

Leevi Salo

# Hydrauliikkaöljyn kunnonvalvonta ja kunnossapito

Opinnäytetyö

Kevät 2012

Tekniikan yksikkö

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma



SEINÄJOEN AMMATTIKORKEAKOULU

## Opinnäytetyön tiivistelmä

Koulutusyksikkö: Tekniikan yksikkö

Koulutusohjelma: Kone- ja tuotantotekniikka

Suuntautumisvaihtoehto: Kone- ja tuotantotekniikka

Tekijä: Leevi Salo

Työn nimi: Hydraulioöljyn kunnonvalvonta ja kunnossapito

Ohjaaja: Matti Tervonen

Vuosi: 2012 Sivumäärä: 41 Liitteiden lukumäärä: 0

---

Teollisuudessa suoritettu voiteluhuolto on tärkeässä osassa kulumisen ja kitkan aiheuttamien haittojen vähentämisessä sekä tuotantolaitteiden toiminnan varmistamisessa. Opinnäytetyön tarkoituksena on tutkia ja selvittää hydraulioöljyn kunnonvalvonta- ja kunnossapitomenetelmiä. Työssä tuodaan esille kunnonvalvonnan ja kunnossapidon tarpeellisuus tämän päivän teollisuudessa sekä mikä vaikutus kunnonvalvonnalla ja kunnossapidolla on teollisuuden päivittäiseen toimintaan.

Työn tilaaja on konepajateollisuuden huoltopalveluihin erikoistunut yhtiö. Esimerkkinä käytetään konepajateollisuuden konekantaan ja niihin voimakkaasti liittyviä hydraulisia järjestelmiä. Keskeisenä aiheena on hydraulioöljyn käyttöä kasvataminen laitevalmistajan suosittelmasta vaihtovälistä. Työssä esitetään kriteerit sekä hyödyt ja riskit hydraulioöljyjärjestelmien kuormittamiselle. Hydraulioöljyn vaihtovälin kasvattamisen hyötyjä tarkasteltaessa esitetään muun muassa asiakas- ja yritys näkökulma.

Työssä selvitetään mekaanisten järjestelmien asettamat vaatimukset hydraulioöljyn vaihtovälin kasvattamiselle sekä muiden hydraulikomponenttien käyttömäärän lisäyksen tuomat haasteet. Hydraulioöljyjärjestelmien kuormittamisen yhteydessä perehdytään järjestelmien huollettavuuteen ja selvitetään merkittävimmät osat alueet hydraulioöljyjärjestelmien huoltovaatimuksista. Työn tarkoituksena ei ole keksiä uutta tuotetta, vaan käyttää jo olemassa olevaa tekniikkaa hydraulioöljyn puhtaanapitoon ja saattaa tämä tekniikka asiakaskunnan ja lukijoiden tietoisuuteen.

Avainsanat: hydraulioöljy, hiukkaslaskenta, suodatus, analysointi

SEINÄJOKI UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

## Thesis abstract

Faculty: School of Technology

Degree programme: Mechanical and Production Engineering

Specialisation: Mechanical and Production Engineering

Author: Leevi Salo

Title of thesis: Condition monitoring and maintenance of hydraulic oil

Supervisor: Matti Tervonen

Year: 2012      Number of pages: 41      Number of appendices: 0

---

The greasing maintenance is important in the reducing of the drawbacks caused by wearing out and the friction and in the securing of the function of the production devices. The purpose of the thesis is to examine and to clarify the condition of the monitoring methods and maintenance methods of hydraulic oil. In the thesis the necessity of the condition monitoring and maintenance in today's industry is presented and what effects the condition monitoring and maintenance has on the daily operation of the industry.

The commissioner of the thesis is a company which has specialised in the maintenance services of the engineering industry. The machine stock of the engineering industry is used as examples and also the hydraulic systems which are related to them. The central subject is expanding the service life of hydraulic oil. In the thesis the criteria and advantages and risks are presented when the hydraulic system has been loaded. When studying the advantages in the thesis for example the customer aspect and company aspects are presented.

In the work the demands for expanding the exchange space of hydraulic oil set by the mechanical systems and the challenges brought by the addition of the operating volume of other hydraulic components are clarified. In connection with the loading of the hydraulic systems the serviceability of the systems is studied and the most significant sectors are clarified from the point of view of maintenance demands of hydraulic systems. The purpose of the work is not to invent a new product but to use the technique already existing for the keeping of hydraulic oil clean and to bring this technique into the clientele's and the readers' consciousness.

Keywords: hydraulic oil, particle size analysis, filtration, analysis

## SISÄLTÖ

Opinnäytetyön tiivistelmä.....	2
Thesis abstract.....	3
SISÄLTÖ.....	4
KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO .....	6
KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET.....	7
<b>1 JOHDANTO .....</b>	<b>8</b>
1.1 Hydraulikkaöljyn kunnonvalvonnan tarpeellisuus teollisuudessa .....	8
1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset .....	9
1.3 Maint Way OY .....	10
<b>2 HYDRAULIÖLJYN KUNNOSSAPITO .....</b>	<b>11</b>
2.1 Suodatus.....	11
2.1.1 Perusmääritelmät.....	11
2.1.2 Toiminnan mittaus.....	11
2.1.3 Suodatusasteet .....	12
2.2 Suodatintyypit.....	12
2.2.1 Syväsuodatin .....	12
2.2.2 Pintasuodatin .....	13
2.3 Suodattimen valinta.....	14
2.4 Hydraulijärjestelmän suodatus .....	15
2.5 Järjestelmän huuhtelu .....	17
2.6 Hydraulioöljyn käsittely.....	17
<b>3 HUDRAULIÖLJYN KUNNONVALVONTA .....</b>	<b>18</b>
3.1 Voitelujärjestelmien kunnonvalvonta.....	18
3.1.1 Öljynäytteen ottaminen .....	18
3.1.2 Hiukkaslaskenta.....	20
3.1.3 Mittaustiheys .....	22
3.2 Viskositeetti ja sen mittaus.....	23
3.3 Vesipitoisuuden mittaus .....	23
3.3.1 Valvontalaitteet .....	24
<b>4 Hydraulioöljyn vaihtovälin kasvattaminen .....</b>	<b>25</b>

4.1	Kriteerit.....	25
4.2	Hyödyt.....	26
4.2.1	Asiakasnäkökulma .....	26
4.2.2	Yritysnäkökulma.....	27
4.2.3	Tulosesimerkkejä teollisuuslaitosten kunnonvalvonnasta .....	27
4.3	Riskit järjestelmän kuormittamiselle .....	28
5	Vaihtovälin kasvattamisesta järjestelmälle aiheutuvat vaatimukset	31
5.1	Suodatuksen tehostaminen.....	31
5.1.1	Sivuvirtasuodatin.....	31
5.1.2	Sivukiertosuodatin.....	32
5.1.3	Separointijärjestelmä .....	34
5.2	Huollettavuus .....	35
5.2.1	Luoksepäästävyys .....	35
5.2.2	Näytteenottopiste .....	36
5.2.3	Huoltoväli .....	36
5.3	Kunnonvalvonnan ja kunnossapidon toteuttamisen järjestäminen .....	37
6	YHTEENVETO.....	38
	LÄHTEET .....	40

## KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Vaurion syntyminen.....	9
Kuvio 2. Syväsuodatin .....	13
Kuvio 3. Pintasuodatin .....	14
Kuvio 4. Näytteenottoaika sivuvirtasuodattimesta .....	19
Kuvio 5. Näytteenotto tyhjiöpumpulla.....	19
Kuvio 6. Hiukkaslaskin .....	20
Kuvio 7. AS 1000, suhteellisen kosteuden anturi.....	24
Kuvio 8. Valvontataajuus .....	29
Kuvio 9 Colly SK20 Sivukiertosuodatin .....	32
Kuvio 10. Separaattori FM090-LCB .....	34
Taulukko 1. Hydraulikkajärjestelmän suodatus .....	16
Taulukko 2. ISO 4406:1999 puhtausluokitus .....	21
Taulukko 3. Nas 1638 standardin puhtausluokitus.....	22
Taulukko 4. Sivukiertosuodattimen Colly SK20 tekniset tiedot .....	33

## KÄYTETYT TERMIT JA LYHENTEET

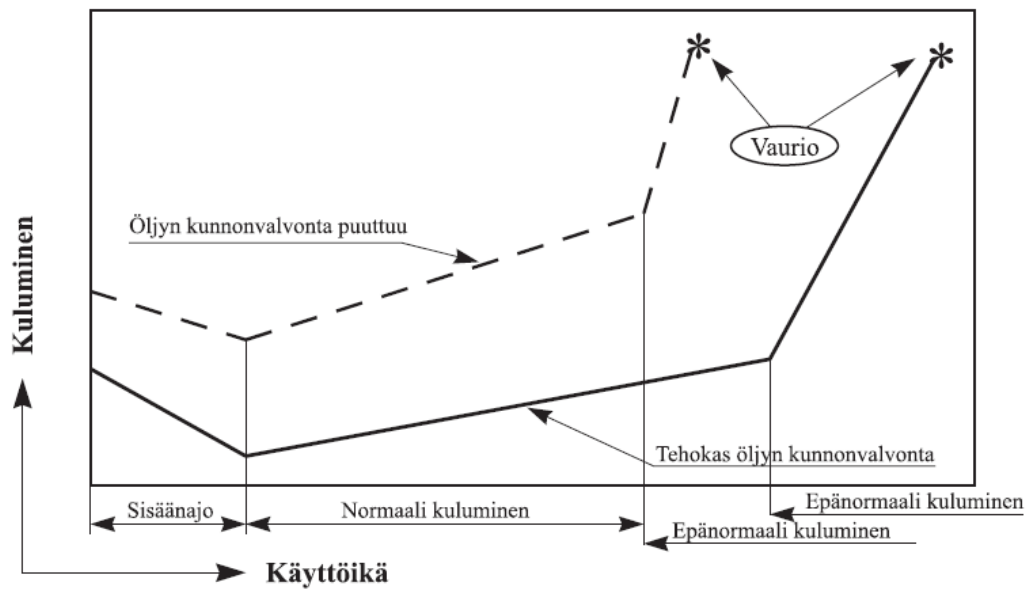
- Hydraulijärjestelmä** Hydraulijärjestelmät ovat tehonsiirtoketjuja, jossa mekaanisesti tuotettu teho muutetaan hydrauliseksi tehoksi eli siirretään nesteeseen paineeksi ja tilavuusvirraksi.
- Kunnonvalvonta** Kunnonvalvonnassa kohteen toimintaa tarkkaillaan ja mitataan joko jatkuvasti tai määrävälein. Kunnonvalvonnassa keskeisenä tavoitteena on laitteen jäljellä olevan luotettavan käyttöajan määrittäminen sekä pyrkiä havaitsemaan alkavat vikaantumiset mahdollisimman varhain.
- Kunnossapito** Kunnossapito on kaikkien niiden teknisten, hallinnollisten ja johtamiseen liittyvien toimenpiteiden kokonaisuus, joiden tarkoituksena on säilyttää kohde tilassa tai palauttaa se tilaan, jossa se pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon sen koko elinjakson aikana (SFS-EN 13306 2001).

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Hydraulikkaöljyn kunnonvalvonnan tarpeellisuus teollisuudessa

Teollisuudessa suoritettu voiteluhuolto on tärkeässä osassa kulumisen ja kitkan aiheuttamien haittojen vähentämisessä sekä tuotantolaitteiden toiminnan varmistamisessa. Voiteluaineet toimivat myös keskeisenä osana hydraulijärjestelmien ja vaihteistojen tehonsiirrossa. Voiteluaineiden säännöllinen tarkkailu ja huolto ovat teollisuudenalasta ja sen laitekannasta voimakkaasti riippuvaa toimintaa. Hyvin suoritettuna se maksaa moninkertaisesti takaisin siihen kohdistetut resurssit. Puh-  
tausvalvonnan heikko toimivuus näkyy laadun heikkenemisenä sekä tuotantoseisokkien aiheuttamina tappioina. Voitelujärjestelmien sekä voiteluaineiden huoltoon liittyvä tietotaito on valitettavasti usein ainoastaan kokeneen huoltomiehen kokemusta. Tämän tiedon siirtäminen ja sen hyödyntäminen yritysten välillä on haasteellista ilman tehokasta yhteistyötä, koska valitettavan usein voiteluöljyjen sekä järjestelmien kunnonvalvontaa pidetään turhana kustannuseränä. Hydraulioöljyn kunnon seuraaminen antaa runsaasti tietoa varsinaisen voitelujärjestelmän kunnosta. Tämän tiedon pohjalta voidaan suunnitella seuraava huoltoajankohta tai ryhtyä välittömästi ennakoiviin huoltotoimenpiteisiin. Tänä päivänä voiteluöljyä pidetään yhtenä koneen osana, joten myös voiteluöljystä otetaan kaikki teho irti. Tämä vaatii säännöllistä öljyn tarkkailua ja huoltoa. Oikeilla menetelmillä voidaan kasvattaa öljyn käyttöikää sekä laskea huoltokustannuksia ja minimoida arvaamat-  
tomat tuotannonseisokit. (Kunnossapitokoulu 2003, 3.)





Kuvio 1. Vaurion syntyminen  
(Kunnossapitokoulu 2003).

Yläpuolella oleva kuva havainnollistaa puutteellisen kunnonvalvonnan aiheuttamaa ennenaikaista vaurion syntymistä sekä tehokkaan kunnonvalvonnan antamaa pidempää ja joustavaa hydraulijärjestelmän elinkaarta. Kuvaa tulkitsemalla huomataan öljyjen ja järjestelmien sisäänajojen eroavaisuudet. Tehokas kunnonvalvonta vaatii asianmukaisen sisäänajon, mikä takaa häiriöttömän toimivuuden koko järjestelmän käyttöajalle. Näin ollen huoltoajankohdat voidaan suunnitella hyvissä ajoin ja ennenaikaisen vaurion syntymisen mahdollisuus on pienempi.

## 1.2 Työn tavoitteet ja rajaukset

Tässä opinnäytetyössä tullaan käsittelemään teollisuudessa käytettävien hydraulijärjestelmien voiteluöljyn kunnonvalvontaa sekä kunnossapitoa. Työn tavoitteena on esittää toimeksiantajan asiakaskunnalle ja lukijoille hydraulioöljyn kunnonvalvonnan ja kunnossapidon merkitys ja menettelytavat sekä vaikutukset päivittäiseen toimintaan. Keskeisenä aiheena opinnäytetyössä on hydraulioöljyn käyttöiän kasvattaminen, mikä oikeilla menettelytavoilla laskee vuosittaisia huoltokustannuksia. Työssä tullaan käsittelemään erilaisia menettelytapoja kunnossapitoon sekä kunnonvalvonnan suorittamiseen.

Kunnossapitoon liittyvät keskeisesti erilaiset suodatusmenetelmät, jotka esitellään tässä työssä. Lisäksi työssä tutkitaan öljynäytteiden analysoinnin merkitystä kunnonvalvonnassa. Kunnonvalvonnan ja kunnossapidon vaikutuksia tutkittaessa työssä tuodaan esille asiakasnäkökulma sekä yritysnäkökulma aiheeseen. Työn tarkoituksena ei ole keksiä uutta tuotetta, vaan käyttää jo olemassa olevaa tekniikkaa hydraulioöljyn puhtaanapitoon ja saattaa tämä tekniikka asiakaskunnan tietoisuuteen.

### **1.3 Maint Way OY**

Työn tilaajana toimii Maint Way Oy, joka on konepajateollisuuden huoltopalveluihin erikoistunut yhtiö. Yhtiön pääkonttori sijaitsee Lapualla ja lisäksi yhtiöllä on toimipiste Vaasassa. Maint Way OY on perustettu alkuvuodesta 2011 ja se on sekä taustaltaan että toiminnaltaan hyvä esimerkki verkostojen voimasta. Yhtiön omistajina on neljä alueella toimivaa metalliteollisuuden yritystä. Lisäksi yhtiössä työskentelevän henkilöstön omistusosuus on noin 45 %. Maint Way OY on poikkeuksellinen huoltopalvelujen tuottaja, koska enemmistö hallinnosta on asiakaskunnan edustajia, jolla pyritään saamaan toiminnan kehittämiseen todellista käytännön asiakaslähtöisyyttä. (Maint Way Oy [Viitattu 9.2.2012].)

## 2 HYDRAULIÖLJYN KUNNOSSAPITO

### 2.1 Suodatus

#### 2.1.1 Perusmääritelmät

On esitetty, että 80 % hydraulijärjestelmien toimintahäiriöistä johtuu öljyn epäpuhtauksista, joten järjestelmien suodatusmenetelmät ovat keskeisessä osassa hydraulioöljyn kunnonvalvonnassa. Suodattimien tehtävänä on pitää voiteluaineen puhtaus vaaditulla tasolla ja suojata järjestelmän komponentteja epäpuhtauksilta. (Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje).

#### 2.1.2 Toiminnan mittaus

Suodattimen toimintaa mitataan sen yli olevan paine-eron sekä tulovirran ja lähtövirran partikkeleiden lukumäärän suhteen avulla, järjestelmän ja suodattimen käytön aikana. Suodattimen tehokkuus voidaan selvittää  $\beta_x$ -arvon avulla. (Arvidson 2003.)

$$\beta_x = \frac{\text{hiukkasten lkm vastavirrassa } > x (N_v)}{\text{hiukkasten lkm myötävirrassa } > x (N_M)} \quad (1)$$

Suodattimeen jäänyttä epäpuhtauksien massaa kutsutaan suodattimen likakapasiteetiksi. Suodatinmateriaalin tukkeutumisesta aiheutuvan virtausvastuksen kasvu ja paine-eron nousu suodattimessa määrittää suodatinelementin tukkeutumistasteen. Liian suuren paine-eron perusteella voidaan määrittää suodatinelementin vaihtoväli. Lisäksi suodattimista löytyy ohitusventtiili, joka toiminnallaan estää suodatustoiminnon ohittamalla täyden virtauksen suodattimen. Esimerkiksi ohitusventtiili aukeaa, kun suodattimen painehäviö on liian suuri. Tällöin öljyvirta ohittaa osittain tai kokonaan suodattimen eikä mene sen läpi. Mikäli ohitusventtiili vuotaa, sillä

on suuri vaikutus suodattimen tehokkuuteen. Edellä mainitulla  $\beta_x$ - arvolla ei ole enää suurta merkitystä, jos 5 % pumpun virrasta ohittaa ohitusventtiilin suodattamattomana. Tämä tilanne voidaan korjata erillisellä suodatuselementillä, jolloin epäpuhdas voiteluaine ei pääse suoraan voideltavaan kohteeseen. (Arvidson 2003.)

### **2.1.3 Suodatusasteet**

Suodatusasteet voidaan jakaa kahteen ryhmään, nimelliseen suodatusasteeseen ja absoluuttiseen suodatusasteeseen. Nimellinen suodatusaste kertoo, että suodatin poistaa 50 % tietyn koon ylittävistä hiukkasista. Esimerkiksi 100  $\mu\text{m}$ :n nimellinen suodatin tarkoittaa, että 50 % halkaisijaltaan 100  $\mu\text{m}$  olevia partikkeleita jää suodattimeen. Nimelliselle suodatusasteikolle ei ole määritelty ISO-standardia.

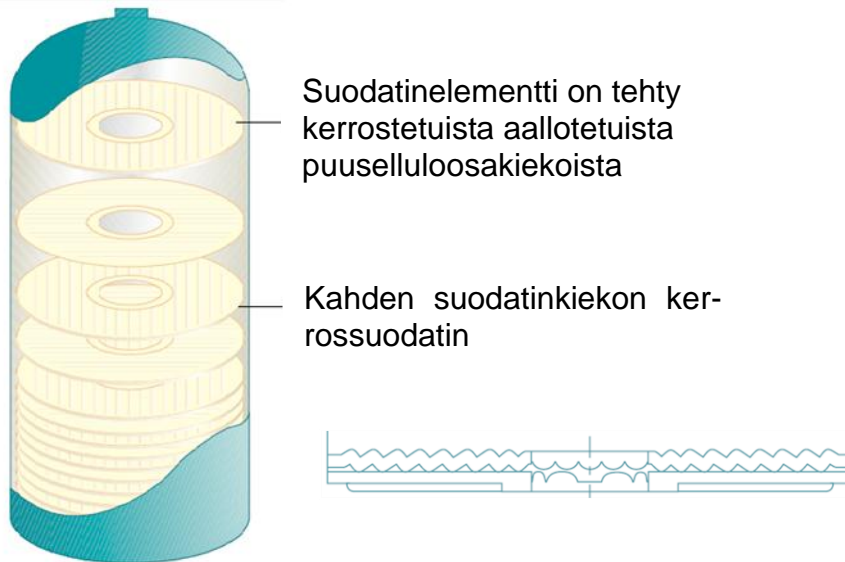
Absoluuttinen suodatusaste kertoo suodattimessa olevan huokosen mitan ja ilmoittaa suurimman pallomaisen hiukkasen koon, mikä voi läpäistä suodattimen. Absoluuttinen suodatin sitoo lähes kaikki tietyn suodatusasteen kokoisista partikkeleista. Esimerkiksi 100  $\mu\text{m}$ :n absoluuttinen suodatin tarkoittaa, että vähintään 99,9 % halkaisijaltaan 100  $\mu\text{m}$ :n partikkeleista jää suodattimeen. Absoluuttiset suodattimet testataan tuotantovaiheessa ja niiden tehokkuus taataan. (Suodatuksen yleisesite [Viitattu 16.2.2012].)

## **2.2 Suodatintyypit**

### **2.2.1 Syväsuodatin**

Syväsuodatuksessa (Kuvio 3) suodatinpatruuna tai monikerroksinen kangas toimii suodattimena, joka poistaa kovia ja pehmeitä partikkeleita, esimerkiksi humuksen ja viskoottisen aineen hyytymät. Suodattimeen jää myös suodatusastetta pienempiä partikkeleita. Suodattimessa suurimmat hiukkaset kerääntyvät elementin ulkopinnalle, kun pienemmät hiukkaset menevät suodattimen sisään kerääntyen suo-

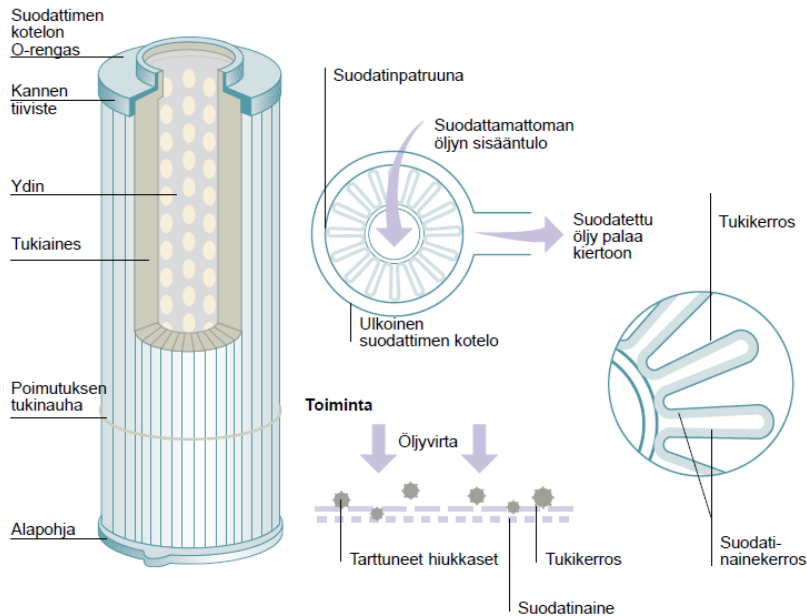
dattimen sisäpinnoille. Tämä varmistaa hyvän epäpuhtauksien pidätyskyvyn. (Arvidson 2003.)



Kuvio 2. Syväsuodatin (Arvidson 2003).

### 2.2.2 Pintasuodatin

Pintasuodattavana suodattimena toimii yleensä metalliverkko tai yksikerroksinen kangas (Kuvio 4). Perinteinen pintasuodatin vähentää kiinteiden hiukkasten määrää. Pintasuodatin voidaan asentaa esimerkiksi jäähdytyspiiriin tai täyden virtauksen varasuodattimena vaihteiston tulolinjaan. Suodatin on poimutettu, että suodatavan pinnan määrää voidaan kasvattaa sekä painehäviötä vähentää. Pintasuodatin ei kykene poistamaan vettä. Nykyaikaisissa hydraulikkajärjestelmissä voidaan käyttää molempia suodatintyyppejä. Syväsuodatin toimii epäpuhtauksien poistajana, kun taas pintasuodatin toimii ikään kuin varmistajana esimerkiksi ennen vaihteistoa. (Arvidson 2003).



Kuvio 3. Pintasuoitin (Arvidson 2003).

### 2.3 Suodattimen valinta

Suodattimen valinnassa tulee ottaa huomioon järjestelmän tai sen komponenttien puhtausvaatimukset. Usein järjestelmän puhtausvaatimuksia ei tiedetä, jolloin järjestelmälle tulee selvittää ja määrittää suodatukseen vaikuttavat tekijät suodatuksen onnistumisen kannalta. Vaikuttaviin tekijöihin luetaan kaikki järjestelmän sisältämät komponentit, esimerkiksi toimintalämpötila, järjestelmän työjakso, komponenttien käyttöikä sekä muut järjestelmään liittyvät käyttöominaisuudet. Tämän jälkeen voidaan näiden tietojen pohjalta valita järjestelmään sopiva suodatusmenetelmä, jolla puhtausvaatimukset saavutetaan.

Suodattimen valinnassa tulee huomioida myös suodattimen sijoituspaikka. Sijoituspaikkaa valittaessa on huomioitava käyttölämpötila, sallittu suodattimen paineero, järjestelmässä vallitsevat paineet sekä tilavuusvirrat. Yleisesti hydraulijärjestelmissä käytettävät suodattimet sijoitetaan järjestelmän painelinjaan. Mikäli pyritään pidentämään hydraulijärjestelmän huoltoväliä, suodattimet voidaan kytkeä

rinnakkain, jolloin suodattimet voidaan vaihtaa ja huoltaa ilman järjestelmän pysäyttämistä.

Suodattimet nimetään osuvasti niiden sijoituspaikan mukaan. Esimerkiksi paluuvirtasuodatin sijaitsee nimensä mukaisesti järjestelmän paluuvirrassa muiden komponenttien jälkeen. Paluuvirtasuodattimen tehtävänä on suodattaa voiteluaine ennen, kuin se palaa takaisin järjestelmän säiliöön. Päävirtasuodattimeksi taas kutsutaan suodatinta, joka pyrkii suojaamaan voideltavaa kohdetta. Päävirtasuodatin on sijoitettuna pumpun jälkeen tai suojasuodattimeksi ennen voideltavaa kohdetta. Päävirtasuodatin vastaanottaa suuria tilavuusvirtoja, joten se on usein niin sanottu kaksoissuodatin, joka mahdollistaa suurten tilavuusvirtojen vastaanottamisen ilman, että paine-ero kasvaa liian suureksi. (Heiskanen 2011, 17).

## **2.4 Hydraulijärjestelmän suodatus**

Hydraulijärjestelmän suodatusjärjestelmä perustuu sille asetettuihin puhtausvaatimuksiin ja rakenteen asettamiin vaatimuksiin (Taulukko 1). Suodatusjärjestelmä koostuu usein työsuodatuksesta, joka sisältää säiliökiertosuodattimet, sivuvirtasuodattimet sekä paluusuodattimet. Työsuodattimien lisäksi järjestelmässä tulee olla suojasuodattimet eli painesuodattimet ja ilmansuodattimet.

Taulukko 1. Hydraulikkajärjestelmän suodatus  
(Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje, 17).

Suodatus	Suodatintyyppi	Sijanti järjestelmässä	Suodatusaste	Kapasiteetti	Tehtävä+ ominaisuudet
<b>Painesuodatus</b>	Korkeapainesuodatin, jonka paineenkesto on yhtä suuri kuin järjestelmän maksimi paine. $\beta_x = 75 \dots 500$	Painelinjassa pääpumppujen jälkeen	On 1-2 suodatusastetta väljempi, kuin työsuodatin esim. $x = 5 \dots 12 \mu\text{m}$	Pumppauslinjan maksimituotto	Suojasuodatin, jonka tehtävänä on suojata järjestelmää poikkeus tai vauriotilanteissa. Suodatinpatruunan vaihtoväli tulee normaaliolosuhteissa olla 12kk. Suojasuodattimissa ei ole ohitusventtiiliä ja suodatinpatruunan paine-erokestävyys on 210 bar.
<b>Paluusuodatus</b>	Matalapainesuodatin. Suuri virtausnopeus. $\beta_x = 75 \dots 500$	Paluulinjassa	$x = 3 \dots 6 \mu\text{m}$	Suurin mahdollinen paluuvirtaus	Työsuodatin, jonka tehtävä on kerätä järjestelmästä tulevia epäpuhtauksia
<b>Säiliökiertosuodatus</b>	Matalapainesuodatin a) Suuri virtausnopeus $\beta_x = 75 \dots 500$ b) Pieni virtausnopeus $\beta_x > 500$	Erillinen pumpauslinja säiliön paluupuolelta säiliön imupuolelle	a) $x = 3 \dots 6 \mu\text{m}$ b) $x = 1 \dots 3 \mu\text{m}$	a) Vähintään 10% säiliön öljytilavuudesta minuutissa b) Alkaen 1l/min	Työsuodatin jonka tehtävänä on toimia järjestelmän pääasiallisena epäpuhtauksien kerääjänä
<b>Sivuvirtasuodatus</b>	Matalapainesuodatin, pieni virtausnopeus, $\beta_x > 500$	Erillinen haara paine-, paluutai jäähdytyslinjasta	$x = 1 \dots 3 \mu\text{m}$	Alkaen 1l/min	Työsuodatin
<b>Huohotussuodatus</b>	Ilmansuodatin	Öljysäiliön kannessa, paluukammion yläpuolella, vähintään 75mm irti kannesta	$3 \mu\text{m}$	Paine-ero saa olla enintään 0.01 bar viisinkertaisella maksimi paluujyntyvirtauksella	Suojasuodatin



## 2.5 Järjestelmän huuhtelu

Järjestelmän oikeaoppisella huuhtelulla ennen käyttöönottoa on suuri merkitys järjestelmän häiriöttömälle toiminnalle koko käytön ajalle. Epäpuhtaudet aiheuttavat keskimäärin 80 % hydraulisten järjestelmien toimintahäiriöistä ja usein epäpuhtaudet ovat peräisin jo valmistuksen ja kokoonpanon ajoilta. Järjestelmän huuhtelussa säiliö puhdistetaan ja täytetään öljyllä. Öljyn täyttö tehdään suodatusyksikköä käyttäen koneen oman paluu- tai säiliökiertosuodattimen kautta. Suodatusyksikön suodatustarkkuuden suositellaan olevan  $\beta_x > 500$ , että yhden läpivirtauskeran aikana öljy saataisiin puhdistettua mahdollisimman puhtaaksi. Huuhtelun aikana öljystä mitataan hiukkaspitoisuuksia puhtaustason varmistamiseksi ja suodatusta jatketaan, kunnes vaadittu puhtausluokka on saavutettu. Hydraulijärjestelmien huuhtelu on hyvä tehdä määräajoin esimerkiksi muun huollon yhteydessä. (Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje, 48).

## 2.6 Hydrauliohjain käsittely

Jotta hydrauliohjain ominaisuudet olisivat parhaat mahdolliset, öljyn käsittelyyn tulee kiinnittää suurta huomiota. Huolelliseen käsittelyyn kuuluu käytön lisäksi oikea varastointi- ja kuljetustapa. Oikeilla käsittelymenetelmillä estetään epäpuhtauksien pääsy öljyyn jo ennen käytön aloittamista.

Käytetyt hydrauliohjain ovat ongelmajätteitä, jotka tulee hävittää lain määräämällä tavalla. Joitakin öljyjä voidaan hävittää myös itse, mutta myrkyllisimmät öljyt on vietävä ongelmajätelaitokselle. (Teollisuusvoitelu 2006, 189.)

## **3 HUDRAULIÖLJYN KUNNONVALVONTA**

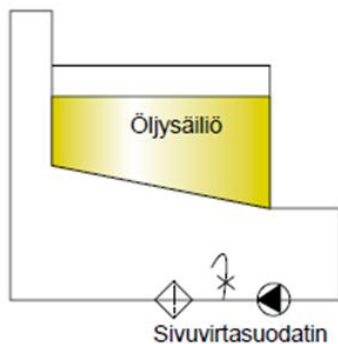
### **3.1 Voitelujärjestelmien kunnonvalvonta**

Laitteiden korkeampi käyttöaste, ennalta suunniteltavissa olevat huollot ja kunnonmukainen huoltaminen edellyttävät luotettavaa, mutta edullista anturitekniikkaa, jolla pystytään valvomaan laitteiden kuntoa niiden toimintaa häiritsemättä. Kaikkein tärkeintä on valvoa hydraulijärjestelmien ja voiteluöljyn kuntoa, koska se vaikuttaa järjestelmän tehonsiirtoon, voiteluun, lämmönhukkaan sekä korroosiosuojaan. Kitka, kuluminen, vuodot ja liian korkea lämpötila jättävät öljyyn vaurioita muun muassa hiukkasten ja veden muodossa. Öljy myös vanhenee, mikä puolestaan nopeuttaa korroosiota ja häiriöiden syntymistä. Öljyn kuntoa voidaan pitää yleisesti ottaen koko järjestelmän kunnon mittarina, joten sen valvonta ehdottomasti kannattaa. Hiukkaset, vesipitoisuus ja öljyn kunto pystytään määrittämään nykyisillä laitteilla luotettavasti ja kustannustehokkaasti. Alkavat vauriot esimerkiksi liuku- ja rullalaakereissa tai muissa komponenteissa on mahdollista huomata ajoissa, jolloin niitä päästään korjaamaan juuri niiden kunnon edellyttämällä tavalla. (Hydrauliikka- ja voitelujärjestelmien kunnonvalvonta 2005, 2).

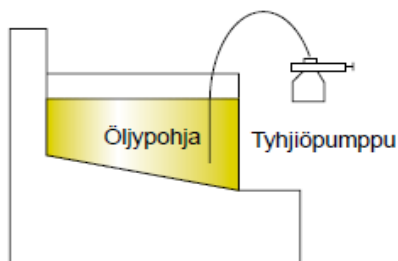
#### **3.1.1 Öljynäytteen ottaminen**

Öljyn kunnon selvittämiseksi on tutustuttava öljyn nykyiseen kuntoon. Kunnon selvittämiseksi otetaan öljynäyte analysoitavaksi. Analysoinnin tulokset ovat riippuvaisia näytteen laadusta, käsittelystä ja kuljetuksesta sekä laboratoriotyöstä. Öljynäytteen ottaminen vaatii asianmukaiset menettelytavat, että testinäyte on laadultaan vaatimukset täyttävä. Näytteenottoa valittaessa on syytä muistaa, että hydraulijärjestelmän hiukkasmäärä ei ole vakio ajan eikä paikan suhteen. Usein laadun, hiukkas- tai lisäainepitoisuuden selvittämiseksi öljynäyte otetaan sieltä mistä sen helposti sattuu saamaan näytteenottopulloon tai suoraan testilaitteeseen esimerkiksi hiukkaslaskimeen. Saatu näyte on usein sopiva öljyn kuntoa tarkasteleviin kemiallisiin analyyseihin tai vesipitoisuuden mittaukseen, mutta ei kerro toutusta hiukkaslaskennasta saaduista tuloksista. (Heimonen 2011).

Hiukkaslaskennan näytteenottoaika valitaan sen perusteella mitä tietoa mittaus- tuloksella halutaan. Esimerkiksi säiliöstä tulevalla öljyllä voidaan mitata pumpun kunto, kun taas pääsuodattimesta otettu näyte kertoo kuinka puhdasta on öljy, jota järjestelmään syötetään. Hyvät olosuhteet näytteen ottoon antaa sivuvirtapiirissä oleva näytteenottohana (Kuvio 5), joka sijaitsee pumpun ja suodattimen välissä. Tämä kohta on öljyjärjestelmän saastunein kohta, joten jos sieltä saatava näyte on puhdas, niin tarkoittaa se, että koko järjestelmä on silloin puhdas. Mikäli sivuvirtasuodatinjärjestelmää ei ole asennettu, niin tyhjiöpumpulla voi ottaa korvaavan näytteen. Tässä tapauksessa öljynäyte tulisi ottaa noin 10 cm korkeudelta tankin matalimmasta kohdasta (Kuvio 6). Virheellinen näytteenotto vaikuttaa eniten hiukkaslaskentaan ja on siten näytteenottajan suurin haaste. Se on kuitenkin tärkein osa kulumisen tarkkailua ja tulisi sisältyä jokaiseen analyysiin. (Mobil. [Viitattu 14.2.2012]).



Kuvio 4. Näytteenottoaika sivuvirtasuodattimesta (Arvidson 2003).



Kuvio 5. Näytteenotto tyhjiöpumpulla (Arvidson 2003).

### 3.1.2 Hiukkaslaskenta

ISO 4406 puhtausluokkien lisäksi öljynäytteiden puhtautta tarkastellaan hiukkaslaskennan avulla. Hiukkasmääriä tarkastellaan usealla eri kokoluokalla laajalta kokoalueelta eli ns. hiukkaskokoerottelun mukaisesti. ISO 4406 puhtausluokitus (Taulukko 2) kertoo öljyn puhtauden kolmella numerolla, esimerkiksi 15/13/10. Puhtausluokitus perustuu kumulatiivisiin hiukkasmääriin kokoluokissa  $\geq 4\mu\text{m}/\geq 6\mu\text{m}/\geq 14\mu\text{m}$ . ISO 4406 puhtausluokituksen kolmas numero ilmoittaa kaikkien  $\geq 14\mu\text{m}$  hiukkasten määrää vastaavan tason. Hiukkaskokoerottelussa laskeaan öljynäytteen hiukkasmäärät vähintään kahdeksalla kokoluokalla  $\geq 4$ ,  $\geq 6$ ,  $\geq 10$ ,  $\geq 14$ ,  $\geq 21$ ,  $\geq 25$ ,  $\geq 38$  ja  $\geq 70\mu\text{m}$ . Öljynäytteen suuria hiukkasia tarkastellaan omissa kokoluokissaan, joten ne havaitaan heti ja huomataan myös suurien hiukkasten määrän lisääntyminen. (Niiranen 2007).



Kuvio 6. Hiukkaslaskin (Niiranen 2007).

Taulukko 2. ISO 4406:1999 puhtausluokitus  
(Niiranen 2007).

Hiukkasmäärä / 1 ml		Hiukkasmäärä / 10 ml		Hiukkasmäärä / 100 ml		ISO-4406 puhtausluokka
>	≤	>	≤	>	≤	
2.500.000		25.000.000		250 milj.		> 28
1.300.000	2.500.000	13.000.000	25.000.000	130 milj.	250 milj.	28
640.000	1.300.000	6.400.000	13.000.000	64.000.000	130 milj.	27
320.000	640.000	3.200.000	6.400.000	32.000.000	64.000.000	26
160.000	320.000	1.600.000	3.200.000	16.000.000	32.000.000	25
80.000	160.000	800.000	1.600.000	8.000.000	16.000.000	24
40.000	80.000	400.000	800.000	4.000.000	8.000.000	23
20.000	40.000	200.000	400.000	2.000.000	4.000.000	22
10.000	20.000	100.000	200.000	1.000.000	2.000.000	21
5.000	10.000	50.000	100.000	500.000	1.000.000	20
2.500	5.000	25.000	50.000	250.000	500.000	19
1.300	2.500	13.000	25.000	130.000	250.000	18
640	1.300	6.400	13.000	64.000	130.000	17
320	640	3.200	6.400	32.000	64.000	16
160	320	1.600	3.200	16.000	32.000	15
80	160	800	1.600	8.000	16.000	14
40	80	400	800	4.000	8.000	13
20	40	200	400	2.000	4.000	12
10	20	100	200	1.000	2.000	11
5	10	50	100	500	1.000	10
2,5	5	25	50	250	500	9
1,3	2,5	13	25	130	250	8
0,64	1,3	6,4	13	64	130	7
0,32	0,64	3,2	6,4	32	64	6
0,16	0,32	1,6	3,2	16	32	5
0,08	0,16	0,8	1,6	8	16	4
0,04	0,08	0,4	0,8	4	8	3
0,02	0,04	0,2	0,4	2	4	2
0,01	0,02	0,1	0,2	1	2	1
0	0,01	0	0,1	0	1	0

Taulukossa 2 on esitetty hiukkasmäärien ISO 4406:1999 puhtausluokkien suhde. Hiukkasmääriä tutkittaessa tulee aina ilmoittaa näytetilavuus. Öljynäytteiden puhtausluokituksessa käytetään vielä jonkin verran NAS 1638:1964 -standardia ISO 4406 -standardin rinnalla. NAS 1638 standardi perustuu differentiaaliseen määrittelyyn, joka tarkoittaa kpl/ kokoluokka-alue, kun ISO 4406 taas vertaa kumulatiivisia hiukkasmääriä eli kpl/  $\geq$  kokoluokka. NAS 1638 -standardin kokoluokat (Taulukko 3) ovat 5–15, 15–25, 25–50, 50–100 ja yli 100  $\mu\text{m}$ . NAS -standardin vertailutaulukosta määritetään lasketun hiukkasmäärän mukaan kullekin kokoluokalle puhtausluokkanumerot, esimerkiksi 5/6/5/5/3. Saaduista puhtausluokkanumeroista ilmoitetaan suurin numero.

Taulukko 3. Nas 1638 standardin puhtausluokitus (Niiranen 2007).

Puhtaus- luokka	Hiukkaskoko $\mu\text{m}$				
	5 - 15	15 - 25	25 - 50	50 - 100	> 100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1 000	178	32	6	1
3	2 000	356	63	11	2
4	4 000	712	126	22	4
5	8 000	1 425	253	45	8
6	16 000	2 850	506	90	16
7	32 000	5 700	1 012	180	32
8	64 000	11 400	2 025	360	64
9	128 000	22 800	4 050	720	128
10	256 000	45 600	8 100	1 440	256
11	512 000	91 200	16 200	2 880	512
12	1 024 000	182 400	32 400	5 760	1 024

### 3.1.3 Mittaustiheys

Öljynäytteen ottaminen järjestelmästä on lyhyt toimenpide, joten sopiva mittaustahti on noin kerran kuukaudessa. Tämä toki määräytyy sen mukaan, kuinka kriittinen valvottu järjestelmä on tuotannon kannalta eli käyttöaika, lämpötila sekä käyttöympäristö. Kerran kuukaudessa suoritettava mittaus antaa riittävästi tietoa järjestelmän kunnosta ja mahdollinen alkava vaurio havaitaan hyvissä ajoin ja siihen ehditään reagoimaan. Riittävä mittaustiheys auttaa suunnittelemaan huoltoajankohdat eikä tarpeettomia tuotannon keskeytyksiä tapahdu. Kerran vuodessa tapahtuva mittaus ei riitä antamaan tuloksia järjestelmän kunnosta. Kriittiset kohdet voidaan varustaa jatkuvasti mittaavalla online- hiukkaslaskentalaitteella. (Niiranen 2007).

### **3.2 Viskositeetti ja sen mittaus**

Nesteen viskositeetti voidaan määrittää esimerkiksi kapillaariputkella. Viskositeetti saadaan selville, kun mitataan tietyn nestetilavuuden virtausaika putken läpi. Mittaus suoritetaan standardin määrittämässä lämpötilassa ja saatua tulosta verrataan jonkin tunnetun nesteen mittausarvoon. Esimerkiksi ISO -standardin mukainen mittauslämpötila on +40 celsiusta. Viskositeetti riippuu siis voimakkaasti lämpötilasta sekä hieman myös paineesta. Lämpötilan noustessa viskositeetin arvo laskee. Paineen kasvaessa viskositeetin arvo kasvaa. Mitä kuumempaa neste on, sitä pienempi on paineen vaikutus viskositeettiin.

Hydraulijärjestelmissä öljyn viskositeetilla on suuri vaikutus järjestelmän toimivuuteen sekä hyötysuhteeseen. Jos viskositeetti on suuri, jolloin neste on paksua, niin virtausvastukset ovat suuria ja hyötysuhde on huono. Lisäksi liian paksu voiteluaine huonontaa voitelua, sillä se ei pysty tunkeutumaan komponenttien ahtaisiin välyksiin. Toisaalta liian ohut ja juokseva neste aiheuttaa vuotojen kasvua ja hyötysuhteen laskua. Myös kuluminen lisääntyy voitelukalvon ohentuessa. Järjestelmässä syntynyt häviöteho muuttuu lämmöksi, jolloin viskositeetti laskee ja tehohäviöt kasvavat edelleen.

Viskositeetti tulisi valita siten, että käyttölämpötilassa ja -paineessa viskositeetista aiheutuvat kitka- ja vuotohäviöt olisivat minimissään, jolloin kokonaisyötysuhde on parhaimmillaan. Viskositeettiluokan valinnan perustana on siis käyttölämpötilan ja paineen viskositeetti. Järjestelmän lämpötila ja paine eivät kuitenkaan ole vakioita työkierron aikana, vaan vaihtelevat, jolloin myös viskositeetti muuttuu. (Teollisuusvoitelu 2006).

### **3.3 Vesipitoisuuden mittaus**

Hydraulijärjestelmissä oleva vesi lisää ruostetta ja korroosiota sekä heikentää voitelukykyä, jolloin kuluminen kasvaa. Tämän vuoksi tulee järjestelmissä, joissa ei käytetä vesipohjaisia nesteitä, estää veden pääsy järjestelmään. Yleensä se on kuitenkin mahdotonta, sillä vesihöyry pääsee huohottimen kautta säiliöön, jossa höyry kondensoituu pisaroiksi ja sekoittuu hydraulioöljyyn muodostaen emulsion.

Veden haittavaikutusten estämiseksi tulisi järjestelmissä käyttää öljyjä, joiden taipumus muodostaa emulsiota veden kanssa on pieni. Myös lisäaineilla voidaan edistää hydraulioöljyn kykyä erottua vedestä.

### 3.3.1 Valvontalaitteet

Öljyssä oleva liennut vesi paljastuu kosteusantureiden avulla. Tämän kaltaisia antureita ovat esimerkiksi kapasitiiviset anturit, jossa on kosteutta mittaava kerros. Kun ympäristön kosteus lisääntyy, kerros imee itseensä kosteutta, ja kun kosteuspitoisuus laskee, se luovuttaa tätä. Kapasitiivinen anturi mittaa kapasitanssin muutosta ja ilmoittaa mittaustuloksen kyllästymisprosenttina täysin öljystä riippumattomasti. 0 %:n tulos tarkoittaa vedetöntä öljyä ja 100 %:n tulos kertoo, että liunneen veden määrä on saavuttanut kyllästymispisteen ja vesi alkaa erottua öljystä.

Anturien suunnittelussa pyritään pitämään anturien koot mahdollisimman pieninä ja siksi anturitekniikka onkin jatkuvan kehityksen kohteena. Täysin uusi sovellus vesipitoisuuden mittaamiseen on AS1000-vesisensori. Paineanturin kokoiseksi tiivistettynä se on tehokas ratkaisu jatkuvaan kosteudenmittaamiseen. AS 1000 voidaan asentaa enintään 50 bar:n hydraulij- ja voitelulinjoihin. Anturin vaatimuksena on, että virtaus kulkee anturin läpi. Anturit mittaavat kosteuden lisäksi myös öljyn lämpötilaa. Vapaan ja emulgoituneen veden määrän saa tarpeeksi tarkasti selville myös kapasitiivisilla mittauksilla, jolloin anturit mittaavat öljyn määrällistä vesipitoisuutta. (Niiranen 2007).



Kuvio 7. AS 1000, suhteellisen kosteuden anturi (Niiranen 2007).



## 4 Hydraulioöljyn vaihtovälin kasvattaminen

### 4.1 Kriteerit

Hydraulioöljyn vaihtoväli sekä määräaikaishuollot määräytyvät usein koneen toimittajan suositukseen, joka tarkoittaa myös sitä, että toimintakuntoiset laitteet vaihdetaan tai huolletaan tarpeettomasti. Esimerkkinä mainittakoon hydraulioöljy, minkä laitetoimittaja suosittelee vaihdettavaksi tietyn aikajakson jälkeen tai hydraulipumput vaihdetaan tietyn käyttötuntimäärän jälkeen.

Öljynvaihtoväli voidaan kasvattaa suosituksesta myöhemmälle ennusteeseen perustuvassa huoltosuunnitelmassa. Tämä tarkoittaa sitä, että laitteen oikea-aikainen huoltoajankohta pyritään ennustamaan laitteen huoltohistoriatietojen perusteella. Hydraulioöljyn kohdalla vaihtoväli ennustetaan viskositeetin tai hiukkaslaskennasta saatujen tulosten perusteella. Öljynsuodattimen vaihtoväli voidaan ennustaa suodattimen painehäviön perusteella.

Tänä päivänä kunnonvalvontalaitteet antavat runsaasti tietoa järjestelmien kunnosta, joten määräaikaishuoltoajankohta on helppo päättää. Anturitekniikan kehityksessä meillä on jo käytössä näkö-, kuulo-, haju- ja tuntoaisti, jotka viestittävät koneen komponenttien jäljellä olevan elinajan. Tällaisen älykkään kunnonvalvonnan uskotaan yleistyvän koneautomaation yleistyessä.

Järjestelmän hankintavaiheessa onkin tarpeellista tunnistaa tarvittavan kunnonvalvonnan automaatioasteen taso, joka määrittää kuinka paljon kyseinen hydraulijärjestelmän kunnonvalvonta tulee maksamaan. Valvonnan automaatioasteen kasvassa on myös ajateltu saatavan säästöä hydrauliiikan asennustehtävien henkilökustannuksissa. Automaattisten mittaus- ja tietokonejärjestelmien ylläpito ei myöskään ole ilmaista, mikä on muistettava ottaa mukaan käyttökustannuksia vertailtaessa. (Kunnossapitokoulu 1999).

## 4.2 Hyödyt

### 4.2.1 Asiakasnäkökulma

Tehokkaan kunnonvalvonnan ansiosta hydraulioöljyn vaihtoväli voidaan esimerkiksi kasvattaa laitetoimittajan suosittelemasta vuosittain tapahtuvasta vaihdosta kolmeen ja jopa viiteen vuoteen. Tämä antaa asiakkaille huomattavat säästöt viidenkin vuoden aikana. Esimerkkinä mainittakoon särmäyspuristin konepajassa, jonka öljysäiliö on tuhat litraa ja hydraulioöljyn keskihinta on 10 €/l. Yksi öljynvaihto tuottaa kustannuksia  $1000 \text{ l} \times 10 \text{ €/l} = 10000 \text{ €}$ . Mikäli vaihtoväli kasvatetaan viiteen vuoteen, niin on säästöä ehtinyt kertyä neljältä aikaisemmalta vuodelta, joten yhden särmäyspuristimen säästöt ovat 40000 €. Tähän kun lisätään, että kyseisessä konepajassa on kymmenen samankaltaista särmäyspuristinta, joka tarkoittaa, että kokonaissäästöt ovat 400000 € neljässä vuodessa. (Heimonen 2011).

Kustannustarkastelun lisäksi asiakas saa toiminnaltaan vakaamman ja tuottavuudeltaan paremman koneen. Tähän jos lisätään, että huoltopalveluja tuottavan yrityksen kanssa on tehty huoltosopimus, jolloin asiakasyritys voi keskittyä esimerkiksi oman toimintansa kehittämiseen. Asiakkaalle huoltopalveluiden ulkoistaminen tarjoaa lisäksi myös joustavuutta, kun omien huoltojärjestelmien ylläpidosta voidaan luopua ja yrityksen toimintaa voidaan keskittää entistä helpommin muuttuviin tilanteisiin sopivaksi.

Kunnossapidon ja kunnonvalvonnan ulkoistaminen tarkoittaa, että yritykset liittyvät käytännön toiminnan välityksellä toisiinsa kiinni, jolloin henkilöstön mukana asiakasyrityksestä siirtyy kaikki aineeton potentiaali eli tiedoista ja taidoista muodostuva osaaminen sekä yksilöllisistä ominaisuuksista muodostuvat kyvyt. Tämän pohjalta yritykset saavat toisiltaan ammattitaitoa ja yritykset keskenään tuntevat toisensa ja vuorovaikutus on helpompaa, jolloin myös asiakasside pysyy vahvana yritysten välillä. Ulkoistamiseen liittyy aina riskejä ja ristiriitaisia mielipiteitä, mutta hyvin suunniteltu toimintamalli takaa hyvät mahdollisuudet keskittyä ainoastaan tuottavaan työhön.

#### **4.2.2 Yritysnäkökulma**

Huoltopalveluiden toimittajat pystyvät hyödyntämään hankkimaansa ammattitaitoa, koska huoltopalvelut eivät nykyään enää ole pelkkä turha menoerä vaan monet yrityksistä ovat todenneet huollon merkityksen ja todenneet sen tärkeäksi kilpailutekijäksi. Yritysten huomio on siirtynyt huoltokustannusten minimoinnista käyttöasteen ja paremman tuottavuuden saavuttamiseen. Huoltopalveluita tuottavat yritykset voivat esimerkiksi tehdä tuotteen omasta erikoisosaamisestaan ja myydä tätä tuotetta asiakkaille. Esimerkkinä mainittakoon huoltopalveluiden toimittajat, jotka tekevät hydraulisten järjestelmien ja öljyn kunnonvalvontaa. Ne voivat tuotteistaa palvelunsa öljyn kunnon määrittämiseksi, jolloin ne tekevät tarvittavat mittaukset ja analysoinnit ja esimerkiksi hinnoittelevat tuotteensa 350 €/analyysi. Todellinen säästö olisi asiakkaan näkökulmasta viideltä vuodelta  $400000 \text{ €} - 10 \times 350 \text{ €} \times 4 = 386000 \text{ €}$ . Näin ollen Tuotteistuksen myötä yritys pystyy myymään myös oheispalveluja eli he myyvät tuotteen sekä palvelun, jossa tuotetta hyödynnetään, koska palvelut ovat nykyään tuotteiden välttämätön lisä. Esimerkkinä mainittakoon konepaja, joka ostaa hydraulikkapumpun työstökoneeseen ja mikäli yritys ei saa asennus-, huolto ja valvontapalveluita, saattaa yhteistyö loppua yritysten välillä. (Heimonen 2011).

#### **4.2.3 Tulosesimerkkejä teollisuuslaitosten kunnonvalvonnasta**

Teollisuuden erityispiirteitä ovat vaihtuvat olosuhteet, jotka usein ovat hydraulioöljyn ääriolosuhteita. Raaka-aineista syntyvät kiinteät ja kuluttavat epäpuhtaudet sekä runsaasti käytettävä vesi prosesseissa aiheuttavat erityisvaatimuksia hydraulioöljyn kunnonvalvonnalle. Tähän on ollut hyvänä ratkaisumallina hydraulioöljyn analysoinnit, jotka ovat lisänneet runsaasti tietoa siitä, kuinka pitkäikäisiä öljyt ovat ja mitkä tekijät vaikuttavat öljyn käyttöikänsä. Analyysitulosten johdosta on voitu siirtyä määrävällein tapahtuvasta öljynvaihdosta öljyn kuntotietoihin perustuviin vaihtoihin.

Merkittävinä tuloksina voidaan mainita öljyjen vuosittaisten käyttömäärien laskeminen ja näin on myös öljyjätteitä ja jätekustannuksia muodostunut vähemmän. Tämä näkyy myös siinä, että turhia öljynvaihtoja on vähemmän, joten ennakkohuoltojen resursseja on voitu ohjata tuottavampaan työhön. Lisäksi öljyjen varas-

tointi sekä yrityksen sisäiset ja ulkoiset kuljetuskustannukset ovat huomattavasti pienentyneet.

Öljynäytteestä saatava hiukkaslaskennan tulos kertoo siitä, kuinka paljon ja minkä kokoisia kiinteitä epäpuhtauksia hydraulioöljyssä liikkuu ja mistä ne ovat mahdollisesti peräisin. Analyysitulosten ja koulutuksen kautta huoltohenkilökunnan osaaminen on parantunut esimerkiksi tietoisuutena puhtauden merkityksessä hydraulii-kan huoltotöissä ja komponenttien vaihdossa sekä huoltohenkilökunta tuntee standardien mukaiset puhtausluokat ja erilaisten hydraulijärjestelmien puhtausluokkavaatimukset. Lisäksi he tuntevat suodatustekniikan ominaisuudet ja mahdollisuudet.

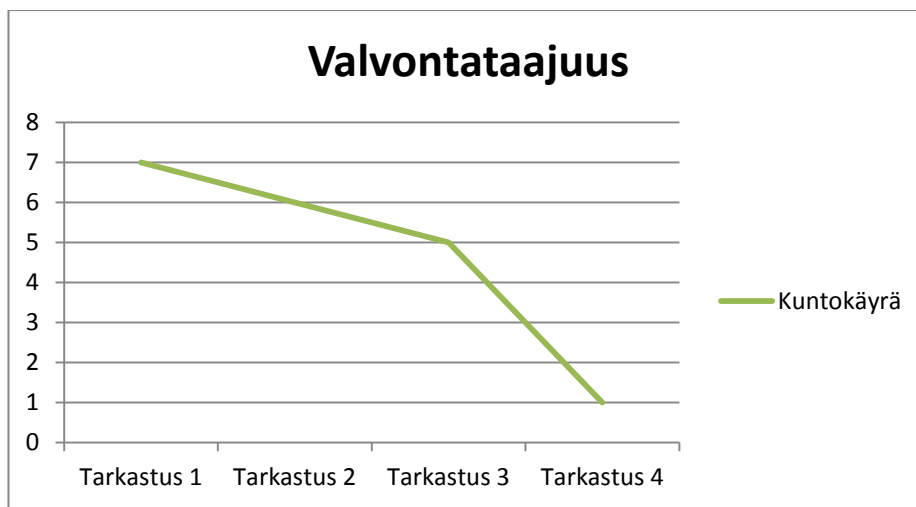
Yleisesti kunnonvalvonnasta voidaan sanoa, että analyysitoiminta aiheuttaa myös kustannuksia, mutta ne ovat prosentteja tai prosentin osia niistä kokonaissäätöistä tai tuottomahdollisuuksista, joita hyvin suoritettulla kunnonvalvontatoiminnalla voidaan saavuttaa. (Kunnossapitokoulu 1998).

### **4.3 Riskit järjestelmän kuormittamiselle**

On muistettava, että jokaisen koneen tai laitteen huoltoväli täytyy miettiä tapauskohtaisesti, jossa otetaan huomioon koneen käyttöympäristö, käyttömäärät sekä yleiset käyttöolosuhteet, koska sokeasti noudatettu huoltosuunnitelma saattaa johtaa koneen tai laitteen ylihuoltamiseen tai mikä pahempaa, alihuoltamiseen. Siksi onkin tärkeää tuntea järjestelmän kunto, koska määräaikaivälein vaihdetut komponentit eivät välttämättä ole muutos parempaan vaan vaihtotilanteisiin liittyy aina tapauskohtaisia riskejä. Esimerkiksi määräajoin vaihdettava hydraulioöljy aiheuttaa hetkellisen puhtaustason laskun koko hydraulijärjestelmässä. Tämän vuoksi kunnonvalvontaa ja kunnossapitoa tulisi tehdä ammattilaisen, joka tuntee järjestelmän komponentit ja käyttäytymisen vaihtelevissa olosuhteissa, eli tietää esimerkiksi paineen ja lämpötilan vaikutukset.

Kunnonvalvonnan menetelmien käyttäminen pitkässä aikajaksossa saattaa johtaa mekaanisten järjestelmien nopeaan ominaisuuksien romahtamiseen ja usein tähän

on syynä kokemuksen puuttuminen pidennetyistä huoltoväleistä. Tämä näkyy siten, että esimerkiksi öljyn puhtaustason ollessa vaaditulla tasolla koneen mekaaniset osat saattavat olla jo kriittisessä tilassa. Öljyn puhtaus on perusedellytys pidemmän käyttöiän saavuttamiselle, mutta huoltoväliä kasvatettaessa on otettava huomioon järjestelmän korkeat paineet ja lämpötilat, jotka vaikuttavat hydraulikomponenttien käyttöikänsä. Usein hydraulikomponenttien valmistajat eivät anna ohjeita tuotteiden käyttöiästä ja lisäksi näiden kunnan valvominen on vaikeaa, ja siksi kokempuspohjainen käyttöiän tarkastelu ja tuntemus ovat tärkeitä.



Kuvio 8. Valvontataajuus

Yläpuolella oleva kuvio esittää edellä mainittua ilmiötä. Järjestelmän kuntoa valvotaan säännöllisesti, mutta kokempuspohjainen tieto järjestelmän muiden komponenttien käyttöiästä puuttuu. Käyrästä voidaan nähdä järjestelmän tasainen kulumisen aina kolmanteen tarkastuskertaan saakka, jolloin äkillinen ominaisuuksien romahtaminen tapahtuu. Tässä tapauksessa kyseessä voisi olla hydraulikomponentin vaurioituminen, esimerkiksi tiiviste tai venttiili on vioittunut.

Kokempuspohjaiseen tiedonpuutteeseen liittyy usein myös kunnanvalvonnan ja kunnossapidon epäsäännöllisyys, joka tarkoittaa, että kunnanvalvonta ja kunnossapito menetelminä tiedetään, mutta niitä ei osata hyödyntää oikein. Esimerkiksi voiteluöljyn kuntoa seurataan, mutta seurannan säännöllisyys puuttuu. Öljyn kunto

tarkastetaan, kun sopiva ajankohta tulee ja suodatin vaihdetaan, kun vaurio on jo päässyt syntymään. Kunnonvalvontaa tulisi suorittaa jatkuvasti, mikäli halutaan saada aikaan parasta mahdollista laatua. Edellinen kuvio, missä ominaisuuksien heikkeneminen tapahtuu äkillisesti viittaa myös siihen, että järjestelmän kunnonseuranta ei ole ollut säännöllistä. Vaurioiden välttämiseksi tulisi tehdä kunnonvalvontasuunnitelma, jota noudatettaisiin ja valvonnan analyyseistä voitaisiin päätellä koko järjestelmän kunto sekä tehdä näiden tietojen pohjalta ennakoivat huoltotoimenpiteet ilman tuotannon pysäyttämistä. Venttiilien ja joidenkin letkujen kunnonvalvonta on lähes mahdotonta tai huomattavan haastavaa. Erityisesti tämän kaltaisissa tilanteissa määräaikaivaihtovälin määrittäminen on tärkeää, jos halutaan suorittaa ennakoivaa kunnossapitoa. Määräaikaivaihtovälin huonoihin puoliin kuuluu kuitenkin se, että useimmat komponentit kestäisivät käytössä pidempäänkin. (Kauranne, Kajaste & Vilenius 2008, 137).

## **5 Vaihtovälin kasvattamisesta järjestelmälle aiheutuvat vaatimukset**

### **5.1 Suodatuksen tehostaminen**

Hydrauliikkaa sisältävien järjestelmien hydrauliöljyn vaihtovälin kasvattaminen kuormittaa järjestelmää, joten järjestelmä asettaa omat vaatimuksensa vaihtovälin kasvattamiselle. Merkittävä tekijä on suodatusmenetelmät. Laitevalmistajien käyttämät alkuperäiset suodatusmenetelmät eivät riitä kattamaan kuormitetun järjestelmän asettamia vaatimuksia vaan riittävän suodatustason saavuttamiseksi on otettava käyttöön tehokkaammat suodattimet ja suodatusmenetelmät

#### **5.1.1 Sivuvirtasuodatin**

Yksi tehokkaimmista tavoista lisätä suodatuksen tehokkuutta on lisätä järjestelmään sivuvirtasuodatin, joka voi tehokkaasti suodattaa hienojakoisenkin lian. Suodatinpanosta valittaessa voidaan huomioida myös järjestelmässä mahdollisesti oleva vesi, joka on merkittävä tekijä puhuttaessa öljyn vanhenemisesta. Veden pääsemistä järjestelmään voidaan myös vähentää käyttämällä säiliöön virtaavasta ilmasta vettä erottavaa ilmansuodatinta. Sivuvirtasuodattimen avulla voidaan päävirtasuodatinten suodatinpanosten vaihtoväliä huomattavasti pidentää. Sivuvirtasuodattimen asentaminen on pieni sijoitus, mutta varsin kannattava ratkaisu suodatuksen tehokkuuden lisäämiseksi. Lisäksi sivuvirtasuodatin sopii järjestelmiin, joissa on korkea lämpötilojen vaihtelu. Markkinoilla olevilla sivuvirtasuodattimilla päästään erittäin tehokkaisiin suodatustarkkuuksiin. Sivuvirtasuodattimen suodatusaste on 1 – 3 µm.

### 5.1.2 Sivukiertosuodatin

Sivuvirtasuodattimen asennuksen lisäksi tehokas tapa öljyn käsittelyyn, talteenottoon ja suodatukseen on sivukiertosuodatin. Sivukiertosuodatin on helppokäyttöinen siirrettävä tai kiinteästi asennettava suodatusjärjestelmä, joka poistaa tehokkaasti kiinteät epäpuhtaudet öljystä. Tämän kaltaista suodatinkärryä käytetään hydraulikka- ja voitelujärjestelmien täytöissä, tyhjennyksissä ja puhtaaksi kierrätyksessä. Kuten tässä työssä on esitetty, ei hydraulioöljyn vaihtoa tai lisäystä tule tehdä ilman suodatusta. Sivukiertosuodatusmenetelmä on tehokas ratkaisu öljyn täyttöön, sivukiertosuodatukseen ja huuhteluun. (Suodatinkärryesite, [Viitattu 20.3.2012].)



Kuvio 9 Colly SK20 Sivukiertosuodatin  
(Suodatinkärryesite, [Viitattu 20.3.2012].)



Taulukko 4. Sivukiertosuodattimen Colly SK20 tekniset tiedot  
(Suodatinkärryesite).

<b>Malli</b>	<b>SK20</b>
<b>Virtausmäärä, l/min</b>	20
<b>Teho, KW</b>	1.1
<b>Jännite, V</b>	400
<b>Suodatusaste µm</b>	1, 3, 6, 12, 25
<b>Suodatintyyppi</b>	HH8650-T
<b>Visuaalinen ilmaisin, D</b>	ON
<b>Sulkuventtiili</b>	EI
<b>Liitännät</b>	¾" / 1"
<b>Pumpputyyppe</b>	Hammaspyörä
<b>Viskositeetti cSt</b>	500

### 5.1.3 Separointijärjestelmä

Hydraulijärjestelmä, joka toimii olosuhteissa, joissa epäpuhtauksien pääsyä järjestelmään ei voida riittävän tehokkaasti suodattaa, esimerkkinä mainittakoon erityisen likaisessa ympäristössä tai siihen kuuluu johteiden öljyvoitelu, tehokas ja taloudellinen vaihtoehto on öljynpaineella toimiva separaattori (Kuvio 11). Separatuurilla voidaan tehokkaasti ja pienin käyttökustannuksin poistaa öljystä suuriakin epäpuhtausmääriä mukaan lukien pienet hiukkaskoot. Separatuurin toimintaperiaate perustuu läpivirtaavan öljyn roottorille antamaan pyörintänopeuteen ja keskipakovoimaan, joka erottaa öljystä siinä olevat kiinteät hiukkaset. Separatuurissa epäpuhtaudet muodostuvat tiiviiksi massaksi roottorin sisäpinnalle, josta se voidaan helposti poistaa. Toimenpiteen helpottamiseksi voidaan käyttää esimerkiksi kartongista valmistettua liuskaa, joka on asetettu renkaan muotoon roottorin sisäpinnalle.



Kuvio 10. Separaattori FM090-LCB  
(Hydraulilaitteet 2009).

Separatuurin sopii parhaiten sellaisille öljyille, joiden viskositeetti on toimintalämpötilassa 10–100 celsiusastetta. Separatuurin toimintaperiaate myös aiheuttaa joitakin erityisvaatimuksia verrattuna tavalliseen suodattimeen. Separatuurin tulee

asentaa pyörintäakseli pystysuoraan, koska separaattorista palaavan öljyn tulee päästä vapaasti valumaan säiliöön. Tämän voi myös ratkaista asentamalla separaattoriin liitettävä paineilmasyöttö, joka pitää yllä separaattorin toiminnan vaatiman ilmatilan. Siirrettävällä separaattoriyksiköllä voidaan myös tehokkaasti puhdistaa säiliössä oleva öljy esimerkiksi uuden putkiston huuhtelun jälkeen. (Hydraulilaitteet 2009).

## **5.2 Huollettavuus**

Hydraulijärjestelmää kuormitettaessa järjestelmän huollettavuus on toiminnallisten ominaisuuksien ohella yksi tärkeimmistä ominaisuuksista, koska suuri osa tuotantolaitteen käyttökustannuksista koostuu toimenpiteistä, joita tehdään laitteen pitämiseksi käyttökunnossa. Suunnittelemattomat tuotantoseisokit voivat aiheuttaa järjestelmän investointikustannuksia moninkertaisesti suuremmat tuotantotappiot. Hyvä huollettavuus ei tarkoita pelkästään esimerkiksi helpoilla asennustekniikoilla suoritettavaa huoltoa eikä helposti saatavien komponenttien valintaa. Hyvä huollettavuus on erilaisten jo suunnitteluvaiheessa tehtyjen ratkaisujen summa.

### **5.2.1 Luoksepäästävyys**

Järjestelmä tulee suunnitella ja sijoittaa niin, että kaikkien komponenttien luoksepääseminen on helppoa ja turvallista. Lisäksi on tärkeää, että komponenttien huoltamiseen, säätämiseen ja irrottamiseen on varattu riittävästi tilaa järjestelmän ympärillä. Esimerkkinä mainittakoon suodatinpatruunan tai pumpun vaihtaminen. Huomioitavia seikkoja ovat myös laitteiden sijoituskorkeus, että se mahdollistaisi työskentelyn seisoma-asennossa ilman tikkaita tai telineitä. Komponenttien ja putkiliitosten irrottaminen tulee onnistua ilman muiden tarpeettomien komponenttien irrottamista tai kiinnitysten avaamista.

Mahdolliset laitekaapit on tärkeää varustaa riittäväillä ovilla tai huoltoluukuilla sekä on myös oleellisen tärkeää, että komponenttien tyyppikilvet ja mittauspisteiden merkinnät ovat helposti luettavissa. Ergonomisuus tulee huomioida, kun puhutaan yli 10 kg painavista komponenteista. Niiden irrottamiseen ja nostamiseen tulee

laitekaapin katossa olla nostamisen mahdollistava irrotettava huoltoluukku. Pumpujen ja sähkömoottoreiden vaihtamisen varalle on järjestettävä nostokiskot tai nosturi, mikäli nostaminen ei muuten onnistu. (Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje, osa 3.)

### **5.2.2 Näytteenottopiste**

Järjestelmässä on oltava menetelmät hydrauliöljyn puhtaustason valvontaa varten. Jos toimitukseen ei sisälly itse valvontalaitetta, niin järjestelmä tulee varustaa asianmukaisilla näytteenottopisteillä. Näytteenottopisteiden tulee sijaita paineputkessa painesuodattimen jälkeen ja paluuputkessa ennen paluusuodatinta. Hyvä näytteenottopaikka on myös sivuvirtapiirissä sijaitseva näytteenottopiste, koska tämä kohta on järjestelmän saastunein, joten jos täältä saatu näyte osoittautuu puhtaaksi, niin se tarkoittaa, että koko järjestelmä on puhdas. Luotettava näytteenotto hiukkaslaskentaan edellyttää kyseisessä putkistossa turbulenti virtausta ja riittävää painetasoa  $\geq 0...5$  bar, koska analysoinnin tulokset riippuvat näytteen laadusta. Lisäksi luotettavan tuloksen saamiseksi öljynäytteen ottaminen vaatii asianmukaiset menettelytavat, kuten käsittelytavat, kuljetuksen ja mahdollisen laboratoriotyöskentelyn. (Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje, osa 3).

### **5.2.3 Huoltoväli**

Koska hydraulijärjestelmässä voitelu tapahtuu väliaineena käytetyn öljyn avulla, pidetään muita koneen komponentteja yleensä varsin huoltovapaina lukuun ottamatta niiden säätämistä ja tiivisteiden vaihtamista. Tärkeää olisi kuitenkin pyrkiä huoltamaan myös muita komponentteja, koska järjestelmä sisältää osia, jotka vaativat muuttuvissa olosuhteissa muita komponentteja tiheämpää kunnonvalvontaa ja lyhyempiä huoltovälejä. Komponentti- ja materiaalivalinnoissa onkin kiinnitettävä huomiota niiden käyttöikänsä. Esimerkiksi öljysäiliö kannattavaa valita haponkestävästä teräksestä, koska tavallisen teräksen käyttö pintakäsittelykustannuksineen voi tulla yhtä kalliiksi. Siksi onkin tärkeää, että huoltohenkilökunta on ammattitai-

toisia ja tuntee käytettävien komponenttien käyttöiän ja osaavat tarkastella järjestelmän käytön aikana komponenttien ja järjestelmän tilaa ja kulumista.

### **5.3 Kunnonvalvonnan ja kunnossapidon toteuttamisen järjestäminen**

Kuormitettu hydraulijärjestelmä vaatii tarkan suunnitelman sen kunnonvalvonnan ja kunnossapidon suhteen. Tämän toteuttamiseksi yrityksissä voidaan muodostaa osastot, jossa jokainen osasto vastaa omasta osuudestaan kunnonvalvonnassa. Näitä osastoja ovat esimerkiksi osasto, joka vastaa kunnossapidosta, öljytoimittaja, laboratoriotyöntekijät, jotka voivat olla öljy-yhtiön tai yrityksen omaa henkilökuntaa tai täysin erillinen kaupallinen laboratorio. Näiden eri osastojen on sovittava, kuinka kunnonvalvonta, esimerkiksi näytteenottotarve todetaan sekä kuka ottaa näytteet ja toimittaa ne analysoitavaksi. Näytteenottovälineiden, näytepullojen, tarrojen ja saatekirjelmien vastuulliset tahot on määriteltävä ennen näytteiden lähettämistä sekä miten näytetuloksista saadaan palaute ja kuka tulokset tulkitsee laboratoriossa tai tehtaan tiloissa. Nämä seikat on täsmällisesti selvitettävä, koska kunnonvalvonta ja kunnossapito on usein nopeiden ja kalliiden ratkaisujen välitöntä toimeenpanemista. (Kunnossapitokoulu 1998).

## 6 YHTEENVETO

Tehokas kunnonvalvonta sekä hydraulisten järjestelmien kunnossapito takaavat häiriöttömän toiminnan koko järjestelmälle ja sen komponenteille. Oikeanlaisilla suodatusmenetelmillä sekä öljyn kunnonvalvontaa suoritettavilla laitteilla saavutetaan aikaisempaa pidempi käyttöikä hydraulijärjestelmille. Kunnonvalvontaan ja kunnossapitoon suunnatut resurssit maksavat itsensä takaisin moninkertaisina, koska ylimääräisten tuotannonseisokkien todennäköisyys on pienempi. Kunnonvalvontaan suunnatut voimavarat näkyvät lisäksi muun muassa säästöinä vuosittaisissa huoltokustannuksissa mikä tarkoittaa, että huoltokustannukset voidaan tiputtaa jopa neljännekseen aikaisemmista tehokkaan huolto-ohjelman avulla.

Päätös öljyn vaihtamisesta voidaan tehdä tutustumalla öljyn nykykuntoon sille tehtävillä analyysillä, josta selviää öljyn hiukkasmäärä, vesipitoisuus ja viskositeetti. Lisäksi järjestelmän kuntoa voidaan mitata suodattimen paine-eron avulla sekä suodattimen likapartikkeleiden määrällä. Sokeasti noudatettu huolto-ohjelma saattaa johtaa järjestelmän ylihuoltamiseen, jolloin varaosia vaihdetaan tarpeettomasti, mutta vaarana on myös järjestelmien alihuoltaminen, koska koneen tai laitteen käyttöominaisuuksia ei tiedetä. Käyttöominaisuuksia ovat käyttölämpötila, käyttöaste ja koneen tai laitteen toimintaympäristö.

Suodatintyyppiä valittaessa tulee huomioida myös sijoituspaikka, jolloin tulee tietää toimintalämpötilat sekä paine-erot suodattimessa sekä järjestelmän paineet ja tilavuusvirrat. Pyrittäessä pidempään käyttöasteeseen ilman järjestelmän pysäyttämistä sijoitetaan suodattimet vierekkäin, jolloin suodattimet voidaan vaihtaa ja huoltaa ilman pysäyttämistä.

Huoltojen yhteydessä merkittävässä osassa on järjestelmien huuhtelu, koska 80 % järjestelmien toimintahäiriöistä johtuu epäpuhtauksista järjestelmissä. Järjestelmän huuhtelussa säiliö puhdistetaan ja täytetään öljyllä. Öljyn täyttö tehdään suodatusyksikköä käyttäen koneen oman paluu- tai säiliökiertosuodattimen kautta ja suodatustehokkuuden tulee olla riittävän tarkka, että öljy puhdistuu mahdollisimman paljon yhden läpivirtauskerran aikana. Huuhtelun aikana tulee mitata hiukkaspitoisuuksia ja huuhtelua on jatkettava niin kauan, että vaadittu puhtaustaso saavutetaan.

Hydrauliijärjestelmää kuormitettaessa on huomioitava kuormituksen tuomat vaatimukset hydrauliijärjestelmille. Kuormitettu voitelu- ja hydrauliijärjestelmä vaatii tehokkaan suodatusmenetelmän, että järjestelmän puhtaustaso säilyy vaaditulla tasolla. Järjestelmän suodatusta voidaan parantaa lisäämällä järjestelmään sivuvirtasuodatin, joka on yksi tehokkaimmista tavoista lisätä suodatuksen tehokkuutta. Tehokas ratkaisu suodatuksen parantamiseen on myös sivukiertosuodatin. Tämän kaltaista suodatinkärryä käytetään hydrauliikka- ja voitelujärjestelmien täytöissä, tyhjennyksissä ja puhtaaksikierrätyksessä. Sivukiertosuodatinkärry on siirrettävä tai kiinteästi asennettava suodatin.

Kuormitettu hydrauliijärjestelmä vaatii myös tehokkaan huolto-ohjelman. Paremman huollettavuuden aikaansaamiseksi tulee järjestelmä tai kone asentaa ja sijoittaa siten, että koneen tai järjestelmän luoksepäästävyys on helppoa ja turvallista. Lisäksi on tärkeää muistaa, että komponenttien huoltamiseen, säätämiseen ja irrottamiseen on varattu riittävästi tilaa järjestelmän ympärillä, esimerkiksi suodatinpatruunan tai pumpun vaihtaminen. Keskeisenä tekijänä huollettavuudessa on, että järjestelmä on varustettu öljynäytteen ottopisteellä, koska järjestelmässä tulee olla ratkaisu öljyn puhtaustason valvontaa varten.

Tässä työssä esitetyt menetelmät ja ratkaisumallit hydrauliöljyn kunnonvalvontaan ja kunnossapitoon vaativat yhteistyötä koko yrityksen työntekijöiltä. Tehokkaan toiminnan takaamiseksi on tärkeää, että koko henkilökunta osallistuu osaltaan konekannan ja järjestelmien puhtaanapitoon. Kunnonvalvonta ja kunnossapito voidaan toteuttaa tehokkaasti jakamalla vastuualueet työntekijöiden kesken. Näitä vastuualueita ovat esimerkiksi osastot, jotka vastaavat kunnossapidosta, öljytoimitajat ja laboratoriotyöntekijät. Näiden eri osastojen on sovittava, kuinka kunnonvalvonta, esimerkiksi näytteenottotarve todetaan sekä kuka ottaa näytteet ja toimittaa ne analysoitavaksi. Nämä osa-alueet on selvitettävä tarkasti, koska kunnonvalvonnassa ja kunnossapidossa tapahtuu usein tilanteita, jotka vaativat nopeita ja kalliita päätöksiä.

## LÄHTEET

- Arvidson. L. 2003. Clean oil guide. [ Verkkajulkaisu]. C.C. Jensen A/S Svendborg, Denmark. [Viitattu 14.2.2012]. Saatavana: [www.teknoma.fi/dev/wp-content/.../Clean\\_Oil\\_-Guide\\_FIN.pdf](http://www.teknoma.fi/dev/wp-content/.../Clean_Oil_-Guide_FIN.pdf)
- Heimonen. J. 2011. Toimitusjohtaja. Maint Way Oy. Aloituskokous 19.12.2011.
- Heiskanen, V-M. 2011. Kiertovoitelusuodattimien tehokkuuden tutkiminen. Tampereen teknillinen yliopisto. Konetekniikan yksikkö. Hydraulitekniikka. Diplomityö.
- Hydrauliikka- ja voitelujärjestelmien kunnonvalvonta. 2005. [Verkkajulkaisu] Erikoispainos O+P lehti. (4). [viitattu 20.2.2012]. Saatavana: [http://hydac.fi/pdf/uutiset/Hydrauliikka\\_ja\\_voitelujarjestelmien\\_kunnonvalvonta\\_OP.pdf](http://hydac.fi/pdf/uutiset/Hydrauliikka_ja_voitelujarjestelmien_kunnonvalvonta_OP.pdf)
- Hydraulilaitteet. 2009. PJ-Hydro OY. [Verkkajulkaisu]. Saatavana: <http://hydraulilaitteet.com/oljy.html>
- Kauranne, H. Kajaste, J. & Vilenius, M. 2008. Hydraulitekniikka. Helsinki: WSOY.
- Kunnossapitokoulu. 2003. [Verkkajulkaisu]. Kunnossapito lehden erikoisliite (76). [Viitattu 16.2.2012]. Saatavana: <http://www.promaint.net>
- Kunnossapitokoulu. 1999. [Verkkajulkaisu]. Kunnossapitolehden erikoisliite (52). [Viitattu 23.2.2012]. Saatavana: [www.promaint.net/downloader.asp?id=77&type=1](http://www.promaint.net/downloader.asp?id=77&type=1)
- Kunnossapitokoulu. 1998. [Verkkajulkaisu]. Kunnossapitolehden erikoisliite (43). Saatavana: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=708](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=708)
- Mobil. Ei päiväystä. Signum öljyanalyysi. Kunnonvalvonnan perusteet. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 14.2.2012]. Saatavana: <http://www.mytransflow.com/signum/items/brochurecmf/pdf/07.08.SIG.CMF.FIF.F.pdf>
- Niiranen, E. 2007. Kunnossapito. [Verkkajulkaisu]. Hiukkaslaskenta öljyjärjestelmien kunnonvalvonnassa (4). [Viitattu 16.3.2012]. Saatavana: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=652](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=652)
- Ranta, V. 2009. Pohjanmaan Rakennuspelti Oy:n työkoneiden huolto ja kunnossapito: Huoltotietokokoelma. Seinäjoen ammattikorkeakoulu. Tekniikan yksikkö. Auto- ja kuljetustekniikan koulutusohjelma. Opinnäytetyö.



Suodatinkärryesite. Ei päiväystä. OY Colly Company AB. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 20.3.2012]. Saatavana: <http://www.colly.fi/files/colly/pdf/hydrauliikka/vedenerotus/Suodatinkarryesite.pdf>

Suodatuksen yleisesite. Ei päiväystä. Hyxo OY. [Verkkajulkaisu]. [Viitattu 16.2.2012]. Saatavana: [http://www.hyxo.fi/brochure/suodatusvihko\\_pieni1.pdf](http://www.hyxo.fi/brochure/suodatusvihko_pieni1.pdf)

SFS-EN 13306 2001. Kunnossapito. Kunnossapidon terminologia. Helsinki: Suomen standardisoimisliitto.

Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje. Kunnossapitoyhdistys ry. N:o 5.

Teollisuushydraulijärjestelmien suunnittelu ja hankintaohje, osa 3. Öljyn puhtaus, lämpötilan hallinta ja huollettavuus. Kunnossapitoyhdistys ry. N:o 6. 2004. [Verkkajulkaisu]. Saatavana: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?d\\_type=1&menu\\_id=133&#699](http://www.promaint.net/alltypes.asp?d_type=1&menu_id=133&#699)

Teollisuusvoitelu. 2006. Kunnossapitoyhdistys. Julkaisusarja N:o 8. 4. uud. p. Helsinki: KP- Media OY.

Öljyn kunnonvalvonta osana tuotantolaitteiden käynnissä pitoa. 1998.[Verkkajulkaisu] Kunnossapitolehden erikoisliite (48). [Viitattu 20.2.2012]. Saatavana: [http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu\\_id=708](http://www.promaint.net/alltypes.asp?menu_id=708)



