



Kahden kunnonvalvontajärjestelmän yhteensovittaminen

Santeri Niemi

OPINNÄYTETYÖ
Toukokuu 2024

Biotuote- ja prosessitekniikka

TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Biotuote- ja prosessitekniikan tutkinto-ohjelma

NIEMI, SANTERI:
Kahden kunnonvalvontajärjestelmän yhteensovittaminen

Opinnäytetyö 33 sivua, joista liitteitä 5 sivua
Toukokuu 2024

Opinnäytetyön tavoitteena oli tutkia yrityksen kahta käytössä olevaa kunnonvalvontajärjestelmää ja pohtia, voisiko toimintamallia kehittää yhteensovittamalla näitä. Yhtäaikaisesta ylläpitämisestä aiheutui päällekkäisiä työvaiheita. Tavoitteena oli osoittaa, että toimintamalliin voisi pienillä muutoksilla saada huomattavia parannuksia.

Kunnonvalvontajärjestelmiin tutustuttiin erilaisten dokumenttien sekä asiantuntijoiden tarjoaman tiedon perusteella. Lisäksi operaattoreita haastateltiin kunnonvalvontaan liittyen. Kerättyjen havaintojen pohjalta alettiin suunnitella ratkaisuehdotuksia ja suorittaa testejä. Ratkaisuehdotuksia myös arvioitiin.

Opinnäytetyön tuloksena syntyi yritykselle hyödyllinen tietopaketti nykyisestä kunnonvalvonnan tilasta sekä mahdollisista parannusehdotuksista. Näin ollen suunnitelma tulee helpottamaan mahdollisen uuden kunnonvalvontamallin käyttöönottoa. Suunnitelmasta pyrittiin tekemään käyttöönottoa tukeva ja helposti ymmärrettävä.

Asiasanat: kunnossapito, kunnonvalvonta, koemittaukset, järjestelmävertailu

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Bioproduct Engineering

NIEMI, SANTERI:
Coordination of the Two Condition Monitoring Systems

Bachelor's thesis 33 pages, appendices 5 pages
May 2024

The aim of the thesis was to examine the two condition monitoring systems in use in the company and to consider whether the operating model could be improved by coordinating them. Simultaneous maintenance resulted in duplication of the work. The aim was to show that small changes to the operating model could lead to significant improvements.

The condition monitoring systems were examined based on various documents and the information provided by specialists. In addition, the operators were interviewed about condition monitoring. Based on the findings, the design of solution proposals and tests were started. The proposed solutions were also evaluated.

The thesis resulted in a useful information package for the company in the current state of condition monitoring and possible suggestions for improvement. In addition, the implementation could be easier with the help of the plan. The aim was to make the plan supportive and easy to understand.

Key words: maintenance, condition monitoring, test measurements, comparison of systems

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	5
2	KUNNOSSAPITO	6
	2.1. Määritelmä	6
	2.2. Korjaava kunnossapito	6
	2.3. Ehkäisevä kunnossapito	7
3	KUNNONVALVONTA	9
	3.1. Määritelmä	9
	3.2. Aistinvaraiset havainnot	10
	3.3. Lämpötilamittaukset	11
	3.4. Värähtelymittaus	11
4	TEHTAAN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄT	13
	4.1. Käytettävät kunnonvalvontajärjestelmät	13
	4.2. Schaeffler OPTIME kunnonvalvontajärjestelmä	13
	4.3. SKF ODR-järjestelmä	14
5	KUNNONVALVONNAN ALKUKARTOITUS	16
	5.1. Haastattelun muodostaminen	16
	5.2. Haastatteluiden yhteenveto	16
	5.3. Schaeffler OPTIME -järjestelmän hyödyntäminen lähtötilanteessa 18	
6	PARANNUSEHDOTUKSET TOIMINTAMALLIIN	19
7	TULOSTEN ESITTELY	21
	7.1. Ratkaisuehdotuksien arvioiminen	21
	7.2. Schaeffler OPTIME -mittauksien vertaaminen ODR-mittauksiin ..	21
8	JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA	25
	8.1. Ehdotettu ratkaisumalli	25
	8.2. Pohdinta	26
	LÄHTEET	28
	LIITTEET	29

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä käsitellään kahden kunnonvalvontajärjestelmän yhteensovittamista. Opinnäytetyön toimeksiantajana toimii Stora Enso Oyj Heinolan flutingtehdas. Lähtötilanteessa kohdeyritys käyttää kahta kunnonvalvontajärjestelmää, mutta niiden yhtäaikaisesta ylläpitämisestä aiheutuu päällekkäisiä työvaiheita.

Kunnonvalvonta on eräs kunnossapidon alakäsitteistä ja olennainen teollisuudessa. Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan tietyn kohteen jatkuvatoimista tai määräajoin tapahtuvaa tarkkailua tai mittaamista, jolla pyritään havaitsemaan vikaantuminen ajoissa ja aloittamaan vian korjaus ennen kuin kohteelle aiheutuu suurempia vahinkoja. Tehdasympäristössä edellä mainittuja laitteita sekä koneita on satoja, ellei tuhansia, joten aihe on merkityksellinen teollisuuden yrityksille.

Työssä perehdytään ensin kunnossapidon käsitteeseen, joka johdattelee kunnonvalvonnan eri menetelmiin, jotka ovat keskeisiä tehdasympäristössä. Lisäksi tutustaan käytössä olevien kunnonvalvontajärjestelmien ominaisuuksiin ja kartoitetaan kunnonvalvonnan nykytilannetta kohdeyrityksessä haastatteluilla.

Opinnäytetyön tarkastellaan tehtaan käytössä olevia kunnonvalvontajärjestelmiä ja pohtia, voisiko toimintamallia kehittää yhteensovittamalla näitä. Työssä muodostetaan olemassa olevaan toimintamalliin pieniä ratkaisuehdotuksia, joita testataan ja arvioidaan. Tämän jälkeen suoritetaan arviointi saatujen tuloksien pohjalta.

Opinnäytetyön tavoitteena on vertailla käytössä olevia järjestelmiä ja suunnitella ratkaisuehdotuksia toimintamallin kehittämiseksi. Ratkaisuehdotukset sisältävät mittauksien suunnittelua, toteuttamista sekä arvioimista.

2 KUNNOSSAPITO

2.1. Määritelmä

Kunnossapidolle on erilaisia määrytyksiä erilaisista teoksista sekä standardeista. Alla on muutama esimerkkimääritelmä (Mikkonen 2009, 25):

- Standardin PSK 6201 mukaan ”kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon koko elinjakson ajan.”
- Eurooppalaisen standardin SFS-EN 13306 määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito koostuu kaikista kohteen eliniän aikaisista teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.”
- Tunnettu alan edelläkävijä John Moubrey määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapidolla halutaan varmistaa, että laitteet jatkavat sen tekemistä, mitä käyttäjät haluavat niiden tekevän.”

Yhteenvedona voidaan siis todeta, että kunnossapidon tarkoituksena on pitää laitteet jatkuvassa toimintakunnossa. Lisäksi kunnossapitoon kuuluu varsinaisen kunnostamisen lisäksi hallinnolliset ja johtamisen toimenpiteet. (Mikkonen 2009, 26.)

2.2. Korjaava kunnossapito

Standardi SFS-EN 13306 määrittelee korjaavan kunnossapidon seuraavanlaaisesti: ”Korjaava kunnossapito on kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon.” Toisin sanoen vikaantunut osa korjataan käyttökuntoon. Korjaava kunnossapito voi olla joko häiriökorjausta (suunnittelematon) tai kunnostusta (suunniteltu). Korjaavan kunnossapidon suoritusaikojen avulla voidaan arvioida osan

tai komponentin elinaika, kuten tarkastelemalla kunnossapidollisten toimien välistä ajanjaksoa. Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät vian määrittäminen, tunnistus, paikallistaminen, lopullinen korjaus ja toimintakunnonpalauttaminen. (Järviö 2012, 51)

Korjaava kunnossapito voi aiheuttaa suuriakin kustannuksia, koska laitteisiin tulevat häiriöt vaativat yleensä tuotannon pysäyttämistä. Lisäksi on todennäköistä, että syntynyt häiriö voi aiheuttaa prosessissa lisää kunnossapidollisia toimia, ellei reagointi ole tarpeeksi nopeaa. (Mikkonen 2009, 99)

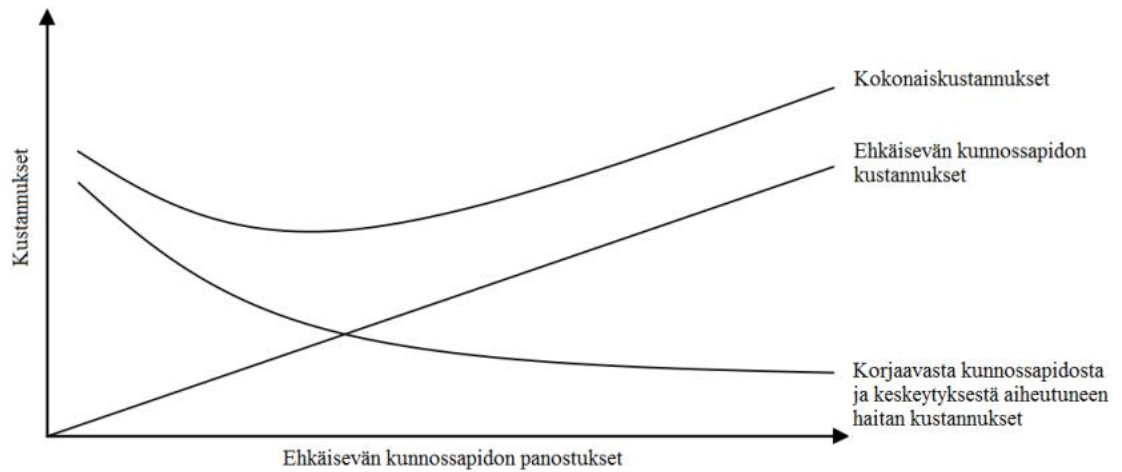
2.3. Ehkäisevä kunnossapito

Standardi SFS-EN 13306 määrittelee ehkäisevän kunnossapidon seuraavasti: ”Määrätyn välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä pienennetään vikaantumisen mahdollisuutta tai kohteen toiminnan heikkenemistä.” Tämä ilmenee siis jatkuvana toiminnan seuraamisena ja reagoitina, jotta estettäisiin laitteen tai osan suurempi vikaantuminen. Ehkäisevä kunnossapito on säännöllistä (aikataulutettua ja jatkuvaa) tai sitä tehdään vaadittaessa. Saatujen tuloksien perusteella voidaan suunnitella kunnossapidollisia tehtäviä. Ehkäisevä kunnossapito koostuu vikojen ja olosuhteiden havainnoinnista, suoritettavista toimenpiteistä, joilla saadaan vika kunnostettua sekä vikaantumisen havainnoinnista sekä korjaamisesta. (Järviö 2012, 95-96):

Pääsääntöisesti ehkäisevä kunnossapito on suunniteltua säännöllistä toimintaa, jota tehdään koneiden käydessä tai seisokkien yhteydessä. Yksi ehkäisevän kunnossapidon käsitteistä kunnonvalvonta, jolla pyritään huolehtimaan, että kunnossapitotyöt hoidetaan silloin, kun koneiden kunto sitä edellyttää. (Nohynek & Lumme, 11)

Ehkäisevän kunnossapidon lisääminen vähentää korjaavan kunnossapidon kustannuksia tiettyyn pisteeseen asti, mikä on esitetty kuviossa 1. Kyseisestä pisteestä eteenpäin mentäessä ehkäisevän kunnossapidon kulut alkavat kuitenkin nousta, vaikka korjaavan kunnossapidon kulut saataisiin samanaikaisesti mini-

moitua. Kokonaiskustannukset palaavat täten samalle tasolle kuin lähtötilanteessa tai jopa sen yli. Kunnossapidon suunnittelussa on tärkeintä optimoida oikea suhde näiden kunnossapitolajien välille. (Koski 2015, 25)



KUVIO 1. Ehkäisevän kunnossapidon kokonaiskustannuksien optimointi (Koski 2015, 25)

3 KUNNONVALVONTA

3.1. Määritelmä

Kunnonvalvonnalla tarkoitetaan jonkun tietyn kohteen jatkuvatoimista tai määräajoin tapahtuvaa mittaamista tai tarkastelua, jonka tavoitteena on havaita mahdollisia syntyviä vikoja ja aloittaa kunnossapitotoimet ennen kuin kyseinen kohde vikaantuu. Kunnonvalvonta liittyy ehkäisevään kunnossapitoon: Se tuottaa olennaisia tietoja koskien tehdaslaitoksen investointeja, käyttöä, kannattavuutta sekä kunnossapitoa. Lisäksi kunnonvalvonta liitetään merkittäväksi keinoksi vaikuttaa kannattavuuteen. (Nohynek & Lumme 2004, 11.)

Kunnonvalvontaa voidaan tarkastella neljän osa-alueen kautta: investointien, käytön, kannattavuuden sekä kunnossapidon. Investoinnit kattavat kunnonvalvonnallisten toimien suunnittelun ja toteutuksen, kuten esimerkiksi tietyn laitteen enakkohuollon. Käytön hyötynä on esimerkiksi se, kuinka kauan tiettyä laitetta on turvallista käyttää. Kannattavuuden hyötynä on suurempien katastrofien estäminen ja sitä kautta kustannuksissa säästäminen. Kunnossapidon hyötynä ovat reagointi laitteen nykytilanteeseen sekä parannukset. (Nohynek & Lumme 2004, 12.)

Kunnonvalvonta oikein toteutettuna säästää merkittävästi erilaisia kuluja. Konkreettisia hyötyjä ovat odottamattomien seisokkien vähentäminen sekä niiden kestojen minimoiminen. Tuotantolinjoja rakennetaan usein ilman varakoneita, joten yksittäisen koneen hajoaminen voi aiheuttaa suuria tuotantomenetyksiä koko tehtaalle kannalta. Lisäksi suuret tuotantomäärät kannustavat yrityksiä kiinnittämään enemmän huomiota kunnonvalvontaan. (Nohynek & Lumme 2004, 12.)

Teollisuudessa kunnonvalvontaa on käytetty jo 1960-luvulta lähtien pelkästään aistinhavainnoin, esimerkiksi käsin tunnustelemalla koneiden tärinää tai tarkastelemalla laakereiden lämpötiloja. Nämä ovat nykyäänkin hyviä keinoja, vaikka uusia kunnonvalvontamenetelmiä on kehitetty lisää. (Mikkonen 2009, 418) Tässä luvussa käsitellään työhön liittyvästi aistinvaraiset havainnot, värähtely- ja lämpötilamittaukset.

3.2. Aistinvaraiset havainnot

Kaikista vanhimmaksi kunnonvalvontamenetelmäksi voidaan luokitella aistinvaraiset havainnot. Tämä on hyödyllinen menetelmä vielä nykypäivänäkin, mutta on huomioitavaa, että aisteihin vaikuttavat eri tekijät ja sitä kautta kunnonvalvonnan laatu voi vaihdella. Lisäksi henkilön ikääntyminen, vireystila, sairaudet tai ympäristön häiriöt voivat vaikeuttaa havaintojen tekemistä. Esimerkiksi valoisuus voi vaihdella eri laitteiden ympäristössä, mikä vaikuttaa heti henkilön arviointikykyyn. (Mikkonen 2009, 421)

Näköhavainnoilla voidaan tarkkailla laitteiden tiiveyttä. Mahdollinen vuotokohta havaitaan vuotokohdan kosteutena ja suurempi vuoto tiputuksena. Myös erilaiset liitoskohdat ovat hyviä tarkkailun kohteita. Liitoksen löystyminen voidaan havaita esimerkiksi irtoavana maalina, ruosteena tai mutterina. Yleinen havainnoinninkohde on voiteluöljy. Öljystä voidaan tarkkailla määrää, virtausta, väriä, vaahtoa ja epäpuhtauksia. (Mikkonen 2009, 422–423)

Kuuloaistin käyttäminen vaatii paljon kokemusta ja tietoutta, kun sitä hyödynnetään kunnonvalvonnassa. Ihmisen muistiin tallentuu aikaisemmin kuullut äänet ja täten uuden äänen kuultaessa, ihminen vertaa sitä aikaisempiin ääniin. Ympäristön muut äänet saattavat kuitenkin häiritä kuulemistä. Lisäksi jos ylitetään melutaso, heikkenee kuuleminen mahdollisten kuulosuojaimien takia. (Mikkonen 2009, 424)

Tuntoaistia käytetään värinän, lämpötilan ja kaasuvuotojen tarkkailussa. Ihmisen tuntoaisti on monimutkaisesti selitettävissä, joten sitä täytyy käyttää harkiten. Eriyisesti lämpötilan tutkimiseen tuntoaistia voidaan hyödyntää hyvin. Täytyy kuitenkin muistaa, että esimerkiksi laakeripesän lämpötilaa tarkastaessa ihminen kokee polttavana noin +50 °C:n lämpötilan. Tästä ylöspäin on syytä käyttää muita apuvälineitä, ettei käteen tule esimerkiksi palovammaa. Tuntoaisti on myös hyvä kaasuvuotoja etsittäessä. Kämmenten selkäpuoli tunnistaa tehokkaasti vuodon aiheuttaman virtauksen. Hajuaisti on myös hyödyllinen aisti kunnonvalvonnassa: Sen avulla voidaan havaita esimerkiksi vuotoja ja tätä kautta voidaan päätellä, mitä vuotava aine on. Lisäksi ihminen voi haistaa helposti, jos joku koneen osa ylikuumenee. (Mikkonen 2009, 425)

3.3. Lämpötilamittaukset

Lämpötilatiedolla on keskeinen asema prosessien valvonnassa ja ohjauksessa. Lämpötilan noustessa materiaali laajenee. Tähän vaikuttaa materiaalin ominaislämpökapasiteetti, joka kertoo lämpötilamuutokseen tarvittavan energian massayksikköä kohden. Lämpöjännityksiä syntyy, jos lämpölaajenemista estetään. Tällöin voi syntyä esimerkiksi koneen rungon vääntymistä tai akselin taipumista. (Mikkonen 2009, 439)

Mittaus voidaan suorittaa koskettavalla mittausanturilla tai koskemattomalla mittausmenetelmällä, jotka perustuvat kappaleen lähettämän lämpösäteilyn mittaamiseen. Yleisimmin käytettyjä koskettavia lämpötila-antureita ovat metallivastusanturit sekä termoparianturit. Yleinen koskematon menetelmä on infrapunalämpömittarilla suoritettu mittaus. (Mikkonen 2009, 440)

3.4. Värähtelymittaus

Värähtelymittaus on yleinen mittausmenetelmä teollisuuden laitteistojen ja koneiden kunnonvalvonnassa. Valvonnan suunnittelu- ja mittausasetusten määrittäminen on työlästä ja useiden eri asioiden huomioonottamisen. Valvottava kohde ja sen kriittisyys tuotannon kannalta vaikuttavat siihen, mikä valvontamenetelmä on kaikista käyttökelpoisin. Lisäksi on tärkeää ymmärtää laitteen toimintaperiaate, mahdolliset vikaantumismekanismit sekä prosessi, jossa valvonnan kohteena olevat laitteet sijaitsevat. (Nohynek & Lumme 2004, 17–19)

Värähtelymittauksia suoritetaan erilaisilla värähtelykynillä tai tiedonkeruulaitteilla. Tekniikan kehittyessä mittausantureilla saadaan lähetettyä dataa eteenpäin analysoitavaksi asti. Värähtelyrasitus eli värähtelynopeuden kokonaistasoarvo on yleinen mitattava tunnusluku värähtelymittauksissa. Tämän määrittämiseen vaaditaan jokin määritetty asetusarvo, johon mittaustulosta verrataan. Saadulla mittaustuloksella voidaan arvioida laitteen yleiskuntoa. (Nohynek & Lumme 2004, 45)

Värähtelymittauksia tehdään kunnonvalvontamielessä pääasiassa sen takia, että tuloksia tulkitsemalla voidaan arvioida luotettavasti koneiden kuntoa. Toiseksi värähtelyllä on kielteisiä vaikutuksia koneisiin, rakenteisiin sekä tuotantoprosessiin. Haitallisuus ilmenee jännityksien lisääntymisenä, rakenteiden murtumisena, liitosten löystymisenä, käyttöiän alentumisena, lopputuotteen laadun heikkenemisenä ja käynnin epävarmuutena. (Nohynek & Lumme 2004, 40):

Koneiden värähtelyä voidaan mitata kolmella eri suureella: siirtymänä, nopeutena ja kiihtyvyytenä. Kun näitä suureita derivoidaan tai integroidaan, saadaan näitä keskenään muutettua toiseksi, esimerkiksi kiihtyvyyssignaali nopeussignaaliksi. Siirtymä ilmaisee kohteen sijainnin vertailupisteeseen verrattaessa, nopeus ilmaisee kappaleen kulkeman siirtymän ajan funktiona ja kiihtyvyys ilmaisee kappaleen nopeusmuutoksen ajan funktiona. (Nohynek & Lumme 2004, 40)

Mittauksia suoritetaan yleensä reittimittauksina ja tuloksia vertaillaan aikaisempiin mittaustuloksiin. Mittausreitti koostuu mittauspisteistä. Ideaalitalanne kunnonvalvonnan näkökulmasta olisi, että kaikkia koneita mitattaisiin sekä analysoitaisiin kaikkia mittauspisteitä käyttäen, mutta tämä ei ole taloudellisesti kannattavaa. Tämän vuoksi jokaisen laitteen mittaustarve määritetään tapauskohtaisesti. Tuotannon kannalta kriittisimmät laitteet vaativat säännöllistä mittaamista. (Nohynek & Lumme 2004, 29-30)

Koneen häiriöherkkyys ja vaurioiden kehittymisnopeus ovat huomioitavia asioita mittausvälin määrittämisessä. Välin pitää olla sellainen, ettei vialle ehti kehittyä vaurioksi. Uusien mittauskohteiden suhteen on tärkeää pitää mittausväli pienenä, jotta koneesta saadaan tarvittavasti tietoa. Koneen käyttäytymistä ei täten vielä tiedetä tarkkaan. Mittausväliin voidaan tietyn ajan kuluessa tehdä muutoksia. (Nohynek & Lumme 2004, 30)

4 TEHTAAN KUNNONVALVONTAJÄRJESTELMÄT

4.1. Käytettävät kunnonvalvontajärjestelmät

Kohdeyrityksen tehtaalla on käytössä kaksi kunnonvalvontajärjestelmää: Schaeffler OPTIME sekä SKF:n toimittama ODR-järjestelmä. Kunnonvalvontajärjestelmiä käytetään yhtäaikaaisesti.

Schaeffler OPTIME-järjestelmä on jatkuva toimista mittaamista, kun taas ODR-mittaus on operaattorin toimesta toteutuvaa kunnonvalvontaa. ODR-järjestelmä on ollut käytössä yli kymmenen vuotta tehtaalla – Schaeffler-OPTIME on otettu käyttöön muutamia vuosia sitten. Lisäksi tehtaalla on käytössä DSR-kunnonvalvonta järjestelmä, mutta se on rajattu pois tämän opinnäytetyön kokonaisuudesta.

4.2. Schaeffler OPTIME kunnonvalvontajärjestelmä

Schaeffler Group on vuonna 1946 perustettu yritys, joka valmistaa laakerituotteita eri teollisuusalojen käyttöön. Yrityksen ovat perustaneet veljekset Wilhelm ja Georg Schaeffler. Vuonna 2022 yritys voitti kansainvälisen ”Red Dot Design Award” -palkinnon, joka on eräs arvostettu suunnittelupalkinto. (Schaeffler a.; Schaeffler b.)

OPTIME on Schaefflerin kehittämä jatkuvatoiminen kunnonvalvontajärjestelmä, jonka suurin hyöty on mittausdatan automaattinen käsittely. Käyttö perustuu akkukäyttöisiin mittalaitteisiin, jotka muodostavat langattoman dataverkon keskenään. Mittalaitteita on siis helppo liittää toisiinsa ja täten laajentaa verkkoa. Antureilla kerätään laitteista tietoa, joilla arvioidaan laitteiden kuntoa reaaliajassa. (Schaeffler b.)



KUVA 1. Schaeffler OPTIME kunnonvalvontajärjestelmä

Kuvassa 1 on esitetty OPTIME anturi, jolla mitataan laitteen värähtelyä ja lämpötilaa. Mittausherkkyyys on joko 3 tai 5 kilohertsiä riippuen anturista. Mittauksia syntyy käynnissä olevista koneista neljän tunnin välein. Datan seuranta tapahtuu sovelluksen kautta, johon data kulkeutuu tukiaseman kautta. Lähetettävä data on raakadataa, joka muutetaan eri tunnusluvuiksi. Tukiasemalta data lähetetään Schaeffler OPTIME -palvelimelle, josta tuloksia voidaan tulkita. Järjestelmä tarjoaa erilaisia tunnuslukuja tulosten tulkinnaksi, kuten nopeuden sekä kiihtyvyyden tehollisarvot ja lämpötilan. (Schaeffler c.)

4.3. SKF ODR-järjestelmä

ODR-lyhenne tulee sanoista operator driven reliability, jolla tarkoitetaan käyttäjäkeskeistä kunnossapitoa. ODR-kierroksilla tehdään havaintoja laitteiden toiminnasta ja pyritään siihen, että käyttäjät huomaisivat pienet muutokset laitteiden toiminnassa jo alkuvaiheessa. Reagoimalla aikaisessa vaiheessa poikkeavaan käytökseen, voidaan laitteen käyttöikä saada jatkettua. ODR-mittauksissa tulee ottaa huomioon kunnonvalvontaan kuluva aika, varaosien hankinta, työn suunnittelu, kunnossapitohenkilöstön varaaminen ja seisokkiajankohdat. (SKF 2017)



KUVA 2. SKF QuickCollect sensori kiinnitettynä pumppuun (SKF 2017)

Kuvassa 2 on havainnekuva pumpun mittauksesta. Sensorin pohjassa on magneetti ja se asetetaan ennalta määrättyyn kohtaan mitattavassa koneessa tai laitteessa. Kun sensori on asetettu, aloitetaan **ODR-mittaus** päätelaitteen kautta löytyvällä sovelluksella. Anturi on yhdistetty tablettiin Bluetooth -yhteydellä. Jos mittaustulos ylittää asetetut mittausrajat, syntyy mittauksesta automaattisesti SAP-ilmoitus. **ODR-reitti** on ODR-mittauksista koostuva kokonaisuus. Mittauskierroksen jälkeen raakadata lähetetään pilvipalveluun, josta sitä voi tarkastella erillisen ohjelman kautta. Ohjelmistolla voidaan data muuttaa esimerkiksi kaavioksi. (SKF 2017)

5 KUNNONVALVONNAN ALKUKARTOITUS

5.1. Haastattelun muodostaminen

Tehtaan kunnonvalvonnan nykytilannetta kartoitettiin vapaamuotoisilla haastatteluilla, joita toteutettiin massatehtaan valvomossa eri vuorojen operaattoreiden kanssa. Työ rajattiin koskemaan massa- ja kuorimoaluetta. Haastatteluissa sai antaa näkemyksiä omista ODR-järjestelmän kokemuksista. Vapaamuotoiseen haastatteluun osallistui 1–4 operaattoria kerralla.

Massatehdas ja kuorimo eroavat toisistaan kunnonvalvonnallisesti siten, että kuorimolla Schaeffler OPTIME-kattavuus on prosentuaalisesti suurempaa: Osittain sen takia, sillä tietyille laitteille ei voida suorittaa ODR-mittausta turvallisuussyistä tuotannon ollessa käynnissä. Silti perinteiset ODR-kierrokset kuitenkin löytyvät alueelta ja niitä tulee suorittaa osana muita työtehtäviä.

Tässä luvussa tarkastellaan myös Schaeffler OPTIME -järjestelmän käyttöä lähtötilanteessa. Lisäksi tarkastellaan esimerkin avulla järjestelmän kehityskohteita ja haasteita.

5.2. Haastatteluiden yhteenveto

Taulukossa 1 on esitetty haastattelun kysymykset sekä vastaukset. Tehtaalla on toivottu pidemmän aikaa suurempaa aktiivisuutta ODR-kierrokseen liittyen, sillä niille asetetut tavoitteet eivät ole toteutuneet. Vapaamuotoisessa operaattorien haastatteluissa korostui ajatus, onko ODR-mittaus tarpeellinen toimenpide, jos kohteesta löytyy Schaeffler OPTIME -anturi entuudestaan. Aistinvaraista kunnonvalvontaa kuitenkin suoritetaan kenttäkierroksilla, joissa tarkastellaan laitteiden ja koneiden kuntoa. ODR-mittauksien tekeminen koetaan aikaavievänä työtehtävänä. Välttämättä käynnissä olevista työtehtävistä ei pääse edes irtaantumaan ODR-mittauksien tekoon.

Kuinka tärkeäksi ODR-kierrokset mielletään osana työtehtäviä?	<ul style="list-style-type: none"> - Suoritetaan, kun ei ole kiireellisempiä työtehtäviä. - Miksi suoritetaan, jos löytyy jo Schaeffler OPTIME -anturi?
Koetaanko vastuunjako selkeäksi kunnonvalvonnassa?	<ul style="list-style-type: none"> - Mittaajalle on jäänyt vaikutelma, että mitään ei tapahdu, jos mittauksesta tulee hälytysrajan ylittävä tulos. - Vastuunjakoon toivotaan selkeyttä.
Onko ODR-mittausten tekeminen työlästä?	<ul style="list-style-type: none"> - Tabletti on isohko, hidastoiminen - Tiedonsiirto-ongelmia esiintyy välillä - Reittejä pitäisi päivittää, ettei tule turhaa liikkumista reitillä

TAULUKKO 1. Haastatteluiden yhteenveto

Toinen ODR-reitteihin liittyvä näkökulma on työn tarpeellisuus. Esimerkkitapauksena, jos operaattori suorittaa ODR-mittauksia perjantaina yövuorossa, voi tilanne olla sellainen, että SAP-ilmoitukseen reagoidaan vasta maanantaina. SAP-ilmoitus muodostuu automaattisesti hälytysrajan ylittävistä mittauksista. Koetaan siis, ettei kunnossapidollisia toimia tapahdu, vaikka mittauksia suoritetaan, mutta silti mittauksien tärkeyttä korostetaan osana kunnonvalvontaa. Yleinen toivomus olisi, että työnjako olisi selkeämpää kunnonvalvonnan osalta.

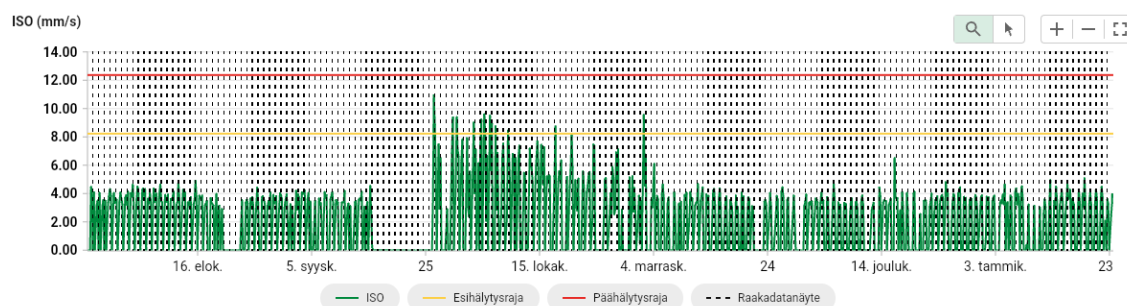
Kolmas esille noussut kehityskohde on itse mittaustapahtuma kokonaisuudessa ja sen epäkäytännöllisyys. Operaattorit kiertävät valmiiksi kenttäkierroksia, joilla koneita ja laitteita tarkastellaan ulkopuolisesti. ODR-järjestelmä koetaan välillä hitaaksi ja mittauspaikalla on saattanut joutua odottelemaan hetken ennen kuin mittaus on saatu käynnistettyä. Lisäksi välillä ilmenee tiedonsiirto-ongelmia. ODR-mittausten liittäminen ”kenttäkierrokseen” pidentäisi kierroksien kestoa huomattavasti. Pitkäkestoisella kierroksella on todennäköisempää, että operaattorille tulee muita kiireellisempiä työtehtäviä ja tätä kautta ODR-reitti jää kesken.

Kesken jäänyt kierros toki tallentuu ja sen voi suorittaa myöhemmin loppuun. Lisäksi mittaukset ovat epäkäytännöllisiä tehdä yksin, koska tabletti on suurehko käteen. Portaissa liikkuminen on esimerkiksi haasteellisempaa, kun ei saa toisella kädellä kiinni kaiteesta. Operaattori joutuu välillä käyttämään taskulamppua tarkastaessa koneita tai laitteita, joten kädet tuntuvat täysiltä.

5.3. Schaeffler OPTIME -järjestelmän hyödyntäminen lähtötilanteessa

Schaeffler OPTIME -järjestelmää hyödynnetään osana kunnonvalvontaa tehtaalla. Antureita on kiinnitetty lukuisiin laitteisiin ja koneisiin ja niiden lähettämää dataa seurataan ohjelmiston kautta. Seuraaminen tapahtuu kuitenkin vain kunnonvalvontaosaston puolesta.

Kuviosta 2 havaitaan nopeuden mittaussarvon nousemista 25. syyskuusta eteenpäin. Dataa ei kuitenkaan hyödynnetty tarpeeksi tehokkaasti, sillä hälytysraja ylityi kuukauden mittaiselta ajalta. ODR-mittauksiakaan ei ole suoritettu kyseisestä laitteesta, joten koneen rikkoutumisen todennäköisyys on ollut korkeampi. Kuukausi on koneen kuntoa ajatellen liian pitkä aika olla reagoimatta. Kuvattu esimerkki kuvaa kunnonvalvonnan ongelmatilannetta: Schaeffler OPTIME tuottaa dataa laitteista, mutta sitä ei käytetä riittävästi hyödyksi.



KUVIO 2. Kuorimon hakun vaihteiston vapaa pään mittausdataa

6 PARANNUSEHDOTUKSET TOIMINTAMALLIIN

Tässä luvussa on esitelty suunnitellut ratkaisuehdotukset ja muokkaukset käytössä oleviin malleihin, joita myös kokeellisesti testataan. Näiden pohjalta muodostetaan toimenpidesuosituksia. Ehdotukset ovat yleisiä parannuksia nykyiseen toimintamalliin, eli uuden toimintamallin muodostamisesta ei ole kyse.

Ratkaisuehdotuksia on kolme: **ODR-reitin optimoiminen, Schaeffler-datan hyödyntäminen valvomoissa ja ODR-reittien aikatauluttaminen.** ODR-reitin optimoimisessa käsitellään ODR-reitin muokkaamista siten, että Schaeffler OPTIME -mittauksia painotetaan enemmän ja ODR-mittauksilla hoidetaan vain visuaaliset havainnot laitteista. Aikataulutuksella tarkoitetaan taas reittien uusiutu- vuutta järjestelmässä.

ODR-reittiä optimoidaan siten, että muodostetaan olemassa olevasta reitistä testireitti, joka on muokattu eräästä massatehtaan reitistä siten, että reitiltä on poistettu kuntokoemittaukset niistä kohteista, joista löytyy Schaeffler OPTIME -anturi. Reitille jää kuitenkin muutama kohde, josta ODR-mittaus on suoritettava, sillä näistä kohteista ei löydy Schaeffler OPTIME -anturia. Reitin luonne muuttuu siten, että päätelaitteelle kirjataan lähinnä fyysiset havainnot laitteesta, esimerkiksi outo ääntely tai vuodot. Tällöin mahdollisista epäkohdista muodostuu suora SAP-ilmoitus. ODR-mittaukset suoritetaan työpuhelimella luvussa 5.2 esitetyn haastattelun pohjalta.

Testireitin muodostamisen ideana olisi muuttaa ODR-reittejä enemmän fyysisten havaintojen tekemiseen, joita ei luonnollisesti automaattimittauksilla voida korvata. ODR-mittauksessa vastailaan koneen kuntoa koskeviin kysymyksiin, joihin ei muuten välttämättä kiinnittäisi huomiota. ODR-reitille lisätään kysymys Schaeffler-anturin kiinnityksestä vastauksilla ”kyllä” tai ”ei”.

Valvomoon lisätään yhdelle näytölle yhteenvetönäkymä Schaefflerin verkkosivuilta, jossa on rajattu näkymään sellutehtaan laitteet. Näin ollen suoritettuja automaattimittauksia voidaan tulkita nopeammin sekä tehdä tarvittavia toimenpiteitä. Jos Schaeffler OPTIME -mittaus antaa normaalista poikkeavan hälytyksen,

voisi operaattori käydä suorittamassa ODR-mittauksen kyseisestä pisteestä. Tällöin mahdollisesta viasta muodostuisi suoraan ilmoitus SAP:iin.

Schaeffler OPTIME -mittausdata ohjaa operaattoria tekemään siis ODR-mittauksia kohteista, joissa vikaantumisen riski on kohonnut. Schaeffler OPTIME -järjestelmässä on neljä kategoriaa koneen tilalle: normaali, epäilyttävä, varoitus ja vakava. Reagoimista vaaditaan vähintään varoitustilan ylittyessä.

ODR-mittauksia suoritetaan alkuperäiseen tapaan kuin ennenkin, mutta reittejä, joilla ei ole Schaeffler OPTIME -antureita, painotetaan useammin. Tämä tapahtuu siten, että ohjataan kyseiset reitit uusiutumaan järjestelmässä useammin. Schaeffler OPTIME-dataa hyödynnetään niiden laitteiden osalta, joista ne löytyvät.

ODR-reitit, jotka sisältävät Schaeffler OPTIME-antureita runsaammin, aikataulutetaan uusiutumaan harvemmin, esimerkiksi kerran kuukauteen, ikään kuin tarkistuskierröksiksi. Tämä malli voitaisiin lisätä toimintamalliin, jossa valvomosta hyödynnetään Schaeffler OPTIME-dataa niiden koneiden osalta, mistä sitä on saatavilla.

7 TULOSTEN ESITTELY

7.1. Ratkaisuehdotuksien arvioiminen

Tässä luvussa käsitellään luvussa 6 esitettyjä ratkaisumalleista syntyneitä havaintoja sekä ideoita. Kaikkia ehdotuksia ei päästy testaamaan käytännössä, joten arviointi jäi pohdintatasolle. Myös ODR-reitin optimoiminen herätti kysymyksen, antavatko järjestelmät samansuuruisia mittaustuloksia, joten muutamasta laitteesta suoritettiin testimittaukset datan vertailun vuoksi. Tulokset analysoidaan tässä luvussa.

Testikierros osoittautui nopeaksi vaihtoehdoksi verrattuna vanhaan ODR-reittiin. Työpuhelimella oli näppärää suorittaa ODR-mittauksia ja sen sai nopeasti auki taskusta, jos tarvitsi kädet vapaaksi noustessa esimerkiksi tikkaita. ODR-reitti eteni nopeasti, sillä kierroksella tehtiin lähinnä visuaalisia havaintoja, jotka sitten kuitattiin järjestelmässä. Mittauspisteelle pitäisi lisätä erillinen kohta, jossa tehdään havainto Schaeffler-anturin kiinnittymisestä koneeseen, sillä anturin heikko kiinnittyminen tai irtaantuminen estää automaattimittauksien tuottamisen. Lisäksi anturin pariston tilaa täytyisi tarkkailla entistä tarkemmin.

Schaeffler OPTIME -datan seuraaminen on hyödyllistä yhteisvalvomosta käsin. Dataa voisi hyödyntää ODR-kierrosten tekemiseen niiden laitteiden osalta, joista saadaan Schaeffler OPTIME -mittauksilla hälytysrajoja ylittäviä tuloksia. ODR-mittaus muodostaa automaattisen SAP-ilmoituksen, mikä saadaan delegoitua nopeasti eteenpäin. Kynnys ODR-mittauksille laskisi huomattavasti, kun tietäisi mahdolliset kohteet, joilla on havaittu jotain poikkeamia mittaussuureissa. Schaeffler OPTIME -datan seurannasta voisi pitää operaattoreille perehdytyksen selvennykseksi.

7.2. Schaeffler OPTIME -mittauksien vertaaminen ODR-mittauksiin

ODR-järjestelmän optimointia suorittaessa heräsi kysymys, eroavatko järjestelmien mittaustulokset toisistaan ja tämän vuoksi poimittiin muutama kohde, joille

suoritettiin ODR-mittauksia ja verrattiin niitä Schaeffler OPTIME-mittauksiin. Tarkasteltavina suureina olivat nopeus sekä lämpötila. Kiihtyvyys jätettiin pois tarkastelusta, sillä mittauksilla olivat eri kiihtyvyyden yksiköt. Saadut tiedot on koottu liitteistä 1,2,3,4 ja 5.

	lämpötila (°C)	nopeus (mm/s)	mittauspiste
ODR	71,65	0,73	puristesuodos-pumppu
Schaeffler	45,62	0,42	
ODR	36,73	4,95	hakku (ensiöakseli)
Schaeffler	39,11	4,66	
ODR	4,67	1,06	nipunhajotuskuljetin (ensiöakseli)
Schaeffler	1,67	0,87	
ODR	75,07	0,63	massapumppu 2-pe-sulinjalle
Schaeffler	55,75	0,42	
ODR	40,39	0,65	suodoslipeäpumppu
Schaeffler	34,00	0,9	

TAULUKKO 2. Mittaustuloksien vertaileminen

Taulukossa 2 on vertailtu ODR- ja Schaeffler OPTIME- järjestelmillä suoritettuja mittauksia. Data on koottu liitteiden 1,2,3,4 ja 5 avulla. Tuloksista nähdään, että lämpötilojen välillä on suurempaa heittoa lähes joka mittauksessa, lukuun ottamatta nipunhajotuskuljetinta. Tämä mittauspiste sijaitsee ulkona kylmissä olosuhteissa. Lämpötilamittauseroa voidaan selittää sillä, että Schaeffler OPTIME - anturissa lämpötilaa mittaava komponentti sijaitsee piirilevyllä, eli suoraa kontaktia mitattavan kohteen kiinnityspintaan ei ole. Anturi mittaa siis ympäristön eikä kohteen lämpötilaa. (Manninen, 2024)

Värähtelynopeus pysyttelee samoissa tuloksissa mittauksien välillä. Mittauksia tehdessä selvisi, että Schaeffler OPTIME-järjestelmä ei kykene mittamaan tarkasti sellaisia kohteita, joissa värähtely jää todella pieneksi. Silloin ero kasvaa suureksi järjestelmien välillä.

Myös Schaeffler OPTIME-anturin kiinnitystavalla on merkitystä mittausten kannalta. Kuvissa 3 ja 4 ovat poraamalla sekä liimaamalla kiinnitetyt Schaeffler-anturit. Liimasta voi muodostua eristävä kerros kiinnityspintaan ja täten antaa epätarkempia tuloksia. Myös anturin irtoamiselta säästytään, jos se kiinnitetään poraamalla mitattavaan kohteeseen.



KUVA 3. Poraamalla kiinnitetty Schaeffler OPTIME -anturi



KUVA 4. Liimaamalla kiinnitetty Schaeffler OPTIME -anturi

8 JOHTOPÄÄTÖKSET JA POHDINTA

8.1. Ehdotettu ratkaisumalli

Luvussa 7.2 osoitettiin, että Schaeffler OPTIME -anturi ei kykene mittaamaan lämpötilaa tarkasti, joten ODR-mittauksia ei voida täysin niillä korvata. Täten ensimmäinen ratkaisuehdotus, joka on esitetty luvussa 6.2, jättäisi lämpötilamittauksen arvottomaksi ja täten kunnonvalvonnan mittaukset olisivat nopeuden ja kiihtyvyyden varassa. Tietyillä laitteilla tämä voisi toimia, joilla lämpötilamittaus ei olisi niin merkittävä suure.

Suoranaisesti yksittäisiä malleja ei voida yksinään toteuttaa, mutta niistä pystyisi yhdistelemään joltain osin. Haasteita aiheuttaa mittauskohteiden erilaisuus, joten näille joutuisi tekemään jonkinlaisen kartoituksen, millä kohteilla voidaan luottaa yksinään Schaeffler OPTIME-dataan ja millä taas vaaditaan ODR-mittauksia. Kartoituksen jälkeen voidaan uudelleenjärjestellä ODR-reittejä siten, että järjestelmässä uusiutuisi ne kohteet useammin, joilla on suurempi prioriteetti mittauksen suhteen.

Alla on esitetty toimintamalliin lisättäviä toimenpiteitä:

- Kartoitus Schaeffler OPTIME -antureille (testataan, voidaanko mittausdataan luottaa kyseisen kohteen osalta)
- ODR-kierroksien päivittäminen ja uudelleenaikatauluttaminen
- Data collectionin asentaminen operaattoreiden työpuhelimisiin sekä perehdytys
- Datan seuraaminen yhteisvalvomosta

Datan seuraaminen otetaan käyttöön valvomoihin. Tämän avulla voidaan suorittaa ODR-mittauksia niiden laitteiden osalta, joilta Schaeffler OPTIME-mittaukset antavat hälytysrajojen ylittäviä tuloksia. ODR-mittauksista tulisi enemmän ”kohdistettuja” mittauksia sinne, missä voisi olla alkavaa vikaa. Näin ollen ehkäiseviä kunnossapitotoimia saataisiin aikaisemmin jo aloitettua. Värikoodeja seuraamalla

olisi mahdollista käydä kenttäkierroksella jossain vaiheessa vuoroa suorittamassa tarkentavat ODR-mittaukset, joista muodostuisi hälytysrajan ylittyessä SAP-ilmoitukset. Operaattoreiden on tärkeä seurata suoritettuja ODR-mittauksia, ettei käy esimerkiksi tilannetta, jossa edellinen vuoro on tehnyt hälytysrajan ylittävän mittauksen ja seuraava vuoro on menossa suorittamaan samaa mittausta.

Kunnonvalvontaosaston tulee tutkia hieman tarkemmin Schaeffler OPTIME -mittauksia. Luvussa 7.2 todettiin, että järjestelmä ei kykene mittaamaan tarkasti värähtelynopeutta, jos kyseinen arvo jää pieneksi. Näissä tapauksissa ODR-mittauksilla tuli suurempi hajonta Schaeffler OPTIME -mittauksiin. Herää kysymys, soveltuuko Schaeffler OPTIME -mittaus tämän tyyppisiin kohteisiin.

Vanhasta toimintamallista, jossa ODR-mittauksia suoritetaan, ei silti kannata luopua, mutta se tarvitsee jonkinlaista päivittämistä siten, että reitit, joilla on alhainen Schaeffler OPTIME -kattavuus, pitäisi uusiutua järjestelmässä useammin. Tähän voisi lukea myös kohteet, joille lämpötila on tärkeä mittaussuure. Tämä toimenpide tulee vaatimaan jonkinlaista luokittelua laitekohtaisesti ja sen jälkeen esimerkiksi uuden reitin perustamista.

8.2. Pohdinta

Opinnäytetyössä pohdittiin, voisiko kohdeyrityksen kahta kunnonvalvontajärjestelmää yhteensovittaa. Työn lähtötilanne oli se, että Schaeffler OPTIME -järjestelmästä saatua dataa ei hyödynnetty tarpeeksi ja samaan aikaan ODR-mittauksia ei suoritettu riittävästi tavoitteisiin nähden. Työn alussa tutustuttiin kunnonvalvontajärjestelmiin sekä haastateltiin operaattoreita nykyisestä tilanteesta. Saadun tiedon pohjalta alettiin suunnittelemaan pieniä muutosehdotuksia, joita olisi helppo ottaa käyttöön nykyiseen toimintamalliin.

Haasteeksi nousivat kunnonvalvontajärjestelmien eroavaisuudet. Automaattimittauksia tuottava Schaeffler OPTIME -anturi ei vaadi operaattoria paikalle suorittamaan mittausta, mutta jättää visuaaliset havainnot tekemättä. Vastaavasti operaattoreilla ei aina ole aikaa suorittaa ODR-mittauksia muiden työtehtävään takia. Oli siis selvää, ettei kumpikaan järjestelmä voi kumota toisiaan. Lisäksi vertailumittauksia suorittaessa selvisi, että Schaeffler OPTIME -anturi ei lähtökohtaisesti

mittaa mitattavan kohteen lämpötilaa, vaan komponentti sijaitsee piirilevyllä ja saatu tulos kuvastaa enemmän ympäristön lämpötilaa. Värähtelynopeuden sijaan tulokset ovat vertailukelpoisia ja myös samansuuruisia, joten kyseistä arvoa voidaan pitää luotettavana.

Puutteellisen lämpötilamittauksen vuoksi luvussa 6 käsitelty ratkaisuehdotus, jossa ODR-reittejä optimoitaisiin jättämällä ODR-mittaukset pois niistä kohteista, joissa Schaeffler OPTIME -anturi jo löytyy, jättäisi kunnonvalvonnan tilan vapaaksi. Vastaavasti Schaeffler OPTIME -datan hyödyntäminen valvomoissa voisi olla hyödyllistä, sillä se ei vaadi paljoa vaivaa operaattorilta, mutta voi merkittävästi edistää kunnonvalvontaa. Myös ODR-reittien uudelleenaikataulutaminen olisi hyödyllistä sekä niiden reittien priorisoiminen, joilta ei löydy Schaeffler OPTIME -anturia. Lämpötilamittauksen osalta voisi toteuttaa jollain eri mittarilla, jos kohde on kriittinen lämpötilamittauksesta.

Työn aikana heräsi ajatus Schaeffler OPTIME -järjestelmän sopivuudesta osana kunnonvalvontasuunnitelmaa ja myöhemmin osoitettiin, että lämpötilamittaukset eivät ole verrattavissa ODR-mittauksiin. Myös havaittiin, että värähtelynopeuden pienentyessä, mittausero kasvaa Schaeffler OPTIME -järjestelmällä verrattuna ODR-mittaukseen. Kunnonvalvontaosasto voi suorittaa jatkotutkimuksia tätä aihetta koskien, löytyisikö tälle jokin raja-arvo, jonka jälkeen mittaustuloksessa alkaa muodostumaan hajontaa. Tämä myös tarkoittaa sitä, että Schaeffler OPTIME -mittauksia ei voida tämän kaltaisilta kohteilta mitata.

Opinnäytetyöstä saatiin hyvä tietopaketti kohdeyrityksen käytössä olevista kunnonvalvontajärjestelmistä, kartoitettua nykytilanne sekä ideoita, miten nykyistä toimintamallia voisi muokata pienillä muutoksilla. Kohdeyrityksen on helpompaa lähteä työn pohjalta kehittelemään, miten kunnonvalvonnallisiin haasteisiin voidaan vastata sekä lähteä jatkojalostamaan esitettyjä ideoita.

LÄHTEET

Järviö, Jorma & Lehtiö, Taina 2012. Kunnossapito – tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Koski, J. Sarjakondensaattorien luotettavuus ja kunnonhallinta. Diplomityö. 2015. Tampereen teknillinen yliopisto. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:tt-201510191648>

Nohynek, Petri & Lumme, Veli Erkki 2004. Kunnonvalvonnan värähtelymittaukset. 2. Täydennetty painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Manninen, Jaakko 2024: Schaeffler-yhteyshenkilö Jaakko Mannisen vastaukset sähköpostitse 26.1.2024.

Mikkonen, Henry, Miettinen Juha, Leinonen. Pertti, Jantunen, Erkki, Kokko, Voitto, Riutta, Erkki, Sulo, Petri, Komonen, Kari, Lumme, Veli Erkki, Kautto, Juha, Heinonen, Kari, Lakka, Sami & Mäkeläinen, Risto 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito. Kerava: KP-Media Oy.

Schaeffler a. History. Viitattu https://www.schaeffler.com/en/com-pany/history_1/history.jsp

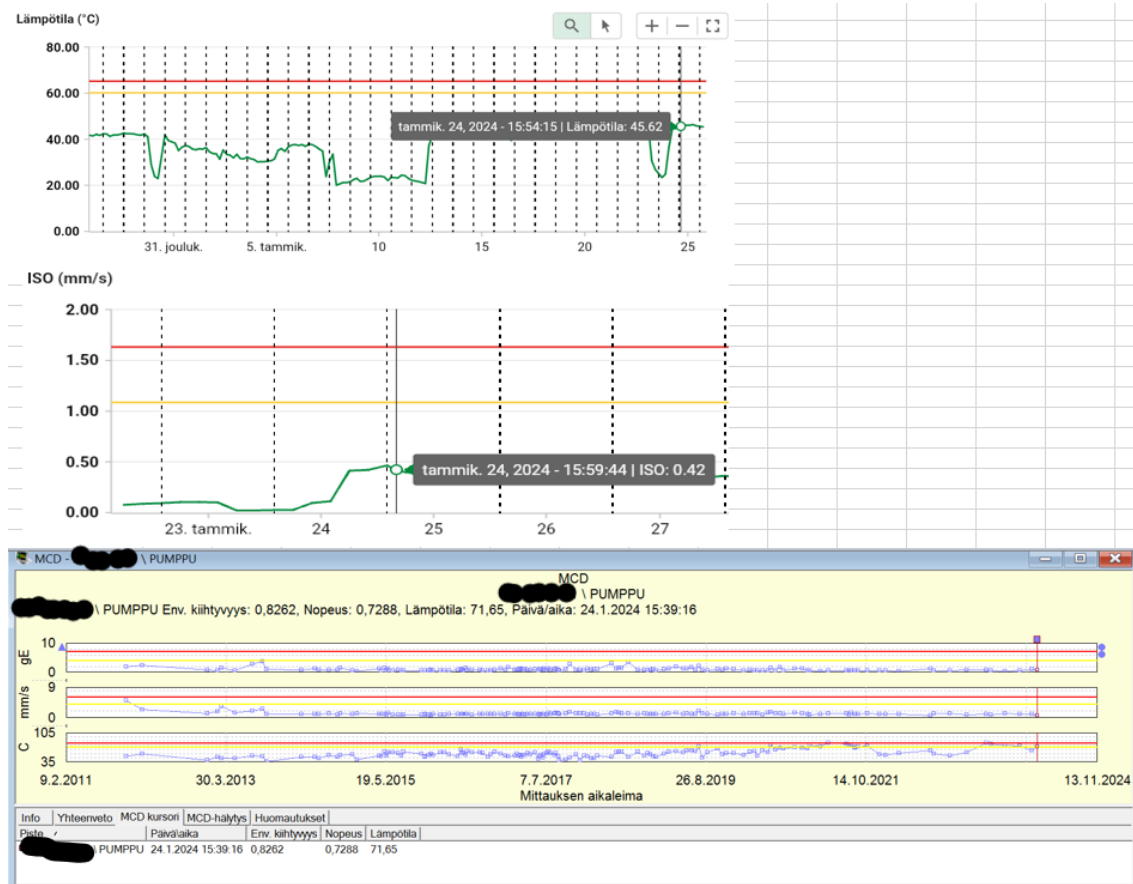
Schaeffler b. OPTIME. Viitattu https://www.schaeffler.fi/fi/products-and-solutions/industrial/product-portfolio/maintenance_products/optime/index.jsp

Schaeffler c. OPTIME user manual. Viitattu https://www.schaeffler.fi/fi/news_media/media_library/index.jsp?tab=mediathek-pub&uid=87577664&subfilter=app:dc;language-vid:167;language-pub:167;mediatyp-pub:all;referencetyp-pub:0

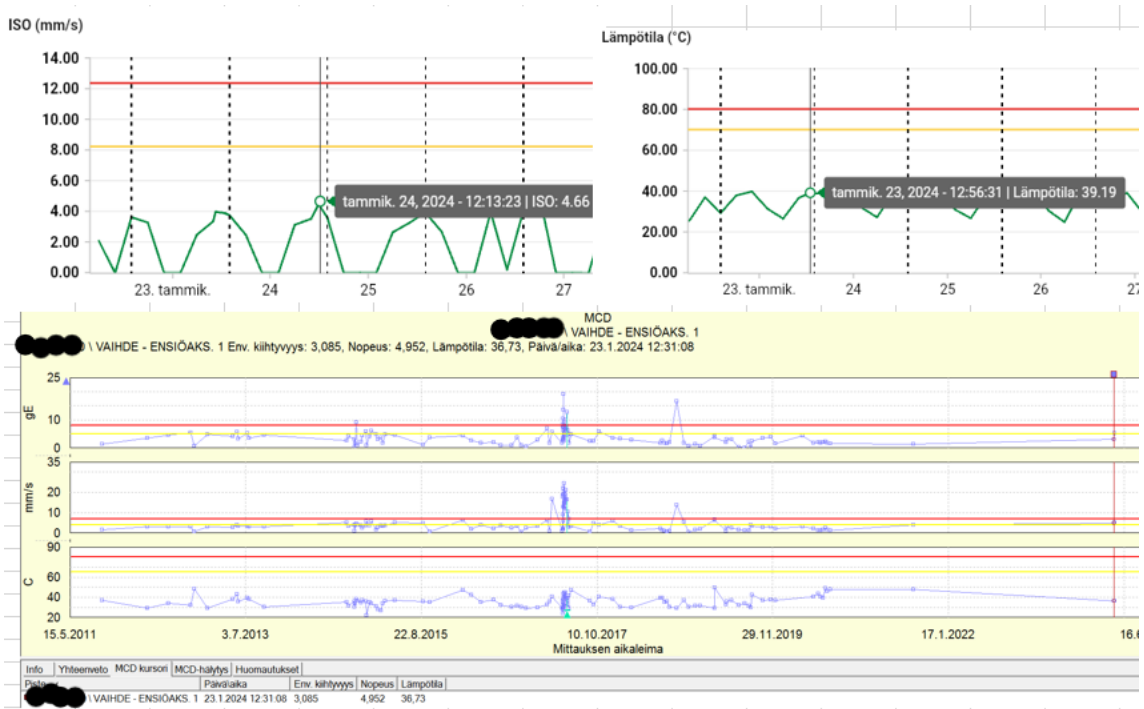
SKF Finland. SKF Enlight QuickCollect, 2017. PDF. https://nordic.promo.skf.com/acton/attachment/14804/f-034b/1/-/-/-/DataCollect%20brochure.pdf?utm_term=SKF%20Enlight%20DataCollect%20-esite&utm_campaign=K%5Cu00E4ytt%5Cu00F6varmuutta%20k%5Cu00E4ytt%5Cu00E4j%5Cu00E4yst%5Cu00E4v%5Cu00E4llisesti&utm_content=landing+page&utm_source=Act-On+Software&utm_medium=landing+page&utm_campaign=Act-On%20Software-Landing%20Page-K%5Cu00E4ytt%5Cu00F6varmuutta%20k%5Cu00E4ytt%5Cu00E4j%5Cu00E4yst%5Cu00E4v%5Cu00E4llisesti-SKF%20Enlight%20DataCollect%20-esite&sid=TV2:VJiizkZW0

LIITTEET

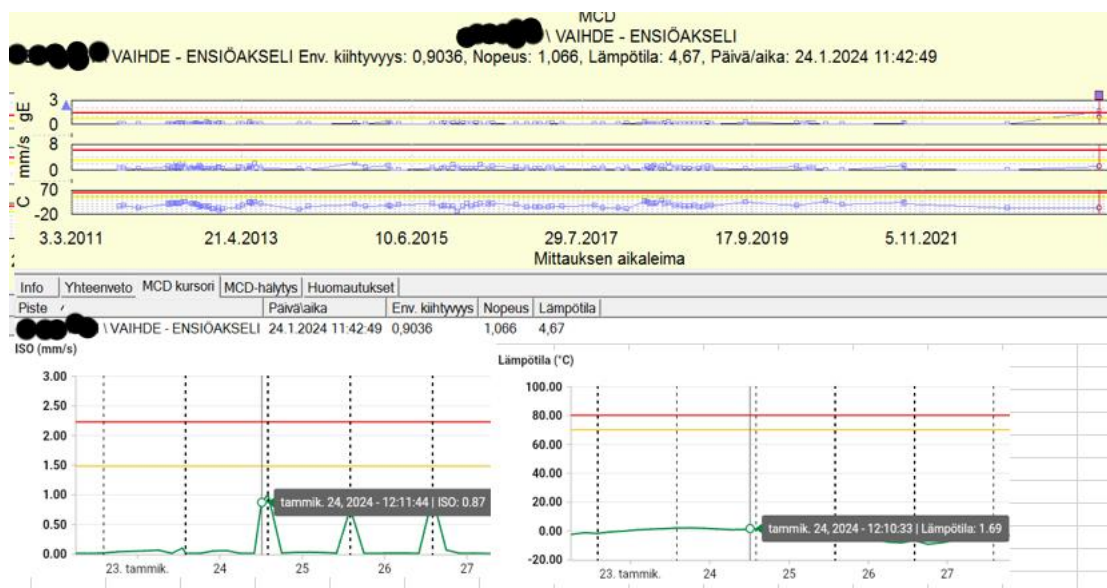
Liite 1. Puristesuodospumpun mittaukset



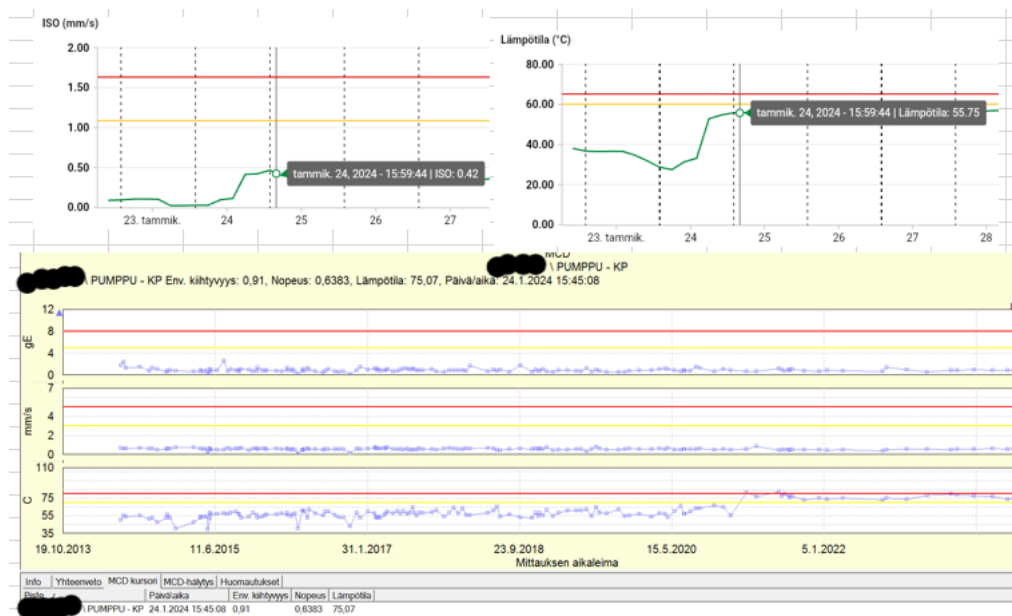
Liite 2. Hakun mittaukset



Liite 3. Nipunhajoituskuljettimen mittaukset



Liite 4. Massapumpun mittaukset



Liite 5. Suodoslipeäpumpun mittaukset

