



# Voiteluhuolto-ohjelman laatiminen pa- perikonelinjalle

Joonas Oksjärvi

Opinnäytetyö, AMK

Lokakuu 2022

Tekniikan ala

Konetekniikan tutkinto-ohjelma

**Joona Oksjärvi**

## **Voiteluhuolto-ohjelman laatimien paperikonelinjalle**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Lokakuu 2022, 34 sivua.

Tekniikan ala. Konetekniikan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

### **Tiivistelmä**

Yksi tärkeä teollisuuden laitteiden toimintavarmuutta ylläpitävä kunnossapidon toiminto on voitelu. Toimintavarmuus on voitelun osalta kiinni todella ohkaisesta voitelukalvosta. Jos tämä voitelukalvo petteää tapahtuu kulumista, josta seuraa laitteen vaurioituminen. Kriittisen laitteen kohdalla vaurioituminen voi tarkoittaa pahimmillaan tuotannon menetystä.

Opinnäytetyössä selvitettiin, minkälaisen voitelustrategian avulla voidaan olemassa olevien laitteiden toimintavarmuutta pitää yllä sekä miten jatkossa uusille laitteille luodaan voiteluhuollon määräaikaistyöt ja ohjeet. Olemassa olevat voiteluhuollon määräaikaistyöt päivitettiin ja puuttuvat ohjeet laadittiin uuden, tässä työssä määritellyn, mallin mukaisiksi. Lisäksi harmonisoitiin käytettävät voiteluaineet ja selvittämällä käytössä olevat voiteluaineet ja poistamalla ne, jotka voidaan korvata toisella jo käytössä olevalla voiteluaineella.

Opinnäytetyössä käytettiin laadullisen tutkimuksen ja kehittävän tutkimustyön menetelmiä. Näitä tutkimusmenetelmiä käytettiin tiedon analysoimisessa, jota saatiin voitelijoiden kokemuksista, sekä voiteluaine ja laitetoimittajien dokumenteista. Lisäksi voiteluhuoltoon saatiin vinkkejä benchmarkaamalla yhtiön muiden tehtaiden voitelutoimintaa.

Opinnäytetyöllä saatiin UPM Jämsänkosken paperikonelinjalle päivitetty ja ajantasaiset määräaikaistyöt ja ohjeet sekä voiteluhuolto sai strategian, millä luodaan uusille laitteille voiteluhuolto-ohjeet ja määräaikaistyöt, sekä ylläpidetään nykyisiä. Voiteluhuollon strategialla saadaan toiminnasta yhtenäistä, jolloin voitelu tehtävien suorittaminen on selkeää.

### **Avainsanat (asiasanat)**

Ennakoivakunnossapito, Voiteluhuolto, Voitelu

### **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

**Joona Oksjärvi**

### **Creating a lubrication maintenance program for the paper machine line**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, October 2022, 34 pages.

Engineering and technology. Degree Programme in Mechanical Engineering. Bachelor's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

One important maintenance function that maintains the operational reliability of Industrial equipment is lubrication. Operational reliability depends on a very thin lubrication film in terms of lubrication. If this lubrication film is lost, the device will wear, resulting in damage to the device. Damage to critical equipment can mean a loss of production at worst.

In the thesis, it was found out which lubrication strategy can be used to maintain the operational reliability of the equipment and how to create periodic maintenance work and instructions for new equipment in the future. The periodic tasks of the current lubrication maintenance were updated, and the missing instructions were created according to the new model defined in this work. In addition, the used lubricants were harmonized and clarified with the lubricants in use and those that can be replaced by another lubricant already in use were removed.

The thesis used the methods of qualitative research and development research. These research methods were used in the analysis of data obtained from the experiences of lubrication installers and from the documents of lubricants and equipment suppliers. In addition, tips for benchmarking lubrication were obtained by comparing the lubrication functions of the company's other factories.

As a result of the thesis, UPM Jämsänkoski paper machine line received updated and up to periodic tasks and instructions and a lubrication maintenance strategy for creating new equipment lubrication maintenance instructions and periodic tasks, as well as maintaining the current ones. With a lubrication maintenance strategy, the operation is consistent, which makes the performance of lubrication tasks clear.

### **Keywords/tags (subjects)**

Proactive maintenance, Lubrication maintenance, Lubrication

### **Miscellaneous (Confidential information)**

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Taustat ja tavoitteet</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Tutkimusasetelma</b> .....	<b>3</b>
2.1	Menetelmät.....	3
2.2	Aineiston kerääminen ja analysointi .....	4
2.3	Eettisyys ja luotettavuus .....	4
<b>3</b>	<b>UPM</b> .....	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Kunnossapito</b> .....	<b>5</b>
4.1	Kunnossapidon määritelmä .....	5
4.2	Kunnossapitolajit.....	6
4.3	Huolto-ohjelma .....	7
<b>5</b>	<b>Voitelu</b> .....	<b>8</b>
5.1	Voitelun tehtävä.....	8
5.2	Voiteluaineet .....	8
5.3	Rasvavoitelu .....	9
5.4	Öljyvoitelu .....	10
5.5	Voiteluaineiden epäpuhtaudet .....	11
<b>6</b>	<b>Öljyn voitelukyvyyn ylläpitäminen</b> .....	<b>12</b>
6.1	Kiinteiden epäpuhtauksien poisto öljystä .....	12
6.2	Öljyn suodatus.....	13
6.3	Nestemäisten epäpuhtauksien poisto öljystä .....	14
6.4	Voiteluaineiden käsittely ja varastointi.....	15
<b>7</b>	<b>Voiteluöljyn ja rasvan valinta</b> .....	<b>16</b>
7.1	Olosuhteiden määrittäminen .....	16
7.2	Jälkivoitelu.....	17
7.3	Voiteluöljyn vaihtoajan määrittäminen .....	18
<b>8</b>	<b>Voitelulaitteet ja järjestelmät</b> .....	<b>18</b>
8.1	Automaattiset voitelujärjestelmät ja laitteet .....	18
8.2	Voitelun työkalut.....	19
<b>9</b>	<b>Selvitykset ja analyysit</b> .....	<b>22</b>
9.1	Voiteluhuollon Benchmarkkaus .....	22
9.2	Nykyisten ja puuttuvien voiteluhuolto töiden ja reittien selvitys.....	22
9.3	Käytössä olevien voiteluaineiden selvitys .....	23

<b>10 Voiteluhuolto-ohjelman strategia .....</b>	<b>23</b>
10.1 Voiteluhuolto ohjeiden luonti ja ylläpito .....	23
10.2 Voitelureitit .....	24
10.3 Rasvavoitelu .....	25
10.4 Öljyvoitelu .....	27
<b>11 Pohdinta.....</b>	<b>29</b>
<b>Lähteet .....</b>	<b>31</b>
<b>Liitteet .....</b>	<b>33</b>
Liite 1. Kumeran vaihteiden voiteluainesuositukset.....	33
Liite 2. Sew vaihdemoottoreiden voiteluaine suositukset.....	34

## **Kuviot**

Kuvio 1. Kunnossapitolajit.....	7
Kuvio 2. Öljynkunto värinperusteella.....	12
Kuvio 3. Kaksikanavainen keskusrasvavoitelujärjestelmä SKF:n Muuramen tehtaalla .....	19
Kuvio 4. Akkukäyttöinen rasvapuristin .....	20
Kuvio 5. Öljyypumppaus ja suodatuskärky .....	21
Kuvio 6. Öljybaari UPM Kaukaan sellutehtaalla.....	21

## **Taulukot**

Taulukko 1. Määräaikaistyöt.....	23
Taulukko 2. Voitelureitti.....	25
Taulukko 3. PK3 voitelurasvat .....	27
Taulukko 4. PK3 Voiteluöljyt .....	28

# 1 Taustat ja tavoitteet

Hyvä voitelu estää laitteiden liikkuvia osia kulumasta, joka takaa laitteiden toiminnan. Teollisuuslaitoksissa tuotanto saadaan pidettyä käynnissä riittävällä toimintavarmuudella, johon kunnossapidolla ja varsinkin voiteluhuollolla on suuri merkitys. Toimintavarmuus on voitelun osalta kiinni todella ohkaisesta voitelukalvosta. Sen kunnosta ja riittävästä määrästä huolehditaan ajantasaisilla voiteluhuolto-ohjeilla ja kohteeseen soveltuvilla voiteluaineilla, sekä määräaikaisten voiteluhuolto töillä. (Antila 2006, 114–116.) UPM Specialty Papers Jämsänkosken tehtaalla, minne opinnäytetyö tehtiin, on jokaisella konelinjalla omat nimetyt voitelijat, jotka huolehtivat paperikonelinjan laitteiden voitelusta.

Paperikonelinjan voiteluhuollolle aikanaan tehdyt määräaikaistyöt ja niiden ohjeet olivat vanhentuneita tai puuttuivat kokonaan. Tilanteeseen oli ajautettu, koska konelinjaa oli kehitetty vuosien varrella ja sieltä oli poistunut, sekä tullut uusia laitteita tilalle. Uusien ja käytöstä poistettujen laitteiden ja niiden voiteluhuoltoon liittyvien määräaikaistöiden ja ohjeiden laatiminen ja päivittäminen oli ollut vaihtelevaa. Tähän oli vaikuttanut se, ettei voiteluhuollolla ollut strategiaa, minkä pohjalta voitelua vaativien laitteiden määräaikaistöitä ja ohjeita laadittiin ja pidettiin yllä. Opinnäytetyössä lähdettiin selvittämään vastausta tutkimuskysymykseen, minkälaisen strategian avulla pystytään olemassa olevien laitteiden toimintavarmuutta pitämään yllä voiteluiden osalta, sekä miten jatkossa uusille laitteille luodaan voiteluhuollon määräaikaistyöt ja ohjeet.

## 2 Tutkimusasetelma

### 2.1 Menetelmät

Tutkimuskysymykseen lähdettiin etsimään vastausta laadullisen tutkimuksen menetelmiä hyödyntäen eli tutkimuksellisella kehittämistoiminnalla, jossa tutkittiin voitelukohteiden voiteluaineen, sekä lisäys- ja vaihtoajan määrittämistä monista eri lähteistä. Tämän pohjalta saatiin kehittämistoimintana luotua voiteluhuollolle strategia, joka kokoaa tutkitut ja selville saadut tulokset yhteen. Tutkimuksellisella kehittämistoimintaa hyödynnetään käytännön toimintaympäristöissä missä toiminnan kehittäminen on päätoiminto ja sen tukena käytetään tutkimusmenetelmiä, mitkä rajautuvat kehittämistoiminnan pohjalta (Toikko, Rantanen 2009, 21.) Tutkimuksellisessa kehittämistoiminnassa hyödynnetään voitelijoita ja voiteluaine- ja laitetoimittajien dokumentteja, sekä alalle

tehtyjä standardeja. Yhtiön muiden tehtaiden voiteluhuoltoon ja niiden strategioihin käytiin tutustumassa paikan päällä benchmarkkausmenetelmää hyödyntäen. Benchmarkkaamisella saadaan oppia havainnoimalla toisen tapaa tehdä asioita ja vertaamalla sitä omaan toimintaan, jolloin löydetään kehittämiskohteita ja ratkaisuja oman toiminnan ongelmakohtiin (Hotanen, Pietiläinen, Laine, Laine 2001, 7–8). Benchmarkkauksella pyritään saamaan vastauksia siihen, mitä kannattaa ottaa huomioon voiteluhuoltostrategian suunnittelussa ja ideoita huolto-ohjeiden suunnitteluun ja laatimiseen.

## **2.2 Aineiston kerääminen ja analysointi**

Aineiston keruussa käytetään laadullisen tutkimuksen aineistonkeruumenetelmiä, joita ovat haastattelut ja olemassa olevat dokumentit ja analyysit. Aineisto koostui voiteluhuoltoon tarvitsevista laitteista ja sillä hetkellä käytössä olevista voiteluaineista ja voiteluhuoltosuunnitelmista. Aineisto oli luotu RCM-analyysin ja kriittisyysluokittelun pohjalta saatujen tietojen avulla. Myös voitelijoiden kanssa käytävillä keskusteluilla saatiin käsitys voitelun nykytilasta ja heidän näkemistään ongelmakohtista ja puutteista. Laadullisen tutkimuksen analyysimenetelmin luokitellaan kohteet erityyppisten voitelutapojen mukaan. Saatu aineisto muokataan Exceliin helposti analysoitavaan ja selkeästi muokattavaan muotoon. Voitelun määräaikaistöiden luontiin ja suunnitteluun käytettiin avuksi aiempia huoltosuunnitelmia ja voitelijoiden kokemuksia, sekä laitevalmistajien antamia suosituksia.

## **2.3 Eettisyys ja luotettavuus**

Opinnäytetyöhön liittyvä eettisyys ja luotettavuus on otettu huomioon käyttämällä lähteitä, jotka ovat alkuperäisiä, nykyaikaisia ja viimeisimpien tutkimustuloksien pohjalta kirjoitettuja. Tietoperusta kirjoitettiin alan kirjallisuutta ja standardeja hyödyntäen ja lähdeviittauksia noudattaen. Toimeksiantajalta saama aineisto käsitellään sillä tasolla, ettei siitä tarvitse tehdä toimeksiantajan kanssa salassapitosopimusta.

## **3 UPM**

UPM kymmenen Oyj on suomalainen metsäteollisuusyhtiö, joka perustettiin vuonna 1996, mutta sen juuret yltävät 1870 luvulle asti. UPM:llä on tällä hetkellä kuusi eri liiketoiminta-aluetta, joita

ovat: UPM Fibres (sellu), UPM Energy (sähköntuotanto), UPM Communication papers (aikakauslehti- ja sanomalehtipaperit), UPM Specialty papers (hieno- ja erikoispaperit), UPM Raflatac (tarramateriaalit) sekä UPM Plywood (vanerit). UPM:n liikevaihto oli vuonna 2021 9,8 miljardia euroa ja maailmanlaajuisesti työllistää 17000 ihmistä tuotantolaitoksissa kahdessatoista eri maassa. Liiketoiminnoista UPM Fibres tuottaa parhaiten, sen osuus kokonaisliikevoitosta on yli puolet ja se on liikevaihdoltaan toiseksi suurin heti Communication papersin jälkeen. Raflatac ja Specialty papers ovat kolmanneksi ja neljänneksi isoimmat liikevaihdon perusteella, mutta Raflatacin osuus liikevoitosta on tuplasti enemmän kuin Specialty papersillä. (UPM vuosikertomus 2021, 2022; Upm tietoa meistä, 2022.)

### **UPM Specialty papers**

UPM Specialty papers tuottaa hieno- ja erikoispapereita suomessa, saksassa ja kiinassa. Liikevaihto vuonna 2021 oli 1482 miljoonaa euroa ja se työllisti 1900 henkilöä. Vuositasolla se pystyi tuottamaan yhteensä 2 miljoonaa tonnia hieno- ja erikoispapereita. Tuotantolaitoksia suomessa on Jämsänkoskella ja Tervasaassa, muut tuotantolaitokset ovat Saksassa Nordlandissa, sekä Kiinassa Changshussa. (UPM Specialty papers about us, 2022.)

### **Jämsänkosken paperitehdas**

Jämsänkosken tehtaalla on kolme paperikonelinjaa, joista kaksi on Specialty papersin ja yksi Communication papersin. Communication papersin paperikone tuottaa päällystämätöntä aikakauslehtipaperia ja sanomalehti paperia ja Specialty papersin kaksi paperikonetta tuottaa tarr- ja pakkauspaperia. Tehdas työllistää 380 henkilöä ja tuottaa yhteensä 630 000 tonnia paperia vuodessa. (UPM Jämsänkosken tehdas, 2022.)

## **4 Kunnossapito**

### **4.1 Kunnossapidon määritelmä**

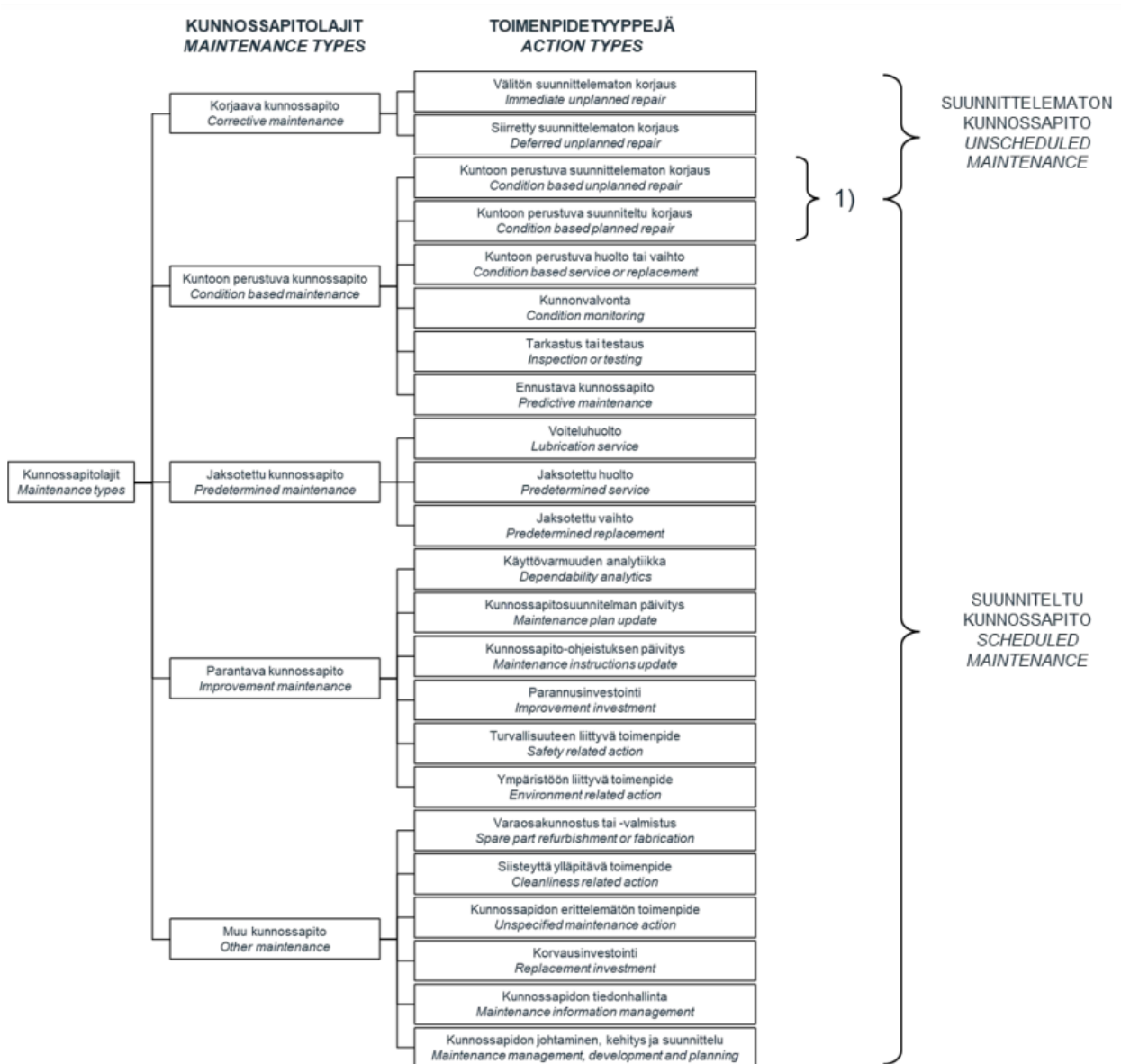
Kunnossapidon määritelmä ja sen tulkinta on muuttunut vuosien varrella kehittyvässä yhteiskunnassa. PSK 6201:2022, 3 määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”Kunnossapito on kaikkien niiden



teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana”. Vanhakantainen ajattelutapa on ollut, että kohteen rikkoutuessa se korjattiin, eikä sitä tutkittu sen enempää, mistä rikkoontuminen johtui ja miten se olisi voitu välttää. Kunnossapitoon ja sen kehitykseen on vaikuttanut kilpailun ja kysynnän nousu. Kunnossapitoa on alettua miettiä siltä kannalta, että päästäisiin lähelle sitä tuotanto määrää, mitä kohde teknisesti pystyy toimiessaan tuottamaan. Tällöin kunnossapito ei ole vain kustannus vaan se on yksi kilpailukykyyn vaikuttava tekijä. Jos taas kohteen alkuperäistä suorituskykyä nostetaan, sitä ei voida määritellä kunnossapidolliseksi toimenpiteeksi. (Miettinen, Leinonen, Jantunen, Kokko, Mikkonen 2009, 25–28.)

## **4.2 Kunnossapitolajit**

Kunnossapitoon on määritelty kunnossapitolajit (kts kuvio 1). Suunniteltuun kunnossapitoon pyritään ja häiriökorjaukset ovat niitä, joita pyritään välttämään. On myös tilanteita missä on järkevää käyttää laitetta, kunnes se vaurioituu. Esimerkiksi rinnakkaiset pumput, joista toinen on varapumppu, voidaan ajaa vaurioitumiseen saakka ja huoltaa sitten. (PSK 7501:2010, 30.) Voitelu- huolto on suunniteltua kunnossapitoa, joka estää laitetta vaurioitumasta tai rikkoutumasta, eli ehkäisevää kunnossapitoa ja tarkemmin määriteltynä jaksotettua kunnossapitoa.



Kuvio 1. Kunnossapitolajit ( PSK 6201:2022, 26)

### 4.3 Huolto-ohjelma

Huolto-ohjelmia luodessa täytyy olla suunnitelma eli strategia, miten ne luodaan. Strategiaa luodessa täytyy tietää tavoitteet mitä huolto-ohjelmalta halutaan jotta, tiedetään mitä asioita strategian täytyy sisältää. Huolto-ohjelmat luodaan laitetoimittajien suosituksia muokkaamalla omien kokemusten ja tiedon avulla. (Laine 2010, 124–125.) Huolto-ohjelman määräaikaistyöt vaativat työohjeen, joka kertoo mitä tehdään, miten tehdään, sekä tarvittavat tarvikkeet ja komponentit. Myös tehdyn työn raportoinnista on sovittava. Voitelussa ohjeen täytyy sisältää käytettävä voiteluaine, suodattimen vaihdossa käytössä oleva suodatin. Huolto-ohjelmaa täytyy päivittää tarpeen

mukaan, koska uuden laitteen huolto-ohjelma ei välttämättä toimi kymmenen vuoden päästä. Tähän vaikuttaa laitteen kulumisen käyttötuntien myötä, jolloin määräaikaistyö, joudutaan tekemään useammin. (Laine 2010, 130–132.)

## 5 Voitelu

### 5.1 Voitelun tehtävä

Kaksi toisiaan vasten liikkuvaa pintaa aiheuttavat kitkaa, josta muodostuu lämpöä ja kulumista. Tätä ilmiötä pystytään ehkäisemään tehokkaasti riittävällä voiteluainekalvolla. Teollisuudessa voiteluainekalvo muodostetaan öljyillä ja rasvoilla. Voiteluainekalvo erottaa kosketuspinnat toisistaan pienentämällä kitkaa, jolloin kulumisen hidastuu ja lämpötilat sekä värähtelyt pysyvät alhaisina. Voiteluaine estää epäpuhtauksien ja korroosiomekanismien pääsyn voideltavaan kohteeseen, sekä samalla poistaa epäpuhtaudet ja kulumishiukkaset pois voitelukohteesta. Hyvä voitelu lisää laitteen käyttövarmuutta sekä taloudellisia hyötyjä, pienemmällä energiankulutuksella ja suuremmalla suoritustehokkuudella, sekä pidemmällä käyttöiällä. (Antila 2006, 12.)

### 5.2 Voiteluaineet

Voiteluaineena kahden pinnan välissä voi toimia kiinteä- tai nestemäinen voiteluaine tai jopa kaasu. Voiteluaineen ominaisuuksia voidaan lisätä erilaisilla lisäaineilla, joilla saadaan parannettua voiteluaineen voitelukykyä tai laajennettua voiteluaineen käyttöaluetta haastaviin olosuhteisiin. Nestemäisten voiteluaineiden ominaisuuksista tärkein on viskositeetti. Viskositeettiä mitataan kinemaattisen viskositeetin menetelmällä kapillaariviskosimetrillä. Teollisuus öljyjen ISO VG-luokka eli viskositeettiluokka määritellään juuri tällä edellä mainitulla menetelmällä. Pakuilla nesteillä, joita alhaisen mittauslämpötilan takia ei pystytä kinemaattisella menetelmällä mittaamaan, käytetään dynaamisen viskositeetin menetelmää. Viskositeetti muuttuu lämpötilan muuttuessa. Muutoksen voimakkuutta kuvaa viskositeetti-indeksi, joka osoittaa viskositeetin muuttumisen lämpötilan suhteen. Mitä suurempi viskositeetti-indeksi sitä vähemmän lämpötilalla on vaikutusta viskositeettiin. (Antila 2006, 48–52.)

Voiteluaineiden muita tärkeitä ominaisuuksia, joita pitää ottaa huomioon ovat: leimahduspiste, sameapiste, jähmepiste, tippumispiste ja pumpattavuus. Leimahduspiste kertoo voiteluaineen

lämpötilan, jossa siitä höyrystyy kaasua mikä leimahtaa pienen liekin avulla, mutta ei kumminkaan jatka palamista. Leimahduspiste voi vaihdella muutamalla asteella riippuen siitä, tapahtuuko se avonaisessa vai suljetussa tilassa, mutta kuitenkin niin että suljetussa tilassa leimahdus tapahtuu alemmassa lämpötilassa. Sameapiste taas kertoo lämpötilan, jossa voiteluaineen sameus johtuu kiteytyvistä parafiinisista hiilivedyistä. Jähmepiste taas kertoo alimman lämpötilan, missä voiteluaine ei enää lähde valumaan alle viidessä sekunnissa. Tippumispiste kertoo missä lämpötilassa rasvasta alkaa erkaantua öljyä tippoina, kun sitä kuumennetaan. Voiteluaineen pumpattavuus kertoo mikä on alin lämpötila, missä pumppauslaitteilla saadaan voiteluainetta pumpattua paikasta toiseen. Pumpattavuuden määrittämiseen vaikuttaa paljon se, minkälainen pumppausjärjestelmä on käytössä ja kuinka suuri virtauksen tulee olla. (Antila 2006, 53–54.)

### 5.3 Rasvavoitelu

Rasvavoitelu on toiseksi yleisin voitelutavan ryhmä heti öljyvoitelun jälkeen. Rasvavoitelun yleisimpiä käyttökohteita ovat esimerkiksi keskipakopumput ja sähkömoottorit, joissa on vierintälaakerit. Rasvavoitelua laakereille voidaan suorittaa kertavoitelulla, jolloin laakeriin laitetaan sen elinkaaren aikana vain kerran rasvaa. Toinen vaihtoehto on, että laakeriin lisätään aika ajoin rasvaa nipan kautta, jolloin kohteessa oleva vanha rasva siirtyy laakerin ulkopuolelle uuden tieltä (Anttila 2006, 38). Kunnossapitoyhdistyksen voitelutekninen toimikunta taas kertoo, että tribologisesti katsottuna voidaan huomata, ettei voitelurasvoilla saada öljyvoiteluun nähden parempia ominaisuuksia tai niistä ei ainakaan vielä tiedetä, koska voitelumekanismeja on tutkittu vähemmän verrattuna öljyvoiteluun (Kunnossapitoyhdistys Promaint 2010, 9). Rasvavoitelun heikkouksia verrattuna öljyvoiteluun on, ettei se siirrä lämpöä pois kohteesta kuin säteilemällä tai johtumalla, koska sama rasva voitelee samassa kohteessa pitkiä aikoja. Jatkumona lämpötilan noustessa liian suureksi voitelurasvan lämmönkesto ylitetään, jolloin se pääsee valumaan pois kohteesta. Epäpuhtauksia, vettä tai kosteutta vastaan rasvavoitelu pystyy kuitenkin suojautumaan tiivistysominaisuuksillaan paremmin kuin öljy. Jos joku näistä jostain syystä pääsee sen joukkoon, on sitä vaikea saada sieltä pois, muuta kuin vaihtamalla voitelurasva (Antila 2006, 68).

Voitelurasvassa koostuu kahdesta pääaineesta, perusöljystä ja saentimesta. Perusöljyä on tavallisesti 80–90 %, yleensä se on mineraaliöljyä tai synteettistä öljyä, ja nykyään elintarviketeollisuudessa kasviöljyä. Toinen pääaine, joka liukenee heikosti öljyn sekaan, on hienojakosta saenninta

(Antila 2006, 68). Saentimen tai niin sanotun metallisaippuan tarkoitus on sitoa öljyä voitelukohteeseen. Metallisaippuoissa käytetään alumiinia, kalsiumia, litiumia tai natriumia riippuen mitä ominaisuuksia halutaan voitelurasvalta. (Kivioja, Kivivuori, Salonen 2007, 175). Voitelurasvan ominaisuuksia ja koostumusta pystytään vielä saentimen lisäksi laajentamaan erilaisten lisäaineiden avulla. (Antila 2006, 68–70).

## 5.4 Öljyvoitelu

Öljyvoitelua toteutetaan kolmella eri tapaa. Niistä yksinkertaisin on kylpyvoitelu, jossa öljyn pinta on laakereiden vierintäpintojen yläpuolella. Roiskevoitelu on yleisin vaihdelaatikoissa, jolloin öljyn pinta on alemman hammasrattaan hampaiden tasolla, mistä se pyöriessään roiskii öljyä ympärillä oleviin rattaisiin ja laakereihin. Painevoitelussa taas voiteluöljy ohjataan pumpulla ja putkistolla suoraan voideltaviin kohteisiin, joko roiskivana öljynä tai öljysumuna, jolloin se ohjataan ilmavirran mukana voitelu kohteeseen. Painevoitelun suurin etu verrattuna kylpy- ja roiskevoiteluun on, että öljy pystytään puhdistamaan suodattimella ennen pumppausta voitelukohteeseen, jolloin sen käyttöikä saadaan pidennettyä. (Anttila 2006, 217; Kivioja ym 2007, 239).

Öljyvoitelu on yleisin voiteluainetapa, jossa voiteluaineet ovat pääsääntöisesti nestemäisessä olomuodossa, eli erona voitelurasvaan näissä ei ole saenninta. Perusöljynä tässäkin toimii mineraaliöljy tai synteettinen öljy, sekä nykyään paljon elintarviketeollisuudessa käytetyt kasviöljyt. Perusöljyyn sekoitetaan lisäaineita, joilla saadaan öljyltä vaaditut ominaisuudet täyttymään.

Voiteluöljyn käyttölämpötila on hieman korkeampi, kuin rasvavoitelussa, mutta lämpötila ei pääse nousemaan koska voitelukohteessa oleva öljy vaihtuu jatkuvasti. Parhaiten varsinkin painevoitelussa, jossa öljy pumpataan jäähdyttimen kautta, milloin öljynlämpötila pysyy tavoitteissa parhaiten. (Anttila 2006, 217; Kivioja ym 2007, 239).

## 5.5 Voiteluaineiden epäpuhtaudet

### Kiinteät epäpuhtaudet

Voiteluaineen puhtaudella on suuri merkitys sen käyttöikään ja voiteluominaisuuksiin ja etenkin voideltavan laitteen toimintaan, koska esimerkiksi laakerivaurioista 45 % saa alkunsa öljynepäpuhtauksista. Voiteluaineiden puhtaus lähtee liikkeelle niiden säilytyksestä ja käsittelystä. Kun nämä kaksi asiaa ovat kunnossa, on hyvät edellytykset siihen, ettei voitelujärjestelmiin pääse epäpuhtauksia järjestelmän ulkopuolelta. Pelkkä voiteluaineen varastointi ja käsittely ei ole epäpuhtauksien aiheuttaja vaan myös voitelujärjestelmän eri kohteet voivat päästää epäpuhtauksia järjestelmään, jos niistä ei pidetä huolta. Ilmansuodattimen likaisuus tai huonosti tiivistetyt liitokset öljysäiliöiden kansissa, suodattimissa tai akseleissa voivat aiheuttaa epäpuhtauksien pääsyn järjestelmään. Prosessista peräisin olevat kiinteät epäpuhtaudet, jotka sisältävät piitä, kuten esimerkiksi metsäteollisuudessa käytössä oleva talkki, kaoliini tai vaahdonestoaineet pääsevät edellä mainittujen puutteiden johdosta järjestelmään, aiheuttavat voideltavien pintojen väliin kulumista, koska kasaantuessaan ovat voitelukalvoa paksumpia. (Antila 2006, 114–116.)

### Nestemäiset epäpuhtaudet

Nestemäiset epäpuhtaudet voiteluaineissa ovat myös yleisiä, joista yleisimpiä ovat vesi ja prosessikemikaalit. Ne pääsevät järjestelmään monesti vuotavien tiivisteiden kautta, tai vesi voi myös kondensoitua oikeanlaisissa olosuhteiden vallitessa (Antila 2006, 130). Veden vaikutus öljyn seassa vaikuttaa suuresti öljyvoitelu ominaisuuksiin ja täten lisää kulutusta lisääviä ominaisuuksia voideltavassa kohteessa (Kivioja, Kivivuori & Salonen 2007, 122). Näitä heikentäviä ominaisuuksia ovat öljyn vaahtoaminen, korroosio, kavitaatio ja öljynhapettuminen. Helppoiten veden huomaa öljyn seasta, kun öljyn pinnassa on sameaa vaahtoa. Öljyn seassa oleva vesi aiheuttaa metalliin korroosiota, jonka nopeuteen vaikuttaa onko vesi kondensoitunutta- vai prosessista peräisin olevaa vettä. Esimerkiksi paperiteollisuudessa prosessista peräisin olevan veden PH on alhaisempi koska siinä on klorideja, sulfaatteja sekä siihen on lisätty rikkidioksidia. Tällöin korroosion syntyminen on nopeampaa, koska öljy ei pysty enää suojaamaan voideltavaa pintaa korroosiolta. Korroosio aiheuttaa pinnankarheitaa, jolloin kuluminen lisääntyy. Kun laite pysähtyy, vesi pyrkii laakeripesän pohjalle syrjäyttämällä voitelukalvon ja koneen käynnistyessä uudelleen laakeri pyörii aluksi ilman öljyä, jolloin tapahtuu kulumista. (Antila 2006, 131–132.)

Öljyn kunnon pystyy visuaalisesti huomaaman sen väristä (kts kuvio 2). Varsinkin hapettumisen voi huomata siitä, että öljy on tummunut ja noin 90 % tummuneista öljyistä todetaan tarkemmassa tutkimuksessa käyttökelvottomaksi (Saarinen 2021, 3–4). Kun öljyn lämpötila nousee sen käyttölämpötilan yli, tapahtuu hapettumista ja siihen riittää, että öljyn lämpötila nousee paikallisesti yli käyttölämpötilan. Etenkin esimerkiksi kavitaatiossa, kun höyrykuplien luhistuessa voi paikallisesti lämpötila nousta, jopa 1000°C. (Antila 2006, 133.) Yleisesti hydraulikkajärjestelmissä, mutta joissakin voitelujärjestelmissä esimerkiksi kiertovoitelussa on ongelmana, että suodattimiin muodostuu sähkövaraus, joka purkautuu sähköstaattisesti. Tällöin öljynlämpötila nousee paikallisesti aiheuttaen vanhentumistuotteita öljyyn eli se hapettuu. Lisäksi öljynsuodattimia joudutaan vaihtamaan useammin, sekä se voi joissain tapauksissa aiheuttaa riskin räjähdykseen. (Luomala 2012, 1.) Öljyssä oleva vesi myös nostaa kokonaishappolukua (TAN). Vanhentuessaan öljy hapettuu ja sen seurauksena syntyvät karboksyylihapot, jotka heikentävät öljyn korroosionestokykyä (Antila 2006, 133.)



Kuvio 2. Öljynkunto värinperusteella (Saarinen 2021, 4)

## 6 Öljyn voitelukykyä ylläpitäminen

### 6.1 Kiinteiden epäpuhtauksien poisto öljystä

Öljyvoideltavissa kohteissa sama öljy kiertää, kunnes se vaihdetaan. Mutta taas rasvavoideltuihin kohteisiin rasvaa lisätään määrääjain, jolloin uusi rasva syrjäyttää vanhan ja näin saadaan pidettyä voitelukykyä yllä. Öljyjen epäpuhtauksia vastaan on puolustauduttu, kun on ymmärretty ja huomattu mitä epäpuhtauksia öljyn joukkoon pääsee tai muodostuu ja näin vaihtoehtona ei ole ollut

pelkästään öljynvaihto. Niinpä on alettu kehittämään erilaisia laitteita ja menetelmiä epäpuhtauksien poistamista varten ja näin on saatu pidennettyä huomattavasti öljyjen käyttöikä. Ensimmäisissä öljyvoitelujärjestelmissä oli yksinkertainen ratkaisu mikä perustui painovoimaan. Kiinteät partikkelit painuvat öljyn seassa öljytilanpohjalle missä on ”pohjaproppu”, jossa on magneetti, mihin metallia sisältävät partikkelit kiinnittyvät. Keskipakoisvoiman vaikutuksesta johtuen kiinteät partikkelit ei aina kasaannu järjestelmän pohjalle, jos järjestelmässä on kynnyksiä, joiden taakse partikkelit ehtivät laskeutua. Öljyvoitelujärjestelmiä suunnitellessa pitää ottaa tämä seikka erityisesti huomioon, jos öljyä ei muuten puhdisteta. (Antila 2013, 135–137.)

## 6.2 Öljyn suodatus

Yleisin kiinteiden epäpuhtauksien poisto menetelmä on suodatus, jossa voitelujärjestelmään on kytketty suodatinpatruuna, jonka läpi virtaavasta öljystä jää kiinteät partikkelit suodattimeen. Suodatin valitaan kohteeseen sen öljyn puhtausluokan ja vaatimuksen mukaan, eli kuinka isoja partikkeleita saa öljyn seassa olla. Lisäksi on huomioitava järjestelmän öljynvirtausnopeus ja paine, koska liian tiheä suodatin aiheuttaa järjestelmään liian suuren paine-eron. Lisäksi liian tiheä suodatin voi heikentää öljyn voiteluominaisuuksia, jos suodatin suodattaa sen joukossa olevat lisäaineet. (Antila 2013, 138–148.)

Öljyvoitelujärjestelmään voidaan liittää painesuodatin painelinjaan heti pumpun jälkeen, mikä estää pumpusta irtoavien partikkelien pääsyn voideltaviin kohteisiin, tai paluusuodatin paluulinjaan, mikä estää voideltavista kohteista irtoavien partikkeleiden, sekä järjestelmän ulkopuolelta tulevien epäpuhtauksien pääsyn järjestelmään. Ilman ohitusventtiiliä olevat painesuodattimet ovat kalliimpia, kuin paluusuodattimet, koska niiden täytyy kestää enemmän paine-eroa. Tämän takia painesuodattimen kannattaa estää vain isompien partikkelien pääsy voideltavaan kohteeseen, ja antaa paluusuodattimen tehdä tarkempi öljynsuodatus. Jos öljyä täytyy puhdistaa tarkemmin, voidaan öljysäiliöön liittää sivukiertosuodatin. Sivukierto otetaan yleensä öljytilan tai säiliön pohjalta missä virtaus on pienempi, kuin paine- ja paluupuolella. Näin saadaan ylläpidettyä öljyn puhtautta, kun paine- ja paluupuoli eivät ole käytössä tai pääjärjestelmässä on paljon epäpuhtauksia aiheuttavia voitelukohteita. Tällöin ei paine ja paluu suodattimia ei tarvitse niin usein vaihtaa. Sivukierto suodatin on myös vaihtoehto järjestelmiin mihin ei pystytä paine- ja paluusuodattimia rakentamaan. Esimerkiksi isoissa teollisuus vaihdelaatikoissa juuri näin on tehty. Sivukiertosuodattimina käy-



tään nykyään useasti tehosuodattimia, jotka on tehty selluloosasta normaalien lasikuitusuodattimien sijasta. Tehosuodattimien läpi öljy virtaa hitaasti ja näin öljystä saadaan tarkasti poistettua kiinteät ja hyvin pienetkin partikkelit. (Antila 2013, 138–148.)

Muita öljyjärjestelmän suodattimia ovat ilmansuodattimet, jotka estävät järjestelmän ulkopuolelta ilmasta tulevat epäpuhtaudet huohotuksen yhteydessä. Joihinkin järjestelmiin kriittisiä kohteita ennen voidaan lisätä lisäsuodatin estämään epäpuhtauksista johtuvaa vikaantumista, josta voi seurata suuria ongelmia tai heikentää laitteen turvallista toimintaa ja käyttöä. Myös huuhtelusuodattimia käytetään, kun järjestelmään tehdään kunnossapitotöitä, jolloin sen seurauksena järjestelmään päässeet epäpuhtaudet saadaan ennen laitteen virallista käyttöönottoa poistettua ja näin estetään sen seurauksena syntyvä vikaantuminen. (Antila 2013, 138–148.)

### **6.3 Nestemäisten epäpuhtauksien poisto öljystä**

Nestemäiset epäpuhtaudet, joita öljyjen joukkoon pääsee prosessiteollisuudessa, on vesi ja prosessissa käytettävät kemikaalit. Lähtökohtaisesti laitteet pidetään siinä kunnossa, että näin ei pääsisi käymään, mutta tiivistevaurion tai muun seurauksena nämä ovat mahdollisia. Veden poistoon valitaan menetelmä sen mukaan, missä muodossa vesi esiintyy öljyn seassa. Jos vesi ei ole liuennut öljyn joukkoon on sen poistaminen helpompaa. Vaihtoehtoina fysikaalisin menetelmin on öljyn kuumentaminen, jolloin vesi höyrystyy siitä pois. Tai keskipakoisvoiman avulla, missä vesi saadaan erkanemaan öljystä sen virratessa öljysäiliöön, jolloin se erottuu öljystä sen eri tiheyden ansiosta. Nämä menetelmät toimivat, jos vesi ei ole imeytynyt öljyyn tai öljyssä ei ole prosessista peräisin olevia kemikaaleja tai kiintoainetta mitkä joko pidentävät tai estävät kokonaan veden erottumisen öljystä. Yleisin tapa poistaa vettä on käyttää suodattimia mitkä sitovat vettä itseensä. Nämä suodattimet myös sitovat vesiliukoisia kemikaaleja sisältävää vettä. (Antila 2013, 150–153: Kunnossapitoyhdistys 2018, 92–93).

Veden imeytyessä öljyyn sen poistaminen on vaikeaa, mutta ei mahdotonta sillä siihen on keksitty muutamia menetelmiä, joista yleisimpänä käytetään alipainekäsittelyä, missä öljy joutuu tyhjiöön ja siinä oleva ilma sekä kosteus eli vesi erkanevat öljystä. Tämä on todella hidas prosessi koska se pystyy käsittelemään pienen määrän öljyä kerralla. Näin monesti siis yhdistetään yksi sivukierto suodatin missä käytetään tiheää selluloosa suodatinta, mikä pystyy imemään itseensä vettä ja näin saadaan esipuhdistettua helposti erkanevaa vesi ja kosteus pois öljystä. Näin alipaineyksikölle jää

vain öljyn lopullinen puhdistus vedestä ja kosteudesta. Toinen tapa on tehdä se kemiallisella menetelmällä, jolloin öljyn sekaan laitetaan ainetta, joka reagoi vesimolekyylien kanssa. Tämän jälkeen ne sitovat veden esimerkiksi kiinteään aineeseen, joka jää suodattimeen. (Antila 2013, 150–153; Kunnossapitoyhdistys 2018, 92–93).

Jos öljyn joukkoon pääsee kemikaalia, joka liukenee öljyyn ei sitä pystytä poistamaan sieltä, jolloin vaihtoehdoksi jää pelkästään öljynvaihto (Kunnossapitoyhdistys 2018, 93). Nestemäisien epäpuhtauksien poisto öljystä on vaikeampaa ja sitä kautta myös kustannuksiltaan kalliimpaa. Siksi sitä käytetään monesti vain järjestelmissä missä öljyä on satoja tai tuhansia litroja, jolloin öljynvaihto olisi kalliimpi ratkaisu, kuin sen puhdistus. Isoissa öljyjärjestelmissä on myös useasti Online mittaus, joka mittaa ppm:nä (Parts per million) kuinka paljon öljyn vesipitoisuus on, jolloin puhdistus ehditään aloittamaan ennen kuin vesi pääsee aiheuttamaan vaurioita voideltavissa kohteissa. (Kunnossapitoyhdistys 2018, 53–54.)

## 6.4 Voiteluaineiden käsittely ja varastointi

Öljyn menettäessään riittävän voitelukykynsä, vaihtoehtona on ainoastaan sen vaihtaminen uuteen öljyyn. Öljyn vaihdossa on huolehdittava, ettei uusi öljy ole pilalla jo sitä lisättäessä huolimattomuuden takia. Öljy voidaan pilata tai se voi olla pilalla, jos se on liian kauan ollut varastoituna tai varastoinnin aikana siihen on päässyt muodostumaan kosteutta tai vettä. Myös kiinteiden epäpuhtauksien pääsy on mahdollista, jos tila missä sitä säilytetään ei ole puhdas ja pakkausta ei ole tiivistä suljettu. Esimerkiksi öljytynnyreissä olevat ilmanottotulpat on hyvä pitää öljypinnan alapuolella ja siten ettei kannen päälle pääse vettä, esimerkiksi säilyttämällä tynnyriä kyljellään. Näin estetään, ettei vesi tai muut epäpuhtaudet pääse lämpötilan vaihtuessa tynnyriin sinne tulevan ilman mukana ja sitä kautta öljyn joukkoon. (Antila 2013, 192–195.)

Lisäksi kun uutta öljyä ollaan lisäämässä järjestelmään ja halutaan että se on varmasti puhdasta, pitää se pumpata suodattimen läpi. Monesti uudessakin öljyssä on epäpuhtauksia, mitkä ovat päässeet sinne esimerkiksi, kun se toimitetaan tynnyrissä, josta voi irrota epäpuhtauksia öljyyn. Tai voi olla, että öljy on toimitettu bulkkina eli säiliöautolla kohteeseen, jossa se varastoidaan säiliöön tai suoraan käyttökohteeseen. Tämmöisessä ketjussa on riski, että öljyn joukkoon pääsee epäpuhtauksia, jonka takia se täytyy pumpata suodattimen läpi. Hyvin varustelluissa öljytiloissa on öljy-

baari missä öljy pumpataan suodattimen läpi öljykannuun, jolla öljy viedään kohteeseen. Näin toimiessa täytyy olla erityisen tarkka öljykannun puhtaudesta, sekä siitä että sillä kuljetetaan vai samaa öljylaatua. Toinen tapa on öljykäräyt missä öljy pumpataan esimerkiksi tynnyristä suodattimen läpi voideltavaan kohteeseen suoraan, tätä tapaa käytetään, kun öljyä menee kohteeseen kymmeniä litroja. (Antila 2013, 191–192.)

## **7 Voiteluöljyn ja rasvan valinta**

### **7.1 Olosuhteiden määrittäminen**

Voiteluöljyä valittaessa käytetään monesti laitevalmistajalta saatuja ohjeita, jotka perustuvat tutkimukseen, sekä kokemukseen laitteesta ja sen voitelusta. Laitevalmistajalta saaduissa dokumenteissa on voiteluhuolto ohjeet mihin on määritelty voiteluöljyltä vaadittavat ominaisuudet standardin tai luokituksen mukaan. Nämä tiedot eivät yksinään riitä, koska sama voitelu ohje lähetetään jokaiselle samanlaisen laitteen käyttäjälle, jolloin olosuhteet voivat olla kohteessa aivan erilaiset toisella puolella maapalloa. Pelkästään tuotantolaitoksessakin eri osastolla voi olosuhteet olla täysin toisenlaiset, jolloin ei voida käyttää samaa öljyä. (Antila 2013, 199–202.)

Olosuhteiden määrittäessä pitää ottaa huomioon lämpötila, epäpuhtaudet, kuormitukset ja pyörimisnopeudet, sekä voitelu tapa. Käyttölämpötila suoraan vaikuttaa voitelu öljyn viskositeettiin, minkä takia öljyn lämpötilan kesto kannattaa valita niin että se kestää kohteen lämpötilan vaihtelutkin. Lisäksi pitää huomioida riskit epäpuhtauksista, joita voi päästä voiteluaineeseen järjestelmästä tai sen ulkopuolelta. Tällä saadaan voiteluaine pitämään voitelukykyä, jolloin vaurioitumista ei synny heti ja tilanne saadaan korjattua ja normalisoitua. Voiteluaineen erilaisilla lisäainepaketeilla saadaan voiteluaineelle veden tai muun kemikaalin sietokykyä ja suodatettavuutta, sekä hapettumisen estoa, sekä korroosion estoa. Lisäksi kun kohteen kuormitukset ovat suuria jatkuvasti tai hetkellisesti saadaan voitelu kalvo pysymään riittävänä EP (extreme pressure) lisäaineisuuksilla, joka tekee voideltavan kohteen pintaan lisäkalvon mikä vähentää kitkaa ja kulumista suurilla kuormituksilla. (Antila 2013, 199–202.)

Voitelurasvassa olevaan öljyyn saa samat ominaisuudet kuin mitkä edellä mainittiin, mutta saentimia on erilaisia, minkä seassa öljy on. Olosuhteita määrittäessä katsotaan öljyn lisäksi mitä ominaisuuksia saentimelta vaaditaan pysyäkseen voideltavassa kohteessa. Näitä ovat lämmönkesto, maksimilämpötila, vedenkesto ja mekaaninen stabiilisuus. (Voitelutekninen toimikunta 2010, 13–14.)

## 7.2 Jälkivoitelu

Laakereihin täytyy lisätä rasvaa tietyin väliajoin, jos ne eivät ole kestavoideltuja. Jälkivoitelua voidaan tehdä manuaalisesti tai automaattisesti. Manuaalisesti eli käsivoitelelulla rasva pumpataan, rasvapuristimella laitteen rasvanipasta kohteeseen. Manuaali voitelussa voiteluvälit ovat tyypillisesti pitkät ja rasvaa pumpataan kerralla suuri määrä. Tällöin rasva ei uudistu kohteessa usein, mikä aiheuttaa omat riskinsä. Lisäksi kuormitus kasvaa mikä voi aiheuttaa lämpötilan nousua. Riski epäpuhtauksien pääsemiseen voideltavaan kohteeseen on, jos rasvaa ei ole säilytetty oikein tai rasvanippa on likainen, kun siitä pumpataan rasvaa ja pitkällä voiteluvälillä se pääsee aiheuttamaan kulumista. Automaattivoitelussa taas kohteet on kytketty automaattisen rasvausjärjestelmän perään, joka pumpkaa pieniä määriä rasvaa useammin. Tällöin rasvan annostelu on tasaisempaa ja rasva uudistuu kohteessa useammin, jolloin epäpuhtaudet ei pääse vaikuttamaan kohteessa pitkiä aikoja. Automaattivoitelussa olevat kohteet eivät myöskään ole niin alttiita epäpuhtauksille kuin käsivoideltavat kohteet, koska se on suljettu järjestelmä. Voitelurasvan määrän ja lisäysvälin pystyy laskemaan, mutta sen tarkkalaskenta on vaikeaa, jos olosuhteet ovat haastavat. Monesti rasvamäärä ja lisäysväli saadaan kohdilleen laitetoimittajalta saaduilla voiteluohjeilla hyödyntäen kokemusta. (Voitelutekninen toimikunta 2010, 26–30.)

Rasvanmäärä voidaan laskea seuraavasti SKF:n tavalla (kaava 1):

$$G = D \times B \times V \quad (1)$$

G = rasvanmäärä, g

D = Laakerin ulkohalkaisija, mm

B = Laakerin leveys, mm

V/SKF = 0,005 (rasvan syöttö sisään laakerin sivusta)

0,002 (rasvan syöttö sisään Laakerin päältä keskeltä)

(Voitelutekninen toimikunta 2010, 30).

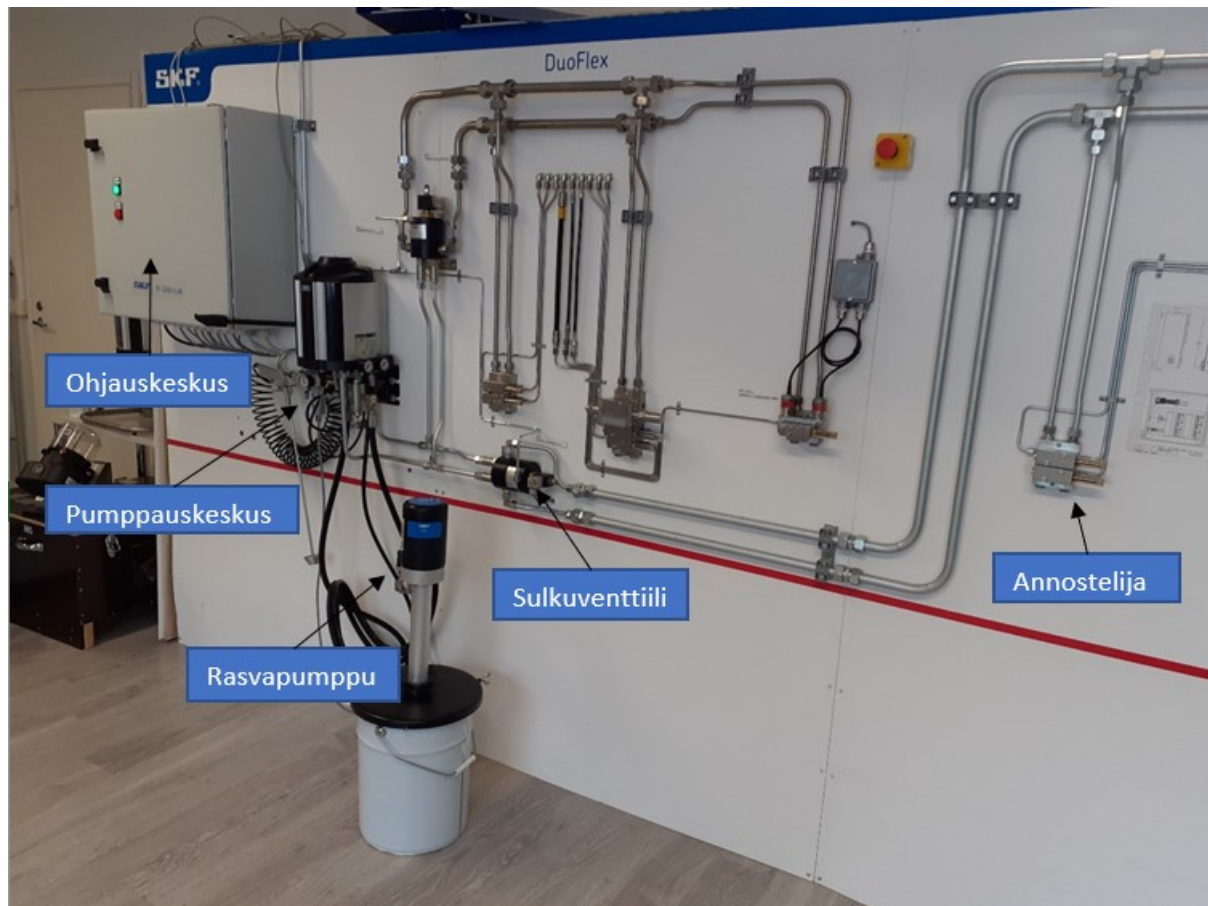
### 7.3 Voiteluöljyn vaihtoajan määrittäminen

Voiteluöljyn vaihtoajan määrittäminen riippuu siitä, kuinka suuresta öljymäärästä on kyse ja millä menetelmällä se todetaan, että öljy täytyy vaihtaa. Esimerkiksi pienempien vaihdelaatikoiden öljymäärät ovat niin pieniä, jolloin niihin on järkevää tehdä visuaalinen tarkastus tietyin väliajoin. Tarkastuksessa katsotaan minkä väristä öljy on tai onko siinä erikoinen haju, mikä viittaisi hapettumiseen tai näkykö siinä kiinteitä partikkeleita esimerkiksi metallia tms. Jos öljy on todella tummaa ja haisee normaalia öljyä erilaiselta tai siinä näkyy jotain epäpuhtauksia, on se syytä vaihtaa. Isoimmissa öljymäärissä tehdään tietyin väliajoin öljyanalyysi, missä öljynäytteestä tutkitaan viskositeetti, happoluku (TAN), kiintoaine(paino-%) laboratoriossa, jossa nähdään kaikki öljyn epäpuhtaudet ja saadaan selville öljyn kunto. Yleisen öljyanalyysin perusteella voidaan vielä tehdä lisäanalyysjä, jolloin saadaan varmuudella selville, mitä öljy sisältää. Tämän jälkeen tiedetään millä puhdistusmenetelmällä öljy voidaan puhdistaa. Jos puhdistus ei ole vaihtoehto, öljy täytyy vaihtaa. Suurien öljymäärien vaihtaminen on kallista, jolloin öljyanalyysillä saadaan varmuus öljyn laadusta ja voitelukyvyistä. Tällöin öljyn vaihtoa tai puhdistusta osataan tehdä oikeaan aikaan. (Miettinen ym 2009, 429–430.)

## 8 Voitelulaitteet ja järjestelmät

### 8.1 Automaattiset voitelujärjestelmät ja laitteet

Keskusrasvavoitelujärjestelmiä käytetään teollisuudessa kohteissa, joissa monta laitetta pystytään voitelemaan samalla rasvalla. Keskusrasvavoitelujärjestelmä koostuu ohjausyksiköstä mikä ohjaa pumppaus yksiköitä. Pumppaus yksiköt pumppaavat rasvaa putkistoja pitkin annostelijoille, mitkä annostelevat oikean säädetyn määrän rasvaa voideltavaan kohteeseen. Monikanavaisissa järjestelmissä on lisäksi suunta venttiilit millä rasvaa ohjataan eri kanaviin ja tällöin myös jälkivoiteluvälejä voi olla eripituisia. Voitelu linjojen päissä olevat paineanturit, mitkä mittaavat, että paineistus saavuttaa halutun paineen ja näin lopettaa pumppauksen. Tämän jälkeen sulkuventtiili sulkeutuu ja pumppu päästää ylimääräisen paineen ulos, jolloin pumppu pääsee laskeutumaan kohti rasvatynnyrin pohjaa. Ohittaessaan alaraja anturin antaa hälytyksen ohjausyksikköön, joka ilmoittaa, että rasvatynnyri on tyhjä ja se pitää vaihtaa. (Voitelutekninen toimikunta 2010, 42–47.)



Kuvio 3. Kaksikanavainen keskusrasvavoitelujärjestelmä SKF:n Muuramen tehtaalla

Kiertovoitelukeskus sopii öljyvoideltaviin kohteisiin mitä voivat olla laakerit ja vaihdelaatikat, jos kohteisiin käy sama voiteluöljy. Öljy pumpataan säiliöstä painesuodattimen läpi voideltavaan kohteeseen, missä se voitelee kohteen. Tämän jälkeen se valuu paluulinjaa pitkin välisäiliöön, josta se pumpataan palusuodattimen kautta takaisin pääsäiliöön. Kiertovoitelukoneikoissa on jäähdytin, millä pumpattava öljy saadaan pidettyä oikeassa lämpötilassa. Lisäksi voi olla sivukiertosuodatin, jos paine- ja palusuodatin eivät riitä pitämään öljyä riittävän puhtaana. Kiertovoitelu järjestelmissä öljyä on yleensä tuhansia litroja, minkä johdosta on syytä huolehtia öljyn kunnosta. (Antila 2013, 234–237.)

## 8.2 Voitelun työkalut

Käsin voideltaessa rasvaa on olemassa rasvapuristimia, mitkä toimivat lihasvoimalla, paineilmalla, sekä sähköllä. Jokaiselle rasvalaadulle täytyy olla omarasvapuristin koska rasvapuristimen letkuun

jää aina rasvaa, joka voi sekoittua toisen rasvan kanssa mistä voi seurata joissain tapauksissa ongelmia. Tänä päivänä yleisin rasvapuristin teollisuudessa on akkukäyttöinen rasvapuristin, koska se on helppo ja kompaktin kokoinen käyttää ja kuljettaa mukana. (Antila 2013, 222–227.)



Kuvio 4. Akkukäyttöinen rasvapuristin (Beisa voitelu työkalut 2016, 26.)

Öljyä lisättäessä tai vaihtaessa öljy pumpataan pumpulla suodattimen läpi, jolloin varmistetaan, että öljy menee varmasti puhtaana järjestelmään. Pumppuja on käsikäyttöisiä, mutta niihin ei ole kytketty suodattimia. Suodatin sijaitsee paineilmalla, sekä sähköllä toimivien pumppujen jälkeen. Suurempia määriä öljyä siirrettäessä pumpataan öljy säiliöstä, kontista tai tynnyristä suoraan kohteeseen (kts kuvio 5). Pienempiä öljymääriä varten on tehty öljybaareja (kts kuvio 6), missä hanasta öljy valutetaan kannuun, mikä pumpataan tynnyristä suodattimen kautta. Huolellinen kannujen puhtaanapito edellyttää, että öljy saadaan varmasti puhtaan voitelu kohteeseen. (Antila 2013, 222–227.)



Kuvio 5. Öljypumppaus ja suodatuskärky (Beisa n,d.)



Kuvio 6. Öljybaari UPM Kaukaan sellutehtaalla



## 9 Selvitykset ja analyysit

### 9.1 Voiteluhuollon Benchmarkkaus

Työ aloitettiin tutustumalla muiden UPM:n tehtaiden voiteluhuoltoon käymällä vierailulla Tervasaaren tehtaalla Valkeakoskella, sekä Kaukaan tehtaalla Lappeenrannassa. Tehdasvierailuilla tutustuttiin millaisilla määräaikaistöillä ja ohjeilla voitelijat toteuttavat töitään päivittäin. Lisäksi tutustuttiin voiteluhuollon tiloihin ja laitteisiin, joilla voitelu töitä suoritetaan. Benchmarkkauksella saatiin vinkkejä voiteluhuollon tilojen ratkaisuista, esimerkiksi Kaukaan sellutehtaalla oli rakennettu öljybaari. Tervasaassa taas öljyt olivat tynnyreissä suodatinkärryissä, joista öljy pumpattiin. Kaukaalta saatiin vinkki voitelureittien tekemiseen SAP toiminnanohjausjärjestelmässä. Jämsänkoskella oli puutteita voitelureiteillä olevista laitteista ja niiden päivityksestä. Kaukaan tapa tehdä voitelureitit, olisi hyvä vaihtoehto myös Jämsänkoskellakin.

### 9.2 Nykyisten ja puuttuvien voiteluhuolto töiden ja reittien selvitys

Nykyiset voitelun määräaikaistyöt kerättiin toiminnanohjausjärjestelmästä Exceeliin ja puuttuvat määräaikaistyöt listattiin RCM:stä saadun listan perusteella. Reittitöitä selvittäessä huomattiin, että olemassa olevien reittien voitelukohteet eivät olleet samassa järjestyksessä kentällä, kuin mitä ne listassa olivat. Kohteet, joita ei ollut voitelureittityön listalla oli kumminkin voideltuja, eli kohteet ovat olleet voitelijan muistin varassa.

Öljynvaihtotyöt olivat kunnossa isompien vaihdelaatikoiden ja kiertovoitelukoneikoiden osalta. Suurin määrä puuttuvia määräaikaaisia öljynvaihtoja koostui vaihdemoottoreista. Lisäksi öljynvaihtoja puuttui muutamista sekoittajista ja pumpuista, joissa laakeroinnin voitelu oli toteutettu öljyvoitelulla. Öljynsuodattimen määräaikaistyöt olivat käytännössä kunnossa. Lisäksi tarkasteltiin ja poistettiin olemassa olevista voitelun määräaikaistöistä kohteet, joita ei ole enää olemassa tai ne eivät tarvitse määräaikaista voitelutyötä. Alla olevassa taulukossa 1 on listattu selvityksessä saadut tulokset.

Taulukko 1. Määräaikaistyöt

Olemassa olevat määräaikaistyöt	
Rasvavoitelu kohteet	371
Öljynvaihdot	154
Öljynsuodattimien vaihdot	74
Poistettavat määräaikaistyöt	20
Puuttuvat määräaikaistyöt	
Rasvavoitelu kohteet	95
Öljynvaihdot	103
Öljynsuodattimen vaihdot	3

### 9.3 Käytössä olevien voiteluaineiden selvitys

Käytössä olevat voiteluaineet katsottiin olemassa olevista listoista, sekä voiteluaine varaston hyllyistä. Rasvoista ei ollut olemassa mitään listaa, joten ne piti selvittää katsomalla voiteluvaraston hyllyt läpi ja haastattelemalla voitelijoita. Voitelurasvoja löytyi 14 erilaista, joita oli tuubeissa, sekä tynnyreissä. Osa rasvoista oli todella vanhoja, eikä kaikista ollut varmuutta mille laitteelle ne on alun perin hankittu.

Öljyistä oli olemassa listat, jotka olivat melko hyvin ajan tasalla, koska noin 10 vuotta sitten kaikki öljyt, joihin on löytynyt Nesteeltä vaihtoehtoinen öljy, on vaihdettu Nesteen öljyksi. Kiertovoitelu-öljyjä oli samaa Nesteen öljyä kahdella eri viskositeetilla. Vaihdelaatikoissa oli käytössä Nesteen vaihteisto öljyä synteettisenä, sekä mineraaliöljynä EP lisäaineella ja kohteen mukaan eri viskositeetillä. Muutamissa laitteissa on myös käytössä hydraulikkaöljyä.

## 10 Voiteluhuolto-ohjelman strategia

### 10.1 Voiteluhuolto ohjeiden luonti ja ylläpito

Voitelun määräaikaisten voitelutöiden luonnissa käytetään vain toiminnanohjausjärjestelmä Sapissa PM12 tilauslajia niin kuin tähänkin mennessä. Työohjeesta pitää selvittää käytettävä voiteluaine, sekä isommissa järjestelmissä myös ilmoitetaan öljynmäärä. Toiminnanohjausjärjestelmästä

löytyy myös laitteen tiedoista, mikä voiteluaine laitteessa käytössä. Jos voitelujärjestelmässä on myös öljynsuodatin, sen malli merkitään laitteen tietoihin.

Jatkossa voitelijoiden esimies ja voitelija yhdessä tekevät uudelle laitteelle voitelun määräaikaistyöt, missä päätetään käytettävä voiteluaine ja sen vaihto- tai lisäysväli. Voitelija huolehtii käytöstä poistuvien laitteiden määräaikaisten töiden poistosta ilmoittamalla siitä esimiehelleen, joka hoitaa poistamisen. Lisäksi nykyiset voitelun määräaikaistyöt ja ohjeet eivät ole ikuisia, vaan niitä joudutaan tarpeen tullen muuttamaan ja päivittämään.

## 10.2 Voitelureitit

Rasvavoideltavista kohteista tehtiin uudet määräaikaiset reittityöt. Voitelureitit tehtiin uudelleen, koska olemassa olevista reiteistä puuttui voideltavia kohteita ja kohteet eivät olleet samassa järjestyksessä kentällä ja listassa. Voitelureittejä tuli nykyistä enemmän, koska reiteistä tehtiin lyhyempiä ja ne jaettiin tehtäväksi eri aikaan, mikä helpottaa muiden päivittäisten voitelutehtävien hoitoa. Lisäksi lyhyemmällä voitelureitillä keskittyminen ja jaksaminen on parempaa, kun paperitehtaalla olosuhteet ovat todella kuumat ja hiostavat.

Voitelureitit luotiin niin että reitillä käytetään samaa rasvaa laitteisiin, eli esimerkiksi pumpuilla ja sähkömoottoreilla on eri reittityö, koska sähkömoottoriin tulee eri rasva kuin pumppuun. Poikkeuksena Pituusleikkureille ja kalantereille tehtiin reittityö niin että kaikki laitteen kohteet voideltiin samalla kertaa, jolloin tarvitaan eri voitelurasvoja. Tämä siksi koska voitelut pystytään näihin tekemään vain laitteen ollessa pysähdyksissä. Alla olevassa taulukossa esimerkki yhdestä uudesta voitelureitistä.

## Taulukko 2. Voitelureitti

Lisäys 2kk pumppu/laakerit	
Alakerta KP/HP	
Rasva castrol tribol 3785/220-1.5	
Tunnus	Toimintopaikka
JAM1-230460	PK3 HÖYRYSTEEMI TYHJÖPUMPPU (CL-302)
JAM1-239402	PK3 LTO PESUVESIPUMPPU
JAM1-230480	PK3 KAUKALOVESIPUMPPU
JAM1-230479	PK3 SUIHKUVESIPUMPPU 3 BAR
JAM1-230478	PK3 SUIHKUVESIPUMPPU 12 BAR
JAM1-230477	PK3 PUDOTUSSUIHKUVESIPUMPPU
JAM1-230469	PK3 LÄMMINVESIPUMPPU 2 (KUIVAAN PÄÄHÄN)
JAM1-230461	PK3 LÄMMINVESISÄILIÖN PUMPPU 1
JAM1-230484	PK3 LÄMMINVESIPUMPPU 12 BAR
JAM1-230470	PK3 KORKEAPAINESIPUMPPU
JAM1-239401	PK3 LTO KIERRÄTYS PUMPPU
JAM1-231458	PK3 3. PYÖRREPUHDISTUSVAIHE PUMPPU (PP3)
JAM1-2314071	PK3 4. PYÖRREPUHDISTUSVAIHEEN PUMPPU
JAM1-2314027	PK3 TRUMPJET LAIMENNUSVESIPUMPPU (Jos käytössä)
JAM1-231442	PK3 KIERTOVEDISÄILIÖN PUMPPU
JAM1-2314076	PK3 6. PYÖRREPUHDISTUSVAIHEEN PUMPPU
JAM1-2314087	PK3 SUODOSVESI PUMPPU KTO:LLE
JAM1-231449	PK3 SYMSIZER PASTAN VARASTOSÄIL.1 PUMPPU
JAM1-231437	PK3 SYMSIZER PASTAN VARASTOSÄILIÖN VARAPUMPPU
JAM1-230486	PK3 NASH-TIIVISTEVESIEN KIERRÄTYS PUMPPU
JAM1-230487	PK3 NASH-KAIVON TYHJENNYSPUMPPU
JAM1-231120	PK3 HYLKYRULLAPULPPERI LAAKEROINTI
JAM1-231433	PK3 RULLAHYLKYPULPPERI TYHJENNYSPUMPPU
JAM1-238141	PK3 HYLKYRULLALEIKKURI (ROLLCUT 2300)

Reittitöistä tehtiin SAP toiminnanohjausjärjestelmään reittikohtainen määräaikainentyötilaus, johon kohteet on listattu työtilauksen vaiheen pitkään tekstiin. Vaiheen pitkään tekstiin on myös jälkeenpäin helppo tehdä muutoksia. Tämä sama tapa on käytössä, myös Kaukaan tehtaalla. Aiemmin reittityöt oli tehty niin että oli PM12 määräaikaistyö, jonka jokaisesta kohteesta tuli erikseen PM13 reittityötilaus. Ongelmaksi muodostui, että näiden tilauksien lopettaminen unohtui, jolloin avoimia tilauksia oli satoja kuormittamassa järjestelmää.

### 10.3 Rasvavoitelu

Rasvavoitelun valittiin yleisrasvat ominaisuuksilla, millä voidaan voidella suuri joukkolaitteita, sekä erikoisrasvat niille laitteille ja kohteille mihin yleisrasvojen ominaisuudet eivät riitä ja laitevalmista suosittelee erikoisrasvan käyttöä. Käsin voideltaviin rasvakohteisiin ei määritelty rasvanlisäys määrää. Voitelijoiden kokemuksen mukaan, joka kerta rasvaa ei välttämättä lisätä samaa määrää. Täähän vaikuttaa, esimerkiksi kuinka paljon laite on ollut käytössä. Voitelija katsoo rasvaa lisätessä, että sitä menee riittävästi ja tarvittaessa hetken päästä vielä lisää rasvaa. Rasvaa on järkevä lisätä

pienissä erissä, kuin kerralla suurta määrää. Tällöin ei myöskään lämpötila pääse nousemaan laakerissa. Automaattirasvavoitelun laitteille on määritelty paineistusajat ja aikavälit, milloin paineistus tehdään. Voitelija tekee rasvatynnyrin vaihdon, kun pumppauskeskus antaa hälytyksen ja huolehtii rasvanannostelijoiden toiminnasta, sekä säädöstä.

Pumppujen, puhaltimien, painesihtien ja rasvavoideltujen telojen voitelu hoidetaan käsin rasvapuristimella 2kk välein, sekä keskusrasvavoiteluna. Laakereiden voitelurasvalta vaaditaan siis hyviä voiteluominaisuuksia laajalla käyttölämpötilalla hankalissa olosuhteissa, joita ovat prosessiveden ja kemikaalien pääsy laakeriin tiivistevaurion myötä. Lisäksi vaaditaan hyvää korroosion suojausta, sekä hyvää kulumisen ja kuormituksen kestoja. Castrol Triboll 3785/220–1.5 on suunniteltu juuri paperi- ja prosessiteollisuudelle yllä olevien kohteiden voiteluun ja täyttää kohteiden vaatimat ominaisuudet. Lisäksi voitelijoita haastattelussa selvisi, että rasvasta oli hyvää kokemusta useamman vuoden takaa keskusrasvavoitelun ja käsin voitelun rasvana.

Sähkömoottoreiden laakereiden voitelu hoidetaan käsin 6kk välein ja sen voiteluaineelta vaaditaan kitkaa vähentäviä ominaisuuksia, sekä korkeidenlämpötilojen ja kuormitusten kestoja. Lisäksi vaaditaan pitkää laakereiden kestoikää, mikä vaatii kulumisenestoa ja pinnankarheuden korjaavia toimintoja. Aiemminkin sähkömoottoreiden voitelussa on käytetty Castrol Triboll 4020/220–2 rasvaa, joka täyttää ominaisuuksiltaan, sekä voitelijoiden kokemuksen perusteella vaatimukset.

Hammaskytkimien ja nivelakseleiden ristikoiden, sekä muiden tappien voitelussa vaaditaan rasvalta hyvää sitkosta, jotta rasva pysyy voideltavassa kohteessa suurilla kuormilla. Hammaskytkimessä oleva rasva kuumenee suuresti, jolloin hyvää lämmönkestoa vaaditaan. Taas nivelakselit sijaitsevat paperikoneen sivussa, jolloin se altistuu vedelle ja kosteudelle. LE 3752 tappirasvalla on molempiin kohteisiin vaadittavat ominaisuudet, jolloin samalla rasvalla voidaan voidella kummatkin kohteet. Nivelet voidellaan 2kk välein ja Hammaskytkimet vuoden välein.

Erikoirasvat ja niiden käyttökohteet selvitettiin voitelijoita haastatteleamalla ja sekä laitteiden dokumenteista. Erikoirasvojen lisäysvälit vaihtelivat 2kk ja 6kk aikajaksojen välillä. Kohteet, joissa erikoirasvoja on käytössä, ovat kalanterit ja pituusleikkurit, sekä turbokompressori. Lisäksi seitse-

män muuta rasvaa laatua, joita hyllyistä löytyi ei ole käyttökohdetta Pk3 alueella. Myös päivämäärät näyttivät, että ne eivät olleet kovin tuoreita, jonka takia ne hävitetään asianmukaisesti. Taulukossa 3 on PK3 alueen käytössä olevat rasvat ja käyttökohteet.

Taulukko 3. PK3 voitelurasvat

Rasva	Käyttökohteet
Yleisrasvat	
Castrol Tribol 3785/220-1.5	Pumppujen, puhaltimien, sihtien, telojen ja keskuvoitelunrasva laakerointeihin
Castrol Tribol 4020/220-2	Sähkömoottorien laakerit
LE-3752	Hammaskytkimet, tappirasva
Erikoisrasvat	
Kluber osoflex topas nca 52	SC ulosvetotelat ja PL51 keskusrasvavoitelu
Kluber staburags N12	PL31 istukat
Mobil SHC Polyrex 102 EM	PK5 Turbokompressorin sähkömoottorin laakerit
Mobil temp shc 100	Mekaaniset akselitiivisteet

Jokaiselle rasvalaadulle on oma rasvapuristin, joka on merkitty rasvapuristimeen, tällöin ei tapahdu rasvansekoittumista toisen rasvan kanssa. Tämä myös helpottaa oikean rasvapuristimen ottamista varastosta.

## 10.4 Öljyvoitelu

PK3 voiteluöljyt ovat pääsääntöisesti Nesteen öljyjä, lukuun ottamatta PK5 turbokompressoria ja PK3 matalapaine kompressoria, sekä sellupaalikuljettimen ketjun voitelua ja L20 purkupaikan kemikaalipurkupumppuja. Kiertovoitelu järjestelmissä on kolmea erilaista Nesteen öljyä. Jauhimen laakeroinnin voitelu öljyksi vaihtui Neste Beta 460 ZFX, koska aiemmin käytössä ollut Neste paine 46 ZFX öljy poistui Nesteen valikoimasta. Vaihteiden öljyt ovat mineraali tai synteettisiä Nesteen vaihteisto öljyjä. Neljässä sekoittajassa oli Shell Omala 100 vaihteisto öljyä, joka vaihdettiin samat vaatimukset täyttävään Nesteen synteettiseen 150 EP öljyyn. Vaihteistoöljy valitaan vaihteeseen vaikuttavien olosuhteiden ja vaihteiston valmistajan antamien voiteluaine suositusten mukaan. Olosuhteiden ollessa tasaiset ja öljynlämpötilan pysyessä alle 60° asteen käytetään mineraaliöljyä. Taas olosuhteiden vaihdeltaessa tai öljynlämpötilan noustessa yli 60° asteen käytetään synteettisiä vaihteistoöljyjä. Taulukossa 4 on PK3 alueen voiteluöljyt ja kohteet listattuna.

Taulukko 4. PK3 Voiteluöljyt

Öljy	Käyttökohteet
Neste paper mill 220 D	Paperikoneen märänpään ja kuivanpään kierovoitelu
Neste paper mill 150 D	Pituusleikkuri 31 kiertovoitelu
Neste Lamda 320 ZF	Termotelan kiertovoitelu
Neste Hydraulic HLP 46	PK3 Turbo kompressori
Mobil DTE Oil Light	PK5 Turbo kompressori
Mobil SHC 630	PK3 Matalapaine kompressori
Neste Beta 460 ZFX	PK3 Jauhimet
Castrol optileb dab8	L20 Purkupaikan kemikaalipumppujen tiiviste/vaihte öljy (Elintarvike öljy)
Cogelsa Standard slip 68	Sellupaali kuljettimien ketjujen voiteluöljy
Neste vaihteisto 150 EP	Vaihteet hyvissä ja tasaisissa olosuhteissa, öljynlämpötilan pysyessä alle 60°C (Viskositeetti laite toimittajan suositusten mukaan)
Neste vaihteisto 220 EP	
Neste vaihteisto 320 EP	
Neste vaihteisto 460 EP	
Neste vaihteisto S 150 EP	Vaihteet ja sekoittajat raskaissa vaihtelevissa olosuhteissa, joissa öljynlämpötila pääsee yli 60°C (Viskositeetti laite toimittajan suositusten mukaan)
Neste vaihteisto S 220 EP	
Neste vaihteisto S 320 EP	
Neste vaihteisto S 460 EP	

Kiertovoiteluiden öljyistä otetaan vuoden välein öljynäyte, joka lähtee laboratorioon tutkittavaksi. Laboratorion Öljyanalyysin perusteella tiedetään öljynvoitelukyky, sekä siinä olevien epäpuhtauksien määrä. Öljyanalyysin perusteella tiedetään, täytyykö öljy vaihtaa, vai voidaanko se saada vielä puhdistettua jollain tapaa.

Isoissa vaihteissa öljynvaihdot tehdään 5 vuoden välein synteettisellä öljyllä ja mineraaliöljyllä 3 vuoden välein. Voitelijan kuukausittaisiin tehtäviin kuuluu vaihteiden öljypintojen ja öljyn värin visuaalinen tarkastelu. Sekoittajissa käytetään vain synteettistä vaihteistoöljyä, koska säiliön ulko- ja sisäpuolella vallitsee eri lämpötilat, jolloin olosuhteet eivät ole tasaiset. Sekoittajien öljyn pintaa ja väriä voitelija seuraa kuukausittain ja öljyt sekoittajiin vaihdetaan 3 vuoden välein. Vaihdemootorien öljy tarkastetaan visuaalisesti, kerran vuodessa ja öljyn vaihto tehdään vasta sitten kun öljyn väri on muuttunut tarpeeksi tummaksi tai siinä näkyy pienhiukkasia tai metallia. SEW vaihdemootoreilta puuttui öljyn tarkastus/vaihtotyö, sekä muutamalta Kumeran vaihteelta puuttui öljynvaihtotyö. Vaihteistoöljyt valittiin Nesteen synteettisistä vaihteisto öljyistä kummankin toimittajan voiteluaine suositusten ja vallitsevien olosuhteiden mukaan kts liite 1 ja 2.

Öljynsuodattimia on kiertovoitelukoneikoissa, jauhimissa ja kompressoreissa, sekä isoimmissa vaihdelaatikoissa. Öljynsuodattimen vaihdoista on olemassa määräaikaiset vaihtotyöt, jotka teh-

dään vuoden välein. Suodattimen vaihtoja voidaan joutua tekemään myös tiheämmin, jos suodattimet menevät tukkoon, mutta se kertoo myös, että voitelukohteessa tai kohteissa tai öljyssä on jotain pahasti vialla.

## 11 Pohdinta

Opinnäytetyön tavoitteena oli saada paperikonelinjalle saada ajantasaiset voiteluhuolto-ohjeet ja määräaikaistyöt. Lisäksi voiteluhuollolle piti saada strategia, jonka avulla jatkossa pidettäisiin olemassa olevia voitelun määräaikaista töitä ja ohjeita yllä, sekä luotaisiin uusia. Opinnäytetyö rajautui olemassa olevien ja puuttuvien määräaikaistöiden selvitykseen ja työohjeiden päivittämiseen ja luontiin ajan tasalle. Opinnäytetyön ulkopuolelle jäi määräaikaistöiden ja ohjeiden vienti toiminnanohjaus järjestelmään.

Voiteluhuollon strategia käsittää käytössä olevat yleiset voiteluaineet ja niiden käyttö kohteet, sekä erikoisvoiteluaineet ja laitteet, joihin niitä käytetään. Lisäksi on määritelty öljyjenvaihtoajat eri laitteilla, sekä rasvavoitelu kohteiden voiteluvälit. Strategiassa on määritelty voitelu huolto-ohjeen ja määräaikaistyön luominen, sekä ylläpitäminen ja kenen vastuualueelle se kuuluu. Opinnäytetyössä saatiin vastaus tutkimuskysymykseen, millä saatiin paperikonelinjan laitteille päivitetty voitelun määräaikaistyöt ja ohjeet, sekä strategia minkä ohjeistamana voiteluhuolto toimii jatkossa.

Aihe oli todella laaja, joten ei yhteen asiaan paneuduttu liian syvällisesti teorian osalta, koska se ei olisi taas hyödyttänyt tuloksissa. Teoriaa käytiin sillä tasolla, että saatiin tietoisuus haluttuun asiaan niin, että se voitiin tuloksista ymmärtää. Tuloksista hyödytään saamalla voiteluhuollon strategia millä voidaan tehdä uudet huoltosuunnitelmat, sekä ylläpitää nykyisiä.

Tulevaisuuden kehitys kohteita voiteluun olisi voiteluvarastoon öljybaarin rakentaminen, johon liitettäisiin ne öljyalaadut, joita tällä hetkellä kaadetaan suoraan tynnyristä kannuun ilman, ettei sitä suodateta välissä, jolloin tynnyristä irronneet partikkelit, sekä varastoinnin aikana öljynjoukkoon päässeet mahdolliset epäpuhtaudet pääsevät voideltavaan kohteeseen. Toinen vaihtoehto öljybaarin tilalle on pumppaus vaunut, joissa on suodattimet. Tällä hetkellä on muutamia pumppausvaunuja voitelijoiden käytössä, mutta niissä ei ole suodattimia, joten niihin olisi järkevä asentaa sellaiset, jolloin ei tarvitse hankkia kaikkia uusina.



Automaattirasvauksen olisi järkevä kytkeä loputkin rasvavoideltavat laitteet, joille se olisi teknisesti mahdollista. Tämän myötä käsivoitelun määrä vähenisi ja voitelijoille jäisi enemmän aikaa muihin voitelun tehtäviin. Automaattirasvauksella saataisiin myös voitelurasvan annostelusta tasanaisempaa. Tämä vaatisi investointia, johon kuuluisi uuden rasvaputkiston asennusta, sekä luultavasti pumppauskeskusten lisäämistä.

## Lähteet

Beisa, N.d. Voitelu työkalut. Esite. Viitattu 29.8.2022. <https://www.beisa.fi/wp-content/uploads/2016/08/Fetthantering.pdf>

Beisa, N.d. Tuotteet. Öljynsuodatuskärry, Verkkojulkaisu, 29.8.2022. <https://www.beisa.fi/tuotteet/oljynsuodatuskarryt/>

Hotanen, J., Pietiläinen, S., Laine, R. & Laine R. O. 2001. Benchmarking-opas. Opi hyviltä esikuvilta. Helsinki: Suomen laatukeskus koulutuspalvelut.

Kivioja, S., Kivivuori, S. & Salonen, P. 2007. Tribologia: Kitka, kuluminen ja voitelu. 5. korjattu painos. Helsinki: Otatieto.

Kunnossapitoyhdistys, Kunnossapitoyhdistys Promaint, Miettinen, J., Leinonen, P., Jantunen, E., Kokko, V. & Mikkonen, H. 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito: Käsikirja. Helsinki: KP-Media.

Kunnossapitoyhdistys, Antila, K. 2013. Teollisuusvoitelu. 5. uudistettu painos. Helsinki: KP-media.

Kunnossapitoyhdistys, Antila, K. 2006. Teollisuusvoitelu. 4. täydennetty painos. Helsinki. KP-media.

Kunnossapitoyhdistys Promaint. Voitelutekninen toimikunta. 2010. Teollisuuden rasvavoitelu. Helsinki: KP-media.

Kunnossapitoyhdistys Promaint. Hydraulitekninen toimikunta. 2018. Öljyn kunnossapito. Helsinki: Promaint ry.

Laine, H. S. 2010. Tehokas kunnossapito. Tuottavuutta käynnissäpidolla. 1 painos. Helsinki: KP-Media.

Luomala, V. 2012. Sähköstaattiset purkaukset. Uusien ympäristöystävällisten hydrauliiikka- ja voiteluöljyjen suodatus. Promaint 6/2012. Viitattu 12.6.2022. <https://hydac.fi/wp-content/uploads/2020/03/Promaint-2012-Sahkostaattiset-purkaukset.pdf>

PSK 6201:2022. Kunnossapito. Käsitteet ja määritelmät. Ryhmä 62: Kunnossapidon käsitteet ja laitoksen kuntokartoitus. Helsinki: PSK Standardisointi. Vahvistettu 11.5.2022. Viitattu 10.6.2022. [net.finna.fi](http://net.finna.fi), PSK-standardien käyttöliittymä.

PSK 7501:2010. Tunnusluvut. Käsitteet ja määritelmät. Ryhmä 75: Prosessiteollisuuden kunnossapidon tunnusluvut. Helsinki: PSK Standardisointi. Vahvistettu 16.9.2010. Viitattu 10.6.2022. [net.finna.fi](http://net.finna.fi), PSK-standardien käyttöliittymä

Toikko, T. Rantanen, T. 2009. Tutkimuksellinen kehittämistoiminta. Näkökulmia kehittämisprosessiin, osallistamiseen ja tiedontuotantoon. Tampere: Tampere University Press: Taju [jakaja]. Viitattu 3.5.2022

UPM, Specialty papers, N.d. 2022. About us: Verkkajulkaisu. Viitattu 10.6.2022.

<https://www.upmspecialtypapers.com/about-upm-specialty-papers/>

UPM, N.d. 2022. UPM vuosikertomus 2021: Verkkajulkaisu. Viitattu 10.6.2022.

<https://www.upm.com/siteassets/asset/investors/2021/upm-vuosikertomus-2021.pdf>

UPM, N.d. 2022. Tietoa meistä: Verkkajulkaisu. Viitattu 10.6.2022. [https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/?gclid=CjwKCAjw4ayUBhA4EiwATWYBrpohXDN8T8QAfNmURwQLFIXqw-IleQby9r4\\_nrYwJbrDjo-UFaHHNGhoC80QQAvD\\_BwE](https://www.upm.com/fi/tietoa-meista/?gclid=CjwKCAjw4ayUBhA4EiwATWYBrpohXDN8T8QAfNmURwQLFIXqw-IleQby9r4_nrYwJbrDjo-UFaHHNGhoC80QQAvD_BwE)

UPM, N.d. 2022. Jämsänkosken paperitehdas: Verkkajulkaisu. Viitattu 10.6.2022.

<https://www.upmpaper.com/fi/tietoa-meista/missa-olemme/paperitehtaamme/upm-jamsankoski/>

Saarinen, T. 2021. Öljyn kunnossapito. Esite. Merine Ay. Viitattu 12.6.2022. <https://www.merina.fi/data/documents/Oljyn-kunnossapito-Merina-2021.pdf>

## Liitteet

### Liite 1. Kumeran vaihteiden voiteluainesuositukset

Vaihteiden käyttöönotto ja kunnossapito 84 80 27A  
Lieriö- ja kartiohammasvaihteet

#### 5.9 Voiteluainesuositukset

##### Voiteluryhmät

Ympäristön lämpötila °C	Ympäristön lämpötila °F	Voitelutapa	ISO VG	AGMA
-30 ... +5	-22 ... +41	Painevoitelu	68	2 EP
		Roiskevoitelu	150	4 EP
		Uppovoitelu	150	4 EP
-5 ... +25	+23 ... +77	Painevoitelu	150	4 EP
		Roiskevoitelu	220	5 EP
		Uppovoitelu	220	5 EP
+15 ... +45	+68 ... +113	Painevoitelu	150	4 EP
		Roiskevoitelu	320	6 EP
		Uppovoitelu	320	6 EP
+35 ... +60	+104 ... +140	Painevoitelu	220	5 EP
		Roiskevoitelu	480	7 EP
		Uppovoitelu	480	7 EP

##### Mineraaliöljyt DIN 51517-CLP, EP (extreme pressure) öljy

ISO VG	68	150	220	320	480
AGMA	2 EP	4 EP	5 EP	6 EP	7 EP
MOBIL		Mobilgear XMP 150	Mobilgear XMP 220	Mobilgear XMP 320	Mobilgear XMP 480
ESSO	Spartan EP 68	Spartan EP 150	Spartan EP 220	Spartan EP 320	Spartan EP 480
SHELL	Shell Omalaöljy 68	Shell Omalaöljy 150	Shell Omalaöljy 220	Shell Omalaöljy 320	Shell Omalaöljy 480
LE		604 Almasol Vari-Purpose Gear Lub	607 Almasol Vari-Purpose Gear Lub	605 Almasol Vari-Purpose Gear Lub	608 Almasol Vari-Purpose Gear Lub
BP	Energol GR-XP 68	Energol GR-XP 150	Energol GR-XP 220	EnergolGR-XP 320	Energol GR-XP 480
TEXACO	Meropa 68	Meropa 150	Meropa 220	Meropa 320	Meropa 480
CASTROL	Optigear BM 68	Optigear BM 150	Optigear BM 220	Optigear BM 320	Optigear BM 480
NESTE	Vaihteisto 68 EP	Vaihteisto 150 EP	Vaihteisto 220 EP	Vaihteisto 320 EP	Vaihteisto 480 EP
KLÜBER	Küberoil GEM 1-68 N	Küberoil GEM 1-150 N	Küberoil GEM 1-220 N	Küberoil GEM 1-320 N	Küberoil GEM 1-480 N
ARAL		Degol BG 150 Plus	Degol BG 220 Plus	Degol BG 320 Plus	Degol BG 480 Plus

##### Synteettiset voiteluaineet

Synteettisiä voiteluaineita voidaan käyttää vaihteissa, jotka toimivat matalissa tai korkeissa lämpötiloissa tai joiden öljynvaihtovälin toivotaan olevan muista syistä tavallista pidemmän.

Synteettisen öljyn viskositeetti on oltava vastaava kuin samoissa olosuhteissa muutoin käytettävän mineraaliöljyn. Muita kuin ohessa mainittuja synteettisiä voiteluaineita käytettäessä on tarkistettava tiivistämateriaalin kestävyys.

##### Synteettiset öljyt DIN 51517-CLP, EP (extreme pressure) öljy

ISO VG	68	150	220	320	480
AGMA	2 EP	4 EP	5 EP	6 EP	7 EP
MOBIL		Mobilgear SHC XMP 150	Mobilgear SHC XMP 220	Mobilgear SHC XMP 320	Mobilgear SHC XMP 480
SHELL		Omala HD 150	Omala HD 220	Omala HD 320	Omala HD 480
BP		Energol HTX-150	Energol HTX-220	Energol HTX-320	Energol HTX-480
NESTE	Vaihteisto S 68 EP	Vaihteisto S 150 EP	Vaihteisto S 220 EP	Vaihteisto S 320 EP	Vaihteisto S 480 EP
KLÜBER	Kübersynth GEM 4-68 N	Kübersynth GEM 4-150 N	Kübersynth GEM 4-220 N	Kübersynth GEM 4-320 N	Kübersynth GEM 4-480 N
CASTROL		Optigear synth X 150	Optigear synth X 220	Optigear synth X 320	Optigear synth X 480

Voitelurasvat	Rasvavoidellut vaihteet	Rasvavoidellut laakerit
MOBIL	Mobilux EP 0	Mobilux EP 2
ESSO	Fibrax 370 EP	Beacon EP 2
SHELL	Alvania Grease GC 00	Alvania Grease RL 2
ARAL	Aralub FDP 0	Aralub HL2
BP	Energol LS EP 0	Energol LS EP 2
CASTROL	Longtime PD 0	Longtime PD 2

Liite 2. Sew vaihdemootoreiden voiteluaine suosituksukset

8



Tekniset tiedot  
Voiteluaineet

Voiteluainetaulukko

01 751 08 04

			ISO, NLGI							
R...	VG 220	CLP (CC)	VG 220	Mobilgear 600 XP 220	Shell Omala XP 220	BP Energol GR-XP 220	Kuberaol KL 220 N	Mecopa 220	Renolin CLP 220	Carter EP 220
K... (HK...)	VG 220	CLP PG	VG 220	Mobil Glygolyte 220	Shell Omala 34 WE 220	BP Energol 50-JP 220	Optiflex A 220	Optiflex A 220	Renolin PG 220	Carter SY 220
F...	VG 220	CLP HC	VG 220	Mobil SHC 530	Shell Omala 34 GX 220	BP Energol GEM 4-220 N	Optiflex X 220	Optiflex X 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 150	CLP HC	VG 150	Mobil SHC 529	Shell Omala 34 GX 150	BP Energol GEM 4-150 N	Optiflex X 150	Optiflex X 150	Renolin Uusayn CLP 150	Carter SH 150
	VG 150	CLP (CC)	VG 150	Mobilgear 600 XP 150	Shell Omala 32 G 150	BP Energol GR-XP 150	Mecopa 150	Optiflex BM 100	Renolin Uusayn CLP 150	Carter EP 150
	VG 68	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 526	Shell Omala 54 GX 68		Cetus PAO 46	Optiflex HY 32	Renolin Uusayn CLP 68	Dacris SH 32
	VG 32	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 524				Optiflex HY 32	Renolin Uusayn CLP 32	
S... (HS...)	VG 680	CLP (CC)	VG 680	Mobilgear 600 XP 680	Shell Omala 32 G 680	BP Energol GR-XP 680	Mecopa 680	Optiflex BM 680	Renolin SEW 680	Carter EP 680
	VG 460	CLP PG	VG 460	Mobilgear 600 XP 460	Shell Omala 34 WE 460	BP Energol 50-JP 460	Synkuba CLP 460	Optiflex A 460	Renolin PG 460	
	VG 460	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 534	Shell Omala 54 GX 460		Pinnacle EP 460	Optiflex A 460	Renolin Uusayn CLP 460	
	VG 150	CLP HC	VG 150	Mobil SHC 529	Shell Omala 54 GX 150		Pinnacle EP 150	Optiflex X 150	Renolin Uusayn CLP 150	Carter SH 150
	VG 150	CLP (CC)	VG 150	Mobilgear 600 XP 150	Shell Omala 32 G 150	BP Energol GR-XP 150	Mecopa 150	Optiflex BM 150	Renolin Uusayn CLP 150	Carter EP 150
R...K... (HK...), F...S... (HS...)	VG 220	CLP PG	VG 220	Mobil Glygolyte 220	Shell Omala 34 WE 220	BP Energol 50-JP 220	Synkuba CLP 220	Optiflex A 220	Renolin CLP 220	Carter SY 220
	VG 68	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 530	Shell Omala 34 GX 68			Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 68	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 526				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 32	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 524				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
W... (HW...)	VG 460	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 534			Cetus PAO 46	Alphayn T32	Renolin Uusayn CLP 32	Dacris SH 32
	VG 460	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 526				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 32	
	VG 220	CLP HC	VG 220	Mobil SHC 530				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 32	
	VG 68	CLP HC	VG 68	Mobil SHC 526				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 32	
	VG 460	CLP HC	VG 460	Mobil SHC 534				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 32	
PS.F...	VG 220	CLP PG	VG 220	Mobilgear 600 XP 220	Shell Omala 34 WE 220	BP Energol 50-JP 220		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 460	CLP PG	VG 460	Mobilgear 600 XP 460	Shell Omala 34 WE 460	BP Energol 50-JP 460		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 220	CLP PG	VG 220	Mobilgear 600 XP 220	Shell Omala 34 WE 220	BP Energol 50-JP 220		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 460	CLP PG	VG 460	Mobilgear 600 XP 460	Shell Omala 34 WE 460	BP Energol 50-JP 460		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
PS.C...	VG 220	CLP (CC)	VG 220	Mobilgear 600 XP 220	Shell Omala 34 WE 220	BP Energol 50-JP 220		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 460	CLP (CC)	VG 460	Mobilgear 600 XP 460	Shell Omala 34 WE 460	BP Energol 50-JP 460		Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 220	DIN 51 818	00	Mobil EP 504				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 220	DIN 51 818	1	Mobil EP 504				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 32	CLP HC	VG 32	Mobil SHC 524				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
BS.F...	VG 220	CLP PG	VG 220	Mobil SHC 534				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	
	VG 460	CLP PG	VG 460	Mobil SHC 534				Optiflex A 220	Renolin Uusayn CLP 220	

2845002123