

KARELIA-AMMATTIKORKEAKOULU

Konetekniikan koulutus

Henri Vänskä

HYDRAULIIKAN ETÄVALVONTATIETOJEN
HYÖDYNTÄMINEN ENNAKOIVASSA KUNNOSSAPIDOSSA

Opinnäytetyö

Helmikuu 2018



OPINNÄYTETYÖ
Helmikuu 2018
Konetekniikan koulutus

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
+358 13 260 600

Tekijä

Henri Vänskä

Nimeke

Hydrauliikan etävalvontatietojen hyödyntäminen ennakoivassa kunnossapidossa

Toimeksiantaja

Mantsinen Group Ltd

Tiivistelmä

Opinnäytetyön tehtävänä oli poimia toimeksiantajan valmistamien koneiden hydrauliikan etävalvontatiedoista kunnossapidon kannalta hyödyllisiä huomioita. Opinnäytetyössä selvitettiin myös, mitä rajoitteita nykyisessä etävalvontajärjestelmässä on. Lähtökohtana oli, että etävalvontatietoja oli hyödynnetty yrityksissä hyvin vähän.

Työ toteutettiin selvittämällä ensiksi etävalvontajärjestelmän datan rajoitteet. Tätä seurasi datan luotettavuuden määrittäminen. Päärajoitteiden huomioimisen jälkeen hydrauliikan etävalvontadatasta etsittiin selviä normeja ja poikkeamia tietyistä datajoukoista. Datajoukot valittiin niiden luotettavuuden ja vertailtavuuden perusteella. Poikkeamia analysoitiin ja mahdolliset syyt poikkeamille pyrittiin löytämään.

Opinnäytetyötä on pohdittu ennakoivan kunnossapidon kehittämisen näkökulmasta huomioiden pilvipalvelu ja kunnossapito. Osa tiedoista on rajattu pois opinnäytetyössä salassapitovelvollisuuden johdosta.

Kieli

suomi

Sivuja 35

Liitteet 3

Liitesivumäärä 3

Asiasanat

Hydrauliikka, pilvipalvelu, etävalvonta, kunnossapito



THESIS
February 2018
Degree Program of
Mechanical Engineering

Tikkarinne 9
80200 JOENSUU
FINLAND
+ 358 13 260 600

Author

Henri Vänskä

Title

Hydraulics Remote Monitoring Data in Proactive Maintenance.

Commissioned by

Mantsinen Group Ltd

Abstract

The Purpose of the thesis was to study hydraulic remote monitoring data of the machinery relevant to the proactive maintenance. Limitations of the remote monitoring data system were also clarified. In the past, the collected data has not been utilized efficiently.

Thesis was executed first by finding the limitations of remote monitoring data and determining reliability of the collected hydraulic data. After the main limitations had been determined, data normals and deflections were picked out from data groups. Data groups were chosen based on data reliability and comparability. Deflections were analysed and the possible causes were discovered.

Conclusions were made for developing proactive maintenance taking account to cloud service and maintenance. Some information's were left out of this thesis due to confidentiality obligation.

Language

Finnish

Pages 35

Appendices 3

Pages of Appendices

3

Keywords

Hydraulics, cloud computing, remote monitoring, proactive maintenance

Sisältö

1	Johdanto.....	5
2	Kunnossapito.....	6
2.1	Ennakoiva kunnossapito.....	7
2.2	Kunnonvalvonta.....	9
2.3	Parantava kunnossapito	10
3	Six Sigma	11
4	Teollinen internet.....	12
5	Etäseurantatietojen hyödyntäminen	13
5.1	Tiedon tasoja laitetoimittajan palveluiden näkökulmasta	13
5.2	Pilvipalvelut datasiirron välineenä.....	15
6	Etävalvonnan hyödyntäminen.....	16
6.1	Lähtökohdat.....	16
6.2	Etävalvontajärjestelmän hyödyntäminen	17
6.3	Huoltojen ajankohdan optimointi.....	18
6.4	Käännön datan poikkeama	20
6.5	Paineakkujen datan poikkeama	23
6.6	Nostosylinterien paine	26
7	Tulosten tarkastelu	29
8	Pohdinta	32
	Lähteet.....	35

Liitteet

- Liite 1 Taulukko 3-1, kunnossapitolajit. (SDFS-EN 13306:2010)
- Liite 2 Kuviot 17-20, Koneet 4-7, käytettävyys.
- Liite 3 Kuviot 21-23, Koneet 5-7, paineakkujen paine.

1 Johdanto

Tämä opinnäytetyö käsittelee toimeksiantajan keräämiä hydrauliiikan etävalvontatietoja, sekä tiedonkeruujärjestelmää itsessään. Seurattavat tiedot löytyvät toimeksiantajan pilvipalvelusta. Etävalvontatiedoista tehdään poimintoja valituista datajoukoista. Datajoukot on valittu niiden luotettavuuden ja kiinnostavuuden perusteella. Kiinnostuksen kohteena ovat poikkeamat selvistä normaaleista. Dataa analysoidaan ennakoivan kunnossapidon kehittämisen näkökulmasta, ottaen huomioon kunnossapito ja etävalvontapilvipalvelu palveluna.

Työn taustalla on digitalisaation seurauksena uudistunut teollisuus, joka kehittyä kovaa vauhtia ja erilaiset teollisen internetin sekä esineiden ja asioiden internetin sovellukset alkavat näkyä yrityksissä. Uudistumisen seurauksena moni yritys kerää suuria määriä dataa omista ja asiakkaidensa laitteista sekä niiden toiminnasta.

Toimeksiantaja valmistaa raskaita materiaalinkäsittelykoneita, joista kerätään suuret määrät erilaista tietoa antureiden sekä muiden seurantalaitteiden avulla. Tiedot lähetetään koneista pilvipalveluun internetin välityksellä. Kyseinen etävalvontajärjestelmä on ollut käytössä muutaman vuoden, mutta toimeksiantaja on hyödyntänyt hyvin vähän keräämäänsä dataa. Datan tarkastelu, ja etenkin datanormien sekä näistä poikkeamien etsiminen, on ollut hyvin vähäistä. Myöskään seurantajärjestelmän rajoitteet eivät ole olleet täysin tiedossa.

Opinnäytetyössä tehtävä tarkastelu on rajoitettu hydrauliiikan etävalvontatietoihin ja hydrauliiikan kunnossapidon kannalta hyödyllisiin tietoihin. Suurin osa koneista seurattavista tiedoista hydrauliiikan osalta koostuu paineista ja lämpötiloista. Kuitenkaan kaikkea saatavilla olevaa dataa ei opinnäytetyössä oteta huomioon, sillä dataa on paljon ja aikaa opinnäytetyön tekemiseen rajoitetusti. Myöskin salassapitovelvollisuus rajoittaa tiettyjen tietojen ja etenkin tarkkojen lukuarvojen esittämistä opinnäytetyössä.

2 Kunnossapito

Kunnossapito on yleisesti hyvin laaja käsite. Se kattaa kaikki ne tekniset, hallinnolliset ja johtamiseen liittyvät toimenpiteet, joiden tavoitteena on turvallisuuden, tuottojen, laadun, ympäristön tai palveluiden ylläpito sekä kehittäminen. Tavoite palveluiden kannalta on tuottaa palvelua mahdollisimman hyvin, niin että asiakas on tyytyväinen ja kustannusten sekä laadun suhde on mahdollisimman edullinen. Tuotannon kannalta tavoitteena on edulliset olosuhteet nettotuottojen, turvallisuuden, ympäristön ja laadun kannalta. Tämä tarkoittaa etenkin hyvää laitteiden toimintakyvyn säilyttämistä ja erilaisten toimintojen perusedellytysten saatavuutta. Kunnossapito on yleistermi, johon liittyy konkreettisten toimien lisäksi olennaisena osana myös ajattelutapa. (Opetushallitus 2013)

Kunnossapito on suunniteltua, organisoitua toimintavalmiutta ja toimintaa, jonka päämääränä on pitää teollinen yritys koneineen, laitteineen, rakennuksineen ja alueineen optimaalisessa toimintakunnossa eli saavuttaa ja säilyttää riittävän suuri käytävyyden ja työturvallisuus mahdollisimman pienin kustannuksin (Rossi 1993, 8).

Kunnossapito on määritelty SFS-EN 13306 standardissa seuraavasti: Kunnossapito on koneen elinjakson aikaisten kaikkien teknisten, hallinnollisten ja johtotoimenpiteiden yhdistelmä, joiden tarkoitus on ylläpitää tai palauttaa koneelle ominainen toimintakyky, niin että kone pystyy suorittamaan sille vaaditut toiminnot. (SFS-EN 13306; käänös englanninkielisestä tekstistä)

Kunnossapito voidaan luokitella monin eri tavoin. Standardi SFS-EN 13306 jakaa kunnossapidon selkeästi (Liite 1).

Kunnossapitoyhdistys ry on määritellyt viisi eri käsitettä, joita käytetään yhdistyksen julkaisuissa.

- Huolto on määritelty olevan yleensä jaksotettua toimintaa, joka pitää koneiden toimintaympäristön ja edellytykset mahdollisimman hyvänä.
- Ehkäisevään kunnossapitoon sisällytetään jaksotettu kunnossapito, kunnonvalvonta, kuntoon perustuva kunnossapito ja ennustava kunnossapito. Ehkäisevä kunnossapito itsessään tarkoittaa

toimenpiteitä, jotka tehdään laitteen rikkoutumisen ehkäisemiseksi ennakoon.

- Korjaavaan kunnossapitoon sisältyvät korjaaminen ja kunnostaminen. Korjaavassa kunnossapidossa korjataan esiin tulleet viat ja palautetaan koneen toimintakunto.
- Parantava kunnossapito parantaa koneiden käytettävyyttä ja luotettavuutta tai kehittää konetta vastaamaan uudistuneita vaatimuksia ja uusinta tekniikkaa.
- Vikojen ja vikaantumisen selvittämisessä paikannetaan tuotantoprosessiin epäedullisesti vaikuttavat tekijät, kuten esimerkiksi heikot komponentit tai väärä käyttötapa. (Ansaharju 2009, 299.)

Kunnossapito on yrityksissä yksi merkittävimmistä kustannuksista. Useissa yrityksissä se on usein suurin kustannus pääoma- ja raaka-ainekustannusten jälkeen. Huomioitavaa on myös, että kunnossapito on yleisesti yritysten suurin kontrolloimaton kustannuserä. (Mikkonen 2009, 38.)

Hydrauliijärjestelmien kunnossapidossa voidaan hyödyntää monia kunnossapidon lajeja ja toimintamalleja ottaen kohdejärjestelmä huomioon. Hydrauliikka rakentuu nesteistä ja mekaanisista komponenteista, joille ominaista on kuluminen ja vikaantuminen eri syistä. Kokonaisuuden kunnossapidossa on otettava huomioon myös hydrauliijärjestelmien käsittämät mekaaniset ja sähköiset toteutukset, esimerkiksi automatiikassa ja voimansiirrossa. Kunnossapitotoiminnassa korostuvat ennakointi ja kunnonseuranta, jos kohteen järjestelmä on monimutkainen, jos se sisältää arvokkaita komponentteja, korjaustoimenpiteet vievät kauan ja laitteisto on tuotannon toiminnan kannalta kriittinen. (Numminen 2015, 7.)

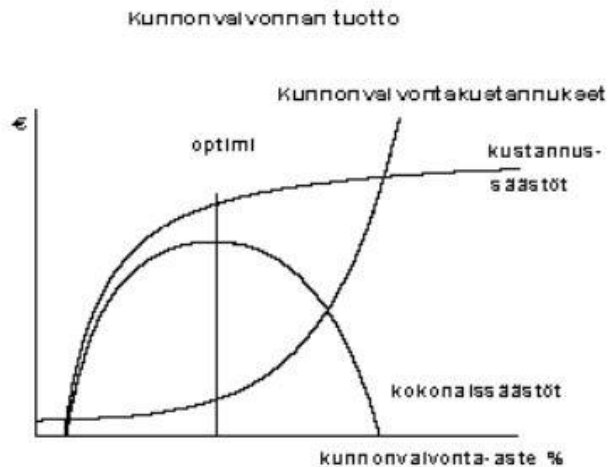
2.1 Ennakoiva kunnossapito

Ennakoiva kunnossapito voidaan jakaa kunnonvalvontaan ja määräaikaishuoltoon (Rossi 1993, 28). Määräaikaishuolto käsittää

toimenpiteet, joilla estetään ennalta laitteiston viat. Määräaikaishuolto suoritetaan koneelle tai laitteelle tietynä kalenteriajankohtana, tietyn tunti- tai käyttökerran jälkeen tai jonkin muun käyttömäärää kuvaavaan suureeseen perustuen. Huolto suoritetaan riippumatta siitä, tarvitseeko komponentti, kone tai laite huoltoa vai ei. Näin ollen huoltoja suoritetaan väistämättä myös turhaan. Määräaikainen huolto ei ole tavoite kunnossapidossa, vaan pikemminkin seuraus kunnonseurannan vaikeudesta kyseisellä alueella. Ongelma määräaikaisessa kunnossapidossa on huoltovälin määrittäminen. Vaikka vikaväli tunnetaan, on määritettävä, kuinka suuri todennäköisyys vikaantumiselle sallitaan. Mitä lyhyempi on huoltoväli, sitä varmemmin vikaantuminen ehkäistään, mutta samalla kunnossapidon kustannukset kasvavat. Valmistajan huolto-ohjelmat on laadittu niin, että ne ovat riittävät epäedullisissakin käyttöolosuhteissa. Kuitenkaan yllättäviltä vikaantumisilta ei voida välttyä. Määräaikaishuolto voi tuoda mukanaan myös ongelmia, sillä aina kun laitetta avataan tai osia vaihdetaan, on vaurion aiheutuminen mahdollista. Kriittisiin paikkoihin voi päästä likaa tai kunnossapitäjä voi tehdä virheen. Toisaalta määräaikaishuoltojen aiheuttamat kustannukset voidaan laskea tarkasti ja huolloista muodostuu nopeasti rutiiniluontoisia.

Ennakoivaa kunnossapitoa kehittämällä voidaan pidentää vikaantumisväliä ja parantaa siten käytettävyyttä (Kuvio 1). Samalla voidaan ylläpitää koneiden ja laitteiden laaduntuottokykyä sekä kasvattaa niiden taloudellista

käyttöikä. Lähtökohdan ennakoivan kunnossapidon kehittämiseksi muodostavat vikatilastot. (Rossi 1993, 29, 37-40.)



Kuvio 1. Kunnonvalvonnan optimointi. (Opetushallitus 2013. Kunnossapito, menestystekijä: Kunnonvalvonnan tuotto.)

2.2 Kunnonvalvonta

Kunnonvalvonta on jatkuvaa toimintaa, jossa kohteen tilaa seurataan erilaisten mittaustoimintojen avulla. Mittaukset voivat tapahtua jatkuvasti tai määrätyin ajoin. Toimenpiteet ovat laajempia verrattuna käyttöseurantaan. Käyttöseurannassa käyttäjä seuraa koneen toimintaa oman normaalin toimintansa ohella tarkkailemalla, hoitamalla ja huoltamalla. Käyttöseuranta on yksi kunnonvalvonnan osa-alue. Kunnonvalvonta perustuu kunnan ja tilaa osoittavien perussuureiden tunnistamiseen. Näille perussuureille täytyy määrittellä tarkistusmenetelmät, mittaustavat, mittauslaitteet, hälytysrajat ja tulkintajärjestelmät. Hyvällä kunnonvalvonnalla saadaan kustannussäästöjä, parempaa turvallisuutta ja pystytään vähentämään päästöjä. Tietojen kerääminen toimii todistusaineistona esimerkiksi takuutapauksissa ja on usein hyödyksi tuotekehitykselle. (Ansaharju 2009, 301.)

Koneiden kunnonvalvonta ja erityisesti värähtelymittaukset ovat tulleet tärkeään osaan teollisuuden kunnossapidossa. Kunnonvalvonta on osa kunnossapitoa. Tuotantolaitoksissa on havaittu, että oikeanlaisen

kunnonvalvonnan myönteinen vaikutus koneiden käyttöasteeseen ja toiminnan kannattavuuteen on suuri (Kuvio 1). Tähän on vaikuttanut erityisesti tietokoneavusteisen kunnonvalvonnan käyttöönotto viimeisien vuosien aikana. Tämän ansiosta suurta mittaustietomäärää pystytään hallitsemaan ja käsittelemään niin, että tuotantolaitoksen koneiden kunnon tilanne on jatkuvasti tiedossa. Kunnonvalvonta vaikuttaa suoraan myös investointeihin, käyttöön ja kunnossapitoon. Kunnonvalvonnalla saavutettavia hyötyjä ovat tuottavuuden kasvu, kunnossapidon suunnitelmallisuus, seisokkiaikojen parempi hyödyntäminen, suunnittele mattomien seisokkien väheneminen ja koneen pidentynyt elinikä. Seisokkien toimenpiteet voidaan suorittaa tuotantoajan ulkopuolella, jos kunnonvalvontaa tehdään oikein. Suora vaikutus myös kunnossapidon kustannuksiin on olemassa. Kunnonvalvonnalla voidaan päästä pois korjaavasta kunnossapidosta ja siirtyä mittaavaan kunnossapitoon, joka vähentää kustannuksia merkittävästi. Kunnossapitotyöt suoritetaan vain silloin, kun koneen kunto sitä vaatii. Tämä tarkoittaa, että turhat koneen osien purkamiset jäävät pois, joka taas lisää koneen elinikää merkittävästi. (Opetushallitus 2013.)

2.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito on mahdollista jakaa kolmeen pääryhmään. Ensimmäisessä ryhmässä kohdetta muutetaan käyttämällä uudempia osia tai komponentteja, mutta koneen suorituskykyä ei ole tarkoitus muuttaa. Toinen pääryhmä sisältää erilaiset uudelleensuunnittelut ja korjaukset, joilla on tarkoitus parantaa koneen luotettavuutta. Kolmanteen pääryhmään kuuluu modernisaatio, jossa kohteen suorituskykyä muutetaan. Yleensä tämä tarkoittaa, että uudistetaan sekä kone että valmistusprosessi. Käytännössä modernisaatio tehdään koneelle, jolla on vielä käyttöikä jäljellä, mutta sen toiminnot ovat vanhentuneet. (Järviö 2012, 51-52.)

Parantavan kunnossapidon tarkoituksena on parantaa kohteen luotettavuutta ja/tai kunnossapidettävyyttä muuttamatta kohteen toimintoja (PSK 6201:2011).

3 Six Sigma

SFS 13053 on standardisoinut Six Sigma -projektin seuraavasti:

Six Sigma -projektin päätarkoitus on ratkaista tietty ongelma ja edesauttaa siten organisaation liiketoimintatavoitteiden saavuttamista. Six Sigma -projekteja olisi käynnistettävä vain silloin, kun johonkin ongelmaan ei tiedetä ratkaisua.

Standardin mukaan Six Sigma -projektiin liittyvät tehtävät on mahdollista esittää tiivistettyä seuraavasti:

- a) aineiston kerääminen
- b) tiedon kerääminen aineistosta analyysin avulla
- c) ratkaisun suunnittelu
- d) haluttujen tulosten varmistaminen.

Lyhyesti sanottuna Six Sigma on sarja menetelmiä ja käytäntöjä, joilla prosessia pyritään parantamaan systemaattisesti. Tavoitteena on vaihtelun pienentäminen tuotteissa. Vaihtelun pienentäminen tapahtuu tutkimalla prosessin syy- ja seuraussuhteita, sekä tekemällä näissä onnistuneita muutoksia ulostuloon vaikuttaviin muuttujiin. Keskeisin vahvuus Six Sigmassa on sen tieteellinen perusta, jossa hyödynnetään tilastollista ajattelua ja menetelmiä. Pääajatuksena on, että vaihtelu aiheuttaa virheitä, virheet aiheuttavat vikoja ja viat aiheuttavat hukkaa yrityksessä. Voidaan myös sanoa, että Six Sigma -parannus on vaihtelun pienentämistä, joka taas tarkoittaa innovaatiota. Six Sigman keskeinen työkalu on DMAIC, eli define, measure, analyse, improve, control. Suomennettuna määrittely, mittaus, analysointi, parantaminen ja ohjaus. DMAIC on ongelmanratkaisumenetelmä, joka tuo järjestelmällisen tavan ratkaista ongelmia ja kehittää ratkaisun liiketoiminnan kehittämiseen. (Six Sigma 2018.)

4 Teollinen internet

Digitalisaation seurauksena nykyisin toimiva teollisuus on uudistumassa merkittävästi. Digitalisaatio merkitsee ajankohtaisesti esineiden tai asioiden internetin (Internet of Things, IoT) ja teollisen internetin esiintuloa ja käytännössä kokonaisten toimialojen uudistumista. IoT:sta puhutaan silloin, kun elektroniset, sähköiset tai elektromekaaniset laitteet kommunikoivat keskenään ja ovat yhteydessä internettiin (Ravulavaru 2017, What is IoT). Teollinen internet tarkoittaa tuotteiden, laitteiden, komponenttien, prosessien ja kokonaisten tuotantojärjestelmien sekä niihin liittyvien ihmisten yhdistämistä toisiinsa ja internettiin niin, että niihin liittyvää tietoa voidaan seurata ja ohjata. Käytännössä teollinen internet viittaa esineiden ja asioiden internetin soveltamiseen tuotannollisessa teollisuudessa. Laitteiden etävalvontaan ja etäohjaukseen liittyvät järjestelmät ovat tulleet osaksi monenlaisia teollisia toimintoja. Digitalisaatio avaa uusia mahdollisuuksia yritysten välisessä palveluliiketoiminnassa, myös silloin kun asennettu laitekanta on hajautunut globaalisti erilaisten asiakasyritysten käyttöön. Sensoriteknologian, analytiikan, modernin tietoliikennetekniikan ja suurten datamäärien käsittelyn järjestelmien nopean kehittymisen myötä digitalisaatio koskee entistä suurempaa osaa teollisesta toiminnasta ja tekee uudenlaisia asioita mahdolliseksi.

Edistykselliset yritykset ovat tienneet jo pitkään, että pitkällä aikavälillä laajaan laitekantaan yhdistyvä teollisten palveluiden (mukaan lukien kunnossapitopalvelut) myynti tuo paremman kannattavuuden kuin pelkkä laitekauppa. Voidaan siis sanoa, että teollisen internetin teknologialle rakentuvat palvelut ovat nousemassa keskeisiksi yritysten ja kokonaisten teollisten kokonaisuuksien kilpailuetujen lähteiksi. Palveluiden aineettomat osat auttavat parantamaan aineellistenkin investointien tuottoa. (Martinsuo & Kärri 2018, 10-14.)

5 Etäseurantatietojen hyödyntäminen

Tietoa eri muodoissa voidaan kerätä ja tallentaa hyvinkin suuret määrät, mutta tietojen hyödyntäminen on haasteellista. Tallennetun tiedon analysoinnilla tiedosta voidaan luultavimmin löytää merkityksellisiä asioita, jos tiedetään, mitä etsiä. Tällöin suuressa merkityksessä on kokemukseen perustuva näkemys etsittävästä kohteesta. Tarvitaan myös tiedon analysoijia, jotka selvittävät, miten etsiä haluttava tieto. Löydökset voivat olla hyvinkin merkittäviä. Toisaalta läheskään kaikkia löydettävissä olevia merkityksellisiä asioita ei välttämättä löydetä suuren tiedon määrän vuoksi. Myös asioita, joilla ei oikeasti ole merkitystä, voidaan löytää sillä, tieto voi olla kiinnostava, mutta merkityksetön. Tällaisissa tapauksissa tiedon analysoijat eivät välttämättä tiedä, ettei tieto ole merkityksellinen.

Pilviteknologia mahdollistaa suurten tietomäärien tallennuksen sekä laskentakapasiteetin joustavan käytön. Pilviteknologia mahdollistaa myös perinteisesti pimeänä datana pidetyn tiedon avaamisen ja ymmärtämisen osana kunnossapidon mittaustietoa. Tiedosta suuri osa on ns. pimeää dataa, joka ei ole perinteisesti ollut käsiteltävissä tai ymmärrettävissä koneellisesti. Pimeä data on kerättyä tietoa, jota ei ole aiemmin analysoitu tai tietoa, jota ei ole aiemmin edes käsitelty (Hurwitz, Kaufman & Bowles 2015, 68). Kognitiivisen tietojenkäsittelyn kautta myös pimeää dataa voidaan hyödyntää. (Kaskikallio & Niittymaa 2017, 88-89.)

5.1 Tiedon tasoja laitetoimittajan palveluiden näkökulmasta

Datan kerääminen ja tallentaminen on nykyään jo perustason palvelu, joka tarjoaa mahdollisuudet tarpeellisten mittaustietojen keräämiseen, tallentamiseen ja siirtämiseen. Esimerkiksi juuri kunnonvalvontamittausten kerääminen ja siirto tietokantaan on tällainen palvelu. Nykyään tiedonkeruumahdollisuudet ovat suuressa osassa erilaisissa laitteissa. Tämä on johtanut siihen, ettei tiedonkeruuta pidetä juurikaan palveluna

nykypäivänä. Data palveluna on tietokanta, joka sisältää mittaustulokset, kunnossapidon historiatiedot ja muut vastaavat tiedot.

Informaatio palveluna on myös osa etäseurantatietoja. Informaatio kattaa kerätystä raakadatasta tuotetut erilaiset visualisoinnit ja lasketut tunnusluvut. Palveluntarjoaja voi tuottaa asiakkaalle valmiit raportit tai tarjota analysointivälineet, jotta asiakas itse pystyy tuottamaan raporttinsa. Valmiiden raporttien tuottaminen vaatii palveluntarjoajalta pääsyn asiakkaalta kerättyyn dataan.

Tietämys palveluna kattaa laajemman käsityksen asiakkaan tarpeista ja edellyttää parempia valmiuksia analysoida aineistoa. Palveluntarjoajan täytyy pystyä tulkitsemaan tuloksia asiakkaan näkökulmasta ja tunnistaa muutostarpeita. Näin pystytään vastaamaan esimerkiksi kysymyksiin milloin mittausravot ovat poikkeavia ja milloin kunnossapito-ohjelmaan tulee tehdä muutoksia.

Viisaus palveluna vaatii kyvyn tunnistaa päätöstilanteeseen liittyvät vaihtoehdot ja vertailla niiden etuja sekä haittoja. Edellä mainittuun palvelutasoon verrattuna dataa ei välttämättä ole tarpeen kerätä enempää. Edellytyksenä on syvällisempi käsitys asiakkaan liiketoiminnasta sekä tarpeista. Palveluntarjoajan on kyettävä tuottamaan pitkälle jalostettua tietoa, jota asiakas pystyy hyödyntämään päätöksenteossaan ilman lisätyötä. Tämä vaatii kiinteää yhteistyötä asiakkaan ja palveluntarjoajan välillä. Tämä palvelutaso pyrkii esimerkiksi vastaamaan kysymykseen, miten kunnossapito-ohjelmaa voidaan kehittää.

Edellä kuvatuista palvelutasoista datan ja informaation tuottaminen on pääosin toteutettavissa teknisiä ratkaisuja käyttäen ja niitä soveltaen. Tämä edellyttää kuitenkin ymmärrystä siitä, millaista dataa kannattaa kerätä ja mikä on asiakkaalle hyödyllistä informaatiota. Nämä palvelutasot eivät välttämättä vaadi omaa tiedonkeruuta palveluntarjoajalta. Vaativimpien palvelutasojen toteuttaminen asiakkaalle, kuten vaihtoehtoisten toimintatapojen vertailu, edellyttää kykyä asiakkaalta saadun tiedon keräämiseen ja analysoimiseen, sekä kykyä yhdistää data-analyysin tuottama tietämys asiakkaan liiketoimintaan. (Kunttu, Ahonen & Kortelainen 2017, 21-22.)

5.2 Pilvipalvelut datasiirron välineenä

Erilaisia teknisiä ratkaisuja tietojen siirtämiseen on ollut olemassa jo kauan, mutta laitevalmistajien saama tieto käyttövaiheesta on varsin vähäistä. Tämä pienentää mahdollisuuksia tietointensiivisten palveluiden nostamiseen tiedon haasteellisemmille tasoille. Ongelmana on tiedon jakamisen epäluottamus, sillä monet asiakkaat näkevät riskinä ulkopuolelle annetun datan väärinkäytön. Myöskään tiedonsiirron mahdollistaminen erilaisten palomuurien ja muiden rajapintojen yli ei ole aivan yksinkertaista, eikä tämä onnistu ilman yhteistyötä asiakkaan kanssa. Asiakkaiden on myös usein vaikea nähdä, miksi resursseja tulisi käyttää palveluntarjoajan kaupalliseen toimintaan.

Yksi yritysten välinen tiedonsiirron väline on pilvipalvelut. Pilvipalvelun tarjoaja edustaa kolmatta osapuolta. Näin suoranaista kiinnostusta datan sisältöön ei ole, mutta liiketoiminnan jatkuvuuden seurauksena keskitytään usein datan luotettavuuden varmistamiseen. Tieto löytyy yhdestä paikasta, jolloin tiedon tuottajien, kuten laitetoimittajien asiakkaiden, ei tarvitse antaa tiedonsiirto-oikeuksia monelle laitetoimittajalle. Pilvipalvelun tarjoaja vastaa tietojen jakamisesta. Näin kukin osapuoli näkee vain itselleen määritellyt sisällöt. Laitetoimittajien saamat tiedot käyttövaiheesta painottuvat vikatapahtumiin ja laitetason seurauksiin. Keskitetty tiedonkeruu antaa paremmat mahdollisuudet saada tietoa laitetoimittajien laitteiden merkityksestä koko tehtaan näkökulmasta. Kuitenkaan tiedon olemassaolo ja kerääminen ei yksin riitä, vaan raakadata on muokattava olennaiset asiat esille tuovaan muotoon visualisoinnein, analysein ja tunnusluvuin tietokantaan. (Kunttu 2017, 22-25.)

6 Etävalvonnan hyödyntäminen

6.1 Lähtökohdat

Teollinen internet voidaan nähdä kokonaisuutena, joka koostuu sensoreista joilla dataa kerätään, datan välityksestä ja varastoinnista, sekä datan analysoinnista hyödynnettäväksi tiedoksi. Kyseiset osa-alueet ovat ottaneet isoja kehitysaskelleita viime vuosien aikana. Käytännön soveltamisen näkökulmasta teollisessa ympäristössä on jo pitkään hyödynnetty sensoriteknologiaa ja datanvarastointiratkaisuja, mutta itse datan älykäs analytiikka ei ole ollut laajemmin käytössä. Analytiikkaa, joka on yrityksille tuttua, ovat esimerkiksi raportit tuotannosta ja sen kehittymisestä. Automaattinen syy-seuraussuhteiden tunnistaminen ja toiminnan ennakointi datan pohjalta ovat vieraita monelle yritykselle. Älykäs data-analytiikka on vasta viime vuosina noussut suurempaan rooliin. (Ackerman & Ruusuvaori 2017, 124.)

Etäkunnonvalvonta on nykyisin pääosin tasolla, jossa kunnonvalvontaa suorittavat tahot seuraavat etänä koneiden ongelmatilanteita tai analysoivat mittaustulosten poikkeamia ja etsivät näihin juurisyytä. Moniteknisissä laitteissa analysointiin tarvitaan monia eri alojen asiantuntijoita. Koneälyllä automatisoitu analysointi on vielä harvinainen nykypäivänä. Kuitenkin pilvipalveluihin perustuvat etäkunnonvalvontajärjestelmät ovat yleistymässä kovaa vauhtia ja mittadatan analysointiin löytyy jo ratkaisuja. (Promaint ry 2018, 61.)

Toimeksiantaja ei ole juurikaan hyödyntänyt keräämiään etävalvontatietojaan ennakoivassa kunnossapidossa. Pilvipalvelu on ollut käytössä vasta reilun vuoden ja näin kerättävää anturidataa ei ole saatu helposti nähtäville kuin kyseisen ajan. Vaikka data on sittemmin ollut saatavissa, ei dataa ole seurattu aktiivisesti. Tiettyjä datan osioita on tarkkailtu vikaantumistilanteissa, mutta ei syvällisesti, vaan hyvin pinnallisesti. Eli voidaan sanoa, että suurin osa kerätystä datasta on pimeää dataa. Asiakkaiden koneiden käytön optimointi on ollut tähän asti

ensimmäinen prioriteetti. Asiakkaat ovat kysyneet kerättävän datan kautta muuttamaan toimiaan niin, että he ovat kysyneet käyttämään Mantsisen koneita kustannustehokkaammin. Kyseinen pilvipalvelu kehittyy kaiken aikaa ja ei täten ole täysin valmis palvelu. (Lappi 2018.)

6.2 Etävalvontajärjestelmän hyödyntäminen

Opinnäytetyössä tehtävässä tarkastelussa käytetään Mantsisen materiaalinkäsittelykoneiden etävalvontatietoja, jotka löytyvät Mantsisen omasta pilvipalvelusta, Mantsinen Telematic Systemistä (MTS). Yrityksessä käytetään etävalvontatiedoista myös nimitystä etäseurantatiedot, joka tarkoittaa samaa asiaa kuin etävalvontatiedot, mutta opinnäytetyössä pyritään käyttämään käsitettä etävalvontatiedot. Seurattava tieto siirtyy pilvipalveluun koneista sykleittäin. Seurattavat tiedot koostuvat pääosin kvantitatiivisista ominaisuuksista, joten ne on mahdollista esittää numeraalisesti. Pilvipalvelussa data on sittemmin muutettu visuaaliseen muotoon erilaisiksi kuvioiksi, histogrammeiksi ja esimerkiksi ympyräkaavioiksi.

Kerättävään dataan voivat vaikuttaa monenlaiset eri muuttujat. Esimerkiksi koneen kuljettaja voi vaikuttaa tiettyihin painearvoihin toimillaan. Liian nopeat ohjausliikkeet voivat nostaa tiettyjen paineanturien mittaamia painearvoja ja näin datan luotettavuus pienenee. Tämä voidaan ottaa huomioon tarkastelemalla useamman kuin yhden painearvon signaalia, mutta huomio perustuu vain arvioon eikä täten ole tarkasti mitattava muuttuja. Raju koneen käyttö näkyy usein monen painearvon kasvuna eikä vain yhden.

Tarkastelussa käytetään seitsemän eri koneen etävalvontatietoja. Koneista on kerätty erilaista dataa vähintään vuoden ajan, riippuen koneen käyttöönottopäivästä. Hydrauliiikkapumppuja pyörittää diesel- tai sähkömoottori. Koneet ovat Mantsisen asiakkaiden käytössä, osa Suomessa ja osa Etelä-Amerikassa. Tarkasteluun valittujen koneiden päivittäinen käyttö on päivittäin suhteellisen samanlaista. Tällä pyritään

siihen, että datan verrattavuus toiseen koneeseen olisi mahdollisimman hyvä, datan vaihtelu mahdollisimman pientä ja data mahdollisimman luotettavaa. Osa tarkasteltavista koneista on keskenään identtisiä, käyttö tapahtuu samassa paikassa ja koneet tekevät samanlaista työtä. Opinnäytetyöhön valittiin nämä seitsemän konetta yllä olevien kriteereiden perusteella ottaen huomioon saatu datan määrä koneista. Dataa on paljon, mutta kuitenkin ei liikaa. Valituista koneista toimeksiantaja tietää myös paljon hiljaista tietoa ja tarkat vikaantumistiedot.

Koneista kerättävä data koostuu pääosin painearvoista ja lämpötiloista. Teoriassa antureista tuleva data on jatkuvaa, mutta antureista rekisteröitävän datan otosväli järjestelmässä on lyhimmillään 2,5 sekuntia. Antureiden data kerätään suoraan koneiden CAN-väylästä koneen omalle tietokoneelle ja sieltä kerättävä data lähetetään suoraan Mantsisen omaan etävalvontapilvipalveluun halutuin syklein. Anturidata lähetetään raakadatana pilvipalveluun, jossa data sittemmin muutetaan ymmärrettävään muotoon, kuvioiksi ja kaavioiksi. Tarkasteltavan datan tarkkoja lukuarvoja ei tulla näyttämään opinnäytetyössä salassapitovelvoitteen vuoksi. (Mantsinen Group Ltd 2018.)

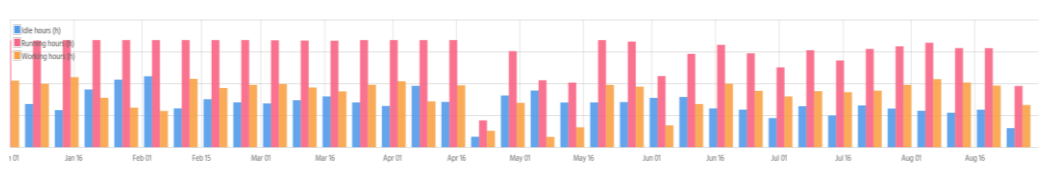
6.3 Huoltojen ajankohdan optimointi

Yksi seurattavista perustiedoista on koneiden käyttötunnit. Koneista seurataan todellisia työtunteja, tyhjäkäyntitunteja ja näiden summaa, eli koko käynnissäoloaika. Hydrauliikan määräaikaishuollot ovat tunti- tai aikaperusteisia. Koneiden suuren käyttöasteen seurauksena jokainen huolto käytännössä suoritetaan tuntiperusteisesti. Näin ollen päivittäisen tuntimääräisen käytön tietojen perusteella voidaan ennakoida, milloin seuraava tuntiperustainen hydrauliikan huolto tulisi suorittaa. Vaatimuksena on kuitenkin, että koneiden päivittäinen käynnissäoloaika on suhteellisen tasaista. On myös otettava huomioon, ettei vikaantumisia, loma-aikoja tai muita vastaavia muuttujia oteta laskennallisessa arvioissa huomioon.

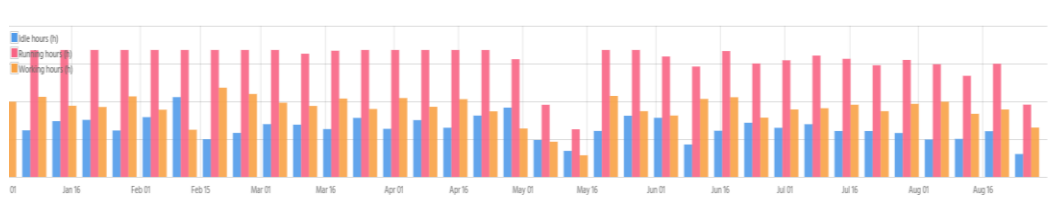
Kuvioissa 2 - 4 on esitetty kolmen tarkasteltavan koneen käyttöaste viikoittain seitsemän kuukauden ajalta. Kuvioista voi huomata, että kyseisten koneiden päivittäinen käyttö on suhteellisen tasaista käyttötuntien perusteella. Kyseiset koneet tekevät hyvin samanlaista työtä toisiinsa verraten. Tiedetään myös, ettei kyseisten koneiden tekemä työ tai työn sijainti muutu. Näin ollen dataa hyödyntäen voidaan luoda laskentaan perustuva arvio ja ennakoida seuraavan huollon ajankohta kunkin koneen kohdalla. Laskennan tarkkuus ja luotettavuus riippuu koneen käyttöasteen tasaisuudesta.

Yllä olevaa analyysia tukee liite 2, jossa näkyy neljän muun koneen käyttöasteet. Myös näissä koneissa viikoittainen käyttöaste on suhteellisen tasaista.

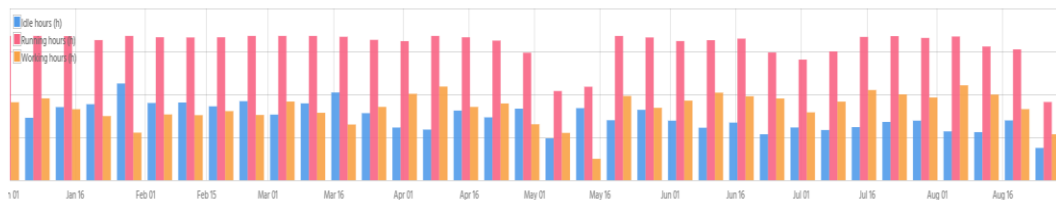
Kyseinen arvio mahdollistaa asiakkaan ajoittamaan huollon ja toimintansa mahdollisimman kustannustehokkaasti. Arvio mahdollistaa myös huolto-ohjelman tarkemman noudattamisen. Todennäköisyys, että asiakas joutuu lykkäämään huoltoa oman toimintansa pakottamana, pienenee. Tämä parantaa koneen kunnossapidettävyyttä, ennakoivaa kunnossapitoa ja pilvipalvelua palveluna asiakkaan ja laitetoimittajan kannalta.



Kuvio 2. Kone 1, käyttöaste.



Kuvio 3. Kone 2, käyttöaste.



Kuvio 4. Kone 3, käyttöaste.

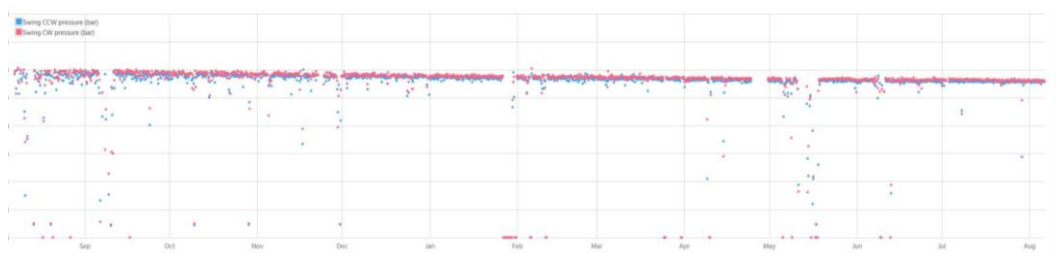
6.4 Käännön datan poikkeama

Koneiden kääntö koostuu hydraulipumpusta, joka antaa voiman kahdelle hydraulikäyttöiselle vaihteelle, jotka edelleen pyörittävät suuren hammasratiaan avulla koneen yläosaa. Hammasratas on kiinteästi kiinni koneen alaosassa. Edellä mainitut vaihteet on kiinnitetty koneen yläosan runkoon ja yläosa on laakeroitu alaosaan nähden. Koneen käännön hydraulikka sijaitsee kokonaisuudessaan koneen yläosassa.

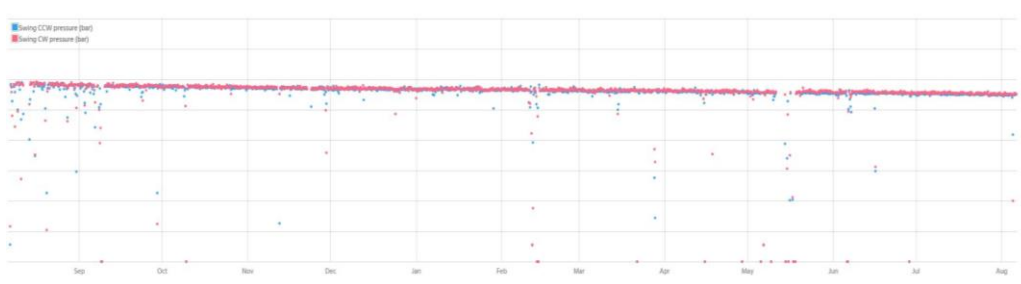
Käännön etävalvontatiedot koostuvat paineantureiden mittaamista painearvoista. Analyysiin on valittu kolmen koneen etävalvontatiedot, koska kyseisten koneiden käännön datan huomattiin olevan tarpeeksi luotettavaa ja toisiinsa verrattavissa analyysia varten. Paineanturit sijaitsevat kääntövaihteille paineen antavassa hydraulipumpussa. Paineantureita on kaksi. Toinen antureista mittaa pumpun painetta koneen käännön kääntyessä myötäpäivään ja toinen vastapäivään. Kääntövaihteita on myös kaksi, jotka molemmat saavat paineensa venttiilien kautta yhdestä samasta hydraulipumpusta. Jokaisessa kolmessa koneessa on saman mallin, sekä saman valmistajan kääntövaihteet. Koneiden käännön hydraulikka on suljettu järjestelmä ja näin muu hydraulikka ei vaikuta sen painearvoihin tai öljyn virtausnopeuksiin. Käännön hydraulipumppu saa voimansa pumppuvaihteelta, jota pyörittää sähkömoottori tai dieselmoottori. Tässä kyseisessä tarkastelussa tarkasteltiin kolmea materiaalinkäsittelykonetta, joissa kaikissa pumppuvaihdetta pyörittää saman merkinen ja mallinen sähkömoottori.

Analyysissä tarkasteltiin vain paineantureiden mittaamia maksimipainearvoja. Näytteenottoväli on kuusi tuntia, jotta datan määrä pysyisi inhimillisenä. Näin ollen jokainen kuvioissa esiintyvä painearvo on suurin paineanturin mittaama arvo kuuden tunnin ajalta. Painearvot on sijoitettu kuvioihin pisteinä, niin että paine määrittää kohdan Y-akselilla ja aika X-akselilla. Poikkiviivojen väli kuvaa 5 yksikön (lukuarvo muutettu) muutosta ja pystyviivat kaavioissa kuvaavat kuukauden vaihtumista. Maksimipainearvon paineanturi lukee, kun kääntövaihdetta aletaan jarruttamaan, eli käännön liikettä hidastetaan. Käännön hydraulikka on suljettu järjestelmä, jossa kääntövaihteilta öljy virtaa pumpun läpi takaisin tankkilinjaan. Kun koneen käännön liikettä hidastetaan, luovat kääntövaihteet painetta pumppuun jarrutusliikkeen ajan. Jarrutusvoimaa, eli virtausta tankkilinjaan, säädellään pumpun vinolevyllä. Mitä kovemmin liikettä halutaan jarruttaa, sitä suuremman paineen kääntövaihteet synnyttävät pumppuun. Pumpun maksimipainearvon määrittää pumpussa oleva esiohjattu paineenrajoitusventtiili, jonka rajoitusarvo on mekaanisesti säädetty haluttuun painearvoon. Täten voidaan sanoa, että paineanturin lukema maksimipaine on paineenrajoitusventtiilin rajoitusarvo silloin, kun konetta käytetään mahdollisimman tehokkaasti.

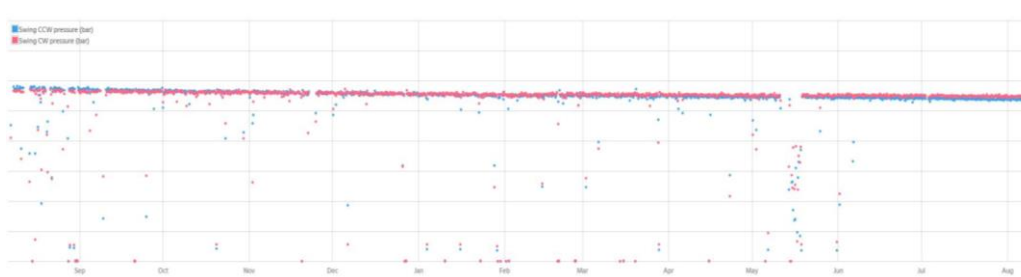
Käännön etävalvontadatasta huomattiin selkeä trendi (Kuviot 5-7). Käännön pumpun maksimipainearvot laskevat tasaisesti käyttötuntien mukaan, vaikka painearvojen täytyisi pysyä suhteellisen vakiona. Alkuun muutos todettiin muutamassa koneessa, mutta lisätarkastelun seurauksena huomattiin vastaava muutos useassa eri koneessa. Muutos tuli esille datan visuaalisella tarkastelulla hyödyntämällä pitkää aikaväliä.



Kuvio 5. Kone 1, kääntöpumpun paineet.



Kuvio 6. Kone 2, kääntöpumpun paineet.



Kuvio 7. Kone 3, kääntöpumpun paineet.

Paineenrajoitusventtiilissä oleva jousi painaa metallikuulaa tukkien istukan. Paine pääsee tankkilinjaan asetusarvon ylittyessä, eli kun paine kasvaa niin suureksi, ettei jousen voima enää riitä pitämään istukkaa suljettuna. Asetusarvo määritetään mekaanisesti ruuvilla, jolla säädetään edellä mainitun jousen puristusvoimaa. Etävalvontadatan perusteella voidaan sanoa, että paineenrajoitusventtiilin asetusarvo muuttuu tasaisen laskevasti käyttötuntien mukaisesti (Kuviot 5 - 7). Kuvioissa esiintyviä suuria poikkeamia ei otettu huomioon analyysissä, sillä poikkeamat ovat yleisten maksimipaineiden alapuolella ja johtuvat luultavimmin koneen ajoittaisesta vähäisestä käytöstä.

Datan perusteella käännön pumpua on huollettava liiallisen paineenlaskun ehkäisemiseksi. Etävalvonnan avulla voidaan tarkastella suhteellisen luotettavasti huollon tarpeen ajankohtaa, koska koneen käyttö ja painearvon muutos on niin tasaista. Data osoittaa, että paineenrajoitusventtiilin asetusarvon uudelleenkalibrointi on lisättävä kyseisten koneiden huolto-ohjelmaan. Hydrauliohjelmoinnin laadulla tai iällä ei ole datan perusteella vaikutusta tässä yhteydessä, sillä painearvon muuttuminen on niin tasaista, eikä öljyn tai suodattimien vaihdolla ole

nykyisen datan perusteella vaikutusta. Datat lukuarvot eivät muutu, vaikka huoltoja on tehty jokaiseen koneeseen tarkasteluvälillä.

6.5 Paineakkujen datan poikkeama

Tarkasteltavien koneiden paineakkujen etävalvontatiedot koostuvat paineanturin mittaamista painearvoista ja tarkasteltavia koneita on kolme.



Kuvio 8. Paineakku (Mäkinen 2005).

Koneet tekevät keskenään samaa työtä samassa sijainnissa ja ne ovat tarkasteltavalta tekniikaltaan identtisiä. Jokaisessa koneessa on kolme rinnankytkettyä paineakkuja. Paineanturi sijaitsee paineakkuja ohjaavassa venttiililohkossa ja täten anturi mittaa paineakkujen sisällä olevan öljytilan öljynpainetta. Paineakuissa oleva esipaineistus on tehty tyypellä, ettei ulkolämpötila vaikuttaisi esipaineistusarvoon. Paineakun öljyn ja typen erottaa kumipussi. Kuviossa 8 on Bosch Rexrothin paineakun poikkileikkaus. Keltainen alue kuvaa kumipussia ja punainen alue öljyä. Tarkasteltavissa koneissa paineakut keräävät painetta nostosylintereiden tehdessä negatiivisen liikkeen, eli kun nostopuomia lasketaan. Paineakkujen hyödyntämä öljytilavuus sijaitsee nostosylintereiden varren sisällä. Nostopuomi, taittopuomi ja nostettava kuorma synnyttävät painetta sylintereille ja sylintereiden sisällä olevan öljyn öljynpaine kasvaa. Öljynpaine ohjataan sylintereiltä venttiilien kautta paineakkuihin, hydraulioöljy vie paineakusta tilavuutta, typen tilavuus paineakussa pienenee ja paineakkuun varastoituu painetta. Varastoidulla paineella avustetaan seuraavaa nostosylintereiden positiivista liikettä, eli nostopuomin nostoliikettä.

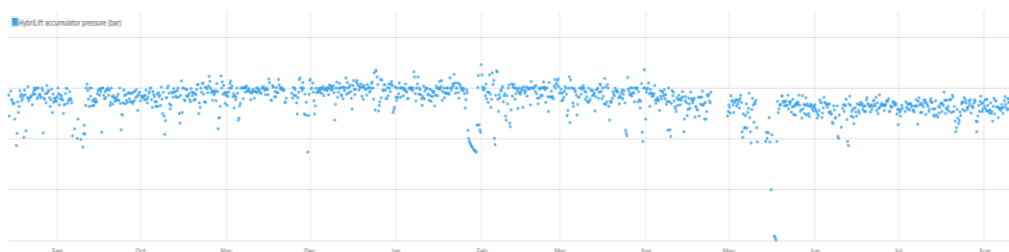
Koneet tekevät keskenään samaa työtä samassa sijainnissa ja ne ovat tarkasteltavalta tekniikaltaan identtisiä. Jokaisessa koneessa on kolme rinnankytkettyä paineakkuja. Paineanturi sijaitsee paineakkuja ohjaavassa venttiililohkossa ja täten anturi mittaa paineakkujen sisällä olevan öljytilan öljynpainetta. Paineakuissa oleva esipaineistus on tehty tyypellä, ettei ulkolämpötila vaikuttaisi esipaineistusarvoon. Paineakun öljyn ja typen erottaa kumipussi. Kuviossa 8 on Bosch Rexrothin paineakun poikkileikkaus. Keltainen alue kuvaa kumipussia ja punainen alue öljyä. Tarkasteltavissa

Tarkasteltavia koneita on kolme. Kaikki koneet tekevät toisiinsa nähden saman tyyppistä työtä, samassa sijainnissa, tuntimääräisesti saman verran ja koneiden komponentit ovat tarkasteltavassa järjestelmässä saman valmistajan samat tuotteet. Koneet on valittu löydetyn poikkeaman perusteella niin, että koneiden datan verrannollisuus olisi mahdollisimman luotettava. Poikkeama löydettiin visuaalisella pilvipalvelun datan tarkastelulla, kun järjestelmän datan normaali oli jo ennestään tiedossa.

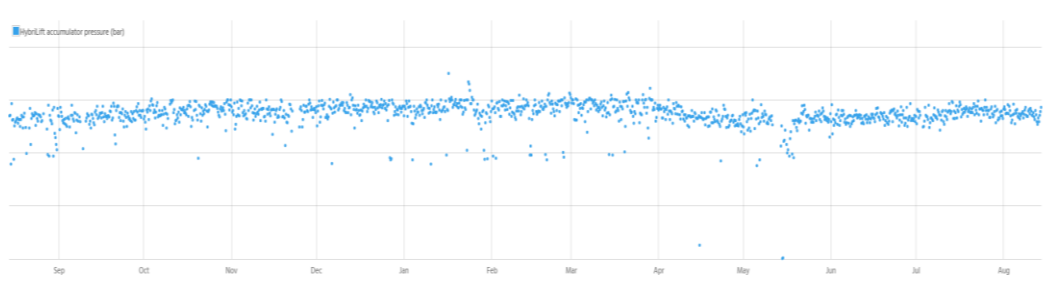
Paineakkujen tarkasteltavat etävalvontatiedot koostuvat maksimipainearvoista. Paineakkujen paineenrajoitusventtiili rajoittaa maksimipaineen järjestelmässä. Normaalitilanteessa painearvojen pitäisi pysyä kuitenkin tämän arvon alapuolella.

Kuviot 9 - 11 kuvaavat paineanturin mittaamia maksimipainearvoja 12 kuukauden ajalta kolmessa eri koneessa. Y-akselilla on painearvo ja X-akselilla aika. Yksi ruutu Y-akselin suunnassa kuvaa 5 yksikön muutosta ja X-akselilla ruutuväli vastaa yhtä kuukautta. Datapisteitä kuvioissa on tarkasteluvälillä 6000 kpl, joka vastaa noin 86 minuutin näytteenottoväliä. Näin ollen jokainen maksimipainearvo on suurin paineanturin mittaama arvo noin 86 minuutin ajalta, kun kone on ollut käynnissä.

Koneiden 1 ja 3 kuvioiden (Kuvio 9 ja 10) datapisteet rajoittuvat selvästi samalle alueelle. Yksittäiset pisteet, joissa painearvot ovat selvästi normaalin alapuolella, voidaan selittää johtuvan yksinkertaisesti hetkittäisestä vähäisestä tai kevyestä käytöstä.



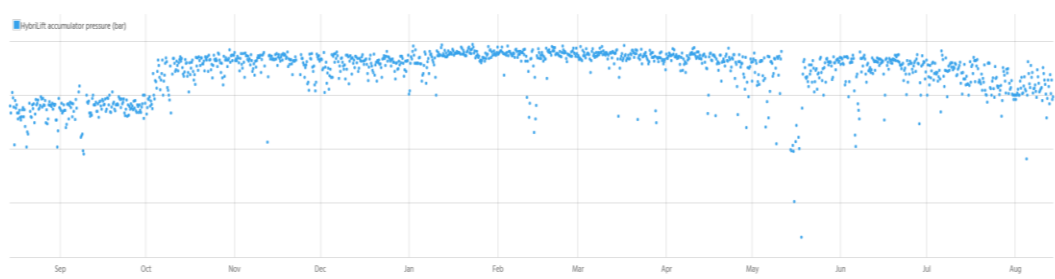
Kuvio 9. Kone 1, paineakkujen paine.



Kuvio 10. Kone 3, paineakkujen paine.

Näitä datapisteiden muodostamia kuvioita voidaan pitää normaaleina kyseisille koneille. Eli voidaan sanoa, että kyseinen datan vaihtelu on järjestelmälle ominaista, jonka vahvistaa myös tarkastelussa pois jätettyjen koneiden data (Liitteet 6 - 9).

Koneen 2 etävalvontatietojen painearvot tarkasteltavassa kohteessa (Kuvio 11) poikkeavat selvästi näistä kahdesta edellä mainituista kuviosta. Paine on ollut normaali kuvion alussa, mutta lokakuussa data on muuttunut. Paine nousee selvästi normaalia korkeammaksi, paineenrajoitusventtiilin rajoittamaan arvoon tai ainakin hyvin lähelle sitä. Painearvot eivät myöskään laske nousun jälkeen takaisin normaaliksi kyseisen tarkasteluvälin aikana. Tämä painearvon muutos voi olla seuraus rikkiäisestä paineakusta tai yliesipaineistetusta paineakusta huollon yhteydessä. Anturivika voidaan sulkea pois, sillä datan vaihteluväli pienenee, mikä viittaa paineenrajoitusventtiilin aktivoitumiseen. Kuitenkaan varmaa syytä poikkeamalle ei ole kyetty selvittämään.

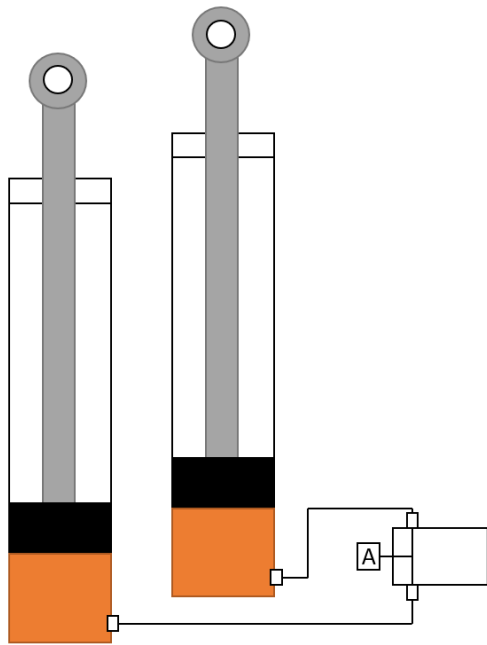


Kuvio 11. Kone 2, paineakkujen paine.

Kuviosta 11 voidaan myös huomata toukokuussa pieni painearvojen lasku ja hajonnan kasvu. Tämä ilmiö voidaan selittää keventyneellä nostettavalla kuormasta. Koneita käyttävä asiakas on vahvistanut nostettavan kuorman keventyneen kyseisellä aikavälillä.

6.6 Nostosylinterien paine

Nostosylinterien etävalvontatiedot koostuvat paineantureiden mittaamista painearvoista. Nostosylintereitä on tarkasteltavissa koneissa kaksi ja tarkastelussa hyödynnetään sylinterien männän puolelta mitattuja maksimipainearvoja. Sylinterien männän puolen painetta mitataan yhdellä paineanturilla kuvion 12 mukaisesti. Kuviossa 12 mustat laatikot kuvaavat nostosylinterien mäntiä, oranssi alue mäntien öljytilavuutta, joiden paine mitataan paineanturilla A.



Kuvio 12. Nostosylinterien paineen mittaus.

(yksikön lukuarvo muutettu) muutosta.

tarkastellaan maksimipaineita kuuden kuukauden ajalta ja datapisteitä on 6000 kpl jokaisessa kuviossa. Datan näytteenottoväli on lyhimmillään 2,5 sekuntia, joista suurin arvo noin 43 minuutin ajalta on esitetty kaavioissa. Tarkasteltavissa kuvioissa on esitetty painearvot Y-akselilla ja aika X-akselilla. Pystyviivat kuvaavat kuukauden vaihtumista ja poikkiviivat 10 yksikön

muutosta.

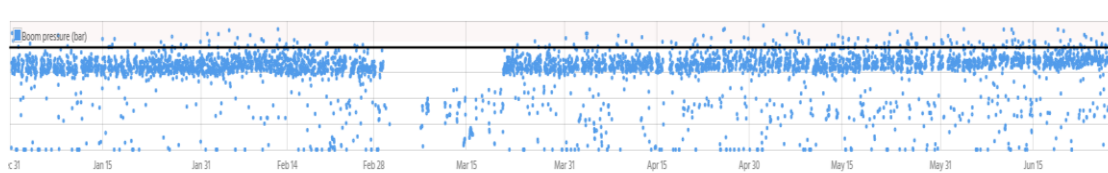
Tarkasteltavia koneita on neljä. Kyseiset koneet valittiin tarkasteluun mahdollisimman luotettavan datan vertailun mahdollistamiseksi. Tiedetään myös, että tarkasteltavia koneita käytetään paljon ja raskaasti. Painearvoissa tiedettiin esiintyvän paljon poikkeamia, joka oli myös yksi kyseisten koneiden valitsemisen syy tarkasteluun. Kuvioden 13 ja 14 data on peräisin dieselkäyttöisestä koneesta, ja kuvioden 15 sekä 16 data sähkökäyttöisestä koneesta. Jokainen kone on kokoluokaltaan samanlainen ja hydraulikan komponentit ovat lähes identtisiä keskenään. Koneita myös käytetään lähes samassa sijainnissa ja työ, jota koneilla tehdään, on lähes samanlaista.



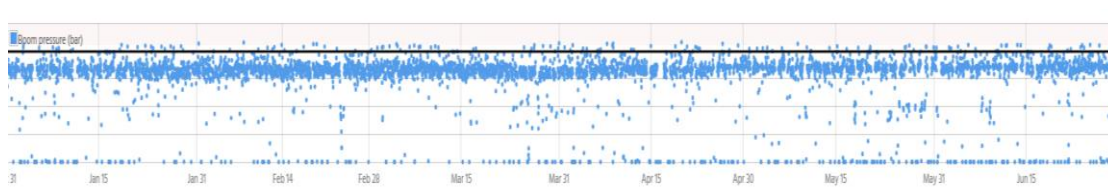
Kuvio 13. Kone 4, nostosylinterien paine.



Kuvio 14. Kone 5, nostosylinterien paine.



Kuvio 15. Kone 6, nostosylinterien paine.



Kuvio 16. Kone 7, nostosylinterien paine.

Kuvioissa 13 - 16 esiintyy paljon paineenrajoitusventtiilin arvon ylityksiä, jotka näkyvät kuvioissa mustan viivan yläpuolella olevina datapisteinä. Pienet painearvot johtuvat luultavimmin koneen hetkittäisestä vähäisestä käytöstä ja näin eivät ole tarkastelussa olennaisia. Maksimipaineita rajoittaa paineenrajoitusventtiili, jonka pitäisi rajoittaa nostosylinterien maksimipaineiden datapisteet tarkasteltavien datakuvioiden mustan viivan kohdalle tai sen alapuolelle. Kuitenkin kuvioista 13 - 16 voidaan huomata, ettei näin tapahdu. Paineenrajoitusventtiilin ollessa mekaaninen se ei ehdi reagoimaan nopeisiin paineiskuihin. Näin ollen voidaan olettaa, että jokainen poikkeama on paineisku hydraulijärjestelmässä. Paineiskujen syy voi olla koneen vääränlainen käyttö, eli esimerkiksi kuljettajan tekemä nopea ohjausliike. Kyseiseen hydraulijärjestelmään voi myös jostakin muusta syystä syntyä paineisku.

Datasta ei kuitenkaan voi tehdä tarkempia päätelmiä, sillä ohjausliikkeet ovat niin nopeita ja etävalvontajärjestelmän näytteenottoväli lyhimmillään 2,5 sekuntia. Kuvioista 13 - 16 ei voi myöskään todeta toistuvaa trendiä tai normaalia datakuviota järjestelmälle. Datapisteet ovat siis liian satunnaisia. Kuljettajan vaikutusta painearvoihin ei voida nykyisestä datasta saada selville, eikä voida varmuudella todeta millaista dataa tarkasteltavasta järjestelmästä pitäisi tulla. Datassa ei näy selkeää trendiä kuten käännön datassa, eikä selkeää normia järjestelmälle kuten edellä tarkastellussa paineakkujen datassa. Näin ollen voidaan todeta, ettei nykyinen etävalvontajärjestelmä mahdollista kyseisen datan tarkastelua luotettavasti ja yksiselitteisesti. Hyödyt kyseisestä datasta jäävät hyvin vähäisiksi. Datasta selviää kuitenkin, että paineiskuja esiintyy suhteellisen paljon, mikä jää ainoaksi luotettavaksi datan hyödyksi.

7 Tulosten tarkastelu

Etävalvontajärjestelmän rajoitteet ovat vielä suhteellisen suuret, ottaen huomioon kerättävän datan laajuuden. Moni valvottava aihealue vaatisi pienemmän kuin nykyisen 2,5 sekunnin näytteenottovälin. Nykyisestä datasta ei esimerkiksi voi selvittää koneen kuljettajan vaikutusta selviin paineiskuihin tai muihin kuljettajan vaikutuksen alaisiin etävalvontatietoihin. Tällaiseen seurantaan otantaväli on liian pitkä, sillä esimerkiksi alle sekunnin nopea ohjaussauvan liike voi johtaa paineiskuun ja muuhun datan muutokseen. Tästä toimii esimerkkinä nostosylintereiden tarkasteltu data. Lyhyemmällä otantavälillä varmistettaisiin, että data olisi luotettavaa pitkällä ja etenkin lyhyellä tarkasteluvälillä. Näin voitaisiin tehdä myös tarkempia sekä luotettavampia analyysejä koneen kunnossapidon kannalta. Datasta voitaisiin oppia enemmän ja ymmärrys koneen käyttäytymisestä ja oikeanlaisesta käytöstä kasvaisi. Tällöin myös vikaantumisia voitaisiin ennakoita paremmin ja askel kohti käyttöön perustuvaa huolto-ohjelmaa olisi mahdollinen. Kuitenkin datasta, johon kuljettaja ei voi juurikaan vaikuttaa, voidaan luoda luotettavia ja etenkin opettavaisia analyysejä koneista tarkastellen pitkää aikaväliä datasta. Kyseisenlaisista etävalvontatiedoista voidaan alkaa luomaan normeja koneille ja näin oppia löytämään poikkeamia.

Huoltojen ennakoinnissa tarkasteltuja koneita käytettiin datan perusteella hyvin tasaisesti. Näin ollen tuntimääräisten huoltojen ennakointi on luotettavaa ja hyödyllistä tietoa. Kyseiseen dataan riittää nykyinen 2,5 sekunnin näytteenottoväli. Kuitenkaan suoraa yleistystä ei voida tehdä, vaan jokainen kone on arvioitava ennakoinnin luotettavuuden kannalta erikseen. Vain ajoittain käytettävän koneen seuraavan huollon arvion luotettavuus tulee olemaan selvästi pienempi epäsäännöllisestä käytöstä johtuen. On otettava huomioon myös mahdolliset koneiden seisokit lomien tai muiden vastaavien muuttujien seurauksena. Kyseistä arviota varten tarvitaan myös suuri määrä dataa, eli paljon käyttötunteja, jotta arvio voi olla luotettava. Pienestä datamäärästä ei voi tehdä luotettavaa analyysiä koneen normaalista käyttöasteesta.

Käännön tarkastelussa koneiden datasta huomattiin selkeä trendi. Trendiä voidaan pitää tasaisena poikkeamana, sillä painearvojen ei pitäisi laskea. Trendin esiintyessä kaikissa kolmessa tarkasteltavassa koneessa, pystyttiin tekemään luotettavia päätelmiä. Tämä vaati kuitenkin tarkastelua pitkältä aikaväliltä, että voitiin olla varmoja datan luotettavuudesta. Lopputulos analyysiin oli hyvin yksiselitteinen ja poikkeaman syy on hyvin selvä. Kuitenkin jää epäselväksi, kuinka monessa toimeksiantajan valmistamassa koneessa poikkeama esiintyy. Jos joissakin koneessa ei esiinny vastaavaa poikkeamaa, täytyy syy selvittää.

Yhden koneen paineakkujen data poikkesi selvästi kahdesta muusta koneesta, jonka seurauksena poikkeama valittiin tutkittavaksi opinnäytetyössä. Poikkeama oli selkeästi jonkin tapahtuman seuraus, sillä data muuttuu niin äkillisesti. Data itsessään on luotettavaa, sillä tarkasteluväli on pitkä ja tarkastellaan vain maksimipainearvoja. 2,5 sekunnin datan näytteenottoväli ei rajoita kyseistä analyysiä tai sen luotettavuutta juurikaan, sillä tarkasteluväli on niin pitkä. Esimerkiksi sattuma, että kaikki 2,5 sekunnin välein lähetetyt näytteet olisivat sattuneet olemaan paineiskuja järjestelmässä, ei ole todennäköinen. Järjestelmän painearvoihin ei koneen käyttäjä voi juurikaan vaikuttaa toimillaan, mikä lisää datan luotettavuutta. Yksiselitteinen syy poikkeamalle jää kuitenkin epäselväksi, sillä ei tiedetä tarpeeksi tarkkaan mitä koneelle on datan muuttuessa tapahtunut. Syyt voidaan rajoittaa muutamaankin vaihtoehtoon, rikkoutuneeseen paineakkuun ja yliesipaineistettuun paineakkuun. On otettava huomioon, että vika voi myös olla yhdessä tai useammassa paineakussa.

Jokainen tehty havainto ja analyysi parantaa pilvipalvelua palveluna ja tuo lisäarvoa toimeksiantajalle sekä heidän asiakkailleen. Asiakkaan näkökulmasta pilvipalvelun hyödyt tulevat paremmin esille tehtyjen analyysien seurauksena ja myös palvelun kokonaisyhyöty kasvaa. Etävalvontajärjestelmän kyvykkyys on tärkeimmässä osassa toimeksiantajalle. Rajoitteet ovat suhteellisen selkeät ja näin pilvipalvelun hyödyt tiedetään paremmin ja varmemmin kuin ennen. Valvontatietoja voitiin selkeästi hyödyntää kunnossapidossa ja -pidettävyydessä tietyn

rajoittein, mutta osan seurattavan datan hyöty jää selkeästi hyvin pieneksi pitkän datan otantavälin seurauksena.

8 Pohdinta

Opinnäytetyön kokonaisuus lähtökohtaisesti oli hieman rikkonainen, sillä tarkasteltava järjestelmä on laaja ja dataa paljon. Dataa on saatavilla noin kolmen vuoden ajalta ja datasiinaaleja on kymmeniä. Koneen ollessa käynnissä lähes jokainen signaali lähettää dataa noin 3 - 5 sekunnin välein. Tällaista tietomäärää ei ehditä tarkastella kovinkaan laajasti opinnäytetyön laajuudessa työssä. Tästä syystä päädyttiin rajoittamaan tarkasteltava aihealue hydraulikkaan. Työn alkuvaiheessa huomattiin, että pelkästä koneiden hydraulikasta kerätään niin laajasti dataa, että myöskään kaiken tämän tarkasteluun ei aika tule riittämään. Näin päädyttiin tarkastelemaan etävalvontajärjestelmän datan kyvykkyyttä ja tekemään analyysejä mahdollisimman luotettavasta datasta, jossa esiintyy poikkeamia. Kaikkea tätä oli tarkoitus tarkastella kunnossapidon ja ennakoivan kunnossapidon kehittämisen kannalta ottaen huomioon pilvipalvelu palveluna. Opinnäytetyön kokonaisuus vastaa teollisen internetin kokonaisuutta aina datan keräämisestä analyysiin. Teollisen internetin huomattiin heti alkuun olevan vähän tutkittu uusi käsite, ainakin ottaen huomioon opinnäytetyön näkökulma.

Opinnäytetyön toteuttamisen pohjaksi valittiin Sig Sigma -projektin ajatusmalli. Aineiston kerääminen vastaa antureiden tiedon keruuta aina pilvipalveluun saakka. Tietoa tarkastellaan sittemmin analysoimalla normeja eri etävalvontatiedoille, joita tarkastellaan visuaalisesti, eli erilaisina käyriä ja muina datankuvioina. Kuitenkin suuri osa tästä osiosta jätettiin pois salassapitovelvollisuuden vuoksi. Tarkastelua seurasi normeista poikkeavien valvontatietojen etsiminen, niin että vertailun normin ja poikkeaman verrattavuus on mahdollisimman luotettava. Ratkaisun suunnittelua yhdessä tulosten varmistamisen kanssa vastaa poikkeaman syy analysointi ja selvittäminen. Pyrkimys oli, että syy poikkeamalle olisi mahdollisimman yksiselitteinen ja luotettava. Näiden perustelu opinnäytetyössä oli hyvin hankalaa tiettyjen tietojen salassapitovelvollisuuden vuoksi. Huoltojen ennakoinnissa ei ollut poikkeamaa, mutta koneiden tasainen käyttö vastaa löydettyä tietoa

analyysin, eli datan tarkastelun avulla. Tätä seurasi tasaisen käytön hyödyntäminen, eli ajatus laskelmasta, jolla voidaan ennakoita täyttyviä käyttötunteja. Tehtävän laskentatapaan ei otettu tässä kantaa, sillä salassapitovelvollisuus esti laskennan esittämisen.

Etävalvontajärjestelmään, eli pilvipalveluun liittyy keskeisesti moni aihealue, joita on pyritty rajoittamaan teoriaosuuteen niin, että teoriassa mainitaan kaikki tarpeellinen mahdollisimman tiiviisti. Pilvipalvelu on kokonaisuudessaan teollisen internetin kokonaisuus. On anturit, joilla kerätään dataa, datan varastointi ja opinnäytetyössä tehtyjä analyysejä. Näin pilvipalvelun data muutetaan hyödynnettäväksi tiedoksi. Toimeksiantajan koneista suurin osa on liitetty pilvipalveluun ja näistä kerätään tietoa montaa eri datankeräystapaa hyödyntäen. Tämä hidasti ja toi paljon työtä opinnäytetyöhön. Dataa täytyi silmäillä ja tutkia muutama kuukausi ennen kuin pystyi täysin ymmärtämään kokonaisuuksia datasta. Datan tutkiminen tapahtui pääosin toimeksiantajani toimipisteellä tekemällä havaintoja datasta ja kysymällä Mantsinen Groupin työntekijöiltä sekä asiantuntijoilta kommentteja ja apua havaintojen analysoimisessa. Montaa eri datakokonaisuutta pohdittiin, pyrkimyksenä ymmärrys siitä, onko data sellaista kuin pitäisikin ja miksi data on kyseisenlaista. Tämä oli hyvin opettavainen kokemus, joka toi paljon ymmärrystä insinöörityöhön, hydraulikkaan, etävalvontaan ja sähkötekniikkaan. Lopulta opinnäytetyöhön vain yksinkertaisesti valittiin selkeimmät datakokonaisuudet, joissa kahdessa esiintyi selkeä poikkeama. Myös tarkasteltavien järjestelmien tekninen yksinkertaisuus oli vaikuttava tekijä. Oli tärkeää, että järjestelmien toiminta voidaan esittää selkeästi kirjoittaen. Vaikka järjestelmät olivat aihealueessaan yksinkertaisia, oli hyvin haastavaa kertoa näiden tarkka toimintatapa.

Teoria koostuu kokonaisuudessaan kunnossapitoon, pilvipalveluun ja työn toteuttamiseen liittyvistä aihealueista. Tämä johti hieman rikkonaiseen kokonaisuuteen opinnäytetyön aiheen laajan kokonaisuuden vuoksi. Oli haastavaa päättää mihin työn laajuus tulee rajoittaa. Haastetta toi myös osan opinnäytetyön teoriaosuuteen liittyvien kirjallisten lähteiden luettavaksi saaminen, etenkin teollisen internetin ja pilvipalvelun osalta. Ylipäättään lähteiden löytäminen työlle oli hankalaa, sillä opinnäytetyön aihealueet

osoittautuivat olevan suhteellisen uusia. Sig Sigmasta kertovasta osuudesta puuttuu kirjalähde, jota ei ollut helposti saatavilla nykyistä lähdeä vastaavassa kokonaisuudessa. Lähde valittiin sen nykyaikaisuuden perusteella. Sig sigma on vanha asiakokonaisuus, joka voi olla helposti vanhaa tietoa kirjamuodossa. Kunnossapidon teoria saatiin kasaan suhteellisen kivuttomasti, sillä tästä löytyy paljon kirjallista tietoa ja tieto ei ole muuttunut pitkiin aikoihin.

Kokonaisuudessaan saadut tulokset tukevat niihin liittyvää teoriaa. Teoria vahvistaa analyysien tulosten olevan hyödyllistä tietoa pilvipalvelun kehittämisen ja kunnossapidon kannalta. Jokainen opinnäytetyössä tarkastellusta datasta tehty analyysi parantaa pilvipalvelua palveluna ja tuo lisäarvoja asiakkaan sekä laitetoimittajan näkökulmasta. Kaikki analyysit mahdollistavat myös kunnossapidon parantamisen kaikissa opinnäytetyön kunnossapidon aihealueissa. Näin ollen etävalvontatietoja voidaan hyödyntää Mantsisen koneiden ennakoivassa kunnossapidossa luotettavasti. Kuitenkin on otettava huomioon valvontajärjestelmän rajoitteet. Pienen aikavälin tarkasteluun ei data ole vielä tarpeeksi luotettavaa 2,5 sekunnin miniminäytteenottovälin vuoksi. Kyseisen rajoitteen seurauksena osa kerättävästä datasta on vielä epäluotettavaa, eikä näin ole täysin hyödynnettävissä.

Opinnäytetyön etävalvontatietojen salassapitovelvollisuus rajoitti ja hankaloitti etenkin analyysien luotettavuuden esittämistä ja analyysien tekemisen kokonaisuutta. Tarkkojen datan lukuarvojen ja valvontatietojen esittäminen olisi auttanut paljon. Työn anti olisi ollut parempaa ja yksiselitteisempää. Ilman salassapitovelvollisuutta olisi ollut myös mahdollista lisätä muutama datakokonaisuus tarkasteluun. Työ oli kokonaisuudessaan hyvin opettavainen ja mielenkiintoa lisäävä. Etävalvontatietojen analysointia ja tarkastelua tullaan jatkamaan tulevaisuudessakin Mantsinen Groupilla. Suurin osa datasta on vielä hyödyntämättä, mutta ymmärrys datasta kasvaa päivittäin. Myös pilvipalvelua kehitetään kovaa vauhtia, että kaikki mahdollinen hyöty saadaan kyseisestä teknologiasta.

Lähteet

- Ackerman, E. & Ruusuvuori, P. 2017. Älykäs data-analytiikka teollisen internetin mahdollistajana. Teoksessa Martinsuo, M. & Kärri, T (toim.). Teollinen internet uudistaa palveluliiketoimintaa ja kunnossapitoa. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, 124-133.
- Ansaharju, T. 2009 Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOYpro Oy.
- Hurwitz, J. Kaufman, M. & Bowles, A. 2015. Cognitive Computing and Big Data Analytics. Indianapolis: John Wiley & Sons, Inc.
- Järviö, J. 2012 Kunnossapito: Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. Helsinki: KP-Media Oy.
- Kaskikallio, K. Niitymaa, H. 2017. Kognitiivinen tietojenkäsittely teollisen internetin kunnossapitoratkaisuna. Teoksessa Martinsuo, M. & Kärri, T (toim.). Teollinen internet uudistaa palveluliiketoimintaa ja kunnossapitoa. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, 85-100.
- Kunttu, S. Ahonen, T. & Kortelainen, H. 2017. Tiedon jalostusastetta nostaan parempia palveluita ja viisaampia päätöksiä. Teoksessa Martinsuo, M. & Kärri, T (toim.). Teollinen internet uudistaa palveluliiketoimintaa ja kunnossapitoa. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, 16-25.
- Lappi, J. Jälkimarkkinointijohtaja, Mantsinen Group Ltd. Tapaaminen 5.2.2018.
- Mantsinen Telematic System (MTS).
- Martinsuo, M. Kärri, T. 2017. Johdanto. Digitalisaatio teollisuudessa. Teoksessa Martinsuo, M. & Kärri, T (toim.). Teollinen internet uudistaa palveluliiketoimintaa ja kunnossapitoa. Helsinki: Kunnossapitoyhdistys Promaint ry, 10-14.
- Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: käsikirja, Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. Helsinki: KP-Media Oy.
- Mäkinen, R. 2005. Paineakku. Fluid klinikka n:o 11. Fluid Finland 1-2005. <https://www.salhydro.fi/files/PDF/6.paineakku.pdf> 19.11.2018.
- Numminen, J. 2015. Kunnossapitojärjestelmän laatiminen hydraulikoneikoille ja venttiilitestaimille, Diplomityö, Tampereen teknillinen yliopisto.
- Opetushallitus. 2013. Kunnossapito, menestystekijä. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html> 20.11.2018.
- Promaint ry. 2018. Öljyn kunnossapito. Kunnossapidon julkaisusarja – n:o 18 Helsinki: Promaint ry.

PSK 6201, 2011. Kunnossapito, Käsitteet ja määritelmät, PSK Standardisointi.

Quality Knowhow Karjalainen Oy. 2018. Six Sigma. <http://www.sixsigma.fi/fi/six-sigma/> 7.6.2018.

Ravulavaru, A. 2017. The World of IoT. What is IoT. Teoksessa Ravulavaru, A. Practical Internet of Things with JavaScript. Birmingham: Packt Publishing Ltd.

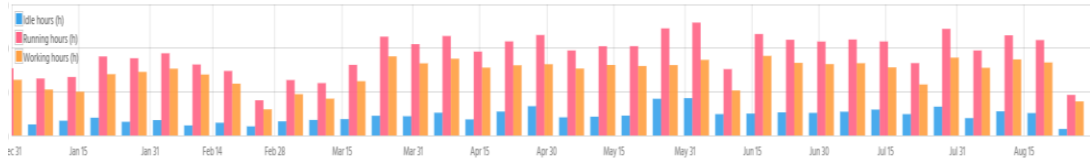
Rossi, J. 1993. Ennakoiva kunnossapito konepajassa. Tampere: Tammerpaino Oy, Metalliteollisuuden Kustannus Oy.

SFS-EN 13306, 2010. Kunnossapito, Kunnossapidon terminologia, Suomen Standardisoimisliitto SFS, 32s.

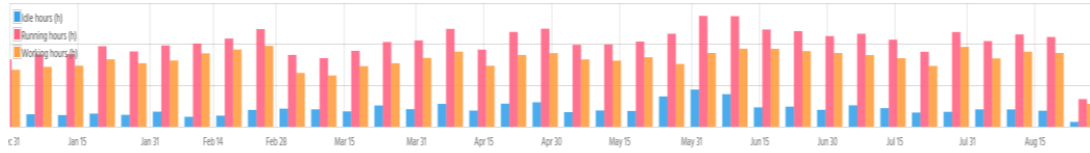
ehkäisevä kunnossapito prevent maintenance (PM)	määrätyin välein tai suunniteltujen kriteerien täytyessä suoritettu kunnossapito, jolla pienennetään vikaantumisen todennäköisyyttä tai kohteen toiminnan heikkenemistä
jaksotettu kunnossapito predetermined maintenance	ehkäisevää kunnossapitoa, joka tehdään ennalta määrättyjen aikajaksojen tai käytön määrän mukaan, mutta ilman edeltävää toimintakunnon tutkimusta
kuntoon perustuva kunnossapito condition based maintenance (CBM)	ehkäisevää kunnossapitoa, johon sisältyy kunnonvalvontaa ja/tai tarkastamista ja/tai testausta, tulosten analysointia sekä näiden synnyttämä kunnossapito
ennakoiva kunnossapito predictive maintenance (PdM)	kuntoon perustuvaa kunnossapitoa, jonka tehtävät perustuvat toistuviin analyyseihin tai tiedettyjen ilmiöiden pohjalta tehtyihin ennusteisiin, ja merkittäviin kohteen toimintakunnon heikkenemistä kuvaaviin muutuksiin
korjaava kunnossapito corrective maintenance (CM)	kunnossapitoa, jota tehdään vian havaitsemisen jälkeen tavoitteena saattaa kohde tilaan, jossa se voi toteuttaa vaaditun toiminnon
siirretty korjaava kunnossapito deferred corrective maintenance	korjaavaa kunnossapitoa, jota ei suoriteta välittömästi vian havaitsemisen jälkeen, vaan sitä viivästetään annettujen ohjeiden mukaisesti
välitön korjaava kunnossapito immediate corrective maintenance	korjaavaa kunnossapitoa, joka suoritetaan heti vian havaitsemisen jälkeen, jotta välttäisiin kohtuuttomilta seurauksilta
aikataulutettu kunnossapito scheduled maintenance	kunnossapitoa, joka tehdään määritetyn aikataulun tai käytön määrän mukaan
etäkunnossapito remote maintenance	kohteen kunnossapitoa tehdään ilman, että henkilöstöllä on pääsy kohteeseen
käynnin aikainen kunnossapito on-line maintenance	kunnossapitoa tehdään kohteen käytössä ja ilman vaikutusta sen toimintaan
kenttäkunnossapito on site maintenance	kunnossapitoa, joka suoritetaan laitteen tavanomaisella sijaintipaikalla
kunnossapidon taso maintenance level	kunnossapitotehtävien luokittelu monimutkaisuuden perusteella
kunnossapidon ulkoistaminen maintenance outsourcing	yrittäjän kunnossapidon tai sen osan sopimus pohjainen hankinta ulkopuoliselta toimijalta määritellyksi ajaksi
käyttäjäkunnossapito operator maintenance	käyttöhenkilöstön suorittama kunnossapito

Liite 1 Taulukko 3-1, kunnossapitolajit. (SDFS-EN 13306:2010) s.53

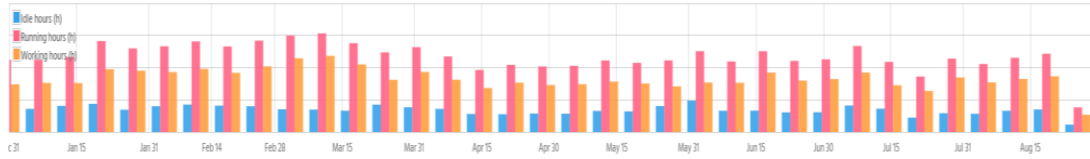
Liite 2



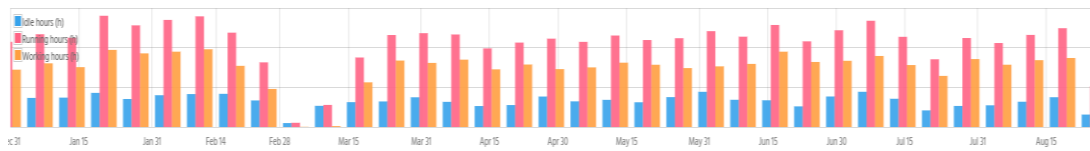
Kuvio 17 Kone 4, käytettävyys.



Kuvio 18 Kone 5, käytettävyys.

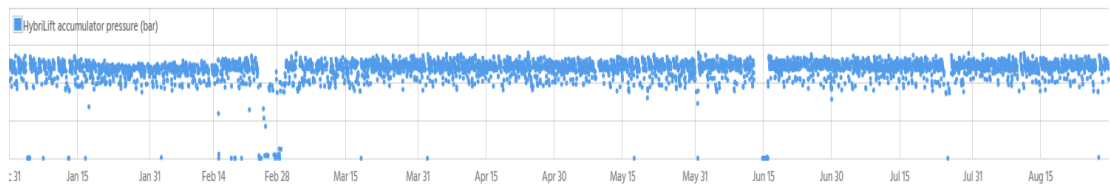


Kuvio 19 Kone 6, käytettävyys.

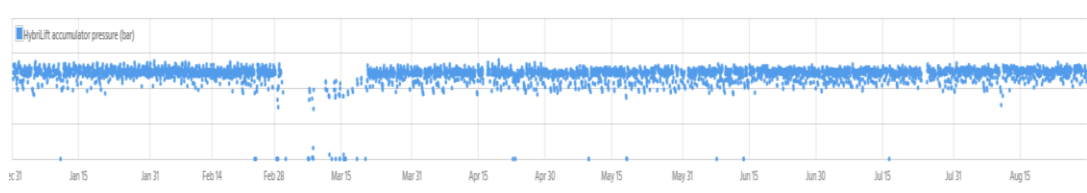


Kuvio 20 Kone 7, käytettävyys.

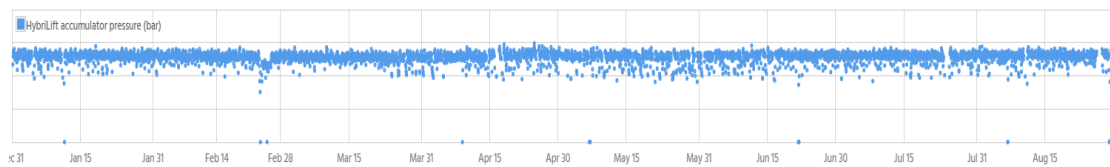
Liite 3



Kuvio 21 Kone 5, paineakkujen paine.



Kuvio 22 Kone 6, paineakkujen paine.



Kuvio 23 Kone 7, paineakkujen paine.