

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Energiatekniikan ko. / käyttö ja käynnissäpito

Niko Spets

TALTEENOTTOLAITOKSEN VOITELUTÖIDEN HALLINTA

Opinnäytetyö 2014

# TIIVISTELMÄ

## KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

### Energiatekniikan koulutusohjelma

SPETS, NIKO	Talteenottolaitoksen voitelutöiden hallinta
Opinnäytetyö	53 sivua + 10 liitesivua
Työn ohjaaja	Lehtori Jaakko Laine
Toimeksiantaja	UPM Kymmene Oyj, Kymi
Huhtikuu 2014	
Avainsanat	voitelu, voiteluaine, voiteluhuolto, kunnossapito

Voiteluhuolto on yksi ehkäisevän kunnossapidon tärkeimmistä osa-alueista, sillä varmistetaan tuotantolaitoksen häiriötön käynti ja maksimaalinen tuotanto. Voitelutöiden hyvä hallittavuus takaa voitelun toimivuuden koko laitteiden elinkaaren ajan.

Tämä opinnäytetyö on tehty UPM-Kymmene Oyj Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitokselle. Opinnäytetyön tavoitteena oli kartoittaa voiteluhuollon tilanne talteenottolaitoksessa ja kehittää voitelutöiden hallintaa. Päämääränä oli luoda SAP-toiminnanohjausjärjestelmään voitelutyöt toimintopaikkakohtaisesti seikkaperäisine työohjeineen ja mahdollisuuksien mukaan järkevinä kierrosluontoisina työkokonaisuuksina.

Voitelutila kartoitettiin kokoamalla laitekohtaisesti voitelun kannalta tärkeimmät tiedot yhteen. Haastattelujen ja erilaisten dokumenttien pohjalta kerättyjen tietojen perusteella tehtiin töiden suunnittelu ja laadittiin työohjeet. Suunniteltujen töiden ja ohjeiden pohjalta SAP-järjestelmään luotiin laitekohtaiset voiteluhuoltosuunnitelmat. Työ käsittelee myös voitelun ja kunnossapidon teoriaa, johon tukeuduttiin koko työn ajan. Työssä käsitellään vaiheittain voitelutöiden hallinnan kehittämisprosessi.

Työn tuloksena Kymin sellutehtaan talteenottolaitoksen voitelutyöt on kartoitettu ja suunniteltu laitekohtaisesti siten, että voitelutöiden hallittavuus ja tekeminen on selkeää. Järjestelmään luodut työkokonaisuudet mahdollistavat voitelutöiden toteuttamisen suunnitelmallisesti ja tehokkaasti kaikki resurssit hyödyntäen.

## ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Energy Engineering

NIKO SPETS

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

April 2014

Keywords

Lubrication Maintenance Management of a Recovery Plant

53 pages + 10 pages of appendices

Jaakko Laine, Senior Lecturer

UPM-Kymmene Oyj, Kymi

lubrication, lubricant, maintenance

Lubrication is one of the most important parts of the preventive maintenance. Lubrication allows good running conditions for the equipment and ensures trouble-free manufacture. To avoid failure of the lubrication of the equipment, the management of the lubrication maintenance must perform well.

This bachelor's thesis was made to the UPM-Kymmene Kymi pulp mill's recovery plant. The goal of the thesis was to chart the situation of the lubrication maintenance in the recovery plant and improve the management of the lubrication maintenance. The aim was to draft work instructions for the lubrication maintenance tasks and create the lubrication maintenance plan for the recovery plant. The lubrication maintenance plans were to be generated and incorporated in the SAP enterprise resource planning software.

The situation of the lubrication was compiled in Excel tables by collecting information from all machine positions. The information was collected by interviewing staff, collecting documents of the lubrication and exploring recommendations of machine manufacturers. When all information was collected, the lubrication maintenance planning started. Finally, maintenance plans and collected data were entered to SAP software. This thesis also deals with the theory of the maintenance and the lubrication.

The goal of the thesis was accomplished. The lubrication maintenance plans were made carefully and all data has been entered in to the SAP software. The lubrication maintenance is clearly manageable in the recovery plant and lubrication tasks are in the software with all the necessary information. The lubrication maintenance plans in the software make resource planning easier and reduce possible errors.

# SISÄLLYS

## TIIVISTELMÄ

## ABSTRACT

1	JOHDANTO	7
2	UPM, KYMI	8
	2.1 UPM-Kymmene Oyj	8
	2.2 Kymi	8
	2.3 Kunnossapito-organisaatio	9
3	KEMIKAALIEN TALTEENOTTOLAITOS	10
	3.1 Talteenottolaitos	10
	3.2 Kemikaalikierto	11
	3.2.1 Haihduttamo	11
	3.2.2 Soodakattila	11
	3.2.3 Kaustistamo	11
	3.2.4 Meesauuni	12
	3.3 Kymin talteenottolaitos	12
4	KUNNOSSAPITO	13
	4.1 Kunnossapito	13
	4.2 Vikaantuminen	14
	4.2.1 Vika	14
	4.2.2 Vikaantuminen	14
	4.2.3 Vikaantumisen syyt	14
	4.3 Kunnossapidon lajit	15
	4.3.1 Ehkäisevä kunnossapito	16
	4.3.2 Korjaava kunnossapito	17
	4.3.3 Parantava kunnossapito	17
	4.4 Kunnossapidon suunnittelu	18
	4.5 Kunnossapidon toimintamallit	19
	4.5.1 TPM	20

4.5.2 RCM	21
5 VOITELU	21
5.1 Voitelu	21
5.2 Voitelu mekanismit	22
5.2.1 Nestevoitelu	23
5.2.2 Raja- ja sekavoitelu	24
6 VOITELUAINHEET	25
6.1 Voiteluaineiden peruskäsitteet	25
6.2 Voiteluöljyt	28
6.2.1 Mineraaliöljyt	28
6.2.2 Synteettiset voiteluaineet	28
6.2.3 Kasviöljyt	29
6.3 Voitelurasvat	29
6.3.1 Voitelurasvojen perusöljyt	30
6.3.2 Saentimet	30
6.4 Kiinteät voiteluaineet	31
6.5 Lisäaineet	31
6.5.1 Tärkeimmät lisäainelajit	32
6.6 Voiteluaineet talteenottolaitoksessa	33
6.7 Voiteluaineiden epäpuhtaudet	34
7 VOITELUTAVAT	36
7.1 Automaattivoitelu	36
7.2 Fyysinen voitelu	40
7.3 Kestovoitelu	41
7.4 Voitelutöiden hallinta	41
7.4.1 Tietojärjestelmät	42
8 TALTEENOTTOLAITOKSEN VOITELUTÖIDEN HALLINNAN KEHITTÄMINEN	42
8.1 Työnkulku	43
8.2 Lähtökohdat	43
8.3 Tiedonkeruu ja taulukointi	44

8.4 Työsuunnittelu	45
8.4.1 Voitelukierrokset	45
8.4.2 Yksittäiset voitelutyöt	47
8.5 Töiden luonti SAP- järjestelmään	47
8.6 Järjestelmän hallinta	48
8.7 Käyttöönotto ja koulutus	49
8.8 Havaintoja ja kehitysehdotuksia	49
9 YHTEENVETO	50
LÄHTEET	52
LIITTEET	
Liite 1. Keskusvoitelujärjestelmien järjestelmäkaaviot	
Liite 2. Esimerkki Excel-tiedonkeruutaulukosta	
Liite 3. Esimerkki työsuunnittelusta Excel-taulukossa	
Liite 4. Huoltosuunnitelma näkymä SAP-järjestelmässä	
Liite 5. Työtilaus SAP-järjestelmässä	
Liite 6. Työtilaustuloste	

## 1 JOHDANTO

Voitelu on yksi tärkeimmistä ehkäisevän kunnossapidon osa-alueista. Hyvin suunnitellulla ja tehdyllä voiteluhuollolla on suuri merkitys tuotantolaitoksen käyttövarmuudelle. Voitelun pettäessä kustannukset voivat laitteiden vikaantumisesta aiheutuvien tuotannonmenetysten johdosta nousta korkeiksi.

Tämän opinnäytetyön aiheena on kehittää UPM-Kymmene Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitoksen voitelutöiden hallintaa. Kymin kemikaalien talteenottolaitos valmistui vuonna 2008, jonka jälkeen voitelutöiden hallittavuuteen ei ole osittain resurssipulan takia kyetty panostamaan riittävästi. Kemikaalien talteenottolaitoksen laitekanta koostuu pääosin keskipakopumpuista, sekoittimista, puhaltimista ja kuljettimista, joiden toimintakyvyn ylläpito on prosessin kannalta erittäin tärkeää. Talteenottolaitoksen noin 1600 toimintopaikasta yli 560 toimintopaikkaa on voitelun piirissä ja niistä suurin osa sisältää useita voitelukohteita. Voitelutöiden hallittavuus on suuresta laitekannasta johtuen kiinnitettävä huomiota.

Työn tavoitteena on tehdä talteenottolaitoksen voiteluhuollon nykytilan kartoitus ja sen pohjalta kehittää voiteluhuollon hallittavuutta. Tavoitteena on kartoittaa ja suunnitella voitelijoille kierrosluontoisesti tehtävät työt, joista muodostetaan toimivia työkonaisuuksia. Lisäksi tavoitteena on kartoittaa yksittäiset määräaikaistyöt kuten öljynvaihdot. Tärkeä osa töiden suunnittelua on seikkaperäisten työohjeiden laatiminen kaikkine voitelua koskevina tietoineen.

Töiden hallittavuuden kehittämisen lopullinen päämääränä on luoda SAP-toiminnanohjausjärjestelmään suunniteltujen töiden pohjalta toimintopaikkakohtaiset voiteluhuoltosuunnitelmat työohjeineen. Huoltosuunnitelmat järjestelmässä mahdollistavat töiden viikkosuunnittelun ja resurssienhallinnan sekä parantavat kunnossapitotoimien hallittavuutta kaikilla organisaation tasoilla.

Työssä käsitellään kunnossapidon ja voitelun teoriaa, johon tämä työ perustuu. Lähteinä on käytetty alan kirjallisuutta ja UPM Kymin kunnossapito-organisaatiolta saatuja tietoja. Työn taustalla on myös omia havaintojani ja kokemuksiani, joita olen saanut työskennellessäni kesällä 2013 UPM Kymin sellutehtaan kuitulinjalla mekaanisen kunnossapidon työnjohtajana.

## 2 UPM, KYMI

### 2.1 UPM-Kymmene Oyj

UPM-Kymmene Oyj on yksi maailman suurimpia metsäteollisuusyhtiöitä. Yhtiö syntyi kun Yhtyneet paperitehtaat Oy ja Kymmene Oy fuusioituivat vuonna 1996. Yhtiön yleisesti tunnettu nimitys on UPM. UPM koostuu kuudesta eri liiketoiminta-alueesta: energia, sellu, paperi, metsä ja sahat, tarrat sekä vaneri. Vuonna 2012 UPM-Kymmene Oyj:n liikevaihto oli 10,4 miljardia euroa. (1.)

UPM:llä on yhteensä neljä nykyaikaista sellutehdasta, joista kolme sijaitsee Suomessa ja yksi Uruguayssa. Sellutehtaiden tuotantokapasiteetti on yhteensä 3,2 miljoonaa tonnia vuodessa. Lisäksi sellutehtaat tuottavat energiaa kemikaalien talteenottolaitosten soodakattiloissa polttamalla sellunvalmistuksen yhteydessä syntyvää mustalipeää. (2.)

Paperitehtaita UPM:llä on 21 kappaletta, ne sijaitsevat Euroopassa, Kiinassa ja Yhdysvalloissa. Tehtaista kuusi sijaitsee Suomessa. Paperitehtaiden yhteenlaskettu tuotantokapasiteetti on noin 12,2 miljoonaa tonnia vuodessa. (2.)

Energiaa UPM tuottaa vesivoimalla, lauhdevoimalla ja ydinvoimalla. Vuonna 2012 UPM tuotti yhteensä 9,5 TWh sähköä. Energian ja selluntuotanto olivat vuonna 2012 UPM:n tuloksellisesti vahvimmat liiketoiminta-alueet. (2.)

### 2.2 Kymi

UPM-Kymmene Oyj Kymi sijaitsee Kuusankoskella, Kouvolassa. Se on niin sanottu tehdasintegraatti, joka muodostuu paperi- ja sellutehtaasta. Vuonna 2008 sellutehtaan yhteyteen valmistunut uusi kemikaalien talteenottolaitos mahdollistaa Kymin hyvän energiatehokkuuden sekä minimoi päästöt. (3.)

Kymin sellutehdas koostuu kuorimosta, kahdesta kuitulinjasta, kuivauskoneesta ja kemikaalien talteenottolaitoksesta. Sellutehdas tuottaa kuitulinjoillaan lyhytkuituista lehtipuusellua koivusta (BHKP – bleached hardwood kraft pulp), sekä pitkäkuituista havupuusellua männystä ja kuusesta (BSKP – bleached softwood kraft pulp). Sellutehtaan tuotantokapasiteetti on noin 570 000 tonnia sellua vuodessa. Kymin oma paperitehdas käyttää sellusta osan ja loput myydään koti- ja ulkomaan markkinoille. (3.)



Kemikaalien talteenottolaitoksessa otetaan talteen sellun keittoprosessissa käytetyt kemikaalit ja samalla mukaan liuennut puuaines eli lingiini poltetaan ja lämpö käytetään prosessihöyryn ja energian tuottamiseen. Tuotettu energia hyödynnetään integraatin eri tuotantolaitoksissa ja osa tuotetusta sähköstä myydään markkinoilla. Vuonna 2008 valmistunut uusi kemikaalien talteenottolaitos mahdollistaa Kymin hyvän energiatehokkuuden sekä minimoi päästöt. (3.)

Kymin paperitehtaaseen kuuluu paperikoneet PK8 ja PK9, päällystyskone ja arkkisali, jotka tuottavat päällystettyä ja päällystämätöntä hienopaperia (WFC, WFU). Koneiden tuotantokapasiteetti on yhteensä n.830 000 tonnia vuodessa. (3.)

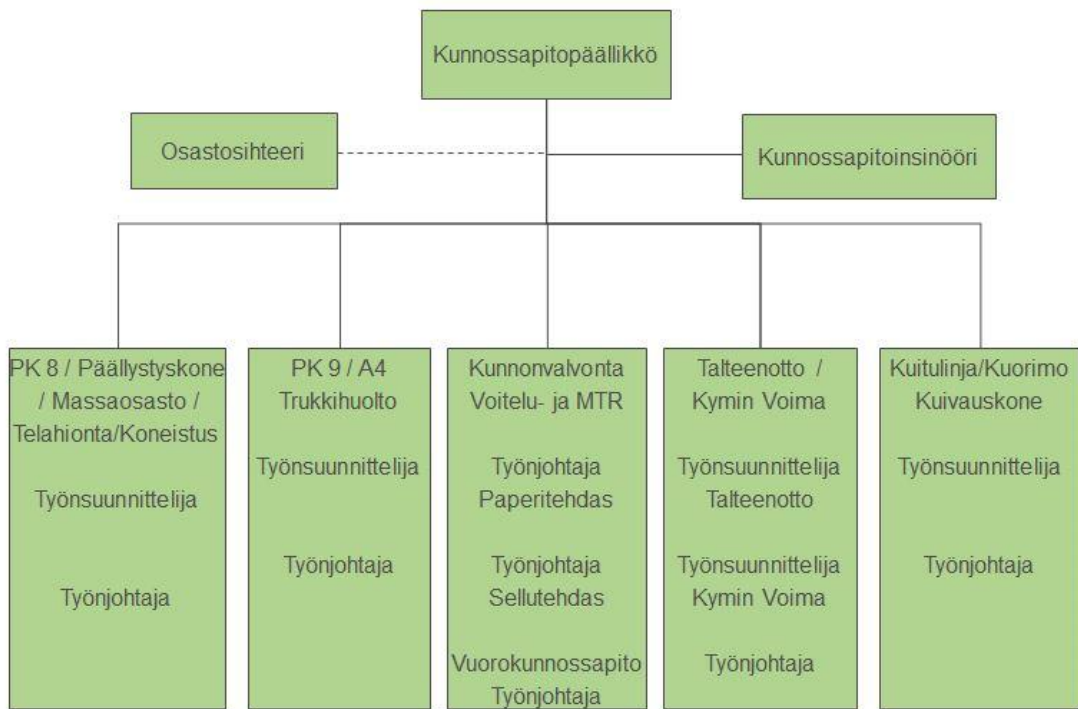
Lisäksi Kymin integraatin alueella sijaitsee Kymin Voima Oy:n biovoimalaitos sekä biologinen jätevedenpuhdistamo, jossa käsitellään kaikkien tehdasalueella sijaitsevien tuotantolaitosten jätevedet. (3.)

### 2.3 Kunnossapito-organisaatio

Kymin kunnossapito-organisaatio on jaettu mekaaniseen kunnossapitoon ja automaatio kunnossapitoon. Molemmilla osastoilla on oma kunnossapitopäällikkönsä, joiden alaisuudessa toimii työsuunnittelijoita ja työnjohtajia. Kuvassa 1. on esitetty mekaanisen kunnossapidon organisaatiokaavio.

Mekaaninen kunnossapito on jaettu alueisiin, joissa jokaisessa on oma työsuunnittelija ja työnjohtaja. Sellutehdas on jaettu kahteen alueeseen, kuitulinjaan ja talteenotto laitokseen. Kuitulinjan kunnossapito-osasto vastaa kuitulinjoista sekä sellunkuivauskoneesta, kuorimosta ja jätevesilaitoksesta. Talteenottolaitoksen kunnossapito-osasto vastaa talteenottolaitoksen, Kymin Voiman ja vesilaitoksen kunnossapidosta. Paperitehdas on jaettu PK8-alueeseen ja PK9-alueeseen. Vuorokunnossapito on oma ryhmänsä, jolla on oma työnjohtaja.

Kunnonvalvonnasta ja voitelusta vastaavat omat työnjohtajat sellutehtaan ja paperitehtaan alueilla. Sellutehtaalla kunnonvalvojat toimivat sekä talteenoton että kuitulinjan alueella, mutta voitelijat ovat molemmissa omansa. Talteenottolaitoksessa on kaksi voitelijaa, joilla on omat alueensa. Talteenottolaitoksen lisäksi toisen voitelijan alueeseen kuuluu vesilaitos ja toisen Kymin Voima.



Kuva 1. Kymin mekaanisen kunnossapidon organisaatiokaavio (UPM)

### 3 KEMIKAALIEN TALTEENOTTOLAITOS

#### 3.1 Talteenottolaitos

Sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitoksella mahdollistetaan hyvä energiatehokkuus ja minimoidaan päästöt. Talteenottolaitoksen tarkoituksena on ottaa talteen sellun keittoprosessissa syntyvästä mustalipeästä keittokemikaalit ja käsitellä ne uudelleen käytettäväksi. Samalla mustalipeästä poltetaan siihen liuennut puuaines ja lämpö käytetään energian tuottamiseen. Ilman talteenottolaitosta sellutehdas ei olisi kannattava. Teoriassa sellutehtaan yhteydessä toimiva kemikaalien talteenottolaitos mahdollistaa täysin suljetun kemikaalikierron ja tuottaa tarvittavan energian. Käytännössä prosessissa esiintyvät häviöt eivät kuitenkaan mahdollista täysin omavaraista kemikaalikiertoa.

Kemikaalien talteenottolaitos koostuu pääosin haihuttamosta, soodakattilasta, höyryturbiinista, kaustistamosta ja meesauunista. Lisäksi talteenottolaitokseen kuuluu hajukaasukattila, mäntyöljykeittäjä sekä apukattila.(4.)

## 3.2 Kemikaalikierto

### 3.2.1 Haihduttamo

Sellun keittoprosessissa syntyy mustalipeää, kun keittovaiheessa puusta liukenee orgaanisia yhdisteitä kuten lingiiniä ja keittoliuoksessa käytettyjä kemikaaleja. Kun mustalipeä on kuitulinjalla erotettu massasta, se johdetaan haihduttamolle.

Haihduttamon päätarkoituksena on nostaa mustalipeän kuiva-ainepitoisuus soodakattilan polttoon sopivaksi. Kuitulinjalta tulevan mustalipeän kuiva-ainepitoisuus on noin 15 %. Haihduttamossa mustalipeästä haihtuu vettä ja sen kuiva-ainepitoisuus nostetaan noin 85 %:iin. Lisäksi haihduttamossa mustalipeästä erotellaan suopa ja haihtumisessa vapautuva metanoli. (4.)

### 3.2.2 Soodakattila

Haihduttamosta mustalipeä johdetaan soodakattilaan, jonka tarkoituksena on erottaa mustalipeästä keittokemikaalit ja polttaa orgaaninen aine. Syntynyt lämpö käytetään höyryn tuottamiseen. Soodakattila toimii siis samalla prosessilaitteena ja höyrykattilana. (4.)

Mustalipeää poltettaessa kattilassa siitä palaa keittovaiheessa liennut lingiini lämmöksi. Tulipesän pohjalla oleviin sularänneihin valuu kemikaalisula, joka sisältää natriumsulfidia, natriumkarbonaattia ja natriumsulfaattia. Kemikaalisula johdetaan liuotussäiliöön, johon johdetaan laihavalkolipeää, näin syntyy raakaviherliperä. (4.)

Syntynyt lämpö käytetään höyryn tuottamiseen, höyry tulistetaan ja korkeapainehöyry johdetaan turbiiniin, joka pyörittää generaattoria tuottaen sähköä. Kaikkea höyryn tehoa ei käytetä sähkön tuottamiseen vaan osa käytetään prosessihöyrynä. (4.)

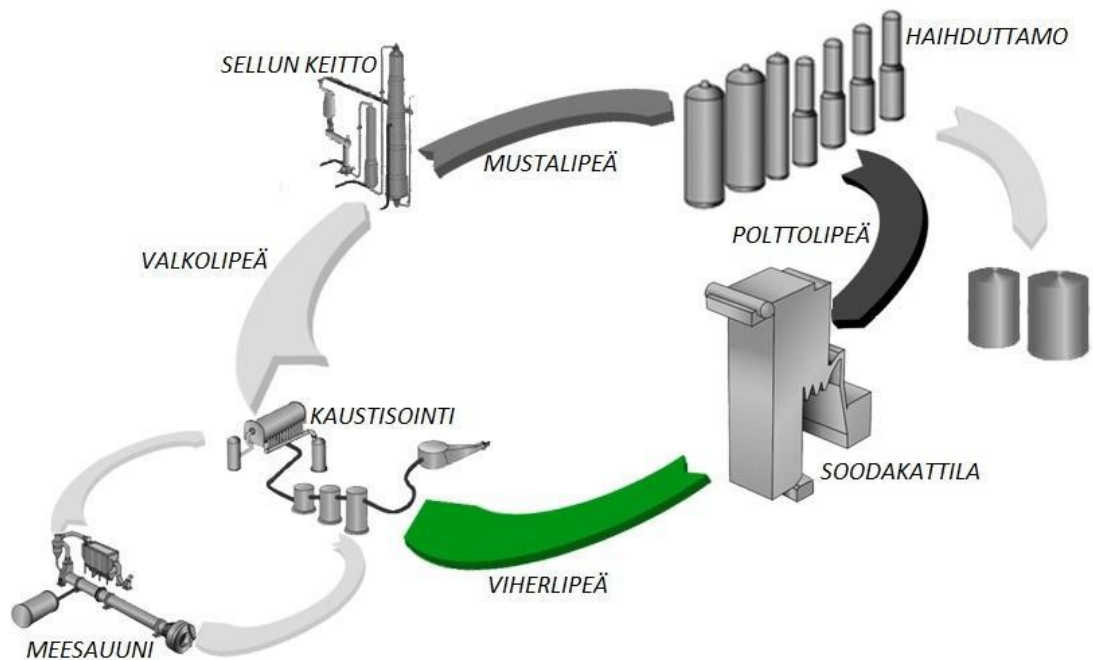
### 3.2.3 Kaustistamo

Kaustistamossa viherliperän sisältämä soodakattilasta tullut natriumkarbonaatti muutetaan keittoprosessissa käytettäväksi natriumhydroksidiksi.

Raakaviherlipeästä poistetaan epäpuhtaudet suodattamalla. Syntynyt viherlipeä pumpataan varastosäiliöön ja sieltä edelleen kalkin sammuttimeen, johon syötetään sammuttamatonta kalkkia eli natriumoksidia. Kalkin sammuttimessa kalsiumoksidi ja natriumkarbonaatti alkavat reagoida, jolloin natriumoksidi muuttuu keitossa käytettäväksi natriumhydroksidiksi. Kalsiumoksidi muuttuu kalsiumkarbonaatiksi eli meesaksi. Reaktio vaatii aikaa, joten sitä jatketaan erillisissä kaustisointisäiliöissä. Lopuksi meesa erotetaan syntyneestä valkolipeästä. Näin se on valmista käytettäväksi sellun keittoprosessissa. (4.)

### 3.2.4 Meesauuni

Valkolipeästä erotettu kalsiumkarbonaatti eli meesa kuivatetaan ja poltetaan meesauunissa. Poltossa kalsiumkarbonaatti muuttuu jälleen kalsiumoksidiksi, joka voidaan käyttää valkolipeän valmistukseen kaustisoinnissa. (4.) Kuvassa 12. on havainnollistettu koko kemikaalikierron periaate.



Kuva 2. Kemikaalikierto (4.)

### 3.3 Kymin talteenottolaitos

Vuonna 2008 Kymille valmistui uusi nykyaikainen talteenottolaitos, joka korvasi kaksi vanhaa vuosina 1964 ja 1976 valmistunutta kemikaalien talteenottolinjaa. Uusi talteenottolaitos mahdollistaa Kymin hyvän energiaomavaraisuuden, tuotannontehok-

kuuden ja päästöjen minimoimisen. Uuden talteenottolaitoksen myötä Kymin tehdasintegraatti on energiatehokkuudeltaan maailman huippuluokkaa ja päästöiltään alan pienimpiä. Kuvassa 3. näkyy UPM Kymin talteenottolaitoksen soodakattilarakennus ja savupiippu.



Kuva 3. Kymin talteenottolaitos maaliskuussa 2014 (kuva: Niko Spets)

## 4 KUNNOSSAPITO

### 4.1 Kunnossapito

Suomen standardisoimisliitto SFS ry määrittelee kunnossapidon seuraavasti: ”*Kunnossapito: Kaikki koneen elinjakson aikaiset tekniset, hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa koneen toimintakyky sellaiseksi, että kone pystyy suorittamaan halutun toiminnon*” (SFS-EN 13306:2010)

Nykykäsityksen mukaan kunnossapito on osa tuotanto-omaisuuden hallintaa, joka kuuluu sekä kunnossapitäjille että käyttöhenkilökunnalle. Kunnossapito pitää sisällään laitteiden tuottokyvyn ylläpitämistä, säätämistä, säilyttämistä ja kehittämistä. (5, 19.)

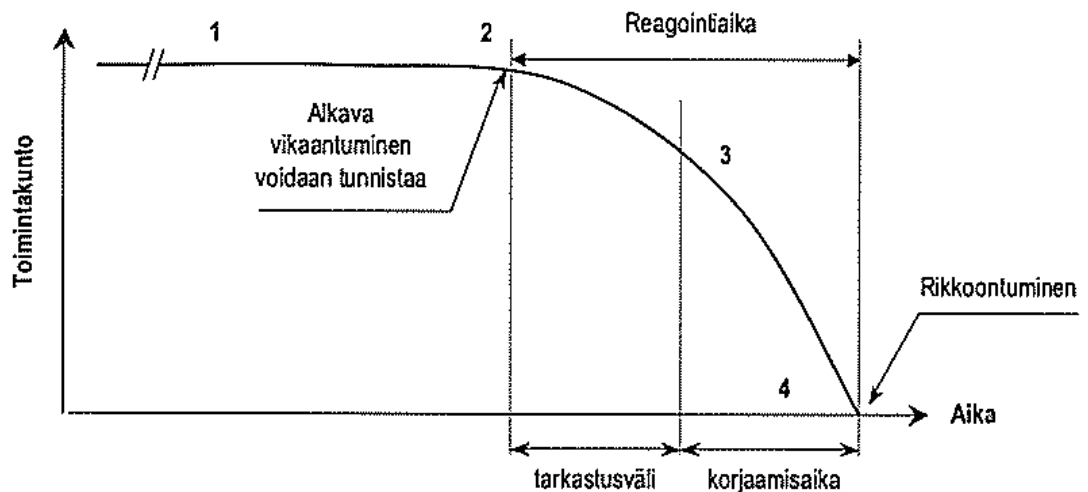
## 4.2 Vikaantuminen

### 4.2.1 Vika

Vialla tarkoitetaan tilaa, jossa kone tai laite ei kykene suorittamaan sille määrättyä toimintoa. Vika on aina seurausta vikaantumiselle. Vika voi olla häiriö tai vaurio. Häiriössä laite ei ole rikki, mutta vaatii silti välittömiä toimenpiteitä ja aiheuttaa usein tuotannon menetyksiä. Vauriossa kohde on rikki aiheuttaen korjaustoimenpiteitä ja mahdollisia tuotannon menetyksiä. (5, 67.)

### 4.2.2 Vikaantuminen

Vikaantuminen on tapahtuma, jonka seurauksena on vika, eli kone tai laite menettää toimintakykynsä. Vikaantuminen voi kehittyä hitaasti antaen aikaa reagoida, jotta mahdollinen laitteen hallitsematon rikkoontuminen voidaan välttää. Tämä edellyttää, että alkava vikaantuminen havaitaan riittävän ajoissa kunnonvalvontamenetelmillä. Kuva 4. kuvastaa vikaantumisen vaihteita ja reagointiaikaa. Vikaantuminen voi olla myös nopea, aiheuttaen laitteen rikkoontumisen jolloin vikaantumiseen ei päästä kärsiksi riittävän ajoissa. (5, 67 - 75.)



Kuva 4. Vikaantumisen vaiheet (5.)

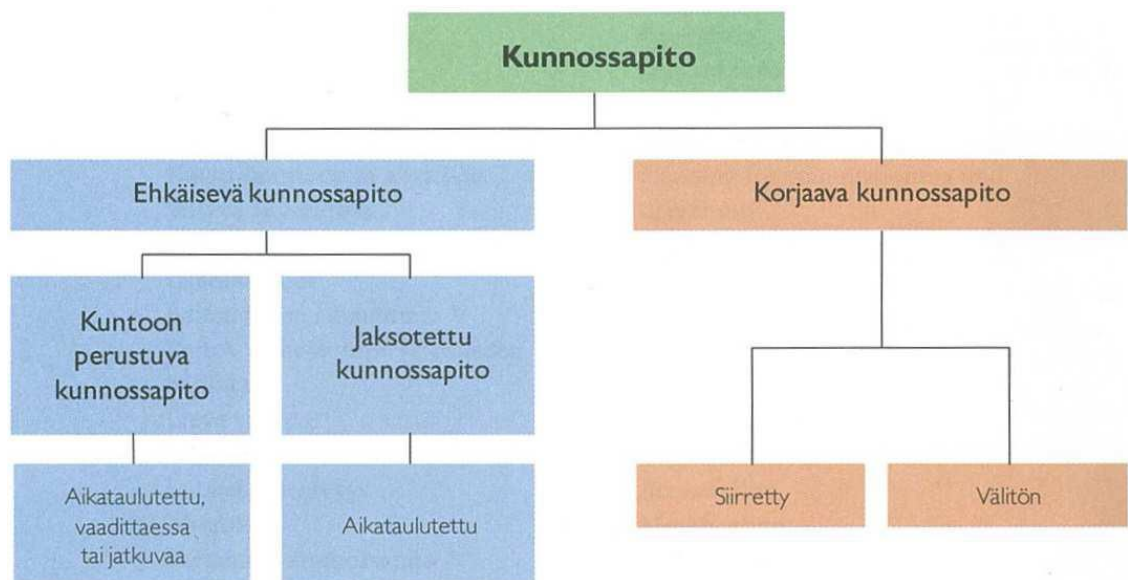
### 4.2.3 Vikaantumisen syyt

Vikaantuminen johtuu usein jostakin muusta syystä kuin laitteen suunnittelusta tai sen kestävydestä. Vikaantumisen syyt ovat usein peräisin laitteen ulkopuolelta. Laitteen

käyttötapa on erilainen, kuin mihin se on suunniteltu, laitetta ei osata käyttää oikein tai laitteesta ei välitetä, vaan se ajetaan tahallisesti vikaantumiseen asti. Käyttäjien ja kunnossapitäjien ammattitaidolla voi olla myös vaikutusta, tarkastuksissa alkavia oireita ei huomata tai laitteita huolletaan väärin. Laitteen ikääntyessä sen toimintakyvyn heikkenemiseen ei välttämättä kiinnitetä huomiota ja vikaantuminen jatkuu laiterikoon saakka. Edellä mainittujen asioiden havainnointiin siisteydellä on suuri merkitys. Laitteiden ollessa epäjärjestyksestä johtuen piilossa tai jatkuvasti altistettuna epäpuhtaudelle, ne myös altistetaan epäpuhtauksista johtuville vikaantumismekanismeille. Vallitsevat käyttöolosuhteet voivat myös muuttua huomaamatta, jolloin laite joutuu toimimaan alueella, johon sitä ei ole suunniteltu. (5, 81.)

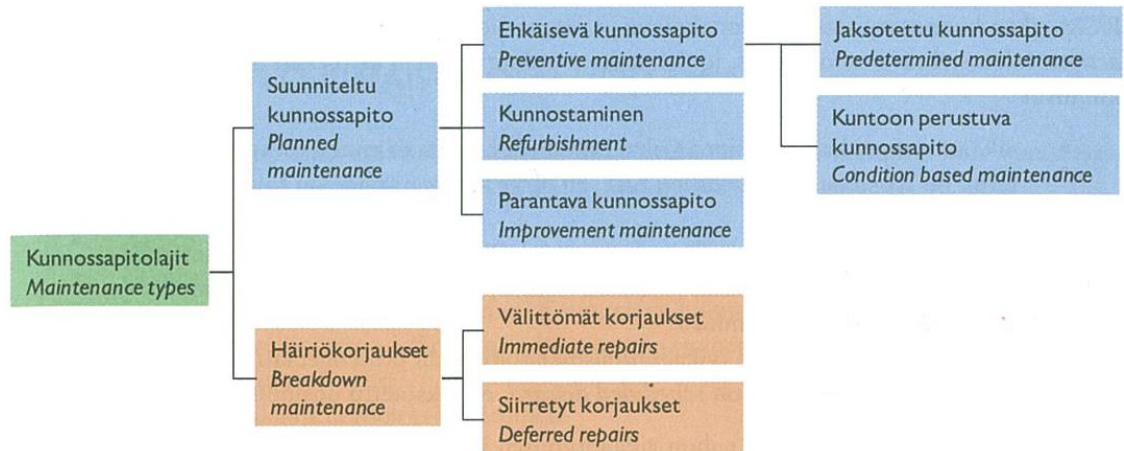
### 4.3 Kunnossapidon lajit

Kunnossapito jaetaan eri standardien mukaan. SFS-EN 13306:2010 jakaa kunnossapidon ehkäisevään ja korjaavaan kunnossapitoon (kuva 5). Näin kunnossapitoa ajatellaan vikaantumisen näkökulmasta. Kaikki ne toimenpiteet, joita tehdään vian välttämiseksi tai ennen vian aiheuttamaa laitteen toimintakyvyn menettämistä, luokitellaan ehkäisevään kunnossapitoon. Korjaavaan kunnossapitoon luokitellaan vian aiheuttamien häiriöiden välittömät ja siirretyt korjaus toimenpiteet. (5, 46- 47.)



Kuva 5. Kunnossapidon lajit SFS- EN 13306:2010 (5.)

PSK 6201:2011 standardin mukaan kunnossapito jaetaan suunniteltuun kunnossapitoon ja häiriökorjauksiin (kuva 6). Suunniteltu kunnossapito pitää sisällään ehkäisevän kunnossapidon sekä kunnostamisen ja parantavan kunnossapidon. (5, 46- 47.)



Kuva 6. Kunnossapidon lajit PSK 6201:2011 (5.)

#### 4.3.1 Ehkäisevä kunnossapito

Ehkäisevän kunnossapito on aikataulutettua, jatkuvaa tai tarpeen mukaan tehtävää kunnossapitotoimintaa. Ehkäisevällä kunnossapidolla pyritään vähentämään vikaantumisten todennäköisyyttä tai koneiden ja niiden osien toimintakyvyn heikkenemistä. (5, 50.)

Ehkäisevä kunnossapito pitää sisällään:

- Vikaantumisiin johtavien syiden ja olosuhteiden tarkkailun
- Toimenpiteet, joilla pyritään varmistamaan koneen toimintakyky kuten voiteluhoolto ja koneen rakenteiden ylläpito (liitokset ja linjaukset)
- Puhtaanapidon
- Alkavien vikaantumisien havaitsemisen ja korjaamisen ennen vian aiheuttamaa kohteen toimintakyvyn heikkenemistä (5, 96.)



Voiteluhuolto on yksi ehkäisevän kunnossapidon tärkeimmistä osa-alueista. Rasvaus, öljynvaihdot, suodattimien vaihdot ja voiteluaineiden kunnonvalvonta ovat merkittävässä osassa koneiden, laitteiden ja niiden osien toimintakyvyn säilyttämisessä. Voiteluhuollon onnistumisen edellytyksenä on sen hyvä hallittavuus ja suunnitelmallisuus.

Kun tuotantolaitoksilta vaaditaan yhä enemmän ja parempia tuloksia edellyttää se myös koneilta ja laitteilta luotettavaa ja mahdollisimman häiriötöntä toimintaa. Tuotantolaitoksen jatkuvan toimintakyvyn ylläpitäminen nostaa ehkäisevän kunnossapidon merkittävään asemaan. Turvallisuuteen ja ympäristöön liittyviin asioihin on myös alettu kiinnittää aiempaa suurempaa huomiota, jolloin ehkäisevän kunnossapidon rooli korostuu myös. Mahdollinen turvallisuus tai ympäristö riski voi aiheutua esimerkiksi jonkin laitteen osan kulumisesta. Tällaiset riskit voidaan hallita hyvin suunnitellulla ehkäisevällä kunnossapidolla. (5, 97)

#### 4.3.2 Korjaava kunnossapito

Korjaavalla kunnossapidolla vikaantuvaksi todettu kohde korjataan takaisin toimintakuntoon. Korjaava kunnossapito pitää sisällään vian määrittämisen, paikallistamisen ja korjauksen, joko lopullisesti tai väliaikaisesti. Korjaava kunnossapito voi olla joko välitöntä tai siirrettyä riippuen kohteen luonteesta.

Korjaava kunnossapito on yleensä odottamatonta jonkin laitteen tai koneen osan äkillisestä vikaantumisesta johtuvaa työtä. Kohde voidaan korjata joko väliaikaisesti toimintakuntoon, palauttaa alkuperäiseen kuntoon tai vaihtaa kokonaan uuteen.(5, 51.)

Korjaava kunnossapito kohteessa tulee usein suunnittelemattomana kalliiksi esimerkiksi aiheuttaen yllättävän tuotantokatkoksen. Joissakin tilanteissa korjaava kunnossapito on kuitenkin halvin strategia. Jos jokin koneen osa ei vikaantuessaan välttämättä ole tuotantoprosessin kannalta kriittinen ja sen vaihto uuteen tai sen korjaaminen on helppoa ja halpaa, siihen ei kannata panostaa ennakoivasti.

#### 4.3.3 Parantava kunnossapito

Parantavalla kunnossapidolla tarkoitetaan kohteen luotettavuuden, kunnossapidettävyyden tai toiminnon parantamista. Parantava kunnossapito jakaantuu kolmeen osaan:

- Koneen osien vaihtaminen uudempiin ja esimerkiksi alkuperäisiä osia kestävämpiin komponentteihin, vaikka sillä ei ole suoranaista vaikutusta koneen toimintaan.
- Erilaisilla koneen rakenteiden uudelleensuunniteluilla ja korjauksilla voidaan parantaa koneen luotettavuutta ja parantaa kunnossapidettävyyttä muuttamatta kuitenkaan koneen toimintaa tai suorituskykyä.
- Modernisoinnilla tarkoitetaan toimenpiteitä, joilla muutetaan koneen toimintaa ja suorituskykyä paremmaksi. Modernisaatiolla voidaan uudistaa koko tuotantoprosessi tai osa siitä. Kun koneessa on elinikää jäljellä, mutta sillä ei kyetä markkinoiden vaatimaan tuotantomäärään tai sillä ei kyetä tuottamaan asiakkaan haluamaa tuotetta, modernisointi voi olla järkevämpi vaihtoehto kuin kokonaan uusi tuotantolaitos. Suuret modernisoinnit mielletään usein investointitöiksi eikä kunnossapidoksi. (5, 51)

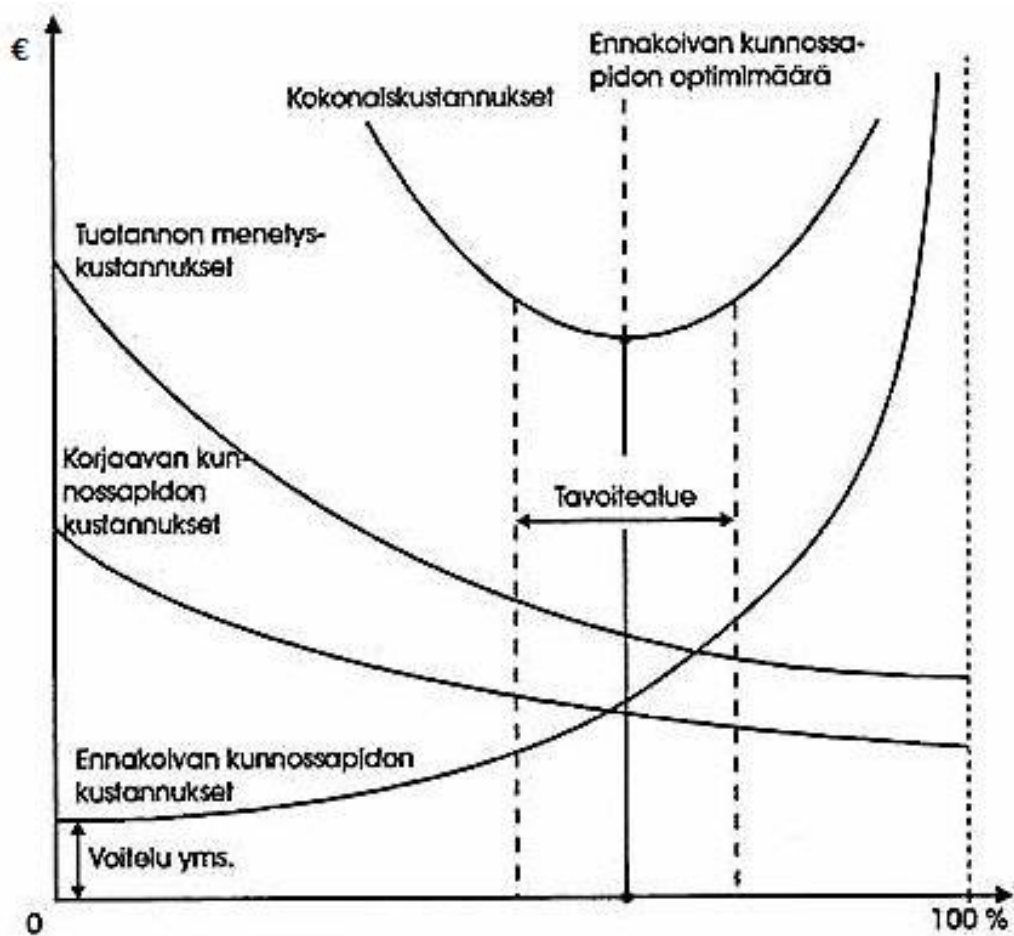
#### 4.4 Kunnossapidon suunnittelu

Jotta kunnossapito olisi mahdollisimman kustannustehokasta ja toimivaa sen suunnitteluun on panostettava huolellisesti. On selvítettävä kuinka kriittinen mikäkin laite on tuotantoprosessin kannalta. Tämän perusteella kullekin laitteelle laaditaan oma kunnossapitosuunnitelmansa. Kunnossapidon suunnittelun avuksi on olemassa erilaisia toimintamalleja.

Ehkäisevän kunnossapidon menetelmin laitteet kyetään pitämään toimintakunnossa, mutta liikaa tehtynä se on myös erittäin kallista. Kriittisimmille kohteille on perusteltua panostaa ehkäisevän kunnossapidon keinoin. Jatkuva laitteiden purkaminen ja huoltaminen ilman todellista tarvetta ei ole järkevää. Aina kun laite puretaan tarkastusta tai ennakkohuoltoa varten, se altistetaan epäpuhtauksille ja mahdollisille asennusvirheille koottaessa. Ehkäisevä kunnossapito on perusteltua aina kun sen aiheuttamat kustannukset ovat pienemmät kuin sen puutteen aiheuttamat vahingot ja menetykset sekä silloin, kun kohteelle sekä ehkäistävälle vikamuodolle on olemassa tehokas ennakkohuoltomenetelmä. (5, 97.)

Monesti on perustelua nojautua vain korjaavaan kunnossapitoon. Mikäli laite on helppo ja edullinen korjata esimerkiksi vaihtamalla vikaantunut osa uuteen ilman tuotanto prosessille aiheutuvaa haittaa se kannattaa korjata vasta kun kyseinen osa rikkoontuu.

Kuva 7. havainnollistaa hyvin miten ehkäisevään/ennakoivaan ja korjaavaan kunnossapitoon panostaminen vaikuttaa kokonaiskustannuksiin ja tuotannon menetyksistä aiheutuviin kustannuksiin. Ehkäisevään kunnossapitoon panostaminen on järkevää tiettyyn pisteeseen asti, mutta sen jälkeen kustannukset nousevat mutta saavutetut hyödyt ovat olemattomat. (5, 79.)



Kuva 7. Kunnossapidonkustannusten vaikutus (6.)

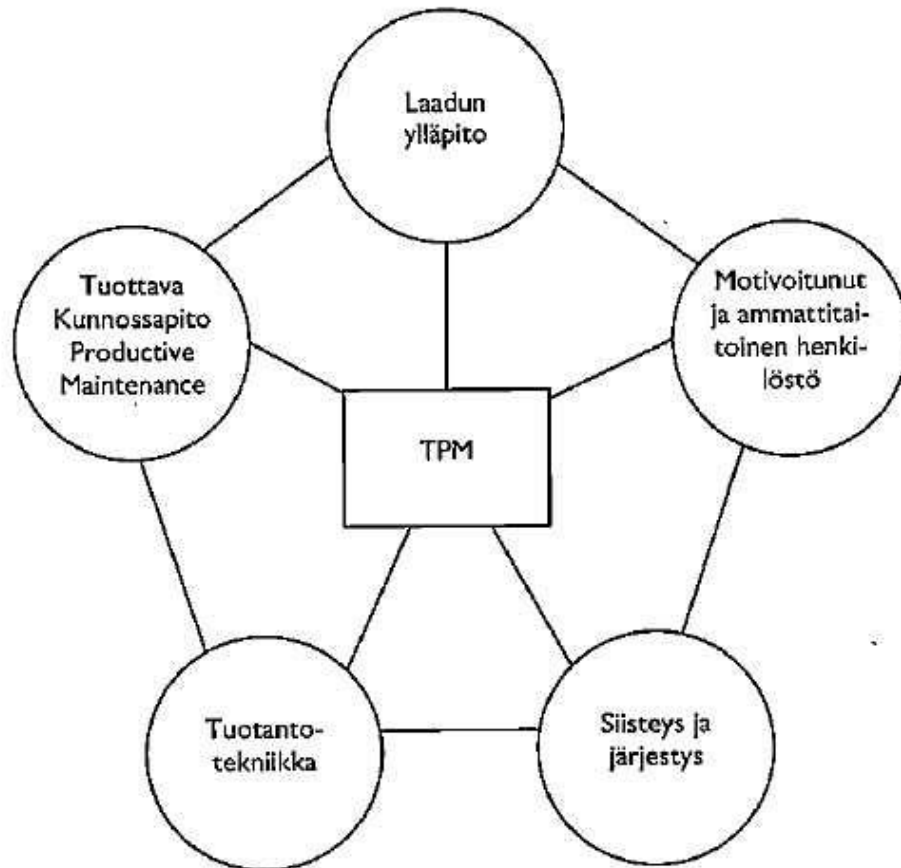
#### 4.5 Kunnossapidon toimintamallit

Kunnossapitoon on kehitetty erilaisia toimintamalleja, joita yritys voi käyttää omaa kunnossapitostrategiaa luodessaan. Käytetyimpiä toimintamalleja teollisuudessa ovat

tuottavan kunnossapidon malli eli TPM (Total Productive Maintenance) ja luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM (Reliability Centered Maintenance). (10, 70.)

#### 4.5.1 TPM

Tuottavan kunnossapidon malli TPM lähtee ajatuksesta, jossa tuotantolaitteille luodaan optimaaliset toimintaolosuhteet ja niitä ylläpidetään. TPM mallissa tavoitteena on minimoida vikaantumiset ja sitä kautta maksimoida häiriötön tuotanto, kunnossapito mielletään osaksi tuotantoprosessia. TPM prosessissa keskeisessä asemassa on koko henkilöstön sitoutuminen tuotantolaitteiden hoitoon. Henkilöstöä koulutetaan ja motivoidaan ylläpitämään laitteiden toimintakyky siisteydestä alkaen. Kuvassa 8. esitetään TPM ajattelutavan keskeisimmät tekijät. (10, 80.)



Kuva 8. Tuottavan kunnossapidon osatekijät (10, 80.)

## 4.5.2 RCM

Luotettavuuskeskeinen kunnossapito eli RCM on systemaattinen menetelmä jolla pyritään suunnitteleman kunnossapito siten, että sitä tehdään mahdollisimman vähän vaarantamatta kuitenkaan laitteiden toimintaa. RCM prosessissa priorisoidaan laitteet ja kohdistetaan kunnossapito kriittisimpiin laitteisiin laiminlyömättä kuitenkaan vähemmän kriittiseksi määriteltyjen laitteiden kunnossapitoa. RCM:n tavoitteena on myös tuntea laitteiden vikaantumismekanismit mahdollisimman hyvin, jotta kunnossapito olisi mahdollisimman tehokasta. RCM:n tavoitteena on vähentää turhaan tehtävää ehkäisevää kunnossapitoa, jossa laitteet vain altistetaan uusille vikaantumismekanismille. Mikäli laitteelle ei löydy järkevää ehkäisevän kunnossapidon menetelmää niille laaditaan valmiit ohjeet toiminnasta vikaantumisen tapahtuessa. Perusteellinen RCM- analyysin läpikäynti on usein raskas, joten joissain tapauksia RCM- menetelmää voidaan soveltaa vain tietyissä kriittisimmissä kohteissa. (10, 75 - 78.)

## 5 VOITELU

### 5.1 Voitelu

Voitelulla on merkittävä rooli tuotantolaitosten toiminnalle ja kustannus tehokkuudelle. Voitelu on tehokkain tapa vähentää toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen välistä kitkaa ja kulumista. Pintojen välille luotu voiteluainekalvo erottaa pinnat toisistaan, vähentäen kitkaa ja siitä johtuvia häviöitä, vähentää kulumista sekä vähentää kosketuksessa syntyvää lämpöä. Lisäksi voitelun avulla estetään epäpuhtauksien tulo kohteeseen ja kuljetetaan epäpuhtaudet kuten kulumishiukkaset pois kohteesta, vaimennetaan värähtelyä ja vähennetään korroosioita. (7, 11.)

Oikein toteutettuna voitelulla saavutetaan merkittävä taloudellinen hyöty. Energiaa säästyy kun kitkasta aiheutuvat häviöt saadaan minimoitua. Kone- elinten kulumisen minimoimisella saavutetaan laitteille maksimaalinen elinikä. Tehokas voitelu mahdollistaa laitteille hyvän käyttövarmuuden ja näin koko tuotantolaitos toimii hyvällä tehokkuudella. (7, 11.)

Voiteluaine on kahden kiinteän pinnan välinen aine, joka voi olla kaasua, nestettä tai kiinteää ainetta. Teollisuudessa voiteluaineina käytetään lähinnä öljyjä ja rasvoja. Voi-

teluaineet on suunniteltu toimimaan tietyntyyppisissä kohteissa ja olosuhteissa. Voiteluaine täytyy valita kuhunkin kohteeseen sopivaksi. (7,49.)

Voitelua, kitkaa ja kulumista tutkivaa tiedettä kutsutaan tribologiaksi. Tribologia on kehittynyt tukemaan lähinnä teollisuutta, kun huomattiin voitelun taloudellinen merkitys.

## 5.2 Voitelu mekanismit

Toistensa suhteen liikkuvien kosketuspintojen väliset kosketustilanteet voidaan jakaa karkeasti kolmeen ryhmään:

- Vierintä kosketus esimerkiksi vierintälaakereissa
- Liukukosketus esimerkiksi liukulaakereissa
- Hammaspyörän hammaskosketuksessa ryntövaiheessa esiintyvä edellisten yhdistelmä. (7,12.)

Näiden kosketustilanteiden välistä kitkaa ja kulumista vähennetään voitelun avulla. Voitelu voi olla joko nestevoitelua, rajavoitelua tai näiden yhdistelmää eli sekavoitelua riippuen käyttö- ja suunnitteluarvoista. Nämä eri voitelumekanismit erottelee voitelukalvon paksuus suhteessa kosketuspintojen pinnankarheuksiin. Kuvassa 9. havainnollistetaan eri voitelumekanismien periaatteita. (7,19.)

**Rajavoitelu:**

pintojen kosketus  
- kuiva kitka



pintojen kosketus  
- polaarinen komponentti on kiinnittynyt pintaan

**Sekavoitelu:**

osittain rajavoitelu/kuiva kitka ja osittain nestevoitelu

**Nestevoitelu:**

voiteluaine erottaa pinnat täysin toisistaan

Kuva 9. Voitelumekanismit (7, 19.)

### 5.2.1 Nestevoitelu

Nestevoitelussa voitelukalvo erottaa kosketuspinnat täysin toisistaan. Nestevoitelussa pintojen välinen kitka on alhainen ja kulumista ei juuri esiinny. Nestevoitelu on paras mahdollinen voitelutilanne mutta siihen ei aina päästä. Nestevoitelu voi olla hydrodynaamista, elastohydrodynaamista tai hydrostaattista. (7, 20.)

*Hydrodynaaminen voitelu* perustuu vastakkain liukuvien pintojen nopeuseroon ja kiihkeyteen rakenteeseen, joka saa aikaan suppevan voiteluainekalvon. Suppevaan voiteluaine kalvoon syntyy ylipaine, joka tasaa sisään- ja ulosvirtaavan voiteluaineen määrän kantaen näin laakeriin kohdistuvan kuorman. Hydrodynaamisessa voitelutilanteessa voiteluaineen viskositeettiin ei vaikuta muu kuin vallitseva lämpötila, sillä paine voiteluainekalvossa pysyy alhaisena. (7,21.)

*Elastohydrodynaamista* voitelua käytetään hammaspyörissä ja vierintälaakereissa, jotka välittävät suuria kuormituksia pienen kosketuspinta- alan kautta. Kosketuspintojen välille syntyy suuri paine, joka aiheuttaa pinnoissa elastisen muodonmuutoksen. Samalla voiteluaineen viskositeetti kasvaa korkean paineen johdosta. Kimmoisa muodonmuutos kasvattaa kosketuspinta-alaa ja jäykäksi muuttunut voiteluaine ei ehdi pu-

ristua pois pintojen väliltä jolloin voiteluainekalvo säilyy ehjänä ja nestevoitelutilanne säilyy. (7, 22.)

Elastohydrodynaaminen voitelumekanismi asettaa vaatimuksia kosketuspintojen pinnankarheudelle. Suuret ja terävät pinnankarheushuiput ovat haitallisia rikkoessaan voiteluainekalvon. Elastohydrodynaaminen voitelumekanismi on myös arka epäpuhauksille. (7, 27.)

*Hydrostaattisessa* voitelussa liukupintojen välissä olevan voiteluainetaskuun pumpataan voiteluaine. Öljyn hydrostaattinen paine erottaa kosketuspinnat toisistaan vaikka ne eivät liikkuisikaan toistensa suhteen. Hydrostaattisessa voitelussa voiteluaineena voidaan käyttää myös kaasuja kuten ilmaa. Tällaisia sovellutuksia käytetään esimerkiksi työstökoneiden karoissa ja luisteissa. (7,33.)

### 5.2.2 Raja- ja sekavoitelu

Rajavoitelussa kosketuspintojen välillä tapahtuu selkeää pinnankarheushuippujen kosketusta. Pintoja erottavaa voiteluainekalvoa ei ole, jolloin voitelu perustuu pintakalvon tarttuvuuteen ja stabiilisuuteen. Voiteluaineen lisäaineilla muodostetaan suojaava ja liukastava kalvo pinnoille. Pintojen materiaalien välisillä tribologisilla ominaisuuksilla on myös suuri merkitys. (7, 19.)

Sekavoitelu on nestevoitelun ja rajavoitelun yhdistelmä. Sekavoitelussa voiteluainekalvo kantaa osan pintojen välisestä kuormasta ja loput kuormasta välittyy pinnankarheushuippujen kautta. Voiteluainekalvon paksuuden kasvaessa pinnankarheushuippujen kuormitus vähenee ja päinvastoin. Sekavoitelutilanne voi muuttua rajavoitelutilanteeksi hyvin nopeasti esimerkiksi lämpötilan vaikuttaessa voiteluaineen viskositeettiin. (7,20.)

Verrattain alhaisilla nopeuksilla pyörivät liuku- ja vierintälaakerit sekä hammaspyörät toimivat raja- ja sekavoitelun alueella. Edellä mainitut sovellutukset ovat yleensä rasvavoideltuja. Voiteluaineen lisäaineiden merkitys on suuri, erityisesti paineenkestolisäaineet ja kulumisenestolisäaineet ovat tärkeitä. Raja- ja sekavoitelua esiintyy myös kohteissa, jotka on tarkoitettu toimimaan nestevoitelu mekaniemillä. Esimerkiksi käynnistysvaiheessa laakerit joutuvat toimimaan alueella, johon niitä ei ole suunniteltu ja tällöin syntyy epäedullinen voitelutilanne, joka kuluttaa laakeria. Voiteluaineiden



lisäaineilla pyritään parantamaan niiden ominaisuuksia myös tällaisia tilanteita varten. (7, 20.)

## 6 VOITELUAINHEET

Kaikilla koneenosilla on omat erityispiirteensä voitelun kannalta: esimerkiksi kosketuksen geometria, pintojen välinen paine, pintojen välinen nopeus, materiaalien kitka ja kulumisominaisuudet, toimintalämpötilat ja muut olosuhteet. Suunnittelun yhteydessä voiteluaine onkin mielletävä yhtenä konstruktion osana, sillä oikein valitulla voiteluaineella saavutetaan merkittävä taloudellinen hyöty käyttöiän ja energiatehokkuuden parantuessa. (7,46.)

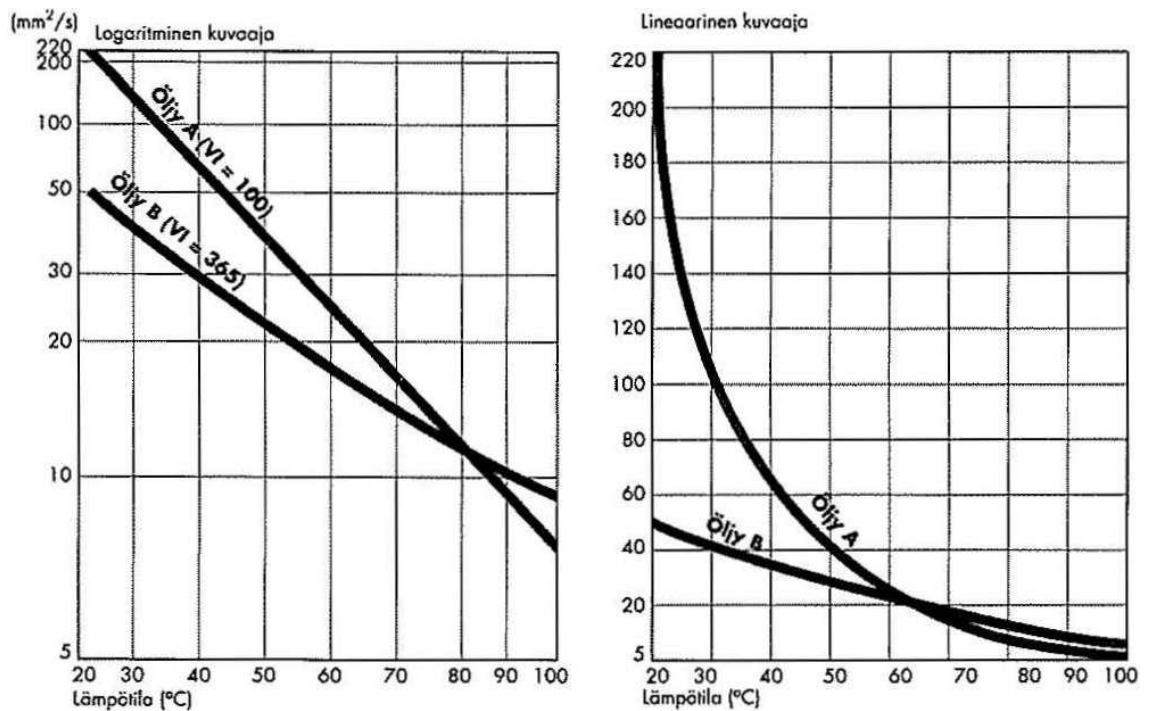
Voiteluaineen valintaan vaikuttavat kohteen omat vaatimukset kuten, geometria ja materiaalit. Lisäksi valintaan vaikuttaa merkittävästi ympäristön asettamat vaatimukset kuten, lämpötilojen vaihtelu, epäpuhtaudet ja värinä. Suomen sääolosuhteissa ympäristö asettaa poikkeuksellisen suuret vaatimukset voiteluaineille. Ongelmia aiheuttavat esimerkiksi suuret lämpötilanvaihtelut. Kylmäkäynnistyksessä öljy on liian jäykkää ja vastaavasti lämpötilan noustessa öljy on liian ohutta kunnolliseen voiteluun. Näihin tilanteisiin apua voidaan etsiä voiteluaineiden ja niiden lisäaineiden ominaisuuksista tai parantamalla olosuhteita esimerkiksi öljynlämmittimillä. (7,46.)

### 6.1 Voiteluaineiden peruskäsitteet

Voiteluaineisiin liittyy peruskäsitteistöä, joilla helpotetaan niiden valintaa ja vertailua. Käsitteet liittyvät suurelta osin niiden ominaisuuksien kuvaamiseen erilaisin arvoin. Voiteluaineet on suunniteltu erilaisiin käyttötarkoituksiin ja olosuhteisiin ja tämä näkyy voiteluaineiden erilaisina ominaisuuksina ja lisäaineistuksena. (7,49.)

Viskositeetti on nestemäisten voiteluaineiden tärkein ominaisuus. Viskositeetilla kuvataan voiteluaineen sisäisen kitkan suuruutta. Dynaaminen viskositeetti määritetään mittalaitteen voiteluaineessa pyörivään roottoriin kohdistuvaa vääntömomenttia hyväksikäyttäen, sen yksikkö on  $[\text{Ns}/\text{m}^2]$ . Kinemaattinen viskositeetti määritetään kapillaariviskometrillä, jolla tutkitaan voiteluaineen virtausaikaa kahden mittapisteen välillä, yksikkönä käytetään  $[\text{mm}^2/\text{s}]$ . (7,50.)

Viskositeetti riippuu paljon lämpötilasta. Lämpötilan huomioon ottaminen onkin erittäin tärkeää valittaessa voiteluainetta. Viskositeetti- indeksillä (VI) kuvataan viskositeetin muuttumista lämpötilan muuttuessa. Mitä korkeampi viskositeetti-indeksi on, sitä paremmin voiteluaine sietää lämpötilan vaihteluita eli lämpötilan vaikutus viskositeettiin on pieni. Viskositeetti-indeksi määritetään  $+40\text{ °C}$  ja  $+100\text{ °C}$  lämpötiloissa mitatuista viskositeetti-arvoista. Kuvasta 10. käy ilmi kahden eri öljyn kinemaattinen viskositeetti eri lämpötiloissa. (7, 51.)



Kuva 10. Öljyn kinemaattisen viskositeetin riippuvuus lämpötilasta (7,51.)

Teollisuusöljyille on kehitetty ISO VG- luokitus jolla ilmaistaan öljyn viskositeetti mm<sup>2</sup>/s:na  $+40\text{ °C}$  lämpötilassa. ISO VG- luokkia on 18 väliltä ISO VG 2 – ISO VG 1500, numero on arvoltaan likimain sama, kuin viskositeetin keskiarvo mm<sup>2</sup>/s:na  $+40\text{ °C}$  lämpötilassa. Ajoneuvoilla käytetään SAE- luokitusta, joka perustuu voiteluaineen dynaamiseen viskositeettiin. (7,52.)

Pumpattavuus on tärkeä käsite, sillä se kertoo voiteluaineen juoksevuuden alhaisissa lämpötiloissa. Pumpattavuus on järjestelmäkohtainen ja sillä ilmaistaan alin lämpötila, jossa ko. järjestelmä kykenee voiteluainetta pumppaamaan. (7,54.) Teollisuudessa yleisissä keskus- ja kiertovoitelu järjestelmissä voiteluaineen pumpattavuus on huomioitava.

Tunkeuma kuvaa lähinnä voitelurasvojen kovuutta eli konsistenssia. Tunkeumaa kuvataan NLGI-luokilla, jotka ovat 000, 00, 0, 1, 2, 3, 4, 5 ja 6. Mitä pienempi luku sitä juoksevampi rasva on kyseessä, NLGI 2 luokka on keksijäykkä perusvoitelurasva. (8, 169 - 170.)

Vahtoutuminen ja ilman erotuskyky ovat olennaisia etenkin kiertovoitelu järjestelmissä. Öljysäiliössä ilman täytyy erottua öljystä nopeasti, jotta öljy ei ala vahtoutua. Vahtoutumista pyritään ehkäisemään lisäaineilla. Joskus lisäaineet voivat kuitenkin heikentää ilman erotuskykyä, vaikka vaahdon muodostuminen vähenisikin. Ilma öljyn seassa heikentää öljyn ominaisuuksia. (8, 170 - 171.)

Lämpötilan, hapen, metallien, veden ja jäähdytysaineiden vaikutus muuttaa voiteluaineen ominaisuuksia ajan kuluessa, tätä kutsutaan vanhenemiseksi. Voiteluaineen vanhetessa muodostuu hapettumisen seurauksena muun muassa, hartsimaisia yhdisteitä, jotka muuttavat voiteluaineen viskositeettia. Lämpötila on suurin vanhenemistä aiheuttava tekijä. Vanhenemistä voidaan ehkäistä lisäaineilla. (8, 172 - 173.)

Muita voiteluaineen ominaisuuksia kuvaavia käsiteitä ovat:

- Ominaispaine, joka on voiteluaineen ja veden tiheyden suhde yleensä + 15 °C lämpötilassa.
- Leimahduspiste, joka on lämpötila, jossa voiteluaineesta höyrystyvän kaasut leimahtavat pienen liekin vaikutuksesta.
- Samepiste eli lämpötila, jossa kiteytyvät parafiiniset hiilivedyt alkavat näkyä sameutena.
- Jähmepiste eli ylin lämpötila, jossa koeputkessa oleva voiteluaine ei enää kallistettaessa liiku viidensekunnin aikana.
- Tippumispiste eli lämpötila, jossa rasvasta erottuu ensimmäinen öljypisara.
- Neutraloimisluvulla kerrotaan voiteluaineessa olevien happamien ja emäksisten aineosien määrä. (7, 54.)

## 6.2 Voiteluöljyt

Käytössä olevista voiteluaineista suurin osa on nestemäisiä voiteluöljyjä. Voiteluöljyjen perusöljyinä käytetään, mineraaliöljyjä, kasvisöljyjä tai synteettisiä öljyjä. Kaikilla perusöljyillä on omat hyvät ja huonot ominaisuutensa. Mineraaliöljypohjaiset voiteluöljyt ovat ainakin toistaiseksi yleisimmin käytössä niiden ominaisuuksien ja hinnan takia. Synteettiset öljyjen käyttö lisääntyy todennäköisesti tulevaisuudessa. (7, 55.)

### 6.2.1 Mineraaliöljyt

Mineraaliöljyt valmistetaan tislaamalla raakaöljystä. Raakaöljyn ominaisuudet vaihtelevat lähdekohtaisesti ja näin myös niiden soveltuvuus voiteluöljyjen valmistukseen vaihtelee. Raakaöljystä eroteltuun perusöljyyn lisätään lisäaineita, jotta öljylle saadaan haluttuja ominaisuuksia, kuten viskositeetti, kylmäominaisuudet, hapettumisenesto ja viskositeetti- indeksin parantaminen. (7, 55 - 57.)

Perusöljyn hiilivetykoostumuksella on vaikutusta sen ominaisuuksiin, kuten viskositeettilämpötilariippuvuuteen, jähme- ja leimahduspisteeseen ja tiheyteen. Tärkeimmät hiilivetytyypit ovat: parafiiniset (tyydytetyt ketjumaiset), nafteeniset (tyydytetyt rengasrakenteiset) ja aromaattiset (tyydyttymättömät rengasrakenteiset). Parafiiniset perusöljyt ovat yleisin mineraalipohjaisten voiteluöljyjen raaka-aine. (7, 55 - 57.)

### 6.2.2 Synteettiset voiteluaineet

Synteettisten voiteluaineiden valmistukseen käytetään kemiallisesti valmistettuja synteettisiä nesteitä. Synteettiset hiilivedyt polyalfaolefiini (PAO) ja alkyylibentseenit ovat yleisesti käytettyjä synteettisten voiteluaineiden perusöljyjä. PAO:lla on hyvä hapettumisenkestokyky lisäainestettuna, sekä hyvät viskositeettiominaisuudet eri lämpötiloissa. PAO-pohjaiset tuotteet soveltuvatkin lähes kaikkien voiteluaineiden valmistamiseen ja niitä käytetään muun muassa kompressorioöljyn, hydraulioöljyn, rasvojen ja kiertovoiteluöljyn perusöljynä. Alkyydibentseeneillä on hyvä liukoisuus, joten niitä käytetäänkin muun muassa jäähdytyskompressoreissa, värimetallin valssauksessa ja sähköeristeinä. (7, 57 - 59.)

Muita synteettisiä perusöljyjä ovat: disesterit ja polyoliesterit, joilla on hyvä läpötilansietokyky; fosforihappoesterit, jotka reagoivat heikosti hapen kanssa; vesiliukoiset ja

liukeamattomat polyglykolit sekä silikoniöljyt. Seuraavasta kuvasta 11. käy ilmi eri perusöljyjen ominaisuuksia. (7, 57 - 59.)

	Viskositeetti-lämpötila-käyttäytyminen	Kulumissuoja	Kitkakäyttäytyminen	Vaikutus maaleihin	Vaikutus tiiviste-materiaaleihin	Sekoittuvuus mineraaliöljyyn	Kylmäkäyttäytyminen	Hapettumiskestävyys korkeissa lämpötiloissa	Syrtyvyys	Suhteellinen hinta
Mineraaliöljy	0	0	+	+++	+++		0	0	-	1
VHVI	++	++	++	+++	+++	+++	+	++	-	4
Polyalfaoleiinit	++	0	+	+++	++	+++	++	++	-	5
Alkyylibentseenit	0	0	+	+++	+++	+++	+	0	-	4
Diesterit	++	0	+	-	0	+	+	+	0	5
Polyliesterit	++	0	++	-	0	0	++	+++	0	5
Polyglykolit	++	+++	+++	+	+	-	+	+++	0	6
Fosforihappoesterit	-	++	++	-	0	-	0	+	++	6
Silikoniöljyt	+++	-	-	++	+++	-	+	+	+	40

+++ eriomainen, ++ erittäin hyvä, + hyvä, 0 välttävä, - huono

Kuva 11. Perusöljyjen ominaisuuksia (7, 58.)

### 6.2.3 Kasviöljyt

Kasviöljyjä käytetään raaka-aineina biohajoavien voiteluaineiden valmistukseen. Kasviöljyt ovat triglyseridejä ja luonnon omia estereitä. Kasviöljyillä on huonot kylmänsieto-ominaisuudet, joten niistä valmistetaan yleensä estereitä kylmäominaisuuksien parantamiseksi. Kasviöljyjen etuja ovat korkea leimahduspiste, hyvät kitkaominaisuudet ja biohajoavuus. Heikkoutena ovat käyttölämpötilojen rajoittuneisuus ja nopea vanhentuminen. (7, 59.)

### 6.3 Voitelurasvat

Voitelurasvat on toiseksi yleisin käytössä oleva voiteluaine öljyjen jälkeen. Voitelurasvat koostuvat perusöljystä ja saentimesta. Näiden lisäksi voitelurasvat sisältävät erilaisia lisäaineita. Voitelurasvoilla on voiteluöljyjä paremmat tiivistysominaisuudet niiden kiinteyden ansiosta. (7, 66.)

Voitelurasvojen kulutus on verrattain pientä, sillä rasvavoidelluille kohteille on tyypillistä pienet rasvantäyttötilavuudet ja pitkät jälkivoitelujaksot. Teollisuudessa suurin osa vierintälaakereista on rasvavoideltu. Rasvavoitelu voidaan toteuttaa kestovoiteluna, jolloin voitelu toimii koko laitteen arvioidun eliniän, keskusvoiteluna tai jaksotaisesti jälkivoiteltuna. Esimerkiksi sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitoksessa rasvavoitelu on suuressa roolissa, sillä prosessiin tarvitaan paljon keksipakopumppuja, joiden laakerointien voitelu on toteutettu yleensä joko keskusvoitelulla tai käsin jälkivoitelulla. Pienempien sähkömoottorien voitelu on usein toteutettu kestovoitelulla. (7, 66.)

### 6.3.1 Voitelurasvojen perusöljyt

Perusöljyllä on suuri merkitys rasvan perusominaisuuksiin sillä se muodostaa pääosan rasvan koostumuksesta. Perusöljy voi olla, joko mineraaliöljy tai synteettinenöljy. Valtaosa voitelurasvoista on mineraaliöljypohjaisia mutta esimerkiksi kylmissä ja kuumissa olosuhteissa synteettiseen perusöljyyn perustuva rasva toimii paremmin. Synteettisenä perusöljynä käytetään yleensä PAO- ja esteripohjaisia perusöljyjä. Silikonööljyä ja fluoriöljyä käytetään myös rasvojen perusöljynä erityisesti korkeissa lämpötiloissa. (7, 68.)

### 6.3.2 Saentimet

Saentimet ovat toinen tärkeä osa voitelurasvojen koostumusta. Saentimen tarkoituksena on sitoa perusöljyä ja näin muodostaa rasvalle plastinen rakenne. Saentimina käytetään metallisaippuonia, metallikompleksisaippuonia, orgaanisia ei-saippuayhdisteitä ja epäorgaanisia yhdisteitä. (7, 68.)

Litium on nykyään yleisimmin käytetty voitelurasvojen saennin. Litiumrasvoilla on hyvä leikkaantumisenkestävyys, hyvä lämpötilankesto, tiivistysominaisuudet, vedensieto- ja korroosionestokyky. Litiumrasvojen ominaisuuksiin on myös helppo vaikuttaa lisäaineilla. (7, 68.)

Veden vaikutukselle alttiissa kohteissa käytetään usein kalsiumsaenninta. Kalsiumrasvojen kylmänkesto-ominaisuudet ovat myös melko hyvät, mutta lämpimissä olosuhteissa kalsiumrasvojen ominaisuudet heikkenevät jo yli 90 °C lämpötilassa. (7, 68.)

Kompleksisaentimet antavat rasvalle hyvät lämmönkesto ominaisuudet aina 170 °C lämpötilaan asti. Kompleksisaentimia käytetäänkin nykyään vaativissa voitelukohteissa. Vaativien kohteiden saentimena käytetään myös orgaanisia saentimia, jotka antavat voitelurasvalle hyvän lämmönkesto-ominaisuuden lisäksi myös hyvän vedenkesto-ominaisuuden. Orgaaniseen saentimeen perustuvia rasvoja käytetään usein kesto-voidelluissa laakereissa niiden pitkän eliniän ansiosta. Orgaanisia saentimia on usein polyureakuidut tai hienojakoinen tetrafluorietyleni (PTFE). Polyurearasvojen pumppavuus on huono, joten niiden käyttö keskusvoitelujärjestelmissä on vaikeaa. PTFE saentimella voidaan saavuttaa jopa 250 °C käyttölämpötila, mutta niiden hinta on korkea verrattuna muihin rasvoihin. Laaja käyttölämpötila-alue saavutetaan käyttämällä epäorgaanisia saentimia kuten betoniittisavea, koska sillä ei ole sulamispistettä ja se ei ole altis muodonmuutoksille lämpötilan vaihtuessa. Erikois-sovellutuksiin käytetään myös silikonirasvoja, joiden saentimena käytetään silikageeliä. (7, 69.)

#### 6.4 Kiinteät voiteluaineet

Käyttöolosuhteiden ollessa niin poikkeukselliset, ettei nestemäisillä voiteluaineilla saavuteta enää riittäviä ominaisuuksia, voidaan kiinteillä voiteluaineilla saavuttaa hyviä tuloksia. Tällaisia olosuhteita ovat korkeat lämpötilat, matalat lämpötilat, suuret kuormitukset, pienet liukunopeudet sekä erilaiset ympäristötekijät. (7, 72.)

Yleisesti käytettyjä kiinteitä voiteluaineita ovat grafiitti ja molybdeenisulfidi, niiden voiteluteho perustuu kerrokselliseen kide rakenteeseen. Kiinteiden voiteluaineiden käyttölämpötila voi olla jopa 400 °C. Talteenottolaitoksen meesauunin kannatusrenkaiden voitelu on toteutettu suuresta lämpötilasta ja kuormista johtuen kiinteällä voiteluaineella. Kiinteä voitelu aine johdetaan kohteeseen kantonesteen avulla, yleensä kantonesteenä käytetään voitelurasvaa. (7, 72.)

#### 6.5 Lisäaineet

Voiteluaineiden ominaisuuksiin lisäaineilla on suuri merkitys. Sekoittamalla perusöljyn joukkoon lisäaineita voidaan voiteluaineiden ominaisuuksia muuttaa haluttuun käyttökohteeseen sopiviksi. Erilaisilla lisäaineilla voidaan yhdestä perusöljystä valmistaa useisiin eri käyttökohteisiin soveltuvia voiteluaineita. Lisäaineilla pyritään parantamaan esimerkiksi voiteluaineiden suorituskykyä, epäpuhtauksien jakautumista,

voideltavien pintojen suojeleominaisuuksia ympäristön vaikutuksia vastaan ja voiteluaineen elinikää kohteessa. (7, 60.)

Perusöljystä ja lisäaineista muodostetaan kokonaisuus, jossa kaikkien komponenttien on oltava tasapainossa keskenään. Lisäaineen on toimittava perusöljyn ja mahdollisten muiden lisäaineiden kanssa yhdessä. Jotkin lisäaineet eivät välttämättä toimi keskenään, jolloin halutut ominaisuuden jäävät saavuttamatta lisäaineiden kumotessa toistensa ominaisuuksia. On tärkeää että käytetyt lisäaineet toimivat koko sillä käyttölämpötila alueella, jolle se kohteessa altistuu. (7, 60.)

### 6.5.1 Tärkeimmät lisäainelajit

*Kulumisenestolisäaineilla (AW, anti wear)* vähennetään liikkuvien kosketuspintojen kulumista. Kulumisenestolisäaineet muodostavat pinnoille kerroksia, jotka leikkaantuvat pois metallia helpommin. Kulumisenestolisäaineita on lähes kaikissa voiteluaineissa, joita käytetään hydrodynaamisen voitelu alueen ulkopuolella. (7, 60 – 65.)

*Paineenkestolisäaineilla (EP, extreme pressure)* parannetaan voiteluaineen kuorman kantokykyä. Kun pinnat ovat suuren paikallisen paineen ja lämpötilan vaikutuksen alaisena EP- lisäaineet reagoivat metallipintojen kanssa muodostaen kitkaa vähentävän kalvon. EP- lisäaineita käytetään esimerkiksi raskaasti kuormitetuissa vaihteissa. Kymin talteenottolaitoksessa lähes kaikki käytetyt öljyt ja rasvat ovat EP- lisäaineistettuja prosessilaitteisiin kohdistuvista korkeista lämpötiloista ja kuormituksesta. EP-lisäaineet voivat myös alentaa joitain perusöljyn ominaisuuksia kuten lämmönkestoja ja vedenerotuskykyä, joten niitä käytetäänkin harkiten. (7, 60 – 65.)

*Hapettumisenestolisäaineilla* pidennetään voiteluaineen elinikää. Hapettumisenestolisäaineilla on merkitystä etenkin korkeissa lämpötiloissa, joissa voiteluaineiden kemiallinen vanheneminen on voimakkainta.

*Korroosionestolisäaineilla* ehkäistään metallipintojen korroosiota. Jotkin lisäaineet kuten EP-lisäaineet voivat altistaa pinnat korroosiolle, jolloin korroosionestolisäaineilla voidaan tasapainottaa tilannetta.



*Viskositeetti-indeksin parantajilla* vähennetään voiteluaineen lämpötilariippuvuutta. Hyvä viskositeetti indeksi on tärkeä kohteissa, joissa esiintyy esimerkiksi kylmäkäynnistyksistä johtuvia lämpötilan vaihteluita.

*Kitkanalentajat* vähentävät kitkaa liikkuvien pintojen välillä. Kitkanalentajat parantavat voitelua etenkin rajavoitelutilanteessa hitailla liikenopeuksilla esimerkiksi käynnistyksissä ja pysäytyksissä.

*Detergenteillä* pyritään pitämään voideltavat pinnat puhtaina. Detergentit estävät epäpuhtauksien tarttumisen pinnoille, niitä käytetään usein moottori- ja hydraulikkaöljyjen lisäaineina.

*Dispersanteilla* ehkäistään epäpuhtauksien sakkaantuminen muodostamalla kalvo liikapartikkelien ympärille. Moottoriöljyt ja jotkin teollisuusvoiteluaineet sisältävät dispersantteja.

*Jähmepisteenalentajilla* parannetaan voiteluaineiden kylmänkestoa ehkäisemällä parafiinisten hiilivetyjen kiteytymistä.

*Vaahdonestolisäaineilla* ehkäistään voiteluaineen vaahtoamista sen pintajännitystä alentamalla jolloin syntyneet ilmakuplat hajoavat nopeammin. Vaahtoutunut öljy sisältää ilmaa ja heikentää näin voiteluaineen ominaisuuksia. Kiertovoitelu järjestelmissä öljyillä on taipumus vaahtoutua jolloin vaahdonestolisäaineilla on tärkeä rooli. (7, 60 – 65.)

## 6.6 Voiteluaineet talteenottolaitoksessa

Kymin talteenottolaitoksen rasvavoidelluista kohteista suurin osa on keskusvoitelujärjestelmien piirissä. Suurin osa rasvavoidelluista kohteista on prosessipumppujen, sekoittimien, puhaltimien, kuljettimien ja sähkömoottoreiden laakerointeja. Rasvavoidelluissa kohteissa on käytössä EP- lisäaineistetut, suuria pintapaineita ja laajan lämpötila-alueen kestävät NLGI- 2 kovuusluokan teollisuusrasvat. Talteenottolaitoksessa on pääosin käytössä Neste Allrex EP 2 teollisuusvoitelurasva.

Tyypillisiä öljyvoideltuja kohteita talteenottolaitoksessa on prosessipumppujen, puhaltimien, kuljettimien ja sähkösuotimien ravistimien laakeroinnit, sekä vaihteistot. Suu-

rimmassa osassa öljyvoidelluista kohteista on käytössä mineraaliöljypohjainen voiteluöljy. Vaihteistoissa käytössä ovat pääosin Nesteen EP-lisäaineistettu ISO-VG 220-luokan teollisuus vaihteistoöljy, joka kestää suuria kuormituksia ja lämpötilan vaihte-luita. Öljyvoidelluissa laakerissa on käytössä kulumista, korroosiota, hapettumista ja vaahtoamista vastaan lisäaineistetut Nesteen ja Mobilin voiteluöljyt.

Muita voitelukohteita talteenottolaitoksessa ovat muun muassa kiertovoideltu höyry-turbiini, jossa on käytössä turbiineihin suunniteltu Mobil DTE 746 erikoisöljy. Mee-sauunin kannatusrenkaat ovat myös vaativa voitelukohde suurista kuormituksista ja korkeista lämpötiloista johtuen. Käytössä onkin kiinteä grafiittipohjainen voiteluaine, joka johdetaan kohteeseen kantonesteessä.

## 6.7 Voiteluaineiden epäpuhtaudet

Voiteluaineen muodostama kalvo voideltavien pintojen välillä on erittäin ohut, jolloin pienimmätkin epäpuhtauden voiteluaineessa voivat aiheuttaa kalvon rikkoontumisen ja heikentää näin voitelun tehokkuutta. Epäpuhtaudet voiteluaineessa vähentävät näin merkittävästi laitteiden elinikää ja käyttövarmuutta. Eliniän ja käyttövarmuuden hei-kentyminen aiheuttaa kustannuksia, jotka voidaan välttää kiinnittämällä huomiota voi-teluaineiden epäpuhtauksien ennalta ehkäisyyn ja voiteluaineiden kunnonvalvontaan. (7, 109 - 110.)

Epäpuhtaudet voivat päästä järjestelmään ja voiteluaineeseen, joko ulkopuolelta tai ne voivat olla järjestelmän sisäisiä. Yleisimpiä epäpuhtauksia ovat kiinteät epäpuhtaudet, vesi, ilma, prosessikemikaalit ja liuottimet. (7, 111 - 112.)

*Kiinteät epäpuhtaudet* voivat olla lähtöisin useista eri lähteistä. Öljyn sekaan voi syn-tyä hapettumisen seurauksena karstamaisia epäpuhtauksia tai lisäaineet voivat muo-dostaa epäpuhtauksia reagoidessaan jonkin vieraan aineen kanssa. (7, 111 - 112.)

Voideltavista koneenosista voi irrota kulumispartikkeleita voiteluaineen sekaan. Jotkin metallit kuten kupari ja lyijy voivat voiteluaineen seassa kiihdyttää voiteluaineen ha-pettumista. Maalatuista pinnoista voitelujärjestelmässä voi irrota myös maalia voitelu-aineen sekaan varsinkin, jos voiteluaineen sekaan on joutunut vettä, jolloin veden ja öljyn seos tehostaa maalin irtoamista. Voitelujärjestelmässä olevista tiivisteistä voi ajan saatossa irrota epäpuhtauksia. Esimerkiksi punostiivisteistä voi irrota kulumisen

seurauksena silikoniöljyä, grafiittia tai teflonia. Valmistusvaiheessa voitelujärjestelmiin voi jäädä koneistusjäämiä, hiontapölyä ja asennusjätettä, jotka joutuvat voiteluaineen sekaan. (7, 111 - 112.)

Voitelujärjestelmän ulkopuolelta voiteluaineen sekaan voi ajautua hiekkaa, metallipölyä ja erilaisia tuotantoprosessissa käytettyjä aineita. Yleisimmin ulkopuoliset epäpuhtaudet ajautuvat voitelujärjestelmään huonoista ilmansuodattimista, liitoksista, akselien tiivisteistä, öljysäiliöiden huoltoluukuista, uuden öljyn mukana ja inhimillisten virheiden takia. (7, 111.)

Kiinteitä epäpuhtauksia voidaan ehkäistä huolehtimalla komponenttien puhtaudesta, tiivisteiden kunnosta, suodattimien puhtaudesta ja niiden riittävydestä. Voiteluaineiden puhtautta voidaan arvioida karkeasti silmämääräisesti tai tarkemmilla öljyanalyyseilla.

*Veden* joutuminen voiteluaineen sekaan aiheuttaa öljyn vaahtoamista, korroosiota, kavitaatiota, kulumista ja voiteluaineen hapettumista. Vesi on yleinen syy öljyn vaahtoamiseen. Vesi muodostaa öljyn kanssa vaahdon, joka näkyy öljyn pinnalla selvästi erottuvana kerroksena. Vesi heikentää myös vaahdonestolisäaineen toimivutta. (7, 126.)

Korroosiota vesi aiheuttaa etenkin, jos vesi on peräisin prosessivedestä. Prosessivesi sisältää usein kloridia ja sulfaattia, jotka aiheuttavat korroosiota. Kondenssiosta peräisin oleva vesi on puhtaampaa ja se ei aiheuta korroosiota niin herkästi. (7,127)

Lämpötilan ollessa lähellä veden kiehumispistettä äkillisen paineen alenemisen seurauksena öljyn seassa olevat höyrykuplat luhistuvat räjähdysmäisesti takaisin vedeksi aiheuttaen huomattavan suuria paineiskuja verrattuna laakerin normaaleihin pintapaineisiin. Tätä kutsutaan kavitaatioksi. (7,127.)

Voiteluaineen seassa oleva vesi laskeutuu pysähdyksissä olevan laakerinpesän pohjalle syrjäyttäen voiteluaineen. Käynnistysvaiheessa laakeripesän pohjalla ei ole tällöin lainkaan voiteluainekalvoa ja näin laakerin kulumisen lisääntyy. (7, 128.)

Vesi aiheuttaa voiteluaineen hapettumista etenkin kavitaation seurauksena, kun höyrykuplien luhistuessa lämpötila nousee korkeaksi. (7, 128.)

Suurista öljytilavuuksista vesi voidaan erottaa separoimalla, mutta usein edullisemmaksi tulee öljynvaihto uuteen öljyyn. Separoinnilla ei kuitenkaan saada erotettua veden mukanaan tuomia epäpuhtauksia kuten kloridia ja sulfaattia.

*Ilma* aiheuttaa myös veden tapaan kavitaatiota, jonka seurauksena öljy hapettuu. Kiertovoitelusäilössä ilma näkyy pieninä kuplina ja sameutena kun taas vesi näkyy pinnalla selkeänä vaahto kerroksena. (7, 131.)

*Prosessikemikaalit* ovat lähes kaikki haitallisia joutuessaan öljyn sekaan. Ne sisältävät erilaisia yhdisteitä, jotka reagoivat perusöljyjen ja lisäaineiden kanssa heikentäen niiden ominaisuuksia. Reaktioissa muodostuneet yhdisteet heikentävät voitelun tehokkuutta ja samalla ne voivat aiheuttaa vahinkoa koko voitelu järjestelmälle. (7, 132.)

*Liuottimet* joutuvat voiteluaineen sekaan usein koneenosien ja voitelujärjestelmien puhdistuksen yhteydessä. Liuottimet heikentävät voiteluaineen ominaisuuksia monella tapaa kuten alentamalla viskositeettiä ja aiheuttamalla hapettumista. (7, 133.)

## 7 VOITELUTAVAT

Voitelulaitteet ja järjestelmät ovat kunnossapidon työkaluja, joilla pyritään varmistamaan koneiden ja laitteiden toimintavarmuus sekä pitkä elinikä. Voitelu voi tapahtua joko automatisoiduilla järjestelmillä tai fyysisesti käsivoitelulla perinteisillä voitelulaitteilla. Hyvin suunnitelluilla voitelutavoilla voidaan pienetkin resurssit käyttää tehokkaasti kun automatiikka hoitaa osan voitelutöistä. (7, 221.)

### 7.1 Automaattivoitelu

Keskusvoitelujärjestelmiä käytetään yleisesti teollisuuden rasvavoidelluissa kohteissa. Keskusvoitelujärjestelmä koostuu ohjausyksiköstä, pumppausyksiköstä, putkistosta, annostin ryhmistä ja paineenvalvontayksiköstä. Keskusvoitelujärjestelmät toimivat usein paineilmalla, koska sitä on teollisuudessa yleisesti saatavilla. Rasvavoideltavat kohteet ovat usein jälkivoideltuja, jolloin laakeriin pumpattava uusi voiteluaine syrjäyttää vanhan voiteluaineen ja samalla sen mukana poistuu epäpuhtauksia. Keskusvoitelujärjestelmä pumppaa rasvaa voitelukohteille määrättyinä annoksina tietyin väliajoin. Keskusvoitelujärjestelmä on kytketty valvontakeskukseen, joka ilmoittaa mahdollisista häiriöistä kuten liian alhaisesta paineesta voitelulinjassa, jolloin voitelu-

aine ei saavuta kohteita. Öljyvoidelluissa kohteissa kiertovoitelu on yleinen käytetty voitelujärjestelmä, jolla on voitelun lisäksi jäähdyttävä ja puhdistava ominaisuus. (6.)

Keskusvoitelujärjestelmät voivat olla kaksilinjaisia, yksilinjaisia tai pieniä progressiivisia järjestelmiä. Kaksilinjainen järjestelmä on yleensä laaja järjestelmä, joka kattaa esimerkiksi kokonaisen tuotantolaitoksen tai sen osan. Kaksilinjaisessa järjestelmässä on kaksi runkolinjaa, ne paineistetaan vuorotellen, jolloin annostimet syöttävät voiteluainetta kohteille. Kuvassa 12. on haihduttamon kaksilinjaisenjärjestelmän pump-pausyksikkö ja suunnanvaihtopaneeli. Yksi annostin käsittää kaksi samanarvoista voitelukohdetta, joihin voiteluaine menee vuorotellen, kuten esimerkiksi keskipakopumpun laakerit. Yksilinjaisissa keskusvoitelujärjestelmissä on vain yksi runkolinja, joka paineistetaan määrätyn väliajoin, jolloin voiteluaine syötetään jakajien kautta kohteisiin. Yksilinjaisia järjestelmiä käytetään pienempien alueiden ja kokonaisuuksien rasvavoitelunvoitelun toteuttamiseen. Progressiivinen voitelujärjestelmä on myös yksilinjainen voitelujärjestelmä, jota käytetään pienten kohteiden voiteluun, se saa usein ohjauksen voideltavan laitteen käyntitiedosta. (9, 44 - 45.)

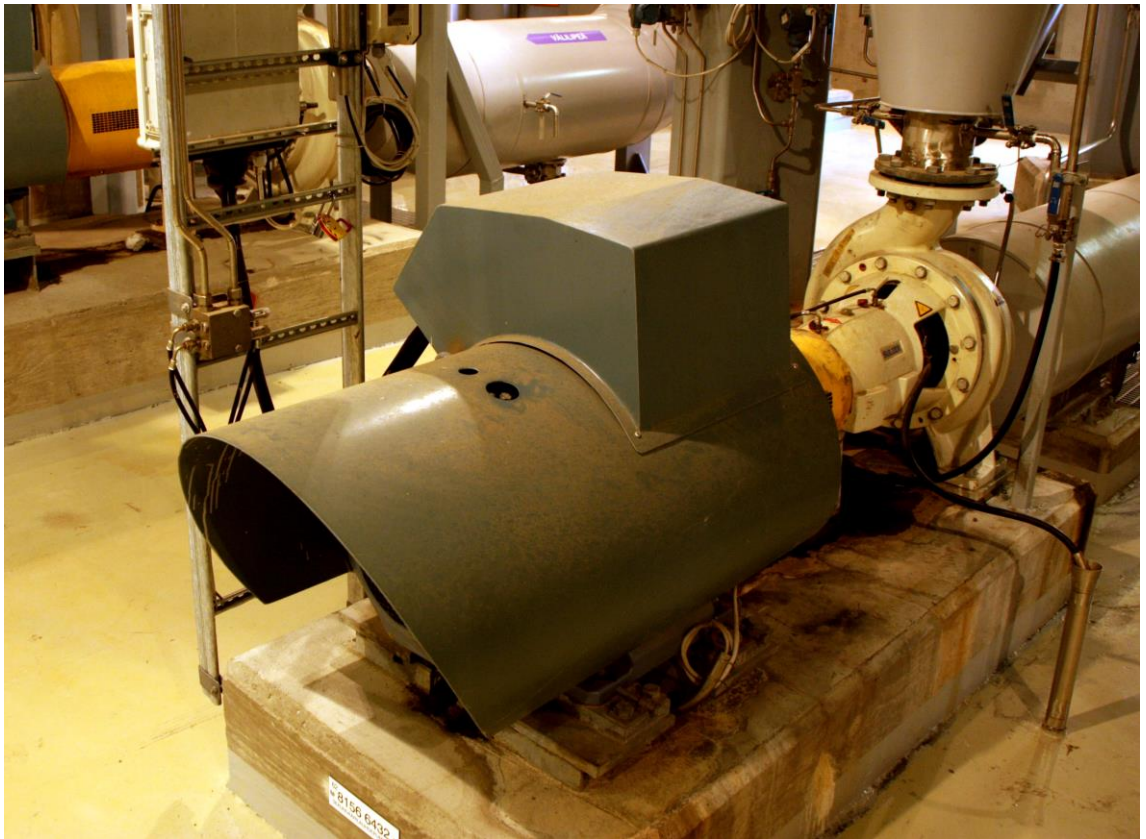


Kuva 12. Haihduuttamon kaksilinjaisenjärjestelmän pumppausyksikkö ja suunnanvaihtopaneeli (kuva: Niko Spets)

Yksittäisissä kohteissa, joita ei voida esimerkiksi voiteluaineesta tai määristä johtuen liittää keskusvoitelujärjestelmiin voidaan käyttää yksittäisiä rasvapatruunoita. Rasvapatruunoihin säädetään haluttu annostusmäärä ja -sykli ja se kiinnitetään voitelu kohteen rasvanippaan. (9, 42.)

Kiertovoitelujärjestelmät koostuvat säiliöstä, suodattimista, lämmönvaihtimista ja putkistosta. Öljy pumpataan suodattimien läpi lämmönvaihtimelle, jossa öljyn lämpötila saadaan halutuksi ja siitä edelleen putkistoon, jossa se kiertää voitelukohteilla voidellen, jäädyttäen ja keräten epäpuhtauksia kuten kulumispartikkeleita ja lopuksi palaten suodattimien läpi takaisin pääsäiliöön. (7, 234 - 237.)

Kymin talteenottolaitoksessa keskusvoitelu kattaa suurimman osan rasvavoidelluista kohteista. Tyypillisiä keskusvoitelujärjestelmän piirissä olevia kohteita ovat keskikapomppujen laakeroinnit sekä suurten sähkömoottoreiden laakerit (kuva 13). Kaksilinjainen järjestelmä on jaettu kuuteen eri pumppauskeskukseen seuraavasti: haihduttamo, turbiinilaitos, soodakattila, sähkösuotimet, kaustistamo ja meesauuni. Jakamalla laitos useisiin alueisiin voidaan eri kohteissa käyttää sinne parhaiten sopivia voitelurasvoja. Esimerkiksi kaustistamon ja meesauunin keskusvoitelujärjestelmiin on vaihdettu alun perin kaikilla alueilla käytetty rasva järjestelmässä paremmin juoksevaan ja lämpöä kestäväan rasvaan. Yksilinjainen keskusvoitelujärjestelmä on käytössä mäntyöljykeittämössä sen ollessa erillinen pieni laitekokonaisuus. Meesauunin kalkkikuljettimen voitelu on toteutettu progressiivisella voitelujärjestelmällä. Liitteenä 1. järjestelmäkaavio esimerkit talteenottolaitoksen voitelujärjestelmistä. Turbiinin, syöttövesipumppujen ja biolietelimon voitelu on toteutettu kiertovoitelujärjestelmillä.



Kuva 13. Keskusvoideltu sekundääri lauhdepumppu. Vasemmalla annostin josta lähtee rasvaletkut pumpun ja sähkömoottorin laakeroineille. (kuva: Niko Spets)

Automaattisilla voitelujärjestelmillä ja laitteilla mahdollistetaan laitteille täsmällinen voitelu, joka ei ole altis inhimillisille virheille kuten unohduksille ja väärille voiteluaineille. Automaattivoitelu mahdollistaa työvoiman tehokkaamman käytön kun aikaa

vievät pitkän käsivoitelu kierrokset vähenevät. Automaattivoitelulla lisätään myös turvallisuutta kun vaikeissa paikoissa voitelu voidaan hoitaa automaattisesti. Heikkoutena automaattisissa järjestelmissä on mahdolliset tekniset häiriöt ja voiteluaine, jota ei voida yksilöidä täysin laitekohtaisesti. Keskusvoitelujärjestelmissä käytettävä voiteluaine on kompromissi, jolloin yksittäisissä kohteissa ei välttämättä saavuteta parasta mahdollista voitelutehoa. (6.)

## 7.2 Fyysinen voitelu

Automaation yleistymisestä huolimatta perinteiset voitelumenetelmät ovat edelleen välttämättömiä. Automaattisilla voitelujärjestelmillä ei voida kattaa kaikkien kohteiden voitelua. On paikkoja joihin keskusvoitelujärjestelmissä käytettävä rasva ei sovelu ominaisuuksiltaan tai voiteluainemäärät ovat niin poikkeavia, ettei voitelua ole järkevää toetutta keskusvoitelujärjestelmällä. Voitelukohteen olosuhteet, kuten lämpötila, asettavat usein rajoituksia, jolloin kohdetta ei voi liittää keskusvoitelun piiriin. (7, 221 – 223.)

Teollisuuslaitoksissa on myös kohteita, joiden voiteluun ei ole edes olemassa automaattisoitua menetelmää, tai sen toteuttaminen ei olisi taloudellisesti järkevää. Tällaisia kohteita ovat Kymin talteenottolaitoksessa esimerkiksi erilaisten ketjukäyttöjen voitelu, kattilan nuohomien voitelu, meesauunin kannatuslaitteistojen voitelutyöt ja venttiileiden karojen voitelu.

Fyysisesti käsin tehtävissä voitelutöissä käytetään perinteisiä työkaluja, kuten vipuvar-tisia puristimia eli prässejä, paineilmalla toimivia ruiskuja, kannuja ja ponnekaasuun pakattuja spraymaisia voiteluaineita. Öljyvoidelluissa kohteissa voiteluainetta täytyy välillä lisätä kannusta tai pullosta kaatamalla. (7, 221 - 227.)

Käsin voideltavien kohteiden heikkoutena on niiden altistuminen inhimillisille virheil-le. Voiteluaine voi olla väärä tai voitelu unohtuu kokonaan. Epäpuhtauksia voi ajautua voideltavaan kohteeseen myös herkemmin kuin suljetun keskusvoitelujärjestelmän piirissä olevalle kohteelle. Käsin tapahtuva voitelu auttaa havainnoinnissa. Saattaa tulla esiin ongelmia voitelussa tai alkavia vikaantumisia, jolloin niihin voidaan puuttua ajoissa. Keskusvoitelujärjestelmän piirissä olevan kohteen puutteellista voitelua tai vikaantumista ei välttämättä huomata yhtä nopeasti.



### 7.3 Kestovoitelu

Kestovoitelulla tarkoitetaan voitelutapaa, jossa voiteluaine on lisätty jo laitteen kokoonpanovaiheessa ja sen on tarkoitettu kestävän koko laitteen eliniän. Kestovoiteluihin kohteisiin ei tarvitse lisätä tai vaihtaa voiteluainetta koko sen elinikänä. Tyypillisiä kestovoideltuja kohteita ovat pienten sähkömoottoreiden laakeroinnit. Kestovoitelluilla laitteilla saadaan vähennettyä kustannuksia ja ohjattua voiteluresursseja muualle.

### 7.4 Voitelutöiden hallinta

Laitteiden riittävän ja oikeanlaisen voitelun takaamiseksi voitelijoilla on oltava selkeät ohjeet ja suunnitelmat miten ja milloin voitelutyöt tulee tehdä. Inhimillisten virheiden mahdollisuus kasvaa, jos selkeitä suunnitelmia ei ole laadittu. Tämän opinnäytetyön keskeisin aihe onkin laatia voitelusuunnitelmat Kymin talteenottolaitoksen voitelijoille.

Voitelutyöt koostuvat tarkastuksista, jälkivoitelutöistä, muista käsivoitelutöistä kuten öljynvaihtoista, näytteenotoista ja suodatin huolloista. Työt on suunniteltava siten, että voitelijoilla on selkeä suunnitelma siitä, mitä kohteita käydään läpi ja milloin. Voitelutyöt voidaan tehdä usein kierrosluontoisesti, jolloin keskenään samantyyppiset kohteet tietyllä alueella käydään läpi järjestelmällisesti. Kierrosluontoisia töitä voivat olla erilaiset tarkastuskierrokset, jälkivoitelukierrokset tai esimerkiksi ketjukäyttöjen voitelukierrokset. Hyvin suunnitelluilla säännöllisesti tehtävillä kierroksilla minimoidaan inhimillisten virheiden mahdollisuutta järkeviä työkokonaisuuksia hyväksi käyttäen. Suuri määrä yksittäisiä ja toisistaan poikkeavia töitä lisäävät riskiä inhimillisille erehdyksille.

Voitelutöiden hallinnassa keskeistä on hyvä dokumentaatio ja tietojärjestelmien hyväksi käyttö. On tiedettävä tarkkaan milloin työ on tehty edellisen kerran ja milloin se täytyy tehdä uudestaan. Laadittujen suunnitelmien noudattaminen on tärkeää jotta töiden seuraamisessa pysytään ajan tasalla.

### 7.4.1 Tietojärjestelmät

Tietojärjestelmien hyväksi käyttö on tärkeä osa voitelutöiden hallintaa. UPM:llä on käytössään SAP-toiminnanohjausjärjestelmä, jolla hallitaan kaikkia osa-alueita muun muassa liiketoimintaa, tuotantoa, varastohallintaa ja kunnossapitoa. Toiminnanohjausjärjestelmä on apuna kaikille organisaation tasoille johtoportaan käyttöhenkilökuntaan ja kunnossapitoasentajiin asti. Järjestelmän toiminnan edellytys on sen jatkuva kehittäminen ja tietojen ajantasaisuudesta huolehtiminen.

Kunnossapito-organisaation kannalta järjestelmän oleelliset toiminnot ovat töiden suunnittelu, aikataulutus ja hallinta, laitehistorioiden ylläpito, vikailmoitukset ja varaosien hallinta. Oikein käytettynä järjestelmällä saavutetaan kustannustehokkuutta ja helpotetaan arkipäiväistä työntekoa. Kun järjestelmä pidetään jatkuvasti ajan tasalla, sieltä saadaan arvokasta tietoa jokapäiväiseen työn tekoon.

Voiteluhuollon hallinta perustuu tietojärjestelmään luotujen säännöllisesti tehtävien ennakkohuoltotöiden ylläpitoon. Työnsuunnittelu ja aikataulutus tehdään tietojärjestelmää hyväksikäyttäen ja voitelijat näkevät järjestelmästä laitekohtaiset työohjeet suoraan kyseiseltä työltä. Voiteluaineiden, suodattimien, varaosien ja työkalujen varastohallinta onnistuu myös työkohtaisesti.

## 8 TALTEENOTTOLAITOKSEN VOITELUTÖIDEN HALLINNAN KEHITTÄMINEN

UPM Kymin talteenottolaitoksen voiteluhuollosta vastaa yksi työnjohtaja ja kaksi voitelijaa. Voitelijoilla on omat alueensa. Toisen alueisiin kuuluu haihduttamo, soodakattila, turbiini, hajukaasukattila ja mäntyöljykeittäjä. Toisen alueet koostuvat kaustistamosta, meesauunista ja apukattilasta. Voitelijat työskentelevät päivävuorossa, muina aikoina kunnossapidosta vastaa vuorokunnossapito. Loma-aikoina voitelijat lomittavat toisiaan. Talteenottolaitoksen laitekanta koostuu yli 1600 toimintopaikasta, joista yli 560 toimintopaikkaa sisältää voitelutyö kohteen. Suurin osa laitteista sisältää useita eri voitelukohteita. Voitelutöiden hallittavuus on suuresta laitekannasta johtuen erittäin tärkeää.

## 8.1 Työnkulku

Työ alkoi nykytilankartoituksella, joka suoritettiin aluksi tutustumalla talteenottolaitokseen ja voitelijoiden työhön sekä alueisiin. Tiedon keruu alkoi samalla haastattelemalla ja materiaalia keräämällä. Nykytilankartoitus toimi pohjana tiedon hankinnalle ja tavoitteiden saavuttamiselle.

Tietoja kerättiin voitelijoiden omista muistiinpanoista, SAP-järjestelmästä, haastatteluiden avulla ja valmistajien laitekohtaisista ohjeista. Tiedonkeruun pohjana käytettiin Excel-taulukoita.

Töiden ja kierrosten suunnittelu, työhöjeiden luonti ja aikataulutus toteutettiin Excel-taulukoihin kerättyjen tietojen pohjalta. Lopuksi työt luotiin SAP-järjestelmään. Voitelijoille koulutettiin toimintatavat töiden ja järjestelmän ylläpidon osalta.

## 8.2 Lähtökohdat

UPM-Kymmene Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitos valmistui vuonna 2008. Voitelijat ovat tutustuneet projektin aikana ja sen jälkeen laitekohtaisiin voiteluohjeisiin ja työskennelleet näiden tietojen ja oman ammatillisen kokemuksen pohjalta. Voitelutöiden hallinnan tapahtuessa SAP-toiminnanohjausjärjestelmän avulla edellytyksenä on, että töiden suunnittelu ja luonti järjestelmään on tehty huolellisesti ja tietoja ylläpidetään jatkuvasti. Kymin talteenottolaitoksen osalta voitelutöiden ja voitelu resurssien hallinta on ollut puutteellista. Voiteluhuolto on toiminut kuitenkin hyvin ammattitaitoisen työnjohdon ja voitelijoiden ansiosta.

Varsinaisia kirjallisia työhöjeita ei ole ollut ja voitelijat ovat toimineet pitkälti omien vuosien varrella muodostuneiden rutiinien mukaisesti. Kirjallisten laitekohtaisten työhöjeiden puuttuessa riski inhimillisille virheille kasvaa etenkin henkilöstön syystä tai toisesta vaihtuessa.

SAP-järjestelmään on luotu osa voitelutöistä mutta ne ovat olleet puutteellisia ja suurin osa töistä on tehty yleistyönumeroille. Tarkkojen viikoittaisten työsuunnitelmien teko on ollut mahdotonta. Resurssien hallinta on ollut vaikeaa, sillä suurimmalla osalla tehdyistä työtunneista on kuormitettu käytössä olleita yleistyönumeroita, jolloin yksittäisten töiden aiheuttamat kustannukset eivät ole tarkasteltavissa. Töiden puutteelli-

suus järjestelmässä aiheuttaa vääristymiä tilastoinnissa, jolloin kustannustehokkuuden parantaminen on vaikeaa. Yksittäisten ennakkohuoltotöiden puuttuminen järjestelmästä aiheuttaa myös riskin niiden inhimillisestä erehdyksestä johtuvalle laiminlyönnille.

Töiden puuttuminen järjestelmästä on aiheuttanut myös sen, ettei esimerkiksi voiteluaineisiin ja voitelujärjestelmiin kohdistuneita muutoksia ja uudistuksia ole dokumentoitu. Myös ongelmatilanteet on jäänyt kirjaamatta. Puutteet dokumentoinnissa voivat johtaa virheisiin.

### 8.3 Tiedonkeruu ja taulukointi

Työn alussa tiedonhankinta alkoi voitelijoiden toimintopaikkakohtaisiin muistiinpanoihin tutustuen. Voitelijat olivat koonneet toimintopaikkakohtaisesti tiedot voiteluvasta ja voiteluaineista paperille. Näiden paperille kerättyjen tietojen pohjalta alkoi tietojen kokoaminen Excel-taulukoihin.

Excel-taulukoihin kerättiin kaikki oleelliset tiedot voiteluun liittyen toimintopaikkakohtaisesti. Samoihin taulukoihin kerättiin myös työohjeet joiden perusteella töiden suunnittelu toteutettiin. Alla lueteltuna keskeisimmät asiat joihin tietoja kerättiin:

- Toimintopaikka
- Laitekuvaus
- Voitelukohteet, voitelutapa
- Voiteluaine, määrä, ISO-VG luokka
- Työohje
- Sykli
- Voiteluaineiden, suodattimien ja varaosien nimike numerot

Tiedonhankinnassa voitelijoiden ja työnjohdon haastattelu oli keskeisessä osassa. Voitelijoilta löytyi heidän omia muistiinpanojaan, jotka perustuivat laitevalmistajien oh-

jeisiin. Olemassa olevat tiedot oli myös joissakin tapauksissa vanhentuneita esimerkiksi käytettyjen voiteluaineiden osalta. Kun kaikki tieto voitelijoilta, työnjohdolta ja laitevalmistajien ohjeista oli koottu Excel-taulukoihin, aloitettiin töiden suunnittelu. Liitteissä 2. ja 3. on esimerkkiotos meesauunin alueen tiedonkeruusta.

## 8.4 Työnsuunnittelu

Töiden suunnittelu tapahtui Excel-taulukoiden pohjalta. Taulukoihin kerätyt työohjeet laadittiin voitelijoiden töitä seuraamalla ja voitelijoita haastatteleamalla. Töiden syklit perustuivat voitelijoiden kokemukseen ja laitevalmistajin suosituksiin. Työt suunniteltiin samoihin Excel-taulukoihin, jotta töiden luonti SAP-järjestelmään oli käytännöllistä. Liitteessä 2. näkyy kuinka töitä ja työohjeita suunniteltiin toimintopaikkakohtaisesti.

Töiden suunnittelu alkoi kartoittamalla voitelutöiden luonnetta. Voitelutyöt jaettiin kierrosluontoisiin töihin, yksittäisiin töihin ja öljynvaihtotöihin. Suurin osa säännöllisin väliajoin tehtävistä fyysistä käsivoitelu- ja jälkivoitelutöistä pyrittiin toteuttamaan kierrosluontoisina kokonaisuuksina. Töiden tekeminen ja hallittavuus sopivina kokonaisuuksina on helpompaa ja varmempaa kuin keskenään erilaisten töiden tekeminen epämääräisessä järjestyksessä.

Suodatinhuollot ja näytteenotot pidettiin omina yksittäisinä töinään, kuten myös öljynvaihtotyöt. Öljynvaihdot ja suodattimien vaihdot vaativat usein vähintään laitekoh- taisen seisokin ja talteenottolaitoksen kohdalla usein laajemman seisokin, tällöin töiden hallinta yksittäisinä töinä on helpompaa.

### 8.4.1 Voitelukierrokset

Voitelukierrokset suunniteltiin siten, että samankaltaiset työt voitelijoiden omilla alueillaan jaettiin kokonaisuuksiksi. Keskenään vastaavanlaisten laitteiden voitelutyöt tehdään yleensä samalla syklillä, jolloin näistä muodostuu järkevästi toteutettava voitelukierros. Kierrokset voivat pitää sisällään myös keskenään erilaisia laitteita mikäli niihin tehtävät toimenpiteet ovat työtavoiltaan, voiteluaineiltaan ja sykleiltään samoja. Yksi laite voi kuulua useaan eri voitelukierroksen, mikäli siihen kohdistuu useita erilaisia voitelutöitä ja erilaisilla sykleillä.

Tarkastuskierrokset ovat tärkeä osa voitelun toimivuuden varmistamista. Tarkastuskierroksilla varmistetaan voitelun toimivuus kohteissa, joihin normaalisti ei fyysisiä voitelutöitä kohdistu säännöllisesti. Tarkastuskierrokset ovat säännöllisesti tehtäviä kierroksia, jotka voitelijat tekevät omilla alueillaan. Voitelijoiden alueet on jaettu pienempiin kokonaisuuksiin, jotta tarkastuskierroksista ei tule liian pitkiä ja havainnointi olisi helpompaa. Tarkastuskierroksilla voitelijat varmistavat keskusvoitelujärjestelmien häiriöttömyyden, öljyvoideltujen kohteiden voiteluaineen riittävyuden ja havainnoivat mahdollisia poikkeavuuksia. Siisteyden ylläpito kuuluu myös tarkastuskierroksiin. Laitepetien puhtaudesta huolehtimalla mahdolliset öljyvuodot havaitaan nopeasti ja niihin voidaan puuttua. Tarkastuskierrosten yhteydessä voitelijat havainnoivat samalla muutakin kuin voitelukohteita, jolloin esimerkiksi mahdollisiin vikaantumisiin voidaan tarttua ajoissa.

Kierrosten suunnittelu perustui voitelijoiden hyväksi havaitsemiin tapoihin. Voitelijat suorittivat suurimman osan töistä jo valmiiksi kierrosluontoisesti, mutta töitä ei oltu suunniteltu, eikä niiden tekemisestä jäänyt mitään merkintää järjestelmään. Voitelijoiden ja työjohton kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta laadittiin selkeät kokonaisuudet työohjeineen, jolloin kierrosten hallittavuus ja tekeminen on käytännöllistä.

Talteenottolaitoksen alueille suunniteltiin yhteensä 16 voitelukierrosta työohjeineen, jotka koostuvat tarkastuskierroksista, erilaisista jälkivoitelukierroksista, ketjukäyttöjen voiteluista ja yksittäisten laitekokonaisuuksien voiteluista seuraavasti:

- Tarkastuskierros: haihduttamo, mäntyöljykeittäjä 1 vk.
- Tarkastuskierros: soodakattila, turbiini, syöttövesisäiliö 1 vk.
- Tarkastuskierros: kaustistamo 1 vk.
- Tarkastuskierros: meesa 1 vk.
- Ketjukäyttöjen voitelu: kaustistamo, meesa 2 vk.
- Meesauunin voitelu 1 vk.
- Nuohoimien voitelu 3 vk.

- Nuohoimien voitelu 3 kk.
- Käsirasvauskierros: kattila, haihduttamo, hajukaasukattila 2 kk.
- Käsirasvauskierros: kattila, haihduttamo, hajukaasukattila 1 kk.
- Ketjukäyttöjen voitelu kattila 1 kk.
- Käsirasvauskierros: kaustistamo, meesa 1 kk.
- Venttiilien voitelu, yhteiset 2 kk.
- Venttiilien voitelu, yhteiset 3 kk.
- Venttiilien voitelu: soodakattila 3 kk.
- Kello-/ ilmapeltien rasvaus soodakattila 3 kk.

#### 8.4.2 Yksittäiset voitelutyöt

Omina yksittäisinä töinään pidettiin öljynvaihto-, suodatinhuolto- ja näytteenottotyöt. Öljynvaihtotöiden ongelma on niiden vaatimat laitekohtaiset tai laajemmat seisokit. Öljynvaihtoista laadittiin toimintopaikkakohtaiset työohjeet, voiteluaineineen tyyppi ja standardi tietoineen. Yksittäisten laitekohtaisten töiden suunnittelu ja aikatauluttaminen on helpompaa kuin yhteen niputettujen töiden aikatauluttaminen. Suodatinhuollot tehdään myös seisokeissa, jolloin niiden aikataulutus toteutetaan työkohtaisesti.

#### 8.5 Töiden luonti SAP- järjestelmään

Töiden luonti SAP-toiminnanohjausjärjestelmään aloitettiin, kun kaikki tieto oli kerätty Excel-taulukoihin ja työt suunniteltu toimintopaikkakohtaisesti. Voitelukierrokset luotiin järjestelmään ensimmäisenä, jotta ne saatiin myös käyttöön mahdollisimman nopeasti, niiden sisältäessä suurimman osan voitelijoiden viikoittaisesta työkuormasta. Viimeisenä järjestelmään lisättiin öljynvaihdot ja muut pidemmällä syklillä tehtävät yksittäiset voitelutyöt.

Kierrosluontoiset voitelutyöt luotiin järjestelmään niin sanottuja objektiluetteloita hyväksikäyttäen. Yhdelle huoltosuunnitelmalle lisättiin kaikki kierrokseen kuuluvat toimintopaikat objektiluetteloina. Objektiluetteloon lisätyt toimintopaikat sidotaan näin kyseiseen huoltosuunnitelmaan, jolloin nähdään laitekohtaisesti mihin kaikkiin ennakohuoltotöihin se on sidottu. Objektiluettelon kautta voidaan myös tehdä vikailmoitus toimintopaikkakohtaisesti. Kierrosluontoisten töiden työohjeet, voiteluaineet ja määrät on myös lisätty huoltosuunnitelmaan toimintopaikkakohtaisesti. (Liite 4.)

Yksittäiset työt kuten öljynvaihdot, suodatinhuollot ja näytteenotot luotiin järjestelmään yksittäisinä huoltosuunnitelmina, eli huoltosuunnitelma pitää sisällään ainoastaan yhden laitteen. Laitehistoriasta nähdään milloin kyseiselle toimintopaikalle on tehty esimerkiksi öljynvaihto ja milloin on sen seuraava suunniteltu suoritusajankohta.

Kaikille töille arvioitiin työvoiman määrä ja arvioitu kesto-aika. Lisäksi töihin lisättiin komponenttiluettelo, johon listattiin kaikki varastonimikkeellä olevat materiaalit, kuten voiteluaineet ja suodattimet.

## 8.6 Järjestelmän hallinta

Huoltosuunnitelma avaa voitelutyötilauksen automaattisesti, kun suunniteltu työn tekoajankohta lähestyy (Liite 5). Työnjohto poimii järjestelmän luomat työtilaukset ja lisää ne yleensä seuraavan viikon viikkosuunnitelmaan tai esimerkiksi öljynvaihtojen kohdalla seuraavaan suunnitellun seisokin työlistaan. Järjestelmästä näkee, mikä on arvioitu työnkesto-aika ja resurssintarve, jonka mukaan voidaan laatia tulevien viikkojen viikkosuunnitelmat.

Työtilaukset tulostetaan järjestelmästä ja työtilaustulosteessa näkyy kaikki työhön liittyvät asiat työohjeineen. Kun voitelija lähtee tekemään työtilauksen mukaista työtä hän leimaa viivakoodilla työn alkaneeksi ja kun työ on valmis hän leimaa työn päättyneeksi. Työ voidaan tehdä myös useassa eri osassa, jolloin järjestelmä laskee käytetyt tunnit yhteen. Kun työ on tehty valmiiksi, työ päätetään järjestelmästä, jolloin työ sulkeutuu ja järjestelmä tekee uuden työtilauksen huoltosuunnitelman mukaisesti seuraavan suoritusajankohdan lähestyessä. Liitteenä 6. on esimerkki meesauunin viikoittaisen voitelukierroksen työtilauksen tulosteesta, jossa näkyy kaikki työn tekemisen kannalta oleellinen tieto.



Mikäli esimerkiksi tarkastuskierroksella huomataan jotain poikkeavaa esimerkiksi al-  
kava vikaantuminen tai voitelun puutteellisuus voidaan huoltosuunnitelman objekti-  
luettelon kautta tehdä toimintopaikkakohtainen vikailmoitus. Vikailmoituksen aiheut-  
taessa toimenpiteitä se muutetaan työtilaukseksi ja työlle varataan resurssit sekä tarvit-  
tavat materiaalit järjestelmästä.

## 8.7 Käyttöönotto ja koulutus

Voitelutöiden käyttöönotto tapahtui porrastetusti. Kun voitelukierrokset oli luotu  
SAP-järjestelmään, ne aikataulutettiin alkavaksi voitelutöiden viimeisen suoritusker-  
ran mukaan. Vanhat järjestelmään luodut huoltosuunnitelmat poistettiin, jotta päälle-  
käisyyksiä ja sekaantumisia ei syntyisi.

Voiteliijoille pidettiin koulutus jossa käytiin läpi uudet käytännöt ja kerrattiin SAP-  
järjestelmän käyttöä. Koulutuksessa käytiin läpi voitelijoiden ja työnjohdon roolit ja  
sovittiin yhteiset toimintamallit. Koulutuksen jälkeen uudet kierrostyöt otettiin käyt-  
töön ja seuraavalle viikolle tehtiin viikkosuunnitelma.

Voitelukierrosten käyttöönoton jälkeen jatkui yksittäisten öljynvaihtotöiden, suodatin-  
huoltojen ja näytteenottojen aikatauluttaminen ja käynnistäminen järjestelmään.

## 8.8 Havaintoja ja kehitysehdotuksia

Työn aikana tehdyistä havainnoista päällimmäiseksi ongelmaksi nousi öljyvoideltujen  
kohteiden voiteluhuollon varmistaminen. Kymin talteenottolaitoksessa on käytössä  
pääosin ne voiteluaineet, jotka talteenottolaitoksen rakennusprojektin yhteydessä on  
valittu. Öljyvoideltujen kohteiden voitelussa on pääosin käytetty mineraaliöljypohjai-  
sia voiteluaineita. Mineraaliöljyille laite- ja voiteluainetoimittajat suosittelevat pää-  
sääntöisesti yhden vuoden vaihtoväliä.

Talteenottolaitoksen laitteiden öljynvaihtotyöt vaativat pääosin laajan, koko integraa-  
tin seisokin, sillä pääosaa laitteista ei voida pysäyttää kesken prosessin. Kymillä vuo-  
sihuoltoseisokkien väliä on viimevuosien aikana kasvatettu vuodesta puoleentoista  
vuoteen. Pidentynyt seisokkiväli aiheuttaa ongelmia öljyvoidelluille kohteille, sillä ölj-  
jynvaihtotöitä ei voi tehdä kuten alun perin on suunniteltu. Harventunut seisokkiväli

aiheuttaa myös työruuhkaa voitelijoille ja kaikkia öljynvaihtotöitä ei edes ehditä tekemään.

Synteettisten öljyjen käyttöä lisäämällä öljynvaihtoväliä voidaan pidentää. Synteettisiin öljyihin siirtyminen toisi myös kustannussäästöjä pidentyneen öljynvaihtovälin ansiosta, vaikka synteettiset öljyt ovatkin kalliimpia kuin mineraaliöljyt.

SAP-järjestelmän käyttökoulutuksen lisääminen voitelijoille tehostaa töiden hallittavuutta ja järjestelmän toimivuutta entisestään. Työnjohdon ja suunnittelun työkuorma vähenee, kun voitelijat opettelevat töiden hakemisen, tulostamisen ja päättämisen omatoimisesti järjestelmästä. Vikailmoitusten tekoon järjestelmän kautta tulee myös panostaa, jotta järjestelmään kertyy arvokasta historiatietoa toimintopaikkakohtaisesti.

Voitelutöitä, työohjeita ja muita tietoja tulee jatkossa kehittää ja päivittää. Muutokset esimerkiksi voiteluaineissa ja työmenetelmissä pitää kirjata huoltosuunnitelmiin, jotta ne pysyvät ajan tasalla. Voitelukierrosten kulkujärjestys pitää myös muuttaa työohjeisiin, kun voitelijoille on muodostunut selkeät reitit.

Tulevaisuudessa eri alueiden voitelutöiden hallinnan kartoittaminen ja yhdenmukaistaminen on ajankohtaista. Yhdenmukaiset ja ajan tasalla olevat toimintatavat auttavat varmistamaan voiteluhuollon toimivuuden koko integraatin alueella.

## 9 YHTEENVETO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli kehittää UPM:n Kymin sellutehtaan kemikaalien talteenottolaitoksen voitelutöiden hallintaa. Kehitystyö alkoi kartoittamalla voiteluhuollontila ja keräämällä voitelun kannalta olennaista tietoa laitekohtaisesti. Kerättyjen tietojen pohjalta suunniteltiin voitelukierrokset ja yksittäiset voitelutyöt, työohjeineen. Työnsuunnittelun pohjalta luotiin toimintopaikkakohtaiset huoltosuunnitelmat SAP-toiminnanohjausjärjestelmään.

Järjestelmään luodut huoltosuunnitelmat mahdollistavat töiden viikkosuunnittelun ja seisokitöiden suunnittelun tarkasti, mahdollistaen näin resurssien tehokkaan käytön. Toimintopaikkakohtaisilla työohjeilla ja työsuunnitelmilla minimoidaan inhimillisiä virheitä ja varmistetaan voiteluhuollon toimivuus myös mahdollisissa henkilöstö vaih-

doksissa. Järjestelmään luodut huoltosuunnitelmat auttavat myös toimintopaikkakohtaisen tiedonkeruuta ja kunnossapitokustannusten hallintaa.

Työ oli mielenkiintoinen mutta myös haastava. Tiedonkeruu vei aikaa toimintopaikkojen suuresta lukumäärästä ja alueen laajuudesta johtuen. Toimintopaikkoja alueella on yli 1600, joista yli 560 on voiteluhuollon kannalta merkittäviä. Tiedon keräämisen haasteena oli myös osittain puutteellinen dokumentointi. Työn laajuus hahmottuikin vasta työn edetessä. Työntekoa helpotti kuitenkin työnjohdon ja voitelijoiden avoin suhtautuminen ja ammattitaito, josta oli suuri apu tiedonkeruussa ja työnsuunnittelussa.

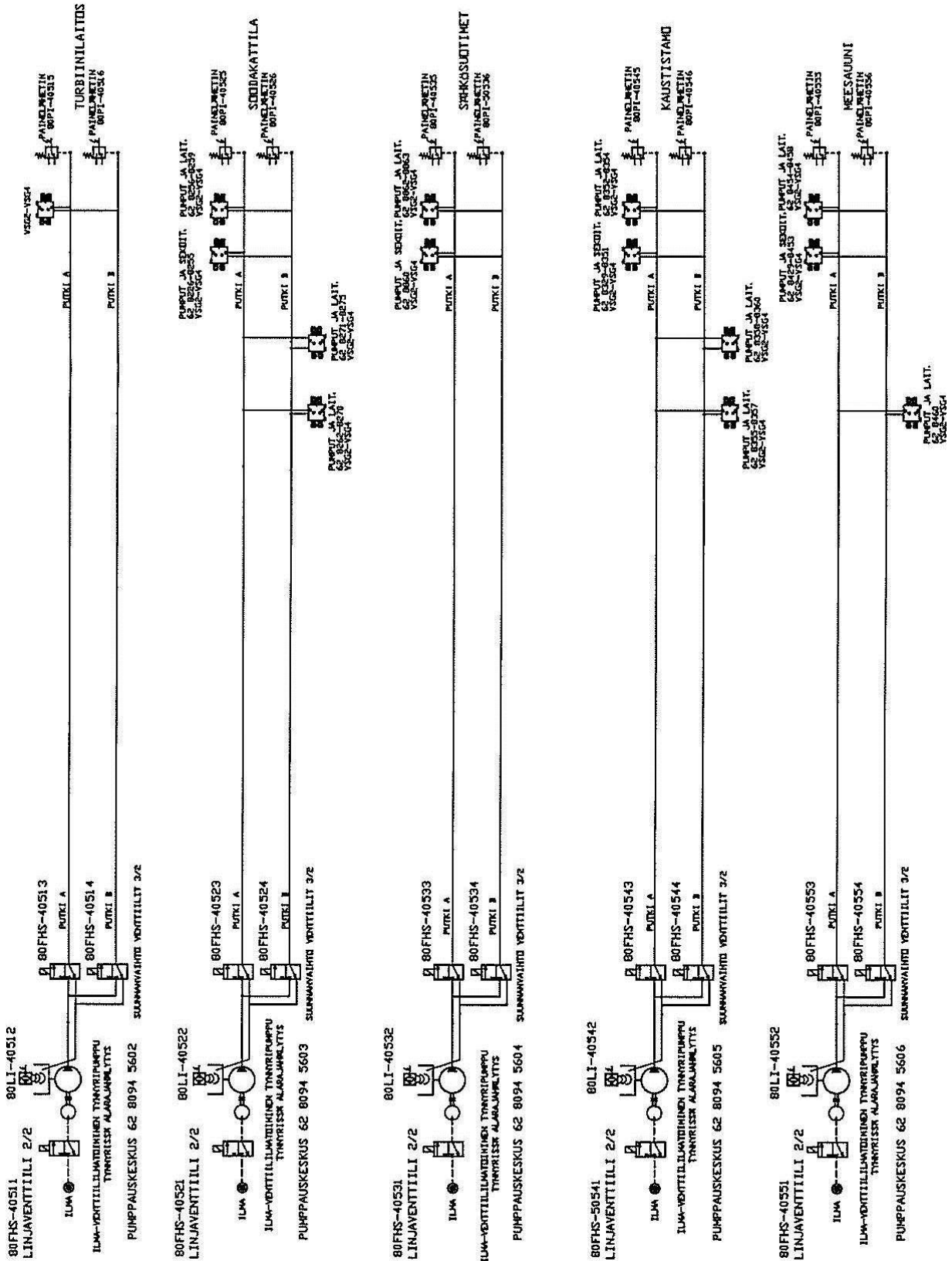
Työn tuloksena Kymin talteenottolaitoksen voitelutyöt on suunniteltu toimintopaikka-kohtaisesti ja ne ovat selkeästi hallittavissa SAP-järjestelmää hyväksi käyttäen. Työn yhteydessä voiteluun liittyvä dokumentaatio on koottu yhteen ja saatettu sähköiseen muotoon. Suunniteltujen työkokonaisuuksien toimivuus ja kehitys tarpeet ilmenevät ajan kuluessa. Jatkuva kehittäminen ja tietojen päivittäminen on tärkeää, jotta tämän työn luomalle perustalle saadaan maksimaalinen hyöty.

## LÄHTEET

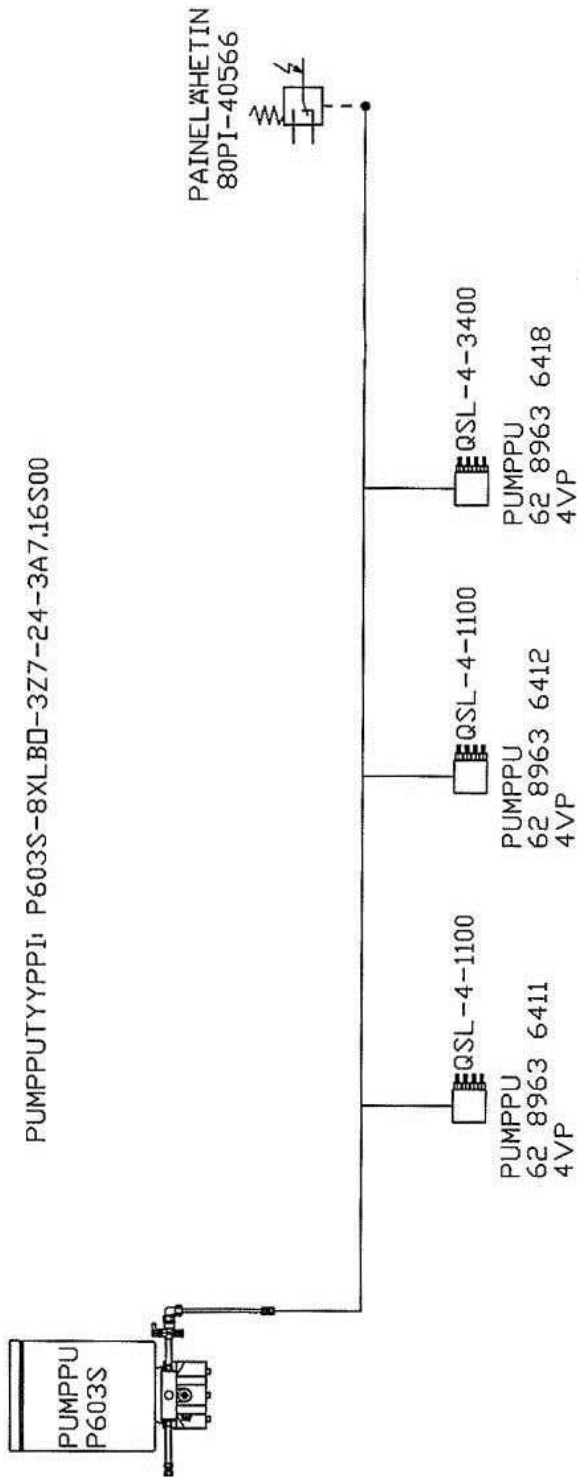
1. UPM lyhyesti, UPM:n kotisivut 2013. Saatavissa:  
<http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Pages/default.aspx> [viitattu:  
11.11.2013]
2. UPM Vuosikatsaus 2012. Saatavissa:  
<http://www.upm.com/FI/SIJOITTAJAT/Documents/UPMVuosikertomus2012.pdf>  
[Viitattu: 12.11.2013]
3. UPM Kymi tehdasesite 2012. Saatavissa: [http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalit-toiminnot/Tuotantoyksikot/Documents/UPM\\_Kymi\\_%20tehdasesite\\_2012\\_fi.pdf](http://www.upm.com/FI/UPM/UPM-Lyhyesti/Globaalit-toiminnot/Tuotantoyksikot/Documents/UPM_Kymi_%20tehdasesite_2012_fi.pdf)  
[Viitattu: 13.11.2013]
4. Knowpulp-sellutekniikan verkko-oppimisympäristö. Saatavissa:  
<http://www.knowpulp.com/extranet/suomi/kps/ui/knowpulp.htm> [Viitattu:  
15.11.2013]
5. Järviö, J. & Lehtiö, T. 2012. Kunnossapito – Tuotanto-omaisuuden hoitaminen. KP-Media Oy.
6. Opetushallitus: Kunnossapito menestystekijä, oppimateriaali. Saatavissa:  
<http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/index.html> [Viitattu:  
02.01.2013]
7. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry 2013. Teollisuusvoitelu Käsikirja, KP- Media Oy.
8. Kara, W. H. 1989. Voiteluaineet – Valmistus, ominaisuudet, käyttö, Oy Shell Ab ja Otakustantamo.
9. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry 2010. Teollisuuden Rasvavoitelu, KP- Media Oy.

10. Kunnossapitoyhdistys Promaint ry 2009. Kuntoon perustuva kunnossapito, KP-Media Oy.

Talteenottolaitoksen kaksilinjaisten keskusvoitelujärjestelmien kaaviot:



Mäntyöljykeittämön yksilinjaisenjärjestelmän kaavio:



Esimerkki meesauunin Excel-tiedonkeruutaulukosta:

Toimintopaikka	Nimitys	ABC	Sähkömoottori=S Vaihe=V Laakeri=L Voitelutapa		Käsi	Kesto	Keskusvoitelu pumppuyksikkö	Nimike	Voiteluaine
			Keskus	LS					
KYM1-62 8453 6432	ÖLJYN KIERÄTYSPUMPPU 12	E						10043671	
KYM1-62 8453 6433	ÖLJYN KIERÄTYSPUMPPU 13	E						10043671	
KYM1-62 8453 6434	ÖLJYN KIERÄTYSPUMPPU 14	E						10043671	
KYM1-62 8453 6435	ÖLJYN KIERÄTYSPUMPPU 15	E						10043671	
KYM1-62 8453 6436	ÖLJYN KIERÄTYSPUMPPU 16	E						10043671	
KYM1-62 8453 6501	MEESAUUNI, TIIVISTEILMAPUHALLIN	E	LS				KYM1-62.8094.5606		
KYM1-62 8453 7101	MEESAUUNI VAIPPA	E							
KYM1-62 8453 7111	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 1	E		X				10034724	Cepplattyn HT
KYM1-62 8453 7112	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 2	E		X				10034724	Cepplattyn HT
KYM1-62 8453 7113	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 3	E		X				10034724	Cepplattyn HT
KYM1-62 8453 7114	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 4	E		X				10034724	Cepplattyn HT
KYM1-62 8453 7121	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 1	E		L				10033761	Vaihteisto 460 S-EP
KYM1-62 8453 7122	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 2	E		L				10033761	Vaihteisto 460 S-EP
KYM1-62 8453 7123	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 3	E		L				10033761	Vaihteisto 460 S-EP
KYM1-62 8453 7124	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 4	E		L				10033761	Vaihteisto 460 S-EP
KYM1-62 8453 7125	MEESAUUNI, AKSELITUKIRULLASTO	E						10034237	Castrol Tribol 3785/ 220
KYM1-62 8453 7126	MEESAUUNI, HAMMASKEHÄ	E		Tynnyri			KYM1-62.8453.5601	10034723	Cepplattyn KG 10 MHF
KYM1-62 8453 7201	SYÖTTÖPÄÄTY	E							
KYM1-62 8453 7203	POLTTOPÄÄTY	E							
KYM1-62 8453 7205	SYKLONI	E							
KYM1-62 8453 7301	SEKTORIJÄÄHDYTYN	E							
KYM1-62 8453 7302	SEKTORIJÄÄHDYTYN, HUUVA JA PURKAUSSUPPIL	E							
KYM1-62 8454 4601	KALKKIKULETIN	E	LS				KYM1-62.8094.5606	10034237	Castrol Tribol 3785/ 220
KYM1-62 8454 4602	KALKKI ELEVAATTORI	E	L				KYM1-62.8094.5606	10034237	Castrol Tribol 3785/ 220



## Esimerkki meesauunin työsuunnittelusta Excel-taulukossa

Toimintopaikka	Nimitys	Määrä	Ulkopuolisten tekemille töille omat reitit, merkittävä. Pitkä teksti	Sykli (kk)	Työvoima
KYM1-62 8453 6433	ÖLJYN KIERÄTYPUMPPU 13		Suodatin hydac /16/MA/2/BN		
KYM1-62 8453 6434	ÖLJYN KIERÄTYPUMPPU 14		Suodatin hydac /16/MA/2/BN		
KYM1-62 8453 6435	ÖLJYN KIERÄTYPUMPPU 15		Suodatin hydac /16/MA/2/BN		
KYM1-62 8453 6436	ÖLJYN KIERÄTYPUMPPU 16		Suodatin hydac /16/MA/2/BN		
KYM1-62 8453 6501	MEESAUUNI, TIIVISTEILMAPUHALLIN		Suodatin hydac /16/MA/2/BN		
KYM1-62 8453 7101	MEESAUUNI VAIPPA				
KYM1-62 8453 7111	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 1		Viikoittain paineruiskulla voiteluaine kannatusrenkaan väliin, renkaan sivulta valumat pois raapalla	1vk	1
KYM1-62 8453 7112	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 2		Viikoittain paineruiskulla voiteluaine kannatusrenkaan väliin, renkaan sivulta valumat pois raapalla	1vk	1
KYM1-62 8453 7113	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 3		Viikoittain paineruiskulla voiteluaine kannatusrenkaan väliin, renkaan sivulta valumat pois raapalla	1vk	1
KYM1-62 8453 7114	MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 4		Viikoittain paineruiskulla voiteluaine kannatusrenkaan väliin, renkaan sivulta valumat pois raapalla	1vk	1
KYM1-62 8453 7121	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 1	4 * 25l	Lisätään öljyä tarvittaessa	1vk	1
KYM1-62 8453 7122	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 2	4 * 25l	Lisätään öljyä tarvittaessa	1vk	1
KYM1-62 8453 7123	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 3	4 * 25l	Lisätään öljyä tarvittaessa	1vk	1
KYM1-62 8453 7124	MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 4	4 * 25l	Lisätään öljyä tarvittaessa	1vk	1
KYM1-62 8453 7125	MEESAUUNI, AKSELITUKIRULLASTO			1vk	1
KYM1-62 8453 7126	MEESAUUNI, HAMMASKEHÄ		Tynnyrin pinta tarkastetaan, vaihdetaan tarvittaessa, jätöily tynnyrin tarkastus	1vk	1
KYM1-62 8453 7201	SYÖTTÖPÄÄTY				
KYM1-62 8453 7203	POLTOPÄÄTY				
KYM1-62 8453 7205	SYKLONI				
KYM1-62 8453 7301	SEKTORUJÄHDYTIMIN				
KYM1-62 8453 7302	SEKTORUJÄHDYTIMIN, HUUVA JA PURKAUSSUPPIL				
KYM1-62 8454 4601	KALKIKUULJETIN				
KYM1-62 8454 4602	KALKKI ELEVAATTORI		Ketjulle castrol spray 2 viikon välein, yläpää kaustiamon keskusvoitelu, alapää oma voitelulaite		1
KYM1-62 8454 4603	KALKIN ANNOSTIN		Ongelmia keskusvoitelussa huipulla. Tarkastetaan voitelun tila viikoittain		

Kuvakaappaukset soodakattilan nuohomien voitelukierroksen huoltosuunnitelmasta SAP-järjestelmässä.

**Näytä huoltosuunnitelma: Yksitt.syklisuunn. 500000012985**

Huoltosuunnitelma  Nuohomien voitelu 3vk

Huoltosuunn. ots.

Huoltosuunnitelman sykliä Huoltosuunnitelman ajoitusparametrit Huoltosuunnitelman lisätiedot Ajoit...

Sykli/yksikkö  VK.

Sykliteksti

Siirtymä/yksikkö  VK.

Rivi Objektiluettelo - rivi Sijainti - rivi Asiakaslaajennus - rivi

Huoltorivi  Nuohomien voitelu 3vk

Viiteobjekti

Toimintopaikka  TULISTINOSAN NUOHOUSLAITTEISTO

Laite

Suunnittelutiedot

Suunnittelutmp  Kymi mill Suunnitteluryhmä  PEHKONEN REIJO TAP

Tilauslaji  EH-työtilaus autom. vapautetta... KP-toimintolaji  Ennakkohoolto

Vast. työpiste  /  TALTEENOTTO, V...

Prioriteetti  Purkamisohje

Myyntiosite  /

Älä vapauta heti

Vaiheluettelo

Tpi	VL-ryhmä	RLask	Kuvaus
A /	<input type="text" value="9884"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="Nuohomien voitelu 3vk"/>

Huoltosuunnitelman etusivu. Ylhäällä ajoituskenttä, keskellä huoltorivi, jonka takana työohjeet ja alhaalla suunnittelutiedot. Voitelutyöt on suunniteltu prioriteetillä 4, ”Ei tuotantoriskiä”.

**Näytä huoltosuunnitelma: Yksitt.syklisuunn. 500000012985**

Huoltosuunnitelma  Nuohomien voitelu 3vk

Huoltosuunn. ots.

Huoltosuunnitelman ajoitusparametrit    Huoltosuunnitelman lisätiedot    Ajoitetut kutsut - huoltosuunnite...

**Ajoitusluettelo**

K...	Suunn. pvm	Kutsupäivä...	Käsittelypvm	Ajoituslaji/tila	Tot...	Yksikkö
2	07.04.2014	29.03.2014		Ajoitettu, Odott.		
3	28.04.2014	19.04.2014		Ajoitettu, Odott.		
4	19.05.2014	10.05.2014		Ajoitettu, Odott.		

Rivi    Objektiluettelo - rivi    Sijainti - rivi    Asiakaslaajennus - rivi

Huoltorivi  Nuohomien voitelu 3vk

Laj.	Toimintopaikka	Toim.paikan nimitys	Kokoon...	Kokoonpanon nimitys
	KYM1-62 8263 7601	NUOHAIN 1		
	KYM1-62 8263 7602	NUOHAIN 2		
	KYM1-62 8263 7603	NUOHAIN 3		
	KYM1-62 8263 7604	NUOHAIN 4		
	KYM1-62 8263 7605	NUOHAIN 5		
	KYM1-62 8263 7606	NUOHAIN 6		
	KYM1-62 8263 7607	NUOHAIN 7		
	KYM1-62 8263 7608	NUOHAIN 8		
	KYM1-62 8263 7609	NUOHAIN 9		
	KYM1-62 8263 7610	NUOHAIN 10		
	KYM1-62 8263 7611	NUOHAIN 11		
	KYM1-62 8263 7612	NUOHAIN 12		
	KYM1-62 8263 7613	NUOHAIN 13		
	KYM1-62 8263 7614	NUOHAIN 14		

Huoltosuunnitelman objektiluettelo. Objektiluetteloon on listattu kaikki toimintopaikat, jotka kuuluvat kyseiseen kierrokseen, tässä tapauksessa 98 kpl nuohoimia. Yllä ajoituskentässä näkyvät suunnitellut voitelukierroksen teko päivämäärät, sekä päivämäärät jolloin järjestelmä avaa työtilauksen.

**Näytä Huoltoriviteksti: Kieli FI**

SAP

Leikkaa Erikoishaku Undo - Reset Paragraph Format ABC Oheistiedot Määritä tekstintarkistus  
 Kopioi Korvaa Redo - Palauta merkkinuotoilu Kielliasun Käännä Sanamäärä  
 Liitä Valitse - Styles Kielliasun Käännä Synonymisanasto  
 Clipboard Editing Styles Proofing

Nuohomien voitelu 3 viikon välein

Voiteluaine: Glyberlude CBA 0065547 PAIL  
 Castrol Viscoleb 1500 ketju spray

Laakerin nippoihin Clyberlude rasvaa 3-4,5g, Ketjulle Castrol spray

Toimintopaikat:

KYM1-62	8263	7601	NUOHAIN	1
KYM1-62	8263	7602	NUOHAIN	2
KYM1-62	8263	7603	NUOHAIN	3
KYM1-62	8263	7604	NUOHAIN	4
KYM1-62	8263	7605	NUOHAIN	5
KYM1-62	8263	7606	NUOHAIN	6
KYM1-62	8263	7607	NUOHAIN	7
KYM1-62	8263	7608	NUOHAIN	8
KYM1-62	8263	7609	NUOHAIN	9
KYM1-62	8263	7610	NUOHAIN	10
KYM1-62	8263	7611	NUOHAIN	11
KYM1-62	8263	7612	NUOHAIN	12
KYM1-62	8263	7613	NUOHAIN	13
KYM1-62	8263	7614	NUOHAIN	14
KYM1-62	8263	7615	NUOHAIN	15
KYM1-62	8263	7616	NUOHAIN	16
KYM1-62	8263	7617	NUOHAIN	17
KYM1-62	8263	7618	NUOHAIN	18
KYM1-62	8263	7619	NUOHAIN	19
KYM1-62	8263	7620	NUOHAIN	20
KYM1-62	8263	7621	NUOHAIN	21
KYM1-62	8263	7622	NUOHAIN	22
KYM1-62	8263	7623	NUOHAIN	23
KYM1-62	8263	7624	NUOHAIN	24
KYM1-62	8263	7625	NUOHAIN	25
KYM1-62	8263	7626	NUOHAIN	26
KYM1-62	8263	7627	NUOHAIN	27

Huoltoriville kirjatut työhjeet ja toimintopaikat, jotka näkyvät työtilaustulosteessa.

SAP-järjestelmä näkymä meesauunin viikoittaisen voitelukierroksen työtilauksesta:

**Näytä EH-työtilaus autom. vapautettava 200003968735: pääotsikko**

Tilaus PM12 0003968735 Meesauunin voitelu 1vk  
 Jäj. tila TEPÄ OVAH TULO ENLA KLVI NIVA PUOH

Ots.tiedot   Vaiheet   Komponentit   Kumppani   Objektit   Lisätiedot   Sjainti   Suunnitt.

**Vastuuhenkilöt**

Suunn.rhmä RPE / KYM1 PEHKONEN REIDO TAP   Ilmoitus 100002032830  
 VastTyöp. MSTIVOITE / KYM1 TALTEENOTTO, ...   KP-TLaji P01 Ennakkohuolto  
 Vastuuhen... 20004806 Paavola, Ari Tapani   Osoite

**Päivämäärät**

Alkuraja 06.03.2014 06:00   Priorit. Ei tuotantoriskää  
 Loppuraja 06.03.2014 10:40

**Viiteobjekti**

ToimPaikka KYM1-62 8453 0000 MEESAUUNI  
 Laite

Häiriötiedot   Vah. kuvaus   Ilmoituspvm:t

Häir. alku 26.02.2014 13:32:38    Katkos  
 HäirLoppu   00:00:00   Katkosaika 0,00 H

**Ensimmäinen vaihe**

Vaihe Voitelukierroksen suorittaminen   L.av. Laske työ  
 Työp./tmp MSTIVOITE / KYM1 Ohj.av. PM01 Toim.laji PDME01    TAV  
 Työpanos 4,0 H Lkm 1   Vaih.kesto 4,0 H    Komp.  
 Henkil.nro 0

Ylhäällä vastuuhenkilönä työnsuorittaja, keskellä ajankohta, alhaalla työn kesto ja arvioitu työvoiman määrä.

## Esimerkki meesauunin viikoittaisen voitelukierroksen SAP-työtilaustulosteesta

Työtilaus

200003968735

Niko Spets

28.02.2014 11:44:43

Sivu 1 / 2



200003968735

Kuvaus				
Meesauunin voitelu lvk				
Meesauunin viikoittainen voitelu:				
KYM1-62 8453 5601,,HAMMASKEHÄN VOITELULAITTEISTO				
KYM1-62 8453 7126,,MEESAUUNI, HAMMASKEHÄ				
Voiteluaine: Cepplattyn KG 10 MHF, tynnyri				
Tarkastetaan tynnyri, vaihdetaan tarvittaessa				
Tarkastetaan jätetynnyri, vaihdetaan tarvittaessa				
KYM1-62 8453 7111,,MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 1				
KYM1-62 8453 7112,,MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 2				
KYM1-62 8453 7113,,MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 3				
KYM1-62 8453 7114,,MEESAUUNI, KANNATUSRENGAS 4				
Voiteluaine: Cepplattyn HT				
Kaavitaan valumat pois kannatusrenkaiden sivusta ja pediltä.				
Ruiskutetaan paineruiskulla voiteluaine kannatusrenkaiden liukupintojen väliin molemmin puolin yläpuolen raosta.				
KYM1-62 8453 7121,,MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 1				
KYM1-62 8453 7122,,MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 2				
KYM1-62 8453 7123,,MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 3				
KYM1-62 8453 7124,,MEESAUUNI, KANNATUSRULLASTO 4				
Voiteluaine: Neste Vaihteisto S460 EP				
Tarkastetaan öljynpinta, lisätään ylärajaan asti kannulla.				
Tilavuus 4*25 l/ rullasto				
<b>Työpiste</b>	MSTVOITE	<b>Suunnitteluryhmä</b>	RPE	<b>Tehdas</b> KYM1
<b>Ajoitettu alku</b>	06.03.2014	<b>Prioriteetti</b>	4	Ei tuotantoriskiä
<b>Ajoitettu loppu</b>	06.03.2014			
<b>Vastuuhenkilö</b>	Paavola, Ari Tapani			
<b>Hierarkiapolku</b>	UPM-KYMMENE, KYMI\TALTEENOTTO\MEESAUUNI 3			
	KYM1-62 8453 0000			
	MEESAUUNI			
<b>Toimintopaikka</b>				
<b>Lajittelukenttä</b>				
<b>Sijainti</b>				
<b>Luokittelu</b>				
<b>Vaihe</b>				
	2000039687350010			
10	<b>Kuvaus</b>	Voitelukierroksen suorittaminen		
	<b>Aikataulus no</b>	W1410 Viikkosuunnitelma vk10 03.03.14-09.03.14		
	<b>Työpiste</b>	<b>Tila</b>	<b>Alkupäivä</b>	<b>Alkuaika</b> <b>Kesto</b>
	MSTVOITE	Vapautettu	06.03.2014	06:00:00 4,00 H
	<b>Vastuuhenkilö</b>			
<b>Varatut materiaalit</b>	<b>Materiaalinumero</b>	10034723	190,000 KG	

Työtilaus

200003968735

Niko Spets

28.02.2014 11:44:43

Sivu 2 / 2



200003968735

## Vaihe

	Kuvaus	RASVA CEPLATTYN KG 10 HMF 190 KG		
	Varaus	7928447/0001		
		Ei koskaan		
	Lieu de stockage	Type de stockage	Numéro de stockage	Stock
	3B		A	0,000
	Purkauspaikka	Vastaanottaja		
Varatut materiaalit	Materiaalinumero	10034724		10,000 KG
	Kuvaus	RASVA CEPLATTYN HT 50 KG		
	Varaus	7928447/0002		
		Ei koskaan		
	Lieu de stockage	Type de stockage	Numéro de stockage	Stock
	3B	Keskusvarasto	A	50,000
	Purkauspaikka	Vastaanottaja		
Varatut materiaalit	Materiaalinumero	10033761		25 L
	Kuvaus	ÖLJY NESTE S 460 200L		
	Varaus	7928447/0003		
		Ei koskaan		
	Lieu de stockage	Type de stockage	Numéro de stockage	Stock
	D-1D		NESTE	0,000
	Purkauspaikka	Vastaanottaja		