

Marko Erkkilä

VOITELUHUOLTOSUUNNITELMA WESTAS PIHLAVA OY:N  
SAHALLE

Konetekniikan koulutusohjelma  
2019

# VOITELUHUOLTOSUUNNITELMA WESTAS PIHLAVA OY:N SAHALLE

Erkkilä, Marko  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Konetekniikan koulutusohjelma  
Huhtikuu 2019  
Ohjaaja: Juuso, Jarmo  
Sivumäärä: 32

Asiasanat: kunnossapito, voitelu, kunnonvalvonta, ennakkohuolto

---

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli päivittää Westas Pihlava Oy:n sahалaitoksen laitehierarkia sähköiseen muotoon sekä rakentaa sahan laitteille voiteluhuoltosuunnitelma ennakkohuolto-ohjelmaan. Laitehierarkian ja voiteluhuoltosuunnitelman rakentaminen aloitettiin käytännössä alkutekijöistä, koska yrityksellä ei ollut entuudestaan ennakkohuolto-ohjelmaa sähköisessä järjestelmässä.

Sahan kuljettimista ja muista laitteista tehtiin laitehierarkia-aulukko Exceliin, mihin kirjattiin myös käytössä olevat voitelutavat laitekohtaisesti. Laitehierarkia-aulukko tehtiin sahалaitoksen prosessijärjestyksen ja laitteiden sijainnin mukaisesti, jotta siitä saatiin mahdollisimman selkeä. Taulukkoon kootut tiedot siirrettiin ennakkohuolto-ohjelmaan, johon suunniteltiin alustavat työohjeet voiteluhuoltoon liittyen ja lisättiin voiteluhuoltokierrosten aikataulutus.

Opinnäytetyön teoreettisessa osuudessa käsiteltiin kunnossapidon teoriaa ja käsitteitä sekä voiteluhuollon perusteita, erilaisia voiteluaineita ja -laitteita. Teoreettisessa osuudessa käsiteltiin myös kunnonvalvontaan liittyviä asioita sekä kerrottiin lyhyesti kriittisyysanalyysistä. Työn loppuosassa kerrottiin vielä muutamia parannusehdotuksia sahan voiteluhuollon ja varaosavarastojen kehittämiseksi.

Laitehierarkia päivitettiin sähköiseen muotoon ja perustasoinen voiteluhuoltosuunnitelma saatiin tehtyä ennakkohuolto-ohjelmaan. Tarkempia työohjeita sekä laitteiden varaosaluetteloita voidaan lisätä tulevaisuudessa helposti ennakkohuolto-ohjelmaan, jotta laitteiden ennakkohuolto helpottuu.

# LUBRICATION PLAN FOR MACHINERY IN WESTAS PIHLAVA OY SAWMILL

Erkkilä, Marko

Satakunnan ammattikorkeakoulu, Satakunta University of Applied Sciences

Degree Programme in Mechanical Engineering

April 2019

Supervisor: Juuso, Jarmo

Number of pages: 32

Keywords: maintenance, lubrication, condition monitoring, preventive maintenance

---

The purpose of this thesis was to update the machine hierarchy to electronic format and to construct lubrication maintenance plan for machinery in Westas Pihlava Oy sawmill. Both processes were started from zero because the company had no preventive maintenance programs in use that would be in electronic format.

Machine hierarchy table was made to Excel from conveyors and other machines. Different lubrication methods they use in the machinery were also added to the machine hierarchy table. Machine hierarchy table was made according to the process order and the locations of machinery to make it as clear as possible. After finishing the hierarchy table, gathered data was transferred to preventive maintenance program where the preliminary working instructions and scheduling of lubrication maintenance rounds were added.

The theoretical part of thesis dealt with maintenance theory and concepts of it as well as grounds of lubrication maintenance, various lubricants and lubrication equipment. Issues about condition monitoring and criticality analysis were also discussed. There were a few suggestions about how to improve sawmill's lubrication maintenance and spare parts warehousing in the last part of thesis.

Machine hierarchy was updated to electronic format and base level lubrication maintenance plan was made in the preventive maintenance program. More detailed working instructions and spare parts catalogs can be easily added to the maintenance program in the future. This will make servicing the machinery much easier.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	WESTAS GROUP .....	7
2.1	Yrityksen historia.....	7
2.2	Westas Pihlava Oy .....	7
3	KUNNOSSAPITO .....	8
3.1	Yleistä kunnossapidosta.....	8
3.1.1	Ennaltaehkäisevä kunnossapito .....	10
3.1.2	Korjaava kunnossapito .....	10
3.1.3	Parantava kunnossapito .....	11
3.2	Kunnonvalvonta.....	11
3.3	Kriittisyysanalyysi .....	14
4	VOITELUHUOLTO .....	16
4.1	Voiteluhuollon perusteet.....	16
4.1.1	Rajavoitelu .....	16
4.1.2	Sekavoitelu .....	17
4.1.3	Nestevoitelu .....	17
4.2	Voitelurasvat ja -öljyt .....	18
4.2.1	Mineraaliöljy .....	18
4.2.2	Synteettinen öljy.....	18
4.2.3	Kasvi- ja biohajoava öljy.....	19
4.2.4	Voitelurasva .....	19
4.3	Voitelulaitteisto.....	20
5	VOITELUHUOLTOSUUNNITELMA .....	23
5.1	Työn tavoitteet, lähtökohdat ja rajaus.....	23
5.2	Aineiston keräys.....	25
5.3	Voiteluhuoltosuunnitelman rakentaminen .....	27
6	LOPPUTULOKSET.....	29
6.1	Voiteluhuollon kehittäminen tulevaisuudessa .....	29
6.2	Varastojen kehittäminen .....	30
7	YHTEENVETO .....	31
	LÄHTEET.....	32

## 1 JOHDANTO

Nykyaikaisen tuotantoyrityksen kilpailukykyisyys markkinoilla edellyttää yritykseltä lyhyitä läpäisyajoja ja suurta toimintavarmuutta sekä ennen kaikkea kustannustehokkuutta. Kustannustehokkuutta haetaan muun muassa minimoimalla laitteiden vikaantumista ja varastoihin sitoutunutta pääomaa (Laine 2010, 9). Varastojen kapasiteetteja voidaan laskea, kun tuotantokoneiden kunnossapito on suunnitelmallista ja harkittua. Suuri osa vikaantumisista ja laitevioista voidaan välttää hyvin suunnitellulla ennakoinnalla kunnossapidolla ja kunnonvalvonnalla, mutta näitä ei kuitenkaan ole hyödynnetty vielä tänä päivänäkään kaikissa yrityksissä.

Yksi syy suunnitelmallisen kunnossapidon puuttumiseen voi olla, että hyvin suunniteltu ja toimiva kunnossapito-ohjelma vaatii paljon analysointi- ja suunnittelutyötä sekä pitkäaikaista kokemusta laitteiden toiminnasta ja käytöstä. Resursseja tarvitaan paljon kunnossapito-ohjelman suunnitteluun, mutta ennakoinnalla huolto tuo valtavasti kustannussäästöjä pitkällä aikajaksolla verrattaessa sitä esimerkiksi korjaavaan kunnossapitoon. Tärkeätä on myös, että käyttö- ja kunnossapitohenkilökuntaa koulutetaan jatkuvasti käyttämään laitteita tehokkaasti ja oikein. Voiteluhuollon tärkeys korostuu etenkin nopeasti pyörivien laakerointien tapauksessa. Oikeiden voiteluainemäärien ja säännöllisten huoltokierrosten avulla ennaltaehkäistään laakeririkkoja ja osien kulumista. Samalla voiteluaineet pysyvät toimintakuntoisina, ominaisuuksiltaan hyvinä ja puhtaina.

Tämä opinnäytetyö on tehty Westas Pihlava Oy:n sahalle. Sahalaitos kaipasi päivitystä laitehierarkiaansa sekä sahalaitteiden voiteluhuoltoon liittyen. Työprosessi aloitettiin 2018 vuoden lopulla, päivittämällä laitehierarkia sähköiseen muotoon dokumenttien ja paikan päältä kerättyjen tietojen mukaisesti. Laitehierarkian päivityksen jälkeen kerättiin alustavaa tietoa, minkälaisia voitelumekanismeja eri puolilla sahalaistosta on käytössä. Kun alustavat tiedot oli kerätty, sahalla otettiin käyttöön Ennakkohuolto.fi ennakkohuolto-ohjelma, johon kaikki tiedot siirrettiin. Ennakkohuolto-ohjelmaan suunniteltiin laitekohtaiset työohjeet, jotka kertovat voiteluhuoltoa koskevista asioista. Samalla suunniteltiin ajoitetut huoltokierrokset, jotka jakautuvat aina koko vuoden ajalle riippuen laitekohtaisista huoltoväleistä.

Opinnäytetyön teoriaosassa kerrotaan kunnossapidon, voiteluhuollon ja kunnonvalvonnan teoriaa. Työprosessia käydään läpi tarkemmin varsinaisessa voiteluhuoltosuunnitelman osuudessa ja loppuosassa esitellään mahdollisia kehitysehdotuksia yrityksen voiteluhuoltoon ja varastointiin liittyen.

## 2 WESTAS GROUP

Westas Group on yksi Suomen suurimmista yksityisistä puunjalostusyhtiöistä. Länsi-Suomessa sijaitsevan konsernin muodostaa Westas Raunio Oy, Westas Pihlava Oy ja Westas Bioenergia Oy. Konsernin pääkonttori sijaitsee Koskella, missä toimii sahojen raaka-ainehankinnasta vastaava metsäosasto. Konsernin liikevaihto on noin 120 miljoonaa euroa, josta pääosa tulee sahaustoiminnasta. Yhtiön sahat tuottavat vuodessa yhteensä noin 450 000 m<sup>3</sup> kuusi- ja mäntysahatavaraa. Sahat tuottavat laadukasta perussahatavaraa, josta viennin osuus on lähes 85 prosenttia. Sahatavaraa viedään yli 30 maahan ympäri maailmaa. Biopolttoaineita toimittava Westas Bioenergia jalostaa ja myy hakkuista saadun metsätähteen sekä sahoilta tulevat jakeet Länsi- ja Etelä-Suomen lämpö- ja voimalaitosten käyttöön. Konserni työllistää yli 150 henkilöä, joista 55 työskentelee Pihlavan sahalla (Westas Groupin [www-sivut 2018](#)).

### 2.1 Yrityksen historia

Westas Groupin toiminta ulottuu pitkälle yli sadan vuoden päähän, jolloin Koskella sijaitseva Raunion saha perustettiin vuonna 1909. Alkuun saha oli Raunion perheen omistuksessa, jolloin se toimitti korkealaatuista sahatavaraa ja oli tuolloin jo merkittävä työllistäjä alueella. Konsernin toinen saha on Porissa sijaitseva Pihlavan saha, joka rakennettiin Kokemäenjoen varrelle vuonna 1875. Ruotsalaisomisteinen saha siirtyi Ahlströmin suvulle 1889 ja oli heidän omistuksessaan aina vuoteen 2013 asti, kun Raunion saha sekä Pihlavan saha liitettiin yrityskaupassa osaksi Westas Groupia (Westas Groupin [www-sivut 2018](#)).

### 2.2 Westas Pihlava Oy

Pihlavan saha on ainoa höyrysahakauden aikaisissa tiloissa edelleen toimiva sahalaite. Vuosien varrella sahalaiteistoa on päivitetty useaan otteeseen, jotta sahan kilpailukykyä on saatu kohennettua. Saha on keskittynyt perussahatavaran tuotantoon ja sen tuotanto on noin 215 000 m<sup>3</sup>, josta noin 60 prosenttia on kuusipuuta ja 40 prosenttia mäntyä (Westas Groupin [www-sivut 2018](#)).

### 3 KUNNOSSAPITO

#### 3.1 Yleistä kunnossapidosta

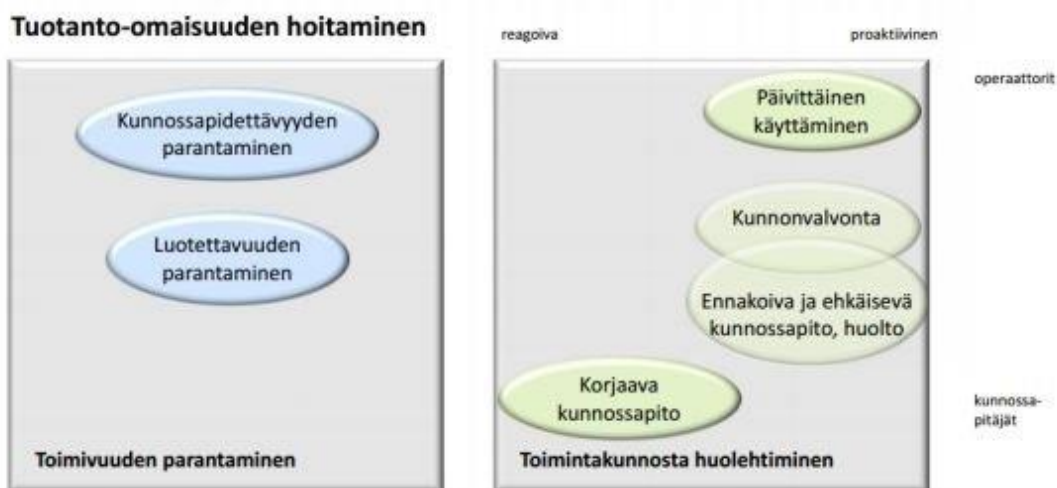
Perinteisesti yritykset huolehtivat valmistusprosessin toimintakunnosta tekemällä kunnossapitoa, joka yleisesti on ollut korjaavaa kunnossapitoa Suomessa 1970-luvulta alkaen. Vuosien tutkimuksen ja kehityksen aikana on kuitenkin alettu ymmärtää kunnossapidon ja ennakkohuollon merkitystä nykypäivän teollisuudessa. On alettu panostaa entistä enemmän ennakoivaan huoltoon korjaavan kunnossapidon sijasta (Järviö & Lehtiö 2012, 14). ”Kunnossapidon tavoitteena on pitää koneet ja laitteet sellaisessa toimintakunnossa, että tuotanto on mahdollisimman edullista, tuotteen hintaan nähden laadukasta, turvallista ja ympäristöä säästävää” (Ansaharju 2009, 298). Kunnossapidon tavoitteena on pitää koneet ja laitteet hyvässä kunnossa, jotta vältytään turhilta ja yllättäviltä seisakeilta, joihin yleensä kuluu paljon aikaa sekä resursseja. Samalla varmistetaan korkea käyttövarmuus, kokonaistehokkuus ja kohteen pitkä elinkaari. ”Tuotannon pysähtymisestä aiheutuvat tappiot ovat yleensä moninkertaiset korjauskustannuksiin verrattuina. Siksi hyvin suunniteltu, nopea ja tehokas huoltotoiminta on ensiarvoisen tärkeää tehtaan toiminnalle. Toisaalta koneiden toimivat laitteet kuluvat nopeasti käyttökelvottomiksi, jos niitä ei huolleta.” (Ansaharju & Maaranen 2008, 329.) Kun suunnittelemattomat seisakit saadaan poistettua, laitoksen tai koneen käyttö- sekä tuottavuusaste pysyy korkeana. On kuitenkin huomioitava, että liiallisella kunnossapidolla ja huoltamisella voidaan vaikuttaa negatiivisesti laitteiden kuntoon. Joka kerta, kun kone avataan, suljetaan ja korjataan, altistetaan kone vikaantumismekanismeille (Järviö & Lehtiö 2012, 79).

Kunnossapitoa ja etenkin ennakoivaa kunnossapitoa tulisi ennemmin pitää tuottavuutta lisäävänä ja parantavana tekijä, kuin kulueränä. Kun käyttöaste nousee, voidaan tätä kautta lisätä tuotantokapasiteettia ja kasvattaa rahavirtoja. Yleensä yritykset laativat huoltosuunnitelman, jossa on listattu laitekohtaisesti esimerkiksi

- Laitteen nimi, sijainti ja mahdollisesti kuvia kohteesta
- Huollettavat osat sekä huoltovälit
- Mahdolliset tarkastustoimenpiteet
- Varaosaluettelo



Erilaisia tarkastuskortteja ja tietokantoja on lukuisia ja niiden tekemisestä, laajuudesta ja käytöstä päättää yritys. Huoltosuunnitelman laatiminen ja ajan tasalla pitäminen vaatii kuitenkin aina henkilöstöä. Kunnossapito on määritelty monessa standardissa ja käsittää yleensä paljon enemmän kuin pelkän huollon osuuden. Kunnossapito ei ole pelkästään vikojen korjaamista ja niiden estämistä. Laitteiden kunnosta huolehtiminen ei myöskään ole pelkästään kunnossapitäjien ja huoltomiesten harteilla, vaan on syytä huomioida myös laitteiden käyttäjien rooli laitteiden kunnonseurannassa ja käytössä. Hyvällä kunnossapidolla estetään henkilö- ja omaisuusvahinkojen syntyminen. ”Kunnossapito-osasto vastaa vaativista toimenpiteistä kuten korjaukset ja vaativa kunnonvalvonta, käyttöhenkilöstö vastaa asianmukaisesta ja ammattitaitoisesta käyttämisestä sekä koneensa toimintakunnon valvomisesta ja toimintaedellytysten vaalimisesta” (Järviö & Lehtiö 2012, 17).



Kuva 1. Tuotanto-omaisuuden hoitaminen (Järviö & Lehtiö 2012, 15)

Standardien peruseräpäätteenä on, että kunnossapidolla kohde pyritään pitämään toimintakuntoisena ja turvallisena ihmisille sekä ympäristölle tai korjaamaan kohde sellaiseen kuntoon, että se pystyy suorittamaan siltä vaaditun toiminnon (SFS-EN 13306 2017, 6). Suomessa toimii PSK-standardisointi ry, joka laatii suomenkielisiä standardeja pääasiassa teollisuuden tarpeisiin. PSK:n standardit ovat samanlaisia vastaavien EN-normien kanssa (Järviö & Lehtiö 2012, 39). Kunnossapito voidaan jakaa monella tapaa osiin, mutta yksi yleisistä tavoista on jakaa se ennaltaehkäisevään, korjaavaan ja mahdollisesti myös parantavaan kunnossapitoon.

### 3.1.1 Ennaltaehkäisevä kunnossapito

Käytetään myös termiä ennakkohuolto, jossa kohde pyritään pitämään toimintakunnossa suunnitelluilla ja ajoitetuilla huolto- sekä tarkastuskierroksilla. ”Ehkäisevään kunnossapitoon kuuluvat kaikki ne tarkastus-, testaus-, ja huoltotoimet, joita tehdään jo ennen kuin laitteessa on havaittu vikaa” (Ansaharju 2009, 307). Ennakkohuollolla pyritään ennaltaehkäisemään osien rikkoontumista ja saadaan myös tietoa lähiaikoina hajoavista tai kuluvista osista. Kun tiedetään ennakkoon, mikä osa on kulunut tai kuluu yleensä nopeasti, voidaan osalle määrittää vaihtoajankohta tai tietyt vaihtovälit. Määräaika voi perustua kokemukseen siitä, kuinka kauan laite keskimäärin kestää tai mitä toimittaja huolto-oppaissaan kertoo. Jaksotetut huollot voidaan tehdä suunnitelmallisesti päivittäin, viikoittain, kuukausittain tai tiettyjen käyttötuntien tai -kertojen jälkeen. Moottoreiden öljynvaihto on hyvä esimerkki toimenpidesuunnitelman mukaisesta määräaikaishuollosta ja kunnonvalvonnasta. Kokemukset ja tutkimukset osoittavat, mitkä laitteet tarvitsevat useimmin huoltoa ja kuinka usein huoltoa on syytä tehdä sekä millaisilla tarkastuksilla vauriot havaitaan riittävän ajoissa (Ansaharju & Maaranen 2008, 334).

Ennakkohuollossa käytetään apuna erilaisia kunnonmittauksia ja -tarkastuksia, kuten esimerkiksi tärinä-, ultraääni-, iskusitkeysmitaukset ja öljyanalyysit (Ansaharju & Maaranen 2008, 329-330). Yksi yleisimmistä ja keskeisimmistä huoltotoimenpiteistä on voitelu. Voiteluhuollosta ja erilaisista kunnonvalvontaan liittyvistä mittauksista on kerrottu lisää kappaleissa 3.2 ja 4.

### 3.1.2 Korjaava kunnossapito

Tässä kunnossapidon lajissa poistetaan koneeseen tai laitteeseen tullut vika. Hyvällä ennakkohuollolla saadaan lähes poistettua korjaavan kunnossapidon tarve. Kuitenkin aina tulee vastaan tilanteita, jolloin kone rikkoutuu yllättäen ja se vaatii välitöntä korjausta. Tässä piilee kuitenkin vaara, että vikaantumista ja siihen liittyvää korjaamista aletaan pitää jostain syystä normaalina toimintatapana, vaikka tällainen toimintatapa voitaisiin pyrkiä estämään ennakoivalla huollolla. Korjaavaa kunnossapitoa ovat hälytyskorjaukset, käyttöhenkilöstön ilmoittamat korjaustyöt ja vikailmoitusten

perusteella tehtävät työt (Ansaharju 2009, 307). Korjaava kunnossapito on yleensä ei toivottua, sillä se aiheuttaa seisakkeja, menoeriä sekä vaatii yleensä pikaista korjausta ja valmiudessa olevia korjaajia. Korjaavan kunnossapidon suurimpia haasteita ovat sen johtamisen haasteellisuus, kustannukset sekä varaosien hankinta tai mahdollinen jatkuva ”turha” varastointi.

### 3.1.3 Parantava kunnossapito

Parantava kunnossapito on lähinnä joukko toimenpiteitä, joilla pyritään parantamaan sekä tehostamaan koneiden toimintaa, käytettävyyttä, luotettavuutta tai helpotetaan kunnossapitotoimintaa. Muutostyöt, kuten laitteiden uudenaikaistaminen tai niiden muuttaminen vastaamaan nykypäivän vaatimuksia, ovat myös osana parantavaa kunnossapitoa (Ansaharju 2009, 308). Laitteiden päivitystä on esimerkiksi komponenttien päivittäminen uudempiin osiin, kuitenkin säilyttäen suorituskyvyn ennallaan. Esimerkiksi voitelupisteitä voidaan siirtää tai tehdä voitelunipoille putkituksia, jotta laitteiden huolto onnistuu helpommin ja mahdollisesti myös käynnin aikana.

## 3.2 Kunnonvalvonta

Erilaisia kunnonvalvonnan mittausmenetelmiä on käytetty 1960-luvulta lähtien, mutta siihen alettiin Suomessa panostaa 1980-luvulla. Aiemmin kunnonvalvontaa tehtiin pääosin aistinvaraisesti laitteiden käyttäjien toimesta. Laakereita on kuunneltu puukeppien avulla ja lämpötiloja seurattu tunnustelemalla. Tärinämittauksiin pätevät aivan samat periaatteet. Lopputuotteesta on myös saatu selville, jos koneessa on mahdollisesti ollut jotain vikaa. Aistinvaraiset mittaukset ovat edelleen toimivia, mutta niitä korvataan ja täydennetään yhä enemmän erilaisilla mittausmenetelmillä (Edu.fi www-sivut 2019). Kunnonvalvonta on jatkuvaa toimintaa, jossa kohdetta seurataan erilaisten mittauksen avulla. Mittaukset voivat olla jatkuvia tai tietyn määräajan puitteissa suoritettua. Älykkäillä sensoreilla ja mittalaitteilla voidaan nykypäivänä mitata sellaisia kohteita, joiden mittaaminen ei ollut ennen mahdollista eikä järkevää. Tietokoneteknologian kehitys on myös mahdollistanut sellaisten laitteiden käytön, jotka mahdollistavat eriaisteisten laitetietojen monitoroinnin ohjaamoihin. Valvomoista voidaan nykypäivänä seurata jopa koko tuotantolinjan toimintaa ja kuntoa.

Nykypäivän laitteet tallentavat tietoa esimerkiksi käynnistä, pysähdyksistä, vioista ja käytön laadusta. Tätä tietoa analysoimalla saadaan tehtyä tarkkoja perusanalyysyjä ja voidaan seurata laitteen ikääntymistä (Järviö & Lehtiö 2012, 24-25). Näin päästään helposti käsiksi vikaantumisen juurisyihin ja tätä kautta voidaan suorittaa toimenpiteitä, joilla estetään vastaavien vahinkojen uusiutuminen.

Käytönseuranta on kunnossapidon peruspilari. Jatkuvaa käytönseurantaa tekevät laitteiden ja tuotantolinjojen käyttäjät. Käytönseurantaan kuuluu järjestyksen ja siisteyden ylläpito laitteessa ja sen ympäristössä, mikä on ehdottoman tärkeää. Työntekijät voivat tehdä pieniä säätö- sekä kunnostustoimia, jotta prosessi pysyy halutuiden parametrien sisällä, tietenkin riippuen täysin työkohteesta. Käytönseurantaa täydentää jatkuva kunnonvalvonta, mikä taas palvelee pitkäjänteistä kunnossapitotoimintaa. Kunnonvalvonnalla pyritään saavuttamaan kustannussäästöjä, jotka syntyvät optimoidusta kunnossapitotoiminnasta. Samalla parannetaan kohteiden kokonaisvaltaista turvallisuutta, kun yllättäviä rikkoontumisia on pyritty estämään ennakoivalla huollolla ja kunnonvalvonnalla. Laitteet pystytään optimoimaan mittalaitteista saatujen parametrien mukaisesti, jolloin päästöt ja energiatehokkuus paranevat. Mittaustuloksista saadaan myös kallisarvoista tietoa tuotekehitystoimintaan (Ansaharju 2009, 301-303). On tunnettava erilaisten mittausten menetelmien hyvät ja huonot puolet, jotta koneen kuntoa voidaan mitata parhaalla mahdollisella tavalla. Mitta-antureiden oikeanlainen sijoittelu ja kiinnitykset ovat todella tärkeässä asemassa mittausten onnistumisen kannalta.

Kunnonvalvontaa voidaan suorittaa aistinvaraisesti käyttämällä ihmisen kuulo-, näkö-, haju- ja tuntoaistia. Tällä tavoin saadaan perustasoista informaatiota laitteiden kunnosta, mutta havaintojen vertailu ja dokumentointi on yleensä haasteellista. Laitteista voidaan mitata:

- lämpötilaa
- värähtelyä ja tärinää
- painetta, virtausta, käyntinopeutta ja muita prosessitietoja
- sähköisiä perussuureita
- voiteluaineen puhtaus ja ominaisuudet (öljyanalyysi)

Lämpötilaa mitataan usein laakereista sekä voitelu- ja jäähdytysjärjestelmistä. Mittaus voi perustua lämpötilan muutokseen tai lämpövuotoon jostakin tietystä kohteesta. Paine muutoksia voidaan mitata esimerkiksi hydraulikka- ja paineilmajärjestelmissä sekä voitelujärjestelmistä (Ansaharju 2009, 303). Sähköisten perussuureiden avulla, jännite, virta, resistanssi ja teho, voidaan mitata sähkö- ja elektroniikkakomponenttien kuntoa. Sähkömoottorin ottamasta sähkövirrasta voidaan helposti päätellä, onko jokin vialla moottorissa, kun verrataan sähkövirran suuruutta aiempiin mittaustuloksiin. Sähkömoottorin kuntoa mitataan yhdestä vaiheesta spektrianalyysinä. Havaittavia vikoja ovat muun muassa vaurioituneet roottorisauvat, huonot liitokset, akselien taipumat sekä epäkeskeisyydet ja rikkoontuneet oikosulkurenkaat. Värähtelymittaus on yksi yleisimmin käytettävistä menetelmistä kunnon- ja käytönvalvonnassa. Tärinän mittaukseen on olemassa lukematon määrä erilaisia mittalaitteita ja analysointilaitteita. Tiedot kerätään yleensä tietokoneelle, jotta varsinainen analysointi voidaan suorittaa. Tärinämittauksista voidaan yleensä todeta laitteen komponenttien epätasapainoisuus, välilykset, resonanssitaajuuudet ja pumpun kavitaatio sekä paljon muuta.

Voitelu- ja hydraulikkaöljyille on mahdollista tehdä niin sanottuja öljyanalyyskejä, joista voidaan analysoida öljyn ominaisuuksia kuten viskositeettia, notkeutta sekä metallihiukkasten ja roskien määrää. Kun koneet ja niiden osat kuluvat, niistä irtoaa todella pieniä kulumishiukkasia esimerkiksi voiteluöljyn sekaan. Kulumisen edetessä hiukkasten koko ja määrä lisääntyy huomattavasti. Kulumishiukkasia analysoimalla saadaan tietoa kuluvan osan materiaalista ja kulumissyystä. Saatujen tietojen ja materiaalin avulla kuluvat osat voidaan mahdollisesti jopa paikantaa (Edu.fi www-sivut 2019). Kohteen luokittelun ollessa kriittinen, on syytä jatkuvasti varmistua öljynlaadusta. Mikäli laitteisto on pienehkö ja olosuhteet hyvät, voidaan yleensä ottaa öljynäyte tietyin väliajoin. Kun kriittisyysaste ja laitteiston koko kasvavat voidaan siirtyä tiheämpiin mittaussväleihin. Tästä syntyvät kustannukset on kuitenkin punnittava tarkkaan, jotta mittausten hyöty pysyy hyvänä suhteessa kustannuksiin. Öljyanalyysi voi myös kertoa, missä vaiheessa öljyn luonnollinen hajoamisprosessi on ja milloin öljyt olisi syytä vaihtaa. Öljyn vanhenemisprosessia kontrolloimalla voidaan vaikuttaa öljyn elinkaarikustannuksiin (Fluid intelligence 2017).

### 3.3 Kriittisyysanalyysi

Kriittisyysanalyysissä selvitetään koneiden ja laitteiden sekä niiden komponenttien kriittisyys tuotantolinjan tai järjestelmän toiminnan kannalta. Kriittisyysanalyysin perustana on laitteiden kriittisyysluokittelustandardi PSK 6800. Ensin priorisoidaan huoltoa tarvitsevat työkohteet ja määritetään, missä järjestyksessä ne käydään läpi. Huomioidaan kunkin laitteen toimilaitteiden kriittisyys koko laitteen luotettavuuden kannalta. Laitteet voidaan jakaa komponentteihin ja osiin esimerkiksi osaluettelon avulla ja jättää tarkastelun ulkopuolelle sellaiset osat, jotka yleisen kokemuksen mukaan eivät normaalisti rikkoudu, kuten rungon osat. Kriittisiä osia ovat sellaiset, jotka rikkoutuessaan pysäyttävät laitteen. Seuraavaksi käydään läpi laitteen vikahistoria ja kuullaan kokeneiden kunnossapitoasentajien sekä käyttöhenkilöiden kokemukset häiriöherkistä kohteista. Tässä vaiheessa on myös tärkeää arvioida laitteen kriittisyys koko tuotantoprosessin tai -linjan kannalta. Kriittisyys voidaan arvioida jaotteleamalla komponentit kolmeen ryhmään esimerkiksi seuraavanlaisesti:

- 1 = laitteen vikaantuminen pysäyttää tuotantoprosessin välittömästi
- 2 = laitteen vikaantuminen pysäyttää tuotantoprosessin neljän tunnin kuluessa
- 3 = laitteen vikaantuminen pysäyttää tuotantoprosessin neljän tunnin jälkeen

Jaottelut ovat täysin mielivaltaisia, joten niihin valitaan tietysti parhaiten soveltuvat ja kuvaavat määritelmät. Kun kriittisyyttä arvioidaan koko tuotantoprosessin kannalta, on huomioitava mahdolliset varalaitteet ja laitteiden erikokoiset tuotantokapasiteetit, jolloin rikkoutuminen ei välttämättä aiheuta oleellista menetystä koko tuotannolle, vaan esimerkiksi tietylle tuotantoprosessin osalle (Laine 2010, 139-140). Kriittisyysanalyysissä selvitetään myös osien vikojen kehittyminen, vikataajuudet ja vaikutukset. Tämän tiedon analysoinnin apuna voidaan käyttää erilaisia vikapuuanalyysijä.

Lopulta jokainen kriittisyysanalyysissä mukana oleva kappale ja laite saa itselleen kriittisyysasteen, jotka listataan kriittisyysjärjestykseen. Tällöin voidaan määrittää kunnossapitotoimet, tarvittavat resurssit ja kehittymismahdollisuudet kriittisimmille laitteille, joiden kunnossapitoon täytyy eniten panostaa. Kriittisyysanalyysiä voidaan soveltaa kunnossapitojärjestelmän rakentamisessa monella tapaa, riippuen yrityksen laitekannasta, resursseista ja henkilöstön mieltymyksistä.

Tyypillisintä on jaotella kriittisimmät osat luokkiin, jotka pisteytetään taloudellisten vaikutusten, turvallisuuden ja ympäristövaikutusten mukaan. Oikein suoritettuna analyysin avulla on mahdollista keskittää resurssit tehokkaammin kriittisimmille koneille, jolloin saadaan säästöjä muiden laitteiden osalta. Samalla saadaan selville suurimmat riskit tuotannon, turvallisuuden ja kunnossapidettävyyden osalta, mikä helpottaa tuotannon sekä kunnossapidon suunnittelua.

## 4 VOITELUHUOLTO

### 4.1 Voiteluhuollon perusteet

Voitelun tehtävänä on vähentää toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen kitkaa ja kulumista erottamalla ne toisistaan voiteluainekalvolla, joka koostuu yleensä öljystä tai rasvasta. Voitelun tehtäviin kuuluu myös jäähdyttää komponentteja, estää epäpuhtauksien pääsyn voideltavaan kohteeseen sekä epäpuhtauksien ja kulumishiukkasten kuljettaminen pois kohteesta, osien suojaaminen korroosiolta ja värähtelyn vaimentaminen. Tehokas ja toimiva voitelujärjestelmä saa aikaan suuren taloudellisen hyödyn. Kitkan ollessa pieni säästetään energiaa ja komponentteja kulumiselta, jolloin laitteiden elinkaari pitenee ja käyttövarmuus kasvaa. Voideltavien pintojen välillä voi olla kolmenlaista kosketusta: vierintäkosketus esimerkiksi vierintälaakereissa, hammaskosketus hammaspyörissä ja liukukosketus liukulaakereissa. Voitelu on käyttö- ja suunnitteluarvoista riippuen raja-, seka- tai puhdasta nestevoitelua.

#### 4.1.1 Rajavoitelu

Rajavoitelussa pinnankarheushuiput koskevat toisiinsa jatkuvasti ja pintojen väliin ei ole vielä syntynyt suojaavaa voitelukalvoa. Rajavoitelun tapauksessa kyseessä on yleensä metalli - metalli kosketus, jolloin pintojen kuluminen on suurimmillaan. Rajavoitelua tapahtuu esimerkiksi liukulaakerien pyörimmän alkaessa tai pienillä kierrosnopeuksilla, kun akseli vielä ”lepää” laakerin pinnalla metallikosketuksessa. Voitelun toiminta, rajavoitelun tapauksessa, perustuu suuresti voiteluaineiden ominaisuuksiin ja lisäaineisiin. Merkittävässä asemassa ovat erityisesti pintakalvojen tarttuvuus, muodostumisnopeus, kitkaa ja kulumista pienentävät aineet ja EP-lisäaineet (extreme pressure). EP-lisäaineet lisäävät paineenkestoa muodostamalla voideltavien metallipintojen kanssa kemiallisen kalvon, joka estää tehokkaasti kiinnileikkautumista. Kalvon syntyminen vaatii korkean paineen ja lämpötilan, jolloin se soveltuu hyvin etenkin voimansiirtoon. EP-lisäaineet kasvattavat öljyn kuormankantokykyä ja estävät pintavaurioita.



#### 4.1.2 Sekavoitelu

Sekavoitelu on raja- ja nestevoitelun yhdistelmä. Osittainen voiteluainekalvo ottaa vastaan osan kuormasta ja loput kuormasta välittyy pinnankarheushuippujen kautta. Voiteluainekalvon paksuuden kasvaessa, yhä pienempi osa kuormasta välittyy pinnankarheushuippujen kautta ja kitkakerroin laskee. Sekavoitelutilanne voi muuttua rajavoiteluksi lämpötilan noustessa. Rajavoitelusta sekakitkaan siirtyminen tapahtuu pyörimisnopeuksien noustessa (Edu.fi www-sivut 2019).

#### 4.1.3 Nestevoitelu

Puhtaassa nestevoitelussa voiteluainekalvo erottaa kosketuspinnat täysin toisistaan, jolloin kitka on alhainen ja kuluminen on minimissään. Nestevoitelu voi olla hydrodynaamista, elastohydrodynaamista tai hydrostaattista voitelua. Hydrodynaaminen voitelu perustuu kapenevaan kiilamaiseen rakoon pintojen välissä, johon syötetään voiteluainetta. Kapeaan rakoon syntyy suuri paine, joka muodostaa voiteluainekalvon ja kantaa kuorman. Pintapaineet ovat hyvin pieniä hydrodynaamisessa voitelussa, jonka vuoksi ei tapahdu elastista muodonmuutosta tai materiaalin väsymistä (Edu.fi www-sivut 2019).

Elastohydrodynaamisessa voitelussa huomioidaan hydrodynaamisen voitelun lisäksi materiaalien elastiset ominaisuudet ja viskositeetin vaikutus. Korkeat kosketuspaineet aiheuttavat kosketuksessa merkittävää muodonmuutosta samalla, kun voiteluaineen viskositeetti kasvaa paineen vaikutuksesta voimakkaasti. Pintojen välillä on ohuet voiteluainekalvot, jotka ovat hyvin herkkiä epäpuhtauksille ja pinnanvaihteluille. Elastohydrodynaaminen voitelu vaatii siksi puhtaat voiteluaineet ja sileät voitelupinnat. Kosketuspaineet voivat olla jopa 3000 MPa ja voiteluainekalvon paksuus vain mikrometrin luokkaa. Jo muutaman mikrometrin kokoiset hiukkaset voivat aiheuttaa painehuippuja, jotka väsyttävät pintoja ja lyhentävät elinkaarta (VTT 2004, 5).

Hydrostaattinen voitelu toteutetaan pumppaamalla öljy liukupintojen väliin. Hydrostaattisen paineen lisäys erottaa pinnat toisistaan, jolloin suojaukseen ei tarvita suhteellista pintojen liikettä. Hydrostaattisesti toteutettu järjestelmä tarvitsee aina ulkoisen

pumpun, jolla voiteluaine pumpataan. Nopeakäyntisissä koneissa käytetään viskositeetiltaan alhaista voiteluainetta. (Edu.fi www-sivut 2019)

## 4.2 Voitelurasvat ja -öljyt

Valtaosa voiteluaineista on nestemäisessä muodossa, ja ovat yleisimmin öljypohjaisia. Voiteluöljyinä käytetään mineraali- ja kasviöljyjä sekä synteettisiä öljyjä, käyttökohteesta ja halutuista ominaisuuksista riippuen. Laitteen komponentit ja etenkin tiivisteet vaikuttavat myös omalta osaltaan voiteluaineen valintaan. Yleensä tiivistetyypeille on määritetty, mitkä voiteluaineet sopivat niiden kanssa yhteen.

### 4.2.1 Mineraaliöljy

Mineraaliöljyt valmistetaan raakaöljystä monivaiheisella jalostusprosessilla, tislamalla ja puhdistamalla. Hyvälaatuisilla mineraaliöljyillä on luotettavat ja tasapainoiset ominaisuudet, joita ovat muun muassa tiivisteystävällisyys ja hyvä lisäaineiden liuotuskyky. Mineraaliöljyt soveltuvat hyvin normaaleihin käyttölämpötiloihin, jolloin voiteluominaisuudet ovat hyvät. On kuitenkin tärkeää huomioida viskositeetin oikeanlainen valinta. Mineraaliöljyn viskositeetti muuttuu voimakkaasti lämpötilan funktiona, mikä tekee sen toiminta-alueesta kapean. Alhaisissa lämpötiloissa öljy paksuntuu ja lämpötilan noustessa se ohenee. Tästä syystä mineraaliöljyt eivät sovellu kylmiin olosuhteisiin, vaikka niiden kylmänkestoa on pyritty parantamaan seostamalla niitä synteettisiin öljyihin (Teboil www-sivut 2019).

### 4.2.2 Synteettinen öljy

Synteettiset öljyt ovat mineraaliöljyjä pidemmälle jalostettuja ja ominaisuuksiltaan parempia. Niiden hiilivety-yhdisteet ovat tasalaatuisempia ja tasakokoisempia kuin mineraaliöljyillä. Synteettisillä öljyillä on erinomaiset kylmäominaisuudet kuten käynnistyvyys ja voitelu. Ne omaavat myös erinomaiset kuumaominaisuudet kuten hapetumiskestävyys, alhainen haihtuvuus ja pieni öljynkulutus. Huonona puolena on valmistusprosessista riippuen, korkeampi hinta verrattuna mineraaliöljyihin.

Synteettiset öljyt voidaan jakaa kolmeen ryhmään: vetykrakatut perusöljyt, polyalfaolefiinit (PAO) ja synteettiset esterit. Synteettiset esterit ovat erittäin kalliita, mutta niillä on erityisen hyvät kylmäominaisuudet, joten niillä voidaan parantaa entisestään voiteluöljyn kylmäominaisuuksia. (Teboil [www-sivut](#) 2019)

#### 4.2.3 Kasvi- ja biohajoava öljy

Biohajoavat öljyt on yleensä valmistettu synteettisistä estereistä tai kasviöljyistä. Synteettisistä estereistä valmistetuilla öljyillä on hyvät kylmäominaisuudet ja viskositeetti-indeksi. Kasviöljyt sellaisenaan soveltuvat heikosti kylmäolosuhteisiin, mutta niistä voidaan valmistaa estereitä, joilla on paremmat ominaisuudet kuin alkuperäisellä kasviöljyllä. Kasviöljyjä käytetään pääosin biohajoavissa voiteluaineissa ja ne valmistetaan yleensä rypsi- ja rapsiöljystä. Kasviöljyillä on hyvät kitkaominaisuudet, voitelukyky, korkea viskositeetti-indeksi ja ne ovat biohajoavia. Niillä on muokkaamattomana heikko hapettumisenkesto ja käyttöikä on lyhyehkö.

Öljyvoitelua käytetään tavallisimmin nopeasti pyörivissä koneissa ja laitteissa sekä, kun kuormitukset ovat suuria. Öljyvoitelu on yleisesti järjestetty kiertovoiteluna, jolloin pumppu kierrättää öljyä putkistoa pitkin voideltaviin komponentteihin, kuten esimerkiksi laakereihin, ja takaisin öljysäiliöön, mikä samalla jäähdyttää voideltavia komponentteja. Öljyvoitelu voidaan myös tehdä käsikäyttöiseksi, jolloin voidaan käyttää tippakannua tai voitelupuristinta (Ansaharju 2009, 141).

#### 4.2.4 Voitelurasva

Voitelurasvat valmistetaan perusöljystä, saentimista ja erilaisista lisäaineista. Voitelurasvoissa, kuten voiteluöljyissäkin, käytetään synteettisiä ja mineraalipohjaisia perusöljyjä. Lisäaineilla parannetaan rasvan ominaisuuksia kuten voitelu- ja EP-ominaisuuksia sekä korroosionestokykyä. Voitelukohteen vaatimusten perusteella voidaan valita voitelurasva, jonka käyttölämpötila-alue, voiteluominaisuudet ja tunkeuma ja juoksevuus ovat optimaaliset (Neste Oyj [www-sivut](#) 2019). "Suurin osa teollisuudessa käytettävistä voitelurasvoista perustuu edelleen mineraaliöljyihin, mutta synteettisiin voiteluaineisiin perustuvat voitelurasvat yleistyvät erityisesti kylmissä ja

kuumissa käyttökohteissa. Synteettiset perusöljyt tarjoavat parempaa suorituskykyä nimenomaan paremman viskositeetti-indeksinsä ja kylmissä oloissa paremman juoksevuutensa ansiosta.” (Edu.fi www-sivut 2019.)

Rasvavoitelun tyypillisiä voitelukohteita ovat hitaasti pyörivät liukulaakeroinnit ja hammaskosketukset, missä kuormitukset ovat pieniä. Rasva sopii myös suuremmille laakerivälyksille ja suojaamattomiin laakerointeihin. Rasvavoitelua sovelletaan lukuisiin eri käyttökohteisiin, joista kriittisimpiä ovat vierintälaakerit. Suurin osa maailman vierintälaakereista on rasvavoideltuja. Voitelu voidaan toteuttaa kertavoiteluna tai keskusvoitelujärjestelmän avulla. Rasvavoitelu on tyypiltään lähimpänä sekavoitelua. Rasvavoitelu suojaa laakereita hyvin epäpuhtauksilta ja nesteiltä koostumuksensa ansiosta. Rasvat ovat pitkäikäisiä, kiinnipysyviä ja suojaavat komponentteja hyvin korroosiolta. Käyntilämpötilan noustessa yli voitelurasvan sallittujen rajojen, rasvojen voitelukyky heikkenee merkittävästi, joten on tärkeää tehdä oikeanlainen voiteluainetyypin valinta voitelukohdetta suunniteltaessa.

#### 4.3 Voitelulaitteisto

Voitelulaitteet ovat osa kunnossapidon työkaluja ja niillä varmistetaan, että tuotantoprosessi sujuu mahdollisimman tehokkaasti. Perinteiset voitelulaitteet, ovat edelleen käyttökelpoisia, kun voitelujärjestelmien käyttö ei ole perusteltua. Voiteluaine voidaan tuoda kohteeseen voitelunippojen tai letkujen kautta, joihin syötetään voiteluaine esimerkiksi käsikäyttöisillä puristimilla eli rasvaprässeillä.

Puristimet voivat olla myös akku tai paineilma käyttöisiä, etenkin suurempia rasvamääriä lisättäessä. Öljyä varten on olemassa niille tarkoitettuja puristimia, jonka rakenne on tarkoitukseen soveltuva. Kun voiteluainemäärät kasvavat litroihin siirrytään käyttämään laitteita, joissa on pyörillä liikuteltavat pumppu ja säiliö. Pumppu voidaan kiinnittää suoraan voiteluaineastiaan, jolloin on mahdollista vaihtaa aina uusi säiliö tilalle ja aineiden puhtaus pysyy hyvänä.

Rasvoille ja öljyille on myös paineilmatoimisia pumppuja, jotka liitetään teollisuusyrityksissä paineilmaverkkoon. Öljyn ja rasvan erilaisten ominaisuuksien vuoksi

pumppujen painesuhteet ovat erilaiset. Rasvapumppu asennetaan aina suoraan rasvaastiaan, joka on yleensä 20, 50 tai 200 kilon painoinen. Paineilmatoimiset öljypumput kiinnitetään joko suoraan öljyastiaan tai seinälle, jolloin pumppu kytketään imuvarustein (Edu.fi www-sivut 2019).

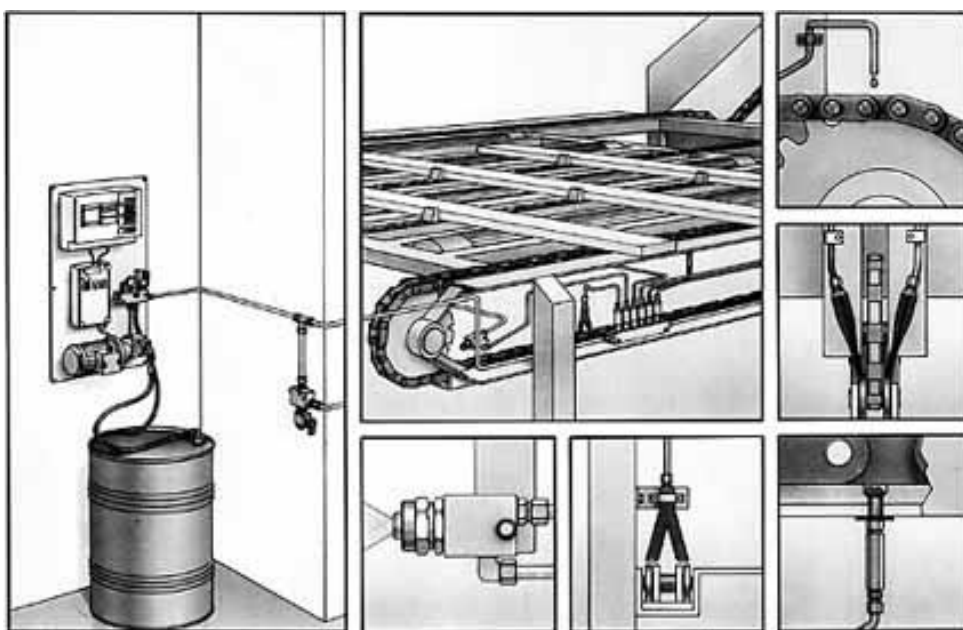
Keskusvoitelujärjestelmä automatisoi voitelun ja vähentää laitevaurioita sekä niistä aiheutuvia tuotantokatkoksia. Oikein toimiva ja ehjä järjestelmä pidentää laitteiden käyttöikää, helpottaa kunnossapitoa ja vähentää vaurioitumista. Keskusvoitelujärjestelmä voitelee myös käynnissä olevia laitteita, joita ei päästäisi käsin voitelemaan turvallisuussyistä. Käynninaikaisen voitelun ansiosta, voiteluaine levittyy tasaisesti liikkuvien osien koko pinta-alalle. Voiteluaineen kulutus pystytään optimoimaan hyvin, kun ainetta toimitetaan määrääjain tarvittava määrä kaikkiin haluttuihin kohteisiin. Keskusvoitelujärjestelmä rakentuu ohjaus- ja pumppausyksiköstä, putkistosta, annostamista ja paineenvälontayksiköstä. Keskusvoitelujärjestelmä voi toimia laitekohtaisesti tai kattaa laajemmankin laitekannan. Järjestelmän toimivuuden edellytyksenä on, että putkistot ja muut komponentit ovat ehjiä ja suuttimet puhtaita.

Jos halutaan voidella esimerkiksi tiettyä kohdetta tai komponenttia, mihin ei haluta asentaa suuremman luokan automaattista keskusvoitelujärjestelmää, voidaan käyttää paikallisesti toimivaa yhden pisteen automaattista voitelupatruunaa. Yksiköt ovat käyttövalmiita eivätkä vaadi suurta asennustyötä. Niihin on saatavilla monenlaisia eri voiteluainetyyppejä ja niiden annosteluväliä voidaan säätää 1-12 kuukauden välillä helposti valintakytkintä kääntämällä. Patruunoita on saatavilla erilaisilla annostelun toimintamekanismeilla, esimerkiksi kaasutoimisesti ja sähkömekaanisesti toimivia. Voitelijat ovat pienikokoisia ja soveltuvat siksi hyvin ahtaisiin ja vaikeasti lähelle päästäviin paikkoihin (SKF www-sivut 2019).



Kuva 2. Kaasutoiminen voiteluautomaatti (SKF www-sivut 2019)

Öllyvoitelujärjestelmää käytetään öljyä käyttävissä kohteissa, yleensä liukupinnoissa ja ketjuissa. Kun halutaan vielä yksityiskohtaisempaa ja kustannustehokkaampaa voitelua, voidaan käyttää tarkkuusvoitelujärjestelmiä, joilla ruiskutetaan tarkka annos voiteluainetta haluttuun kohteeseen. Tyypillisiä käyttökohteita ovat kuljettimet, joista ei saa siirtyä voiteluainetta tuotteeseen, esimerkiksi paperitehtaalla. Ketjujen voiteluun käytetään myös voiteluharjoja ja -ruiskuja, öljykylpy- sekä tippavoitelua. Ketjukuljettimien käsivoitelua suoritetaan ajoittaisesti öljykannun ja siveltimen avulla, mutta nämä soveltuvat vain pieniin nopeuksiin ja toisarvoisille kuljettimille. Tippavoitelussa öljytipat on suunnattu ketjulenkkien sivulevyjen väliin ja tipat tulevat automaattisesti voitelujärjestelmästä, ketjunopeuksien ollessa 4-7 m/s. Öljykylpyvoitelussa ketju upotetaan kokonaan öljyyn alhaalla ollessaan, jolloin öljy siirtyy liikkeen mukana myös ketjupyörille. Roiskevoitelussa ketju kulkee öljypinnan yläpuolella ja syvällä öljyssä kastuva levy linkoaa voiteluöljyn suojakotelon seinämään, josta öljy siirtyy ketjulle. Suositeltu ketjunopeus öljykylvyssä ja roiskevoitelussa on 7-12 m/s. Painekiertovoitelun avulla ketjuun suunnataan jatkuvasti öljyä joko kiertopumpusta tai keskusvoitelujärjestelmästä. (Ansaharju & Maaranen 2008, 168-169.)



Kuva 3. Ketjukuljettimen öljyvoitelujärjestelmä (Edu.fi www-sivut 2019)

## 5 VOITELUHUOLTOSUUNNITELMA

### 5.1 Työn tavoitteet, lähtökohdat ja rajaus

Voiteluhuollon suunnittelu Westas Pihlava Oy:n sahalle aloitettiin käytännössä alkutekijöistä. Sahalla ei ollut opinnäytetyötä aloittaessa minkäänlaista sähköistä ennakkohuolto-ohjelmaa, mistä olisi voitu katsoa tietoja ja päivittää järjestelmää samalla. Sen vuoksi ensimmäisenä toimenpiteenä dokumentoitiin koko sahan laitehierarkia Excel- taulukkoon, joka myöhemmin siirrettiin Ennakkohuolto.fi -ennakkohuolto-ohjelmaan. Ennakkohuolto.fi on Porilaisen Power Instruments Oy:n rakentama ennakkohuolto-ohjelmisto, joka on tarkoitettu juuri ennakkohuoltoa ja sen seuranta varten. Aiemman kokemuksen perusteella ja yksinkertaisen käyttöliittymän vuoksi sahalla päädyttiin tähän ohjelmaan.

Ohjelma toimii verkkosivupohjaisesti ja sitä voidaan käyttää myös puhelimella ja tabletilla työkohteessa. Kohdekohtaisesti voidaan määrittää erilaisia ohje- ja varoitusmerkkejä valmiista merkkikokoelmasta, mitkä työohjeen avatessa näkyvät ensimmäisenä. Valittavana on erilaisia varoitusmerkkejä, tarvittavia suojavälineitä sekä huomioitavia kohteita esimerkiksi palosammuttimet. Kohteelle voidaan määrittää mielivaltaisia huoltovälejä, jonka mukaan kohdetta on syytä huoltaa. Kun kohde merkataan huolletuksi, se ilmestyy Ajankohtaiset työt -listalle pari viikkoa ennen huoltovälin määrittelemää päivää. Jos kohdetta ei huolleta kahden viikon sisällä huoltopäivämäärästä, se muuttuu listalla punaiseksi ja kiireelliseksi sekä siirtyy kiireellisenä työnä ylimmäksi työlistalla. Laitteille voidaan asettaa vikatilanteita, jotka näkyvät työlistoilla punaisena vikatilanteena. Nämä vikatilanteet pysyvät työlistoilla, kunnes ne korjataan. Jokainen maininta ja huolletuksi merkintä jää huoltohistoriaan, josta voidaan halutessa tarkkailla, mitä milloinkin on tehty. Työohjeet voidaan kirjoittaa omaan osioonsa, josta ne löytyvät helposti. Samaiseen osioon on mahdollista lisätä valokuvia työohjeistusta helpottamaan, ja näin myös tehtiin. Kommenttikenttään voidaan lisätä erikseen selventäviä kuvia tai jättää kommentteja, joita tulee muistaa seuraavilla huoltokerroilla. Työohjeeseen voidaan liittää haluttaessa liitetiedostoja, taulukoita tai laitteeseen tarvittavia varaosia. Ohjelmaan voidaan rakentaa myös omia työlistoja, joihin voidaan kerätä esimerkiksi jonkin tietyn alueen kohteet ja suorittaa huoltotyöt tehtyjen

listojen mukaisesti. Esimerkiksi kesäseisakille voidaan tehdä oma työlista, jossa on ennalta määritelty laitteet, jotka käydään huoltamassa välittämättä siitä, milloin automaattinen huoltoväli-ilmoitus tulee. Näin päästään huoltamaan sellaiset laitteet, joihin ei normaalisti päästä käsiksi. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on tehdä vain voiteluhuoltosuunnitelma, joten laitteiden huoltoon tarvittuja varaosia ei lisätä vielä tässä vaiheessa ennakkohuolto-ohjelmaan.

Laitteiden dokumentoinnin ohessa selvitetään alustavasti, mitkä sahan laitteet ovat automaattivoitelujärjestelmän varassa ja mitkä ovat käsivoideltavia kohteita. Sahalla on käytössä monenlaisia kuljettimia ja sahoja, missä käytetään muun muassa ketjuvoitelua, käsirasvausta, voitelupatruunoita ja -automaatteja. Joissakin laitekokonaisuuksissa on käytössä jopa kolmea erilaista voitelutapaa. Kun karkea dokumentointi saatiin valmiiksi, jatkettiin alustavien voitelukierrosten suunnittelulla. Nämä voitelukierrokset suunnitellaan kunnossapitoasentajalle, joka tulevaisuudessa tulee vastaamaan suurimmasta osasta sahan voiteluhuoltoa. Kierroksien aikavälit tulevat vaihtelevaan riippuen täysin laitteiden tyypistä ja kriittisyydestä sekä laitetoimittajan antamista huoltoväliuosituksista. Yleisimmät huoltovälit kuljettimien laakeroinnille tulevat olemaan 52, 26 ja 13 viikon välein, riippuen kohteen sijainnista.

Opinnäytetyön lopullisena tarkoituksena on rakentaa perustasoinen voiteluhuoltosuunnitelma sekä ajoitetut voitelukierrokset koko sahan alueelle. Tätä huolto-ohjelmaa tullaan varmasti parantamaan ja laajentamaan, jotta se pitää sisällään myös muut laitteiden huoltotoimenpiteet ja tarvittavat varaosat. Oikeanlaisella voiteluhuollolla pyritään siihen, että kuljettimet ja sahaavat laitteet toimivat moitteettomasti tarvittavan ajoajan. Tämän sahan tapauksessa, sahalaite on käynnissä maanantai aamuyöstä perjantai iltaan. Viikonlopuille suunnitellaan yleensä erilaisia huolto- ja kunnossapitotöitä, mitä sahan oma huoltohenkilökunta ja ulkopuoliset urakoitsijat tulevat tekemään. Osa voiteluhuoltokohteista on pakko huoltaa viikonloppuisin, kun koneet ovat pysähdyksissä. Suunnitellun ja järjestelmällisen voiteluhuollon avulla laitteiden kunnonseuranta helpottuu, kun jokaista laitetta käydään tietyin väliajoin huoltamassa ja voidaan havaita vikaantuminen ennen kuin laite rikkoutuu. Hyvällä ennakoivalla huollolla säästetään rahaa, aikaa ja resursseja, mitkä ovat tärkeitä asioita jatkuvasti kehittyvässä maailmassa.



## 5.2 Aineiston keräys

Suuresta osasta laitteista löytyy toimittajan, laitteen mukana tulleet huolto-ohjekirjat, joista voidaan katsoa suositellut voiteluvälit kullekin komponentille kuten laakereille ketjuille ja johteille. Sahan vanhemmista laitteista, jotka ovat 1980-1990 luvuilta, ei löydy minkäänlaista laitemappia, joten niiden kohdalla pyritään soveltamaan muilta vastaavilta laitteilta kerättyä tietoa. Sahan kuljettimet ovat pitkälti samanlaisia, vaikka ne ovatkin eri vuosikymmeniltä sahalaitoksen pitkän historian vuoksi.

Aineiston keräys aloitettiin tammikuussa 2019, jolloin ensimmäisillä aineiston keräys kerroilla käytiin konkreettisesti katsomassa sahalaitoksen laitteita paikan päällä. Laitteiden listaus aloitettiin tukkilajittelusta, jonne kuusi- ja mäntytukit tuodaan täysperävaunu rekoilla. Tukkilajittelussa, jokainen yksittäinen tukki kuvataan röntgenillä ja ne lajitellaan tietokoneohjelmistolla, jotta niistä saadaan paras mahdollinen hyöty ja mahdollisimman vähän hukkaan menevää tavaraa. Tukkilajittelussa on erilaisia ketjukuljettimia, kiramoita ja kääntäjiä sekä muutama nosturi, joilla tukkeja voidaan siirrellä, jos tulee sellainen tarve. Tukkilajittelusta siirryttiin sahan syöttöön ja kuorimakoneelle, joiden alueella on pääosin tukkikiramoita ja ketjukuljettimia. Kuorimakone lisättiin omana kokonaisuutenaan, koska se on kriittinen laite ja vaatii paljon voitelu- huoltoa toimiakseen. Kuorimakone kuorii tukin uloimman kaarnakerroksen, jottei sitä joudu sahatavaran joukkoon.

Kuorimakoneen jälkeen tulee sahalinja, joka pitää sisällään monenlaisia kuljettimia, sahoja, hakkureita ja muuta. Laitteita sahalinjalle listattiin 26 kappaletta. Tämä on tietenkin sahalaitoksen tärkein ja kriittisin osuus, koska kaikki laitteet ovat peräkkäin, pyörivät nopeasti ja ovat suuren kuormituksen alaisena. Joten jos yksi laite hajoaa, sahalinjaa ja sen jälkeisiä laitoksia ei voida käyttää, kuin sen aikaa, jonka varastoihin kertynyt puutavara riittävää. Kuivaamoja ennen on välivarastoituna tuoretta tavaraa, kentällä ja katoksissa, jotka voidaan ajaa tasaamon läpi sahalinjan pysähtyessä. Dimensionsolaitos pysähtyy, kun sinne ei tule enää lajiteltavaa tavaraa ja vastaavasti rimoi- tus pysähtyy, kun dimension lokeroista loppuu puutavara. Sahalinjalla on käytössä automaattisia voiteluita ketjuille ja osalle laitteiden komponenteista. Melko suuressa osassa sahalinjan laitteita on useampi rasvavoitelunippa, joita täytyy käydä

rasvaamassa käsin. Pelkkahakkurilla on käytössä myös automaattisesti annostelevia öljyvoitelupatruunoita.



Kuva 4. Pelkkahakkuri ja öljyvoitelupatruunat

Särmälinja erottuu omaksi linjaksi puolella välissä sahalinjaa. Ensimmäiset laudat, jotka sahataan tukin sivuilta, tippuvat särmälinjan kuljettimille ja ne menevät automaattisärmän läpi. Näitä lautoja kutsutaan ensimmäisen vaiheen laudoiksi. Automaattisärmä sahaa sivulautojen sivut pois ja roskat putoavat alasahalinjalle, josta ne kulkeutuvat hakkurille ja lopulta siiloihin, purut omiin siiloihin ja hake omaansa. Alahasahaan ja särmälinjaan laitteita listattiin 27 kappaletta, joista suurin osa on erilaisia kuljettimia. Sahalinjalla voidaan erotella profiloitinkoneella tai jakosahalla vielä lisää lautoja asetusarvoista riippuen. Näitä lautoja kutsutaan toisen vaiheen laudoiksi.

Sydäntavarapuu sahalinjalta ja laudat automaattisärmältä menevät dimensiolaitokseen, jossa on kokonaisuudessaan hieman vajaa 40 kappaletta erilaisia kuljettimia ja laitteita. Tämän laitoksen ja rimoituksen on toimittanut Odden 2000-luvulla, joten laitteista löytyi melko hyvät ja paikkansa pitävät asiakirjat sekä huolto-ohjeet. Valmistajien asiakirjoja tutkittaessa löytyi kuitenkin laitteita, jotka on poistettu käytöstä tai ne on muutettu erilaisiksi vuosien saatossa. Esimerkiksi layout-kuvissa saattoi olla vanhojen laitteiden mukaisia merkintöjä, joten ne korjattiin mappeihin vastaamaan tämän hetkistä tilannetta. Tällaisia tekemättömiä muutosvirheitä löytyi layout-kuvista

useampi kappale koko sahan alueelta, kun laitteita käytiin läpi. Dimensiosta rimoituksen jälkeen sahattu puutavara menee kuivaamoihin ja sieltä tasaamolle.

Rimoitukseen ja tasaamoon listattiin kumpaankin noin 40 kappaletta laitteita. Osa tasaamosta ja rimoituksesta on uusittu 2000-luvulla, joten laitteiden huolto-ohjeita löytyy toimittajien mapeista. Tasaamon laitteet on toimittanut ja osittain modernisoinut Heinolan sahakoneet. Tasaamolta puutavara lähtee valmiiksi pakattuna myyntiin. Kokonaisuudessaan laitteita listattiin Exceliin 317 kappaletta, mutta joitakin yksittäisiä laitteita jätettiin vielä listaamatta ja ne tullaan lisäämään tulevaisuudessa, kun se nähdään tarpeelliseksi. Esimerkiksi kuivaamot, pölynpoistopuhaltimet ja lämmönvaihdivaihtojärjestelmän laitteet jätettiin listasta pois. Laitteille määriteltiin Excel-taulukon alustavat huoltovälit rastittamalla haluttu huoltoväli. Huoltovälivaihtoehtoja oli muun muassa 52, 26, 16, 13, 4 viikkoa sekä tuntimäärän mukaan. Oli tärkeää huomioida, että voitelukierrokset pitää ajoittaa sellaisiin ajankohtiin, jolloin laitteita päästään turvallisesti huoltamaan. Tämä Excel tiedosto toimitettiin Power instruments Oy:lle, joka siirsi kootut tiedot suoraan Ennakkohuolto.fi ohjelmaan.

### 5.3 Voiteluhuoltosuunnitelman rakentaminen

Voiteluhuoltosuunnitelman rakentamista jatkettiin laitteiden valokuvaamisella, jossa pyrittiin ottamaan yleiskuva kohteesta. Yleiskuvien avulla on paljon helpompaa paikantaa laitteiden sijainti, koska ennakkohuolto-ohjelmaan kirjatuihin nimistöihin ei aina voi olla varma, mitä kuljetinta kullakin nimityksellä tarkoitetaan. Asiaa vaikeuttaa myös se, että sahalla on paljon samanlaisia ja samalla nimikkeellä olevia kuljettimia, jotka varsinkin uudemmalle huoltomiehelle voivat aiheuttaa sekaannuksia.

Laitteen tai kuljettimen kuvan näkeminen työohjeesta helpottaa ja nopeuttaa huoltotöiden aloittamista. Kuljettimista ja muista laitteista kuvattiin myös joitakin tarpeelliseksi nähtyjä voitelupisteitä tai -laitteistoja, mitä ohjeistetaan työohjeessa huoltamaan ja tarkistamaan. Näitä voivat olla esimerkiksi voitelunippojen ja automaattivoitelijoiden sijainnit. Työohjeet pyritään rakentamaan niin, että jos joku ulkopuolinen urakoitsija joutuu jostain syystä huoltamaan laitteita, hän löytäisi kohteen ja pystyisi ilman suurempaa ohjeistusta huoltamaan kohteen. Tällä tavoin pyritään pääsemään irti tavasta, jossa yhdellä kunnossapitoasentajalla on paljon tietoa laitoksen laitteista ja hän

joutuukin yhtäkkiä olemaan pois työpaikalta, jolloin oudommalla asentajalla voi olla hankalaa huoltaa laitteita tai edes löytää kohde.

Laitteiden kriittisyystarkastelu on tehty aikoinaan, kun ulkopuolinen yritys on alkanut mittaamaan värähtelyjä, silloin tärkeimmiksi luokitelluista laitteista. Tästä puhutaan lisää kappaleessa 6.1. Tarkemman kriittisyysanalyysin tekemiseen ei alettu, koska resurssit ovat rajalliset, joten voiteluhuoltosuunnitelmaa tehdessä pyrittiin nojautumaan aiempiin työntekijöiden kokemuksiin, tietotaitoon ja laitteiden omiin huolto-ohjeisiin. Näin saatiin tehtyä samalla kevyt kriittisyystarkastelu ja rakennettua huoltokierrokset niin, että kriittisimmiksi ajatellut laitteet tullaan huoltamaan useammin. Pääasiassa tämä tarkoittaa sahalinjan sahaavia ja profiloivia laitteita, kuorimakonetta, särmälinjan automaattisärmää sekä hakkureita.

## 6 LOPPUTULOKSET

### 6.1 Voiteluhuollon kehittäminen tulevaisuudessa

Kunnonvalvonta on ulkoistettu SPM Instrument Oy:lle, joka käy mittaamassa sahalaitoksen kriittisimpien laitteiden värähtelyjä niiden kunnon määrittelemiseksi. Yritys käy mittaamassa kuorimakonetta, kriittisimpiä sahalinjan ja särmälinjan laitteita, muutamaa hydraulikoneikkoa, hakkureita sekä dimensio- ja tasaamolaitoksen pääkäyttöjä. He käyvät myös mittaamassa kuivaamoiden puhaltimien värähtelyt kesäseisakkien aikana. Mittauksista Westas Pihlava Oy saa raportin, jossa kerrotaan yksityiskohtaisesti, millainen on laitteiden komponenttien kunto ja toimivuus sekä listataan mahdolliset turvallisuushavainnot. Raportin mukana tulevat mittaustulokset. Vikahuomioista on taulukko, jossa listataan viat ja ehdotetut jatkotoimenpiteet.

Kunnonvalvontaa voitaisiin jatkossa parantaa paremmilla ja säännöllisimmillä mittauksilla sekä mahdollisesti siirtämällä osan mittauksista sahan oman henkilöstön seurantaan. Jotkin sahalinjan laitteet voisivat olla esimerkiksi jatkuvan mittauksen alaisena, esimerkiksi tärinän tai lämpötilan mittaus. Satatekniikka käy vuosittain ottamassa näytteet hydraulikkayksiköiden öljyistä. Näytteistä tarkkaillaan muun muassa veden ja partikkeleiden määrää. Öljyt pyritään vaihtamaan aina seisakkien aikana. Voiteluhuollon ja kunnonvalvonnan monipuolistamiseksi, olisi mahdollista alkaa mittaamaan huoltojen aikana ennalta määriteltujen kohteiden tärinää ja muita käyntitietoja, jolloin olisi mahdollista saada tietoa voideltavien kohteiden kunnosta. Mittauksiin on saatavilla monenlaisia kannettavia mittalaitteita. Mittaustietoja on kuitenkin osattava analysoida ja hyödyntää tehokkaasti, jotta ne tuottaisivat riittävän määrän hyötyä sahalle, kustannukset huomioiden. Sahalla ei ole käytössä kiertovoiteluperiaatteella toimivia laitteita, joista voitaisiin ottaa esimerkiksi öljyanalyysijä. Kunnonvalvonnan mittauksia ei aiota tämän hetkisen tilanteen perusteella kuitenkaan lisätä, mutta tulevaisuudessa tässä osa-alueessa olisi hyviä parannuskohteita. Oikeanlainen ja tehokas kunnonvalvonta parantaisi laitteiden käytettävyyttä ja turvallisuutta sekä samalla väkittäisi käyttöasteeseen positiivisella tavalla. Korjaukset voidaan ajoittaa paremmin ja välttyttäisiin ennenaikaisilta komponenttien vaihdoilta.

## 6.2 Varastojen kehittäminen

Varastoresursseja ja valmiutta voidaan parantaa ennen kaikkea hyvällä varaosien kulutuksen seurannalla. Ennakkohuolto.fi ohjelmaan on mahdollista listata työkohteisiin tarvittavia varaosia. Työkohdetta huollettaessa on mahdollista merkata ohjelmaan käytetyt varaosat, jotka vähennetään varastosta nimikkeen mukaan. Tällä tavoin on mahdollista seurata paljon kuluvia varaosia ja optimoida varaston kapasiteettia, jotta vältetään turhalta varastoinnilta. Liian suuret varastokapasiteetit ja tarpeettomat komponentit eivät tuota varastossa hyötyä, joten tulevaisuudessa pyritään toimimaan järjestelmällisemmin. Kesällä 2019 selvitetään ja listataan, erilaisten käytössä olevien hydraulikka- ja paineilmasylinterien, kiilahihnojen ja kuljetinketjujen tyypit sekä mahdollisesti myös yleisimmät laakerityypit, joita kuluu paljon. Listauksen avulla pystytään kehittämään olemassa olevia varastoja ja rakentamaan ne niin, että varaosat olisivat mahdollisimman helposti löydettävissä. Samalla varmistutaan, että tarpeen tullen varastosta löytyy aina yleisimpiä varaosia riittävät määrät.

## 7 YHTEENVETO

Tämä opinnäytetyö tehtiin Westas Pihlava Oy:n sahalle ja työn tarkoituksena oli laitehierarkian dokumentointi sähköiseen muotoon sekä rakentaa tilaajan haluama perustasoinen voiteluhuoltosuunnitelma Ennakkohuolto.fi järjestelmään. Työohjeisiin tehdään varmasti vielä lisäyksiä sitä mukaa, kun laitteita huolletaan ja tulee huomioita, että jotain puuttuu. Voiteluhuollosta vastaava kunnossapitoasentaja pystyy helposti tekemään lisäyksiä työohjeisiin, jos tarve tulee. Ennakkohuolto-ohjelma mahdollistaa laitekohtaisten varaosien ja voiteluaineiden lisäyksen ohjelmaan tulevaisuudessa. Nii-  
den tietojen avulla pystytään myös parantamaan varastointia.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin ja tehdystä työstä tulee olemaan paljon hyötyä yritykselle. Huolto-ohjeet ja laitehierarkian päivitys sähköiseksi helpottavat laitteiden kunnon seuranta, huoltoa ja käytettävyyttä. Aineiston keräys toteutui pääosin omatoimisesti sekä osaltaan yhteistyössä voiteluhuollosta vastaavan kunnossapitoasentajan kanssa. Opinnäytetyön ja voiteluhuoltosuunnitelman tekeminen oli melko suoraviivaista, eikä suurempia ongelmia tullut vastaan. Teoriatietoa löytyi paljon kirjallisuudesta, internetistä ja sahan henkilöstöltä. Aikataulut onnistui hyvin ja työ valmistui suunnitelmien mukaisesti. Lähtötilanne huomioiden, voiteluhuolto-ohjelman rakentaminen on suuri parannus yrityksen ennakkohuoltoon. Tämä kokonaisuus tullaan käyttöönnottamaan viimeistään kesällä 2019.

## LÄHTEET

Ansaharju, T. 2009. Koneenasennus ja kunnossapito. Helsinki: WSOY.

Ansaharju, T. & Maaranen, K. 2008. Koneenasennus. 1.-4. Painos. Helsinki: WSOY.

Edu.fi www-sivut 2019. Verkko-oppimateriaalit: Kunnossapito. Viitattu 11.1.2019. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/>

Fluid intelligence. 2017. Miksi öljyn kuntoa seurataan? Viitattu 13.1.2019. <https://fi.fluidintelligence.fi/news/2017/11/6/miksi-ljyn-kuntoa-seurataan>

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito: tuotanto-ominaisuuden hoitaminen. Viides painos. Helsinki: KP-Media Oy.

Laine, H. 2010. Tehokas kunnossapito: tuottavuutta käynnissäpidolla. Helsinki: KP-Media Oy.

Neste Oyj www-sivut. 2019. Viitattu 30.1.2019. <https://www.neste.com/fi>

SFS-EN 13306. Maintenance. Maintenance terminology. 2017. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. Helsinki: SFS. Viitattu 6.1.2019. <http://www.sfs.fi/>

SKF www-sivut. 2019. Viitattu 28.3.2019. <https://www.skf.com/>

Teboil www-sivut. 2019. Viitattu 30.1.2019. <https://www.teboil.fi/>

VTT. 2004. Tutkimusraportti: Vierintälaakerien rasvavoitelun perusteet. Viitattu 28.1.2019. [http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/rasvavoitelu\\_btuo43\\_041258.pdf](http://virtual.vtt.fi/virtual/proj3/prognos/prognos/pdf/rasvavoitelu_btuo43_041258.pdf)

Westas Groupin www-sivut. 2019. Viitattu 6.1.2019. <http://www.westas.fi/>