

Opinnäytetyö (AMK)

Konetekniikka

2024

Teemu Erkkilä

Voiteluaineiden harmonisointi ydinlaitoksella



Opinnäytetyö (AMK) | Tiivistelmä

Turun ammattikorkeakoulu

Konetekniikka

2024 | 35 sivua, 6 liitesivua

Teemu Erkkilä

Voiteluaineiden harmonisointi ydinlaitoksella

Tämä opinnäytetyö tehtiin TVO:n OL1 ja OL2 voimalayksiköiden mekaaniselle kunnossapidolle. Yksikössä oli tarvetta voiteluaineiden läpikäynnille ja kunnossapitojärjestelmän tietojen päivittämiseksi voiteluaineiden osalta.

Työn tavoitteena oli käydä läpi laitoksilla käytössä olevia voiteluaineita ja tutkia onko niiden määrää mahdollista vähentää ja onko mahdollista keskittää voiteluaineita paremmin yhdelle toimittajalle. Tämän lisäksi työn tarkoituksena oli päivittää kunnossapitojärjestelmä voiteluaineiden osalta vastaamaan nykyhetkeä ja päästä eroon vanhoista paikkaansa pitämättömistä tiedoista.

Opinnäytetyön aikana huomattiin tarve myös päivittää kunnossapitoasentajien listaa mihin oli kirjattu laitoksen taitteiden käyttämiä öljyjä listan vajavaisuuden ja vanhentuneiden tietojen takia. Tämän lisäksi työn avulla lähdettiin luomaan voiteluaineille varastointiaikoja, jotta voiteluaineita ei säilytettäisi varastossa liian pitkiä aikoja.

Opinnäytetyöllä onnistuttiin vähentämään voiteluaineiden määrää laitoksilla ja tämän lisäksi voiteluaineita onnistuttiin keskittämään halutulle toimittajalle. Työn tuloksena onnistuttiin myös päivittämään kunnossapitojärjestelmä ajan tasalle ja luomaan kunnossapitoasentajille päivitetty lista laitepaikkojen käyttämistä öljyistä. Myös öljyjen varastointiaikoihin onnistuttiin laatimaan ohjeistus.

Asiasanat:

voimalaitos, kunnossapito, kunnossapitojärjestelmä, voiteluaineet

Bachelor's Thesis | Abstract

Turku University of Applied Sciences

Mechanical Engineering

2024 | 35 pages, 6 pages in appendices

Teemu Erkkilä

Harmonization of lubricants at a nuclear facility

This thesis was commissioned by the mechanical maintenance of TVO's OL1 and OL2 power plant units. The unit needed to go through the lubricants and update the maintenance system information for lubricants.

The aim of the thesis was to review the lubricants used at the plants and examine whether it is possible to reduce their quantity and whether it is possible to concentrate lubricants better on one supplier. In addition, the aim of the thesis was to update the maintenance system for lubricants to correspond to the present and to get rid of old inaccurate data.

During the research, it was also noticed that there was need to update the list of maintenance technicians, which included oils used in the plant's folds due to the incomplete list and outdated information. In addition, the thesis was used to create storage times for lubricants so that lubricants would not be stored for too long.

The thesis succeeded in reducing the number of lubricants at the plants, and in addition to this, lubricants were concentrated to the desired supplier. As a result, it was also possible to update the maintenance system and create an updated list of oils used by the equipment site for maintenance technicians. With the help of thesis, it was possible to create guidelines for storage times of lubricants.

Keywords:

power plant, maintenance, maintenance system, lubricants

Sisältö

Käytetyt lyhenteet tai sanasto	6
1 Johdanto	7
2 Olkiluodon ydinvoimalaitokset ja TVO	8
2.1 Historia	8
2.2 Tuotantolaitokset	8
3 Kunnossapito	9
3.1 Kunnossapidon määritelmä	10
3.2 Kunnossapitolajit	10
4 Erilaiset voiteluaineet	13
4.1 Mineraaliöljyt	13
4.2 Synteettiset voiteluaineet	15
4.3 Kasviöljyt perusöljynä	16
5 Voiteluaineiden teoriaa	17
5.1 Kulumismekanismit	17
5.2 Voitelumekanismit	18
6 Toteutusprosessi	22
7 Tulokset	27
8 Yhteenveto ja pohdinta	28
Lähteet	29

Liitteet

Liite 1. Öljylistä

Liite 2. Asentajien lista

Liite 3. TLTA-luokat

Kuvat

Kuva 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010-standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 46).	11
Kuva 2 Kunnossapitolajit PKS 6201:2011-standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 47).	11
Kuva 3 Kunnossapitolajit PKS 7501:2010_standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 47).	12
Kuva 4 Voitelumekanismit (mukaillen Antila ym. 2013, 19.)	20
Kuva 5 Stribecking käyrällä kuvattu voitelukalvon muodostuminen (Lubrication of roller bearings 2013, 7.)	21

Taulukot

Taulukko 1 Parafiini- ja nafteenipohjaisten öljyjen ominaisuuksia (mukaillen Antila ym. 2013, 55–56.)	14
Taulukko 2 Kasviöljyjen etuja ja haittoja. (Antila ym. 2013, 59.)	16

Käytetyt lyhenteet tai sanasto

LCC	Life Cycle Cost (Elinjaksokustannus) (Järviö & Lehtiö 2017, 287.)
LCP	Life Cycle Profit (Elinjaksotuotto) (Järviö & Lehtiö 2017, 287.)
OL1	Olkiluoto 1 voimalaitosyksikkö
OL2	Olkiluoto 2 voimalaitosyksikkö
OL3	Olkiluoto 3 voimalaitosyksikkö
OFT	Operate To Failure (tarkoittaa samaa kuin RTF) (Järviö & Lehtiö 2017, 288.)
PAO	polyalfaolefiini (Antila ym. 2013, 58.)
RTF	Run To Failure (käytetään, kunnes kone vikaantuu ts. ei ehkäisevää kunnossapitoa) (Järviö & Lehtiö 2017, 288.)
TVO	Teollisuuden Voima Oyj
VI	Viskositeetti indeksi (Antila ym. 2013, 51.)

1 Johdanto

Opinnäytetyön aiheena oli voiteluaineiden harmonisointi TVO:n Olkiluoto 1 (OL1) ja Olkiluoto 2 (OL2) laitoksilla. Opinnäytetyö oli konkreettinen tehdä, koska TVO:lla oli havahduttu tarpeeseen tuoda kunnossapitojärjestelmä ajan tasalle voiteluaineiden osalta ja mahdollisuuksien mukaan karsia voiteluaineiden määrää laitoksilla. Käytännössä tämä tarkoitti laitoksilla käytössä olevien voiteluaineiden läpikäyntiä ja näiden aineiden mahdollisen korvaamisen tai käytöstä poiston suunnittelua.

Opinnäytetyössä keskitytään OL1 ja OL2 ydinvoimalaitoksien voiteluaineisiin ja vielä tarkemmin voiteluöljyihin. Opinnäytetyönaikana käytiin läpi OL1 ja OL2 laitosten kunnossapitojärjestelmää, josta löytyy kaikki laitosten kunnossapitoon liittyvät asiat kuten käytettävät voiteluaineet, laitteiden varaosalistat ja laitepaikkojen tunnuksat. Erityisesti näistä tiedoista oli hyötyä voiteluaineiden läpikäynnin osalta.

Opinnäytetyön alkutilanne oli se, että OL1 ja OL2 laitosten mekaanisessa kunnossapidossa oli havahduttu siihen, että laitoksilla oli käytössä todella paljon erilaisia voiteluaineita ja tästä syntyi ajatus, että olisiko mahdollista vähentää erilaisten voiteluaineiden määrää laitoksella. TVO:lla oli myös intressinä keskittää voiteluaineiden toimitukset mahdollisuuksien mukaan yhden tietyn yrityksen maahantuomiin tuotteisiin, joka voiteluaineiden osalta toimitti jo valmiiksi valtaosan TVO:n käyttämistä voiteluaineista. Opinnäytetyö rajattiin koskemaan vain OL1 ja OL2 laitoksia, koska OL3 laitoksella suurin osa laitteista kuului työn tekohetkellä vielä takuutöiden piiriin, jolloin voiteluaineiden muuttaminen ei välttämättä olisi ollut kannattavaa takuun säilyttämiseksi ja myös siitä syystä, ettei opinnäytetyön aihe paisuisi liian suureksi. Opinnäytetyön laajuuden pitämiseksi järkevissä mittasuhteissa päätettiin myös keskittyä pelkästään voiteluöljyihin ja jättää voitelurasvat tarkastelusta kokonaan pois.

2 Olkiluodon ydinvoimalaitokset ja TVO

Opinnäytetyön aiheena oli voiteluaineiden harmonisointi ydinlaitoksella. Työ suoritettiin TVO:n Olkiluodossa sijaitsevilla ydinvoimalaitoksilla OL1 ja OL2. Tässä kappaleessa käydään läpi TVO:n ja kohteena olevien ydinlaitosten historiaa ja yleistietoa tuotantolaitoksista.

2.1 Historia

TVO eli Teollisuuden Voima Oyj on osakeyhtiö, joka perustettiin vuonna 1969. Vuonna 1970 TVO:n hallitus teki päätöksen 600MW ydinvoimalaitoksen rakentamisesta Eurajoen Olkiluotoon. Vuonna 1972 ruotsalainen Asea-Atom valittiin laitostoimittajaksi. Olkiluoto 1:n rakentaminen alkoi vuonna talvella 1974 ja syyskuussa 1978 laitosyksikkö alkoi tuottamaan sähköä valtakunnalliseen käyttöön. Olkiluoto 2:n rakennustyöt alkoivat kesällä 1975 ja laitosyksikkö alkoi tuottamaan sähköä valtakunnalliseen verkkoon helmikuussa 1980. Olkiluoto 3:n alettua tuottamaan sähköä kaupalliseen käyttöön maaliskuussa 2022 TVO:lla on kolme käytössä olevaa ydinlaitosta Olkiluodossa. (TVO laitosyksiköt 2024)

2.2 Tuotantolaitokset

Olkiluoto 1 ja Olkiluoto 2 ovat molemmat ruotsalaisen Asea-Atom:n nykyisen ABB-atomin rakentamia ydinlaitoksia. Laitosyksiköt ovat keskenään lähes identtisiä kiehuntavesireaktoreita, joiden alkuperäinen nettosähkö teho oli noin 600 megawattia. Nykypäivänä molempien laitosten nettotehot on nostettu erilaisin tehonkorotusprojektien avulla 890 megawattiin. Olkiluoto 3 tilattiin konsortiolta, jonka muodostavat AREVA GmbH, AREVA NP SAS ja SIEMENS AG. Se on EPR-tyyppinen painevesilaitos, joka valmistui vuonna 2022. Olkiluoto 3 nettosähkötuotto on noin 1600 megawattia. Ydinvoimalaitokset tuottavat sähköä kokosuomen alueelle ja yhteensä kolme laitosyksikköä tuottavat 30 % koko Suomen tarvitsemasta sähköstä. (TVO laitosyksiköt 2024)

3 Kunnossapito

Tuotantolaitosten tehokkuuden ylläpitäminen ja parantaminen on kriittistä liiketoiminnan menestykselle. Kunnossapitoa voidaan pitää yhtenä keskeisistä tekijöistä, jonka avulla voidaan varmistaa tuotantoprosessien sujuvuus ja laatu. Ajan myötä kunnossapidon merkitys on ymmärretty yhä paremmin ja paremmin, sillä yritykset pyrkivät minimoimaan laitosseisokkeja ja parantamaan laitteiden ja koneiden käyttöikä. (Järviö & Lehtiö 2017, 14–16.)

Niin sanotut elinkaarikustannukset (Life Cycle Cost, LCC) ja elinkaarituotto (Life Cycle Profit, LCP) ovat olennaisia käsitteitä, kun puhutaan kunnossapidon taloudellisesta arvosta yritykselle ja sen vaikutuksesta tuotannon luotettavuuteen ja tehokkuuteen. LCC eroaa LCP:stä sillä, että LCC tarkastelee laitteen aiheuttamia kustannuksia koko elinkaaren ajalta, kun taas LCP keskittyy tuotannon aikana syntyvään tuottoon. Nämä käsitteet korostavat, että kunnossapidon tulee olla ennaltaehkäisevää ja strategisesti suunniteltua ei vain reaktiivista korjaamista. (Järviö & Lehtiö 2017, 14–16.)

Tehokas kunnossapito vaatii investointeja paitsi fyysisiin työkaluihin ja laitteisiin myös työntekijöiden kouluttamiseen ja prosessien kehittämiseen. Tämä tarkoittaa, että kunnossapidon tulee olla jatkuva prosessi, joka sopeutuu tuotannon muuttuviin tarpeisiin. Kunnossapidon avulla pystytään varmistamaan prosessien tehokkuus ja luotettavuus, joka taas edesauttaa yrityksen kilpailukykyä ja taloudellista vakautta. Se mahdollistaa suunnitelmallisen ja järjestelmällisen lähestymistavan vikojen ennakointiin ja tarvittavien toimenpiteiden toteuttamiseen ennen kuin ne muodostuvat kriittisiksi ongelmiksi. (Järviö & Lehtiö 2017, 14–16.)

Kunnossapidon strateginen integrointi liiketoiminnan kokonaisvaltaiseen hallintaan edistää myös investointien tehokkuutta. Kun koneet ja laitteet pidetään hyvässä kunnossa, ne toimivat luotettavammin ja tehokkaammin, mikä johtaa pidempiin käyttöjaksoihin ja vähentää tarvetta kalliisiin varmuusvarastoihin. Kunnossapidon kautta voidaan myös vähentää tuotannon keskeytymistä

aiheutuvia riskejä ja kustannuksia, jotka syntyvät odottamattomista tuotantoseisakeista. (Järviö & Lehtiö 2017, 14–16.)

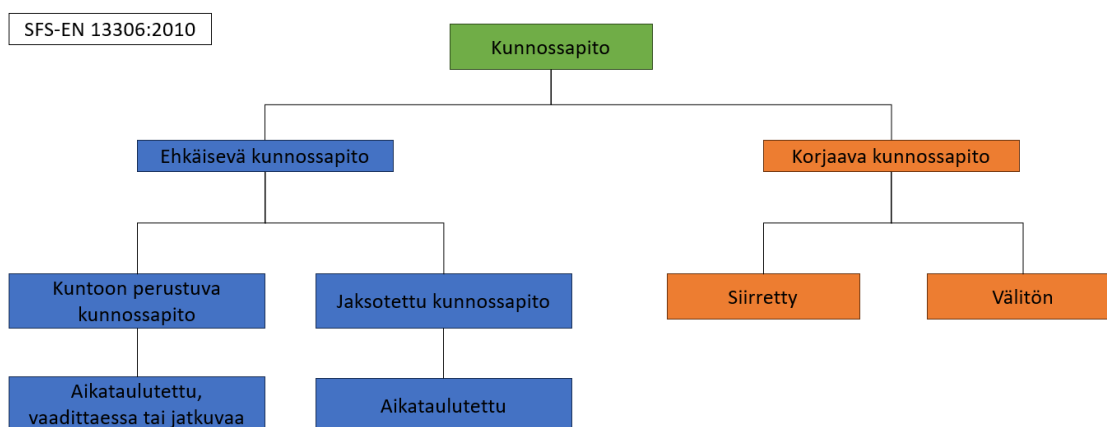
3.1 Kunnossapidon määritelmä

Kunnossapidosta on tehty useita eri määritelmiä ja niitä löytyy esimerkiksi standardeista ja kirjallisuudesta. Esimerkiksi Euroopan unionin SFS-EN 13306:2010 standardissa kunnossapitoon määritellään seuraavasti: ”Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoitus on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon”. Muita kunnossapidon määritelmiä löytyy esimerkiksi PSK 6201:2011 ja PSK 7501:2010 standardeista. Näiden lisäksi SFS-En 15341:2007 standardi ei määrittele suoraan kunnossapitoa vaan se on tekstiä mistä voi itse päätellä, mitä kunnossapito on. Kaikissa edellä mainituissa määritelmissä käy ilmi, että standardien kuvaukset kuvaavat pääsääntöisesti korjaavaa kunnossapitoa. Tämän kaltainen käsitys on kuitenkin nykyaikaista kunnossapitoa silmällä pitäen liian suppea näkemys. Nykyaikaisen kunnossapidon tärkein tehtävä onkin tuotannon koneiden ja laitteiden käytettävyyden, kunnan ja ominaisuuksien ylläpitäminen, säätäminen ja kehittäminen. (Järviö & Lehtiö 2017, 17–19.)

3.2 Kunnossapitolajit

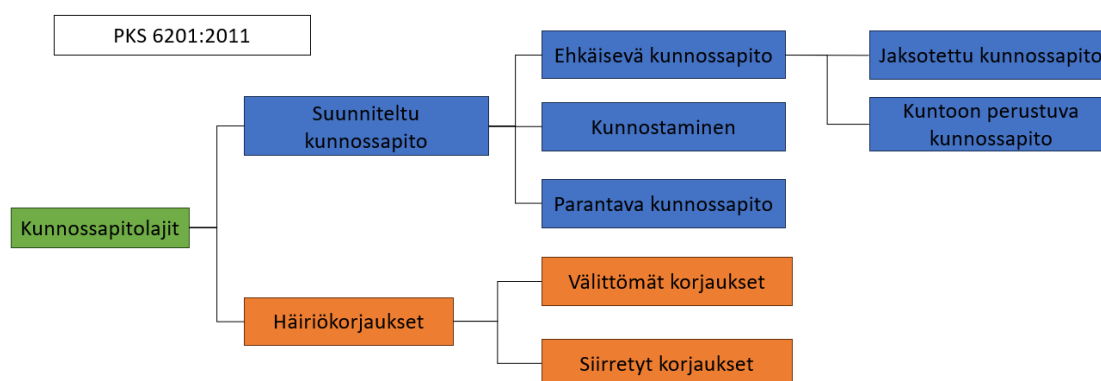
Kuten suurin osa muustakin tuotannosta myös kunnossapito on jaettu eri lajeihin. Yksi yleinen jaottelu tapa on jakaa kunnossapito vian havaitsemisen mukaan. Tämän jaottelu tavan avulla kunnossapito jaetaan vika tiloja ehkäisevään ja vikoja korjaavaan kunnossapitoon. Vialla tarkoitetaan tässä kontekstissa laitteen häiriötä, joka estää laitteen normaalin toiminnan. Näin ollen ehkäisevään kunnossapitoon luetaan kaikki ne toimenpiteet, jotka suoritetaan ennen vikatilän ilmenemistä. Näihin voi kuulua esimerkiksi voiteluöljyn vaihto. Tällaista jakoa käyttää esimerkiksi SFS-EN 13306:2010 standardi (Kuva 1.). Jako vastaa vapaasti tulkiten ammattikirjallisuuden proaktiivinen-reaktiivinen jakoa,

kyseisessä jaossa ei asiaa ole kuitenkaan ilmaistu yhtä selkeästi. (Järviö & Lehtiö 2017, 46.)

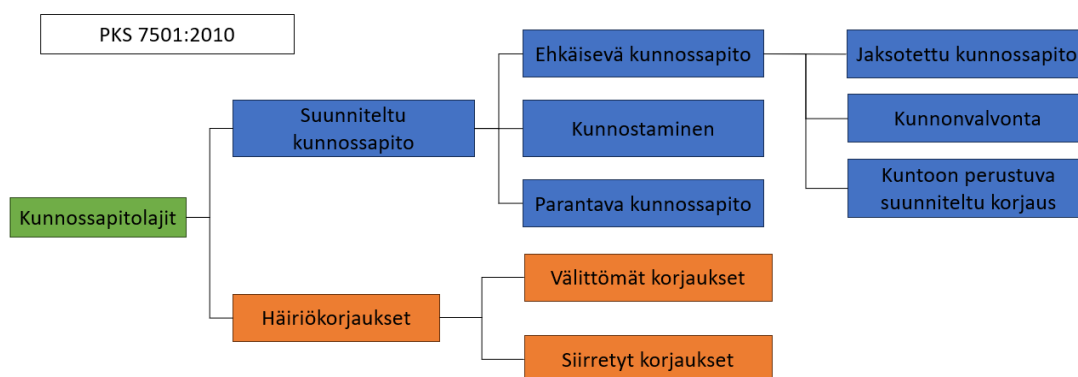


Kuva 1 Kunnossapitolajit SFS-EN 13306:2010-standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 46).

Kunnossapidon voi myös jakaa esimerkiksi sen mukaan, ovatko kunnossapitotoimet suunniteltuja vai aiheuttavatko ne tuotantohäiriöstä. Tällaista jakoa käyttämät esimerkiksi PSK 6201:2011 (Kuva 2.) ja PSK 7051:2010 (kuva 3.) standardeissa, joissa molemmissa kunnossapito on jaoteltu suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin. Näiden standardien ero on siinä, että PSK 6201:2011:ssä kunnonvalvonta ja kuntoon perustuva suunniteltu kunnossapito ovat sisällytetty molemmat kuntoon perustuvan kunnossapidon alle, kun taas PSK 7051:2010 ne ovat erillisinä osinaan. (Järviö & Lehtiö 2017, 46–47.)



Kuva 2 Kunnossapitolajit PKS 6201:2011-standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 47).



Kuva 3 Kunnossapitolajit PKS 7501:2010_standardin mukaan (mukaillen Järviö & Lehtiö 2017, 47).

Kunnossapitoa koskevat standardit keskittyvät niin vahvasti vikaantumiseen ja korjaamiseen, että ne eivät juurikaan ota huomioon kunnossapidon uudistumista. Standardeissa ei esimerkiksi mainita ollenkaan käsitettä RTF (Run To Failure) tai OTF (Operate To failure), joilla ei ole suoraa suomen kielistä vastiketta, mutta tarkoittavat käytännössä sitä, että koneelle ei tehdä ehkäisevää kunnossapitoa vaan sille tehdään vain normaalit huoltotoimenpiteet ja näiden töiden lisäksi laitteen käyntiä seurataan (käy tai ei käy). Jos kone hajoaa, se joko korjataan tai korvataan uudella. Tällaisia kunnossapito strategioita voidaan käyttää, kun kohteen arvo on vähäinen eikä vikaantumisesta aiheudu häiriöitä tuotannolle. Tämän kaltaisia kohteita on tuotantolaitoksissa todella paljon. Hyvänä esimerkkinä RTF strategian alla olevasta laitteesta on valaisimet. Tämän lisäksi standardeissa ei mainita kunnossapidon modernisointeja tai kunnossapitoon liittyviä analysointeja, joilla voi olla huomattavia taloudellisia vaikutuksia. Esimerkiksi voiteluöljyanalyseilla voidaan välttyä turhilta öljynvaihdoilta. (Järviö & Lehtiö 2017, 48.)

4 Erilaiset voiteluaineet

Suurin osa voiteluaineista on olomuodoltaan nestemäisiä. Yleisimmin ne ovat öljypohjaisia ja niiden perusöljyinä käytetään mineraali- ja kasviöljyjä sekä näiden lisäksi synteettisiä öljyjä. Perusöljyn lisäksi voiteluaineisiin lisätään usein lisäaineita, joilla kaikilla on omat hyvät ja huonot puolensa. (Antila ym. 2013, 55.)

4.1 Mineraaliöljyt

Mineraaliöljyt valmistetaan tyhjötislaamalla ja puhdistamalla raakaöljystä. Raakaöljyjen ominaisuuksiin voivat vaikuttaa jopa se mistä lähteestä öljy on pumpattu. Sopivimpia kemiallisia raakaöljyjen ominaisuuksia voiteluaineiden perusöljyjen jalostamiseksi ovat pieni aromaattipitoisuus, pieni rikki- ja happipitoisuus ja stabiilius esimerkiksi kemiallinen kestävyys hapettumista vastaan. (Antila ym. 2013, 55.)

Raakaöljyn hiilivetykoostumus vaikuttaa viskositeettilämpötilariippuvuuteen, jähme- ja leimahduspisteeseen, tiheyteen jne. Hiilivetytyypeistä tärkeimpiä ovat parafiiniset, nafteeniset ja aromaattiset. Parafiinisuuden ja nafteenisuuden eroavaisuudet hiilivetyjen välillä lopulta johtavat erilaisiin ominaisuuksiin. (taulukko 1.) Tyypillisessä perusöljyssä on Aromaattisia hiilivetyjä alle 10 %. Suurina pitoisuuksina Aromaattiset hiilivedyt ovat haitallisia voiteluaineissa. (Antila ym. 2013, 55.)

Taulukko 1 Parafiini- ja naftteenipohjaisten öljyjen ominaisuuksia (mukailten Antila ym. 2013, 55–56.)

Ominaisuus	Parafiiniset	Naftteeniset
Viskositeetti-indeksi (VI)	kohtalainen	huono
Käyttäytyminen kylmässä	kohtalainen	hyvä
Lisäaineiden liuotuskyky	kohtalainen	voimakas
Kumitiivistemateriaalien kestävyys	neutraali	huono
Viskositeetti (mm ² /s)	68	68
Leimahduspiste COC (°C)	240	210
Tiheys 15°C:ssa (g/ml)	0,878	0,895
Jähmepiste (°C)	-21	-33
VI	95	30
Hiilivetyjakauma DIN 513378:		
C _a (%)	3	5
C _n (%)	32	38
C _p (%)	65	57

Raakaöljyn jalostus voiteluaineen perusöljyksi on monivaiheinen prosessi, jonka tavoitteena on saavuttaa erilaisia fysikaaliskemiallisia ominaisuuksia. Tällaisia ominaisuuksia on esimerkiksi viskositeetin lämpötilariippuvuuden parantaminen, joka tarkoittaa korkeampaa VI:ta, hapettumiskestokyvyn parantaminen, joka käytännössä johtaa pidempään käyttöikään ja pumpattavuuden parantaminen, joka tuo paremmat käyttöominaisuudet kylmissä lämpötiloissa. (Antila ym. 2013, 55.)

Teollisuudessa käytettävistä voiteluaineista suurin osa edelleen pohjautuu perinteisiin mineraaliöljyihin. Teollisuusvoiteluaineet ovat pääasiassa erilaisia perusöljyjen ja lisäaineiden seoksia. Erilaisilla seoksilla tavoitellaan ominaisuuksia, joita erilaiset käyttötarpeet vaativat. Tällaisia ominaisuuksia on esimerkiksi viskositeetti, kylmäominaisuudet, hapettumisen esto, hallittu karstan muodostus, lisäaineliukoisuus ja VI. (Antila ym. 2013, 55–57.)

4.2 Synteettiset voiteluaineet

Synteettiset voiteluaineet ovat valmistettu kemiallisen prosessin avulla. Synteettisiin hiilivetyihin kuuluu polyalfaolefiini (PAO) ja alkyylisentseenit. PAO:lla on hyvä hapettumisenkestokyky lisäaineistettuna ja kylmä sekä kuuma viskositeettiominaisuudet ovat hyvät. PAO:n etuihin kuuluu myös se, että se soveltuu lähes kaikkien voiteluainetyyppien valmistukseen. Näitä voiteluainetyyppejä ovat esimerkiksi kompressorijölyt, hydraulikkaöljyt, rasvojen perusöljyt ja kiertovoiteluöljyt. Alkyylisentseenit omaavat hyvän liukoisuuden ja tämän vuoksi niitä käytetään esimerkiksi jäähdytyskompressoreissa, värimetallien valssauksessa ja sähköneristeinä. (Antila ym. 2013, 57–58.)

Synteettisiin voiteluaineisiin kuuluu myös muita perusöljyjä. Näitä ovat esimerkiksi diesterit, polyesterit, fosforihappoesterit, polyglykolit ja silikoniöljyt. Kaikilla näillä on eri käyttötarkoitukset sekä eri vahvuudet ja heikkoudet. Diesterit omaavat hyvät lämpötilaviskositeettiominaisuudet ja vähäisen höyrystymisen. Nämä ominaisuudet tekevät niistä hyviä suihkuturbiinien voiteluaineita. Polyesterit taas soveltuvat suihkuturbiinien voitelun lisäksi lämmönsiirtonesteiksi ja korkeita lämpötiloja sietävien voitelurasvojen perusöljyksi ja biohajoavaksi hydraulijölyksi. Fosforihappoesterit käytetään vaikeasti syttyvinä hydraulinesteinä, höyryturbiinien säätäjien kiertoöljynä ja ilmailussa, koska fosforihappoesteri reagoi heikosti hapen kanssa. Sen heikkous on kuitenkin se, että kuumetessaan fosforihappoesteristä muodostuu myrkyllistä yhdistettä. Polyglykoleita on kahden laisia, on vesiliukoisia ja veteen liukenemattomia. Vesiliukoisia polyglykoleita käytetään mm. jäähdytysnestekompressoreissa ja vaikeasti syttyvinä hydraulinesteinä. Veteen liukenemattomia polyglykoleita käytetään mm. hiilivetykompressoreissa, kuumien laakereiden voitelussa ja erikoisrasvojen perusöljynä, koska se omaa hyvät viskositeetti- ja kitkaominaisuudet. Silikoniöljyä käytetään muun muassa lämmönsiirtoon, muovivoiteluun, hydraulisiin erikoisjärjestelmiin ja rasvojen perusöljynä ilmailutuotteissa. (Antila ym. 2013, 58–59.)

4.3 Kasviöljyt perusöljynä

Kasviöljyjä käytetään voiteluun vain hyvin harvoin. Ne ovat triglyseridejä ja luonnon estereitä. Kasviöljyistä voidaan valmistaa estereitä, jolloin kylmäominaisuudet paranevat, sillä sellaisenaan kasviöljyt soveltuvat huonosti kylmiin olosuhteisiin. Raaka-aineena kasviöljyjä käytetään vain biohajoavissa voiteluaineissa. Pohjoismaissa yleisimmin käytetyt kasviöljyt ovat rypsi- ja rapsiöljyt. Kasviöljyjen etuja ja haittoja on listattu taulukkoon 2. (Antila ym. 2013, 59.)

Taulukko 2 Kasviöljyjen etuja ja haittoja. (Antila ym. 2013, 59.)

Kasviöljyjen etuja:	Kasviöljyjen haittoja:
+ korkea leimahduspiste	- heikko hapettumisen kesto
+ hyvät kitkaominaisuudet	- pysyvä jähmettyminen kylmässä
+ biohajoavuus	- käyttöiän lyhyys
	- käyttölämpötilojen rajoittuneisuus
	- hartsintuminen koneiden pinnoille

5 Voiteluaineiden teoriaa

Liikkuvien kosketuspintojen kitkaa ja kulumista on kaikista tehokkainta vähentää luomalla liikkuvien pintojen väliin suojaava kalvo voiteluaineiden avulla. Tällaisen kalvon voi oikeastaan mistä tahansa helposti leikkaantuvasta materiaalista olla aine sitten kiinteää nestemäistä tai kaasumaista. Yleisimmin teollisuudessa voiteluaineena käytetään rasvaa tai öljyä. Voiteluaineen tärkeimpiin tehtäviin kuuluvat pintojen erottaminen toisistaan, kitkan pienentäminen ja sen aiheuttaman tehohäviön vähentäminen, kulumisen vähentäminen, kosketuspinnan jäähdyttäminen, epäpuhtauksien estäminen päätyvästä voideltavaan kohteeseen, epäpuhtauksien kuljettaminen pois voideltavalta kohteelta, värähtelyn vaimentaminen ja osien suojaaminen korroosiolta. Tehokkaalla voitelulla on monia positiivisia vaikutuksia teollisuuslaitoksen talouteen. Esimerkkejä tällaisista positiivisista vaikutuksista on esimerkiksi se, että tehokas voitelu vähentää kitkaa, joka taas säästää energiaa ja parantaa laitteen suoritustehokkuutta. Tehokas voitelu vähentää myös laitteen kulumista joka tuo laitteelle pidemmän käyttöiän. Näiden lisäksi voitelu parantaa laitteiden käyttövarmuutta, jolla on myös positiivinen vaikutus talouteen. (Antila ym. 2013, 11.)

5.1 Kulumismekanismit

Pintojen välillä on erilaisia kosketus tilanteita, jotka vaikuttavat kappaleiden kulumiseen eri tavoin. Karkeasti nämä kosketustilanteet voidaan jakaa kolmeen eri ryhmään. Näitä ryhmiä ovat vierintäkosketus, joita voi esiintyä esimerkiksi vierintälaakereissa. Tämän lisäksi on olemassa esimerkiksi liukulaakereissa esiintyvää liukukosketusta ja kolmantena ryhmänä on edellä mainittujen yhdistelmä, jollaista voi esiintyä esimerkiksi hammaspyörän hammaskosketus ryntövaiheessa. (Antila ym. 2013, 12.)

Kulumismekanismeja on useita erilaisia ja ne jaotellaankin yleensä neljään pääryhmään, jotka ovat adhesiivinen kuluminen, abrasiivinen kuluminen,

tribokemiallinen kuluminen ja väsymiskuluminen. Adhesiivista kulumista syntyy, kun vastinpintojen pinnankarheushuippujen kosketuksessa esiintyy adhesiivisten liitosten leikkautumista. Tämä kuitenkin edellyttää, että liitos repeää muualta kuin alkuperäisestä pintojen rajapinnasta. Jos voitelu häiriintyy eli helposti leikkaantuvat pintakalvot puuttuvat, raskaassa kuormituksessa muodostuu vahvoja adhesiivisia liitoksia, jolloin pintojen kuluminen on erittäin voimakasta. Periaatteessa Abrasiivista kulumista voi tapahtua kolmella eri tavalla kyntämällä, leikkaamalla ja hauraasti murtumalla. Abrasiivista kulumista syntyy, kun normaalivoiman vaikutuksesta pinnankarheushuiput kyntävät toisiaan. Kolmen kappaleen abrasiivista kulumista tapahtuu, kun vastinpalojen välissä on irronneita muokkauslujittuneita kulumishiukkasia, jotka uurtavat molempia pintoja. Tribokemiallinen kuluminen on useimmiten vähäistä. Siinä kuluminen tapahtuu metallin muodostaessa pintakalvoa, tämä tarkoittaa esimerkiksi teräksen tapauksessa oksidikerrosta eli ruostumista. Tribokemiallinen kuluminen tapahtuu yleensä kosketuspintojen pintakalvossa. Väsymisrasituksesta aiheutuva väsymiskuluminen syntyy väsymismurtuman surauksena. Väsymiskuluminen vaatii siis pitkäaikaista vaihtuvaa rasitusta ja alkusärön. Väsymistarkastelua hyödynnetään usein kappaleiden kestoian määrittelyssä. Esimerkiksi vierintälaakerin kestoikä on laskettu vierintä pinnan väsymistarkastelujen avulla. Kulumista voidaan määritellä myös muilla tavoin, mutta myös näiden taustalla on edellä mainitut neljä kulumismekanismia. Yksi tapa määritellä kulumista on liikkeen mukaan. Tällöin erilaisia kulumismekanismeja on seitsemän. Nämä kyseiset liikkeen mukaan määritellyt kulumismekanismit ovat vierivän ja liukuvan kosketuksen kuluminen, isku-, värähtely- (fretting), eroosio- ja kavitaatiokuluminen. (Antila ym. 2013, 15–16.)

5.2 Voitelumekanismit

Toisiinsa kosketuksissa olevien kappaleiden liikkeessa kappaleiden välille syntyy kitkaa. Kappaleiden välille syntyvää kitkaa pyritään pienentämään voitelun avulla, jos voitelu on vain sallittua. Voitelumenetelmiä on erilaisia ja niitä voidaan

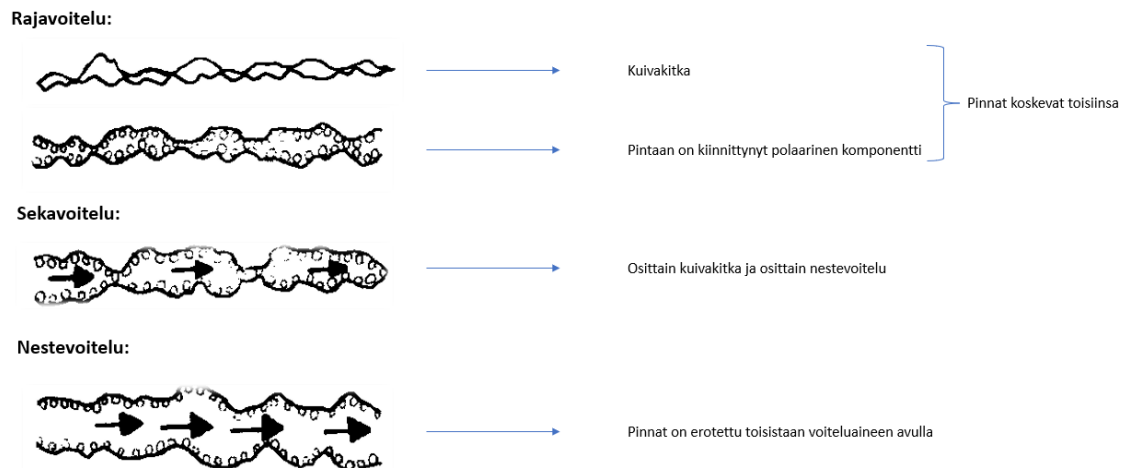
soveltaa käyttö- ja suunnitteluarvojen mukaan rajavoiteluna, sekavoiteluna tai puhtaasti nestevoiteluna. (Antila ym. 2013, 19.)

Voitelumekanismin toimivuutta ja itse voitelumekanismia voidaan arvioida seuraavalla laskemalla voitelukalvon ominaispaksuuden λ , jonka kaava on seuraava:

$$\lambda = \frac{h_{min}}{\sqrt{\sigma_1^2 + \sigma_2^2}} \quad (1)$$

jossa h_{min} on voitelukalvon minimi paksuus ja σ_1 ja σ_2 vastapintojen pinnankarheuksien rms-arvot. Pinnanprofiilin neliöllistä keskipoikkeamaa ei aina ole saatavilla vaan pinnoista on ilmoitettu vain aritmeettinen keskipoikkeama R_a , jolloin $\sigma \approx 1,3R_a$. Ominaiskalvonpaksuutta tulee käsitellä suuntaa antavana parametrina, sillä se ei pysty yksiselitteisesti määrittelemään voitelun toimivuutta varsinkaan, jos käsitellään pieniä arvoja ($\lambda < 1$). (Antila ym. 2013, 19.)

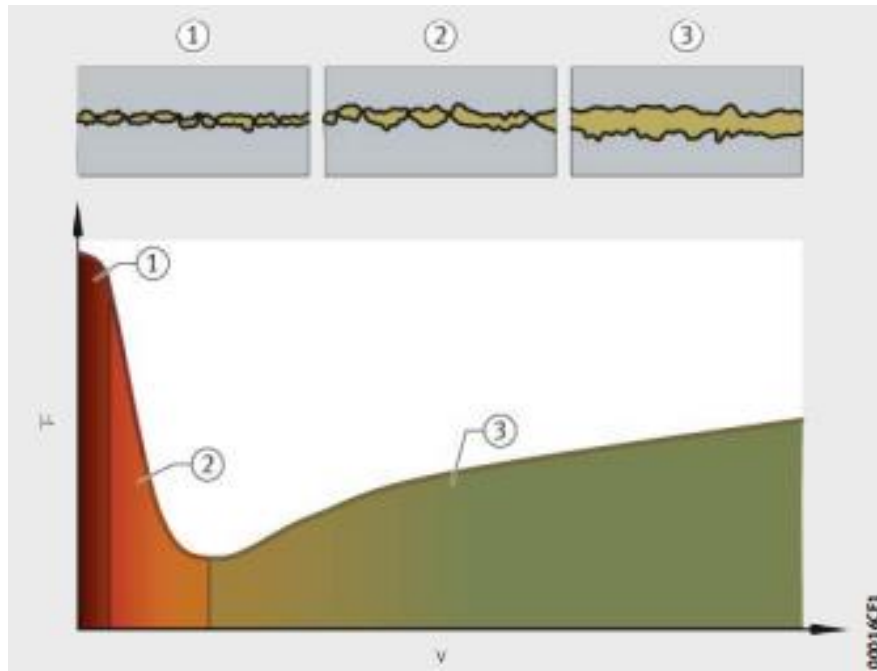
Rajavoitelutilanteeseen voi johtaa moni eri asia, tähän voi johtaa esimerkiksi epäedulliset lämmönsiirto-ominaisuudet, liian vähäinen voiteluaineen määrä, korkea kuormitus, pintojen välinen liian hidaskäyttö tai käyttölämpötilaan nähden liian alhainen viskositeetti. Rajavoitelussa vastinpintojen pinnankarheushuiput koskevat selvästi toisiaan ja tämä aiheuttaa pintojen kulumista. Rajavoitelussa voitelukalvoa, joka erottaa vastinpinnat toisistaan, ei vielä tai ei enää ole. Kuvassa 4. on kuvattu, miten voitelun toimivuus kosketuskohdissa perustuu keskeisesti pintakalvojen tarttuvuuteen, stabiilisuuteen ja muodostumisnopeuteen. (Antila ym. 2013, 19.)



Kuva 4 Voitelumekanismit (mukaillen Antila ym. 2013, 19.)

Erityisesti voiteluaineen paineenkestolisäaineiden ja kulumisenestolisäaineiden reagoidessa kosketuspinnan kanssa muodostuvat pintoja suojaavat ja liukastavat kalvot. Hallitussa rajavoitelussa pintakalvon paksuus on merkittävästi pienempi kuin pinnankarkeus, sillä tällaisessa tilanteessa kitkakerroin on suuruudeltaan noin 0,1 ja kalvon paksuus 1-10nm ($\lambda < 1$). Jos pintakalvot pettävät saattaa pintojen kitkakerroin nousta jopa samalle tasolle kuin mitä materiaalien kuivakitka-arvot. Myös toisiinsa kosketuksissa olevien materiaalien tribologiset ominaisuudet vaikuttavat kitkaan ja kulumiseen. (Aarnio ym. 2013, 19–20.)

Sekavoitelulla tarkoitetaan raja- ja nestevoitelun yhdistelmää, siinä osan kuormituksesta ottaa vastaan pienikitkainen voitelukalvo ja loput kuormituksesta osuu pinnankarheushuippuihin. Kokonaiskitkakerroin alenee, kun voitelukalvon paksuus kasvaa, koska tällöin pinnankarheushuippuihin kohdistuva kuorma pienenee. Sekavoitelussa kitkakerroin voi vaihdella suuresti jo pienestäkin olosuhteiden muutoksesta, tämän takia kosketuksen lämmönvaihteluilla voi olla suuri merkitys voitelun onnistumisen kannalta. Lämmönvaihtelun seurauksena sekavoitelu voi muuttua rajavoiteluksi, jolla taas voi olla suuri vaikutus kappaleiden kulumiseen ja laitteen tehoihin. Raja- ja sekavoitelussa esiintyy metallikosketuksia, joka aiheuttaa pintakerroksien hitsautumista, joka lisää kitkaa, lämpöä, kulumista ja pinnan väsymistä. (Antila ym. 2013, 20.)



Kuva 5 Stribecking käyrällä kuvattu voitelukalvon muodostuminen (Lubrication of roller bearings 2013, 7.)

Kun voiteluaineen muodostama voitelukalvo erottaa pinnat täysin toisistaan voidaan puhua puhtaasta nestevoitelusta. Tällaisessa tilanteessa voiteluaineen pinnanominaispaksuus eli λ on suurempi kuin 4, jolloin kulumista ja ennen aikaista väsymistä ei juurikaan tapahdu ja kitka on alhaista. Nestevoitelua on useaa eri tyyppiä, on hydrodynaamista, elastohydrodynaamista ja hydrostaattista voitelua. Hydrodynaamisen voitelun tapauksessa kitkakertoimen ja voitelumekanismien välistä suhdetta voidaan kuvata Stribeckin käyrän avulla (Kuva 5). Käyrässä esitetään, miten kitka siirtyy kappaleista voiteluaineen sisäiseksi kitkaksi nestevoitelun avulla. (Antila ym. 2013, 20.)

6 Toteutusprosessi

Opinnäytetyön tärkeimpänä tavoitteena oli selvittää mitä voiteluaineita OL1 ja OL2 laitoksilla on käytössä ja kuinka hyvin kunnossapitojärjestelmässä olevat tiedot vastaavat todellista tilannetta. Vertailua tuli suorittaa kunnossapitojärjestelmän öljynimikkeiden kohdistuksien sekä laitepaikkojen varaosalistojen osalta. Kunnossapitojärjestelmästä löytyneestä alkuperäisestä voiteluaineluettelosta kävi ilmi, että OL1 ja OL2 laitoksilla oli aktiivisia (käytössä olevia) nimikkeitä yhteensä 58 kappaletta, joista halutun voiteluainetoimittajan tuotteita oli 33 kappaletta ja muiden toimittajien tuotteita oli 25 kappaletta.

Voiteluaineiden kohdistusten osalta tuli ottaa selvää pitävätkö kohdistukset paikkaansa ja ovatko ne ajan tasalla. Tämän lisäksi voiteluaineiden käyttöhistoriaa tuli käydä läpi, jotta huomattaisiin ilman käyttöä olevat voiteluaineet, jotka olivat merkittynä aktiivisiksi kunnossapitojärjestelmään. Voiteluaineet tuli myös jakaa halutun voiteluainetoimittajan tuotteisiin ja muiden toimittamiin öljyihin, jotta voitaisiin ottaa selvää, onko muiden valmistajien tuotteita mahdollista korvata halutun voiteluainetoimittajan maahantuomilla tuotteilla voiteluainehankintojen yksinkertaistamiseksi.

Laitepaikkojen varaosalistojen osalta opinnäytetyön tarkoituksena oli tarkastella ovatko laitepaikoille merkityissä varaosalistoissa puutteita ja ovatko listat ajan tasalla. Puutteet ja päivitykset oli määrä kirjata Excelliin omaksi listaksi, jonka jälkeen lista oli määrä toimittaa henkilölle, joka tekee tarvittavat muutokset kunnossapitojärjestelmään. Tähän kyseiseen listaan oli myös tarkoitus merkitä voiteluaineiden vaatimat päivitykset ja korjaukset kohdistuksien osalta.

OL1 ja OL2 laitoksilla oli myös käytössä epävirallinen lista, josta asentajat ja käytönhenkilöt pystyivät tarvittaessa katsomaan mitä öljyä mikäkin laitepaikka käyttää. Tästä listasta ei kuitenkaan löytynyt läheskään kaikkia laitepaikkoja missä öljyä käytetään ja oli myös vahva epäily, että listan tiedot olivat ainakin osittain vanhentuneet ja vaativat näin ollen myös päivitystä. Kunnossapitoasentajien toive olikin, että heille tehtäisiin uusi kattavampi ja

ajalleen päivitetty lista mistä pystyisi tarvittaessa varmistamaan laitepaikalla käytetyn öljyn.

Opinnäytetyön tavoitteeksi näin ollen muodostui voiteluhuollon kehittäminen harmonisoinnin osalta, myös kunnossapitojärjestelmän puutteiden ja vanhentuneiden päivittäminen nykyhetken tilannetta vastaavalle tasolle. Ja tämän lisäksi asentajien voiteluöljylistan laatiminen niin että se kattaisi mahdollisimman suuren osan OL1 ja OL2 laitosten öljyä vaativien laitteiden kannasta ja päivitettyt tiedot niiden käyttämisestä öljyalaista.

Opinnäytetyön toteutus aloitettiin käymällä läpi opinnäytetyöohjaajan ja tiimiesihenkilön kanssa toteutus suunnitelma mitä halutaan tehdä ja miten haluttuun lopputulokseen mahdollisesti päästäisiin. Palaverissa päätettiin, että laaditaan lista OL1 ja OL2 laitoksilla käytössä olevista voiteluaineista ja niiden käyttökohteista ja tämän listan pohjalta tehdään päätöksiä, lähdetäänkö jotain öljyjä korvaamaan ja tämän lisäksi tarkistetaan listan tietojen ajantasaisuus ja todenmukaisuus.

Lopullisessa listassa tulisi olla voiteluaineen nimi, nimiketunnus, laitospaikat missä kyseistä voiteluainetta käytetään, mitä kyseinen voiteluaine on, onko se esimerkiksi mineraalipohjainen vai synteettinen tai moottoriöljy vai vaihteistoöljy. Tämän lisäksi listaan lisättiin öljyn niin sanottu TLTA-luokka, joka tarkoittaa aineen turvallisuus luokkaa. TLTA-luokka määrittää missä kyseistä tarveainetta saadaan käyttää ja onko siinä jotain rajoituksia tai muita ohjeita. TLTA-luokkia on yhteensä kuusi ja kaikki tässä opinnäytetyössä käsiteltävät voiteluaineet kuuluivat TLTA-luokkaan 4. Listaan tuli myös sarake mistä ilmeni, jos kyseisen öljyn laitepaikoissa oli jotain erikoista esimerkiksi, jos laitepaikka sijaitsi vain toisella laitoksella tai että kyseistä öljyä oli käytössä myös OL3:lla. Viimeisenä tietona listaan haluttiin lisätä myös voiteluaineen astiakoko eli kuinka suurissa astioissa kyseistä öljyä on varastossa. TLTA-luokat on kirjattu liitteeseen 3.

Päivitetyn öljylistan pohjalta oli myös tarkoitus laatia lista, josta kunnossapitoasentajat ja käyttöhenkilöt pystyisivät katsomaan mitä öljyä mihinkin toimilaitteeseen kuuluu. Tämänkaltainen epävirallinen lista oli jo ennestään

olemassa, mutta se ei kattanut läheskään kaikkia toimilaitteita ja tämän lisäksi listaa ei ollut päivitetty pitkään aikaan, joten voitiin olettaa, että kyseisen listan tiedot eivät olleet enää ajan tasalla. Tähän listaan oli tarkoitus rakentaa siten, että listasta näkisi suoraan laitepaikkatunnuksen avulla mitä voiteluainetta kyseisen laitepaikan komponentti käyttää. Tämän lisäksi listaan haluttiin TLTA-luokka sekä mikä on käytetyn voiteluaineen nimiketunnus.

6.1 Voiteluainelistan laatiminen

Opinnäytetyöprosessin ensimmäisessä vaiheessa TVO:n kunnossapitojärjestelmästä ladattiin Exceliin tiedosto mikä sisälsi kaikki OL1 ja OL2 laitoksilla aktiivisena olevat voiteluaineet. Lista oli valmiiksi eritelty valmistaja halutun voiteluainevalmistajan tuotteet ja muiden valmistajien tuotteet erikseen. Tähän listaan kuului yhteensä 58 erillistä nimikettä joista 33 oli halutun voiteluainevalmistajan tuotteita ja loput 25 olivat muiden valmistajien tuotteita. Tätä listaa hyödyntäen voiteluaine kantaa alettiin käymään läpi. Tarkoituksena oli etsiä kaikki laitteet OL1 ja OL2 alueelta, jotka käyttivät kyseistä voiteluainetta. Voiteluaineen käyttökohteita alettiin kartoittamaan kunnossapitojärjestelmän avulla, josta nimiketunnusta käyttäen oli mahdollista löytää mihin kyseinen nimike oli kohdistettu. Tämä tapa toimi kuitenkin vain harvoissa tapauksissa sillä suurimman osan voiteluaineiden kohdistuksista ei ollut ajan tasalla vaan voiteluaineen käyttökohteet piti etsiä käyttämällä voiteluaineen edeltäjän laitepaikka kohdistuksia. Tämän lisäksi osalle nimikkeistä ei löytynyt ollenkaan kohdistuksia edes edeltävistä nimikkeistä. Tällaisissa tilanteissa piti turvautua IFS-tilaus järjestelmään mikä avulla varastosta voidaan tilata voiteluaineita työkohteelle. Tätä kautta onnistuttiin löytämään muutamia käyttökohteita voiteluaineille. Löydetyt käyttökohteet kirjattiin Excel taulukkoon, jonne saatiin laadittua listaa voiteluaineiden käyttökohteista. Jos voiteluaineelle ei löytynyt mitään tietoa käyttökohteista kunnossapitojärjestelmästä tai IFS-sovelluksesta voitiin olettaa, ettei kyseinen öljy ole enää käytössä ja tällöin kyseinen nimike voitiin passivoida asettaa hankintakieltoon ja poistaa aktiivisten nimikkeiden listalta.

Suurin osa muiden kuin halutun öljyvalmistajan valmistamista öljyistä oli erikoisöljyjä, joilla ei ollut montaa erillistä käyttökohdetta vaan niitä käytettiin esimerkiksi yhdessä tietyn tyypin pumpussa, koska laitevalmistaja näin vaati. Tästä syystä, kun kaikki käyttökohteet oli saatu listattua Exceliin, alettiin käymään läpi laitepaikkoja ovatko ne edelleen käytössä vai onko esimerkiksi laite korvattu jo uudella mutta sitä ei ole passivoitu. Näin onnistuttiin karsimaan muutamia voiteluaineita sillä niiden käyttökohteita ei enää ollut käytössä. Tämän lisäksi kaikki voiteluaineet käytiin läpi, sillä osan valmistus oli jo kokonaan lopetettu ja tilalle oli tullut korvaava tuote. Tämän kartoituksen avulla onnistuttiin karsimaan muutamia voiteluaineita. Listalta karsittiin myös yleisessä käytössä olevat voitelu puhdistus ja muut aineet millä ei ole suoranaisia kohdistuksia mihinkään tiettyyn käyttökohteeseen, vaan niitä käytetään yleisesti laitoksilla.

Kun oli saatu karsittua listalta kaikki voiteluaineet mitä ei ollut enää käytössä tai valmistus oli lopetettu, otettiin yhteyttä TVO:n suurimman voiteluainetoimittajan edustajiin ja sovittiin tapaaminen missä käytiin läpi mitä opinnäytetyö koskee ja tämän lisäksi Excel listan avulla pyrittiin löytämään halutun voiteluainevalmistajan korvaavia tuotteita muiden valmistajien voiteluaineille mitä oli käytössä OL1 ja OL2 laitoksilla. Tapaamisen tuloksena onnistuttiin korvaamaan kaksi muiden valmistajien valmistamaa voiteluainetta halutun voiteluainevalmistajan vastaavilla tuotteilla. Lopullinen voiteluaine lista on liitetty opinnäytetyöhön. (Liite 1.)

6.2 Asentajien lista

Kunnossapitoasentajille ja käytön henkilöille tarkoitetun listan tekeminen aloitettiin luomalla Exceliin vastaavanlainen pohja mikä oli ollut käytössä edellisessä listassa. Tähän listaan alettiin kirjaamaan laitepaikka kohtaisesti mitä öljyä kyseinen laitepaikka käyttää, tämän lisäksi kyseisen voiteluaineen nimiketunnus ja TLTA-luokka kirjattiin myös mukaan listaan. Lopuksi lista käytiin läpi sen varalta, ettei mihinkään laitepaikkaan ollut kohdistettu kahta eri öljyä. Asentajille luotu lista on liitetty opinnäytetyöhön. (Liite 2.)

7.3 Kunnossapitojärjestelmän tietojen päivitys

Lopuksi kun voiteluaineista tehty Excel lista oli saatu päivitettyä ajan tasalle. Oli aika päivittää uudet tiedot kunnossapitojärjestelmään. Tätä varten käytiin läpi jokaisen voiteluainemerkkeen kohdistukset ja laitepaikkojen varaosalistat kunnossapitojärjestelmästä ja kaikki puutteet ja päivittämisen tarpeet kirjattiin erilliseen Excel taulukkoon, joka luovutettiin kunnossapitojärjestelmän muutoksista ja päivityksistä vastaavalle henkilölle. Ja tämän listan pohjalta kyseinen henkilö teki kunnossapitojärjestelmään tarvittavat muutokset, jotta se saatiin voiteluaineiden osalta takaisin ajan tasalle.

7 Tulokset

Opinnäytetyön lopputuloksena OL1 ja OL2 laitoksien kunnossapitojärjestelmä saatiin voiteluaineiden osalta vastaamaan nykyhetkeä. Kunnossapitojärjestelmän laitepaikkojen varaosalistat päivitettiin niin, että listalla lukee voiteluaine mitä laite todellisuudessa käyttää. Voiteluaineiden nimikkeestä löytyy nykypäivään päivitetyt kohdistustiedot. Opinnäytetyön aloittamishetkellä voiteluaine listaan kuului yhteensä 60 erillistä voiteluaine nimikettä, joista tarkasteluun päätyneitä voiteluaineita oli 41, loput 19 olivat puhdistusaineita, voitelurasvoja ja muita yleiskäytössä olevia aerosoli valmisteita, joita ei otettu mukaan opinnäytetyökartoitukseen. Näistä 41 jäljellejääneestä voiteluöljystä onnistuttiin kokonaan poistamaan tarpeettomina 10 voiteluainetta sekä tämän lisäksi 3 muiden valmistajien voiteluainetta onnistuttiin korvaamaan halutun voiteluainevalmistajan vastaavalla tuotteella, joista yhtä käytettiin jo laitoksilla, joten uusia öljynimikkeitä jouduttiin tekemään vain yksi. Myös 2 halutun voiteluainevalmistajan tuotetta onnistuttiin päivittämään vastaamaan nykypäivän tilannetta, sillä kyseinen valmistaja oli vaihtanut kyseisten tuotteiden nimet, ja kunnossapitojärjestelmässä kyseiset öljyt löytyivät vielä vanhalla nimellä. Opinnäytetyön tuloksena Voiteluöljyjen määrä laitoksella laski 41:sta 31:aan ja voiteluainetoimittajien määrää onnistuttiin pienentämään ja öljyjen hankintaa keskittämään paremmin haluttuun suuntaan. Alkutilanteessa kaikista voiteluöljyistä noin 30 % oli muiden kuin halutun voiteluainetoimittajan tuotteita ja opinnäytetyön lopulla vastaava luku oli enää noin 13 %. Lopullinen öljylistä on esitetty liitteessä 1. ja asentajille tehty lista löytyy liitteessä 2.

Opinnäytetyön loppuvaiheessa syntyi vielä ajatus olisiko tarpeellista määrittää voiteluaineille varastointiajat, jotta välttyttäisiin siltä, että jonkin öljytynnyri lojuu varastossa vuosikymmeniä, jolloin sen ominaisuudet saattavat heikentyä merkittävästi. Asia otettiin esille TVO:n pääkemistin kanssa ja öljylistä (Liite 1.) hyödyntäen voiteluaineiden varastointiajan määrittely aloitettiin. Todennäköisesti voiteluaineiden varastointiaika vakinaistetaan voiteluaineen mukaan viiden ja kymmenen vuoden välille.

8 Yhteenveto ja pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli päivittää OL1 ja OL2 laitosten kunnossapitojärjestelmä ajan tasalle voiteluaineiden osalta, mahdollisuuksien mukaan vähentää voiteluaineiden määrää laitoksilla. Näiden toimenpiteiden lisäksi TVO:n intressinä oli keskittää öljyjen hankintaa tietyille voiteluaineiden toimittajalle.

Opinnäytetyön tekemisen aikana ilmeni, myös tarve luoda kunnossapitoasentajille lista, josta olisi helposti luettavissa mitä öljyä käytetään missäkin laitteessa. Vastaavanlainen lista oli jo olemassa, mutta kyseisen listan viimeisestä päivityksestä oli vierähtänyt jo hyvin pitkä aika ja tämän takia listaa ei voitu pitää enää luotettavana, listasta myös puuttui iso osa laitepaikoista.

Opinnäytetyön loppupuolella huomattiin myös tarve luoda varastossa oleville voiteluaineille varastointiaika, jotta välttyttäisiin voiteluaineiden liian pitkiltä varastointiajoilta. Tässä asiassa käännyttiin TVO:n pääkemistin puoleen ja hänen ammattitaitoaan hyödyntäen lähdettiin hakemaan ratkaisua tähän asiaan.

Opinnäytetyöhön liittyviin tavoitteisiin onnistuttiin vastaamaan ja kyseiset tavoitteet pystyttiin saavuttamaan suunnitellusti. Työn pohjalta OL1 ja OL2 laitosten kunnossapitoyksikkö onnistui keskittämään voiteluainehankintojaan, vähentämään erilaisten voiteluaineiden määrää laitoksilla, päivittämään kunnossapitojärjestelmän vastaamaan voiteluaineiden osalta nykyistä tilannetta ja tuomaan selvyyttä voiteluaineiden varastointiaikoihin.

Seuraavia kehityskohteita OL1 ja OL2 laitoksilla voisi voiteluhuollon osalta olla samojen toimenpiteiden suorittaminen voitelurasvoille, kuin mitä tässä työssä tehtiin voiteluöljyille. Toinen kehityskohde voisi olla tutkimus missä käytäisiin läpi voiteluaineiden käyttöikää laitteissa, sillä osassa laitoksien laitteissa saattaisi olla mahdollista pidentää voiteluaineiden vaihtoväliä, joka taas voisi tuoda rahallisia säästöjä.

Lähteet

Antila, K., Kajander, K., Korpi, A., Lehtovaara, A., Luukkainen, T., Malinen, R., Malkamäki, H., Miettinen, J., Mikkola, K., Pietiläinen, L., Pulkkinen, P., Rinkinen, J., Ronkainen, H., Rätty, K., Strengell, K., Suontama, K., Säynätjoki, M., Vihersalo, J., Virtanen, I., Vuolle, P., Torvinen, J. 2013. Teollisuusvoitelu. Käsikirja. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-Media Oy

Järviö, J. & Lehtiö, T. 2017. Kunnossapito: Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. 6. uudistettu painos. Helsinki. Promaint ry.

Lubrication of roller bearings. 2013. Schaeffler technologies. Verkkodokumentti. <https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/_shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/tpi/downloads_8/tpi_176_de_en.pdf > Luettu 23.1.2024.

TVO laitosyksiköt. 2024. TVO verkkodokumentti.

<<https://www.tv.fi/tuotanto/laitosyksikot/ol1jaol2.html>> Luettu 15.1.2024