

Lämpökameran käyttö ennakoivassa kunnossapidossa

SSAB EUROPE OY



Hämeen Ammattikorkeakoulu
Insinööri (AMK), Konetekniikka

Syksy 2022

Juho Mure

Konetekniikan insinööritutkinto

Tekijä Juho Mure

Työn nimi Opinnäytetyön nimi

Ohjaaja Jukka Varrio HAMK, Timo Salminen SSAB

Tiivistelmä

Vuosi 2022

Tämä opinnäytetyö tehtiin SSAB Europe Oy:n Hämeenlinnan tehtaalle. Työn tavoite oli parantaa kunnossapidon ennakkointia sekä vikoja ehkäisevää kunnonvalvontatoimintaa. Työssä perehdytään erilaisiin lämpökameroihin ja niiden tekniikkaan sekä tapoihin kuvata kohteita tehtaalla ja analysoida kuvia. Työn tavoitteena oli luoda myös ennakkohuoltotyön mallipohja työntekijöille, joka sisältää tarvittavat tiedot, parametrit ja verrattavat mittaukselliset tulokset tärkeistä kohteista. Työssä edettiin selvittämällä kuvattavat kohteet työntekijöiden ja työnjohtajien kanssa ja näitä kuvattiin kohde kerrallaan. Kohteita, joista ei saatu hyötyä jätettiin pois ja lopuista kohteista otettiin useampana eri kertana kuvat ennakkohuoltotyön pohjaa varten. Opinnäytetyön ansiosta onnistuttiin löytämään viollisia osia ja luomaan hyvä pohja näiden kriittisten kohteiden seurantaan. Lopuksi tehtiin Excel muotoon ennakkohuoltotyön pohja.

Avainsanat Lämpökamera, ennakoiva kunnossapito, kunnonvalvonta

Sivut 38 sivua ja liitteitä 1 sivu

Education and training in mechanical engineering

Author Juho Mure

Subject Name of the Thesis

Supervisors Jukka Varrio HAMK, Timo Salminen SSAB

Abstract

Year 2022

This thesis was done for SSAB Europe Oy Hämeenlinna factory. The aim of this thesis was to improve predictive maintenance and precautional maintenance. This thesis takes a look at different thermal imaging cameras, their techniques, and ways to take thermal pictures at the factory, and analyze them. Another goal of the thesis was to create a predictive maintenance work card for workers that would have all the necessary information, including parameters, alert temperatures, time schedule for taking the photos or inspecting, and settings for the thermal imaging camera. The thesis progressed by finding out the objects to be captured in photos by workers and supervisors. After that, the thermal imaging of these objects began by one object at a time. Objects that were not necessary or useful were left off the list, and the rest of the objects were pictured multiple times for the predictive maintenance worksheet. This thesis succeeded in finding defective parts and creating a good basis for monitoring these objects. Finally an Excel sheet was made for the predictive maintenance.

Keywords Thermal imaging camera, preventive maintenance, condition monitoring

Pages 38 pages and appendices 1 page

Käsitteet ja lyhenteet

Absorboida	Situa, pidättää tai imeä itseensä esim energiaa tai lämpöä
Emissiivisyyskerroin	Kohteen emissiivisyyden ilmoittava kerroin, tunnus epsilon ϵ
Ennakkohuolto	Ennakoivia huoltotoimenpiteitä aikataulutettuna
Infrapunasäteily	Sähkömagneettista säteilyä (näkyvä) (näkyvä)
Kunnossapito	Tuotannon koneiden ja laitteiden ylläpidolle termi
Kunnonvalvonta	Tärkeä osa kunnossapitoa, mittauksilla ja analyysillä koneen kunnon määrittäminen sen ollessa käynnissä
MAL	Maalipinnoituslinja
PELI	Peittäuslinja
Resoluutio	Pikselien kokonaismäärä eli kennon erottelutarkkuus, mitä suurempi resoluutio sen parempi kuva saadaan
SIN(1-3)	Sinkityslinja (1-3)
SEISAKKI	Määrämittainen pysäytys teollisuudessa, esim suunnitellulle huollolle
TAVA	Tandemvalssauslinja

Sisälllys

1	Johdanto	1
2	SSAB	2
2.1	Yrityksen toiminta ja historia	2
2.2	Hämeenlinnan yksikkö	2
3	Kunnossapito	4
4	Lämpökamera	6
4.1	Lämpökameroiden historia	6
4.2	Lämpökameran periaate	6
5	Tutkimuksessa käytetty lämpökameralaitteisto	8
6	Ennen kuvausta ja kuvatessa huomioitavia asioita	9
7	Kuvattavat kohteet terästehtaalla	10
7.1	Laakerit ja laakeripesät, sähkömoottorit, voimansiirto	10
7.2	Lauhteenpoistajat, lämmönvaihtimet ja höyry/nesteputket	17
7.3	Eristeet kriittisissä kohteissa, lämmitysuunit ja niiden kyljet	19
7.3.1	Lämmitysuunin kyljet sinkityslinja 3:lla	19
7.3.2	Maalipinnoituslinja 1:n vyöhykepuhaltimien eristeiden kunto ja laakerit	19
7.4	Hydrauliikka	22
8	Tutkimustulokset ja pohdinta	26
9	Johtopäätökset	28
	Lähteet	30

Liitteet

Liite 1: Ennakkohuoltotyön mallipohja

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena on lämpökameran käyttö ennakoivassa kunnonvalvonnassa. Työn tavoitteena on selvittää lämpökameran käytöstä saatavia hyötyjä tuotannon kunnossapitoon. Lämpökameran hyötyjen lisäksi on tarkoitus luoda ennakkohuoltotyölle pohja sisältäen kriittisiä kuvattavia kohteita ja näiden ennakkoarvoja. Työn tilaajana on SSAB Europe OY Hämeenlinnan tehdas. Lämpökameravälineistö on saadun tiedon mukaan ollut varsin vähäisellä käytöllä, joten tavoitteena on saada lämpökamerat aktiiviseen ja hyödylliseen käyttöön.

HAMK:ssa painotetaan kestävästä kehitystä ja vastuuta ympäristöstä. Opinnäytetyön aihe liittyy suoraan tähän painotukseen. Kestävässä kehityksessä teollisuudessa on tavoitteena ylläpitää nykyisiä tuotantolinjoja ja laitteita, siten ettei tulisi tarvetta vaihtaa niitä kokonaan uusiin. Lämpökamerakuvauksella pyritään ennakoivasti havaitsemaan viat, jolloin huolto tapahtuu ajoissa. Yritys välttyy ympäristöä kuormittavalta jätteeltä ja uusien laitteiden hankinnalta.

Opinnäytetyössä kerrotaan yleisesti kunnossapidon historiasta ja kunnossapitolajeista. Työssä käsitellään lyhyesti lämpökameran historiaa ja toimintaperiaatetta. Kerrotaan asiat, jotka pitää tietää ennen lämpökameralla kuvaamista, ja jotka ovat kriittisiä hyvien kuvien kannalta. Seuraavaksi kuvataan tarkemmin kuvauskohteet, käydään läpi mittaustuloksia ja havainnollistetaan niitä kuvilla. Työssä on myös tarkoituksena selvittää lämpökameralla saadut hyödyt työturvallisuuden kannalta. Työssä kerätyn pohjan perusteella pyritään luomaan perusteet ennakoivan huollon ja kunnossapitotoiminnan lämpökuvaukselle.

2 SSAB

2.1 Yrityksen toiminta ja historia

SSAB on alun perin ruotsalainen teräsyhtiö, joka toimii nykyään maailmanlaajuisella tasolla. Historia alkaa vuodesta 1878, kun Domarvets Jernverk aloitti toimintansa, teräsnauhan valmistus alkoi vuonna 1899. Itse SSAB konserni syntyi, kun kaksi ruotsalaista terästehdasta yhdistyivät 1978. SSAB:n vuosittainen terästuotannon kapasiteetti on noin 8,8 miljoonaa tonnia. Yrityksellä on 14 000 työntekijää 50 eri maassa. Viime vuoden (2021) liikevaihto oli 2,6 miljardia euroa. SSAB:lla on eri tuotannon osa-alueita, joihin kuuluvat SSAB Special Steels, SSAB Europe, SSAB America, Tibnor ja Ruukki Construction. SSAB otti tavoitteeksi tuoda fossiilivapaata terästä markkinoille vuodeksi 2026 ja itse yritys aikoo olla täysin fossiilivapaa vuoteen 2030 mennessä. (SSAB, n.d.)

2.2 Hämeenlinnan yksikkö

Hämeenlinnan tehdas aloitti tuottamaan kylmävalssattuja ja sinkittyjä ohutlevyteräksiä vuonna 1972. Heti seuraavana vuonna käynnistyi putkituotanto samalle tontille ja vuonna 1977 tuli lisäksi maalipinnoitettujen ohutlevyteräksien tuotantolinja. Hämeenlinnan tehtaalla työskentelee noin tuhat henkilöä ja koko tuotanto perustuu asiakastilauksiin. Raaka-aineet Hämeenlinnan tehtaalle tulevat Raahesta (kuumavalssatut kelat) ja Kokkolasta (sinkkiharkot). Tällä hetkellä yli 70 % Hämeenlinnassa tuotetuista tuotteista lähtee Pohjoismaihin ja ympäri Eurooppaa (kuva 1). (SSAB intra, n.d)

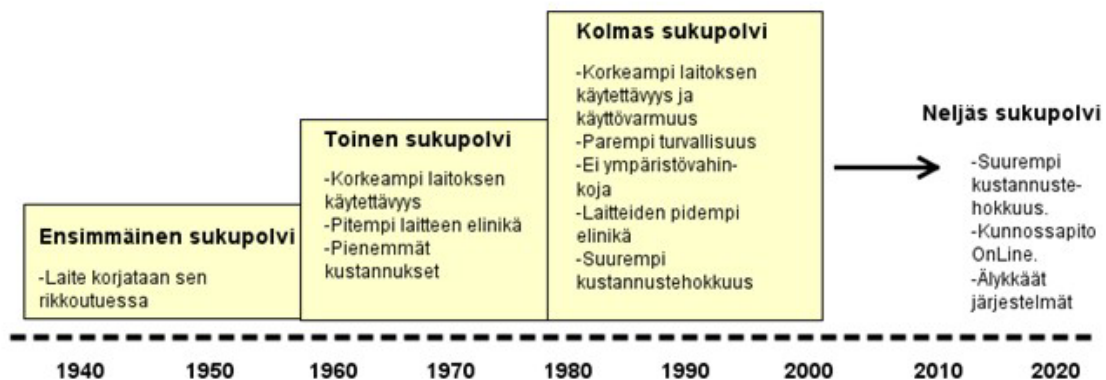
3 Kunnossapito

Hämeenlinnan SSAB:n kunnossapitopäällikkö Arne Vesanen tiivistää kunnossapidon määritelmän seuraavasti kirjoittamassaan kunnossapidon menettelyohjeessa:

”Kunnossapidon tavoitteena on pitää laitteisto niin hyvässä kunnossa, että asetetut tuotannon laatu- ja määrätavoitteet saavutetaan.”. (SSAB intra, n.d)

Kunnossapidon tehtävänä on kehittää laitteiston toimintavarmuutta ja käytettävyyttä. Kunnossapitoa alettiin virallisesti käyttämään vuodesta 1940 eteenpäin, jolloin termi teollisesta kunnossapidosta syntyi. Aluksi kunnossapito merkitsi vain laitteen korjaamista sen rikkoutuessa, mutta vuodesta 1960 alkaen oli jo parempi teknologia ja käytettävyyssaste, joten myös tarve käytettävyydelle kasvoi. Kunnossapidon kehityksessä ollaan menossa jo neljännessä sukupolvessa kehityksen suhteen (kuva 3). (Takala. M, 2016)

Kuva 3. Kunnossapidon kehitys



Kunnossapito voidaan jakaa karkeasti kahteen luokkaan, joita ovat suunniteltu kunnossapito ja häiriökorjaus. Suunniteltu kunnossapito sisältää kolme eri kunnossapitolajia:

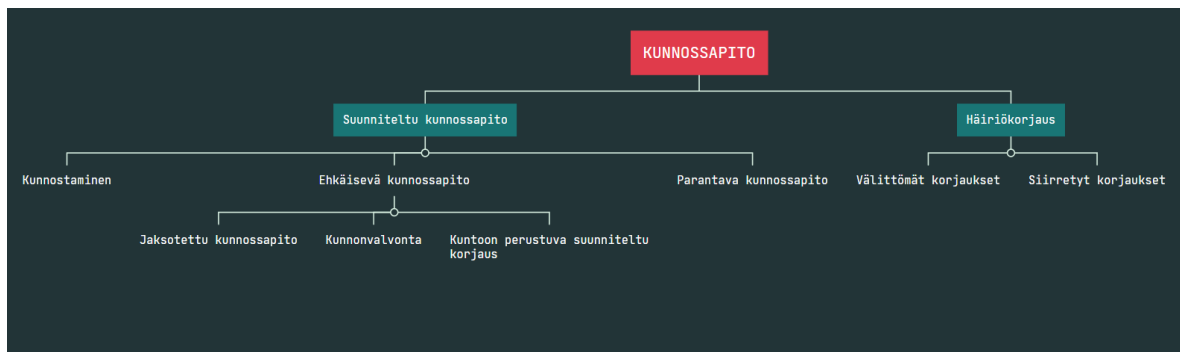
kunnostaminen, ehkäisevä ja parantava kunnossapito. Ehkäisevään kunnossapitoon sisältyy jaksoitettu kunnossapito, kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu korjaus.

Häiriökorjaus sisältää välittömiä ja siirrettyjä korjauksia. Kunnossapitolajit jaetaan ennen

vikaa tehtäviin ja vikaantumisen tapahduttua toteutettaviin toimenpiteisiin (kuva 4). Kunnossapidosta on olemassa SFS-EN 13306 standardi, jossa määritellään yleistason termejä. (Sjöblom, 2017, ss. 7, 9, 10, 12)

Kunnonvalvonta, johon opinnäytetyössäni lämpökameran käyttötapa perustuu, tarkoittaa kohteen toiminnan tarkkailua ja mittaamista määrääjain. Kunnonvalvonnassa tavoitteena on havaita alkava vikaantuminen ja näin ennakoida vian korjaaminen ja tarvittavat huoltotoimenpiteet ennen kuin tuleva vika estää kohteen haluttujen toimintojen toteutumisen. (Aalto. H, 1994, 2.1)

Kuva 4. Kunnossapitolajit



4 Lämpökamera

4.1 Lämpökameroiden historia

Lämpökameralla kuvattavat infrapuna-aallonpituudet ovat näkyvän spektrin ulkopuolella. Tästä havainnon teki vuonna 1800 tähtitieteilijä Sir William Herschel, kun hän yritti kehittää suodatinta vähentääkseen auringon häikäisyä teleskoopin läpi aurinkoa tarkkaillessaan. Hän käytti punaista suodatinta ja ohjasi auringonvalon suoraan prisman läpi pitäen lämpömittaria aivan näkyvän spektrin punaisen pään takana.

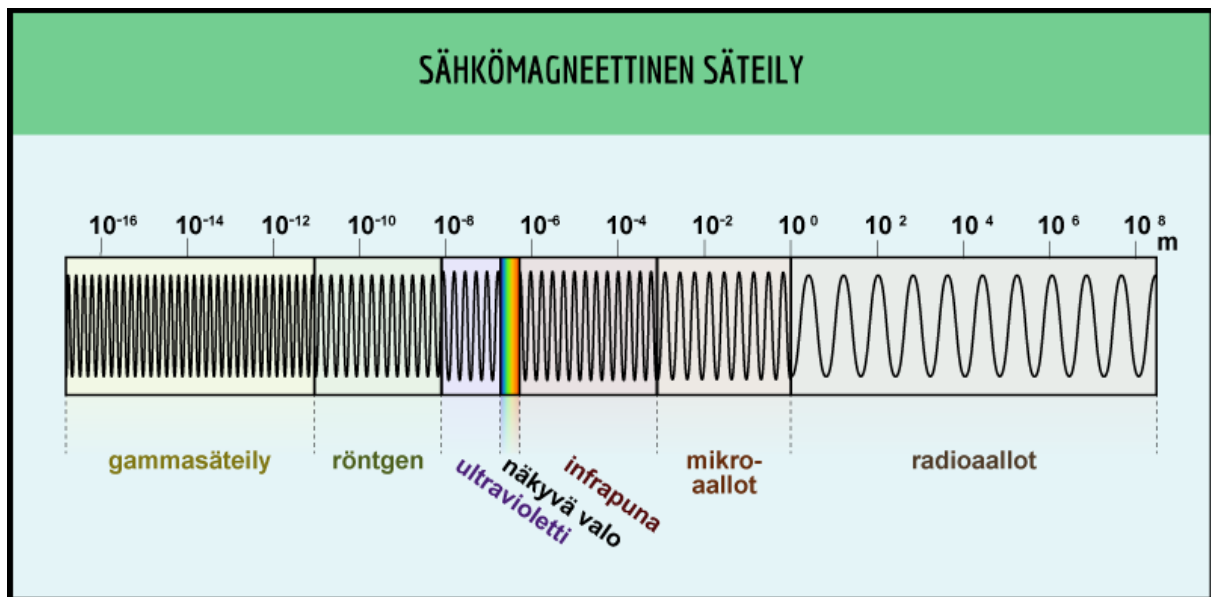
Kun lämpömittari rekisteröikin lämpötilan, joka oli suurempi kuin ympäröivä ilma spektrissä, hän tuli johtopäätökseen, että on olemassa toinen valon muoto, jota ei nähdä silmin. Tätä keksintöä kutsutaan termometriseksi spektriksi. Ensimmäinen lämpökamera rakennettiin vuonna 1929 Iso-Britannian armeijan ilmatorjuntaoperaatioita varten ensimmäisen maailmansodan jälkeen. (Speedir, 2020)

4.2 Lämpökameran periaate

Kaikki kappaleet ja kohteet, joiden lämpötila on yli absoluuttisen nollapisteen, lähettävät lämpö(infrapuna)säteilyä. Lämpösäteily on sähkömagneettista säteilyä (kuva 5).

Lämpösäteily on näkymätöntä. Infrapuna jaetaan vielä neljään kapeampaan osuuteen, jotka ovat lähi-infrapuna (0,75 — 3 μm), keski-infrapunakaista (3-6 μm), pitkäaaltokaista (6-15 μm) ja ääri-infrapunakaista (15-100 μm). (Infradex, 2003)

Kuva 5. Sähkömagneettisen säteilyn spektri



Lämpökamera toimii lämpösäteilyn vastaanottimena. Hautala (2016, s. 178) tiivistää lämpökameran periaatteen seuraavasti: ”Lämpökameralla voidaan mitata kuvauskohteen pinnan lämpötilaa pinnan lähettämän lämpösäteilyn perusteella. Pinnan lähettämät lämpösäteet ohjataan kameran optiikan kautta kameran ilmaisimelle, jonka mittaama lämpötilajakauma muutetaan värijakaumaksi ja esitetään reaaliajassa kuvaruudulla.”.

Kun mittaava lämpökamera vastaanottaa lämpösäteilyä, kamera mittaa sen voimakkuuden ja muuntaa sen lämpötilajakauman mukaisesti kuvaksi. Lämpökameralla voidaan ottaa still-kuvia tai videota sekä tutkia reaaliajassa kohdetta, mutta nämä toiminnot vaihtelevat malleittain. Parhaimmissa lämpökameroissa lämpötilan erotuskyky on jopa 0.02 astetta. (Paloniitty ym., 2016, ss.16, 17, 18)

Lämpökamerat jaetaan kahteen eri tyyppiin: mittaavat ja ei-mittaavat. Mittaavilla lämpökameroilla on laaja-alaisempi käyttöaste. Ei-mittaavia lämpökameroita käytetään vain etsintä- ja valvontalaitteina. Lämpökameroissa eroina ovat myös infrapunakaistan aaltoalueet, lyhytaaltoiset ja pitkäaaltoiset. Lyhytaaltoiset lämpökamerat sopivat paremmin matalille lämpötiloille. Pitkäaaltoisilla lämpökameroilla voidaan mitata paljon laajemmin lämpösäteilyenergiaa. (Infradex, n.d)

Lämpökamerassa asetettavalle emissiivisyydelle on eri materiaaleille esiasetettuja arvoja. Emissiivisyys tarkoittaa kuvattavan pinnan kykyä lähettää lämpösäteilyä. Emissiivisyyden perusteella tiedetään, kuinka suuri osa kappaleelta lähtevästä energiasta on kappaleen pinnasta lähtevää omaa energiaa. Emissiokerroin on määritelty välillä 0-1, usein desimaalilukuna.

Stefan Boltzmannin vakiolla ja Kirchhoffin kaavalla emissiivisyys olisi laskettavissa, mutta tässä tilanteessa tulisi tietää tarkkaan kohteen lämpötila, jotta saisi vastaavan emissiivisyyskerroin arvon. Helpoin keino on vain verrata kaavakirjassa olevia emissiivisyyskertoimia kamerassa oleviin esiasetuksiin eri materiaaleille. (Ceramicx, n.d)

5 Tutkimuksessa käytetty lämpökameralaitteisto

Käyttöön saatu lämpökamera oli SSAB:n Hämeenlinnan tehtaan varastosta Fluken valmistama lämpökamera mallia Ti200 (kuva 6). Kyseinen kamera on vanhempaa mallia (2013), mutta perustoiminnot löytyvät, joten sillä saadaan tutkimustyö tehtyä. Käyttämässäni Fluken lämpökamerassa on Ti-mallisarjan kapeammat ominaisuudet kuvien muokkauksen kannalta. Käyttämässäni lämpökameramallissa on nykyisiin markkinoilla oleviin kameroihin verraten hieman pienempi resoluutio eli ilmaisimen erottelukyky. Resoluution ei kuitenkaan pitäisi vaikuttaa itse kuvaamiseen, mahdollisesti vain kuvien selkeyteen. Fluken resoluutio on 200x150. Erottelutarkkuus on ilmaistuna pikselien määrä vaakasuunnassa kerrottuna pikselien määrällä pystysuunnassa. (Fluke, 2013) Fluken lämpökamera mittaa pitkiä aaltopituuksia välillä 7,5–14 μm . (Fluke, n.d)

Pyrin selvittämään, kannattaako tehdä investointeja saadun hyödyn perusteella nykyaikaisempaan laitteeseen. Tähän mennessä tehtaalla lämpökameraa on käytetty vähän, lähinnä sähkömiesten toimesta tutkittu mm. releitä ja sähkökaappeja.

Kuva 6. Fluke Ti200



6 Ennen kuvausta ja kuvatessa huomioitavia asioita

Ennen kuvaamista lämpökameran pitää antaa käynnistyä eli ”lämmetä” rauhassa. Kameran käynnistymisaika vaihtelee eri mallin ja ympäristöolosuhteiden mukaan, mutta yleensä muutamasta minuutista kymmeneen minuuttiin. Jos lämpökamera viedään lämpötilaltaan hyvin erilaiseen ympäristöön, täytyy varautua vielä pidempään sopeutumisaikaan, jotta saadaan tarkkoja mittatuloksia. Lämpökameran tarkennus kuvatessa on tärkeää, koska jos tarkennus on yhtään pielessä, lämpökuva on sumea ja radiometriset tiedot eivät vastaa todellisuutta. (Fluke, 2013)

On myös huomioitava manuaalisen tarkennuksen tarve joissain kohteissa, missä automatiikka ei osaa tarkentaa hyvin. Lämpökameralla kuvatessa täytyy ottaa huomioon ympäristön tuoma lämpösäteily ja sen mahdollinen haitta oikealle mittaustulokselle. Lämpökameralla kuvattaessa on vältettävä hyvin kiiltäviä kohteita, sillä niiden emissiivisyyskyky on pieni, jolloin mittaustulokset eivät vastaa todellisuutta lainkaan.

Kuvatessa pidemmällä aikavälillä kuvattavien kohteiden määrä vähenee, kun huomataan mistä on hyvä ja järkevä ottaa lämpökuvia ja mistä ei ole hyötyä jatkaa säännöllistä kuvaamista. Tämä tosin vaatii lämpökameroihin perehtyneen henkilön työpaikalle, joka toteuttaa näitä ja kouluttaa tarvittaessa muita työntekijöitäkin. (Varrio. J, 1995, s.5)

Vain yksi lämpökuva ei riitä, vaan on mitattava useamman kerran toimiva laitteisto tai kohde ja siitä määriteltävä arvot myöhempiä mittauksia varten. Ilman näitä lähtöarvoja on hankala selvittää esimerkiksi laakerin tai lauhteenpoistimen tarkkaa kuntoa lämpötilan perusteella. Lisäksi on mitattava tai löydettävä viallinen kohde, jotta saadaan luotua ns. hälytysraja mittauksia tekeväälle henkilölle. (Varrio. J, henkilökohtainen tiedonanto,10.10.2022)

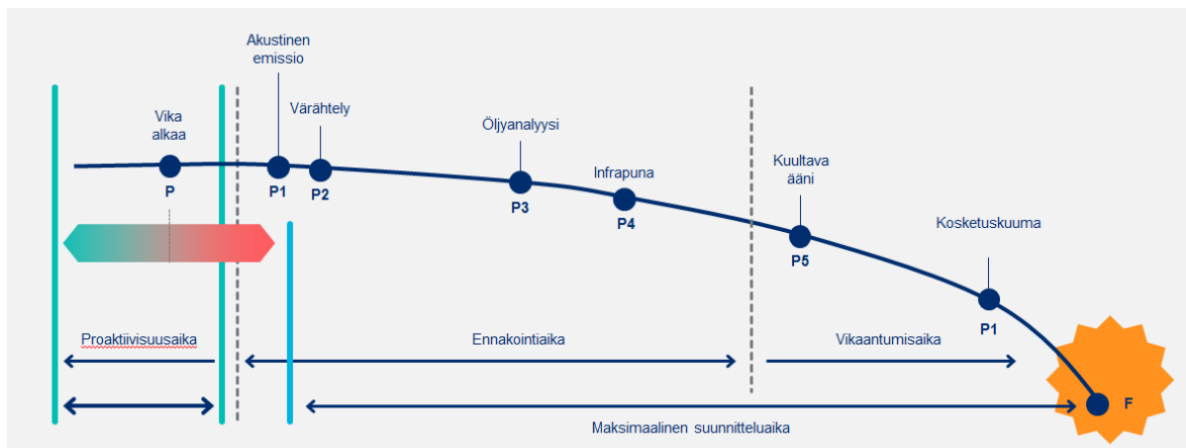
Fluken lämpökameraa käyttäessä kuvattava materiaali tulee olla tiedossa. Emissiokerroin täytyy valita oikein. Kameran asetuksissa on esiasetettuja kertoimia, jotka saattavat antaa hyviä mittaustuloksia riippuen emissiokertoimen toleranssista. Käyttämäni lämpökamera on hidas tarkentamaan ja siinä pitää olla tarkkaan määriteltynä mittauspiste/alue. Kuvattavan kohteen säteilevän energian määrä määrittyy sen pinnan todellisesta lämpötilasta ja kappaleen emissiokyvystä.

7 Kuvattavat kohteet terästehtaalla

7.1 Laakerit ja laakeripesät, sähkömoottorit, voimansiirto

Laakereiden seurannassa tulee huomioida se, että laakerin vikaantumisen alkaessa ensimmäinen havaittava asia ei ole lämpökameralla nähtävissä (kuva 7). Joissain tapauksissa tärkeän laakerin ollessa hankalassa kohteessa on parempi asentaa kohteeseen kiinteästi lämpötilaa mittaava anturi, josta tulee jatkuva signaali. Toinen vaihtoehto on asentaa kiinteästi lämpökamera, mutta tällainen on melko kallista ja harkittava kohteen tärkeyden perusteella.

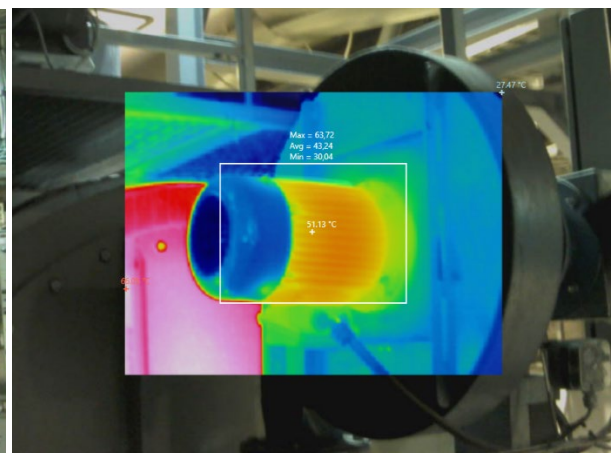
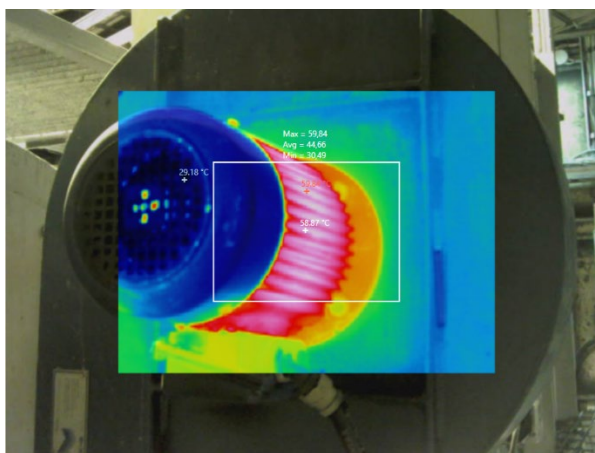
Kuva 7. Vikaantumisen käyrä



Maalipinnoituslinjalta kuvamateriaalia kerättiin eristeistä ja lisäksi muutamasta sähkömoottorista esimerkkinä kuvat 8 ja 9. Kuvissa ylemmällä tasolla oleva sähkömoottori on kuumempi, vaikka siinä ei ole mitään vikaa (kuva 8). Sähkömoottorin pintalämpötila johtuu ympäriltä tulevasta lämpösäteilystä.

Kuva 8. Ylemmän tason sähkömoottori

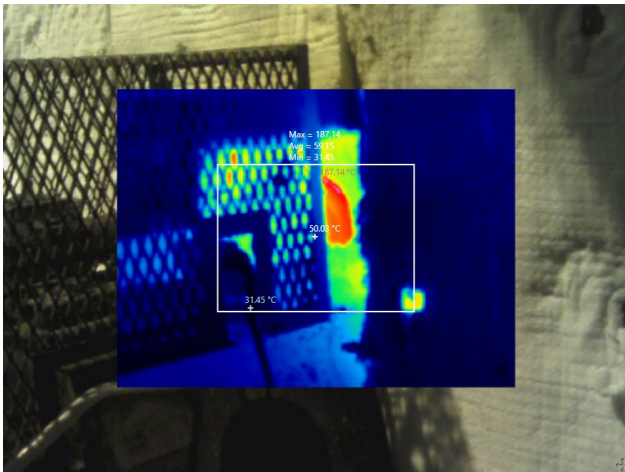
Kuva 9. Alempi sähkömoottori



Maalipinnoituslinjalla oli tavoitteena myös selvittää, voidaanko vyöhykepuhaltimien laakerien kuntoa seurata lämpökameralla. Tutkimusta tehdessä kävi ilmi, että laakerien

ympäriällä olevien suojat tulisi poistaa, jotta kamera tarkentaisi laakereihin. Suojien poistaminen olisi mahdollinen työturvallisuusriski, eikä sitä kannattaisi tehdä laakerien seurannan takia. Seuraavassa kuvassa (kuva 10) kuumin kohta on suojan sivusta näkyvä akseli.

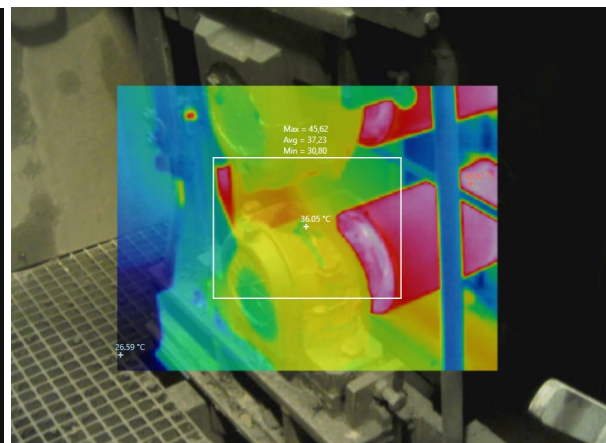
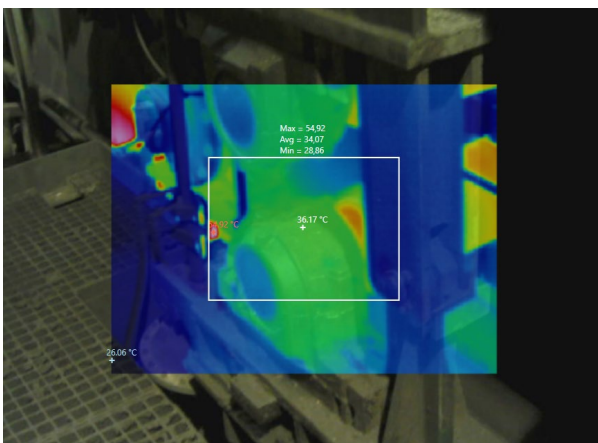
Kuva 10. Vyöhykepuhallin sivusta kuvattuna



Peittauslinjoilla sijaitsevilla happoteloissa on SKF:n valmistamat pukkilaakerit, jotka ovat rasvattavia malleja. Kuvissa 11 ja 12 on linjan ollessa seisokissa lähtötasomittauksia laakereista.

Kuva 11. Laakeripesät

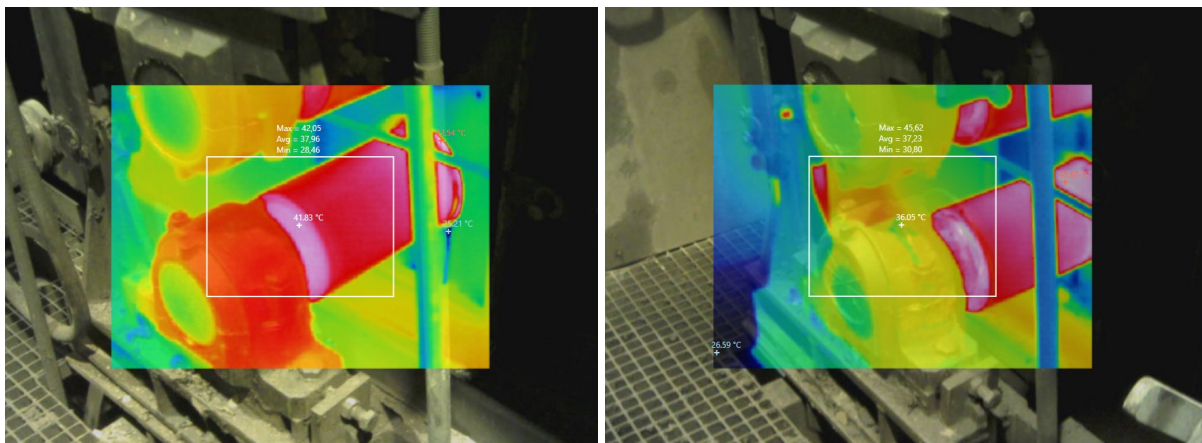
Kuva 12. Viereiset laakeripesät



Peittauslinjan happotelat linjan ollessa tuotannossa. Lämmöt normaalit ja happouunin tuoma lämpösäteily vaikuttaa lievästi myös laakereiden lämpöihin. Laakereissa ennen lämpökameralla havaittavaa kuumentumista on ensin korvakuulolla huomattava ääni ja värähtelymittauksilla todettava vaihteleva käyrä. Kuvissa 13 ja 14 huomataan pieni lämpötilaero aikaisempiin kuviin. Peittauslinjan happotelojen laakerit otettiin ennakkohuoltolistalle seurattavaksi kohteeksi.

Kuva 13. Laakeripesä ja tela yhtä kuumat

Kuva 14. Tela kuumempi kuin laakeripesä

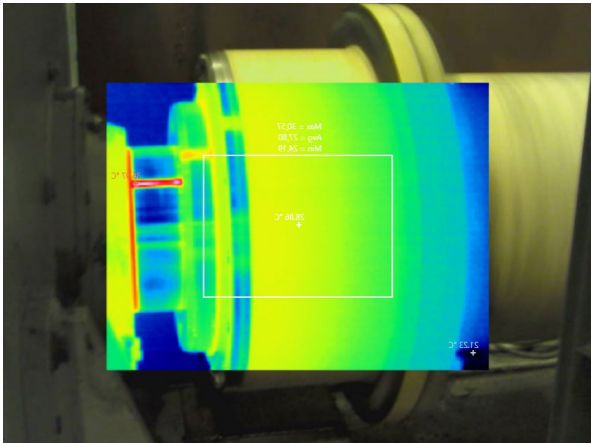


Tandemvalssaus-linjastolla oli tavoitteena selvittää päämoottorien, tuki- ja työvalssien laakereiden valvonta ja mahdollinen vianselvitys. Päämoottorit kuvattiin linjan ollessa pysäkössä ja ajon aikana.

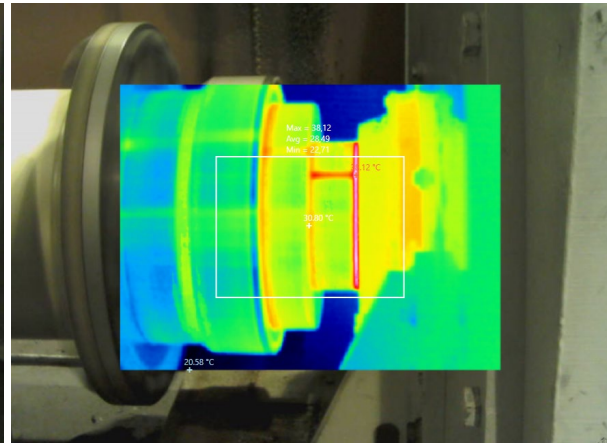
Tuki- ja työvalsseja oli hankala kuvata, koska joko hyvän kuvan saamiseksi piti mennä vaarallisiin paikkoihin tai linjasta lähtevä öljysumu ja muu lika aiheutti lähes mahdottomaksi saada kohdistettua kameraa hyvin.

Kuvat noin puoli tuntia tandemvalssauksen käyntiin lähdön jälkeen (kuva 15 ja 16). Pyöriviin akseleihin oli hankala saada tarkennettua ja yleisesti ei ollut merkittäviä lämpöeroja huomattavissa. Tämän kohteen ennakoiva kuvaus ei ole todennäköisesti hyödyllistä, ellei ole jotain suurta kitkaa tai pultit löysällä. Tandemvalssauksen ja voimansiirron kohteet suljettiin pois niiden kuvista saatavan vähäisen hyödyn takia.

Kuva 15. Tandemvalssin voimansiirto

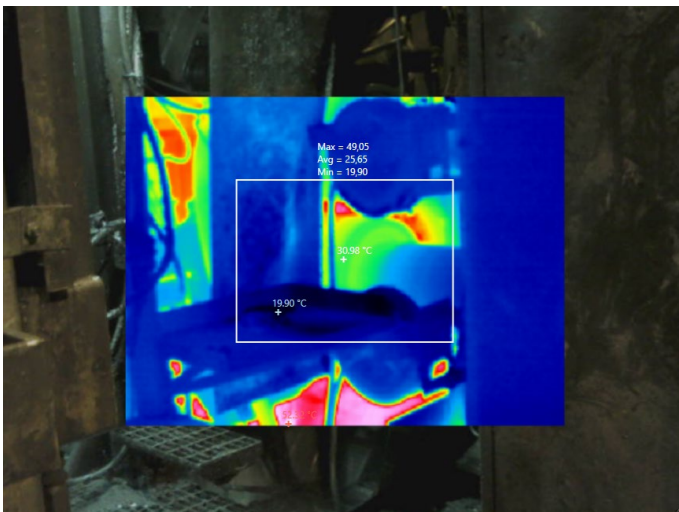


Kuva 16. Voimansiirto toisesta suunnasta



Tuki- ja työvalssit olivat hankalia kohteita kuvata, koska joko työturvallisuuden takia ei päässyt lähemmäksi kuvaamaan tai öljysumu häytti kameran tarkennusta (kuva 17). Lisäksi kohteessa olevat jäähdytysvedet ja kohteen edessä olevat suojat estivät kuvaamista tarkemmin. Tämä kohde suljettiin kuvauksen hankaluuden takia seurannasta pois, vain akuuteissa tilanteissa voidaan yrittää mitata lämpöjä.

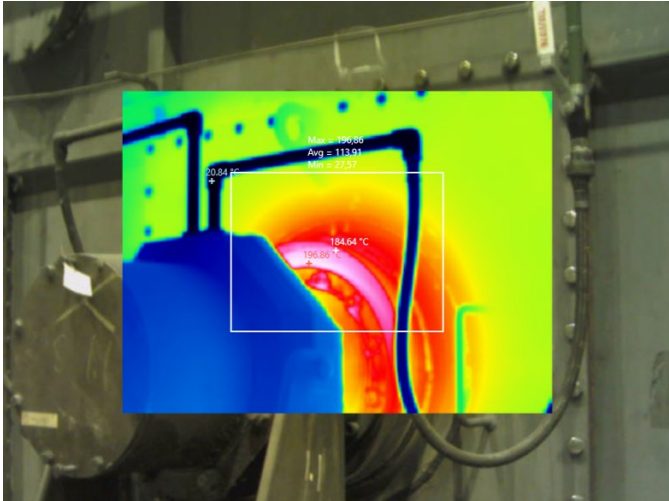
Kuva 17. Tukivalssien hoitopuoli



Kolmannella eli uusimmalla sinkkipinnoituslinjalla kuvauskohteena oli uunitelojen laakerit ja näiden jäähdytyskierto. Lämpökamera on hyvä ja nopea työkalu näiden jäähdytyskiertojen tarkistamiseen, sillä sen avulla huomataan heti mahdolliset tukokset putkistoissa.

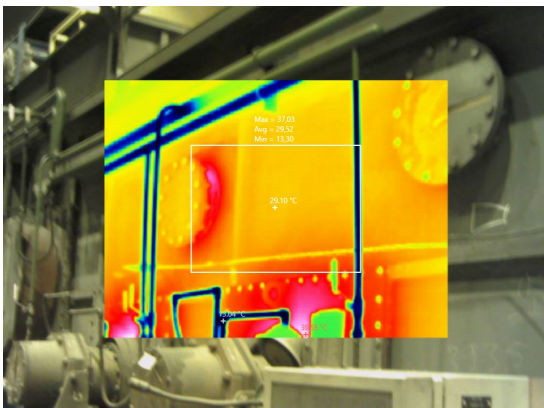
Kuvassa 18 näemme uunitelan käyttöpuolella sijaitsevan laakeripesän ja siihen menevät jäähdytyskiertoputket. Kuuma kohta on uunitelan kiinnityskohdassa normaalia johtuen esilämmitysruunissa olevista lämpötiloista

Kuva 18. Uunitela SIN3



Kuvassa 19 näkyy yleisesti uuniteloille meneviä jäähdytysputkia. Kaikki putket näyttävät olevan lämpökuvan perusteella toimivia ja ehjiä silmämääräisesti.

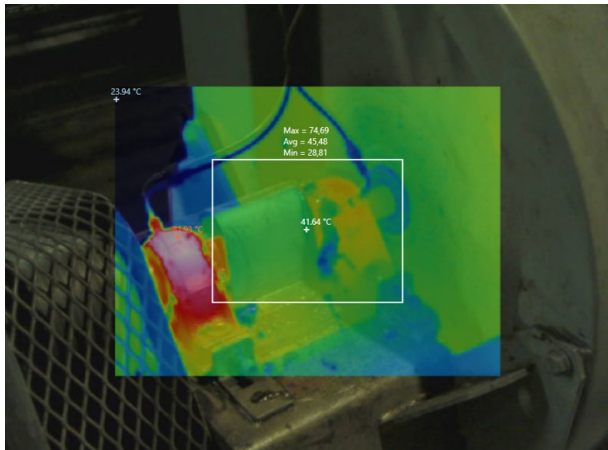
Kuva 19. SIN3 Jäähdytyskiertoputket



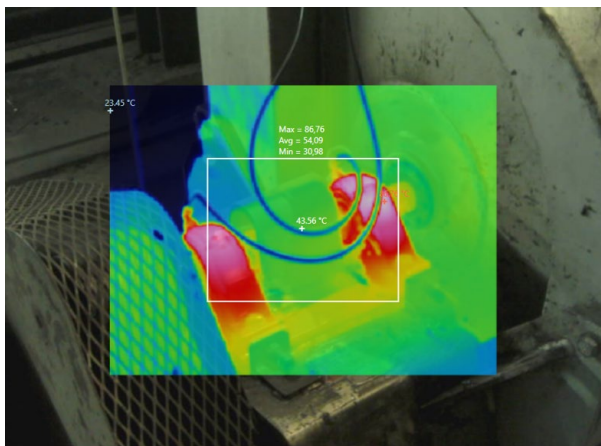
Ensimmäisellä sinkityslinjalla kuvattiin lämmitysruunin alla olevat polttoilmapuhaltimet 2–4. Polttoilmapuhaltimissa on SKF:n valmistamat automaattiset voitelujärjestelmät. Yksi niistä oli mahdollisesti viallinen, koska kuvatussa huomattiin kahden polttoilmapuhaltimen laakerin olleen muita hieman kuumempi kuvissa 20 ja 21. Ensimmäinen neljästä puhaltimesta ei ollut

käynnissä, mutta muut olivat pyörineet jo useita tunteja. Ollessani kuvaamassa sattui yksi työntekijöistä kokeilemaan kädellä laakerin pintaa ja nopealla liikkeellä sen siitä kovan kuumuuden takia otti pois, tällä kertaa palovammoilta vältyttiin. Tässä huomattiin jälleen lämpökameralla saatu hyöty työturvallisuuden kannalta. Laakerit lisättiin myös ennakkohuoltolistalle yleisesti seurattavaksi kohteeksi.

Kuva 20. Rasvauksen puutteen takia mahdollisesti vikaantuva laakeri puhaltimella 4



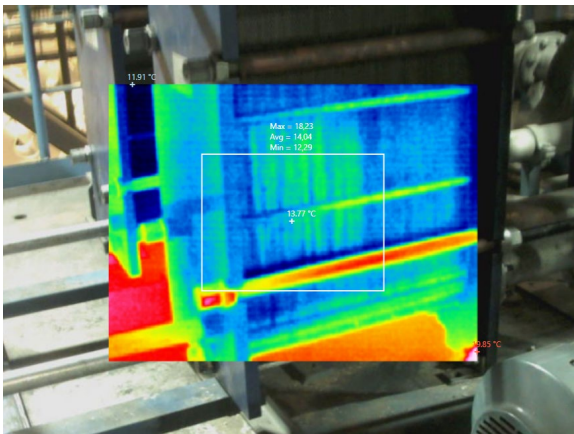
Kuva 21. Laakeripesät puhaltimella 2 vertailuksi



7.2 Lauhteenpoistajat, lämmönvaihtimet ja höyry-/nesteputket

Sinkityslinjoilla olevissa lämmönvaihtimissa oli tarkoituksena selvittää lämpökuvauksen avulla mahdolliset huoltotarpeet. Kuvissa lämmönvaihtimet linjan ollessa seisokissa. Lähtölämmöt olivat normaalit ja alhaiset. Lämmönvaihtimet olivat hankalia kohteita saada tarkennettua kuvia selkeiksi (kuva 22).

Kuva 22. Sinkityslinjan lämmönvaihdin



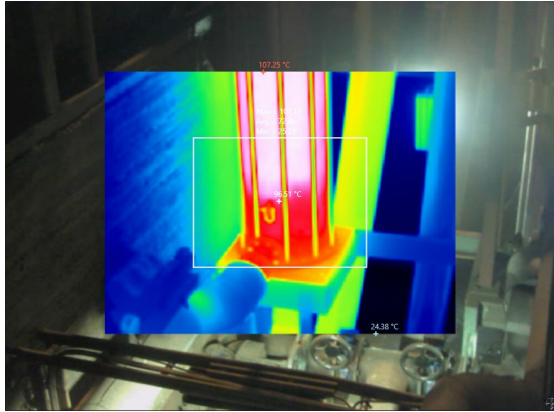
Lämmönvaihtimet kuvattiin myös linjan ollessa tuotannossa, kuvissa ei havaittu mitään poikkeavaa ja lämmönvaihtimet vaikuttivat toimivan oikein. Lämmönvaihtimien ritiläinen pinta vaikeutti taas lämpökameran tarkentamista, saatiin pääpiirteisiä kuvia, mutta tarkkoja ei saatu otettua. Sinkityslinjojen lämmönvaihtimet suljettiin pois seurantalialta.

Peittauslinjastolla olevat happolämmönvaihtimet ja niiden höyryjärjestelmän toiminnan tarkastelu oli yhtenä kohteena. Lämmönvaihdin eli lämmönsiirrin siirtää lämpöenergiaa lämmitys- tai jäähdyttämistarkoitukseen eri lämpötilassa olevien nesteiden välillä. (KL-Lämpö, n.d)

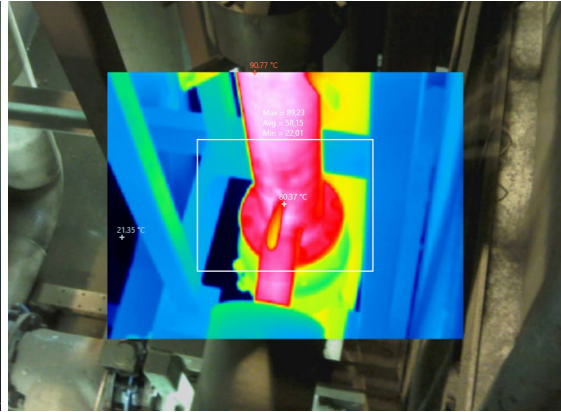
Alkukuvissa linja oli lyhyessä seisokissa, joten kuvien tarkoituksena toimia vertailukohtana linjan käymisen aikaisiin lämpötiloihin. Saadun tiedon mukaan sinisen värinen happolämmönvaihdin oli uusittu tänä vuonna ja punainen oli osittain tukossa. Linjan ollessa otettiin myös kuvat ja lämpötilat vertailun vuoksi. Järjestyksessä kuvattuna linjan

käydessä vanha lämmönvaihdin (kuva 23), eri mallinen lämmönvaihdin (kuva 24) ja uusi (kuva 25).

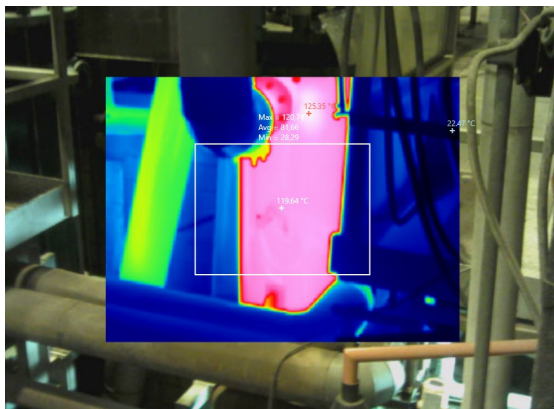
Kuva 23. Tukkoinen lämmönvaihdin



Kuva 24. Eri mallinen lämmönvaihdin



Kuva 25. Uusi lämmönvaihdin



Uudempi lämmönvaihdin käy ajon aikana lievästi kuumempina kuin vanhempi. Maksimi lämmöt ovat 13 astetta enemmän ja keskiarvolta 10 astetta enemmän johtuen erilaisesta materiaalista lämmönvaihtimessa. Lämmönvaihtimia ei otettu vielä ennakkohuoltoseurannan listalle, koska niiden kuvaustekniikkaan ja vian löytämiseen täytyy perehtyä tarkemmin saadakseen hyötyä.

7.3 Eristeet kriittisissä kohteissa, lämmitysuunit ja niiden kyljet

7.3.1 Lämmitysuunin kyljet sinkityslinja 3:lla

Yhdeksi kohteeksi valittiin lämmitysuunin kyljet sinkkipinnoituslinjalla. Uunin kylkiä kuvattiin, mutta ympäriltä tulevien lämpösäteilyjen takia ei saatu järkeviä kuvia aikaan. Sinkitysuunin kylkiä on parempi seurata pintalämpömittareilla ja kunnonvalvontakierroksilla silmämääräisesti.

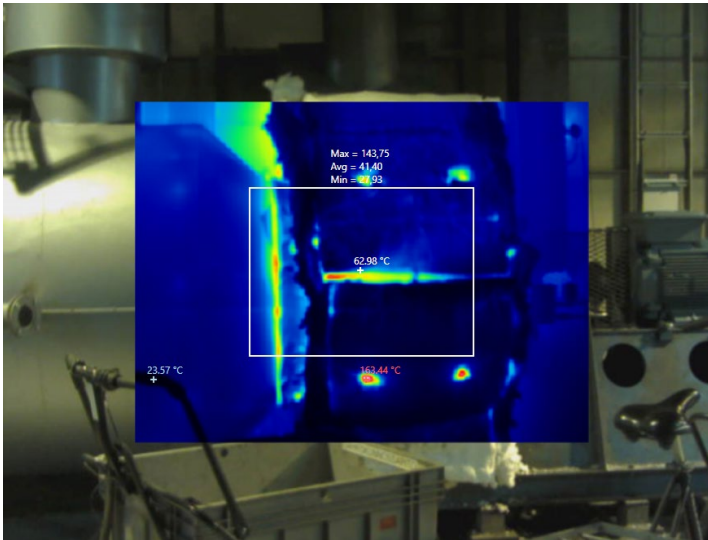
7.3.2 Maalipinnoituslinja 1:n vyöhykepuhaltimien eristeiden kunto ja laakerit

Maalipinnoituslinjalla toimii kahdessa tasossa vyöhykepuhaltimia eli kiertopuhaltimia. Näitä puhaltimia on yhteensä 11. Maatasolla on viisi puhallinta pintamaaliuunia varten. Ylemmässä tasossa on neljä puhallinta pohjamaaliuunille. Näillä kiertopuhaltimilla ohjataan kuumaa ilmaa jälkipolttimelta uunin sisälle. Joka vyöhykkeellä on oma kiertopuhallin ja joka puhaltimella oma maakaasupoltin, jolla saadaan tarvittaessa lisää lämpöä.

Maalipinnoituslinjalla tapahtui vuoden 2022 kesän aikana tulipalo, jossa yhden vyöhykepuhaltimen eristeet syttyivät palamaan. Eristeiden kuntoa on tärkeää tarkkailla, niiden on oltava kunnossa. Otetuissa lämpökuvissa käy ilmi pieniä lämpövuotoja vyöhykepuhaltimien rungoissa ja eristeissä. Eristeitä ja puhaltimien runkoja kuvattaessa käytin emissiokerroita 0.9.

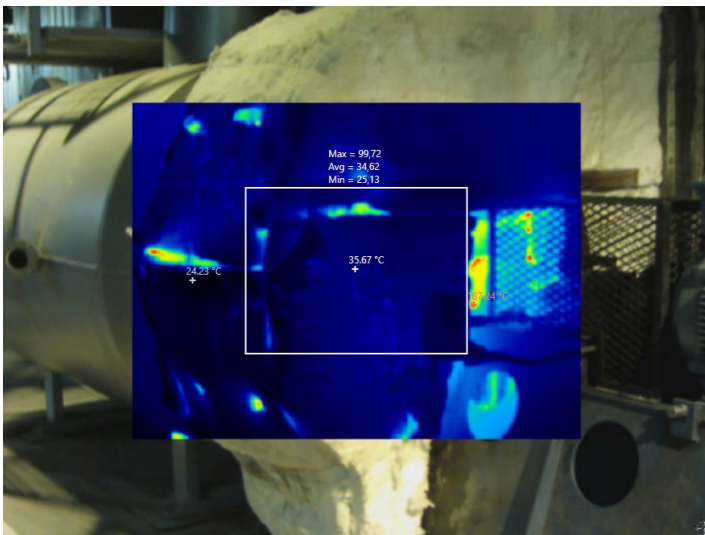
Alla olevassa kuvassa (kuva 26) on hyväkuntoinen eristys, vain kuumat pisteet metallisissa kannakkeissa, mutta muuten hyvin tasainen lämpö. Lämpötila oli maksimissaan metallisissa kiinnikkeissä 170 celsiusastetta ja muutoin eristeen pinnassa keskiarvolta 39 celsiusastetta.

Kuva 26. Vyöhykepuhallin



Seuraavassa kuvassa (kuva 27) toinen esimerkki hyväkuntoisista eristevilloista. Kuvassa näkyvä kuuma piste vasemmalla on eristeiden välissä oleva metallilevyn palanen, joka on kiinnitetty puhaltimen runkoon. Oikealla on puhallinta pyörittävä sähkömoottorin akseli, joka on kunnossa, mutta hohkaa hieman lämpöä.

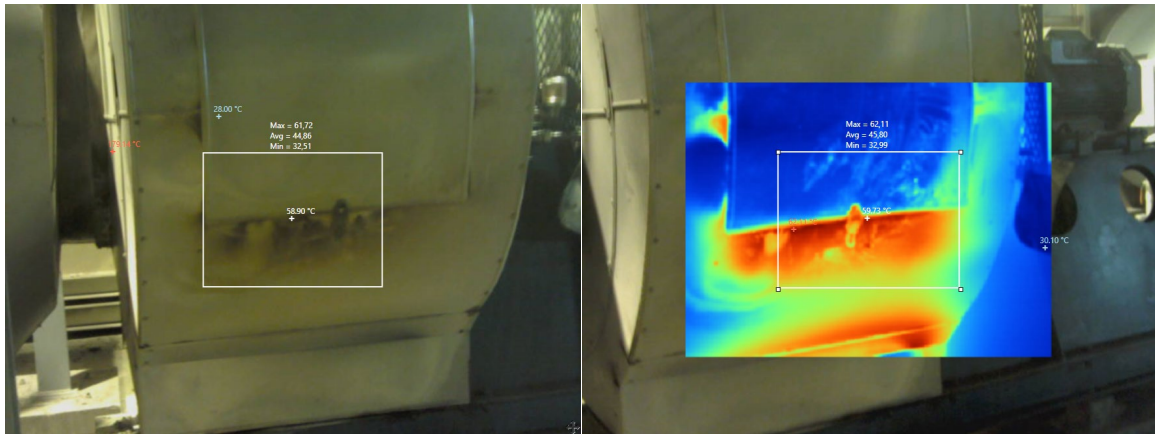
Kuva 27. Vyöhykepuhallin sivusta kuvattuna



Ylätason vyöhykepuhaltimen luukun kohdalla oli havaittavissa hieman likaa (kuva 28 ja 29). Mitatessani lämpöä siitä on havaittavissa selkeää lämpövuotoa, eli joko luukku ei pysy tarpeeksi tasaisesti kiinni tai eristeissä on lievää kulumaa. Tosin lämpövuoto oli melko minimaalista, mutta verraten muihin puhaltimien luukkuihin eroa oli 10–15 celsiusastetta.

Kuva 28. Näkyvän valon kuva

Kuva 29. Lämpökuva puhaltimen takaa



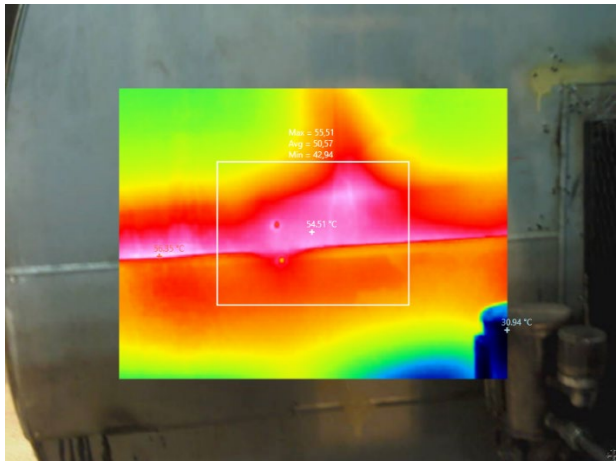
Tässä kuvassa vyöhykepuhallin, jonka ympäriltä on purettu peltikuoret pois. Kuoret ovat purettu huoltotoimenpiteiden takia pois ja muuten ovat kiinnitettynä. Oikealla näkyy myös laakeripesä kehikon takana, johon viittasin aiemmin vaikeasti kuvattavaksi (kuva 30). Helpoin tapa seurata olisi laserlämpömittari tai kosketuskynä, sekä kuulo.

Kuva 30. Näkyvän valon kuva vyöhykepuhaltimesta



Eristeiden tiiveydessä oli havaittavia pieniä mahdollisia lämpövuotoja. Mitä tiukemmin eristeet saa asennettua, sen paremmin lämpö pysyy tallessa ja jakautuu tasaisemmin. Seuraavassa kuvassa on mahdollisesti eristeiden liitoskohta, joka ei ole tarpeeksi tiivis verraten muihin puhaltimiin, joista kuvasin saman kohdan (kuva 31).

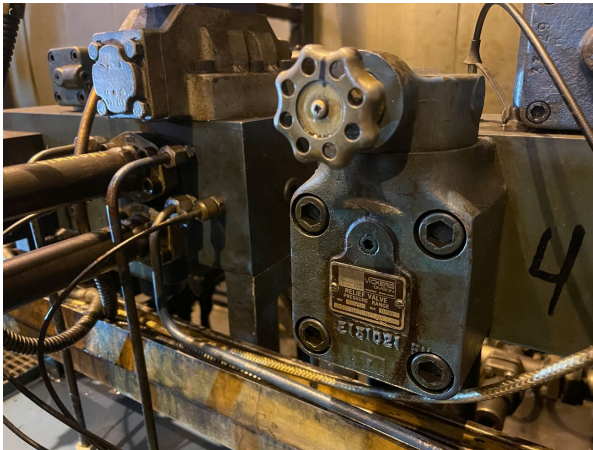
Kuva 31. Vyöhykepuhaltimen pintapelti



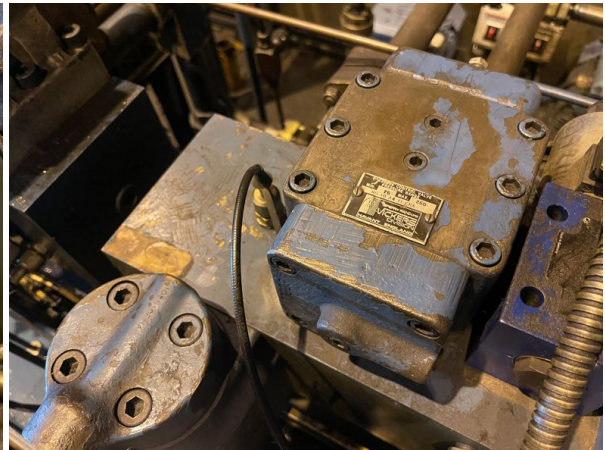
7.4 Hydrauliiikka

Sinkityslinjoilla 1 ja 2 oli tavoitteena selvittää mahdollisia ongelmakohteita hydrauliiikassa ja yleisesti mahdollisia läpivuotoja venttiileissä tai sylintereissä. Kuvasin sinkityslinja 1:n loppupäässä sijaitsevan hydrauliiikkayksikön, josta oli saatu ennakkotieto, että siellä on yksi kolmesta epäilystä venttiilistä vähintään viallinen. Korvakuulolla oli hankala saada selvää muun melun takia tarkkaan. Seuraavaksi kuvattuna näkyvän valon kuvina (kuva 32 ja 33) Vickersin valmistamat venttiilit.

Kuva 32. Paineen vapautusventtiili



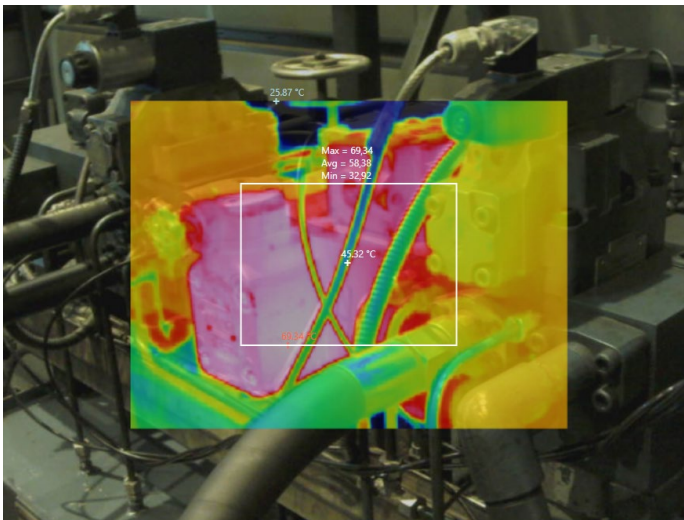
Kuva 33. Paineenhallinta venttiili



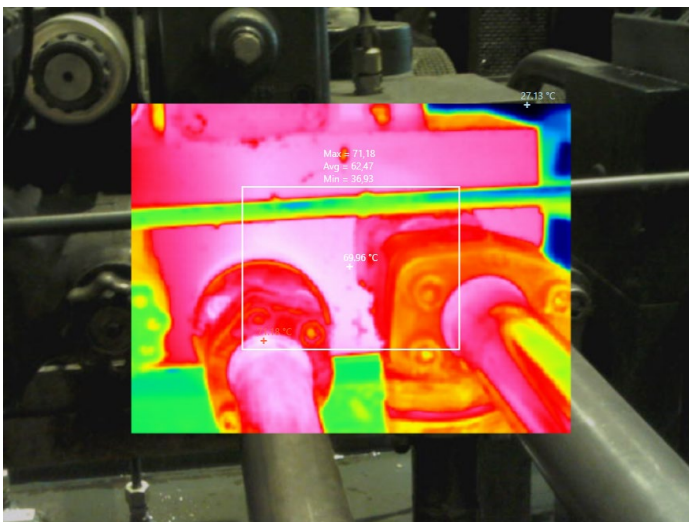
Käsillä venttiileihin ei uskaltanut koskea, koska kättä venttiilin lähelle viedessään tunsi jo sen tuottavan lämpöä. Muihin hydraulikkayksiköiden venttiileihin verraten lämmöt olivat poikkeavat ja selkeästi ilmaisivat vikaa. Seuraavaksi kuvissa on kuvattuna venttiilit kuvassa 34 ja kuvassa 35 hydraulikkasäiliöltä lähtevät putket.

Lämpökameran ansiosta onnistuttiin sulkemaan yksi kolmesta venttiilistä pois toimivana ja kaksi muuta olivat selvästi viallisia lämpöjen perusteella. Kuvassa 34 ylempi venttiili lähempää kuvattuna, kuvaushetkellä kuumin piste oli alemmassa venttiilissä 69 celsius astetta, mutta muutaman uudelleen mittauksen jälkeen ylempikin venttiili antoi vastaavia maksimilämpötiloja.

Kuva 34. Hydrauliventtiilit vasemmalla ja oikealla ylhäällä

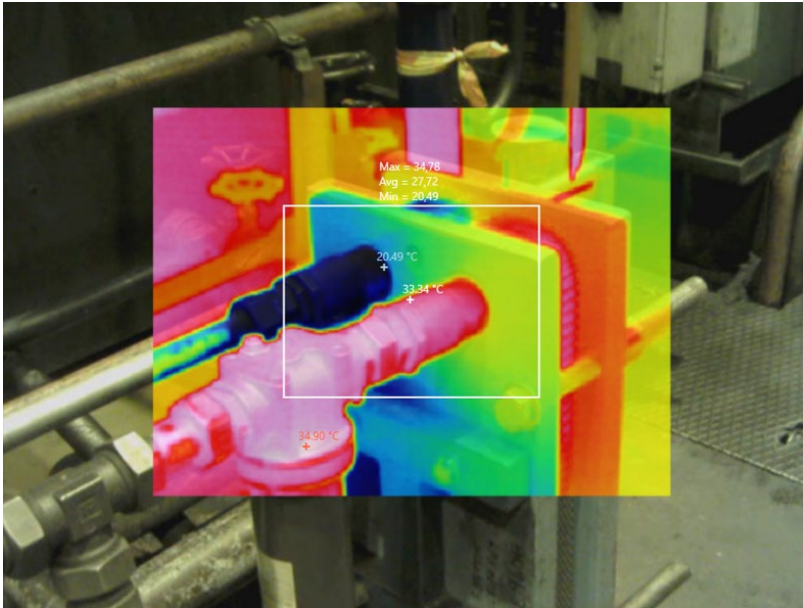


Kuva 35. Hydraulisäiliön viallisten venttiilien puolelta lähtevät putket



Ensimmäisellä sinkityslinjalla kuvattiin myös hydraulikasta hydraulioöljyn lämmönvaihtimet. Hydraulikkaöljyn on oltava jatkuvatoimisilla tuotantolinjoilla juuri sopivan lämpöistä, sen lämmön on pysyttävä tasaisena ja avuksi on lämmönvaihdin. Kaikki vaihtimet todettiin toimiviksi ja kuvista sai hyvin selville niiden toiminnan ja mitä putkista ovat öljy tulo -ja mitkä lähtöputkia. Lämmönvaihtimien avulla jäähdytettiin hydraulikkaöljyä hieman optimaalisemmalle tasolle. Kuvassa 36 näkyy oikein toimiva lämmönvaihdin alkupään hydraulikkayksikön vieressä. Hydraulikka otettiin seurantalistalle kuvista saadun selkeyden ja hyödyn vuoksi.

Kuva 36. Lämmönvaihtimen päältä kuva



8 Tutkimustulokset ja pohdinta

Työn tavoitteena oli parantaa kunnossapitoa, sen ennakointia sekä vikoja ehkäisevää kunnonvalvontatoimintaa. Ennakoiva kunnossapito on osa kestävästä kehityksestä. Tutkimustyön päätavoitteisiin päästiin hyvin ja saatiin vietyä lämpökameran hyödyntämistä eteenpäin tehtaalla jo mahdollisten investointien tasolle. Teoreettisen pohjan keräämiseksi hyödynnettiin kirjallisuutta, internetiä ja työntekijöiden asiantuntemusta tuotannosta. Itselläni ei ollut minkäänlaista käyttökokemusta ennen tätä tutkimustyötä. Kameran manuaali oli riittävän kattava peruskäytön oppimiselle.

Opinnäytetyöni aiheen sain ollessani kesätöissä SSAB:lla Hämeenlinnassa kunnossapidon työnjohtajan sijaisena. Tämä kesätö loi hyvän pohjan opinnäytetyölle, sillä minulle oli tullut tutuiksi isot tuotantolinjat ja niiden toimintaperiaate. Ilman tätä pohjatietoa olisi täytynyt ensin opetella kohteiden toiminta ja ymmärtää niiden merkitys. Kuvasajot suunniteltiin sen mukaan, onko tehtaalla huoltotaukoja. Osa kuvista otettiin tarkoituksellisesti käytön ja osataukojen aikana.

SSAB:lla pidetyssä alkupalaverissa käsiteltiin yleisiä asioita opinnäytetyöni toteuttamisen suhteen ja lisäksi listattiin kaikki mahdolliset kuvattavat kohteet. Kohteita tuli yli 20 ja osa olikin tilaajan mukaan vain kokeilumielessä testattavia. Kuvia tuli alkuun todella paljon ja niiden analysointiin meni aikaa. Kohteita karsittiin vähitellen pois ja lopulta jäi noin kahdeksan kohdetta, joita alettiin tutkimaan tarkemmin. Otin silti näistäkin kahdeksasta kohteesta monia kuvia, jotta sain analysoitua niitä paremmin. Lopulta kuvia tutkittuani ja kohteisiin paremmin perehdyttyäni jäi jäljelle neljästä viiteen hyvää kohdetta. Nämä kohteet olivat myös tilaajan mielestä tärkeitä.

Tutkimusten perusteella lämpökamerasta paras hyöty saatiin seuraavista kohteista: maalipinnoituslinjan vyöhykepuhaltimet, peittäuslinjan happotelosten laakerit, sinkityslinjojen hydrauliiikka ja jäähdytysvesikierron kriittiset laakerit ja venttiilit.

Seuraavat kohteet suljettiin jatkossa pois, koska niiden kuvaus oli vaikeaa tai saatu hyöty oli vähäistä: sinkityslinjoilla lämmönvaihtimet ja lämmitysuunin kyljet, voimansiirto, kytkimet ja vaihteistot, tandemvalssauslinjalla tuki- ja työvalssien laakerit ja päämoottorit.

Kuvauskohteita jouduttiin sulkemaan pois seuraavista syistä: ympärillä oleva lämpösäteily häirtasi kameran mittaustulosta, kiiltävien pintojen matala emissiokyky, vaikeissa paikoissa olevat kohteet ja öljysumu tai muu lika ilmassa tai kuvattavassa pinnassa.

Työssä kerätyn pohjan perusteella pystytään luomaan perusteet ennakoivan huollon ja kunnossapitotoiminnan lämpökuvaamiselle. Ennakkohuoltotyölle luotu Excel-tiedosto ei ole kuitenkaan laaja, koska sellaisen luominen vaatisi paremman perustan kohteista ja tiedossa olevan kuvaustutkimusta jatkavan henkilön. Tilaajan käyttöön antama lämpökamera toimi moitteetta. Kameralta olisi toivonut suurempaa resoluutiota, sillä sen huomasi kuvatessaan, ettei voinut ottaa kuvia kovin kaukaa ja laajalta alueelta. Lisäksi vanha lasertekniikka ja kameran automaattitarkennus eivät aina tarkentaneet kuvaa halutulla tavalla. Usein piti käsin tarkentaa ja vaikka vaihtoi eri väripaletteja ja kokeili eri kulmia, tietyistä kohteista ei saanut selkeää kuvaa. Tämä oli syynä osalle pois jätetyistä kohteista. Lämpökameran ohjelmisto tuotti omia ongelmia, kun kuvia jouduttiin ottamaan paljon eri kohteista. Kuvien lajittelu ei toiminut oikein ja niistä ei ollut nähtävänä esikatselua. Tämä hidasti paljon kuvien analysointia ja lisäksi Fluke Connectissa ei ole kuvan analysointiin monipuolisia toimintoja.

Palaverissa SSAB:n henkilöstön ja Infradexin edustajan kanssa käytiin läpi nykytekniikan lämpökameroita ja verrattiin ominaisuuksia. Kerroin yllämainitsemieni havaintoja. Excel-pohjaa voidaan myös hyödyntää avuksi FLIR-lämpökameran mukana tulevassa Thermal Studio Pro sovelluksessa, johon saa lisänä Route Creator Pluginin.

Tehtaalla liikkeessä havaittiin korkeiden lämpötilojen riskit. Lämpökameran ansiosta ennakkohuoltoa tai muita huoltotoiminpiteitä tekevän henkilön ei tule käsin tarkistaa kohteen lämpötilaa. Työturvallisuutta ajatellen tulee muistaa palovamman mahdollisuus ihon koskettaessa kuumaa pintaa. Palovamman aste riippuu lämpötilasta ja altistusajasta. 52 asteen lämpötila voi aiheuttaa syvän palovamman, jos altistusaika on 20min, 60–70 asteen

lämpötila voi aiheuttaa ainakin pinnallisen vamman sekunneissa ja 100 asteinen lämpötila syvän palovamman jopa alle sekunnissa. Tässä tutkimuksessa kohteiden pintalämpötilat olivat väliltä 30–60 astetta ja maksimissaan jopa 250 celsiusastetta. Suositeltavaa olisi laittaa näiden kuumimpien kohteiden läheisyyteen mahdollinen varoitus vaarallisesta pintalämpötilasta. Työturvallisuuden kannalta lämpötila voi olla haitallinen jo silloin, kun kohteessa ei ole mitään vikaa tai vikaantumisen on vasta alkamassa. (Duodecim, 1996)

9 Johtopäätökset

Lämpökameran käytöstä tuli usean käyttökerran jälkeen käytännössä sujuvaa ja lämpökuvia oppii tulkitsemaan käyttökokemuksen perusteella. Lämpökuvaukseen voi soveltaa ennakkohuollon osaksi, mutta tässä toiminnassa tulee valikoida kohteet huolella, ja kuvaajan tulee olla perehtynyt kamerasäätöihin, jotta toiminnasta tulee riittävä hyöty suhteessa kuvaukseen käytettyyn aikaan. Lisäksi kävi ilmi, että lämpökameran tekniikan tulisi olla suhteellisen nykyaikainen.

Parhaiten kohteeksi soveltuivat vyöhykepuhaltimien erityykset, yleisesti hydraulikka, lämmönvaihtimet, erikoistelojen laakerit. Näissä kohteissa soveltuisi käytännöksi se, että tehtäisiin aikataulutteluja tarkastuskierroksia muutaman viikon välein. Mikäli havaittaisiin muutoksia normaaliksi tulkittuun lämpötilaan, kyseistä kohdetta seurattaisiin viikoittain tai jopa useammin. Mikäli lämpötilassa havaittaisiin selvästi poikkeava lukema, tulee kohde tutkia ja kunnostaa. Hälytysrajat vikaantumista ajatellen muotoutuvat pidempiaikaisen seurannan tuloksena. Aiemmin tuli todettua, että eri kohteissa lämpötilan muutos tapahtuu suhteessa vikaantumiseen eri aikaan, joko vasta aivan kohteen mennessä vikaantumispisteeseen tai vaihtoehtoisesti jo hyvin varhaisessa vaiheessa ennen suurempia vikoja.

Ennakkohuoltotyön suunnitteluun laadittiin Excel-tiedosto, liitteessä 1, sisältäen kuvat, aikataulu ja muut huomioitavat asiat. Taulukosta tulee esiin lämpötilan keskiarvo ja maksimi sekä kuvissa kamerasäätöjen avulla merkittävät kohteiden kuumimmat pisteet. Tätä taulukkoa olisi sitten mahdollista jatkaa eteenpäin tulevaisuuteen jatkamalla kuvauskertoja.

Aivan uuden tutkimuksen aihe voisi olla jatkossa uudella tekniikalla varustetulla lämpökameralla tehty pidemmän ajan seurantatutkimus käyttäen hyvää lämpökuvien kirjaussovellusta. Mainittakoon vielä, että lämpökameraan allekirjoittaneen kiinnostus heräsi niin, että tuli hankittua myös oma lämpökamera HIKMICRO E1L ajoneuvoharrastukseen ja talotekniikan kuvaamista varten.

Lähteet

Aalto, H, (1994), Kunnossapidon perusteet. Haettu 25.8.2022 osoitteesta:

<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>

Fluke, (2013), Käyttöohjekirja. Haettu 25.8.2022 osoitteesta: [https://dam-](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/Ti200_umfin0400.pdf)

[assets.fluke.com/s3fs-public/Ti200_umfin0400.pdf](https://dam-assets.fluke.com/s3fs-public/Ti200_umfin0400.pdf)

Fluke. (n.d), Ti200-lämpökameran tuotesivu. Haettu 25.8.2022 osoitteesta:

<https://www.fluke.com/fi-fi/tuote/lampokamerat/ti200>

Hautala, M, (2016), Insinöörin (AMK) fysiikka osa 1 s.27

Harjula, J. (2018). Kunnossapidon kehittäminen [opinnäytetyö Lappeenrannan teknillinen yliopisto]. Kuva 7.

https://lutpub.lut.fi/bitstream/handle/10024/158909/diplomityo_hariula_juha.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Härmä, M., Ruokonen, E., Harvima, I., Takala, J. (1996). Palovammojen hoito. Haettu

13.11.2022 osoitteesta: <https://www.duodecimlehti.fi/duo60306>

Infradex, (n.d), lämpösäteily ja infrapuna. Haettu 25.8.2022 osoitteesta:

<https://www.infradex.com/lamposateily-ja-lampokamera/>

Karkkulainen, J., Karkkulainen, O., Kinnunen, A. (2014). eFysiikka 9.

Sähkömagneettinen säteily ja viestintä, (2014), (kuva 5). Haettu 25.8.2022

osoitteesta: <https://peda.net/kannus/ivk/oppiaineet2/fysiikka/9-lk-fysiikka/e9k22/3ssjv/kuvat/luvun-37-kuvat/sss>

Kingsway Instruments. (n.d), Lämpökameran tuotesivu (kuva 6). Haettu 25.8.2022

osoitteesta: <https://kingswayinstruments.com/products/fluke-ti200-thermal-imager>

KL-Lämpö. (n.d), Lämmönsiirtimet. Haettu 20.10.2022 osoitteesta: <https://www.kl-lampo.com/lomake/palveluratkaisut/teollisuuden-palvelut/lammonsiirripalvelut/158>

Paloniitty, S., Paloniitty, J., Haimilahti, J. (2016). Lämpökuvaus rakentamisessa. Rakennustieto. s. 5–8

SFS-EN 13306. (2010). Kunnossapito, kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Viitattu: 30.8.2022. Saatavissa: <https://sfs.fi/>

Sjöblom, C. (2017). Kunnossapidon kehittäminen [opinnäytetyö Lahden Ammattikorkeakoulu]. https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/126817/Sjoblom_Christian.pdf?sequence=1

Speedir Thermal Vision, (2020), The history of thermal imaging cameras. Haettu 30.8.2022 osoitteesta: <https://speedir.com/blog/the-history-of-thermal-imaging-cameras/>

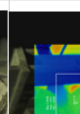
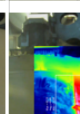
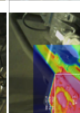
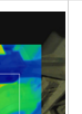
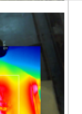

SSAB. (n.d), Historia. Haettu 30.8.2022 osoitteesta: <https://www.ssab.com/fi-fi/ssab-konserni/tietoja-ssabsta/ssab-lyhyesti/history>

Stjernberg. T, (2000), Lämpökamera kunnossapidon työkaluna. Haettu 25.8.2022 osoitteesta: <https://asiakas.kotisivukone.com/files/honkapro.kotisivukone.com/tiedot/kunnossapitokurssi2.pdf>

Takala. M, (2016), Development Project for Visualizing Metrics (kuva 3). Haettu 25.8 osoitteesta: <https://slideplayer.fi/slide/11591075/>

Varrio, J., Kesanto, S., Heikkinen, T. (1995), Use of an infrared sensing technique in the regular monitoring of incinerators and a kiln.

Liite 1: Ennakkohuoltotyön mallipohja

Kuvauskohteet	Hydrauliikka (sinkitys linjat 1 ja 2 alustavasti)	MALLI Vöhykepuhaltimet	Happotelojen laakerit(PEL) ja muut laakerit	Yleistä
<p>Yleistä huomioitavaa kohteesta, keskiarvo ja maksimilämpötilat</p>	<p>Jos mitattava pinta on hyvin ohjainen olisi parasta pyyhkiä öljy pois tai kuvata toisesta kohtaa kappalelta, keskiarvo yleisesti 30 C astetta ja maksimi toimivissa kohteissa 55 C astetta</p>	<p>Huomioi mahdollisesti kiiltävät pinnat-> pieni emissiivisyyskyky ja väärät lämpötilaukemat, lämpötilojen keskiarvo 35 C astetta ja maksimi 150 (uunin lähellä 200-220 C)</p>	<p>Vero mahdollisia happoroiskeita uunilta, telojen laakereiden keskiarvo lämpötilaa 35 C astetta ja maksimi 45 C astetta tiettyä kohtaa kuvata ellei se ole tiedossa, että on kriittinen</p>	<p>Kuusteissa ei ollut täysin sama kohta aine, koska näin huomataan muuallakin mahdollisia vikoja ja ei kannata vain tiettyä kohtaa kuvata ellei se ole tiedossa, että on kriittinen</p>
<p>Kameran asetukset</p>	<p>Kuvausetaisyys yleisesti noin 1,5-2 metriä, kameran emissiivisyys 0,90,</p>	<p>Kuvausetaisyys 2-3 metriä, emissiivisyys suojat-puretuissa 0,95 ja suojat-palkkilaan 0,80</p>	<p>Kuvausetaisyys 1,2 metriä, emissiivisyys 0,90</p>	<p>Kameran lämpötilaraja oli asetettu hydrauliikassa ja happoteloissa -20 C - 250 C ja vöhykepuhaltimissa automaattille</p>
<p>Kuvauskataulu</p>	<p>Hydrauliikan seurantaan kriittisiin kohteisiin kuvaus kolmen viikon välein ja muihin kohteisiin satunnaisesti ja huomattava poikkeava ääntä tai toimintaa</p>	<p>Vöhykepuhaltimien seurannassa kuvauksien aikataulu on kerran kuukaudessa</p>	<p>Happotelojen laakerille aikataulu on myös kerran kuukaudessa tai kunnonvalvontakierroksilla, muille laakerille ei aikatauluja ellei ole kriittisessä kohteessa-> tällöin kerran kolmessa viikossa</p>	
<p>Kuvauskerta 1, kuvat otettu 17.10.2022</p>				
<p>Kuvauskerta 2, kuvat otettu 8.11.2022</p>				
<p>Kuvauskerta 3</p>				