



# Kartonkikoneen kiertovoitelu- ja hydraulikkaöljyn kunnonvalvonnan kehittäminen

Eero Hämylä

OPINNÄYTETYÖ  
Maaliskuu 2023

Konetekniikka  
Koneautomaatio

## TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu  
Konetekniikka  
Koneautomaatio

HÄMYLÄ, EERO:

Kartonkikoneen kiertovoitelu- ja hydraulikkaöljyn kunnonvalvonnan kehittäminen

Opinnäytetyö 53 sivua  
Maaliskuu 2023

---

Opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää kartonkikoneen hydraulikka- ja voiteluöljyjen kunnonvalvontaa. Kartonkitehtaalla on kymmeniä öljyjärjestelmiä, joiden öljyn laadun valvonta oli todella vähäistä ja sitä tehtiin käytännössä vain kerran vuodessa ottamalla pullonäytteitä, jotka lähetettiin öljynvalmistajan laboratorioon tutkittavaksi. Öljyn laadun tarkkailu pelkillä pullonäytteillä ei ole enää nykyaikaista, vaan siihen haluttiin parempi ratkaisu, jolla saataisi nopeita sekä tarkkoja mittaustuloksia. Öljyn hiukkaspitoisuuden äkillinen lisääntyminen on ensimmäinen merkki alkavasta laitevauriosta ja sen takia siihen on syytä panostaa. Tarkalla ja ennakoivalla mittauksella voidaan välttyä suurilta ja kalliilta laitevaurioilta, sekä pitkiltä häiriöseisokeilta. Opinnäytetyön toimeksiantaja oli Hämeenkyrössä sijaitseva Metsä Board Kyron kartonkitehdas.

Projektissa keskityttiin tiettyihin parempaa öljyn puhtautta vaativiin öljy järjestelmiin, joista otettiin pullonäytteet analysointia varten. Tutkimuksien jälkeen pystyttiin valitsemaan oikeanlaiset mittaus- ja puhdistuslaitteet kyseiselle öljyn laadulle. Lisäksi työssä tutkittiin hydraulikkakoneikon venttiilien maksimipuhtausluokkavaatimuksia ja suodatinmitoituksia. Projektin aikana käytiin myös tehdasvierailulla SKF Muuramen tehtaalla, missä esiteltiin fyysisesti heidän tarjoamaa öljynpuhdistuslaitetta, sekä muita öljyjärjestelmien laitteita.

Opinnäytetyön tuloksena oli kehitysehdotus kartonkikoneen öljyn kunnonvalvonnan parantamiseksi. Kehitysehdotus sisälsi suunnitelman öljyjärjestelmiin liitettävistä öljyn laatua mittaavista antureista, sekä puhdistuslaitteista.

Onneksi ei ole sattunut mitään isompaa laiterikkoa, jota ei olisi värähtelymittauksissa tai aistinvaraisissa mittauksissa huomattu. Öljyn korkea laatu on yksi tärkeimmistä päätekijöistä laitteiden korkean käyntiasteen saavuttamiseksi. Siksi kunnonvalvontaa ja öljyn puhdistusta on päivitettävä kehitysehdotuksen mukaisilla laitteilla. Kehitysehdotuksen mukaisten investointien ansiosta öljyjärjestelmien toiminta olisi paljon luotettavampaa, tarkempaa ja paremmin ennakoitavissa, kuin mitä se oli työn aloitushetkellä.

---

Asiasanat: kartonkikone, hiukkaspitoisuus, voitelujärjestelmä, kunnonvalvonta

## **ABSTRACT**

Tampere University of Applied Sciences  
Degree Programme in Mechanical Engineering  
Machine Automation

HÄMYLÄ, EERO:

Development of the Circulation Lubrication and Hydraulic Oil Condition Monitoring of a Cardboard Machine

Bachelor's thesis 53 pages

March 2023

---

The purpose of the thesis was to develop the condition monitoring of the hydraulic and lubricating oils of a cardboard machine. At the beginning of the thesis work, monitoring the quality of oil was not done extensively, and that is why a better solution was needed. A sudden increase in the particle content of the oil is the first sign of equipment damage, which is why it is worth investing in. The client of the thesis was the Metsä Board Kyrö cardboard factory located in Hämeenkyrö.

The thesis focused on oil systems requiring better oil purity, from which samples were taken for research. Another purpose was to study the dimensioning of hydraulic machine filters.

The result of the thesis is a development proposal to improve the oil condition control of the cardboard machine. The development proposal includes a plan for measuring devices to be added to the systems.

Luckily, there has been no major equipment failure due to poor condition monitoring. The high quality of the oil is one of the main factors for achieving a high operating rate of the equipment. Therefore, it would be important to update the oil systems according to the development proposal.

---

Key words: cardboard machine, particle content, lubrication, condition monitoring

## SISÄLLYS

1	JOHDANTO .....	6
2	METSÄ BOARD KYRO.....	7
3	KARTONKIKONE BM1 .....	8
4	KUNNOSSAPITO .....	9
5	HYDRAULIIKKA .....	10
6	VOITELUAINHEET JA -JÄRJESTELMÄT .....	12
	6.1 Kiertovoitelujärjestelmä .....	12
	6.2 Voitelun tarkoitus.....	13
	6.3 Voiteluaineet .....	13
	6.4 Voiteluaineiden vaatimukset .....	14
	6.4.1 Mineraaliöljyt .....	14
	6.4.2 Synteettiset nesteet.....	15
	6.5 Nesteiden lisäaineistus .....	15
7	ÖLJYN KUNNONVALVONTA.....	17
	7.1 Kunnonvalvonnan toteutus.....	17
	7.2 Järjestelmän epäpuhtaudet.....	18
	7.3 Puhtausluokat .....	19
	7.4 Öljyn MPC-testi .....	20
	7.5 Öljyjärjestelmien suodatustekniikat .....	20
	7.6 Mittaustavat.....	21
	7.7 Öljyanalyysit.....	23
	7.7.1 Hiukkaslaskurit .....	23
	7.8 Puhtausmittalaitteen valinta .....	25
	7.8.1 Öljyn vesipitoisuus.....	25
	7.8.2 Kosteuden poistaminen öljystä .....	26
	7.8.3 Vesipitoisuusanturit .....	26
	7.8.4 Öljyn ilmapitoisuus.....	26
8	VOITELUN KEHITTÄMINEN .....	28
	8.1 Voitelun ongelmat .....	28
	8.2 Venttiilien puhtausluokka vaatimukset .....	28
	8.3 Kenkäpuristimen hydrauliiikka .....	31
	8.3.1 Valmet BeltSense .....	32
	8.4 Kuivanpään kiertovoitelu .....	32
9	ÖLJYN VALVONTA JA SUODATUS LAITTEET .....	35
	9.1 SKF RecondOil .....	35
	9.1.1 Toimintaperiaate.....	35

9.1.2 Öljynsuodattimet.....	36
9.2 Purifikaattori .....	38
9.3 Öljyjärjestelmien kunnonvalvontalaitteet .....	39
9.3.1 MCS 1000 .....	39
9.3.2 CS 2000 .....	40
9.3.3 AS 3000.....	41
9.3.4 HLB 1400 .....	41
9.3.5 Öljyn kunnonvalvontayksikkö .....	42
9.3.6 Öljyn hiukkaslaskuri.....	42
9.4 Kunnonvalvonnan yhdistäminen prosessinohjausjärjestelmään .....	44
10 TYÖN TOTEUTUS.....	45
10.1 Öljynäytteet.....	46
10.2 Kunnonvalvonnan yhdistäminen hydraulikka järjestelmiin .....	47
11 POHDINTA .....	51
LÄHTEET.....	52

## 1 JOHDANTO

Puhdas ja oikea öljy on hyvin tärkeä osa kartonkikoneen laitteiden toimintaa, sillä vältetään ylimääräisiltä toimintahäiriöiltä. Ilman kunnollista öljyä laitteet eivät toimi kuten pitäisi ja niiden elinikä lyhenee. Pahimmassa tapauksessa esimerkiksi epäpuhdas öljy voi aiheuttaa laiterikon, joka taas johtaa pahimmassa tapauksessa tuotannon pysähtymiseen. Tämän takia on syytä panostaa ennalta koivaan kunnossapitoon ja kunnonvalvontaan.

Työn aloite tuli toimeksiantajalta, koska kunnollista ja tarkkaa öljyn kunnonvalvontaa on suunniteltu jo kauan, mutta sen kehittämiseen ei ole ajan puutteen takia lähdetty. Opinnäytetyö tehtiin Metsä Board Kyron BM1 kartonkikoneen voitelu ja hydraulikkaöljyjen kehitystä varten. Selvityksen jälkeen ollaan valmiita hankkimaan sopivat laitteet kunnonvalvonnan parantamiseksi, jos ne koetaan tarpeelliseksi.

Työn aloitusta helpotti yhteensä kolmen vuoden työkokemus erilaisissa työtehtävissä Kyron kartonkitehtaalla, minkä takia tehdas, tehtaen henkilöstö ja toimintatavat olivat jo ennestään tuttuja. Aiempaa kokemusta työn aiheesta minulla on koulussa käydystä hydraulikkakurssista sekä Taitotalon järjestämistä koulutuksista.

Työn tarkoitus on perehtyä eri kunnossapidon lajeihin, sekä hydrauliiikan ja voitelun perusasioihin. Tämän jälkeen aloittaa tutustumaan öljyn kunnonvalvontaan vaikuttaviin asioihin ja tutkimaan tehtaan nykyistä kunnonvalvontaa. Tehtaassa on monta kymmentä erillistä öljyjärjestelmää, joten aluetta rajattiin kriittisimpiin kohteisiin. Lopuksi kartoitetaan järjestelmiin sopivat kunnonvalvonta ja puhdistuslaitteet.

## 2 METSÄ BOARD KYRO



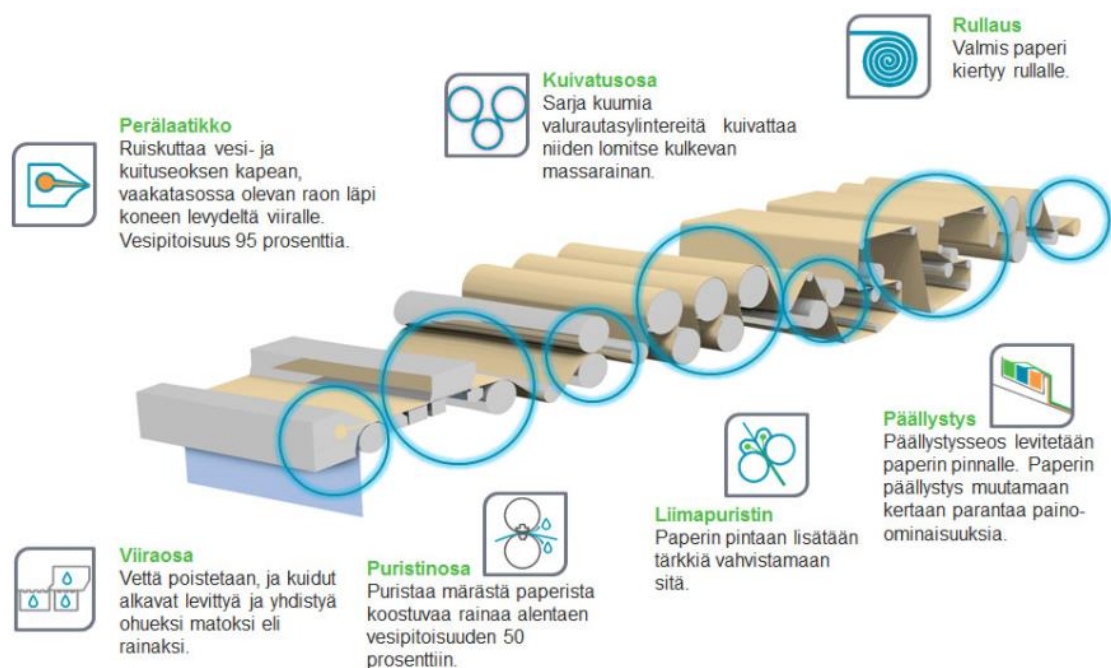
KUVA 1. Metsä Board Kyrö (Metsä Board 2023.)

Metsä Board Kyrö (KUVA 1) tuottaa korkealaatuista päällystettyä kartonkia vaativiin painatus- ja pakkauskäyttöihin. Tyypillisiä loppukäyttökohteita ovat lääkepakkaukset, kosmetiikkapakkaukset, graafiset sovellukset sekä elintarvikepakkaukset. Kartonkikoneen tuotantokapasiteetti on 190 000 tonnia vuodessa. Tehdas sijaitsee Kyröskoskella ja se on perustettu vuonna 1870. Tällä hetkellä tehtaalla on työntekijöitä 150, sekä tehtaalla työskentelee päivittäin useita ulkopuolisia yrityksiä. Metsä Board on osakeyhtiö, johon kuuluu Kyröskosken lisäksi 7 muuta tehdasta. Kartonkitehtaat Tampereella, Simpeleellä, Kemissä, Äänekoskella ja Ruotsissa Husumissa sekä CTMP raaka-aine tehtaat Joutsenossa ja Kaskisissa. Uusimpana ja isoimpana investointina Metsä Board suunnittelee uutta kartonkitehdasta Kaskisiin. (Metsä Board 2023.)

### 3 KARTONKIKONE BM1

Kartonkikone BM1 käynnistyi vuonna 1957, jonka jälkeen tehtiin koko koneen modernisointi vuonna 1994. Viimeisimpänä koneeseen lisättiin kuivatussylintereitä, laimennusperälaatikko sekä yksi päällystys asema vuonna 2011. Kartonkikone koostuu monesta erillisestä osakokonaisuudesta, joita ovat perälaatikot, viiraosa (runko, selkä ja pinta), puristinosä, kuivatusosa, liimapuristin, päällystys ja rullaus. Kone jaotellaan kahteen isompaan kokonaisuuteen. Märäksipääksi sanotaan perälaatikoita, viiraosaa sekä puristinosaa. Kuivatusosasta lähtien loppuosaa kutsutaan kuivaksi pääksi. Hyötysuhde leveys koneella on 3,30 m, ja maksimiajonepeus on 660 m/min. Koneella valmistetaan tällä hetkellä 2 kartonki lajia ja niiden neliöpainoalueet ovat 170–380 g/m<sup>2</sup>. (Metsä Board 2023.)

Kartongin valmistusprosessissa sekoitetaan tarvittavat massat sekä muut raaka-aineet yhdeksi vesipitoiseksi massaseokseksi. Seos levitetään perälaatikolla tasaiseksi ja leveäksi massarainaksi viiralle. Viiraosalla siitä suotautuu vettä pois ja raina saavuttaa sille haluttuja lujuuksia. Raina menee viiraosalta puristinosalle, jossa sitä puristetaan lisää vettä pois ja se saavuttaa kuiva-ainepitoisuuden 50 %. Lopulliseen kosteuteen päästään kuivatusosien jälkeen, jossa kosteus saadaan haihduttamalla oikeaksi. Jotta kartongista saadaan tarpeeksi sileää ja jäykkää, sen pinta käsitellään erilaisilla liimoilla ja pastoilla. (Knowpap, 2023.)



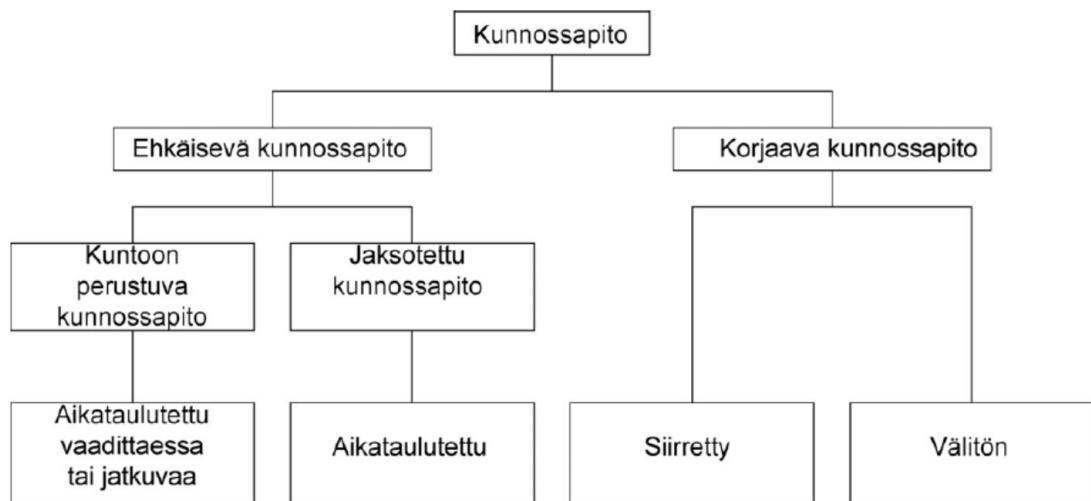
KUVA 2. Paperin valmistusprosessi (Valmet 2022).



## 4 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon määritelmä SFS standardin mukaan on ”kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana” (SFS-EN 13306 2017, 8.)

Suomessa ja ympäri Eurooppaa käytetyn standardin SFS-EN 13306 mukaan kunnossapidon toiminnat jaotellaan kuvion (1) mukaisesti.



KUVIO 1. Kunnossapitolajit (SFS-EN 13306 2017, 22).

Kuviosta (1) voidaan nähdä, että kunnossapidolla on kaksi pääosaa ehkäisevä- ja korjaava kunnossapito. Ehkäisevässä kunnossapidossa tavoitteena on vähentää rikkoutumisen mahdollisuutta tai toimintakyvyn heikentymistä. Jotta tavoitteeseen päästään on ehkäisevää kunnossapitoa tehtävä asetettujen kriteerien tai säännöllisen aikavälin täytyessä. Korjaava kunnossapito on yleensä se kalliimpi ja huonompi tapa hoitaa kunnossapitoa. Tarkoituksena on palauttaa laite takaisin toimintakuntoon hajoamisen jälkeen, joko välittömästi tai siirtää esimerkiksi seuraavaan seisokkiin. (SFS-EN 13306 2017, 23.)

## 5 HYDRAULIIKKA

Hydraulijärjestelmät ovat kokonaisuuksia, jossa ulkopuolelta tuleva mekaaninen teho muutetaan pumpulla hydrauliseksi tehoksi. Hydraulinen teho siirtyy putkia ja letkuja pitkin paikkaan, jossa se muunnetaan takaisin mekaaniseksi tehoksi. Kokonaistehon määrää linjoissa oleva hydraulinen paine ja tilavuusvirta. Tehon siirtoaineena käytetään hydraulioöljyä tai vettä. Etuina hydraulisilla järjestelmillä muihin tehonsiirtotapoihin verrattuna on se, että ne ovat helposti muokattavia ja komponenteilla on hyvä tehopainosuhde. Hydrauliletkuilla ja putkilla on helppo siirtää energia paikasta toiseen. (Kauranne, 2013, 1.)

Tärkein tehtävä hydraulineesteellä on siirtää teho pumpulta toimilaitteelle. Sillä on myös järjestelmän huoltoon ja ylläpitoon liittyviä tehtäviä, kuten voidella, siirtää lämpöä, poistaa epäpuhtauksia ja estää korroosiota. (Kauranne, 2013, 112.)

Virtaushäviöitä tulee hydrauliiikassa nesteen virratessa ja se huomataan paineen alenemisena virtaussuunnan mukaisesti. Erilaisia häviöitä ovat putkiston suorilla osuuksilla syntyvät kitkavastushäviöt sekä komponenteissa, liittimissä ja yleensäkin virtauspoikkipinta-alan tai virtaussuunnan muutoksissa syntyviä kitkahäviöitä. Jotta hydraulineeste saadaan virtaavaan tilaan, siihen on vaikutettava voimia. Voimien on oltava isommat, kuin nesteen sisäiset sekä virtauskanavan seinämien väliset kitkat yhteensä. Tämä voima muodostuu virtauskanavan päätyjen välisestä paine-erosta, ja se saadaan ratkaistuksi laminaarisen virtauksen kaavalla (1). (Kauranne, 2013, 57.)

$$(p_1 - p_2) = \frac{128 * n * l * q_V}{\pi * d^4} \quad (1)$$

Jossa putken paine erot ovat =  $(p_1 - p_2)$ , Putken pituus=  $l$ , Putken halkaisija=  $d$  ja Nesteen dynaaminen viskositeetti =  $n$ .

(Kauranne, 2013, 57.)

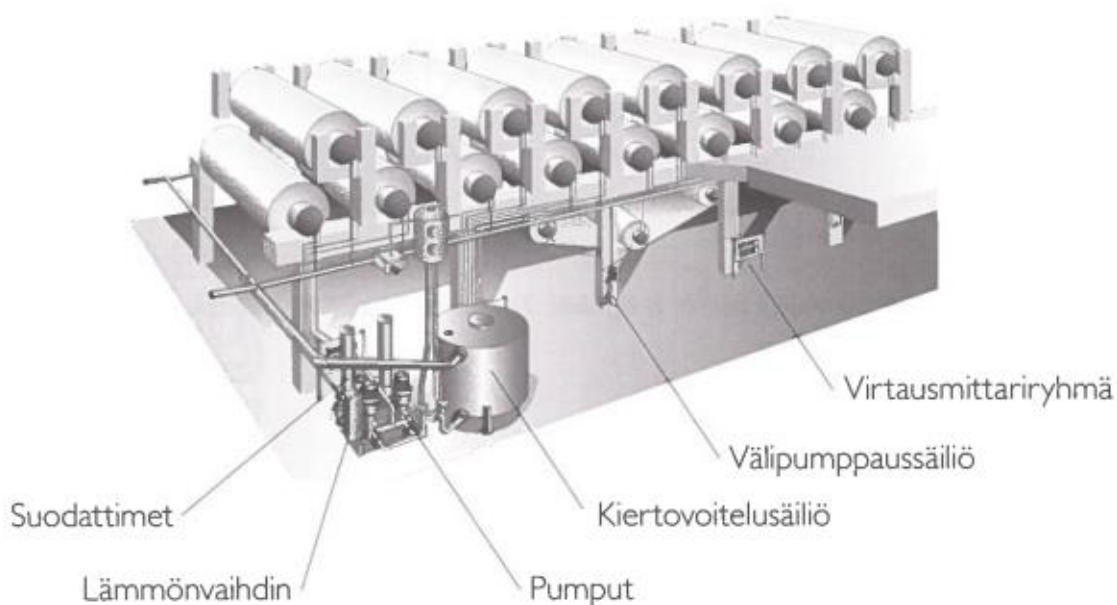
Lähellä veden kiehumislämpötilaa öljynpaineen äkillisen alenemisen seurauksena muodostuu höyrykuplia, jotka paineen kohotessa muuttuvat räjähdysmäisesti takaisin vedeksi. Ilmiötä kutsutaan kavitaatioksi. Höyrykuplien luhistuminen voi aiheuttaa tuhatkertaisia paineiskuja verrattuna laakerien normaaleihin pintapaineisiin ja lisäksi voimakasta kuumenemistä. (Kosomaa, 2016, 3.)

Todennäköisin hydraulijärjestelmän häiriö johtuu siitä, että öljy on epäpuhdasta tai käyttöön on valittu väärä hydraulioöljy. Oikealla nesteen valinnalla pystytään parhaiten vaikuttamaan käyttöikään, käytön luotettavuuteen ja hyötysuhteeseen. Nesteen säilymiseksi hyvänä on panostettava ennakkohuoltoon ja nesteen hyvään suodatukseen. (Kauranne, 2013, 78.)

## 6 VOITELUAINEET JA -JÄRJESTELMÄT

### 6.1 Kiertovoitelujärjestelmä

Kiertovoitelujärjestelmä on iso voitelukokonaisuus, joka kierrättää öljyä useissa eri kohteissa, jonka jälkeen se palaa takaisin kiertoon suodatuksen kautta. Öljylä on muitakin tehtäviä kuin pelkkä voitelu, lisäksi se puhdistaa ja jäähdyttää kohteita. Kiertovoiteluöljysäiliössä öljy lämmitetään sopivaan viskositeettiin, jotta sen pumpattavuus, suodatettavuus ja veden sekä ilman erottelukyky paranevat. Säiliöstä öljy pumpataan suodattimien läpi lämmönvaihtimelle, jossa se jäähdytetään sopivaan lämpötilaan. Paineputkistot haaroittuvat eri virtausmittariryhmille, jossa säädetään öljyn virtausta jokaisen voitelukohteen tarpeen mukaan. Öljy palaa voitelukohteilta takaisin säiliöön paluu putkistoja pitkin. Kiertovoiteluöljysäiliöitä on eri mallisia, ne voivat olla pyöreitä tai kulmikkaita. Pyöreissä säiliöissä öljy kiertää ja sekoittuu paremmin. Säiliöiden sisällä on hyvä olla lamelleja, jotka sekoittavat ja rauhoittavat öljyn virtausta. (Luomala, & ym. 2018, 234.)



KUVA 3. Kiertovoitelujärjestelmä kokonaisuus (Teollisuusvoitelu 2013, 234).

## 6.2 Voitelun tarkoitus

Voitelun tarkoituksena on toisiaan vasten liikkuvien osien kulumisen tai niiden välisen kitkan pienentäminen. Voitelu voi olla käytöstä riippuen puhdasta nestevoitelua, sekavoitelua tai rajavoitelua. Voitelu kalvon paksuuden määräävät toisiaan vasten liikkuvien kappaleiden pinnankarheudet sekä nesteen viskositeetti ja paine. Hidas pintojen välinen liikenopeus, voiteluaineen liian alhainen viskositeetti käyttölämpötilassa, raskas kuormitus tai pieni voiteluaineen määrä voi johtaa rajavoitelutilanteeseen, jossa liukuvat pinnat osuvat yhteen.

(Antila, & ym. 2013. 163.)

Voitelulla on seuraavia tehtäviä:

- Vähentää kitkaa
- Osien pintojen erottaminen toisistaan
- Suojata korroosiolta ja kulumiselta
- Jäähdyttää koneen osia ja siirtää lämpöä
- Tiivistää
- Poistaa epäpuhtauksia
- Tasata värähtelyjä

(Antila, & ym. 2013. 163.)

## 6.3 Voiteluaineet

Voiteluaineille on pääsääntöisesti kolme eri olomuotoa. Ne voivat olla kiinteässä, nestemäisessä tai kaasumaisessa olomuodossa. Voiteluaineet ovat yleisimmin öljypohjaisia. Voiteluöljyjen perus öljyinä käytetään mineraali- ja kasviöljyjä sekä synteettisiä öljyjä. Jokaisella raaka-aineella ja niiden jalostusmenetelmällä on omat hyvät ja huonot ominaisuutensa. Myös vettä voidaan käyttää voiteluaineena, mutta sen korroosiota edistävä vaikutus ja heikko lämmönkesto rajaavat sovellusmahdollisuuksia. Kaasumaisista voiteluaineista yleisin on ilma ja kiinteäksi luokiteltavista erilaiset rasvat. Kuvassa (4) on jaoteltu voiteluaineiden kolme eri olomuotoa ja kuinka ne jakautuvat. (Kivioja, & ym. 2007. 170.)



KUVA 4. Voiteluaineiden ryhmittely (Kivioja, & ym. 2007. 171).

## 6.4 Voiteluaineiden vaatimukset

Voiteluaineet jaotellaan käyttökohteen ja ympäristöolosuhteiden mukaan. Tarvitavat ominaisuudet myös vaihtelevat käyttö kohteesta.

Voiteluaineen ominaisuus	Liuku-laakerit	Vierintälaakerit	Suljetut vaihteistot	Avoimet vaihteistot ketjut, köydet	Kellot, instrumentit	Saranat, luistit
Rajavoitelu	+	++	+++	++	++	+
Jäähdytys	++	++	+++	-	-	-
Kitka	+	++	++	-	++	+
Kyky pysyä kohteessa	+	++	-	+	+++	+
Tiivistäminen	-	++	-	+	-	+
Lämpötila-alue	+	++	++	+	-	+
Korroosionesto	+	++	-	++	-	+
Häihtövyys	+	+	-	++	++	+

+++ = hyvin tärkeä ominaisuus      ++ = tärkeä ominaisuus  
 + = suositeltava ominaisuus      - = merkityksetön

KUVA 5. Voitelukohteiden voiteluaineelle asettamat vaatimukset (Kivioja, & ym. 2007. 171).

### 6.4.1 Mineraaliöljyt

Mineraaliöljyt ovat raakaöljypohjaisia, ja niiden laatu riippuu suuresti kemiallisesta rakenteesta ja jalostusasteesta. Öljyjen ominaisuuksia voidaan parantaa lisäaineilla, mutta normaalioloissa riittävät sellaisinaan. (Blom, & ym. 2001. 163.)

## 6.4.2 Synteettiset nesteet

Synteettisiä voiteluaineita on kehitetty käyttöalueille, jossa mineraaliöljypohjaiset voiteluaineet eivät käyttäydy voitelukohteen niille asettamien vaatimuksien mukaisesti. Käyttökohteita on esimerkiksi paikoissa, joissa on erittäin korkeat tai matalat lämpötilat, raskaat kuormitukset, palamattomuus ja ympäristövaatimukset. Tyypillisiä käyttökohteita synteettisille öljyille ovat koneiden moottorit, vaihteistot, hydraulijärjestelmät ja laakeroinnit. (Blom, & ym. 2001. 163.)

## 6.5 Nesteiden lisäaineistus

Järjestelmät toimivat käyttötarkoituksensa mukaan hyvinkin erilaisissa olosuhteissa. Tämän takia jokaiselle käyttökohteelle on tarkasti valittava oikea öljy, jonka ominaisuudet vastaavat parhaiten käyttökohdetta. Sovelluskohteeseen ei aina välttämättä löydy täysin sopivaa öljyä, jonka ominaisuudet riittäisivät.

Silloin perus öljyä on parannettava lisäämällä siihen eri lisäaineita, jotka tuovat öljylle haluttuja ominaisuuksia. Lisäaineiden määrä vaihtelee 1–5 % koko öljy määrästä ja siitä mitä perus öljyä käytetään. Lisäaineita voidaan käyttää yksinään tai niitä voidaan sekoittaa useampia sekaisin. Lisättäessä useampaa lisäainetta on selvitettävä niiden yhteisvaikutus, ne voivat vahvistaa toisiaan tai heikentää toisiaan. Kuvasta (6) voidaan nähdä kuinka epäsopivat lisäaineet syövyttävät metallipintoja. (Kauranne, 2013, 113.)



KUVA 6. Epäsopivien lisäaineiden yhdistelmä syövyttää metallipintoja (Antila, & ym. 2013. 36).

Nesteissä käytettävien tyypillisimpien lisäaineiden tarkoituksena on:

- parantaa nesteen voitelukykyä
- estää osien kulumista
- parantaa nesteiden ominaisuuksia korkeilla paineilla
- muuttaa nesteen viskositeettia
- muuttaa nesteen viskositeetti-indeksiä
- estää ruostumista
- estää korroosiota
- puhdistaa nestettä
- alentaa jäähmepisteen lämpötilaa
- hajottaa sakkoja
- hajottaa emulsioita
- parantaa nesteen vedenerottumiskykyä
- parantaa nesteen ilmanerottumiskykyä
- estää nesteen hapettumista
- estää nesteen vaahtoamista
- estää nesteen ja metallien välisiä reaktioita

Osa lisäaineista vaikuttaa nesteen sisäisiin ominaisuuksiin ja

toiset taas nesteen ja sitä ympäröivien kiinteiden pintojen ominaisuuksiin.

Liian voimakas lisäaineistaminen nopeuttaa öljyn vanhenemista. Silloin öljyn vaihtoväli lyhenee. Siksi perus öljyn olisi hyvä olla tarpeeksi laadukasta, jotta ei tarvitsisi lisätä monia eri lisäaineita.

(Antila, & ym. 2013. 60.)



## 7 ÖLJYN KUNNONVALVONTA

Voitelu- ja hydrauliiikkaöljyistä otettavat näytteet ja niistä tehtävät johtopäätökset palvelevat teollisuuden kunnossapitoa, joka varmistavat tuotantolaitteiden käynnissä pitämisen. Öljytutkimusten tekemisessä käytetään erilaisia uudenlaisia voitelujärjestelmään yhdistettäviä tai laboratoriossa toimivia tutkimuslaitteita. Pienet tutkimukset antavat yleensä jo selvyyden tuotantolaitteiden käyttökelpoisuudesta.

Voitelujärjestelmien tyyppin mukaan öljyanalyysien tarpeet muuttuvat, kuten myös tutkimuksien teko aikaväli. Tutkimusten mittaustulokset riippuvat käytettävistä analyysimenetelmistä. Öljyjen kunnonvalvonnan tutkiminen usein perustuu öljyjen joukkoon joutuneiden epäpuhtauksien määrästä ja koosta.

(Antila, & ym. 2013. 158.)



KUVA 7. Öljyn kunnonvalvonnan tarpeiden jaottelu teollisuudessa (Antila, & ym. 2013. 60).

### 7.1 Kunnonvalvonnan toteutus

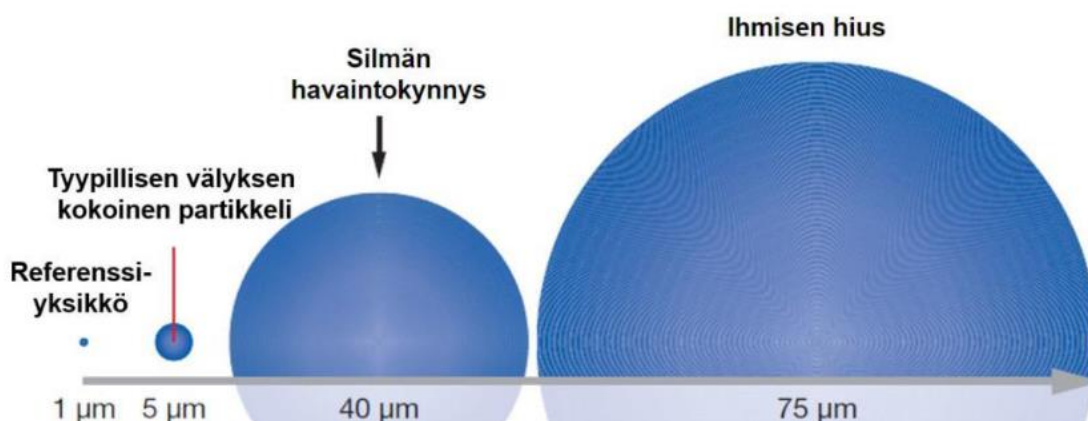
Kunnonvalvonnan toteutus aloitetaan voiteluhuolto-ohjelman suunnittelulla. Suunnitelmassa tehdään kartoitus voideltavien kohteiden laitteiden kriittisyyden mukaan. Kriittisyyden asteeseen noustessa on syytä ottaa näytteitä enemmän ja use-

ammin. Voiteluominaisuuksiltaan huono ja likainen öljy aiheuttaa laitteissa toimintahäiriöitä ja ennenaikaista kulumista. Proportionaali- ja servohydrauliikka järjestelmissä se vaikuttaa myös säätötarkkuuden heikentymiseen. (Antila, & ym. 2013. 163.)

## 7.2 Järjestelmän epäpuhtaudet

Korroosio ja ruoste lisäävät järjestelmien osien kulumista ja voivat pahimmassa tapauksessa aiheuttaa laiterikkoja. Näitä ilmiöitä esiintyy, jos öljyn joukkoon pääsee vettä ja ilmaa. Ruosteen ja korroosion estämiseksi öljyjen on muodostettava peittävä suojakalvo komponenttien paljaille metallipinnoille. Jos vettä ja kosteutta esiintyy öljyssä, on hyvä valita sellainen öljy millä on hyvät veden ja ilman erottelukyvyyt. (Antila, & ym. 2013. 111.)

Metalli- ja tiivistehiukkasia irtoaa laitteista järjestelmien öljynkiertoon. Ne lisäävät laitteiden kulumista entisestään ja aiheuttavat tukoksia pienissä öljykanavissa. Hiukkaset mitataan mikrometrien mittakaavassa, joka on metrin miljoonas osa. Ihmisen silmä pystyy havainnoimaan yli 40  $\mu\text{m}$  suurempia hiukkasia. Hydrauliikka- ja voitelujärjestelmiä vahingoittavat hiukkaset ovat yleensä alle 40  $\mu\text{m}$  suuruisia, koska isot partikkelit pystytään helposti poistamaan suodatuksella. Parhaat suodatusyksiköt pystyvät poistamaan partikkeleita 2  $\mu\text{m}$  asti. (Lekang Group, 2023.)



KUVA 8. Ihmisen näkökyvyn ja likapartikkeleiden vertauskuva (YTM-Industrial 2023).

Pehmeitä epäpuhtauksia, jotka ovat lienneet öljyyn sanotaan lakkautumistuotteiksi. Lakkautumista syntyy, kun öljyssä olevat partikkelit vanhenevat ja haperuvat. Lakkautumistuotteet lisäävät kitkaa, öljyn vaahtoamista, lämpötilan nousua sekä suodatus- ja jäähditysongelmia. Ne alkavat vähitellen näkymään sakkautumina öljysäiliön pinnassa keveytensä takia, sekä järjestelmän kylmissä paikoissa esimerkiksi jäähdyttimissä ja venttiilien rungoissa. Lakkautumistuotteiden syntymistä pystytään vähentämään parempilaatuisilla öljyillä sekä lisäaineilla. Öljyt eivät saa sisältää kemiallisia myrkyjä, jotka toistensa kanssa reagoiessaan palavat ja muodostavat epäpuhtauksia. Lakkautumistuotteita pystytään poistamaan hienosuodattimilla 2 µm asti. Suodatustehokkuutta parantaa öljyn jäähdyttäminen ennen suodatusta, jolloin lakkautumistuotteet laajenevat ja kiinteytyvät. (Heikkinen, 2013. 23.)



KUVA 9. Lakkautumistuotteiden kertyminen suodatinpatruunaan (12.1.2023).

### 7.3 Puhtausluokat

Puhtausluokat kertovat paljonko öljyssä on likapartikkeleita. Puhtausluokat ilmoitetaan standardien mukaan, yleisempiä niistä ovat ISO 4406, NAS 1638 ja SEA AS4059. Suomessa enemmän käytetty standardi on ISO 4406, joka määrittelee hiukkasmäärät kolmelle eri koko alueelle. Hiukkasten määrät ilmoitetaan 1 ml öljy näytteistä. Koko alueet ovat  $>4\mu\text{m}$ ,  $>6\mu\text{m}$  ja  $>14\mu\text{m}$ . Näiden hiukkasuuruuksien määrän perusteella määritetään ISO standardin puhtausluokka koodi. (Antila, & ym. 2013. 118.)

Hiukkasten määrä/ml		ISO-koodi
yli	alle	
2 500 000		> 28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
<b>1 300</b>	<b>2 500</b>	<b>18</b>
640	1 300	17
320	640	16
<b>160</b>	<b>320</b>	<b>15</b>
80	160	14
40	80	13
20	40	12
<b>10</b>	<b>20</b>	<b>11</b>
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

KUVA 10. ISO 4406 standardin puhtausluokkien muodostuminen. (Antila, & ym. 2013. 119).

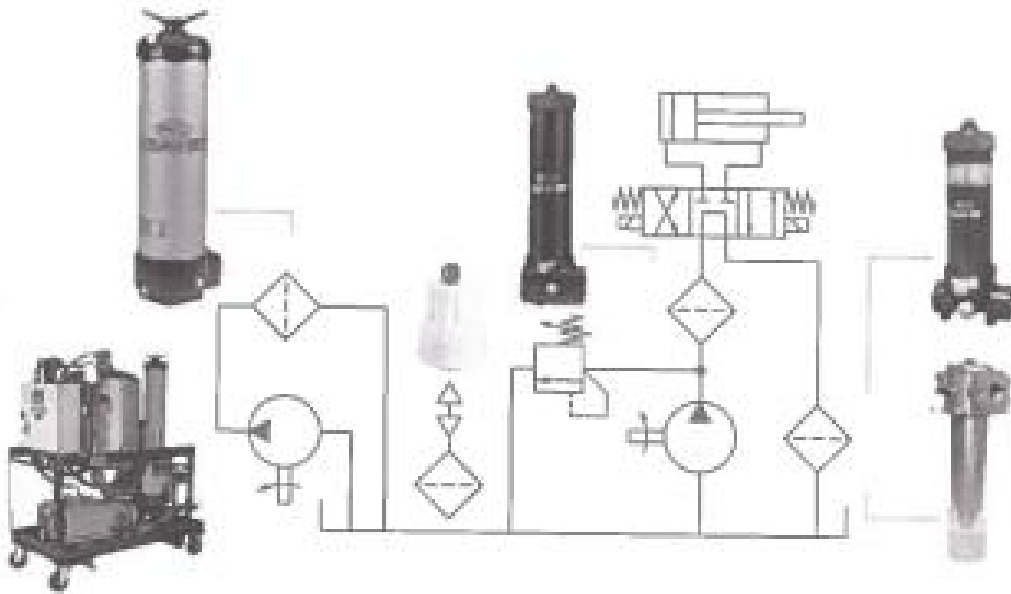
#### 7.4 Öljyn MPC-testi

MPC-testi kertoo öljyssä olevien pienten pehmeiden hiukkasten määrän, joita ei näy puhtausanalyysointilaitteiden mittaustuloksissa. Testissä suodatetaan 50 ml öljyä 0,45 µm tiheydeltään olevan verkon lävitse. Mitä enemmän verkkoon jää hiukkasia sen tummemmaksi verkon väri muuttuu. Verkon väri arvioidaan taulukon mukaan, josta saadaan lopullinen MPC-tulos. MPC-testin arvo kerrotaan lukuna 1–100 asteikolla. Öljyn normaali MPC-arvo on 0–15, vaatii seurantaa 15–30, epänormaali alue 30–40 ja kriittinen alue 40–100. (Luomala, & ym. 2018, 49.)

#### 7.5 Öljyjärjestelmien suodatustekniikat

Suodatuksen tarkoituksena on poistaa öljyn joukkoon sekoittuneita epäpuhtauksia. Suodatukset sijoitetaan yleensä kolmeen eri paikkaan öljyjärjestelmässä, kuten painelinjaan, paluulinjaan ja öljysäiliön sivuvirtaukseen. Painelinja-suodatin on koneikon viimeinen komponentti, jonka tarkoituksena on antaa kiertoon täysin puhdas öljy. Paluusuoatatin suodattaa laakereilta ja venttiileiltä tule-

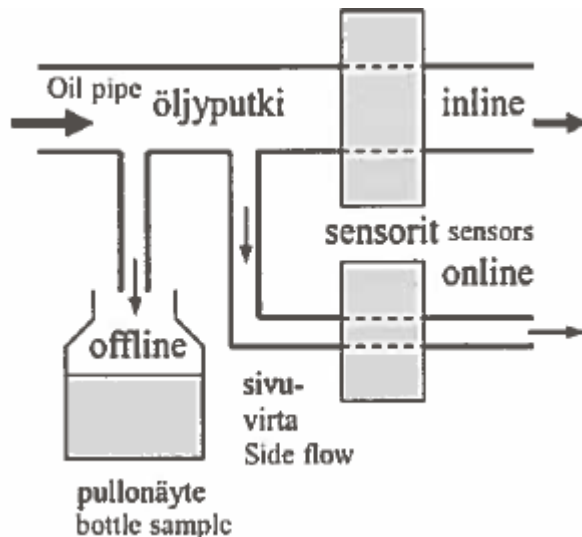
vaa öljyä ja se on sijoitettu juuri ennen öljytankkia. Sivuvirtaus-suodatus ylläpitää öljytankin öljyn puhtautta ja tukee paine- ja paluusuodatusta. Suodatus kierättää tankissa olevaa öljyä erillisellä pumpulla sivuvirtauslinjassa, jossa se menee suodatuksen läpi ja palaa tankkiin. Lisäksi öljysäiliön vapaan ilmatilan suodattamisesta on huolehdittava kosteutta suodattavalla huohottimella, ettei öljyn pinnan vaihdellessa pääse kosteutta tankkiin. (YTM-Industrial, 2023.)



KUVA 11. Eri suodatustekniikat (Aarnio, & ym. 2013, 143).

## 7.6 Mittaustavat

Öljynäytteen ottamiselle on periaatteessa kolme eri tapaa, joilla ne liitetään järjestelmään. In-Line mittaus on integroitu öljy järjestelmän linjoihin, joka mittaa koko ajan hetkellisiä arvoja. On-Line mittauksessa öljyputkeen on tehty erillinen haara, jota pitkin mitattava öljy kulkee mittauksen kautta takaisin järjestelmään. Off-Line mittauksessa näyte otetaan pulloon, jonka jälkeen se analysoidaan laboratoriossa. (Luomala, & ym. 2018, 13.)



KUVA 12. Eri öljyn näytteenotto tavat (Luomala, & ym. 2018, 13).

Vanhin ja yleisemmin käytetty mittaustapa on off-line mittaustapa. Pullonäytteen ottamisessa on monia asioita joita pitää huomioida tarkan ja oikean mittaustuloksen saamiseksi. (Luomala, & ym. 2018, 21.)

- pullon ja mittaussyhteen on oltava puhtaita
- näytteenotto tarvitsee tapahtua normaalisti virtaavasta öljystä
- näyte ei saa seisoa pitkiä aikoja ennen analysointia
- laboratoriossa olevien mittalaitteiden mittaheiot
- oikea viskositeetti tehtäville mittauksille

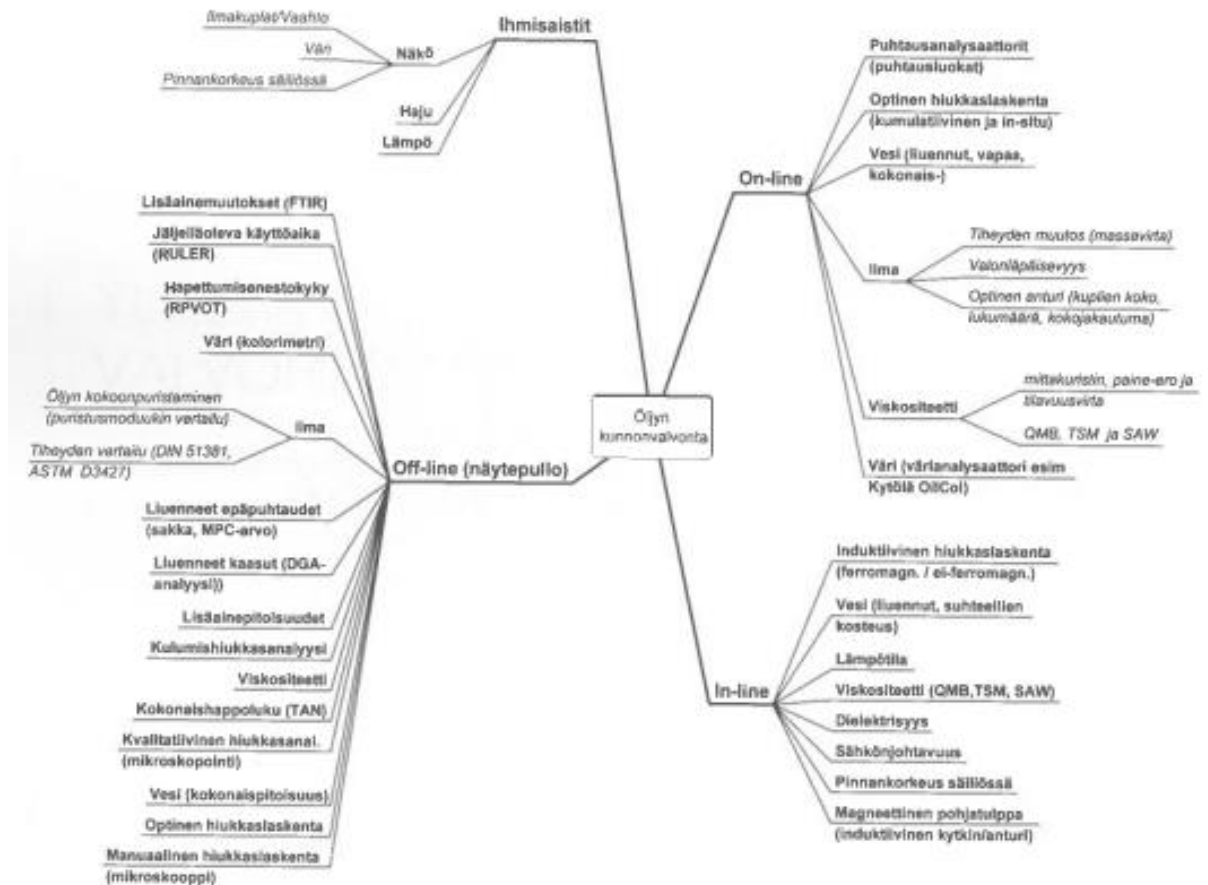
On-line ja in-line mittaustuloksiin vaikuttavat eri tekijät, koska anturit on suljetussa linjassa eikä ulkoiset häiriöt vaikuta niihin. Suurimpia on-line ja in-line mittausten häiriöitä ovat

- väärä öljyn virtausnopeus anturin läpi
- väärä öljynpaine
- väärä öljyn viskositeetti
- likaantunut anturi tai mittausputkisto
- anturin kyllästymisraja suuresta partikkelimäärästä
- anturin kalibrointi ja mittaussignaalin kohina

(Luomala, & ym. 2018, 21.)

## 7.7 Öljyanalyysit

Eri mittaus tavoilla saadaan erilaisia öljyanalyyseja. Putken sisällä olevilla antureilla ei saada toteutettua kaikkia tarvittavia mittauksia, joten pullonäytteitä on myös otettava, vaikka järjestelmässä olisikin on-line tai in-line mittaus. Kuvassa (13) on esitetty eri mittautuloksilla saatavat öljyanalyysit.



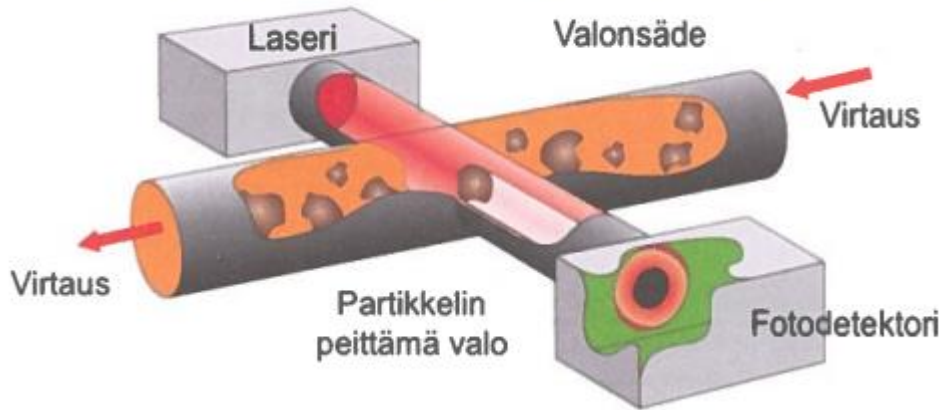
KUVA 13. Yleisimmät öljyanalyysi mittaukset ryhmiteltyinä näytteenoton mukaan (Luomala, & ym. 2018, 10).

### 7.7.1 Hiukkaslaskurit

Hiukkasmittaus on toteutettu virtausmittarista, jossa on laser valon lähtetin ja fotodetektor eli vastaanotin. Laser valosta lähtevää säteen pintalaa lasketaan vastaanottimella, virtauksen mukana kulkevat hiukkaset aiheuttavat varjoja ja muuttavat säteen kokoa. Nestemäiset ja kaasumaiset epäpuhtaudet voivat

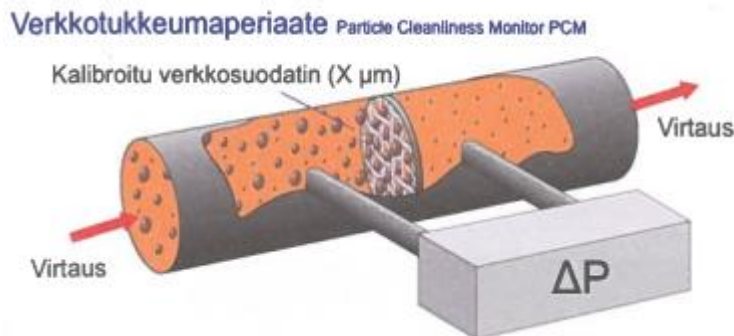
aiheuttaa häiriötä järjestelmässä. Niistä syntyy myös mittaukseen varjoja jotka väärentävät tulosta. (Luomala, & ym. 2018, 23.)

### Automaattinen partikkelilaskenta, Automatic Particle Counters (APCs)



KUVA 14. Optisen hiukkaslaskurin toimintaperiaate (Luomala, & ym. 2018, 23).

Verkkotukkeumaperiaatteella toimivan lika hiukkaslaskurin toimintaperiaate perustuu virtausputkessa olevaan verkkoon. Verkko on kalibroitu puhtaalla öljyllä ja sen yli muodostuva paine-ero tunnetaan. Kun hiukkasia sisältävää öljyä ajetaan putken läpi, verkko tukkeutuu vähitellen. Verkon tukkeutuessa verkon yliolevia paineita mitataan ja sen perusteella voidaan laskea hiukkasten määrä. Kaasut ja muut neste kuplat ei aiheuta mittaus heittoa, vaan ne menevät verkon läpi. Verkko puhdistetaan mittauksien välissä päinvastaisella virtauksella. (Luomala, & ym. 2018, 25.)



KUVA 15. PCM-verkko hiukkaslaskurin toimintaperiaate (Luomala, & ym. 2018, 25).



## 7.8 Puhtausmittalaitteen valinta

Öljyn puhtausmittalaitteen hankinnassa pitää selvittää seuraavia asioita

- järjestelmän mittauspisteet
- mittaustaaajuus
- miten laitteen pystyy kalibroimaan
- millaiset mittausviiveet ovat
- vaikuttaako mittaukseen jotain ulkoisia häiriöitä
- vaikuttavatko mittaustulokset suoraan ohjausjärjestelmään
- laitteen huolto ja tekninen tuki

Pelkästään hinnan perusteella tehtävät valinnat johtavat usein huonoon lopputulokseen. Koneiden ja järjestelmien kunnonvalvonnassa paljon käytettyjä mittaustekniikoita ovat värähtelymittaus ja öljyn kunnonvalvonta. Molempien mittausten tuloksia tarvitaan, jotta saadaan mahdollisimman kattava ja tarkka tieto laitteiden kunnosta. (Luomala, & ym. 2018, 26.)

### 7.8.1 Öljyn vesipitoisuus

Vettä voi olla öljyssä vapaassa tai liuenneessa muodossa. Se riippuu kyllästymispisteestä ja öljyn ominaisuuksista, joita voidaan parantaa lisääaineistamisella. Vesi kuitenkin aiheuttaa ongelmia jokaisessa olomuodossaan voitelu- ja hydraulijärjestelmille.

Tyypillisiä ongelmia ovat:

- Pienentää voitelukalvon paksuutta ja lujuutta
- Aiheuttaa korroosiota
- Heikentää lisääaineiden toimivuutta
- Suodatettavuus heikkenee ja tukkeutuu
- Hapen tunkeutuminen järjestelmään lisääntyy
- Kasvattaa kavitaation todennäköisyyttä

Kosteutta pystyy sitoutumaan öljyyn tietty määrä ennen kuin se alkaa näkyä öljyn joukossa vesipisaroina. Sitoutuneen veden enimmäismäärä riippuu

öljyn lämpötilasta, sekä sen ominaisuuksista ja käytetyistä lisäaineista. (Luomala, & ym. 2018, 92.)

### **7.8.2 Kosteuden poistaminen öljystä**

Veden poistoon käytettävä menetelmä riippuu siitä missä olomuodossa vesi on. Vapaa vesi voidaan poistaa suodattamalla, höyryttämällä tai säiliön pohjasta vesitys venttiilistä. Vesi on öljyä raskaampaa, joten vesi painuu säiliössä pohjalle. Veden ollessa liuenneena öljyyn se voidaan poistaa esimerkiksi alipainekäsittelyllä tai kemiallisilla menetelmillä. Siinä voidaan käyttää vesimolekyyleihin reagoivia aineita, jotka sitovat veden kiinteisiin aineisiin.

### **7.8.3 Vesipitoisuusanturit**

Vesipitoisuuden voi mitata kapasitiivista mittaustekniikkaa käyttäen. Kun öljyssä olevan veden määrä muuttuu, niin samalla anturin sähköpiirin kapasitanssi muuttuu. Sen avulla pystytään määrittämään öljyssä olevan veden saturoitumisprosentti. Jos saturaatio on 0 % öljy on silloin täysin vesivapaata ja 100 % on sitten täysin vedestä saturoitunutta öljyä. Öljy alkaa sameutua, kun se on täysin saturoitunut vedestä. Täysin saturoitunut öljy vaurioittaa pahiten öljyjärjestelmiä ja laitteita. Vesipitoisuus voidaan myös ilmoittaa ppm arvona, joka ilmaisee veden määrän miljoonas osina. Mittaus ei kerro onko vesi öljyyn sitoutuneena vai vapaassa muodossa öljyn joukossa, toisin kuin prosentti asteikolla ilmoitettuna.

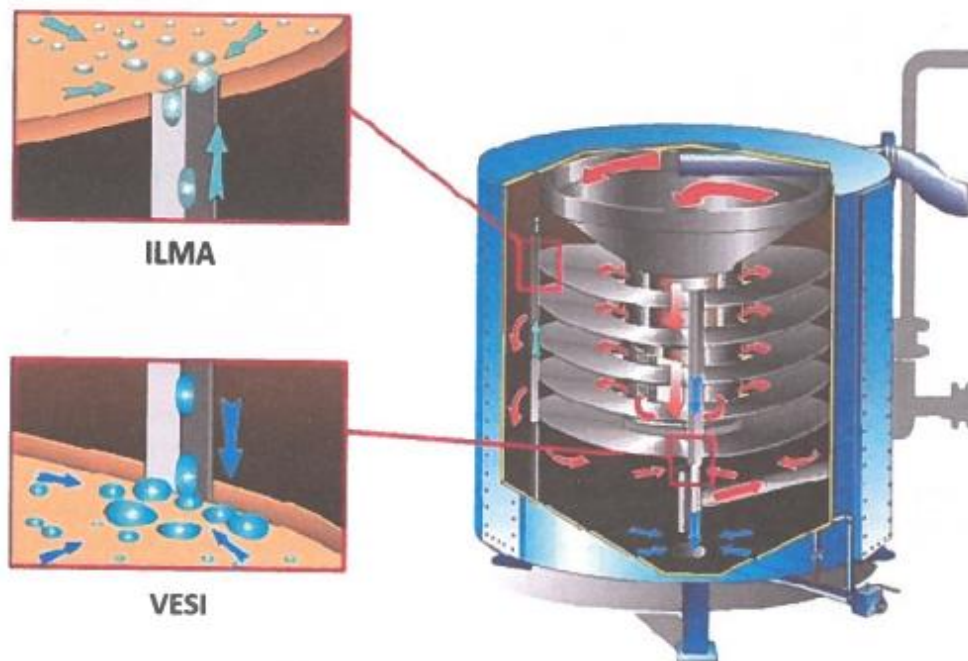
### **7.8.4 Öljyn ilmapitoisuus**

Öljyssä oleva ilma aiheuttaa muun muassa seuraavia ongelmia öljyä käyttävälle järjestelmälle ja ympäristölle:

- melu kavitaation seurauksena
- komponenttien rikkoutuminen kavitaation seurauksena
- vaahdon muodostuminen öljyn palatessa tankkiin
- paikallinen lämpötilan nousu
- ohjausominaisuudet kärsivät

- öljyn vanheneminen
- öljyn hapettuminen, lakkautuminen
- pumppujen hyötysuhteen lasku
- lämmönsiirto-ominaisuuksien heikkeneminen
- korroosiota ilmankosteuden mukana

Vaahtoamistaipumusta estetään vaahdonestolisäaineilla, jotka liiallisesti käytettynä heikentävät ilman erottumista. Vaahdonestolisäaineet ovat kuluvia lisäaineita, ja niitä joudutaan joskus lisäämään. Paras tapa poistaa öljystä vapaana oleva ilma on taata öljylle tarpeeksi pitkä viipymä aika säiliössä. Siihen voidaan vaikuttaa säiliön rakenteella. Öljy liikkuu säiliössä parhaiten, kun se on pyöreä ja siinä on väliseiniä, joita pitkin öljy kulkee uudelleen kiertoon. Ilmakuplat alkavat säiliössä vähitellen erottumaan öljystä ja nousta pintaan. Vesikuplat painuvat kuvassa (16) olevia johteita pitkin säiliön pohjakartioon, josta se voidaan poistaa vesitys venttiilistä. (Luomala, & ym. 2018, 84.)



KUVA 16. Kosteutta ja ilmaa tehokkaasti poistava öljysäiliö. (Luomala, & ym. 2018, 85.)

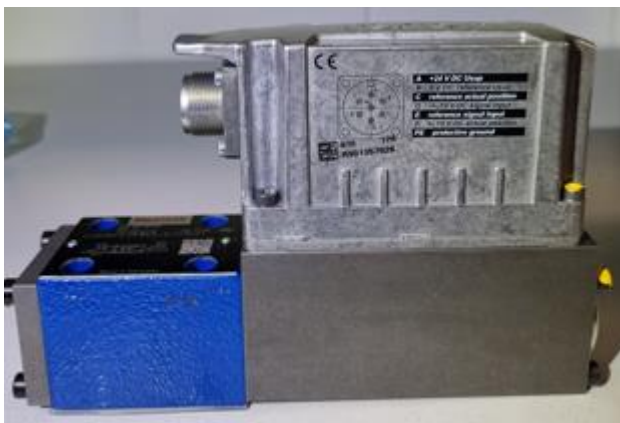
## 8 VOITELUN KEHITTÄMINEN

### 8.1 Voitelun ongelmat

Tällä hetkellä kartonkikoneen öljyjärjestelmissä ei ole mitään öljyn kunnonvalvontaan liittyvää mittausta. Koneikoista otetaan pullonäytteet kerran vuodessa ennakkohuoltosuunnitelman mukaan, jotka lähetetään öljyn valmistajan laboratorioihin tutkittaviksi. Pullonäytteiden analysointi on kallista ja öljyn laatu saattaa muuttua vuoden aikana todella paljon, ilman että sitä huomataan värähtelymittauksissa. Öljyn laatua tarkkaillaan tällä hetkellä vain silmämääräisesti, jossa näkyy vain todella isot muutokset, sekä suodattimien äkillinen tukkeentuminen. Jotta säästyttäisiin isoilta ja kalliilta laitevaurioilta, olisi hyvä ennakoida alkavat laakerien kulumiset sekä muut laitevauriot tiheämmän aikavälin analyyseilla.

### 8.2 Venttiilien puhtausluokka vaatimukset

Kartonkia rullaavan pituusleikkurin hydraulikkajärjestelmässä on korkeaa öljynpuhtautta vaativia komponentteja. Järjestelmässä on proportionaaliventtiileitä sekä muita hydraulikkaventtiileitä. Parasta öljynpuhtautta vaatii Rexroth proportionaaliventtiili, jolle on asetettu maksimi epäpuhtauksien määräksi ISO standardin mukaan 18/16/13.



KUVA 17. Rexroth proportionaaliventtiili (14.1.2023).

Normaalien hydraulikka- ja paineenrajoitusventtiilien öljynpuhtausluokka vaatimukset ovat vähän pienemmät. Esimerkiksi samasta järjestelmästä oleva pai-

neenrajoitusventtiili asettaa öljynpuhtaudelle maksimiarvoiksi ISO standardin mukaan 19/17/14.



KUVA 18. SUN paineenrajoitusventtiili (14.1.2023).

Puhtausluokka vaatimuksia vertailtaessa kuvan (19) mukaan voidaan huomata, että paineenrajoitusventtiilin (punaiset) maksimi likapartikkelien määrä on noin kaksinkertainen proportionaaliventtiiliin (vihreät) rajoihin nähden.

Hiukkasten määrä/ml		ISO-koodi
ylli	alle	
2 500 000		> 28
1 300 000	2 500 000	28
640 000	1 300 000	27
320 000	640 000	26
160 000	320 000	25
80 000	160 000	24
40 000	80 000	23
20 000	40 000	22
10 000	20 000	21
5 000	10 000	20
2 500	5 000	19
1 300	2 500	18
640	1 300	17
320	640	16
160	320	15
80	160	14
40	80	13
20	40	12
10	20	11
5	10	10
2,5	5	9
1,3	2,5	8

KUVA 20. Puhtausluokkien vertailu. (Luomala, & ym. 2023).

Uuden pituusleikkurin käyttöönoton jälkeen leikkurin hydraulikassa tuli ongelmatilanne, jossa venttiili jumiutui ja osa liikkeistä ei toiminut. Jumiutunut venttiili oli kuvan (18) paineenrajoitusventtiili, jonka kara jäi jumiin. Karan väliin oli päässyt messinkinen rengas. Palanen ei ole voinut päästä suodatuksen läpi vaan se on irronnut suodatuksen jälkeen.

Pituusleikkurin hydraulikkakoneikossa on 5 µm suodattimet paine-, paluu- ja kierrätyslinjoissa. Se riittää vaadittavien puhtausluokkien saavuttamiseksi laitteen toimittajan mukaan. Öljyn kunnonvalvontaan keskittynyt yritys mitoittaisi suodattimet yhtä kokoa tiheämmäksi kuvan (20) mukaan. Taulukossa proportionaaliventtiileille vaadittava yleinen puhtausluokka olisi 17/15/12 käyttöpaineen ollessa 140 Bar – 200 Bar ja se saavutettaisiin 3 µm suodattimilla.

	Low/medium pressure <140 bar (Moderate conditions)		High pressure 140 to 200 bar (Low/medium under bad conditions <sup>1</sup> )		Very high pressure >200 bar (High pressure under bad conditions <sup>1</sup> )	
	ISO 4406 Target cleanliness class	Filtration rating µm	ISO 4406 Target cleanliness class	Filtration rating µm	ISO 4406 Target cleanliness class	Filtration rating µm
<b>Pumps/motors</b>						
Gear or vane	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Piston	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Variable vane	18/16/13	5	17/15/12	3	not required	not required
Variable piston	18/16/13	5	17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
<b>Drives</b>						
Cylinder	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Hydrostatic drives	16/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
Test benches	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
<b>Valves</b>						
Non-return valve	20/18/15	20	20/18/15	20	19/17/14	10
Directional valve	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Standard flow control valve	20/18/15	20	19/17/14	10	18/16/13	5
Poppet valve	19/17/14	10	18/16/13	5	17/15/12	3
Proportional valve	17/15/12	3	17/15/12	3	16/14/11	3 <sup>2)</sup>
Servo valve	16/14/12	3 <sup>2)</sup>	16/14/11	3 <sup>2)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>
<b>Bearing</b>						
Plain bearing <sup>3)</sup>	18/15/12	10	not required	not required	not required	not required
Gears <sup>3)</sup>	17/15/12	10	not required	not required	not required	not required
Ball bearing <sup>3)</sup>	15/13/10	3 <sup>2)</sup>	not required	not required	not required	not required
Roller bearing <sup>3)</sup>	16/14/11	5	not required	not required	not required	not required

KUVA 20. Hydraulikka ja voitelu öljyjen suodatuksen mitoitus (HYDAC. 2023).

Suodattimissa ei lue vaihtopäivää, joten ne ovat todennäköisesti alkuperäiset ja olleet käytössä leikkurin käyttöönotosta asti, joka oli 10/2021. Suodattimiin on varmasti kertynyt enemmän likapartikkeleita heti käyttöönottoaiheessa, kun linjat ja liitokset on ollut uusia ja niistä on lähtenyt likaa liikkeelle. Suodattimet olisi hyvä vaihtaa ja samalla ottaa öljynäytteen, josta selviäisi onko öljyn puhtaus vaadittavalla tasolla.



KUVA 21. Pituusleikkurin hydraulikkakoneikko (14.1.2023).

### 8.3 Kenkämpuristimen hydrauliiikka

Tehtaan syysseisakissa 2022 vaihdettiin kenkämpuristimen Belt-telaan uusi kumipäällinen jolloin huomattiin, että kumin sisäpinnassa oli koko kierroksen matkalla kulumajälki. Mikäli kumia ei olisi aikaperusteisesti vaihdettu, kulumaa ei olisi myöskään havaittu. Pahimmassa tapauksessa kumi olisi voinut haljeta ja telan sisällä oleva öljy olisi päässyt tuotteeseen. Tämän ennakoimiseksi on olemassa kumin delaminoitumisesta ja kulumisesta indikoiva laite.



KUVA 22. Kenkämpuristimen belt-tela (Valmet 2023).



### 8.3.1 Valmet BeltSense

Valmet on kehittänyt valvontamittalaitteen, joka tunnistaa öljyn joukossa olevat kumin palaset. Laite on tarkoitettu erityisesti kartonkikoneen puristinosalla olevan belt-telan öljyn laadun seurantaan.

Laite asennetaan kuvan (23) mukaisesti kenkäpuristimen paluuöljyputkeen. Laitteen toimintaperiaate perustuu osittain verkkotukkeumaperiaatteeseen ja optisenhiukkaslaskurin toimintaan, joita on kuvattu sivuilla 23-24. Kumin palaset seulotaan öljystä, jonka jälkeen ne menevät valoverhon lävitse keräilysäiliöön. Valoverho tunnistaa kumin palasten koon sekä määrän, mikä ilmoitetaan operaattorin näytöllä trendinä. Laitteen pohjassa oleva kuppi on keräilysäiliö, josta saadaan näytteet kerätyistä partikkeleista.



KUVA 23. Valmet BeltSense mittalaite (Valmet 2023).

### 8.4 Kuivanpään kiertovoitelu

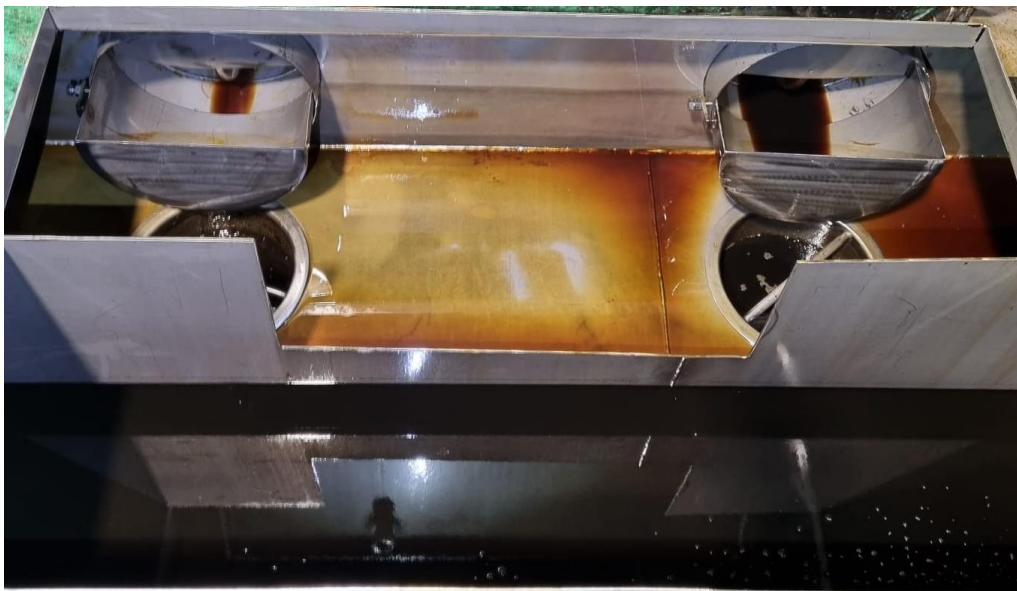
Kiertovoitelukoneikoissa ei ole tällä hetkellä tarpeeksi tiheää paluusuodatusta. Kaikki laakeripesistä, vaihteistoista ja linjoista irti lähtevät alle 500 µm likapartikkelit päätyvät öljytankkiin. Paluulinjassa on kuitenkin kaksi sihtiämpäriä (kuva 24



ja 25), jotka poistavat kierrosta lähtevät isommat partikkelit. Toimenpiteenä ämpärisihdin päälle voisi kokeilla eri tiheysasteella olevia pussisuodattimia ja aloittaa esimerkiksi 150 µm suodattimella. Tiheysastetta pitää vaihdella sen mukaan, kuinka palaava öljy suodattuu sen läpi, eikä virtaa pussisuodattimen ohi tulva aukosta suoraan tankkiin. Kertakäyttöinen pussisuodatin olisi muutenkin hyvä ratkaisu, koska se olisi helppo ja nopea vaihtaa. Sihtiämpäriin tukkeentuneet liat ja metalli hiukkaset ovat työläitä sekä aikaa vieviä poistaa.



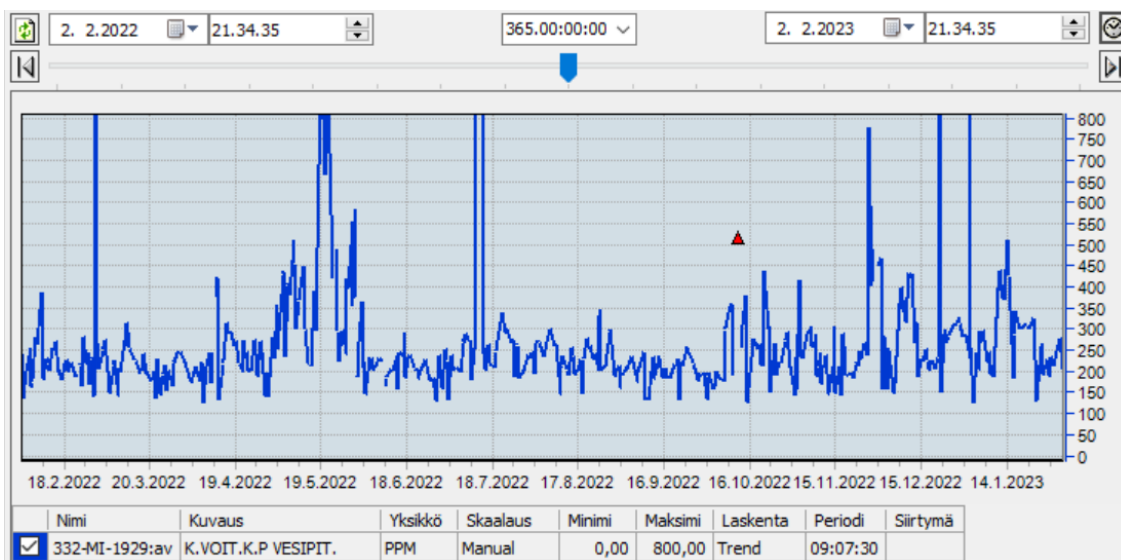
KUVA 24. Kuivanpäänkiertovoitelukoneikon sihtiämpäri (10.2.2023).



KUVA 25. Kuivanpään kiertovoitelukoneikon öljynpaluukaukalo (10.2.2023).

Kuivanpään kiertovoitelun vesipitoisuus on ollut aikaisempina vuosina huono ja vaihdetuissa laakereissa ja vaihdelaatikoissa on havaittu ruostetta. Tällä hetkel-

lä tilanne on hyvä ja vesipitoisuus pysyy normaalitilanteessa lähellä 200-300 ppm, kun muutama vuosi sitten se oli 800 ppm luokkaa. Hyvään vesipitoisuuteen päästiin, kun vaihdettiin kuivatussylintereiden vuotavia höyrykytkimiä, kiertovitelukoneikon levylauhdutin sekä huohottimia. Kuvan (26) trendissä näkyy isompia ja pidempiä piikkejä, jotka yleensä muodostuvat pesuseisakeista, jolloin vettä pääsee kiertoon laakeripesien kautta.



KUVA 26. Vuoden ajalta oleva ppm arvo (3.2.2023).

## 9 ÖLJYN VALVONTA JA SUODATUS LAITTEET

### 9.1 SKF RecondOil

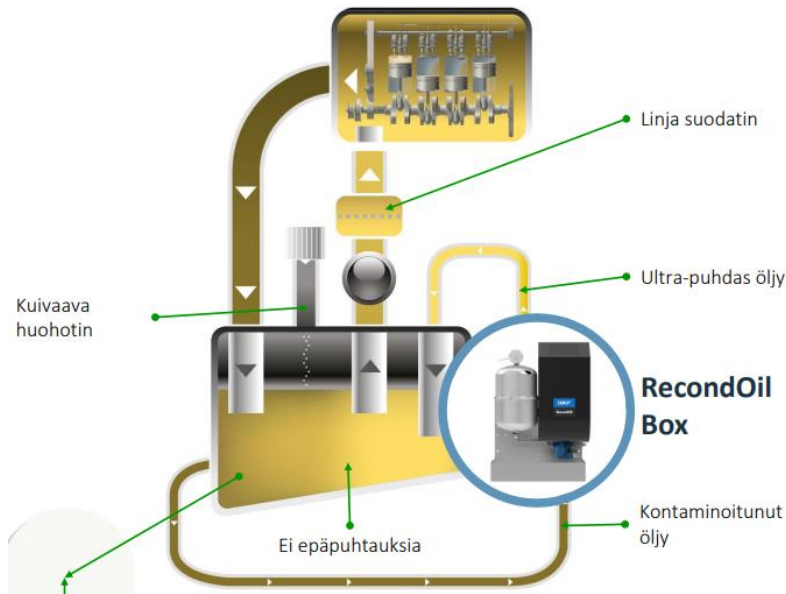
SKF on ruotsalainen teollisuusyritys, joka valmistaa ja toimittaa teollisuuden kunnonvalvontaan liittyviä laitteita sekä paljon muuta. He esittelivät meille öljyn kuntoa parantavaa laitetta. Sillä voitaisi poistaa öljystä pienetkin likahiukkaset, vesi sekä lionnut ja liukenematon lakka. Tavoitteena tällä laitteella olisi se, että öljyn vaihtoja pystyttäisi vähentämään, kun öljystä saataisi poistettua vanhenemistuotteet. Mikäli tällaisiin lopputuloksiin päästäisi, olisi Metsä Board Kyro lähempänä hiilineutraaliutta vuoteen 2030 mennessä.



KUVA 27. RecondOil suodatuslaite (27.1.2023).

#### 9.1.1 Toimintaperiaate

SKF RecondOil öljynsuodatus laitteiston toiminta perustuu öljytankista otettavaan sivuvirtaukseen, joka suodatetaan ja palautetaan takaisin tankkiin. Pääkomponentteja laitteessa ovat öljynsuodatin ja öljypumppu.



KUVA 28. RecondOil-laitteen kytkeminen järjestelmään. (SKF RecondOil, 2023).

### 9.1.2 Öljynsuodattimet

Öljynsuodattimia on kahta eri mallia, sekä yhdessä laitteessa voi olla jopa kahdeksan erillistä suodatinpatruunaa. Suurin ero suodattimien välillä on se, että DST-aktivoitu hienosuodatin sisältää epäpuhtauksia sitovaa kemikaalia. Se poistaa kaikki hiukkaset nano kokoluokkaan asti. DST-suodatinta käyttäessä on tutkittava jatkuvasti öljynlaatua, jottei öljystä poistu tärkeät lisäaineet. Siksi on hyvä aloittaa puhdistus normaalilla hienosuodattimella tai tutkituttaa onko DST-suodattimen käyttö mahdollista puhdistettavan öljyn kanssa. Suodattimen käyttöikä riippuu öljyn puhtaudesta, mutta keskimäärin sen suodatusteho on riittänyt 1000 litran öljykoneikossa noin vuoden verran. Suodatin pystyy keräämään noin 3 kiloa epäpuhtauksia itseensä. Puhdistettavan koneikon ollessa yli 2000 litraa kannattaa suodatinpatruunoiden määrää kasvattaa.

Normaali hienosuodatin (kuvassa 29 oikealla) poistaa 0,1 µm suuremmat lika partikkelit, liukenemattomat lakkautumistuotteet sekä sitoutuneen ja vapaan veden ppm arvon ollessa yli 1000. DST-aktivoitu hienosuodatin (kuvassa 29 vasemmalla) suodattaa samat kuin normaali hienosuodatin, lukuun ottamatta vettä. Lisäksi se poistaa nano kokoluokan partikkeleita, sekä lienneet lakkautumistuotteet.



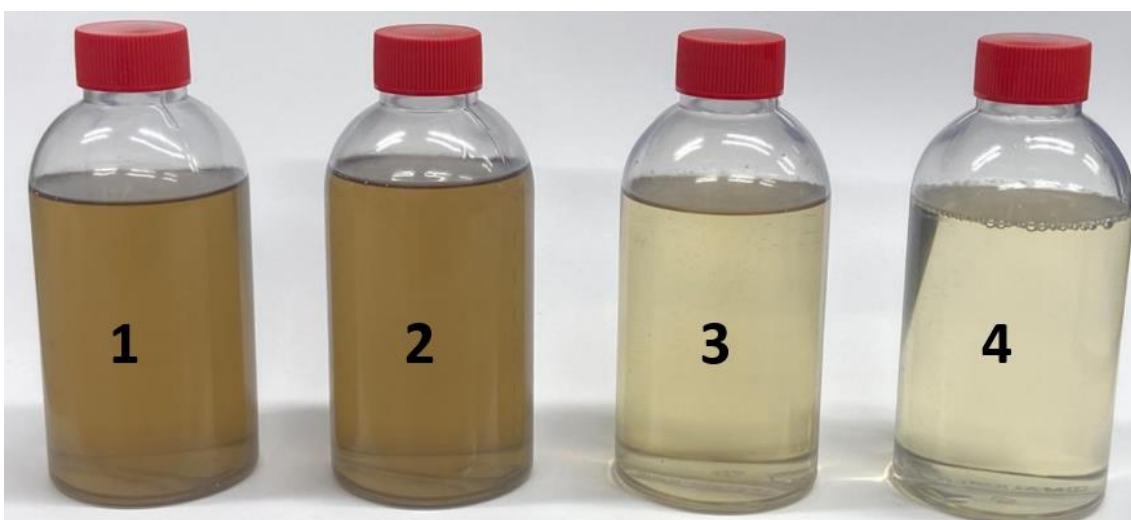


KUVA 29. Sellusta valmistetut hienosuodatinpatruunat. (27.1.2023).

Taulukossa (1) on verrattu hienosuodattimien suodatuskykyä perinteiseen 7  $\mu\text{m}$  suodattimeen nähden. Vasemmanpuoleinen öljy on käytettyä vaihteistoöljyä, joka on läpäisty kaikista suodattimista viisi kertaa. Väristä sekä muista mittaus arvoista voi päätellä, että DST suodattimella on tullut kaikista puhtainta.

Näytteet		1.	2.	3.	4.
Suodatus		Ei	7 $\mu\text{m}$	SKF hieno	SKF DST
TAN	mgKOH/g	0,43	0,43	0,38	0,09
Hiukkaset	ISO4406	23/21/12	23/20/9	22/17/12	16/13/10

Taulukko 1. (3.2.2023).



KUVA 30. Öljynäytteet (SKF Röpötti, 2022).

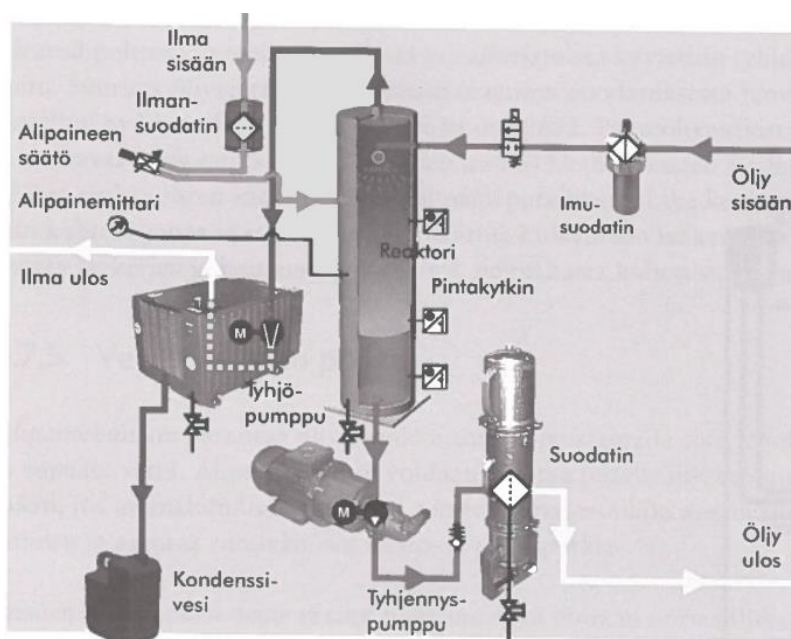
## 9.2 Purifikaattori

Purifikaattorin tehtävänä on poistaa öljystä vettä, kaasuja ja hiukkasia. Vanhenemistuotteita poistamalla se pidentää öljyn elinikää ja parantaa voiteluominaisuuksia. Puhdistamisen ansiosta öljyn vaihtovälit pitenevät ja laitteiden voitelukohteet ei kulu niin paljoa. Purifikaattori kytketään öljysäiliön rinnalle, josta öljy kiertää jatkuvasti Purifikaattorin läpi ja palaa takaisin öljysäiliöön. Purifikaattori pystyy poistamaan kosteutta myös kastepisteen alapuolelta.



KUVA 31. Pall Purifikaattori (YTM-Industrial 2023).

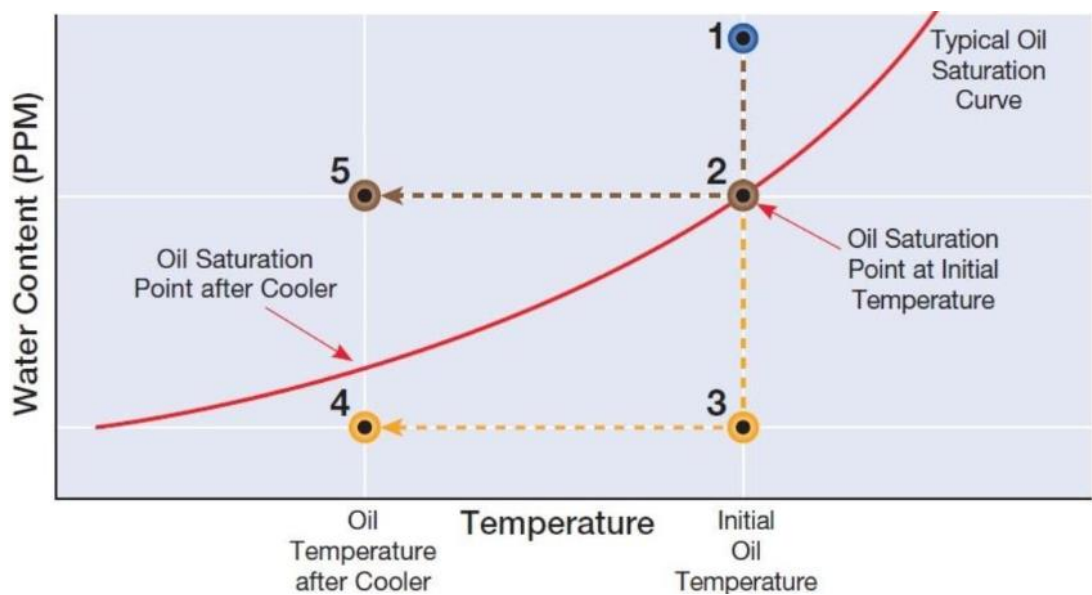
Kuvassa esitetty Purifikaattorin komponentteja.



KUVA 32. Alipainehöyrystimen komponentit (YTM-Industrial 2023).

Kuvassa (33) on esitetty vapaan veden poistuminen lämpötilan muutoksena.

1. Pisteessä öljyn vesipitoisuus on reilusti yli kyllästymispisteen, jota kuvataan punaisella viivalla.
2. Kohdassa öljy on vapaan veden muodostumisen rajalla
3. Kohdan vesipitoisuus voidaan saavuttaa esimerkiksi tyhjiöön perustuvalle vedenpoistolaitteella, jossa vapaata vettä ei ole
4. Kohdassa ei synny vapaata vettä, vaikka lämpötila on laskenut reilusti 3 kohtaan nähden.
5. Kohdassa vapaata vettä syntyisi lämpötilan laskiessa, jos 2 kohdassa poistetaan vain vapaana oleva vesi, eikä mennä alle kyllästymispisteen. (YTM-Industrial 2023).



KUVA 33. Vesipitoisuus lämpötilan suhteen (YTM-Industrial 2023).

### 9.3 Öljyjärjestelmien kunnonvalvontalaitteet

#### 9.3.1 MCS 1000

Voiteluöljyn metallihiukkasia tarkkaileva MCS 1000 anturi tunnistaa ferromagneettiset ja ei-ferromagneettiset hiukkaset 70  $\mu\text{m}$  asti. Anturin toiminta perustuu

induktiiviseen kelajärjestelmään, joka luo magneettikentän anturin virtaus aukon ympärille. Laite toimii Onlinena ja mittauspulsseja saadaan kerättyä 5–200 ms välein. Metallihiukkasantureita on kolmea eri koko luokkaa virtauksien ollessa 0,4–200 l/min.



KUVA 34. HYDAC MCS 1000 metallihiukkasanturi (HYDAC 12.2.2023).

### 9.3.2 CS 2000

Voitelu- ja hydraulikkaöljyn kunnonvalvonnassa käytetty CS 2000 tunnistaa kaikki öljyn joukossa olevat epäpuhtaudet. Laite laskee partikkelit ja ilmoittaa ne ISO 4407 standardin mukaisessa asteikosta välillä 13/11/10 - 23/21/18. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi öljynvirtaus on oltava 10–200 ml/min välissä ja öljyn lämpötila 0–70 °C. Myös öljyn suhteellisen kosteuden on oltava alle 90%, muuten anturi tunnistaa vesipisaratkin likapartikkeleina ja mittaustulos vääristyy.



KUVA 35. HYDAC CS 2000 likapartikkelianalysaattori (HYDAC 12.2.2023).



### 9.3.3 AS 3000

Öljyn sisältämän vesimäärän kertoo AS 3000 anturi. Se kertoo öljyn kyllästyneisyysprosentin 0–100 laitteen näytöllä. Luotettavan mittaustuloksen saamiseksi virtausnopeus on oltava alle 5 m/s. Laite on helposti kytkettävissä mihin tahansa prosessinohjausjärjestelmään analogista virtaviestiä käyttäen.



KUVA 36. HYDAC AS 3000 Vesipitoisuusanturi (HYDAC 12.2.2023).

### 9.3.4 HLB 1400

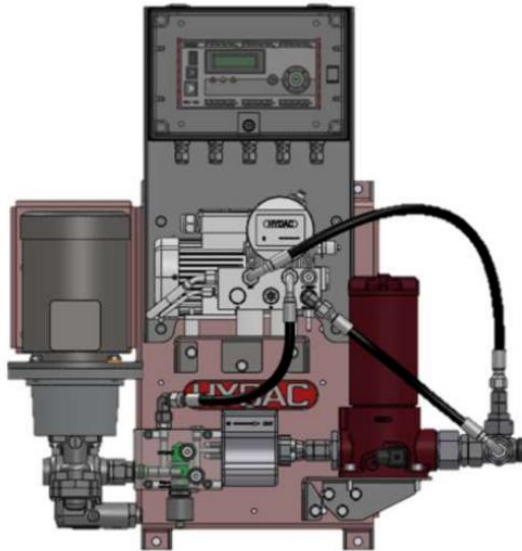
Öljystä mitattavan TAN kokonaishappoluvun arvon voi mitata HLB 1400 anturilla. Kokonaishappoluku korreloi karkeasti dielektriseen vakioon ja konduktiivisuuteen. Näitä sähköisiä ominaisuuksia voidaan mitata reaaliaikaisesti (Online). Kokonaishappoluku puolestaan kertoo öljyn vanhenemisesta ja kyvystä liueta ja sekoittua muihin nesteisiin.



KUVA 37. HYDAC HLB 1400 kokonaishappolukuanturi (HYDAC 12.2.2023).

### 9.3.5 Öljyn kunnonvalvontayksikkö

HYDAC myy myös räätälöityjä kokonaisuuksia, joihin on integroitu esimerkiksi öljyn vanhenemista, suhteellista kosteutta, Ferromagneettisia ja ei-ferromagneettisia partikkeleita sekä hiukkasia mittaavia antureita. Lisäksi siinä on virtauksen säätöventtiili, matalapainesuodatin ja kaksi kierrätyspumppua.



KUVA 38. HYDAC kunnonvalvontakonsepti (HYDAC 12.2.2023).

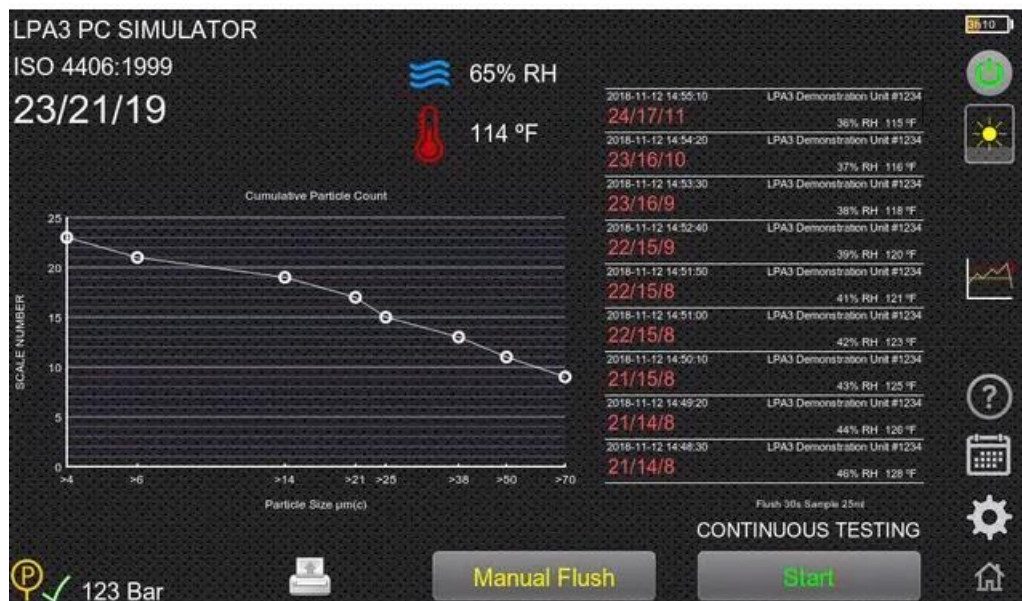
### 9.3.6 Öljyn hiukkaslaskuri

Siirrettävä öljyn hiukkaslaskurisalkku sisältää kaiken laitteiston öljyn laatuluokituksen saamiseksi. Se tulostaa myös mittauspöytäkirjan. Hiukkasten mittaus tekniikka perustuu optiseen valodioditekniikkaan, jolle on luvattu 2 µm tarkkuus. Hiukkaskoot on jaoteltu ISO 4406 standardin mukaan >4, 6, 14, 21, 25, 38, 50, 70 µm. Laite toimii 24 V jännitteellä ja täydellä akulla saa tehtyä 100 mittausta. Näyttekoko pystyy muuttamaan kolmesta eri vaihtoehdosta 25 ml, 50 ml tai 100 ml. Yhden näytteen ottaminen kestää minuutin ja näytteidenoton välissä on automaattinen linjojen huuhtonta. Laitteeseen saa lisävarusteena myös öljynkosteuden ja lämmön mittauksen. Painemittaus on kaikissa malleissa vakiona.



KUVA 39. Hiukkasmittauslaite LPA3 (MP filtri 13.2.2023).

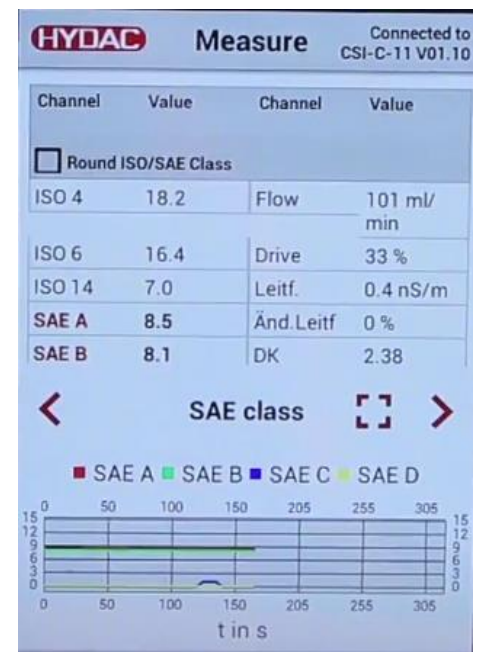
Mittalaitteessa on iso kosketusnäyttö, josta nähdään mittaustulokset ja historia. Tietokoneelle saa myös ladattua ohjelmiston, mihin voi tallentaa mittauspöytäkirjat.



KUVA 40. Hiukkasmittalaitteen kosketusnäytön näkymä (MP filtri 13.2.2023).

## 9.4 Kunnonvalvonnan yhdistäminen prosessinohjausjärjestelmään

Kunnonvalvontalaitteilta saatava informaatio on mahdollista lisätä osittain tehtaaseen käyttämään Valmet DNA prosessinohjausjärjestelmään. Kaikkea ei silti kannata eikä voi yhdistää, sillä tiedon siirto ja niiden hyödyntäminen tulee todella työlääksi sekä kalliiksi. Hydacin MCS 1000, CS 2000 ja NLB 1400 anturit keskustelevat Modbus väylän kautta, joka ei ole suoraan yhdistettävissä DNA:han. Antureissa on kuitenkin muutamia kytkinlähtöjä, joiden avulla saataisiin helposti esimerkiksi hälytysrajat DNA:lle. Paine- ja vesipitoisuusanturit olisivat kuitenkin helposti saatavissa DNA:lle ja niiden antamaa dataa pystyttäisiin helposti hyödyntämään. Ne lähettävät yksinkertaista virtaviestiä, sekä lisäksi niissä on kytkinlähdöt hälytyksille. Hydac on kuitenkin kehittänyt oman ohjelmiston MCS 1000, CS 2000 ja NLB 1400 antureita varten, jossa kaikkea tietoa pystyy hyödyntämään Modbus väylän kautta. Anturit on liitettävä HYDAC:in dataloggeriin, joka on langattomasti yhteydessä esimerkiksi älypuhelimien tai tietokoneen ohjelmistoon. Kuvassa (41) on liitetty hiukkaspitoisuusmittari etäluettava-



KUVA 41. Etäluettava kunnonvalvontayhdistelmä (HYDAC 2023).

## 10 TYÖN TOTEUTUS

Opinnäytetyö lähti etenemään öljyn kunnonvalvontaan liittyviin aineistoihin tutustumalla, sekä kunnossapidon työntekijöiden haastattelemisella öljyn kunnonvalvonnan ongelmakohdista.

Öljyn puhdistuslaitteita valmistaa moni yritys, joiden joukosta hyvä vaihtoehto olisi SKF- merkinen puhdistuslaite. Tehtaalla aiemmin käytetty Pall- merkinen puhdistuslaite ei tuottanut niin hyvää tulosta, mitä RecondOil- laitteelta odotetaan. Kävin vierailulla SKF:n tehtaalla Muuramessa. Tehtaalla näin fyysisesti heidän tarjoaman RecondOil- laitteen (sivu 35). Heiltä kävi myös laitteen edustaja vierailulla kartonkitehtaalla, jonka kanssa kävimme katsomassa öljyjärjestelmiä. Vaihtoehtoisista koneikoista otettiin öljynäytteet analysointia varten, jonka jälkeen nähdään mitkä koneikot vaativat puhdistusta.








KUVA 42. RecondOil- öljynpuhdistuslaite. Kaksi erillistä suodatinyksikköä (27.1.2023).



## 10.1 Öljynäytteet

Tämänhetkisen öljynlaadun tarkkailu aloitettiin ottamalla öljynäytteet neljästä hydraulikkakoneikosta. Näytteet lähetettiin laboratorioon tutkittavaksi, koska tehtaalla ei ole öljyn analysointiin laitteita. Tulokset öljynäytteistä olivat yllättävän hyvät, eivätkä ne vaadi välitöntä vaihtoa tai puhdistusta. Öljyjen kunto oli kemiallisesti normaalilla tasolla, eikä lakkaa ja ikääntymistuotteita havaittu. Kulumametallipitoisuudet ja hiukkaspitoisuudet olivat alhaiset, lukuun ottamatta rullanpakkauksen kuljettimien hydraulikkaa, jossa hiukkaset olivat hieman koholla. Öljyn vesipitoisuus on hyvällä tasolla, eikä vaaraa öljyn saturoitumiselle ole. RecondOil-laitteen testausta varten otimme lisäksi näytteen 2-puristimen hydraulikkakoneikosta, jota oltiin aikeissa vaihtaa sen huonon kunnon takia. Öljyn vaihtoperuste perustui silmämääräiseen tarkasteluun, joka lopulta laboratorio analyysin perusteella olikin vielä täysin käyttökelpoista. Ainoastaan öljyn kiintoaine massa on suuri, jota voitaisiin lähteä poistamaan RecondOil-laitteella.

Kohde	Pituusleikkuri-hydrauliikka	Päällystysosa 1-2	Rullanpakkaus-hydrauliikka	Rullanpakkauuskuljetti m-et hydraulikka	Beltt hydraulikka
Öljy	Mobil DTE 25 ja DTE 10 Excel 32 (50/50)	Mobil DTE 25	Mobil DTE 25	Mobil DTE 25	Mobil DTE PM 150
Viskositeetti +40 °C cSt	32,75	43,87	43,35	45,7	146,3
Vesipitoisuus ppm	10	20	20	20	30
TAN mgKOH/g	0,17	0,95	1,1	1,0	1,7
Puhtaus ISO4406	14/13/10	13/11/8	14/12/9	18/16/13	15/14/10
MPC-TEST					
MPC arvo	11,6	1,7	2,3	1,9	3,7
Kiintoaine massa mg/kg	16,8	18,9	30,2	18,4	248,9

TAULUKKO 2. (3.2.2023).

Valmet BeltSense-mittalaite olisi myös hyvä valinta kenkäpuristimen kumin kunnonvalvontaan. Laitteen ansiosta pystyisimme paremmin ennustamaan belt:in kumin vaihtoajankohdan ja näkisimme äkillisen muutoksen belt:in kulumisessa. Voisimme myös pidentää kumin vaihtovälejä kunnollisen kunnonvalvonnan ansiosta. Säästämällä yhden kumin vaihdon, kunnonvalvontalaite olisi maksanut itsensä takaisin.

Siirrettävälle öljyn kunnonvalvontayksikölle olisi myös tarvetta, sillä tutkittavia kohteita on niin paljon, ettei jokaiseen kohteeseen kannata asentaa omaa yksikköä, koska se tulisi todella kalliiksi. Pyysimme tarjoukset Hydac oy nimiseltä yritykseltä kahdesta eri kunnonvalvontapaketesta. Ensimmäinen paketti sisälsi vastaavan mittalaitesalkun, jota on esitelty sivulla (42-43). Kannettavalla huoltoyksiköllä voi mitata mistä tahansa öljyjärjestelmästä hiukkasten koon, määrän, vesipitoisuuden, lämpötilan sekä paineen. Toisessa paketissa on vastaavat ominaisuudet kuin ensimmäisessä, mutta se on tarkoitettu asennettavaksi kiinteäksi mittalaitteeksi öljyjärjestelmän yhteyteen. Molemmat paketit on varustettu Hydac:in omalla kunnonvalvonta ohjelmalla, josta voidaan seurata mittaustuloksia reaaliajassa tietokoneella tai älypuhelimella.

## **10.2 Kunnonvalvonnan yhdistäminen hydrauliiikka järjestelmiin**

Kartonkitehtaan jokainen hydrauliiikka- ja kiertovoitelukoneikko on erilainen, eikä täysin samanlaista liitostapaa löydy jokaiseen kohteeseen. Suodatus- ja toimintaperiaate on kuitenkin kaikissa sama, joten kaikkiin koneikkoihin saadaan kunnonvalvonta liitettyä pienten lisäasennuksien jälkeen. Tehtaan uusimmissa koneikoissa on valmiiksi asennetut mittauspisteet, eikä niihin tarvitse tehdä muutoksia. Vanhemmissa koneikoissa ei ole olleenkaan mittapisteitä, mutta osassa on silti valmius niille. Parhaan ja tarkimman mittaustuloksen saamiseksi öljynäyte pitää ottaa painelinjasta pumpun ja suodattimen välistä tai heti suodattimen jälkeen. Ottopaikka riippuu siitä, halutaanko mitata suodattimen suodatus kykyä vai mahdollisesti pumpun hajoamisesta syntyviä metalli partikkeleita, jotka jäisivät painesuodattimiin.

Kuvassa (43) on pituusleikkurin koneikon painepuolen mittapisteet valmiiksi asennettuna. Koneikossa on kolme pumppua, joissa kaikissa on omat mittauspisteet ennen ja jälkeen suodatinta. Palaava öljy johdettaisiin suoraan tankkiin.



KUVA 43. Pituusleikkurin hydraulikkakoneikon mittauspisteet (1.3.2023).

Rullapakkauksen hydraulikka koneikossa ei ole tällä hetkellä valmiita mittauspisteitä, joten ne pitää lisätä kuvan osoittamiin kohtiin suodattimien yhteyteen.



KUVA 44. Rullapakkauksen pakkaus koneen hydraulikka (1.3.2023).



Toinen mahdollisuus on lisätä mittauspisteet koneikon kyljessä oleviin liityntäkohtiin, jotka ovat tällä hetkellä tulpattuna. Mittausnippojen asennus vaatisi öljykoneikon tyhjentämisen öljystä.



KUVA 45. Rullapakkauksen pakkaus koneen hydraulikka (1.3.2023).

Liimapuristimen hydraulikkakoneikon painelinjassa on valmiina suodattimen jälkeen mittauspiste (kuva 46). Öljyn paluuvirtaus on mahdollista johtaa koneikon kyljessä olevan hanan kautta takaisin tankkiin (kuva 47).



KUVA 46. Liimapuristimen hydraulikkakoneikko (1.3.2023).



KUVA 47. Liimapuristimen hydraulikkakoneikko (1.3.2023).

Kuivanpään kiertovoitelukoneikon painelinjassa on pullonäytteen ottoa varten tehty hana. Samaan hanaan pystyy myös liittämään mittalaitteen yhdistämiseen tarkoitetut mittanipat. Paluuvirtauksen voi johtaa koneikon kannessa olevaan paluulinjaan.



KUVA 48. Kuivanpään kiertovoitelukoneikko (1.3.2023).

## 11 POHDINTA

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tehdä kehitysehdotus kartonkikoneen öljyn puhdistuksen ja kunnonvalvonnan parantamiseksi. Varsinaista lopputulosta öljyn laadun paranemisesta ja seurannasta ei vielä tämän työn aikana nähty, koska laitteita ei ole vielä hankittu. Kehitysehdotus ja nykytilanne ovat nyt tiedossa, minkä perusteella hankinnat voidaan tehdä.

Uskon että kehitysehdotus auttaa parantamaan huomattavasti kartonkitehtaan öljynkunnonvalvontaa- sekä laatua. Laitteet tulee varmasti maksamaan itsensä takaisin vältettyjen laiterikkojen ansiosta. Kunnollisen kunnonvalvonnan hankkimista on odotettu liian pitkään, sillä tällä hetkellä öljyn laadun valvonta on hyvin vähäistä, koska sitä tehdään ainoastaan silmämääräisesti sekä kriittisistä kohteista kerran vuodessa otettavilla pullonäytteillä. Kartonkikoneen prosessia on jatkuvasti kehitetty ja sitä kautta koneen käyntiä nostettu, eikä koneen laakeireita ja öljyjärjestelmiä ole aikoinaan suunniteltu noin koville nopeuksille. Nykyisillä nopeuksilla kiertovoiteluiden öljynvirtaukset olisivat varmasti suuremmat, mutta niiden nostamiselle ei ole kaikissa paikoissa mahdollisuutta, koska paluulinjat eivät vedä kaikkea öljyä, jonka takia lopulta se valuu telojen kauloilta ylitse. Tulevina vuosina öljyjen hankintaan tullaan puuttumaan entistä enemmän ja sitä tullaan säännöstelemään. Olisi tärkeää saada jatkuvasti puhdistettua ja valvottua öljynlaatua niin hyvin, että sen vaihtovälit pitenisivät huomattavasti. Vaikka öljyä saisikin hankittua vapaasti, myöhemmin sen hinta tulee varmasti olemaan moninkertainen, joka taas kannustaa yrityksiä parantamaan öljyn kunnonvalvontaan. Siksi olisi syytä hankkia kehitysehdotuksen mukaiset laitteet, joilla turvataan prosessin häiriötöntä käyntiä ja saadaan aikaan säästöjä kustannuksissa. Opinnäytetyön toimeksiantajalle on annettu selvitys työn lopputuloksista ja tarjoukset SKF RecondOil-, Valmet BeltSense- ja Hydac -laitteista. Lopullinen päätös laitteiden hankinnasta jää toimeksiantajan päätettäväksi.

## LÄHTEET

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

Blom, S., Lahtinen, P., Nuutio, E., Pekkola, K., Pyy, S., Rautiainen, H., Sampo, A., Seppänen, P. & Suosara, E. 2001. Koneenelimet ja mekanismit. 5. painos. Edita Ab Oy

Heikkinen, K. 2013 FLUID Suomi. Hydrauliiikan, pneumatiikan ja voitelun erikoislehti.

HYDAC. 2023. Fluid Control Contamination Handbook. [pdf]. Viitattu 21.1.2023. <https://www.hydac.com/shop/en/filtration-technology>

Kauranne, H., Kajaste, J. & Vilenius, M. 2013. Hydrauliteknikka. 2. painos. Helsinki: Sanoma Pro

Kivioja, S., Kivivuori, S. & Salonen, P. 2007. Tribologia- kitka, kuluminen ja voitelu. 5. painos. Helsinki: Otatieto / Gaudeamus, Helsinki University Press

KnowPap: 2022. Tuotantoprosessit, kartongin valmistus. Viitattu 22.11.2022 [http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paperboard\\_technology/general/frame.htm](http://www.knowpap.com.libproxy.tuni.fi/extranet/suomi/paperboard_technology/general/frame.htm)

Kosomaa, K. & Kosomaa, J. 2016. Hydrauliiikan jatkokurssi materiaali. 1. painos AEL Oy

Lekang Group, 2022. Introduction to Oil Cleanliness. [pdf]. Viitattu 7.1.2023. <https://lekangroup.com/apptypes/condition-monitoring/oil-sampling/>

Luomala, V., Jortikka, V., Anttonen, P., Holmila, A., Julku, M., Jåfs, R., Kakko, J., Kallio, P., Lahtinen, J., Luotamo, J-P., Nurmi, T., Näivä, J., Rinkinen, J., Vainio, K., Ylönen, V., Lehtosaari, M., Törmänen, R., Vesala, M. 2018. Öljyn kunnossapito. 1. Painos. Helsinki: Promaint ry.

Metsä Board, 2023. About us. Viitattu 13.1.2023. <https://www.metsagroup.com/metsaboard/about-us/>

MP filtri: Kannettava hiukkasmittalaite Viitattu 12.2.2023. <https://www.mpfiltri.com/products/contamination-monitoring-products/lpa3.html#4>

Pölkki, M. 2023. HYDAC Öljyjärjestelmienkunnonvalvonta. [pdf]. Viitattu 16.1.2023. <https://www.hydac.com/fi-fi/>

Römpötti, M. 2022. SKF RecondOil öljyn puhdistuslaite. [pdf]. Viitattu 7.1.2023.

SFS Online: SFS-EN 13306:2017. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. [pdf]. Viitattu 15.11.2022. <https://online.sfs.fi/fi/index.html.stx>

Teboil. 2018. Voiteluaineet energiateollisuuteen. [pdf]. Viitattu 21.1.2023. [https://www.teboil.fi/globalassets/tiedotteet/teboil\\_voiteluaineet\\_energiateollisuuden\\_20062018.pdf](https://www.teboil.fi/globalassets/tiedotteet/teboil_voiteluaineet_energiateollisuuden_20062018.pdf)

YTM-Industrial: Hydrauliiikka- ja kiertovoiteluöljyjen suodatus. 2023. Viitattu 2.1.2023. <https://www.ytm.fi/suodatus-erotus/hydrauliiikka-kiertovoitelu-suodatus/>

YTM-Industrial: Purifikaattorit (Pall). 2023. Viitattu 2.1.2023 <https://www.ytm.fi/suodatus-erotus/purifikaattorit/>