



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

PÖLY- JA PURUPUHALTI- MIEN ENNAKKOHUOLLON KEHITTÄMINEN

Kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönotto

TEKIJÄ:

Antti Rossi

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Tutkinto-ohjelma Konetekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Antti Rossi	
Työn nimi Pöly- ja purupuhaltimien ennakkohuollon kehittäminen – Kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönotto	
Päiväys 24.2.2022	Sivumäärä/Liitteet 41/5
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Quant Finland Oy	
Tiivistelmä <p>Ennakkohuoltojen kehittäminen parantaa tuotantolaitteiden teknistä käytettävyyttä ja vaikuttaa pitkällä aikavälillä positiivisesti kunnossapitokustannuksiin. Nykyaikaisessa kunnossapidossa pyritään ennakoimalla ehkäisemään yllättävät laiterikot ja tuotantokatkokset kunnonvalvontaa sekä erilaisia määräaikaistarkastuksia- ja mittauksia hyödyntämällä. Teollisuudessa kiinnitetään nykyisin enemmän huomiota turvallisuuteen, ja ennakoiva kunnossapito on yksi tehokkaimmista keinoista ehkäistä tuotantolaitteiden aiheuttamia yllättäviä vaaratilanteita, kuten laakerivaurioista aiheutuvia syttymiä.</p> <p>Kehittämistyön toimeksiantajana toimi Quant Finland Oy, joka halusi kehittää kunnossapidon ennakkohuoltotoimenpiteitä Suolahden yksikössä nykyaikaisemmalle tasolle. Työn tarkoituksena oli kehittää pöly- ja purupuhaltimien ennakkohuoltoa ottamalla käyttöön Quant Predict Common Core-kunnonvalvontajärjestelmä (qPCC). Kehittämistyön teoriaosuus pohjautuu teollisuuden käyttämiin standardeihin ja sisältää keskeistä tietoa kunnossapidosta sekä sen lajeista, kunnonvalvonnasta ja värähtelymittauksesta.</p> <p>Työn tuloksena toimeksiantaja sai käyttöönsä toimivan qPCC-kunnonvalvontajärjestelmän, joka mahdollisti toimivan reaaliaikaisen yhteyden aikaansaamisen valvottaviin laitteisiin. qPCC-järjestelmän avulla ensimmäinen keskipakopuhaltimen laakerivaurio havaittiin ennen yllättävää laiterikkoa. Työn tuloksena käyttöönotettua järjestelmää aloitettiin laajentamaan jo tämän kehittämistyön aikana.</p>	
Avainsanat kunnossapito, kunnonvalvonta, värähtelymittaus	

Field of Study Technology, Communication and Transport	
Degree Programme Degree Programme in Mechanical Engineering	
Author(s) Antti Rossi	
Title of Thesis Development of Predictive Maintenance of Dust Transfer Blowers – Commissioning of Condition Monitoring System	
Date 24 February 2022	Pages/Appendices 41/5
Client Organisation /Partners Quant Finland Oy	
<p>Abstract</p> <p>The development of preventive maintenance improves the technical usability of production machines and has a long-term positive effect on maintenance costs. In modern maintenance, the aim is to prevent unexpected machine failures and production interruptions by utilizing condition monitoring and various periodic inspections and measurements. Currently, in the industrial fields ever increasing attention is paid to safety and preventive maintenance. Preventive maintenance is one of the most effective ways to prevent unexpected dangerous situations caused by production machines, such as fires caused by bearing damage.</p> <p>The thesis was carried out as development work commissioned by Quant Finland Oy (Quant). Quant aimed to develop the preventive maintenance measures on a customer site in Suolahti to a more modern level. The purpose of the work was to develop the preventive maintenance of dust transfer blowers by introducing the Quant Predict Common Core-condition monitoring system (qPCC). The theoretical part of the development work was based on the standards used by the industry and contains information on maintenance types, condition monitoring and vibration measurement.</p> <p>As a result of the development work, the client has access to a functioning qPCC-condition monitoring system thus enabling a working real-time connection to the monitored machines. The first damage in the bearing of the blower was detected before a sudden machine failure. It was started to expand the qPCC-condition monitoring system already during this development work on a customer site in Suolahti.</p>	
<p>Keywords maintenance, condition monitoring, vibration measurement</p>	

ESIPUHE

Tämä kehittämistyö tehtiin Quant Finland Oy:lle Äänekoskella vuoden 2021 aikana. Tahdon kiittää Quant Finland Oy:n Suolahden yksikön henkilöstöä, sekä Savonia ammattikorkeakoulun opettajia saamastani tuesta koko ammattikorkeakoulu opintojeni aikana. Erityiskiitokset opinnäytetyöni asiantuntevasta ohjauksesta saavat Quant Finland Oy:n Suolahden toimipisteen yksikönpäällikkö Janne Jääskeläinen ja Savonia ammattikorkeakoulun lehtori Markus Saulio. Lisäksi tahdon kiittää opiskelutovereitani ikimuistoisesta opiskeluajasta Kuopiossa.

Jyväskylässä 24.2.2022

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn taustatiedot.....	8
1.2	Työn tavoitteet ja toteutus	8
1.3	Rajaukset	9
2	SIDOSRYHMIEN ESITTELY	10
2.1	Quant Finland Oy	10
2.2	Metsä Wood	10
2.3	Savonia-ammattikorkeakoulu	11
3	KUNNOSSAPITO	12
3.1	Kunnossapidon määritelmä.....	12
3.2	Kunnossapidon tavoitteet ja lajit	12
3.3	Suunniteltu kunnossapito	13
3.3.1	Ehkäisevä kunnossapito.....	13
3.3.2	Kunnostaminen	14
3.3.3	Parantava kunnossapito.....	14
3.4	Häiriökorjaus	14
3.4.1	Välittömät korjaukset	15
3.4.2	Siirretyt korjaukset	15
3.5	Ennakoivan kunnossapidon merkitys yrityksen liiketoiminnassa	15
4	KUNNONVALVONTA JA VÄRÄHTELYMITTAUS.....	16
4.1	Kunnonvalvonta kunnossapidon työkaluna	16
4.2	Värähtelymittaus.....	17
4.2.1	Värähtelymittauksen periaate.....	17
4.2.2	Menetelmät värähtelymittauksessa	17
4.2.3	Kiihtyvyyssanturit	18
4.2.4	Nopeusanturit	18
4.2.5	Siirtymäanturit	18
4.2.6	Kunnonvalvonta etätoteutuksena	19
4.3	Tilaaajan kunnonvalvontajärjestelmä Quant Predict Common Core (qPCC)	19
4.3.1	Työtilausjärjestelmä Maximo	20
4.3.2	iMonnit Online-Järjestelmä.....	21

5	KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS.....	22
5.1	Kehittämistyön määritelmä	22
5.2	Kehittämistyön suunnitteluvaihe.....	22
5.2.1	Tarkasteltavien laitteiden valinta	23
5.2.2	Reitittimien paikkojen määrittäminen.....	24
5.2.3	Laitetietojen kerääminen	24
5.3	Kehittämistyön toteutusvaihe.....	25
5.3.1	Laitteiden lisääminen työtilausjärjestelmä Maximoon	25
5.3.2	Laite- ja anturitietojen lisääminen Quant Predict Common Core- kunnonvalvontajärjestelmään	26
5.3.3	Anturi- ja reititin tietojen lisääminen iMonnit-järjestelmään.....	27
5.3.4	Antureiden asennus.....	27
5.3.5	Verkkoyhteyden rakentaminen ja reitittimien käyttöönotto.....	29
6	YHTEENVETO.....	30
6.1	Kehittämistyön tulokset	30
6.2	Kehittämistyön ja tuloksien arviointi	31
6.3	Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys.....	32
6.4	Kehittämistyön hyödynnettävyys ja kunnonvalvonnan lisääminen.....	33
6.5	Ammatillinen kehitys	33
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	35
	LIITE 1: VALOKUVAUSLUPA	37
	LIITE 2: MONNIT ALTA - INDUSTRIAL WIRELESS ACCELEROMETER - ADVANCED VIBRATION METER	38
	LIITE 3: MONNIT ALTA – EGW4 GATEWAY.....	39
	LIITE 4: LAITELISTAUS.....	40
	LIITE 5: LAITETIETO LISTAUS.....	41

KUVALUETTELO

Kuva 1. Keskipakopuhallin. (Rossi, 2021).....	8
Kuva 2. Suolahden havu- ja koivuvaneritehdas. (Quant Finland Oy, 2021).....	11
Kuva 3. Kunnossapidon lajit standardia PSK 7501 mukaillen. (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 47).....	13
Kuva 4. Havainnekuva vierintälaakerin vikaantumisen vaiheista P-F-käyrällä. (Mikkonen , ym., 2009, s. 141).....	16
Kuva 5. qPCC-järjestelmän kommunikointi muiden järjestelmien kanssa. (Rossi, 2021).....	20
Kuva 6. Työtilausjärjestelmä Maximo. (Rossi, 2021)	20
Kuva 7. iMonnit-Online järjestelmä. (Rossi, 2021)	21
Kuva 8. Kunnonvalvontajärjestelmän laitteet tehdasalueen layout kuvassa. (Rossi, 2021).....	24
Kuva 9. Kehittämistyön eteneminen. (Rossi, 2021)	25
Kuva 10. Mittauspää kiinnitettynä sähkömoottoriin. (Rossi, 2021)	28
Kuva 11. Mittauspää kiinnitettynä puhaltimen väliakselissa. (Rossi, 2021).....	28
Kuva 12. Antureiden kiinnitys kaapelihyllyyn. (Rossi, 2021).....	28
Kuva 13. qPCC-järjestelmän seurantanäyttö korjaamotiloissa. (Rossi, 2021)	30
Kuva 14. Vaurioitunut puhaltimen laakeri. (Rossi, 2021)	31
Kuva 15. Monnit ALTA värähtelyanturi. (Rossi, 2021)	38
Kuva 16. Monnit ALTA EGW4-Gateway tarvikkeineen. (Rossi, 2021)	39

1 JOHDANTO

1.1 Työn taustatiedot

Opinnäytetyön toimeksiantaja Quant Finland Oy vastaa Äänekosken Suolahdessa sijaitsevalla Metsä Woodin vaneritehtaalla tehdaskunnossapidosta. Tilaaja oli kiinnittänyt huomiota pölyn- ja purunsiirtopuhaltimien yllättäviin vikaantumisiin, joissa lähes aina vaurioitunut koneen osa oli jokin laitteen laakereista tai keskipakopuhaltimen siipi. Vikaantuneet laitteet sijaitsevat pölyräjähdykselle suotuisalla alueella ja toimivat osana asiakkaan tuotantoprosessin pölyn- sekä purunkäsittelylaitteita. Vaurioituessaan keskipakopuhaltimen (kuva 1) siipi tai laitteen laakerivauriot voivat aiheuttaa korkeita lämpötiloja ja pahimmassa tapauksessa kipinöitä. Tämä lisää pölyräjähdysten ja tulipalon riskiä merkittävästi. Yllättävistä laitevioista aiheutuvat suunnittelemattomat tuotantokatkokset aiheuttavat tilaajalle merkittäviä kustannuksia sekä tuotannon menetyksiä.



Kuva 1. Keskipakopuhallin. (Rossi, 2021)

1.2 Työn tavoitteet ja toteutus

Työ toteutettiin kehittämistyönä ja työn tavoitteena oli kehittää pöly- ja purupuhaltimien ennakko-huoltoa ottamalla käyttöön kunnonvalvontajärjestelmä, joka mittaa järjestelmään liitettyjen laitteiden värähtelytaajuutta sekä lämpötilaa ja tallentaa kerätyt mittaustulokset sähköiseen muotoon.

Värähtely- ja lämpötila antureiden keräämät mittaustulokset käsitellään langattomasti kahden eri pilvipalvelun välityksellä ja asetetut raja-arvot ylittävä värähtelytaajuus ohjaa järjestelmän lähettämään hälytyksen vastuuhenkilöiksi merkityille työnjohtajille sekä laitteista vastaaville asentajille. Jokaisesta hälytyksestä tallentuu työtilaus kunnossapidon sähköiseen työtilausjärjestelmä Maximoon ja työtilausten historiatiedot ovat luettavissa jopa vuosien jälkeen samasta järjestelmästä. Värähtely- ja lämpötilamittauksen mittaustulokset tallentuvat myös iMonnit- ja Quant Predict Common Core-järjestelmiin, joissa mittaustulokset muodostavat määritettyjen tietojen perusteella mittauskäyriä. Mittauskäyrästä voidaan havaita värähtelytaajuuden- sekä lämpötilanmuutokset, joiden perusteella kunnonvalvonnan asiantuntijat voivat arvioida laitteen kuntoa sekä mahdollista huolto tai korjaus tarvetta.

Ennen kehittämistyön toteuttamista sivutuotepuhaltimien ennakkohuollot ovat sisältäneet seuraavat toimenpiteet neljän viikon välein:

- Värähtelyn aistinvarainen tarkastus sähkömoottorista ja puhaltimesta
- Sähkömoottorin lämpötilan aistinvarainen tarkastus
- Kiilahihnojen kuuntelu käynnin aikana
- Kiilahihnojen- ja hihnapyörien kunnon tarkastus
- Sähkömoottorin ja puhaltimen laakereiden rasvaus
- Sähkömoottorin tuuletusritilän ja jäähdytysripojen puhdistus. (Quant Finland Oy, 2021)

1.3 Rajaukset

Kehittämistyön aihealue rajattiin vanerin valmistuksessa käytettäviin sivutuotepuhaltimiin, kohdistuen pölyn- ja purunsiirtolaitteina toimivien yli 18,5 kW sähkömoottorilla varustettujen keskipakopuhaltimien ennakkohuollon kehittämiseen. Tämä kehittämistyö on osa suurempaa kunnonvalvonnan käyttöönottoprojektia Metsä Wood Suolahden vaneritehtailla.

2 SIDOSRYHMIEN ESITTELY

2.1 Quant Finland Oy

Quant Finland Oy on osa monikansallista Quant yhtiötä, joka on toiminut kunnossapito alalla yli 30 vuotta. Quant työllistää yhteensä noin 2300 työntekijää ja yhtiöllä on liiketoimintaa yli 400 toimipai- kassa eri puolilla maailmaa. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Ruotsissa, Tukholmassa. (Quant Service Oy, 2021) Quant syntyi vuoden 2014 lopussa, kun sijoitusyhtiö Nordic Capital osti ABB Full Servicen lii- ketoiminnan ABB Groupilta. (Quant Oy, 2015)

Quant toimii useilla teollisuudenaloilla, joita ovat:

- Sellu- ja paperiteollisuus
- Kaivos- ja mineraaliteollisuus
- Metalliteollisuus
- Kemian- ja petrokemian teollisuus
- Kappaletavara teollisuus
- Elintarviketeollisuus
- Huoltoasemat
- Öljy- ja kaasuteollisuus
- Energiantuotanto. (Quant Oy, 2021)

Suomessa Quant Finland Oy työllistää noin 540 työntekijää eri puolilla Suomea. (Quant Finland Oy, 2021). Kesäkuussa 2018, Quant Finland Oy osti Sataservice Oy:n liiketoiminnan, joka kattoi kysei- senä vuonna kokonaisuudessaan 14 asiakasta ja 400 työntekijää. (Quant Finland Oy, 2018)

2.2 Metsä Wood

Puutuotteita valmistava Metsä Wood on osa Metsä Groupia, joka käsittää kokonaisuudessaan puun arvoketjun taimesta valmiiksi tuotteeksi. Vuoden 2020 lopussa Metsä Wood työllisti yhteensä noin 1600 henkilöä. (Metsä Wood, 2021)

Metsä Wood valmistaa laadukkaita puutuotteita, joita ovat koivu- ja havuvaneri sekä Kerto-LVL tuo- teperhe, joka sisältää järeät palkki- ja puulevytuotteet. (Metsä Wood, 2021) Metsä Woodilla on kah- deksan tuotantolaitosta, joista viisi sijaitsee Suomessa. Suomen tuotantolaitokset sijaitsevat Suolah- dessa (kuva 2), Äänekoskella, Punkaharjulla ja Lohjalla. Suomen ulkopuolella Metsä Woodilla on tuo- tantolaitoksia Isossa-Britanniassa sekä Virossa. (Metsä Wood, 2021)



Kuva 2. Suolahden havu- ja koivuvaneritehdas. (Quant Finland Oy, 2021)

2.3 Savonia-ammattikorkeakoulu

Suomen suurimpiin ja monipuolisimpiin ammattikorkeakouluihin kuuluva Savonia-ammattikorkeakoulu tarjoaa koulusta yhteensä kuudella eri koulutusalaalla. Savonian tarjoamia koulutusaloja ovat Liiketalouden koulutusala, Tekniikan koulutusala, Muotoilun koulutusala, Musiikin- ja tanssin koulutusala, Luonnonvara-ala, Matkailu- ja ravitsemisala, sekä Sosiaali- ja terveysala. Savonian kampukset sijaitsevat Iisalmessa, Kuopiossa ja Varkaudessa. Savonia-ammattikorkeakoulu työllistää yhteensä noin 530 henkilöä ja opiskelijoita Savonialla on yli 7000. (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2021)

Savonian tutkimus- ja kehitystoiminta tarjoaa palveluja, sekä yksilöllisiä ratkaisuja yritysten ja työyhteisöjen kehittämis- ja testaustarpeisiin. Tutkimus- ja kehitystoiminta keskittyy hyvinvointiteknologian-, ruokaliiketoiminnan-, vesiturvallisuuden-, kone- ja energiateollisuuden-, sekä bio- ja kiertotalouden osaamisaloihin. (Savonia-ammattikorkeakoulu, 2021)

3 KUNNOSSAPITO

3.1 Kunnossapidon määritelmä

Euroopan Unionin alueella voimassa olevat kunnossapitoon liittyvät yleistason termit määritellään standardissa SFS-EN 13306, joka määrittelee kunnossapidon seuraavasti:

”Kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon.”

Kunnossapidon tekniset toimenpiteet sisältävät tarkasteltavan laitteen havainnoinnin ja tulosten analysoinnin, sekä kunnossapidon toteuttamat korjaukset ja kunnostukset. Hallinnollisilla ja liikkeenjohdollisilla toimenpiteillä tarkoitetaan kunnossapidon vaatimuksien-, tavoitteiden- sekä strategioiden- ja vastuiden määrittämistä sekä niiden toteuttamista eri tavoin, kuten esimerkiksi kunnossapidon suunnittelulla, ohjauksella ja valvonnalla sekä kunnossapitotoimintaa ja taloudellisuutta kehittämällä. (SFS-EN 13306, 2017, s. 5)

Kunnossapito-organisaation johto määrittelee kunnossapidon strategian seuraavat tavoitteet huomioiden:

- Varmistaa määrätyn kohteen käytettävyyden optimaaliset kustannukset huomioiden
- Huomioi turvallisuuden, henkilöstön ja ympäristön sekä muut kohteen pakolliset vaatimukset
- Ottaa huomioon kaikki kohteen ympäristövaikutukset
- Ylläpitää kustannukset huomioiden palveluiden ja tuotteiden laatua sekä kohteen kestävyttä. (SFS-EN 13306, 2017, s. 4)

Suomalaiseen prosessiteollisuuteen keskittyvässä PSK 6201 standardissa esitellään myös vastaavia kunnossapidon käsitteitä ja määritelmiä. Standardissa käytettävät termit ja käsitteet on pyritty kirjaamaan yhteneväisiksi kokonaisuudeksi standardin SFS-EN 13306 kanssa. (PSK 6201, 2011, s. 30) Tuotanto-omaisuuden hallinnan näkökulmasta käsitellään kunnossapitoa standardissa SFS-EN 16646. (SFS-EN 16646, 2015)

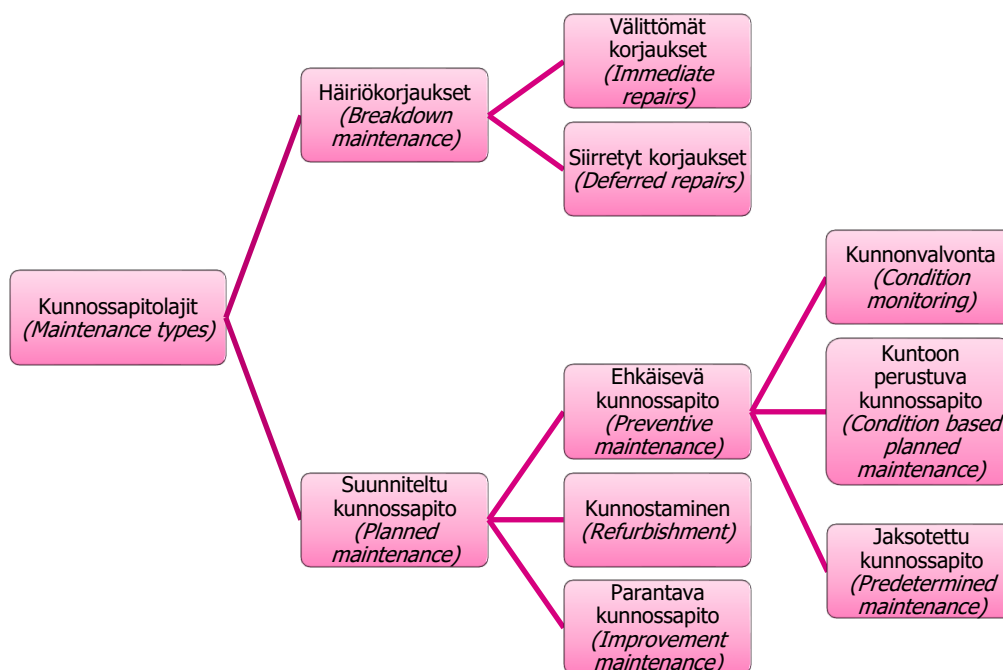
3.2 Kunnossapidon tavoitteet ja lajit

Kunnossapidon keskeisimmät tavoitteet ovat korkea tuotannon kokonaistehokkuus (*KML*) ja hyvän käyttövarmuuden saavuttaminen. Oikein ja tehokkaasti toteutettuna kunnossapito luo mahdollisuudet hyvään käytettävyyteen ja käyttöasteeseen. Kunnossapidolla on käytössään erilaisia tunnuslukuja, joiden avulla mitataan, kuinka hyvin tavoitteet on saavutettu. PSK 7501 standardi käsittelee kunnossapidon tärkeimpiä tunnuslukuja laskentakaavoineen. (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 59)

Kunnossapidon tavoitteisiin sisältyvällä käyttövarmuudella tarkoitetaan tarkasteltavan kohteen kykyä suorittaa määrätty toiminto vaaditulla tavalla. Puhuttaessa käyttövarmuudesta on tärkeää tietää sen olevan yleistermi tarkasteltavan kohteen aikasidonnaisille laatuominaisuuksille. (SFS-EN 13306, 2017, ss. 5-6)

Standardin PSK 7501:2010 mukaisesti kunnossapidon lajit (kuva 3) voidaan jakaa kahteen pääryhmään, joiden jakoperusteena on käytetty vikaantumisen seurannaisvaikutuksia tuotantoon. Ensimmäisen pääryhmän muodostavat häiriökorjaukset ja toisen ryhmän muodostavat suunnitellun kunnossapidon toimenpiteet. (PSK 7501, 2010, s. 5)

Kunnossapitolajeista häiriökorjaukset aiheuttavat aina jonkinlaisen tuotantohäiriön, mutta suunniteltu kunnossapito toteutetaan niin, että sen vaikutukset tuotantoon pyritään pitämään mahdollisimman vähäisinä. Tällaista jakoa kutsutaan englanninkielisessä ammattikirjallisuudessa proaktiiviseksi (*suunniteltu*) ja reagoivaksi (*häiriökorjaus*) kunnossapidoksi. (Järviö & Lehtiö, 2017, ss. 46-47)



Kuva 3. Kunnossapidon lajit standardia PSK 7501 mukaillen. (Järviö & Lehtiö, 2017, s. 47)

3.3 Suunniteltu kunnossapito

Suunniteltu kunnossapito tarkoittaa kunnossapitotöiden toteuttamista ja aikatauluttamista ohjeiden sekä kunnossapito-ohjelman mukaisesti. Suunniteltu kunnossapito käsittää kunnostamisen, parantavan kunnossapidon sekä ehkäisevän kunnossapidon toimenpiteet. (PSK 7501, 2010, s. 5)

3.3.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevällä kunnossapidolla tarkoitetaan suunniteltuja kunnossapidollisia toimenpiteitä, joiden avulla pyritään arvioimaan ja vähentämään tarkasteltavan kohteen toimintakunnon heikentymistä ja laitteen vikaantumisen todennäköisyyttä. (SFS-EN 13306, 2017, s. 13)

Ehkäisevä kunnossapito voidaan jakaa kolmeen kunnossapidon alalajiin, joita ovat:

- Kunnonvalvonta
Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, jonka avulla pyritään havaitsemaan ja määrittele-

mään tarkasteltavan kohteen nykytila erilaisia mittalaitteita ja aisteja hyväksi käyttäen. Mittaus- ja tarkastustulosten perusteella pyritään arvioimaan tarkasteltavan kohteen nykytilan kehittyminen vikaantumis-, huolto- ja korjausajankohdan määrittämiseksi. (PSK 6201, 2011, s. 23)

- Kuntoon perustuva kunnossapito
Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, jossa hyödynnetään kunnonvalvonnan sekä tarkastustoiminnan avulla kerättyjen mittaustulosten tietoja suunnitellun kunnossapidon aikatauluttamiseksi. (PSK 6201, 2011, s. 23)
- Jaksotettu kunnossapito
Ehkäisevän kunnossapidon toimenpide, joka suoritetaan suunnitellusti tietyllä jaksotuksella ilman kohteena olevan laitteen aikaisempaa toimintakunnon tutkimusta. Suunnitellut jaksotukset voivat määräytyä esimerkiksi energiankäytön, tuotantomäärän, kalenteriajan tai kohteen käyttötuntien perusteella. Jaksotettu kunnossapito sisältää kaksi käsitettä, jotka ovat huolto ja tilanteen mukainen huolto. Huolto tarkoittaa toimenpidettä, joka toteutetaan kohteen tarkastamiseksi, säätämiseksi, puhdistamiseksi, rasvaamiseksi tai esimerkiksi öljyn ja suodattimen vaihdon vuoksi. Tilanteenmukainen huolto tarkoittaa toimenpidettä, joka toteutetaan organisaation tilan, tuotannon tai kohteen salliessa. (PSK 6201, 2011, s. 22)

3.3.2 Kunnostaminen

Suunniteltuun kunnossapitoon sisältyvällä kunnostamisella tarkoitetaan käytöstä pois otetun kohteen tai komponentin palauttamista käyttökuntoon kunnostamalla kohde tai komponentti korjaamotiloissa. (PSK 6201, 2011, s. 23)

3.3.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito on yhdistelmä kunnossapidon teknisistä, hallinnollisista ja liikkeenjohdollisista toimenpiteistä, joiden avulla on tarkoitus kehittää tai parantaa tarkasteltavan kohteen toimintavarmuutta, turvallisuutta tai kunnossapidettävyyttä niin, että työn kohteena olevan laitteen alkuperäinen toiminto pysyy muuttumattomana. (SFS-EN 13306, 2017, s. 14)

Parantava kunnossapito voidaan jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä työn kohteena olevaan laitteeseen vaihdetaan uudempiä osia tai komponentteja, mutta kohteen suorituskykyä ei pääsääntöisesti muuteta. Toinen pääryhmä muodostuu uudelleensuunnittelusta ja korjauksista, joiden tarkoitus on parantaa kohteena olevan laitteen luotettavuutta, mutta ei suorituskykyä. Kolmannen pääryhmän muodostavat erilaiset modernisaatiot, joilla kohteen suorituskykyä pyritään parantamaan. Pääsääntöisesti modernisaatioissa uudistetaan koko kone ja valmistusprosessi jälleen kilpailukykyiselle tasolle. (Järviö & Lehtiö, 2017, ss. 51-52)

3.4 Häiriökorjaus

Häiriökorjauksen tavoitteena on palauttaa vikaantuneen kohteen käyttöturvallisuus ja toimintakunto alkuperäiselle tasolle. (PSK 6201, 2011, s. 23)

Standardin PSK 7501 mukaisesti häiriöt jaotellaan virhetoiminnoiksi tai vioiksi, jotka estävät kohteen toiminnan suunnitellulla tavalla. Häiriökorjaus on kunnossapitoa, joka suoritetaan häiriön poistamiseksi. Häiriöstä aiheutuneen seisokin aikana suoritettavat muut kunnossapitotoimenpiteet ovat seisokikunnossapitoa. Häiriökorjaus voidaan tuotanto- ja turvallisuusnäkökohdat huomioiden jakaa kahteen alalajiin, jotka ovat välittömät tai siirretyt korjaukset. (PSK 7501, 2010, ss. 5,17)

3.4.1 Välittömät korjaukset

Välitön häiriökorjaus on toimenpide, joka toteutetaan mahdollisimman pian vian havaitsemisen jälkeen kohteen toimintakunnon palauttamiseksi tai viasta aiheutuneiden seurauksien saattamiseksi hyväksyttävälle tasolle. Välittömät korjaukset liittyvät usein turvallisuuteen, tuotantotehokkuuteen tai tuotantoprosessin laatuun. (PSK 6201, 2011, s. 23)

3.4.2 Siirretyt korjaukset

Siirretty häiriökorjaus on toimenpide, joka toteutetaan sovittuna ajankohtana vian havaitsemisen jälkeen organisaation tilan, tuotannon tai kohteen salliessa. Siirretyiksi häiriökorjauksiksi voidaan nimetä sellaiset häiriökorjauksen toimenpiteet, joiden vaikutus turvallisuuteen, tuotantotehokkuuteen tai laatuun ovat vähäisiä. (PSK 6201, 2011, s. 23)

3.5 Ennakoivan kunnossapidon merkitys yrityksen liiketoiminnassa

Kunnossapito-organisaation toimiessa ennakoivan- tai ehkäisevän kunnossapidon periaatteiden mukaisesti tavoitellaan tuotantolaitteilta parempaa tuottavuutta sekä konelinjojen korkeaa käyttövarmuutta ja lopputuotteiden tasaista laatua. Käyttövarmuuden kehittäminen ja mittaaminen antaa avaimet konelinjan maksimaaliseen tuotantoaikaan, joka puolestaan mahdollistaa paremman tuottavuuden. Yrityksen kilpailukyvyyn ylläpitämiseksi tuottavuudesta huolehtiminen kuuluu yritysten päivittäiseen toimintaan. (Promaint, 2021, ss. 11-13)

Nimensä mukaisesti ennakoivan kunnossapidon tavoitteena on pyrkiä ennakoimaan tuotantolaitteiden vikaantumisen ja aikatauluttaa mahdollisten vikaantuneiden komponenttien vaihdot suunniteltuihin seisokkeihin, kuten konelinjojen huoltopäiviin. Toimiessaan oikein ennakoiva kunnossapito säästää euroja, ympäristöä ja vaikuttaa positiivisesti myös tuotantolaitoksen energiatehokkuuteen sekä turvallisuuteen. (Promaint, 2021, ss. 11-13)

Lähitulevaisuudessa kunnonvalvonnan ja tekoälyratkaisujen rooli ennakoivan kunnossapidon suunnittelussa ja toteutuksessa muuttuu entistä tärkeämmäksi. Kunnonvalvonnan ja tekoälyratkaisujen avulla voidaan luotettavammin havaita poikkeamia- ja vikaantumisen oireita laitteista käynnin aikana. Kunnossapidon havaitsemat poikkeamat laitteiden toiminnassa antavat puolestaan tuotannolle aikaa suunnitella huoltoseisokille sellainen ajankohta, että sen vaikutukset tuotantoon olisivat mahdollisimman vähäiset. (Promaint, 2021, ss. 11-13)

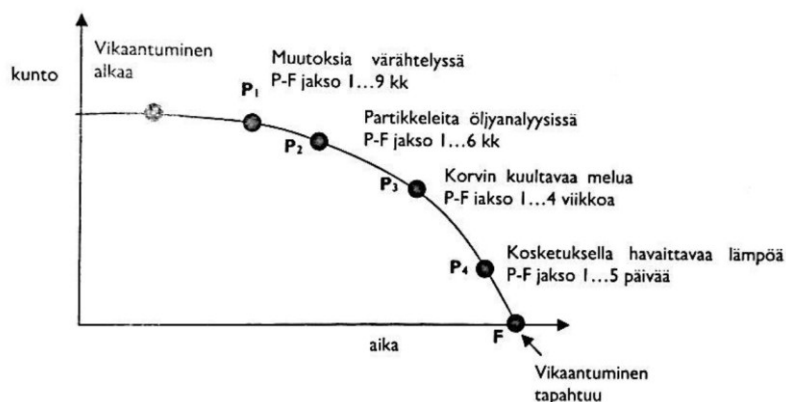
4 KUNNONVALVONTA JA VÄRÄHTELYMITTAUS

4.1 Kunnonvalvonta kunnossapidon työkaluna

Toimiakseen luotettavasti kunnonvalvonta vaatii käyttöön oikeat menetelmät laitteiden vikojen ja niiden kehittymisen seurantaan, sekä havainnointiin. Vikojen havaitseminen kunnonvalvontatyökaluja hyödyntämällä edellyttää, että koneen tai laitteen vikaantumismallit tunnetaan. Oikeiden kunnonvalvontamenetelmien kohdistaminen tarkasteltavan kohteen kunnonvalvontaan edellyttää, että kohteen vikaantumismekanismit on saatu määritettyä riittävällä tarkkuudella. Voidaan ajatella, että koneen tai laitteen kunnonvalvonta ja arviointi on mahdollista kun:

- Pystytään luotettavasti mittaamaan raja-arvo tai havaitsemaan jokin vikaantumiseen viittaava piirre ennen laitteen vikaantumista
- Vian havaitsemisesta laitteen vikaantumiseen on riittävän pitkä aika
- Laitteen vikaantumismekanismi tunnetaan ja vian kehittymistä voidaan seurata sekä ennustaa
- Tarvittavat mittaukset on mahdollista suorittaa lyhyemmällä aikavälillä, kuin laite ehtii vaurioitua. (Mikkonen , ym., 2009, s. 140)

Vikaantumista ja sen etenemistä voidaan kuvata P-F-käyrällä (kuva 4), josta on havaittavissa vikaantumisen alkuajankohta, sekä vikaantumisen havaitseminen jollain kunnonvalvontamenetelmällä pisteessä P ja laitteen vikaantuminen pisteessä F. Edellä mainittujen pisteiden välisen ajanjakson pituus on riippuvainen kunnonvalvonnan suoritustaajuudesta ja valvontamenetelmistä. P-F-käyrää hyödynnetään usein kuntoon perustuvan kunnossapidon suunnittelussa. Esi-merkkinä voidaan käyttää laakerin vikaantumista, joka sisältää useita erilaisia vaiheita ennen lopullista vikaantumista. (Mikkonen , ym., 2009, ss. 140-141)



Kuva 4. Havainnekuva vierintälaakerin vikaantumisen vaiheista P-F-käyrällä. (Mikkonen , ym., 2009, s. 141)

Kunnonvalvontaan liitettävien laitteiden ja niiden vikamuotojen ollessa tiedossa voidaan laitteille määrittellä P-F-käyrät ja valita kohteisiin sopivat kunnonvalvontamenetelmät. Oikean valvontamenetelmän valinta on tärkeää, jotta vian havaitsemisesta laitteen toimintakyvyn palauttamiseen jää riittävästi aikaa. Suuri osa laitteiden vikaantumista tapahtuu kuitenkin satunnaisesti ja niiden ehkäisyminen kunnonvalvontaa hyödyntämällä ei ole täysin mahdollista. Tästä johtuen kunnonvalvontaa kannattaa ensin kohdistaa tuotantoprosessin kannalta kriittisiin laitteisiin. (Mikkonen , ym., 2009, ss. 140-142)

4.2 Värähtelymittaus

Teollisuudessa värähtelymittausta käytetään yleisesti pyörivien laitteiden kunnonvalvontaan. Käytön aikana pyörivä kone tai laite muodostaa tietyllä taajuudella tapahtuvaa värähtelyä. Värähtelymittauksen tarkoituksena on mitata värähtelytaajuuden muutokset käytön aikana. Värähtelytaajuuden muutokset kertovat usein koneen- tai koneen osan epänormaalista toiminnasta, kuten liian suuresta liikkuvuudesta tai joustavuudesta. Käytännön tasolla värähtelytaajuuden muuttuessa jokin koneen osa on yleensä kulunut tai vaurioitunut on myös mahdollista, että käytettävään laitteeseen kertyy esimerkiksi epäpuhtauksia, jotka aiheuttavat värähtelytaajuuden muutoksen. Värähtelytaajuuden muutoksen havaitseminen värähtelymittauksella voi estää käytettävän koneen tai laitteen suuremmat vauriot. (Mikkonen , ym., 2009, ss. 223, 224)

4.2.1 Värähtelymittauksen periaate

Värähtelymittaus perustuu koneen-, laitteen- tai niiden osien lähettämään värähtelyyn ja sen voimakkuuden-, taajuuden- tai liikematkan mittaamiseen. Värähtelevät dynaamiset voimat eli herätteet saavat tarkasteltavan kohteen rakenteen värähtelemään. Koneiden ja laitteiden liikkuvat osat, kuten akselit aiheuttavat pyöriessään herätteitä, joiden voimakkuutta mitataan pääsääntöisesti tarkasteltavan laitteen kiinteistä osista, kuten asennusalustasta tai rungosta. Laitteiden normaalin toiminnan lisäksi herätteitä aiheuttavat esimerkiksi epätasapaino ja asennuksien epätarkkuudet, kuten linjausvirheet. Värähtelymittauksen avulla havaitut muutokset herätteiden voimakkuudessa tai taajuudessa mahdollistavat laitteen suunnitellun pysäyttämisen ennen vikaantumista. (Mikkonen , ym., 2009, s. 224)

4.2.2 Menetelmät värähtelymittauksessa

Värähtelymittauksella ja mittausten menetelmillä on pitkät perinteet. Ennen sähköisiä mittalaitteita ja antureita värähtelyä havainnoitiin aistinvaraisesti esimerkiksi kuuntelemalla laakerin tai sähkömoottorin pyörimisestä aiheutuvaa käyntiääntä ruuvimeisselin avulla. (Mikkonen , ym., 2009, s. 234)

Mittausmenetelmien kehittyessä alettiin valvottaviin koneisiin asentaa kiinteitä mittalaitteita, jotka mittasivat mekaanista värähtelyn siirtymäärvoa ja piirsivät värähtelykäyrää piirturin välityksellä paperille. Kiinteät mekaaniset mittalaitteet olivat epätarkkoja ja herkkiä kulumiselle, sekä suuntausvirheille. (Mikkonen , ym., 2009, s. 234)

Mittausmenetelmien ja mittalaitteiden sähköistyminen mahdollistivat mekaanisen värähtelyn tarkemman seurannan ja mittaustuloksien muuntamisen sähköiseen muotoon, tämä helpotti merkittävästi

värähtelymittausta. Nykyisin värähtelymittauksessa yleisimmin käytetyt anturit voidaan jakaa kolmeen ryhmään, jotka ovat kiihtyvyy-, nopeus- ja siirtymäanturit. Kaikki edellä mainitut anturityypit mittaavat kohteen värähtelyä, mutta antureiden toimintaperiaatteissa on pieniä eroja. (Mikkonen, ym., 2009, s. 234)

4.2.3 Kiihtyvyyssanturit

Kiihtyvyyssanturi mittaa nimensä mukaisesti tarkasteltavan kohteen kiihtyvyyttä. Kiihtyvyyssanturi kiinnitetään tarkasteltavan kohteen rakenteeseen niin, että koko anturi liikkuu kohteen mukana. Yhtenä käytännön esimerkkinä anturin kiinnityspaikasta voidaan käyttää anturin kiinnittämistä puhaltimen käyttöakselin laakeripesään. Kiihtyvyyssanturi koostuu rungosta ja seismisestä massasta sekä näiden välissä olevasta pietsosähköisestä elementistä. Kiihtyvyyssanturin toiminta perustuu anturin seismiseen massaansa ja Newtonin toiseen lakiin, sekä sen kaavaan

Kaava 1.
$$F = ma$$

jossa F on voima, m on massa ja a on kiihtyvyys. Voima F on verrannollinen massan m ja kiihtyvyyden a tuloon. Värähtelyn seurauksena anturin sisällä olevaan pietsosähköiseen elementtiin muodostuu voimaan F verrannollinen sähkövaraus, joka ohjataan anturin ulostuloliittimeen tai sisäiseen vahvistimeen. Molemmissa edellä mainituissa vaihtoehdoissa on anturin mittaustulos kiihtyvyyttä vastaava sähköinen signaali. (Mikkonen, ym., 2009, ss. 237-241)

Kiihtyvyyssanturin etuja ovat helppo asennettavuus, laaja-mittausalue, kestävyys, sekä anturin pieni koko. Anturi kestää hyvin vaihtelevia ympäristöolosuhteita, koska sen sisällä ei ole liikkuvia, eikä kuluvia osia. Kiihtyvyyssanturityyppejä on useita erilaisia ja sopivan anturityypin valinta käyttöolosuhteet huomioiden pienentää anturin vaurioitumisriskiä merkittävästi. Yleisin syy kiihtyvyyssanturin vaurioitumiselle on anturiin kohdistuva kova isku. (Mikkonen, ym., 2009, ss. 237-241)

4.2.4 Nopeusanturit

Nopeusanturi mittaa tarkasteltavan kohteen liikenopeutta. Yleisesti käytetyin nopeusanturi on geofoni eli seisminen nopeusanturi, joka mittaa tarkasteltavan kohteen absoluuttista värähtelyä. Geofonin toiminta perustuu anturin sisällä jousien varassa liikkuvaan magneettiin. Geofonin ollessa kiinnitettynä värähtelevään kohteeseen liikkuu magneetti anturin sisällä edestakaisin ja anturin kelaan induoituneesta jännitteestä voidaan laskea värähtelyliikkeen nopeus. Geofoni asennetaan kiinteästi tarkasteltavaan kohteeseen, kuten maahan tai koneen runkoon. Seismisiä nopeusantureita käytetään nykyisin eniten maanjäristyksien aiheuttamien värähtelyiden mittaamiseen ja joidenkin suurien värähtelevien koneiden kunnonvalvontaan. (Mikkonen, ym., 2009, ss. 236-237)

4.2.5 Siirtymäanturit

Siirtymäanturi mittaa tarkasteltavan kohteen ja anturin kärjen välistä etäisyyttä ilman tutkittavan kohteen ja anturin välistä kosketusta. Siirtymäantureilla mitataan yleensä akselin aksiaalista tai radiaalista asemanmuutosta. Antureilla voidaan kuitenkin ilmaista myös värähtelyä. Yleisesti käytetyin siirtymäanturi on toimintaperiaatteeltaan pyörrevirta-anturi. Pyörrevirta-anturin kärki sisältää kelan,

joka mittaa tarkasteltavan kohteen etäisyyttä anturiin. Etäisyyden muutos vaikuttaa anturin induktanssiin ja ulostulojännitteeseen. Ulostulojännitteen muutos voidaan tulkita mitattavan kappaleen siirtymänä tai kulumisena. Pyörrevirta-anturin käytölle haasteita asettavat hankala asennettavuus ja anturin suppea taajuusalue. (Mikkonen , ym., 2009, ss. 235-236)

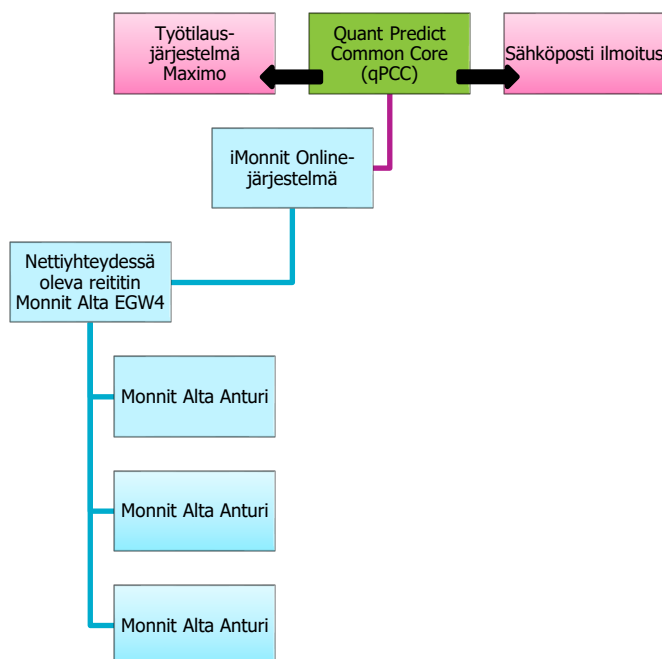
4.2.6 Kunnonvalvonta etätoteutuksena

Kunnonvalvontalaitteiden ja teknologian kehittyessä on siirrytty kunnonvalvonnan osalta uuteen aikakauteen. Langattomat yhteydet mahdollistavat kunnonvalvonnan toteutuksen myös etävalvontana vuorokauden ympäri. Langattomien antureiden avulla kerätyt mittaustulokset kerätään yhteen järjestelmään, jossa mittaustuloksia voidaan käsitellä tehokkaasti. Tämä mahdollistaa kunnossapidon nopeamman reagoinnin, kun laitteessa havaitaan esimerkiksi värähtelytaajuuden tai lämpötilan muutoksia. (Promaint, 2021, ss. 44-45)

4.3 Tilaajan kunnonvalvontajärjestelmä Quant Predict Common Core (qPCC)

Työn tilaaja yrityksellä on käytössään pilvipalvelun välityksellä toimiva Quant Predict Common Core kunnonvalvontajärjestelmä, joka tässä kehittämistyössä kommunikoi langattomasti työtilausjärjestelmä Maximon ja iMonnit Online-järjestelmän kanssa (kuva 5). Kunnonvalvontajärjestelmään on mahdollista liittää myös muiden anturivalmistajien kunnonvalvonta-antureita sekä online-järjestelmiä, jotka kykenevät kommunikoimaan qPCC-järjestelmän kanssa. (Quant Finland Oy, 2021)

Quant Predict Common Core-järjestelmä kerää värähtely- ja lämpötilamittauksista syntyvää dataa ja muodostaa niistä mittauskäyriä. Mittauskäyrien tarkasteleminen järjestelmässä onnistuu vaivattomasti ja aikaisemmin kerätyt mittaustulokset voidaan hyödyntää mittauskäyrien analysoinnissa. Järjestelmään asetetut raja-arvot ylittävä värähtelymittauksen tulos ohjaa järjestelmän lähettämään työtilauksen kunnossapidon käyttämään työtilausjärjestelmä Maximoon. qPCC-järjestelmään on myös mahdollista nimetä jokaiselle kunnonvalvonta anturille vastuuhenkilö, joka vastaanottaa sähköposti-ilmoituksen jokaisesta raja-arvot ylittävästä värähtelymittauksesta. Järjestelmän lähetettyä sähköposti-ilmoitus ja työtilaus korkeasta värähtelytaajuudesta tai lämpötilasta täytyy järjestelmästä käydä erikseen kuittaamassa hälytys käsitellyksi. (Quant Finland Oy, 2021)



Kuva 5. qPCC-järjestelmän kommunikointi muiden järjestelmien kanssa. (Rossi, 2021)

4.3.1 Työtilausjärjestelmä Maximo

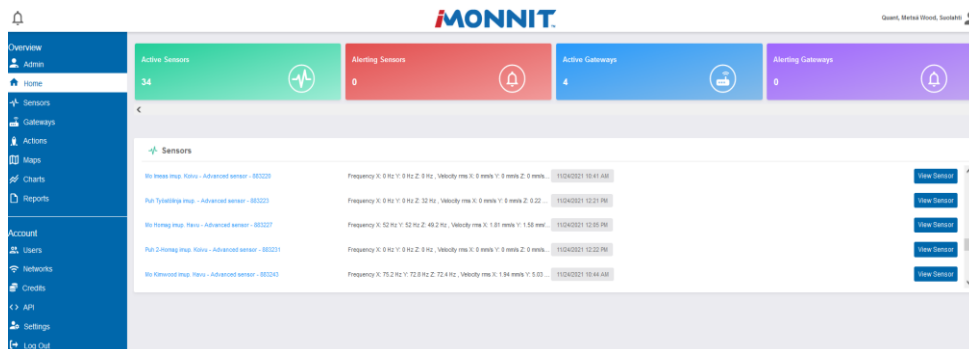
Suolahden vaneritehtaiden kunnossapidossa Quant Finland Oy käyttää toiminnanohjauksessaan työtilausjärjestelmä Maximoa (kuva 6). Järjestelmässä voidaan tehdä uusia työpyyntöjä, aikatauluttaa huoltoja sekä korjauksia ja dokumentoida töiden etenemistä. Maximosta kunnossapito-organisaatio voi helposti seurata avoimien, keskeneräisten ja valmistuneiden töiden määrää. Järjestelmään luodun laitehierarkian perusteella kaikki työtilaukset voidaan kohdistaa tarkasti oikeille konelinoille ja niiden laitteisiin. Järjestelmään kirjatusta työtilauksesta käy ilmi kunnossapitotyön kohteen lisäksi työlaji, kiireellisyysaste, työn suorittaja, työnjohtaja sekä työn suunniteltu aikataulu. Maximo järjestelmän kautta voidaan tehdä myös esimerkiksi varaosatilauksien hankintaehdotuksia, jotka välittyvät suoraan varastonhallinnasta vastaavalle henkilölle. (Quant Finland Oy, 2021)



Kuva 6. Työtilausjärjestelmä Maximo. (Rossi, 2021)

4.3.2 iMonnit Online-Järjestelmä

Langattomia mittalaitteita valmistavan Monnitin online-järjestelmä iMonnit (kuva 7) toimii pilvipalveluna ja kerää Monnit ALTA antureiden mittaustuloksia, sekä ilmoittaa antureiden ja gateway-yksiköiden eli reitittimien häiriöistä tai hälytyksistä langattomasti. Järjestelmä kommunikoi Quantin käyttämän Quant Predict Common Core-kunnonvalvontajärjestelmän kanssa ja siirtää mittaustulokset langattomasti qPCC-järjestelmään. iMonnit-järjestelmä kerää ja siirtää antureiden mittaustulokset salatussa muodossa tietoturvan säilyttämiseksi. Antureiden ja reitittimien laitekohtaisia tietoja ja asetuksia voidaan muokata ainoastaan iMonnit-järjestelmässä. (Quant Finland Oy, 2021)



Kuva 7. iMonnit-Online järjestelmä. (Rossi, 2021)

5 KEHITTÄMISTYÖN TOTEUTUS

5.1 Kehittämistyön määritelmä

Kehittämistyö voi käynnistyä jonkin organisaation kehittämistarpeista tai tahtotilasta muuttaa toimintatapoja tai menetelmiä. Kehittämistyön tarkoitus ei koostu vain asioiden kuvailemisesta tai selityksien etsimisestä, vaan tarkoituksena on parempien ratkaisujen etsiminen ja asioiden eteenpäin vieminen käytännön tasolle. Lähtökohtana kehittämistyölle toimii kehittämistä vaativan kohteen tunnistaminen. Yritysten toiminnot ja toimintamallit nykyisessä nopeasti muuttuvassa ja digitalisoituvassa toimintaympäristössä luovat uusia muutos- ja kehitystarpeita. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, ss. 23-25)

Kehittämistyö voi kohdistua aineellisiin tai aineettomiin kehittämistavoitteisiin. Kehittämistyöllä tavoitellaan usein toimintamallien, tuotteiden tai palveluiden kehittämistä. (Anttila, 2007, s. 12) Kehittämistyö prosessin aikana työntekijä oppii itsenäistä ajattelua, suunnitelmallisuutta sekä kriittisyyttä ja järjestelmällisyyttä. Työ antaa myös valmiuksia tiedonhankintaan sekä hankitun tiedon kriittiseen arviointiin. Kehittämistyössä itsenäinen työskentely korostuu, vaikka työtä tehdäänkin usein yhteistyössä muiden kanssa. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, ss. 12-15)

Tieteelliset tutkimukset ja tutkimukselliset kehittämistyöt sekoitetaan joskus toisiinsa, mutta niiden todellinen eroavaisuus on toiminnan päämäärissä. Tutkimuksellisessa kehittämistyössä pyritään löytämään uusia ratkaisuja tai käytännön parannuksia. Tieteellisessä tutkimuksessa halutaan tuottaa uutta teoriaa. Kehittämistyön tutkimuksellisuus ilmenee työn etenemisen järjestelmällisyytenä sekä analyttisyytenä ja kriittisyytenä. Kehittämistyön tutkimuksellisuudella tarkoitetaan myös sitä, että työstä näkyy tekijöiden kyky siirtää teoriatietoa käytäntöön. Käytännössä kehittämistyön toteutuksessa tulisi mahdollisuuksien mukaan hyödyntää olemassa olevaa teoriatietoa ja aikaisempaa tietoperustaa. Tutkimuksellista kehittämistyötä ohjaavat teoreettisten tavoitteiden sijasta käytännölliset tavoitteet ja työssä korostuu toiminnallisuus. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, s. 20)

Kehittämistyö koostuu yksinkertaistettuna suunnittelu- toteutus- ja arviointivaiheesta. Suunnitteluvaihe on näistä kolmesta vaiheesta tärkein ja sisältää eniten erilaisia toimenpiteitä, kuten kehittämiskohteen tunnistamisen ja alustavien tavoitteiden määrittämisen sekä kehittämiskohteeseen perehtymisen käytännössä ja teoriatasolla. Kehittämistehtävän määrittäminen ja kehittämiskohteen rajaaminen sekä tietoperustan laatiminen ja lähestymistavan sekä menetelmien suunnittelu ovat myös työn suunnitteluvaiheeseen kuuluvia vaiheita. Kehittämistyön toteutusvaihe käsittää kehittämistyön toteuttamisen ja julkistamisen erimuodoissaan. Arviointivaiheessa kehittämistyötä ja työprosessia arvioidaan kriittisesti. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, s. 24)

Tämän kehittämistyön toteutuksessa mukailin edellä mainittuja kehittämistyön vaiheita ja jaoin ne kolmeen osaan. Kehittämistyössäni käytetään suunnittelu-, toteutus- ja arviointivaihetta.

5.2 Kehittämistyön suunnitteluvaihe

Kehittämistyön huolellinen suunnittelu antaa mahdollisuuden työn valmistumiseen tavoitteiden mukaisessa aikataulussa sekä budjetissa. Suunnitteluvaiheessa on tärkeää pystyä arvioimaan kehittä-

mistyön etukäteisen suunnittelun määrä, sillä kehittämistöille on ominaista, että suunnitelmat tarkentuvat koko hankkeen ajan. Työn suunnittelun tarkoituksena on havainnollistaa kehittämisessä tarvittavia aikatauluja ja resursseja, sekä lisätä työskentelyn tehokkuutta. Kehittämistehtävän tarkempi määrittäminen ja rajaaminen vaativat taustatietojen ja teoreettisen pohjan keräämistä organisaatiosta. Kehittämiskohteen rajaaminen mahdollistaa tietoperustan laatimisen ja työhön käytettävien menetelmien sekä lähestymistavan tarkemman suunnittelun. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, ss. 23-26)

Kehittämistyön suunnitteluvaihe alkoi työsuunnitelman laatimisella toukokuussa 2021. Savonia ammattikorkeakoulun kirjastoa ja tietokantoja hyödynnettiin teoretiedon etsimisessä ennen työsuunnitelman kirjoittamista. Tiedonhakua työn aikana ohjasi työn tilaajan antama tietoperusta kunnossapidosta, kunnonvalvonnan käyttöönottoprojektista ja muista yrityksen sisäisistä materiaaleista sekä yrityksen toimintatavoista. Teoria- ja toteutusosuuden suunnittelua ohjasi teoretieto kehittämistyöprosessin etenemisestä. Työsuunnitelmaan määriteltiin aikataulu, jonka mukaisesti työ palautettaisiin arvioitavaksi helmikuun 2022 loppuun mennessä. Työn rakenne on suunniteltu niin, että kunnossapidon parissa työskentelevien henkilöiden on helppo etsiä tekstistä tietoa ja työ etenee kunnonvalvonnan käyttöönottoprojektin todellisten vaiheiden mukaisesti. Kirjallinen osuus alkaa tutustumisella kunnossapidon ja kunnonvalvonnan teoriaan sekä niiden peruskäsitteisiin. Työn otsikot on jaoteltu aihealueittain ja esimerkiksi kunnossapito-osio alkaa kunnossapidon määritelmästä ja etenee loogisesti kunnossapidon tavoitteisiin sekä lajeihin.

5.2.1 Tarkasteltavien laitteiden valinta

Hankkeen alussa kunnonvalvontajärjestelmän anturit oli tarkoitus sijoittaa tuotantolaitoksen toiminnan kannalta kriittisiin koneisiin ja laitteisiin. Kehittämistyön tilaaja oli aikaisemmin laatinut kriittisyysluokittelun Suolahden vaneritehtaiden konelinjoista. Kehittämistyössä tarkasteltiin A-kriittisyysluokkaan luokiteltuja konelinjoja ja perehdyttiin tarkemmin konelinjojen laitteisiin, joihin värähtely ja lämpötila-antureita olisi kannattavaa asentaa. Laitetarkastelun jälkeen kartoitettiin laitteet, jotka olisivat tärkeitä kunnonvalvontakohteita. Kartoituksen yhteydessä kiinnitettiin huomiota laitteiden sijaintiin tehdasalueella. Todettiin että A-kriittiset konelinjat ovat kaukana toisistaan ja niissä on toimintaperiaatteeltaan hyvin erilaisia laitteita, kuten puhaltimia, pumppuja, hydraulikkapumppuja, sekä sähkömoottoreita. Tilaajan päätöksellä päädyttiin valitsemaan kunnonvalvontaan liitettävät laitteet kriittisyysluokittelun ulkopuolelta, jotta saataisiin aikaan toimiva kokonaisuus, jonka pohjalta kunnonvalvontajärjestelmään liitettyjen antureiden määrää voitaisiin tulevaisuudessa kasvattaa tehdasalueella. Tilaajalla ei ollut aikaisemmin tehdasalueella käytössä kunnonvalvontaa tai värähtelymitauslaitteita, joten halusimme luoda toimivan kokonaisuuden heti kunnonvalvonnan käyttöönotto vaiheessa.

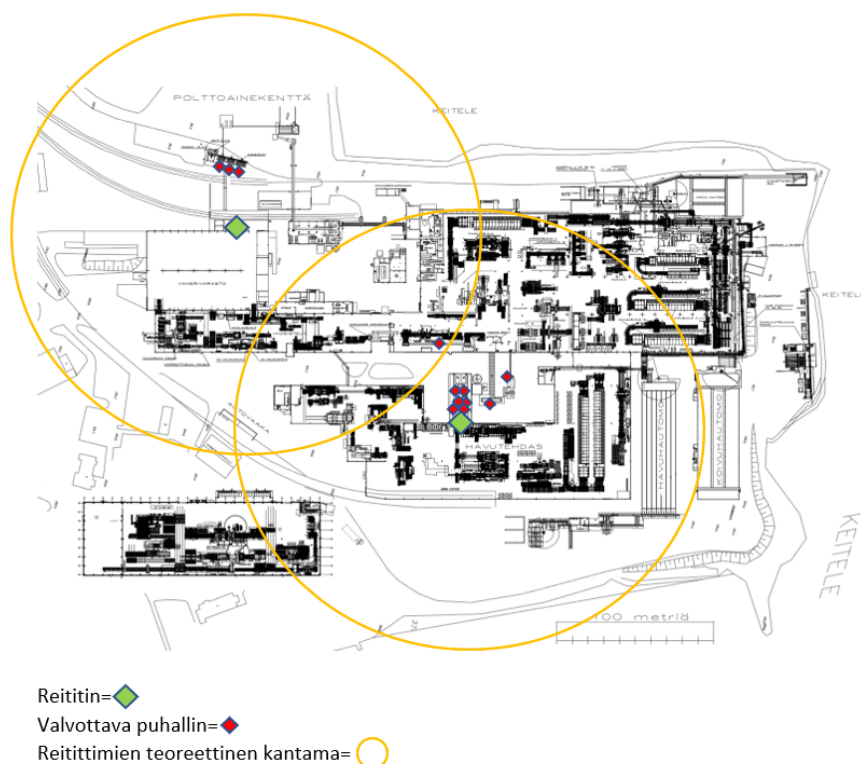
Värähtely- ja lämpötila-anturit päätettiin asentaa vanerinvalmistusprosessissa käytettävien sivutuotepuhaltimien väliakseleihin ja sähkömoottoreihin. Kunnonvalvontaan liitettävien puhaltimien minimi käyttötehoksi rajattiin 18,5 kW. Laitteiden valintaan vaikuttivat niiden sijainti, sekä niiden tasainen pyörimisnopeus, jonka ansiosta laitteista voidaan kerätä luotettavia mittaustuloksia. Turvallisuusnä-

kökulmat vaikuttivat myös laitteiden valintaan merkittävästi, sillä puhaltimilla siirretään ilman ja pölyn-, sekä ilman ja purun seosta, joka on räjähdysvaarallista. Puhaltimien yllättävä vikaantuminen, kuten esimerkiksi laakerivaurio kohottaa pölyräjähdysten, sekä tulipalon riskiä merkittävästi.

Kokonaisuudessaan kunnonvalvontajärjestelmään valittiin liitettäväksi 12 puhallinta, joihin päätettiin asentaa yhteensä 23 kappaletta värähtely- ja lämpötila-antureita. Puhaltimista 11 kappaletta on kiihlahihnakäyttöisiä ja yhden puhaltimen siipipyörä on kiinnitetty suoraan sähkömoottorin akselille. Kiihlahihnakäyttöisiin puhaltimiin päätettiin asentaa mittausanturit sähkömoottorin runkoon sekä väliakselin laakeripesään, joka sijaitsee lähempänä puhaltimen siipipyörää. Puhaltimeen, jonka siipipyörä on kiinnitetty suoraan sähkömoottorin akselille, asennettiin vain yksi mittausanturi ja anturin sijoituspaikaksi valittiin sähkömoottorin runko.

5.2.2 Reitittimien paikkojen määrittäminen

Reitittimien asennuskohteiden määrittämiseksi ja riittävän internet-yhteyden kantaman varmistamiseksi suoritettiin yhdellä anturilla, sekä mobiiliverkossa toimivalla reitittimellä reitittimien paikkojen määrittäminen. Kantaman testauksen yhteydessä ilmeni, että kaikki projektissa asennettavat anturit saadaan toimimaan kahdella reitittimellä (kuva 8). Kantaman laajuuteen ja signaalin voimakkuuteen vaikuttavat merkittävästi tehdasrakennuksien seinät ja konelinjojen teräsrakenteet.



Kuva 8. Kunnonvalvontajärjestelmän laitteet tehdasalueen layout kuvassa. (Rossi, 2021)

5.2.3 Laitetietojen kerääminen

Laitteiden tarkempien tietojen kerääminen aloitettiin kirjaamalla excel-tiedostoon (liite 4) sähkömoottoreiden tehot [kW] ja kierrosnopeudet [rpm], tarvittavien antureiden ja reitittimien lukumäärät, mitattavien laitteiden sijainti tehdasalueella sekä laitteiden nimet.

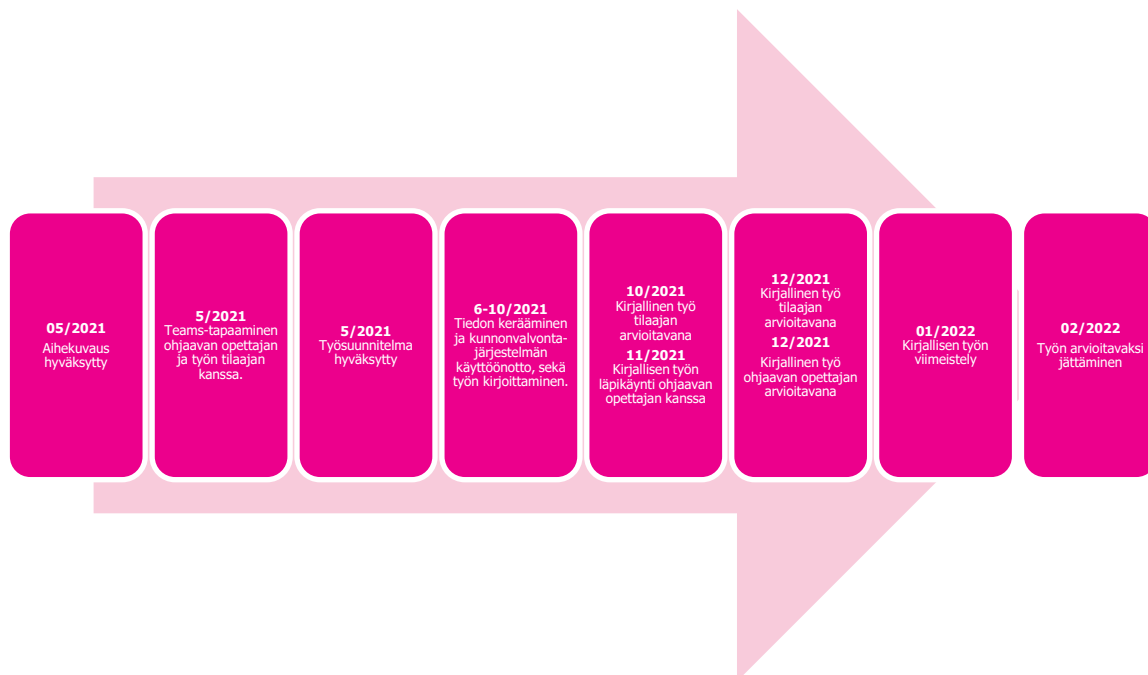
Laitetietojen keräämisen jälkeen excel-tiedostoon lisättiin antureiden sekä reitittimien tarkemmat tiedot. Anturit ja reitittimet numeroitiin ja nimettiin mittauskohteen mukaisesti tiedonkäsittelyn helpottamiseksi. Antureiden nimet muodostettiin valvottavan kohteen, konelinjan, laitteen ja tehtaan, sekä antureiden sarjanumeroiden perusteella. Esimerkkinä anturi, jonka nimi on:

- Mo 1-Homag imup. Koivu – Advanced sensor – 883252

Nimessä *Mo* tarkoittaa moottoria, *1-Homag* konelinjaa, *imup.* tarkoittaa, että kyseessä on imupuhallin ja sana *Koivu* kertoo, sijaitseeko anturi koivu- vai havuvaneritehtaan laitteistossa. Nimen loppuosan muodostavat anturin tyyppi, sekä sarjanumero. Kerättyjen tietojen perusteella muodostettiin tiedonkäsittelyn helpottamiseksi uusi excel-tiedosto (liite 5), johon kirjattiin kaikki kunnonvalvontajärjestelmän vaatimat tiedot.

5.3 Kehittämistyön toteutusvaihe

Kehittämistyön toteutusvaiheen tarkoituksena on siirtää suunnitelmat käytäntöön ja raportoida kirjallisesti työn etenemisestä. Toteutusvaiheen aikana huolehditaan hankkeen etenemisestä aikataulun ja budjetin mukaisesti. Kirjallisen raportoinnin tarkoituksena on tuoda työpaikalla olevaa hiljaista tietoa sidosryhmien saataville ja samalla mahdollistaa keskustelun aikaansaaminen aiheesta. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, ss. 46-47) Tämän kehittämistyön etenemisen vaiheista on laadittu kokonaisuuden hahmottamiseksi erillinen nuolikaavio (kuva 9).



Kuva 9. Kehittämistyön eteneminen. (Rossi, 2021)

5.3.1 Laitteiden lisääminen työtilausjärjestelmä Maximoon

Kunnossapito-organisaation käyttämässä työtilausjärjestelmä Maximossa on määriteltynä kaikista tuotantolaitoksen konelinjoista laitehierarkia, mutta kunnonvalvontajärjestelmään liitettävien puhaltimien sähkömoottorit ja puhallinosat puuttuivat rakenteesta. Kaikkien puhaltimien sähkömoottorit ja puhaltimet täytyi lisätä laitteiksi laitehierarkiaan vikailmoituksien kohdistamiseksi. Laitteet nimettiin

ja lisättiin rakenteeseen työn suunnitteluvaiheessa luodun excel-tiedoston (liite 5) tietojen perusteella. Laitteiden lisäämisessä järjestelmään täytyi määrittää seuraavat tiedot:

- Laitteen nimi ja tunnus
- Tärkeys- ja vikaluokka
- Toimintopaikka laitehierarkiassa
- Päälaite- ja alilaiteryhmä
- Muu tunnus, jossa käytetään sähkömoottoreiden merkinnässä kilowattimäärää ja puhaltimissa tähän kohtaan kirjataan väliakseli, koska mitta-anturilla mitataan väliakselin laakeria.

Luodut laitteet aktivoitiin käyttöön, jotta qPCC-järjestelmä kykenisi kommunikoimaan työtilausjärjestelmän kanssa.

5.3.2 Laite- ja anturitietojen lisääminen Quant Predict Common Core-kunnonvalvontajärjestelmään

Kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönottamiseksi täytyi qPCC-järjestelmään lisätä yksitellen kaikki laitteet, jotka projektin edellisessä vaiheessa luotiin työtilausjärjestelmä Maximoon. Laitteiden lisäämiseksi qPCC-järjestelmään täytyi tiedossa olla seuraavat asiat, jotta järjestelmä kykenisi kommunikoimaan työtilausjärjestelmän kanssa:

- Laitteen nimi, johon anturi kiinnitetään
- Kuvaus siitä millainen laite on kyseessä
- CMMS Asset ID eli Maximo järjestelmän laitetunnus
- Location ID eli laitteen sijainti työtilausjärjestelmän laitehierarkiassa
- CMMS System eli käytettävä työtilausjärjestelmä, joka tässä kehittämistyössä on Maximo.

Laitteiden lisäämisen jälkeen täytyi kaikki anturit lisätä yksitellen qPCC-järjestelmään. Antureiden lisäämiseksi täytyi tiedossa olla seuraavat asiat:

- Laitteen nimi, johon anturi kiinnitetään
- Anturin tyyppi
- Nimi, joka on aikaisemmin määritelty kaikille antureille
- Kuvaus siitä mitä anturilla mitataan,
Esimerkiksi Mo 1-Homag imup. Koivu – Advanced sensor – 883252
- Anturin järjestysnumero
- Mittayksikkö, jota anturilla mitataan sekä alustavat värähtely- ja lämpötilamuutoksen raja-arvot
- Monnit ID eli anturin sarjanumero ja Monnit Secure Code eli valmistajan määrittämä anturi-kohtainen turvakoodi.

Anturitietojen lisäämisen jälkeen kunnonvalvontaan perehtyneet asiantuntijat määrittelevät jokaiselle mittauskohteelle sopivat värähtelytaajuuden ja lämpötilamuutoksen raja-arvot, joiden ylittyessä järjestelmä lähettää automaattisesti työtilauspyynnön kunnossapitojärjestelmä Maximoon ja sähköposti-ilmoituksen vastuuhenkilölle.

5.3.3 Anturi- ja reititin tietojen lisääminen iMonnit-järjestelmään

Quant Predict Common Core-järjestelmän- ja iMonnit-järjestelmän välinen tiedonsiirto vaatii anturi ja reititintietojen lisäämisen iMonnit-järjestelmään sekä seuraavat tiedot ja toimenpiteet:

- Antureiden ID-numerot ja laitekohtaiset turva koodit
- Antureiden nimet
- Päivitys- ja mittaustiheys minuutteina
- Värähtelymittauksen tyyppi
- Värähtelyn alustavat raja-arvot hertseinä [Hz]
- Yhteyden katketessa tapahtuvien uudelleen yhdistämisyrityksien lukumäärä ennen vikailmoitusta.

Reitittimien ja niiden tietojen lisääminen järjestelmään vaatii seuraavat tiedot ja toimenpiteet:

- Reitittimien ID-numerot ja laitekohtaiset turva koodit
- Laitteiden nimet ja numerot
- Päivitystiheyden minuutteina
- IP-osoitteiden määrittäminen, jotta laite voi muodostaa yhteyden iMonnit-järjestelmään.

Anturi- ja reititintietojen lisäämisen jälkeen varmistetaan iMonnit-Online järjestelmästä, että kaikki anturit ja reitittimet ovat muodostaneet internet-yhteyden.

5.3.4 Antureiden asennus

Värähtely- ja lämpötila antureiden asennuksessa noudatettiin pääsääntöisesti laitetoimittajan ohjeita, mutta kaikki vaatimukset eivät jokaisen anturin kohdalla täytyneet. Laitetoimittajan asennusohjeessa antureiden etäisyydeksi sähkönsyöttökaapeleista ilmoitettiin vähintään 200 mm, mutta mitattaessa sähkömoottorin värähtelyä ja lämpötilaa anturin sijoituspaikka on aivan moottorin kytkentäkotelon vieressä (kuva 10). Puhaltimien väliakselien värähtely- ja lämpötilamittaukseen käytettävät anturit sijoitettiin väliakselin siiven puoleiseen päätyyn laakerin kohdalle (kuva 11). Antureiden lähetinyksiköt kiinnitettiin puhaltimien ympäristössä sijaitseviin kiinteisiin rakenteisiin (kuva 12).

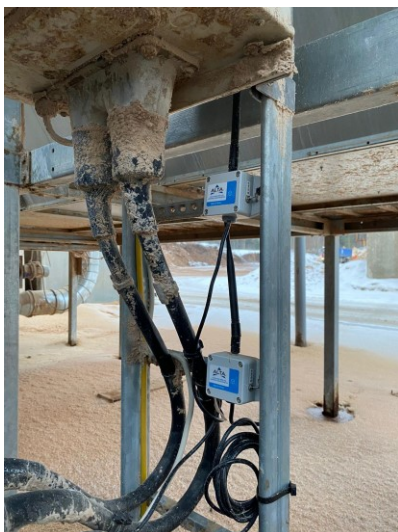
Sähkömagneettisten kenttien vaikutukset antureihin voivat aiheuttaa häiriöitä mittauksessa tai mitaustuloksien lähettämisessä. Anturit asennettiin mahdollisimman kauas sähkönsyöttökaapeleista ja mittaushäiriöiltä vältyttiin, vaikka etäisyydet eivät vastanneet täysin laitetoimittajan ohjeita.



Kuva 10. Mittauspää kiinnitettyä sähkömoottoriin. (Rossi, 2021)



Kuva 11. Mittauspää kiinnitettyä puhaltimen väliakselissa. (Rossi, 2021)



Kuva 12. Antureiden kiinnitys kaapelihyllyyn. (Rossi, 2021)

5.3.5 Verkkoyhteyden rakentaminen ja reitittimien käyttöönotto

Molemmille reititimille rakennettiin uusi sähkönsyöttö ja verkkoyhteys. Reitittimet sijoitettiin tehdasrakennuksen seinään kiinnitettyihin kytkentäkoteloihin, joiden sisälle asennettiin pistorasia ja verkkopistorasia. Reitittimien käyttämiin verkkopistorasioihin aktivoitiin kunnonvalvontakäyttöön varattu IP-osoite-avaruus.

Reitittimien käyttöönottamiseksi laitteet nimettiin uudelleen niiden sijoituspaikan mukaisesti. Reitittimet vaativat kiinteät IP-osoitteet, jotta ne kykenevät muodostamaan yhteyden haluttuun internet-verkkoon. Asennuksen jälkeen reitittimien vakaan internet-yhteyden varmistamiseksi iMonnit-Online järjestelmästä tarkastettiin signaalin voimakkuus.

6 YHTEENVETO

6.1 Kehittämistyön tulokset

Kehittämistyön tuloksena työn tilaaja sai Suolahden toimipisteeseensä käyttöönsä Quant Predict Common Core-kunnonvalvontajärjestelmän. Järjestelmän käyttöönotto kehitti pölyn- ja purunsiirto-laitteina toimivien keskipakopuhaltimien ennakkohuoltoa ja mahdollistaa jatkossa laitteiden värähtelyn sekä lämpötilan mittaukset langattomasti. Järjestelmään määritetyt vastuuhenkilöt saavat rajat ylittävistä värähtelystä ilmoituksen samaan aikaan, kun järjestelmä kirjaa työtilauksen kunnossapito-organisaation käyttämään työtilausjärjestelmään. Kehittämistyön aikana kehittämistyöntilaa-
jan korjaamotiloihin asennettiin värähtely- ja lämpötilamittauksien seurantaan tarkoitettu näyttö (kuva 13), jonka ruudulle kaikista kunnonvalvontajärjestelmään liitetystä laitteista välittyy värähtely- ja lämpötilamittauskäyrät. Mittauskäyrien esittäminen julkisesti korjaamotiloissa on vaikuttanut positiivisesti kunnossapitoasentajien mielipiteisiin ennakoivasta kunnossapidosta ja kunnonvalvonnasta.



Kuva 13. qPCC-järjestelmän seurantanäyttö korjaamotiloissa. (Rossi, 2021)

Kunnonvalvontajärjestelmän avulla havaittiin laakerin vierintäelimien vaurioituminen joulukuussa 2021 (kuva 14). Kunnossapidon nopea reagointi esti yllättävän tuotantokatkoksen ja minimoi vaikutukset tuotantoon. Järjestelmän käyttöönotto osoittautui heti ensimmäisien kuukausien aikana hyödylliseksi investoinniksi ennakkohuollon ja ennakoivan kunnossapidon kehittämisen näkökulmasta.



Kuva 14. Vaurioitunut puhaltimen laakeri. (Rossi, 2021)

6.2 Kehittämistyön ja tuloksien arviointi

Tutkimusprosessin tulosten jakaminen sidosryhmille tapahtuu tavanomaisesti vasta prosessin lopussa, mutta kehittämistyössä tuloksia jaetaan koko prosessin ajan. Tulosten jakamisessa on tavoitteena suunnata kehittämistyötä ja aikaansaada rakentavaa keskustelua. Kehittämistyöprosessin viimeinen vaihe on arviointivaihe. Työn kriittistä arviointia toteutetaan kuitenkin läpi koko kehittämistyöprosessin. (Ojasalo ;Moilanen;& Ritalahti , 2014, ss. 47-48) Kehittämistyön aikana arviointia suoritettiin säännöllisesti koko prosessin ajan. Työn tilaaja arvioi projektin etenemistä tehdasympäristössä ja kirjallista työtä arvioi ohjaava opettaja.

Työn toteuttaminen ennakkohuollon kehittämisenä mahdollisti ymmärrettävän kokonaisuuden aikaansaamisen, jossa lukijalle kerrotaan kunnossapidon sekä kunnonvalvonnan perusasioista ja lopuksi edetään kunnonvalvonnan käyttööntamiseen kehittämistyömenetelmiä hyödyntäen. Kehittämistyöprosessin myötä koen, että olen onnistunut tuottamaan tilaajalle tarpeellista ja hyvin hyödynnettävissä olevaa materiaalia. Kehittämistyön tulokset vastaavat kehittämistyön tilaajan asettamia tavoitteita.

Kehittämistyön vaikutukset kunnossapitohenkilöstön osaamiseen ja sen kehittymiseen ovat huomattavat. Projektin alussa osa Suolahden yksikön kunnossapitoasentajista arvioi kunnonvalvonnan olevan hyödytöntä mekaanisen metsäteollisuuden tuotantolaitoksessa. Värähtelymuutoksien perusteella järjestetty huolto yhdelle imupuhaltimelle antoi todellisen esimerkin toimivasta kunnonvalvontajärjestelmästä, ja mielipiteet muuttuivat antureiden havaittua todellinen laakerivaurio. Värähtelymittauksen myötä on pystytty havainnollistamaan koko henkilöstölle esimerkiksi voiteluhuollon tärkeys ennakkohuoltotoimenpiteenä. Kunnonvalvontajärjestelmän keräämän mittausdatan analysointiin nimetään tulevaisuudessa kaksi asentajaa vastuuhenkilöiksi. Valituille asentajille järjestetään mahdollisuus kehittää osaamistaan kunnonvalvonnan ja ennakkohuollon osa-alueella.

Teknologiaosaaminen Suolahden yksikössä on kehittynyt kunnonvalvontajärjestelmän käyttöönoton aikana ja sen jälkeen huomattavasti. Uudet järjestelmät mahdollistavat reaaliaikaisen värähtelymittauksen langattomasti ja toimivat ennakoivan kunnossapidon työkaluna huoltosuunnittelussa. Kehittämistyö on vaikuttanut positiivisesti myös turvallisuuteen, sillä värähtelymittaus havaitsee esimerkiksi kiilahihnojen luistamisen puhaltimien käytön aikana. Luistaminen aiheuttaa lämpöä ja voi pahimmassa tapauksessa sytyttää hienojakoisen pölyn palamaan puhaltimien ympäristössä.

Kehittämistyöprosessin suurin haaste ja hidastava tekijä oli verkkoyhteyden ja sähkönsyötön rakentaminen. Tämä näkyi kehittämistyön pienenä viivästyksenä syksyn 2021 aikana.

6.3 Kehittämistyön luotettavuus ja eettisyys

Kehittämistyön toteutuksessa on noudatettu Savonia-ammattikorkeakoulun ohjeistusta opinnäytetyön eettisyydestä. Savonia noudattaa ammattikorkeakouluille määritettyjä suosituksia työn eettisyydestä ja hyvän tieteellisen käytännön mukaisesta opinnäytetyöprosessista. (Savonia ammattikorkeakoulu, 2021) Tutkimuseettisen neuvottelukunnan mukaan työssä käytettävät lähdeviitteet on merkittävä asianmukaisesti luvattoman lainaamisen eli plagioinnin ehkäisemiseksi. (Tutkimuseettinen neuvottelukunta, 2012)

Kopioinnin välttämiseksi ja lähteinä käytettyjen kirjojen, artikkeleiden ja tietokantojen kunnioittamiseksi työssä käytetyt lähteet ja lainatut kuvat on merkitty huolellisesti Wordin APA-lähdeviitteitä käyttäen tekstiin, sekä lähdeluetteloon. Työn eettisyys on huomioitu myös kehittämistyön aikana otettujen valokuvien käytössä. Työn toteutusvaiheen kuvat on otettu itse ja kuvaamiseen on pyydetty kirjallinen kuvauslupa (liite 1).

Kehittämistyö perustuu ajantasaiseen tietoon kunnossapidosta ja sen menetelmistä, sekä lajeista. Kehittämistyössä on käytetty uusinta mahdollista tietoa, jotta kehittämistyön tilaaja saisi työstä parhaan mahdollisen hyödyn. Ajantasaisen tiedon sekä kirjallisten lähteiden käyttäminen lisää työn luotettavuutta. Ensisijaisesti työ oli minulle henkilökohtainen oppimisprosessi ja tämä on syytä huomioida arvioitaessa työn luotettavuutta.

Kehittämistyön aiheen rajausta ja työn nimi muuttui kesken opinnäytetyöprosessin. Suunnitelma säilyi täysin ennallaan, ainoastaan työn nimi muuttui pelkästä kunnonvalvonnan käyttöönotosta pöly- ja purupuhaltimien ennakko- ja huollon kehittämiseen. Muutos hyväksyttiin työntilaaajan sekä ohjaavan opettajan toimesta. Nimen muuttaminen oli perusteltua ottaen huomioon työn laajuus ja kunnonvalvontajärjestelmään liitettävien laitteiden sijainti ja määrä tehdasalueella. Työn nimen vaihtuessa kirjattiin muutos hankkeistamissopimukseen.

Työn toteutusvaiheessa anturit asennettiin paikoilleen. Asennusvaiheessa oli mahdollista hyödyntää tilaajan organisaatiossa työskenteleviä kunnossapitoasentajia asennustehtävien suorittamiseen. Kehittämistyön tekijänä tahdoin kerätä tarkkaa tietoa jokaisen anturin asennuksen vaiheista ja antureiden oikeaoppisesta käyttöönotosta, joten asensin anturit itse. Projektin aikana osallistuin kaikkiin mahdollisiin asennustehtäviin estääkseni kiireen syntymistä projektin loppuvaiheeseen. Luotettavuuden näkökulmasta, kunnossapito-organisaatiossa työskentelevän insinöörin on ymmärrettävä myös asennusteknisiä asioita vahvan teorian tiedon tukemiseksi.

6.4 Kehittämistyön hyödynnettävyys ja kunnonvalvonnan lisääminen

Tämä kehittämistyö on tehty huomioiden yksilöllisesti kehittämistyön toimeksiantajan tarpeet ja uskon työn vaikuttavan tulevaisuudessa positiivisesti heidän kunnossapitotoimintaansa. Työ sisältää tietoa kunnossapidosta, kunnonvalvonnasta, sekä kehittämistyö prosessin järjestelmällisestä läpiviennistä. Toivon, että tuotoksestani hyötyisivät myös konetekniikan insinööriopiskelijat, jotka ovat kiinnostuneita kunnossapidosta tai kunnonvalvonnan hyödyntämisestä ennakoivana kunnossapitotoimenpiteenä. Uskon kehittämistyöni olevan tarpeellinen, koska nykyaikaisessa kunnossapidossa suunniteltujen huoltoseisokkien tärkeys korostuu ja kunnonvalvontaa voidaan hyödyntää laitteiden huoltotarpeiden kartoittamisessa. Kehittämistyöllä on merkittävä käyttöarvo myös minulle itselleni, sillä työskentelen työn tilaajan kunnossapito-organisaatiossa.

Kunnonvalvontajärjestelmän keräämää mittausdataa voidaan hyödyntää ennako- ja määräaikaishuoltojen aikatauluttamisessa ja suunnittelussa. Yllättävien laiterikkojen ehkäiseminen kunnonvalvontaa hyödyntämällä vaikuttaa merkittävästi kunnossapidon kustannuksiin sekä helpottaa päivittäistä kunnossapitoresurssien hallintaa. Laiterikkojen vähentyessä kunnonvalvonta mahdollistaa koneille korkeamman teknisen käytettävyyden sekä antaa tuotannolle mahdollisuudet parempaan tuotantotehokkuuteen.

Kehittämistyöprosessin aikana työn toimeksiantaja ilmaisi halunsa laajentaa käyttöön otettua järjestelmää kevään 2022 aikana. Huomioin heidän toiveensa ja sijoitin kunnonvalvontajärjestelmässä käytettävät reitittimet tehdasalueelle niin, että ne kattavat mahdollisimman monen konelinjan laitteet. Jatkossa järjestelmän laajentamisessa tuotantolaitoksen muihin laitteisiin, tarvitaan vielä kolme uutta reititintä, langattomia antureita ja tarkasteltavien laitteiden tekniset tiedot. Tietojen perusteella luodaan uudet laitteet Maximo-järjestelmän laitehierarkiaan ja lisätään laitetiedot iMonnit-, sekä qPCC-järjestelmään. Reitittimien asennuksessa ja käyttöönotossa noudatetaan tässä kehittämistyössä mainittua järjestystä. Tämän jälkeen anturit voidaan asentaa, sekä kytkeä päälle ja ne muodostavat automaattisesti yhteyden kunnonvalvontajärjestelmään. Kunnonvalvontajärjestelmä, jonka otettiin käyttöön Suolahden vaneritehtailla, on helposti laajennettavissa tuotantolaitoksen toiminnan kannalta kriittisiin laitteisiin.

6.5 Ammatillinen kehitys

Savonia ammattikorkeakoulun konetekniikan tutkinto-ohjelman opetussuunnitelman mukaan konetekniikan insinöörikoulutuksen tavoitteena on, että valmistuvalla konetekniikan insinöörillä on hallussaan laaja- ja edistyksellinen tekniikanalan teoriatieto, joka kattaa erilaisten teorioiden, käsitteiden, sekä menetelmien ja periaatteiden kriittisen ymmärtämisen sekä arvioinnin. Insinöörin täytyy myös ymmärtää tekniikanalan tehtäväalue ja sen rajat. Insinöörin on hallittava edistyneet taidot, jotka ilmenevät asioiden hallintakykynä, sekä sovellettujen- ja luovien ratkaisujen aikaansaamisena monimutkaisien tai ennakoimattomien ongelmien ilmentyessä. Hän kykenee johtamaan haastavia ja monimutkaisia ammatillisia toimenpiteitä sekä työskentelemään alan asiantuntijatehtävissä. Oman osaamisensa arvioinnin ja kehittämisen lisäksi insinöörin on kyettävä vastaamaan esimerkiksi oman työyhteisönsä kehittämisestä ja arvioinnista. (Savonia ammattikorkeakoulu, 2021)

Kehittämistyöprosessin aikana projektityöskentely- ja johtamistaitoni kehittyivät huomattavasti. Kehittämistyöprosessiin liittyen vahvuuteni oli sitoutuneisuus ja määrätietoinen työn eteenpäin vieminen. Pääsin kehittämään kunnossapito-organisaation käyttämää ennakkohuolto ohjelmaa ottamalla käyttöön qPCC-kunnonvalvontajärjestelmän. Sovelsin kehittämistyön toteutukseen kunnonvalvonnan ja kunnossapidon standardeja, johon yhdistin kunnossapito-organisaation omia toimintamalleja ja työkaluja. Työpaikalla sain viikoittain rakentavaa palautetta, minkä vuoksi kehittämistyön toteuttaminen oli mielestäni inspiroivaa ja tärkeää yrityksen liiketoiminnan kannalta. Koen kehittämistyöprosessin valmistaneen minua monipuolisesti insinöörin työtehtäviin ja koen, että minulla on hyvät valmiudet työskennellä kunnossapidon ja kunnonvalvonnan parissa.

Kehittämistyöprosessin aikana käytin paljon aikaa pohtiessani, kuinka työn tilaaja saisi työstäni parhaan mahdollisen hyödyn. Asiantuntijuuttani kehittämistyöprosessi on vienyt eteenpäin merkittävästi, sillä koulussa kunnossapidon- ja kunnonvalvonnan teoriaa opiskeltiin vain pääpiirteittäin. Lähtötilanteeseen verrattuna olen omaksunut merkittävästi uutta tietoa, ja samalla olen kehittynyt tiedon haussa. Kehittämistyön toimenpiteiden aikatauluttaminen sekä toteuttaminen ja yhteistyö projektin sidosryhmien kanssa on valmistanut minua työelämän vaihteleviin tilanteisiin projektityöskentelyä ajatellen. Kehittämistyöprosessin aloittaminen ajoissa mahdollisti työn toteuttamisen opintojen ja päivätyön aikana.

Teknologiaosaamiseni kehittyi työssä käytettyjen sähköisien järjestelmien ja kunnossapidon sähköisien kunnonvalvontatyökalujen tehokkaan käytön opettelemisessa. Uskon teknologiaosaamisen olevan tulevaisuudessa entistä tärkeämpää etätyöskentelyn, valvonnan ja etäohjauksen yleistyessä. Kehittämistyöni myötä minulla on hyvät valmiudet, käyttää ja opetella käyttämään erilaisia sähköisiä järjestelmiä sekä johtaa projektityöskentelyä. Kehittämistyölläni on tärkeä merkitys tilaajan kunnossapitotoiminnan kehittämisessä vuonna 2021–2022.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Anttila, P. (2007). *Realistinen evaluaatio ja tuloksellinen kehittämistyö*. Hamina: AKATIIMI Oy.
- Järviö, J.;& Lehtiö, T. (2017). *Kunnossapito. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen* (6. p.). Helsinki: Promaint ry.
- Metsä Wood. (2021). *Kerto LVL-kertopuu*. Haettu 9. 9. 2021 osoitteesta <https://www.metsawood.com/fi/tuotteet/kerto/Pages/Kerto.aspx>
- Metsä Wood. (2021). *Metsä Wood lyhyesti*. Haettu 9. 9. 2021 osoitteesta <https://www.metsawood.com/fi/yritys/Pages/Yritys.aspx#Mets-Wood-lyhyesti>
- Metsä Wood. (2021). *Production units*. Haettu 30. 10. 2021 osoitteesta <https://www.metsawood.com/global/Contact/Pages/production-units-on-map.aspx>
- Mikkonen , H.;Miettinen , J.;Leinonen, P.;Jantunen, E.;Kokko, V.;Riutta, E.;. . . Mäkeläinen , R. (2009). *Kuntoon perustuva kunnossapito* (1 p.). Helsinki: KP-Media Oy.
- Monnit. (2021). *ALTA EGW4 Gateway*. Haettu 9. 11. 2021 osoitteesta <https://monnit.blob.core.windows.net/site/documents/gateways/EGW4/EGW-CCE-EGW4-ADS-01.pdf>
- Monnit. (2021). *Wireless Accelerometer - Advanced Vibration Meters*. Haettu 9. 11. 2021 osoitteesta <https://monnit.blob.core.windows.net/site/documents/sensors/accelerometers/advanced-vibration/AC-ADV-ADS-01.pdf>
- Ojasalo , K.;Moilanen, T.;& Ritalahti , J. (2014). *Kehittämistyön menetelmät - Uudenlaista osaamista liiketoimintaan* (3 p.). Helsinki: Sanoma Pro Oy.
- Promaint. (2021). *Kunnossapidon ja tuotannon erikoislehti* (3).
- PSK 6201. (2011). *Kunnossapito. Käsitteet ja Määritelmät*. Haettu 6. 10. 2021 osoitteesta <https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK6201.pdf>
- PSK 7501. (2010). *Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut*. Haettu 13. 10. 2021 osoitteesta https://psk-standardisointi.fi/wp-content/uploads/PSK7501_2p.pdf
- Quant Finland Oy. (2018). *Quant Finland Oy:n yritysosto sai vahvistuksen*. Haettu 1. 9. 2021 osoitteesta <https://www.quantservice.com/fi/news/quant-finland-oy-n-yritysosto-sai-vahvistuksen/>
- Quant Finland Oy. (2021). *Suomen yhteystiedot*. Haettu 1. 9. 2021 osoitteesta <https://www.quantservice.com/fi/suomen-yhteystiedot/>
- Quant Finland Oy. (2021). Yrityksen sisäiset materiaalit.
- Quant Oy. (2015). *Quant has become a stand-alone independent company*. Haettu 1. 9. 2021 osoitteesta http://www.quantservice.com/wp-content/uploads/2015/01/Quant_PressRelease_12JAN15.pdf
- Quant Oy. (2021). *Referenssit*. Haettu 01. 9. 2021 osoitteesta <https://www.quantservice.com/fi/referenssit/>

Quant Service Oy. (2021). *Historia: Quant teollisuuden globaali markkinajohtaja*. Haettu 1. 9. 2021 osoitteesta <https://www.quantservice.com/fi/yritys/#his-tory>

Savonia ammattikorkeakoulu. (2021). *Eettinen ohjeistus*. Noudettu osoitteesta <https://amksavonia.sharepoint.com/sites/reppu-opinnaytetyo/SitePages/Eettinen-ohjeistus.aspx>

Savonia ammattikorkeakoulu. (2021). *EK18SP Konetekniikan tutkinto-ohjelma*. Noudettu osoitteesta <https://www.savonia.fi/opiskele-tutkinto/tutkinnot-ja-hakeminen/opetussuunnitelmat/?yks=KT&krtid=1132&tab=2>

Savonia-ammattikorkeakoulu. (2021). *Tutustu Savoniaan - Savonia AMK*. Haettu 1. 9. 2021 osoitteesta <https://www.savonia.fi/tutustu-savoniaan/>

SFS-EN 13306. (2017). *Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia*. Haettu 13. 10. 2021 osoitteesta <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/840250.html.stx>

SFS-EN 16646. (2015). *Maintenance. Maintenance within physical asset managemant*. Haettu 6. 10. 2021 osoitteesta <https://online.sfs.fi/fi/index/tuotteet/SFS/CEN/ID2/1/310401.html.stx>

Tutkimuseettinen neuvottelukunta. (2012). *Hyvä tieteellinen käytäntö ja sen loukkausepäilyjen käsitteleminen Suomessa - Tutkimuseettisen neuvottelukunnan ohje 2012*. Haettu 13. 12. 2021 osoitteesta https://tenk.fi/sites/tenk.fi/files/HTK_ohje_2012.pdf

LIITE 1: VALOKUVAUSLUPA

Valokuvauslupa

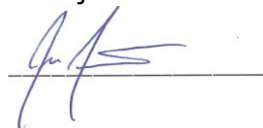
Pyydän lupaa opinnäytetyöhön liittyvien toimenpiteiden ja komponenttien valokuvaamiseen tehdasalueella 1.9-30.11.2021. Kuvista ei käy ilmi laitteiden tarkka sijainti tai niiden merkitys osana tuotantoprosessia.

Savonia ammattikorkeakoulun opiskelija, Antti Rossi saa kuvata opinnäytetyöhön liittyvät valokuvat tehdasalueella. Valokuvat tulevat esille opinnäytetyöhön, josta tilaajan liiketoiminnan kannalta luotuksellinen sisältö salataan ennen julkaisua Theseus.fi sivustolle.

Allekirjoituksella annan suostumukseni kuvaamiseen.

Paikka: Suolahti
Päiväys: 1.9.2021

Allekirjoitus:



Nimenselvennys:

ANTTI ROSSI

LIITE 2: MONNIT ALTA - INDUSTRIAL WIRELESS ACCELEROMETER - ADVANCED VIBRATION METER

Langaton Monnit ALTA kiihtyvyyssanturi (kuva 15) mittaa reaaliajassa värähtelynopeutta sekä taa-juutta mittauskohteen x-, y- ja z-akseleilla. Anturi mittaa myös kohteen lämpötilaa ja laskee kuinka suuri osa mittausajasta, oli raja-arvot ylittävää värähtelyä. Kolmen mittaussuunnan ansiosta jo yksi Monnit ALTA kiihtyvyyssanturi kerää paljon dataa mitattavan laitteen värähtelystä käynnin aikana. Anturi mittaa värähtelynopeuden yksikössä (mm/s) tarkkuudella $0,01 mm/s$ ja värähtelytaajuuden Hertseinä (Hz) tarkkuudella $0,1 Hz$.

Langattoman anturin kantamaksi on ilmoitettu 1200 jalkaa eli noin 365,8 m ja 12 seinän läpäisykyky, mutta todellisuudessa kantama voi vaihdella merkittävästi käyttöympäristön rakenteista johtuen. Virtalähteenä anturissa käytetään 2 x 1,5 V AA-paristoja. Anturi kerää ja välittää mittausdataa, joka on suojattu Monnitin omalla salauksella. (Monnit, 2021).



Kuva 15. Monnit ALTA värähtelyanturi. (Rossi, 2021)

LIITE 3: MONNIT ALTA – EGW4 GATEWAY

Reitittimen avulla erilaiset langattomat Monnit ALTA-anturit muodostavat yhteyden iMonnit-Online kunnonvalvonta- ja ilmoitusjärjestelmään. Reititin (kuva 16) kytketään vapaaseen Ethernet-porttiin, jossa on internetyhteys ja tämän jälkeen laite muodostaa automaattisesti yhteyden iMonnit-Online palvelimeen.

Tässä reititin mallissa on kaksi vaihtoehtoa laitteen virransyötölle. Edullisemmassa mallissa ei ole PoE (Power-Over-Ethernet) liitännämahdollisuutta, joten virransyöttö laitteeseen tapahtuu 230 V sähköverkkoon kytkettävän erillisen vaihtovirta muuntajan kautta. Kalliimpi malli puolestaan mahdollistaa virransyötön PoE-liitännän kautta. Reititin välittää antureiden keräämän datan salattuna iMonnit-Online palvelimeen sekä käytettävään kunnonvalvontajärjestelmään. (Monnit, 2021)



Kuva 16. Monnit ALTA EGW4-Gateway tarvikkeineen. (Rossi, 2021)

LIITE 4: LAITELISTAUS

Tehdas	Kohde	kW	Rpm	Anturi	Anturi nro	Reititin
Koivu	2-Homag imupuhallin (moottori)	55	1475	1	1	1 reititin
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	2	
Koivu	Holzma imupuhallin (moottori)	75	1480	1	3	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	4	
Koivu	Työstölinja imupuhallin (moottori)	55	1480	1	5	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	6	
Koivu	Imeaksen imupuhallin (moottori)	90	1485	1	7	2 reititin
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	8	
Koivu	Steineman imupuhallin (moottori)	75	1485	1	9	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	10	
Havu	Imeaksen imupuhallin (moottori)	90	1485	1	11	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	12	
Havu	Kimwood imupuhallin (moottori)	55	1475	1	13	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	14	
Havu	1-schelling imupuhallin (moottori)	55	1475	1	15	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	16	
Havu	2-schelling imupuhallin (moottori)	37	1470	1	17	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	18	
Havu	Homag imupuhallin (moottori)	55	1475	1	19	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	20	
Koivu	1-Homag imupuhallin (moottori)	30	1480	1	21	
	Väliakselin laakeri (siiven puoli)			1	22	
Havu	Siirtopuhallin hakekentälle (moottori)	18,5	1475	1	23	

LIITE 5: LAITETIETO LISTAUS

nro (qPCC Sen- sor)	Uusi nimi	ID (Mon- nit)	SC	Tehtävä	Sijainti	Maximo laite- paikka (qPCC Machine)	Tomintopaikka
1	Mo 1-Homag imup. Koivu - Advanced sensor	883252	IMOJG	Värähtely ja Läm- pötila	Katolla	12-MO0120000	KSU-500-300-300-300
2	Puh 1-Homag imup. Koivu - Advanced sensor	883245	IMEWJC	Värähtely ja Läm- pötila	Katolla	12-PUH0120010	KSU-500-300-300-300
3	Mo 2-Homag imup. Koivu - Advanced sensor	883259	IMCEWI	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-MO0120010	KSU-500-300-500-200
4	Puh 2-Homag imup. Koivu - Advanced sensor	883231	IMHNVW	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-PUH0120020	KSU-500-300-500-200
5	Mo Holzma imup. Koivu - Advanced sensor	883211	IMGKGQ	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-MO0120020	KSU-500-300-500-250
6	Puh Holzma imup. Koivu - Advanced sensor	883217	IMONVO	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-PUH0120030	KSU-500-300-500-250
7	Mo Työstölinja imup. - Advanced sensor	883255	IMFLDS	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-MO0120030	KSU-500-300-500-300
8	Puh Työstölinja imup. - Advanced sensor	883223	IMSIXO	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 3	12-PUH0120040	KSU-500-300-500-300
9	Mo Imeas imup. Koivu - Advanced sensor	883220	IMBHDC	Värähtely ja Läm- pötila	Imeaksen asema	12-MO0120040	KSU-500-300-200-150
10	Puh Imeas imup. Koivu - Advanced sensor	883261	IMJGFS	Värähtely ja Läm- pötila	Imeaksen asema	12-PUH0120050	KSU-500-300-200-150
11	Mo Steinemann imup. Koivu - Advan- ced sensor	883214	IMXMBC	Värähtely ja Läm- pötila	Mercantile	12-MO0120050	KSU-500-300-100-080
12	Puh Steinemann imup. Koivu - Advan- ced sensor	883213	IMRUCY	Värähtely ja Läm- pötila	Mercantile	12-PUH0120060	KSU-500-300-100-080
13	Mo Imeas imup. Havu - Advanced sen- sor	883193	IMWGZK	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 1	12-MO0120060	HSU-500-300-200-100
14	Puh Imeas imup. Havu - Advanced sen- sor	883196	IMNITW	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 1	12-PUH0120070	HSU-500-300-200-100
15	Mo Kimwood imup. Havu - Advanced sen- sor	883243	IMTMMU	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 1	12-MO0120070	HSU-500-300-200-150
16	Puh Kimwood imup. Havu - Advanced sen- sor	883262	IMOYDW	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 1	12-PUH0120080	HSU-500-300-200-150
17	Mo 1-Schelling imup. Havu - Advanced sen- sor	883258	IMWMYE	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-MO0120080	HSU-500-300-100-150
18	Puh 1-Schelling imup. Havu - Advanced sen- sor	883192	IMQPBG	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-PUH0120090	HSU-500-300-100-150
19	Mo 2-Schelling imup. Havu - Advanced sen- sor	883260	IMDOHO	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-MO0120090	HSU-500-300-100-200
20	Puh 2-Schelling imup. Havu - Advanced sen- sor	883248	IMVYDO	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-PUH0120100	HSU-500-300-100-200
21	Mo Homag imup. Havu - Advanced sen- sor	883227	IMPCQE	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-MO0120100	HSU-500-300-100-100
22	Puh Homag imup. Havu - Advanced sen- sor	883190	IMFFEY	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-PUH0120110	HSU-500-300-100-100
23	Mo Siirtopuhallin kentälle Havu - Adv- anced sensor	883186	IMMTZG	Värähtely ja Läm- pötila	Nordfab 2	12-MO0120110	HSU-500-300-100-400