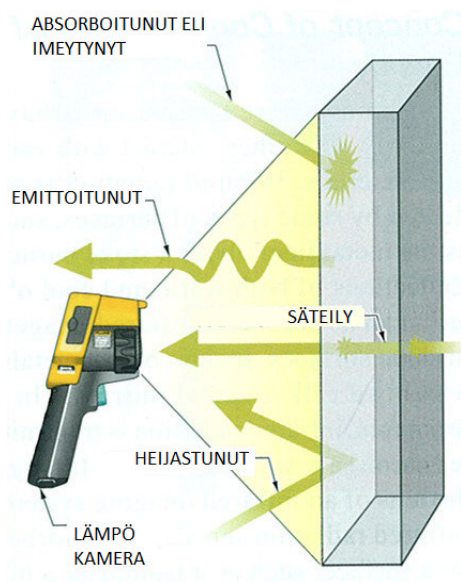
Lämpökuvan lämpöjakaumaan vaikuttavat monet tekijät. Näitä ovat kohteen emissiivisyys, vallitseva ulkolämpötila, kohteen etäisyys ja suhteellinen kosteus. (Infradex Oy:n www-sivut 2012.) Sähkökomponentteja kuvattaessa kohteeseen vaikuttava kuormitus on myös merkittävä tekijä, jos halutaan paikantaa mahdollisia ongelma-kohtia. Kuvattaessa sähkökomponentteja laitteen tulisi olla ollut käytössä vähintään puoli tuntia ja kuormituksen tulisi olla vähintään 40 % maksimikuormituksesta. Näiden ehtojen täytyttyä kohteesta voidaan paikantaa mahdollinen ongelma. (Suomalainen 2011, 22).

#### 4.1 Lämpökameran käyttö

Lämpökamera on laite, jolla pystytään kuvaamaan sellaisella aallonpituusalueella, jota ei pysty ihmissilmällä ilman apuvälineitä havaitsemaan. Lämpökameralla kuvaaminen vaatii käyttäjältä erityisosaamista, jotta siitä saataisiin täysi hyöty.

Esimerkkinä voitaisiin käyttää tavallisella digikameralla kuvaamista. Digikameran perusasetuksilla otettu kuva on hyvä, mutta asetusten ollessa oikeat juuri kuvattavalle kohteelle, saadaan merkittävästi parempi kuva. Jos käyttäjä ei tunne lämpökuvauksen perusteita ja ottaa kuvan tilanteeseen sopimattomilla asetuksilla, voidaan saada väärä tulos.

Lämpökameralla kuvattaessa täytyy aina olla tiedossa kuvattavan kohteen materiaali, koska eri materiaaleilla on eri emissiivisyyskerroin. Emissiivisyyskerroin tarkoittaa kohteen emittoimaa lämpösäteilyä suhteessa täydelliseen säteilijään, jonka emissiivisyys on 1. Mitä suurempi emissiivisyys, sitä vähemmän se heijastaa ympäristöstä säteilevää lämpöä ja sitä enemmän itse kohde säteilee lämpöä. (Infradex Oy:n www-sivut 2012.) Alla havainnollistava kuva (kuva 3.) säteilyn käyttäytymismalleista.



**Kuva 3. Säteily voi heijastua kohteesta, läpäistä kohteen, absorboitua kohteeseen tai emittoitua kohteesta (Fluke, introduction to thermography principles 2009, 24).**

Tässä on mainittu esimerkinomaisesti muutamien materiaalien emissiivisyyskertoimia:

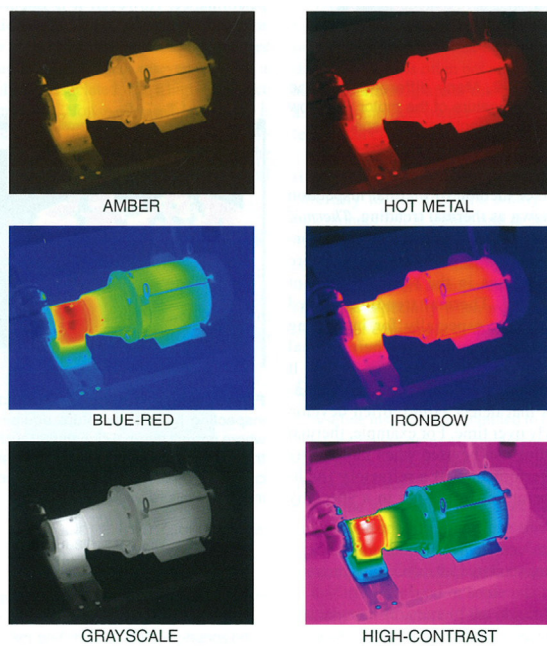
- Alumiini, kiillotettu ~ 0.05
- Kupari, kiillotettu ~ 0.01
- Kupari, hapettunut ~ 0.88
- Kumi ~ 0.93
- Teräs, galvanisoitu ~ 0.28 (Fluke, introduction to thermography principles.)

#### 4.1.1 Lämpökuvan paletit

Lämpökuvan paleteilla tarkoitetaan erilaisia väriavaruuksia, jotka voidaan valita lämpökameran asetuksista. Väriavaruuden tyyppiä voidaan muuttaa vielä analysointi-ohjelmistossa. Erilaisilla väriavaruusasetuksilla voidaan korostaa tiettyjä värejä ja tuoda näin lämpenemä paremmin esille lämpökuvasta. Käytettävän kameras väriavaruus vaihtoehtoja ovat:

- Amber, yhden värin paletti, vaaleampi kohta kuumempi
- Hot metal, punaisen ja keltaisen värin paletti, keltainen kuuma
- Blue – red, usean värin paletti, jossa punaisella osoitetaan kuumin kohta
- Ironbow, rautasävyt
- Grayscale, harmaaväri paletti, mitä valkoisempi sen kuumempi
- High – contrast, suuren kontrastin paletti

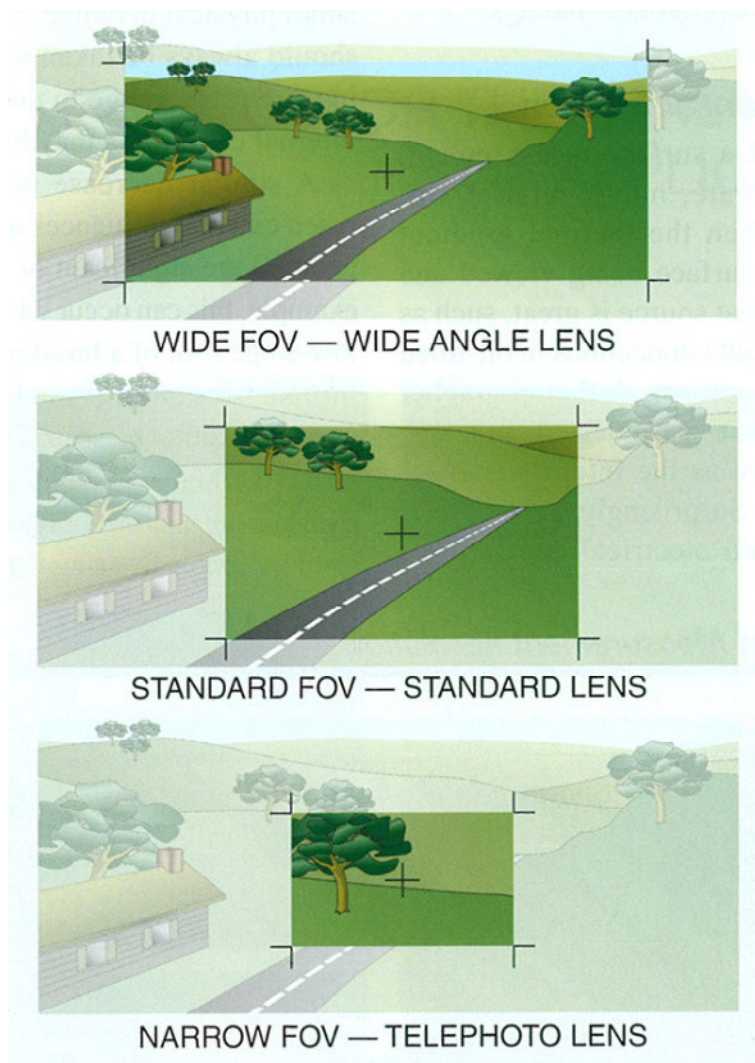
Alapuolella olevassa kuvassa (kuva 4.) kameras eri palettivaihtoehdot.



**Kuva 4. Eri palettivaihtoehdot (Fluke, introduction to thermography principles 2009, 60).**

#### 4.1.2 Optiikka

Optiikalla tarkoitetaan linssiyhdistelmiä, joilla saadaan aikaan erilaisia kuva-aloja. Alla havainnollistava kuva (kuva 5.) käytettävien linssien kuva-aloista.



**Kuva 5. Eri linssien kuva-alat (Fluke, introduction to thermography principles 2009, 27).**

Wide fov (FOV = Field Of View = kuva-ala) –linssi on laajan kuvakulman linssi, jolla saadaan lähempää laajempi kuva-ala. Useasti teollisuusympäristössä kuvattaessa tilaa on rajallisesti, ja joudutaan kuvaamaan erittäin läheltä kohdetta. Jos koko kuva-ala ei ylitä kuvattavaa kohdetta, on otettava standard fov –linssillä useita kuvia tai käytettävä wide fov –linssiä. Silloin, kun kuvattava kohde on kokonaan kuvassa, on helpompi analysoida erilaisia lämpöjakautumia. Narrow fov –linssiä taas voidaan hyödyntää kohteissa, jotka ovat kaukana kuvauspaikasta.



## 4.2 Kuvan analysointi

Lämpökuvan analysointi on tärkeä osa kokonaisvaltaista lämpökuvasta. Lämpökuvaa analysoitaessa täytyy käyttäjällä olla selvillä, mitä epäkohtia kuvasta voidaan löytää. Kunnossapidon lämpökuvauksissa tällaisia asioita voiva olla esimerkiksi:

- löysä liitos, ylimenovastus kasvaa ja pahimmassa tilanteessa kohteessa voi syntyä valokaari.
- hapettunut kosketuspinta, ylimenovastus kasvaa
- voitelun puute, toimilaite kuumenee voimakkaasti

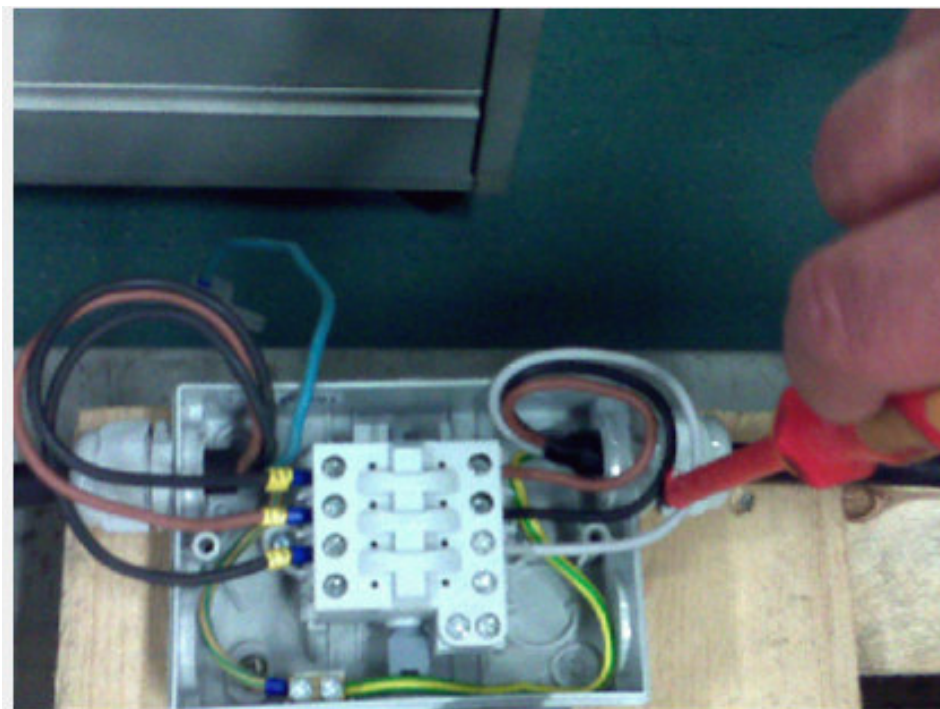
Kuvan analysointi tapahtuu yleensä kameravalmistajan toimittamalla analysointisovelluksella. Ohjelma sisältää kaikki tarvittavat työkalut lämpökuvan analysointiin.

Sähkökomponenttien lämpökuvauksessa tärkeä tekijä on lämpötilaero. Lämpötilaeroa voidaan tarkastella esimerkiksi eri vaiheiden välillä. Kolmivaiheisissa laitteissa eri vaiheiden välillä ei tulisi olla eroa, jos kuorma on tasaista ja laitteessa ei ole mitään vikaa. Jos taas lämpeneminen on epätasaista vaiheiden välillä, se on yleensä merkki joko laitteessa esiintyvistä ongelmista, tai sähköverkossa olevista ongelmista.

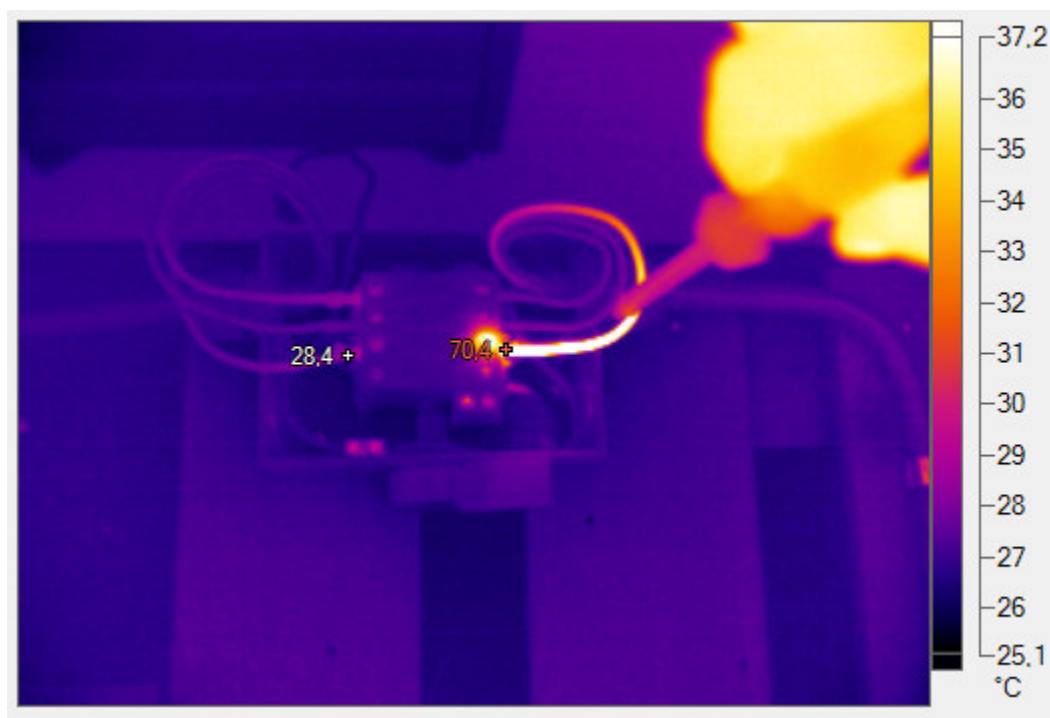
### 4.2.1 Testauspenkki

Työn alussa valmistettiin testauspenkki, jossa pystytään tarkkailemaan erilaisten ongelmatilanteiden aiheuttamia lämpötiloja laboratorio-olosuhteissa. Laitteistoon kuului Siemensin 1,5Kw 3-vaihe moottori ja ABB:n 400/7,5Kv/16A turvakytin.

Alla olevassa kuvassa (kuva 6.) on turvakytin, josta yhden vaihejohtimen kiinnitystä on tarkoituksella löysennetty. Lämpökuvasta (kuva 7.) käy hyvin ilmi, miten ylimenovastus kasvaa ja kohde lämpenee merkittävästi verrattuna toisiin vaihejohtimiin.



**Kuva 6. Näkyvän valon kuva: turvakytin, testauspenkki, jossa yhdessä vaiheessa on löysäliitos.**



**Kuva 7. Lämpökuva: turvakytin, testauspenkki, jossa yhdessä vaiheessa on löysä liitos.**

### 4.3 Lämpökuvien hyödyntäminen

Lämpökuvista voidaan muodostaa raportteja suoraan analysointiohjelmiston raportti-työkalun avulla. Fluken ohjelmisto tarjoaa monenlaisia eri pohjaratkaisuja lämpökuvareportille. Näitä ovat rakennuksen perusdiagnostiikkaraportti, sähkömekaaninen perusraportti, yleisraportti, vertailu ja pikkukuva. Kaikki raporttipohjat ovat erilaisia ja niistä tuodaan esiin erilaisia asioita. Alla esimerkki lämpökuvan raportista (kuva 8.)

**Oy Botnia Mill Service Ab**

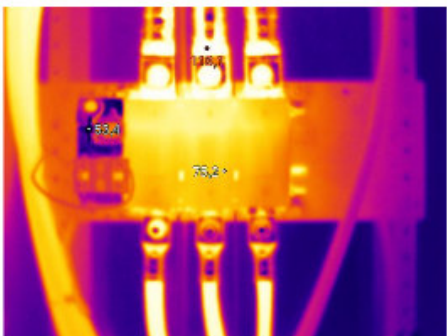

## Lämpökuvareportti

---

**Metsä Fibre Oy**

Tarkastaja: Petteri Laine

|                            |                    |                          |                            |
|----------------------------|--------------------|--------------------------|----------------------------|
| Tarkastuspäivämäärä:       | 28.9.2011 13:24:42 | Sijainti                 | Kuivaamo                   |
| Laitteet                   |                    | Laitteiston nimi:        |                            |
| Ympäristön ilmanlämpötila: |                    | Tuulen nopeus            |                            |
| Lataa (%)                  |                    | Nimelliskuorma enintään: |                            |
| Poikkeuslämpötila:         |                    | Mahdollinen ongelma      | Vaihejohtimen hapettuminen |
| Suosittelut toimenpide     |                    | Korjausprioriteetti:     |                            |
| Emissiokerroin:            | 0,95               | Heijastunut lämpötila:   | 20,0 °C                    |
| Kameran valmistaja         | Fluke Thermography | Kamera:                  | Fluke Ti32                 |

**MÄRKÄILMAPUHALLIN\_3\_ =31F496A\_28.9.2011.IS2**      Näkyvän valon kuva

| Nimi       | Lämpötila | Emissiivisyys |
|------------|-----------|---------------|
| Keskipiste | 75,2°C    | 0,95          |
| Kuuma      | 118,1°C   | 0,95          |
| Kylmä      | 53,4°C    | 0,95          |

**Kuva 8. Lämpökuvareportti.**

## 5 LÄMPÖKUVAUKSET METSÄ FIBREN RAUMAN TEHTAALLA

Lämpökuvaukset Metsä Fibren Rauman tehtaalla aloitettiin elokuussa 2011. Tehtaan automaatio-osastolle oli hankittu uusi lämpökamera ja aloin opetella kamerasäädintä. Tarkoituksena oli käyttää kameraa erilaisissa kohteissa ja pyrkiä löytämään parhaat kuvausolosuhteet jokaiselle kohteelle. Muutaman kuukauden kuvausten jälkeen automaatio-osastolle rakennettiin testauspenkki, jonka avulla pystyttiin simuloimaan vikatilanteita turvakytkimissä. Sen avulla opittiin, miten lämpötilat kehittyvät erilaisissa vikatilanteissa. Kun kamerasäädin alkoi olla tuttua ja ongelmien paikantamiseen tarvittava tieto oli hankittu, aloitettiin kuvaukset.

Tarkoituksena oli paikantaa mahdollisia ongelmia tehtaan sähkökeskuksista ja turvakytkimistä. Kohteista, joissa lämpenemistä havaittiin, otettiin kuvat. Kuvien tarkoituksena oli toimia referenssikuvina tulevia kuvauksia varten. Kuvista pystyttiin seuraamaan lämpötilojen kehittymistä ja jos kohteesta ilmeni jotain hälyttävää, tehtiin kyseisistä laitteista häiriöilmoitus järjestelmään. Vuosiseisokissa kohteet oli tarkoitus korjata ja seisokin jälkeen taas kuvata, jotta pystyttäisiin varmentamaan ongelman poistuminen.

## 5.1 Lämpökamera Fluke Ti32

Tehtaalla käytössä oleva kamera on Fluke Ti32 lämpökamera. Alla olevassa kuvassa (kuva 9.) kyseinen malli.



**Kuva 9. Fluke Ti32 lämpökamera (YEInternational www-sivut 2012).**

- Ilmaisin: 320×240 FPA
- Lämpötilan mittausalue: -20°C...+600°C
- Vakiolinssin tiedot:  
Näkökenttä: 23°×17°  
Spatiaalinen erottelukyky (IFOV): 1,25mRad = pienin havaittava kohde noin 12,7mm×12,7mm, 1m:n etäisyydeltä (mitattava kohde noin 3 kertaa suurempi) ja kuvan koko silloin 41cm×30cm  
Pienin tarkennusetäisyys: 15cm
- Lisävarusteena tele- ja laajakulma-linssit
- Näyttö: 640×480 pikseliä, suuri 3,6” väri-LCD (YEInternational www-sivut 2012)

## 5.2 Kuvauskohteet

Kuvauskohteet valittiin aluksi sattumanvaraisessa järjestyksessä. Sähkökeskuksista ja turvakytkimistä pyrittiin kuvaamaan aina molemmat, mahdollisuuksien mukaan. Joissain sähkökeskuslähdeissä ei ollut mahdollisuutta avata keskuksen kantta ja joissain turvakytkimissä avausmekanismi oli hapettunut käyttökelvottomaksi. Näistä turvakytkimistä tehtiin häiriöilmoitus järjestelmään.

Kun oli saatu kuvattua niin sanottu referenssilämpötila edellä mainituista kohteista, aloitettiin kohteiden lämpötilan kehittymisen seuraaminen. Lopuksi päädyttiin kuvaamaan eri osastojen kaikkien sähkökeskusten sähkölähdöt kaappien ollessa kiinni. Kuvauksilla pyrittiin löytämään sellainen lämpötila, jolloin ilman kaapin aukaisemisesta tiedettäisiin, oliko kohteessa merkittäviä lämpenemiä. Kaikkien yli 30 °C lämpötilan ylittävien keskuslähtöjen kaapit avattiin ja kuvattiin mahdollisten ongelmien varalta. Avattavien kaappien määrä putosi tuolloin murto-osaan aiemmista kerroista ja näin vältetään turha työ. On kuitenkin mahdollista, että joissain kaapeissa voi löytyä vikaa ilman lämpötilan kohoamista kaapin kannessa yli 30 °C. Tällaisilla kuvauksilla voidaan kuitenkin paikantaa suurin osa mahdollisista alkavista ongelmista.

## 5.3 Tulokset

Kuvauksissa käytettiin Fluke Ti32 -lämpökameraa. Kameran on tarkoitus toimia automaatiohenkilökunnan apuna erilaisissa ennakko- ja vianetsintätehtävissä. Automaatiohenkilökunnalla ei ole koulutusta lämpökameran käytöstä eikä lämpökuvien analysoinnista. Työn aikana henkilökuntaa koulutettiin lämpökameran käyttöön ja kuvien analysointiin. Lisäksi tehtiin ohjeistus kameran käytöstä ja analysointi ohjelmiston ominaisuuksista. Ohjeistus löytyy tämän opinnäytetyön liitteistä (LIITE 1 ja LIITE 2).

Kuvausten aikana havaittiin, että kaikkien keskuslähtöjen kuvaamisessa on erittäin suuri työ. Tästä syystä pyrittiin löytämään jokin helpottava seikka, jonka avulla työ määrää pystyttäisiin vähentämään. Havaittiin, että keskuslähtöjä kuvattaessa, kyseisen lähdön ovea ei ole tarvetta avata, jos kaapin pintalämpötila ei ylitä 30 °C. Tämän

rajauksen avulla kuvaukset helpottuvat merkittävästi ja silloin se tarkoittaa myös sitä, että kuvauksia voidaan tehdä useammin.

Turvakytkimiä kuvattaessa vikoja löytyi vähän ja niin sanotut vikaantuneet kohteet osattiin ennustaa jo ennen kuvauksia. Suurin osa turvakytkimien rikkoutumisista johdetaan siitä, että niitä käytetään päivittäin useita kertoja ja turvakytkintä ei ole suunniteltu tällaiseen käyttöön. Yhtenä tämän opinnäytetyön tuloksena ehdotetaan, että kaikkiin kohteisiin, jossa turvakytkimiä käännetään päivittäin useasti, vaihdettaisiin käyttökohteeseen paremmin sopiva kytkin, joka kestää paremmin käyttöä.

## 6 YHTEENVETO

Tehtaalla suoritettujen lämpökuvauksen aikana opittiin paljon lämpökuvauksen merkityksestä kokonaisvaltaisen ennakkohuollon osana. Monet asiat vaikuttavat lämpökuvan onnistumiseen ja pelkkä kuva ei riitä, vaan täytyy löytyä myös ammattitaitoa analysoida lämpökuvia.

Löystyneet tai hapettuneet liitokset voidaan havaita helposti lämpökamerakuvauksella. Ylimenovastuksen kasvaminen lisää resistanssia ja tästä syystä liitos lämpenee. Sähkökeskukset ja turvakytkimet voidaan kuvata säännöllisin väliajoin ja tällä tavoin pystytään estämään vika jo ennen odottamattomia tuotannon katkoksia. Kun alkava vika on paikallistettu, voidaan tehdas ajaa alas hallitusti ja säästää tuhansia euroja, verrattuna äkilliseen alasajoon. Sähkökomponentteja kuvattaessa merkitsevä tekijä on useasti eri vaiheiden välillä oleva lämpötilaero. Kaikilla vaiheilla tulisi olla sama kuormavirta ja siksi myös sama lämpötila.

Lämpökuvauksia tehtaalla on tehty ennen alihankkijan toimesta muutaman kerran vuodessa. Kun henkilöstöä tämän opinnäytetyön teon yhteydessä on koulutettu kameran käyttöön ja kuvauksia varten on laadittu kattava ohjeistus, ehdotan, että kuvauksia tehtäisiin tulevaisuudessa oman henkilöstön toimesta. Ennakkohuolto-ohjelmaan voitaisiin lisätä keskus- ja turvakytkinkuvaukset muutaman kerran vuodessa. Silloin tiedettäisiin aina mahdolliset alkavat viat ja pystyttäisiin korjaamaan ne jo ennen vian syntymistä.



## LÄHTEET

ABB:n TTT-käsikirja 2000–07, viitattu 30.1.2011.

[http://heikki.pp.fi/abb/230\\_0007.pdf](http://heikki.pp.fi/abb/230_0007.pdf)

Ahto, M. 2011. Botnia Mill Service. Oy Botnia Mill Service Ab yritysesitys  
2.2.2011

Asp, R., Tuominen T., Hyppönen H. 2012 Kunnossapito menestystekijä.

Opetushallinto. Viitattu 4.2.2012. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/>

Fluke, introduction to thermography principles. 2009. United States of America:  
American Technical Publishers, Inc., Fluke Corporation; and The Snell Group.

Infradex Oy:n www-sivut. Viitattu 4.2.2012. [www.infradex.com](http://www.infradex.com)

Järviö, J. 2008. Ehkäisevä kunnossapito ja sen suunnittelu, 14. Viitattu 4.2.2012.

<http://www.promaint.net>

Järviö, J. 2004. Kunnossapito. 2. täydennetty painos. Rajamäki: KP-Media Oy

Järviö, J 2000. Luotettavuuskeskeinen kunnossapito. Rajamäki: KP-Tieto Oy

Kunnossapidon tietopankki. 2012. Helsinki:KP-Media Oy, Kunnossapitoyhdistys

Promaint ry. Viitattu 4.2.2012. <http://www.promaint.net/tietopankki>

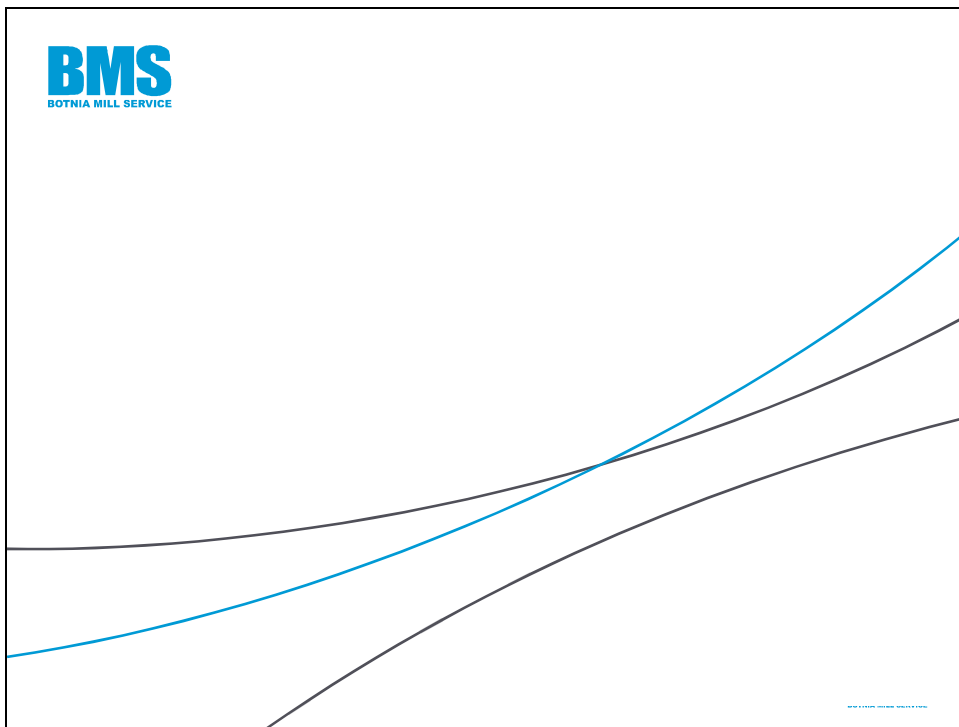
Sarajärvi, S. 2010. PowerMaint -kunnossapitojärjestelmän päivitys ja vika-,  
vaikutus- ja kriittisyysanalyysin laadinta. AMK-opinnäytetyö. Kemi-Tornion ammat-  
tikorkeakoulu. Viitattu 17.4.2012.

[https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25511/Opiskelija\\_Simo%20Sarajarvi.pdf?sequence=2](https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/25511/Opiskelija_Simo%20Sarajarvi.pdf?sequence=2)

Suomalainen, M. 2011. Lämpökuvaus sähkökunnossapidossa. AMK-opinnäytetyö.  
Saimaan ammattikorkeakoulu. Viitattu 9.3.2012.

[http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32467/Suomalainen\\_Mikko.pdf?sequence=1](http://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/32467/Suomalainen_Mikko.pdf?sequence=1)

YEInternational www-sivut. Viitattu 27.4.2012. <http://www.yeint.fi>



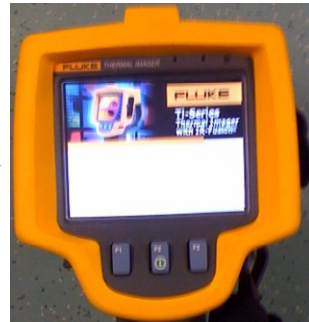
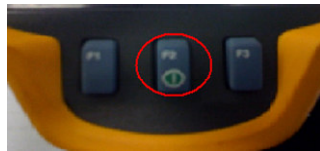
## Lämpökamerakuvaus ohjeet

### FLUKE Ti-32



## Perusasiat

1. Kun haluat kytkeä laitteeseen virran paina keskimmäistä näppäintä (F2) pohjassa kunnes näyttöön syttyy valo.



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Perusasiat

2. Poista linssisuoja taittamalla kameran etupuolella oleva läppä ylös ja taakse.



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvan tarkentaminen 1/2

3. Kuvattavan kohteen tarkennus tapahtuu pyörällä (myötä- tai vastapäivään), joka sijaitsee linssissä kiinteästi.
  - Tarkkuutta ei voida ennalta määrittää, vaan se on eri etäisyyksillä aina säädettävä uudelleen.

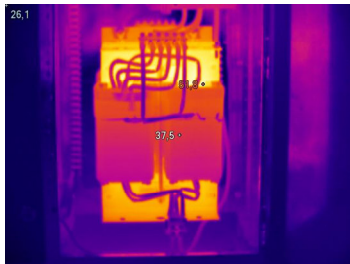


YIT | 7 | Internal

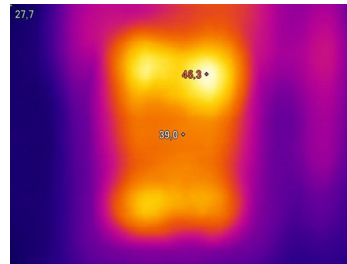
**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvan tarkentaminen 2/2

4. Kuva on tarkka silloin, kun yksityiskohdat kuvattavasta kohteesta erottuvat hyvin.



Tarkennettu kuva



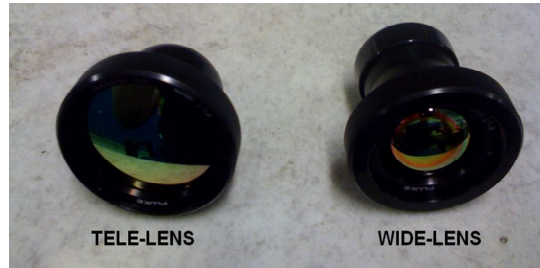
Epätarkka kuva

YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Erikoislinsit

- Voit käyttää FLUKE Ti-32 kamerassa erikoislinssejä
  - Wide-linssiä suositellaan käytettäväksi, kuvattaessa pieneltä etäisyydeltä
  - Tele-linssiä suositellaan käytettäväksi, kuvattaessa suurelta etäisyydeltä



- Asentaminen ja käyttöönotto Fluken ohje s.13

YIT | 7 | Internal

**BMS**  
 BOTNIA MILL SERVICE

## Näytön kuvakkeet



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
 BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvan kaappaus ja tallennus 1/2

5. Kuva kaapataan napauttamalla vihreätä "liipaisinta" kameran etupuolella.

- Kuva ei kuitenkaan ole vielä tallentunut muistikortille, se on vain "kaapattu" ruudulle, tarkastelua varten.



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvan kaappaus ja tallennus 2/2

6. Kuva tallennetaan vasta valitsemalla kaappauksen jälkeen avautuvasta valikosta TALLENNA.

- Jos haluat palata takaisin kuvaustilaan, paina "liipaisinta" yhden kerran.



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvien tallennus tietokoneelle

7. Poista muistikortti kameran sivussa olevasta "luukusta"




8. Liitä muistikortinlukija koneeseen ja laita kortti sille varattuun osioon (SD)

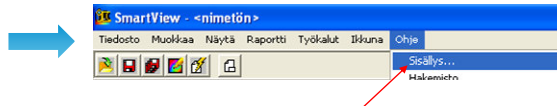
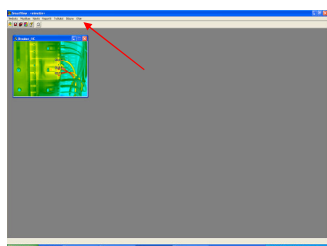


YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Kuvien analysointi tietokoneella

- Käynnistä sovellus Smartview 3.1  aloita kuvien analysointi.
- Lisätietoa kuvien analysoinnista Smartview 3.1 ohjelman OHJE hakemistosta.



YIT | 7 | Internal

**BMS**  
BOTNIA MILL SERVICE

## Lisätietoja

[Tarkempia ohjeita kameran käyttöön osoitteessa](#)

[http://assets.fluke.com/manuals/Ti32\\_\\_\\_\\_umfin0100.pdf](http://assets.fluke.com/manuals/Ti32____umfin0100.pdf)

YIT | 7 | Internal



**Together  
we can  
do it.**



## Smart View 3.1 Analysointiohjelmisto

Käynnistä ohjelma SmartView 3.1

### TIEDOSTO

→ AVAA... etsi koneelta kuva/kuvat jota haluat analysoida.

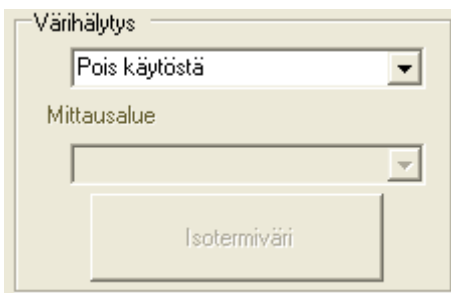
Kuva aukeaa työtilaan. Tuplaklikkaa kuvaa, jota haluat analysoida tarkemmin.

### Seuraavassa määritelty oletusasetuksia



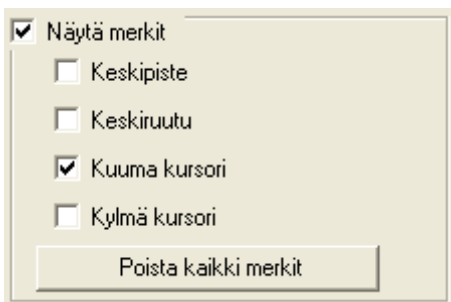
Paletti-vetovalikosta voit valita kuvan tyyppin. UltraContrast tuo esille suuremman kontrastin värivalikoiman.

Oletus värikylläisyys: Ei mitään



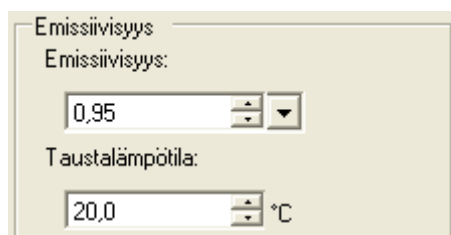
Värihälytyksellä voit määrittellä lämpötilan, jonka ohjelma näyttää erikoisvärillä

Värihälytykseen määritelty väri



Näytä valitut merkit kuvassa (yleisesti hyvä olla käytössä ainakin kuuma kurSORi, jotta pystytään paikantamaan kuvan kuumiin kohtiin)

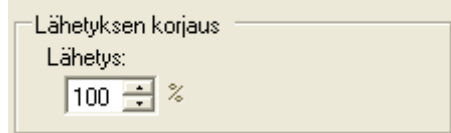
Poista kaikki valitut merkit

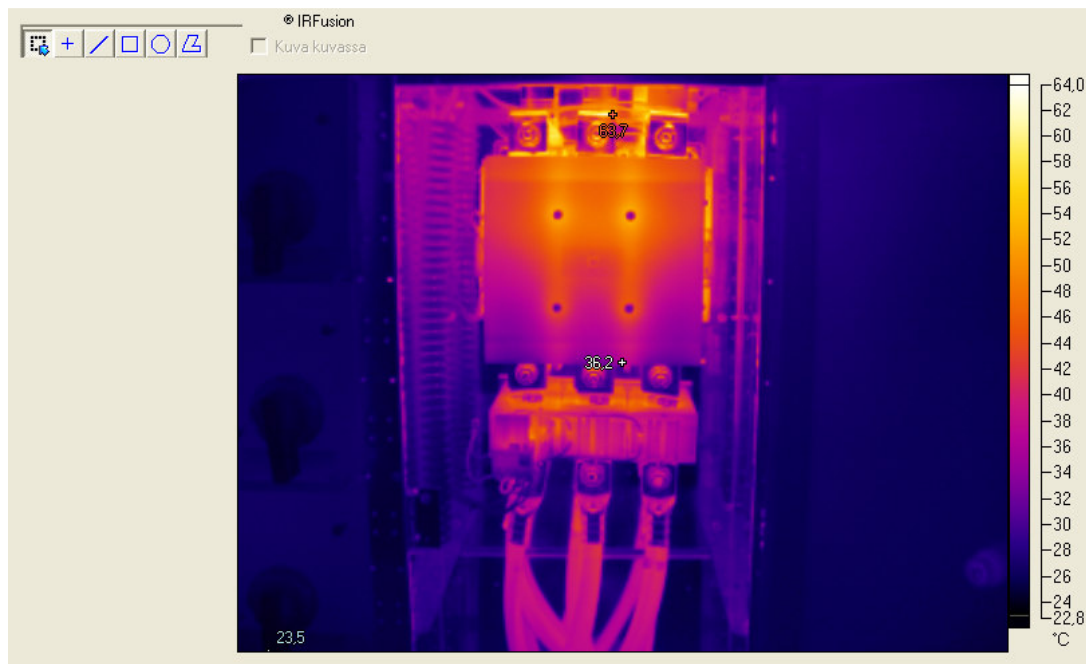


Emissiivisyyden määrittäminen vetovalikosta tai suoraan nuolista ylös/alas

Taustalämpötilan määrittäminen


Lähetys aina pidettävä 100 %.

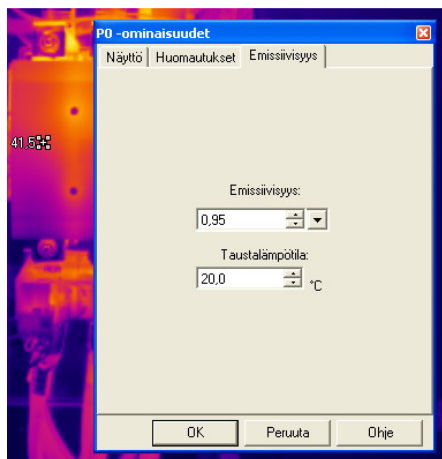




EOP\_MC-PUMPPU\_1=26P240A\_28.10.2011

Yläpuolella olevan kuvan yläosassa näkyvästä työkalupalkista voidaan lisätä erilaisia lämpötila-arvoja kuvaan.

- + merkistä voidaan lisätä yksittäinen piste (lämpötila-arvo) kuvaan
- \ lisää viiva, jonka matkalta näytetään maksimi, minimi ja keskimääräinen lämpötila
- □ lisää nelikulmio, jonka alueelta näytetään maksimi, minimi ja keskimääräinen lämpötila
- ○ lisää pyöreä objekti, jonka alueelta näytetään maksimi, minimi ja keskimääräinen lämpötila
- ▭ lisää monikulmainen alue, jonka alueelta näytetään, maksimi, minimi ja keskimääräinen lämpötila
-  merkistä voidaan valita, siirtää ja poistaa lisättyjä lämpötila-arvoja. Kyseisen valintatyökalun ollessa valittuna, tuplaklikkaamalla lisättyä lämpötilaa, voidaan lämpötila-arvon emissiivisyyttä muuttaa siten, että vain kyseiseen kohtaan vaikuttaa määritetty emissiivisyyskerroin.



EOP\_MC-PUMPPU\_1=26P240A\_28.10.2011 lämpötila-arvon lisääminen

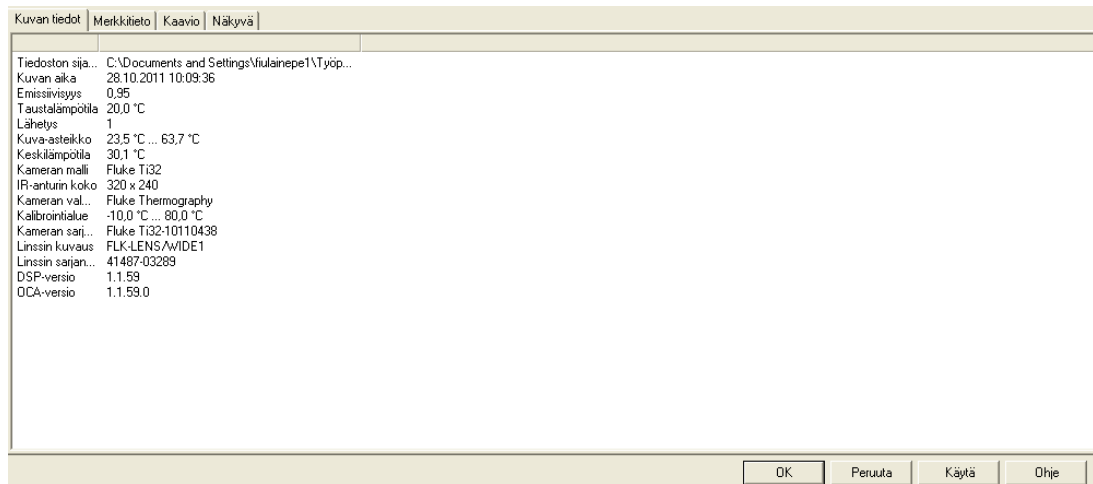
Tuplaklikkauksen jälkeen aukeaa seuraavanlainen ikkuna.



EOP\_MC-PUMPPU\_1=26P240A\_28.10.2011

Kuvan analysointi-tilassa kuvan yläreunaan avautuu valikko.

- Analyysi välilehdeltä voidaan tehdä muutoksia kuvan ominaisuuksiin
- Huomautukset välilehdellä voidaan lisätä huomioita kuvattavaan kohteeseen
- Äänihuomautukset valikosta voit kuunnella tekemäsi audio-tallenteen
- Viitekuvat välilehdeltä voidaan lisätä oman näkyvänvalon kuvan ”digikuva”
- Kommentit välilehdeltä voidaan lisätä kommentteja, sekä otsikko kuvattavalle kohteelle



EOP\_MC-PUMPPU\_1=26P240A\_28.10.2011

Kuvan analysointi-tilassa, kuvan alareunassa on seuraavanlainen valikko, josta käytävät ilmi:

- Kuvan tiedot, perustietoja kuvasta
- Merkkitulo, jokaiseen merkittyyn pisteeseen liittyvät tiedot
- Kaavio, jolla voidaan luoda erilaisia kaaviokuvia lämpökuvan rakenteesta
- Näkyvä, näkyvänvalon kuva