

Jarkko Mikkonen

ÖLJYJEN SIVUVIRTASUODATUKSET HUOLTOJEN YHTEYDESSÄ JA SAA- VUTETTAVA HYÖTY

ÖLJYJEN SIVUVIRTASUODATUKSET HUOLTOJEN YHTEYDESSÄ JA SAA- VUTETTAVA HYÖTY

Jarkko Mikkonen
Opinnäytetyö
Kevät 2024
Konetekniikan tutkinto-ohjelma
Oulun ammattikorkeakoulu

TIIVISTELMÄ

Oulun ammattikorkeakoulu
Konetekniikka, Auto- ja työkonetekniikka

Tekijä: Jarkko Mikkonen

Opinnäytetyön nimi: Öljyjen sivuvirtasuodattukset huoltojen yhteydessä ja saavutettava hyöty

Opinnäytetyön englanninkielinen nimi: Oil Sideflow Filtering in Maintenances and Attainable Benefits

Työn ohjaaja(t): Juha-Matti Virpi

Työn valmistusluku ja -vuosi: Kevät 2024

Sivumäärä: 25 + 2 liitettä

Opinnäytetyö tehtiin Terrafame Oy:n kaivoskorjaamolle. Työn tarkoituksena oli selvittää hyötyjä ja mahdollisuuksia suodattaa hydraulikka- ja voimansiirron öljyjä määräaikaishuoltojen yhteydessä liikuteltavalla sivuvirtasuodatuslaitteistolla, jolloin voitaisiin luopua kaivoskoneissa käytettävistä kiinteistä sivuvirtasuodatusjärjestelmistä.

Työssä perehdyttiin öljyissä esiintyviin epäpuhtauksiin ja eri kulumismekanismeihin. Työn aikana toteutettiin myös SKF:n ja Teknoma Oy:n avustuksella öljyjen suodatustestauksia, jossa suodattettiin käytettyjä hydraulikkaöljyjä. Suodatustestauksien ja laitteistojen teknisten tietojen pohjalta laitteistoja verrattiin keskenään ja tehtiin johtopäätöksiä.

Työn tuloksena selvisi, että huoltojen yhteydessä tehtäviin öljyjen sivuvirtasuodattamiseen jouduttaisiin käyttämään huomattava määrä aikaa osalla vertailujen laitteistoilla, jotta öljyistä saataisiin tarpeeksi puhdasta. Ainoastaan voimansiirron öljyt voitaisiin suodattaa ajan puitteissa tehokkaimmilla laitteistoilla huoltojen yhteydessä. Laitteistoista löytyvillä partikkelimittareilla saataisiin ainoastaan tieto öljyn partikkelipuhdudesta ISO 4406 standardin mukaan eikä öljyn hapettumisesta, kulumustuotteista, vesi- ja lisäainepitoisuuksista saataisi mitään tietoa. Tarkempia öljyanalyseja jouduttaisiin siis odottamaan, jotta pystyttäisiin varmentumaan tarkasti öljyn ominaisuuksista ja puhtaudesta.

Lopputuloksena parhaat ratkaisut ovat siis pysyä ainakin hydraulikkaöljyjen osalta kiinteässä sivuvirtasuodatuksessa, joka löytyy jo osasta kaivoskalustoa tai ottaa huoltojen yhteydessä öljyt talteen ja suodattaa öljyt kaikessa rauhassa puhtaiksi esimerkiksi erillisissä säiliöissä ajan kausa.

ABSTRACT

Oulu University of Applied Sciences
Degree Programme in Mechanical Engineering, Option of Automotive Engineering

Author: Jarkko Mikkonen

Title of thesis: Oil Sideflow Filtering in Maintenances and Attainable Benefits

Supervisor(s): Juha-Matti Virpi

Term and year when the thesis was submitted: Spring 2024

Number of pages: 25 + 2 appendices

This thesis was commissioned by the Mining Workshop of Terrafame Ltd. The purpose of the work was to investigate the benefits and possibilities of filtering hydraulic and transmission oils during a scheduled maintenance with the mobile sideflow filtration unit, which would eliminate the stationary sideflow filtering units in the mining machines.

The work focused on impurities in the oils and different wearing mechanisms. During the work, oil filtration tests were also carried out with the help of SKF and Teknoma Ltd, in which used hydraulic oils were filtered. Based on filtration tests and equipment specifications, the equipment was compared with each other and conclusions were made.

As a result of the work, it became clear that a considerable amount of time would have to be spent on oil sideflow filtration in connection with the maintenance with some of the equipment in the comparisons in order to get the oils clean enough. Only the transmission oils could be filtered within the time frame with the most efficient equipment during maintenance. The particle meters found in the equipment would only provide information on the particle cleanliness of the oil according to the ISO 4406 standard, and no information would be obtained on the oxidation, wear particles, water and additive content of the oil. Therefore, it would be necessary to wait for more detailed oil analyses in order to be able to ascertain precisely the properties and cleanliness of the oil.

As a result, the best solutions are to retain the fixed sideflow filtration for the hydraulic oils, which is already found in part of the mining machines, or to recover the oils during maintenance and filter the oils clean, for example, in separate tanks over time.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	6
2	TERRAFAME OY	7
2.1	Kaivoskalusto	7
2.1.1	Hitachi EH3500AC-2	7
2.1.2	Hitachi EX3600-6	8
2.1.3	Caterpillar 994K	9
2.2	Kaluston huollot	10
3	ÖLJYISSÄ ESIINTYVÄT EPÄPUHTAUDET	11
3.1	Kiinteät epäpuhtaudet	11
3.2	Pehmeät epäpuhtaudet	11
3.3	Vesi	11
3.4	Ilma	12
4	KULUMISMEKANISMIT	13
4.1	Abrasiivinen kuluminen	13
4.2	Adhesiivinen kuluminen	14
4.3	Tribokemiallinen kuluminen	14
4.4	Väsymiskuluminen	14
5	ISO STANDARDI 4406 ÖLJYN PUHTAUDELLE	16
6	SIVUVIRTASUODATUKSEN PILOTTIKOKEILUT	18
6.1	SKF RecondOil ROBX3100	18
6.2	C.C.Jensen HD HDU 27/54 MZ-DP	19
7	MOBIILIENSIVUVIRTASUODATUSLAITTEISTOJEN ARVIOINTI	20
7.1	SKF Mobiilisivuvirtasuodatuslaitteisto EF2115DMS	21
7.2	Jensen Mobiilisivuvirtasuodatuslaitteisto MFU	22
7.3	YTM suodatinlaitteistot	23
8	POHDINTA JA YHTEENVETO	24
	LÄHTEET	25
	LIITTEET	26

1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää sivuvirtasuodatuksen hyötyjä Terrafamen kaivoskalustolla, jos kiinteästä sivuvirtasuodatusjärjestelmästä siirryttäisiin käyttämään liikuteltavaa sivuvirtasuodatusyksikköä, jota käytettäisiin määräaikaishuoltojen yhteydessä hydraulikka- ja voimansiirron öljyjen suodatukseseen. Opinnäytetyössä verrataan eri maahantuojien markkinoimia voitelu- ja hydraulikkaöljyjen liikuteltavia sivuvirtasuodatuslaitteistoja ja pohditaan sivuvirtasuodatuksen tuomia hyötyjä.

Opinnäytetyön aikana koulutusta öljyjen sivuvirtasuodatuslaitteistosta saatiin Teknoma Oy:stä, joka maahantuo C.C.Jensenin sivuvirtasuodatuslaitteistoja, ja SKF:ltä, jonka portfolioon kuuluu myös sivuvirtasuodatuslaitteistot. SKF:n koulutustilaisuudessa käsiteltiin myös mahdollisuutta, jos öljyt otettaisiin talteen huoltojen yhteydessä ja suodatettaisiin erillisessä tilassa. Työn aikana Terrafamen kaivoskorjaamolla tehtiin pilottitestauksia SKF:n ja C.C.Jensenin sivuvirtasuodatuslaitteistoilla, joilla suodatettiin kaivoskaluston hydraulikkaöljyjä.

Työn toimeksianto saatiin Terrafamen kaivoskorjaamolta. Työssä öljysuodatusten tarkastelu rajattiin hydraulikka- ja voimansiirron öljyihin. Kuvat ilman viitteitä ovat tämän opinnäytetyön tekijän itse ottamia.

2 TERRAFAME OY

Terrafame Oy on Sotkamossa sijaitseva monimetallikaivosyhtiö, jonka toiminta perustuu biokasaliotusmenetelmään. Kaivos tuottaa sinkki- ja kuparisulfideja sekä ammoniumsulfaattia. Uusimman akkukemikaalitehtaan investoinnin myötä kaivos tuottaa myös sähköautoissa käytettäviä akkujen raaka-aineita, nikkeli- ja kobolttisulfaattia. Kaivos on sitoutunut vastuulliseen ja kestäväan kaivos-toimintaan. Terrafamen tuottaman nikkelisulfaatin hiilijalanjälki on globaalisti teollisuuden pie-nempiä (1.)

2.1 Kaivoskalusto

Terrafamen kaivoksella käytetään malmin siirtoon Hitachi EH3500AC-2 -kiviautoja ja lastaukseen Hitachi EX3600-6 -kaivinkoneita sekä tarvittaessa Cat994K -pyöräkuormaajaa. Kaivoksella tällä hetkellä päivitetään kuljetus- ja lastauskalustoa uudempiin konemalleihin, näitä ovat Hitachi EH3500AC-3 -kiviauto ja Hitachin EX3600-7-kaivinkone. Vuodessa kiviautoille käyttötunteja ker-tyy noin 6000, kaivinkoneille 6200 ja pyöräkuormaajalle 4500 tuntia. (2.)

2.1.1 Hitachi EH3500AC-2

Kaivoksen malminsiirtoon käytetään Hitachi EH3500AC-2 -kiviautoja (KUVA 1), joita kaivoksessa on 13 kappaletta. Autot käyttävät voimanlähteenään Cummins QSK50 dieselmoottoria. Moottori pyörittää generaattoria, joka tuottaa kiviauton taka-akselilla sijaitseville kahdelle sähköiselle ajo-moottorille tarvittavan sähkötehon. Hydraulikkaöljysäiliön tilavuus on 830 litraa ja käytössä hyd-rauliikkaöljyille normaalin hydraulikkasuodatuksen lisäksi on Jensenin sivuvirtasuodatus, HDU 27/27. Voimansiirron öljyjä koneessa on 172 litraa. (3.)



KUVA 1. Hitachi EH3500 AC-3 uudempi konemalli

2.1.2 Hitachi EX3600-6

Lastausta kaivoksella suorittaa kaksi Hitachi EX3600-6 -kaivinkonetta ja yksi uudempi EX3600-7 (KUVA 2). Koneen voimanlähteenä toimii vanhemmissa kaivinkoneissa Cummins QSK60- ja uudemmassa MTU:n 12V4000-dieselmoottori. Koneessa on hydraulikkaöljyä 4000 litraa ja vanhemmissa EX3600-6-kaivinkoneissa on myös käytössä sivuvirtasuodatus. Voimansiirron öljyä kaivinkoneessa on yhteensä 792 litraa. (4.)



KUVA 2. Hitachi EX3600-7 lastaamassa EH3500AC-2 -kiviautoa

2.1.3 Caterpillar 994K

Kaivoksella on yksi Caterpillarin valikoiman suurimmista pyöräkuormaajista 994K (KUVA 3), jonka työpaino on noin 240 tonnia. Koneetta käytetään varakoneena kiviautojen lastaukseen ja tarvittaessa muuhun malminsiirtoon. Koneen moottorina toimii 47,6 litran Catin 3516E -moottori. Hydrauliikkaöljyä koneessa on 1401 litraa sekä voimansiirron öljyä yhteensä 2006 litraa. (5.)



KUVA 3. Caterpillar 994K -pyöräkuormaaja

2.2 Kaluston huollot

Kalusto huolletaan kaivosalueella sijaitsevalla kaivoskorjaamolla. Korjaamolla työskennellään 5:ssä vuorossa. Yksi työvuoro kestää 12 tuntia ja vuorovahvuus sisältää vuorotyönjohtajan sekä 4-6 kappaletta raskaskoneasentajia. Työnsuunnittelijat laativat huoltosuunnitelmat yhdessä kaivoskorjaamon päällikön kanssa. (2.)

Kaivoskalusto käy huollettavana huoltosuunnitelman mukaan. Huoltovälit kalustolle ovat 250, 500, 1000, 2000 ja 4000 moottoritunnin välein. Hitachin kalustolla hydraulikkaöljyt vaihdetaan koneisiin 4000 tunnin huollon yhteydessä ja Caterpillarilla 2000 tunnin huollossa. Hitachin kaivinkoneen kääntökoneistojen öljyjen vaihtoväli on 1000 tuntia ja napavaihteistoilla 2000 tuntia. Kivi-autoilla voimansiirron öljyjen vaihtoväli on 2000 tuntia. Caterpillarin pyöräkuormaajan vaihteistoöljyjen vaihtoväli on 1000 tuntia ja etu- ja takaperäpyörästöjen 2000 tuntia. Huoltojen kestot vaihtelevat huollon suuruuden mukaan, laajin 4000 tunnin huolto kestää 1-2 työpäivää. (2.)

3 ÖLJYISSÄ ESIINTYVÄT EPÄPUHTAUDET

Öljyn puhtaudella on suuri vaikutus mekaanisten osien kulumiseen, jopa 80 % konerikoista aiheutuu epäpuhtaasta voiteluöljystä. Öljyn puhtauden taso on kriittinen tekijä koneitten järjestelmissä, sillä puhdas öljy pidentää komponenttien käyttöikää ja vähentää koneille kertyviä huoltotunteja. (6.)

3.1 Kiinteät epäpuhtaudet

Kiinteitä epäpuhtauksia esiintyy öljyssä yleensä liukenemattomana. Nämä kiinteät epäpuhtaudet eivät liukene öljyyn, vaan aiheuttavat öljyjärjestelmissä kulumista. Tyypillisiä indikaattoreita öljyssä esiintyvistä kiinteistä partikkeleista ovat kiihtynyt öljyn hapettuminen, öljyn laadun heikkeneminen, tukkeutuneet venttiilit ja rikkoontuneet tiivisteet. (6.)

3.2 Pehmeät epäpuhtaudet

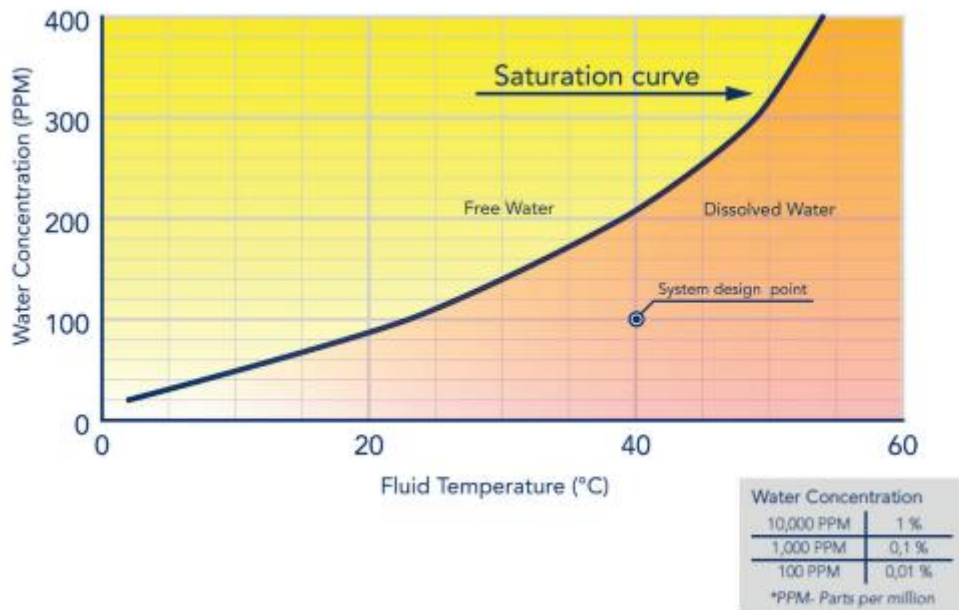
Hydrauliikkaöljyssä esiintyvät pehmeät epäpuhtaudet ovat liukenemattomia ja aiheuttavat eriaseteisia ongelmia. Metallipartikkeleita ja kosteutta sisältävä öljy alkaa ajan myötä hapettua, joka johtaa öljyn laadun heikkenemiseen ja lakkautumisen syntyyn. Öljyn lämpötilavaihtelut kiihdyttävät hapettumista, joten öljyn lämpötilan pysymistä tasalaatuisena voidaan pitää kriittisenä. (7.)

Lakkautuminen aiheuttaa hydrauliikkakomponenttien pintaan tahmaisen kerroksen, joka kerää öljyssä vapaana olevat partikkelit. Tahmaisen pinnan kerätessä partikkeleita pinnasta muodostuu järjestelmän putkiin, venttiileihin, suodattimiin ja lämmönvaihtimiin hankaava pinnoite, joka ajan kuluessa luo vaurioita järjestelmän komponentteihin. Lakkautuminen on yksi vähätellyimmistä epäpuhtauksien muodoista, joka vaikuttaa öljyn, suodattimien ja öljyjärjestelmän käyttöikään vähentäen sitä. (7.)

3.3 Vesi

Veden esiintyminen hydrauliikkaöljyissä aiheuttaa öljyn laadun heikentymistä hapettumalla ja aikaansaamalla olosuhteet korroosion syntymiselle. Sitoutunutta vettä kuvataan öljyissä ppm-

asteikolla (yksi miljoonasosa), RH-lukuna (relatiivinen kosteus) tai prosentuaalisena tilavuutena öljyä kohden. Hydrauliikkaöljyt sitovat enemmän vettä itseensä öljyn lämpötilan kasvaessa kuten näkyy kuvassa 4. Ensimmäinen merkki öljyssä esiintyvistä vedestä on yleensä öljyn viskositeetin muuttuminen, joka aiheuttaa öljykalvon ohenemista, jonka seurauksena metallipinnat pääsevät koskettamaan toisiinsa. (7.)



KUVA 4. Hydrauliikkaöljyn veden sitoutuminen lämpötilan kasvaessa (7)

3.4 Ilma

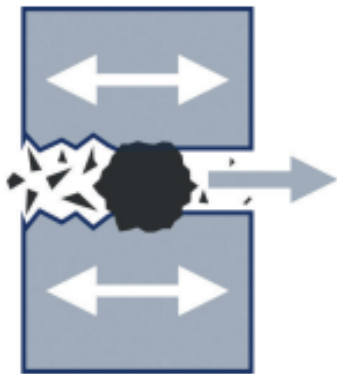
Hydrauliikkajärjestelmissä ilma voi esiintyä liuenneena öljyyn tai vapaassa tilassa. Liuennut ilma ei aiheuta ongelmia järjestelmissä, kun taas vapaana esiintyvä ilma voi aiheuttaa ongelmia kulkeutuessaan järjestelmän komponenttien lävitse. Vapaassa tilassa oleva ilma voi aiheuttaa järjestelmässä paineen muutoksia puristaen ilmaa kasaan ja synnyttäen lämpöä sisältäviä ilmakuplia. Järjestelmään syntyvä lämpö aiheuttaa öljyn lisäaineiden mahdollisen vähentymisen. Hydrauliikkaöljyissä ilma kiihdyttää myös korroosion syntymistä järjestelmän komponentteihin. Vaahtoaminen on yksi hyvä indikaattori öljyssä esiintyvistä ilmasta. (7.)

4 KULUMISMEKANISMIT

Kulumisen voidaan jakaa neljään eri osioon, abrasiiviseen-, adhesiiviseen- ja tribokemialliseen kulumiseen sekä väsymiskulumiseen. Yleensä kulumisen tapahtuu yhtäaikaaisesti useammalla kulumismekanismeilla. (8, s. 108.)

4.1 Abrasiivinen kuluminen

Abrasiivisessa kulumistapahtumassa kovemman pinnan liukuessa pehmeämpää pintaa vasten kovemman pinnan pinnankarheuden muodot hankaavat pehmeämpää pintaa vasten. Silloin puhutaan kahden kappaleen välisestä abrasiivisesta kulumisesta. Kolmen kappaleen abrasiivisesta kulumisesta puhutaan, kun kahden liukuvan pinnan välillä on vieläkin kovempia partikkeleita, jotka kuluttavat molempia pintoja, kuten näkyy kuvassa 5. Yleensä abrasiivinen kuluminen alkaa kahden kappaleen välisellä kulumisella ja muuttuu kolmen kappaleen kulumiseksi, kun toisesta kulumispinnasta on irronnut kovettuneita partikkeleita. (8, s. 108). Tyypillisimpiä kohteita abrasiivisen kulumisen esiintymiselle öljyjärjestelmissä ovat pumput, moottorit, luistinventtiilit ja sylinterit (7).

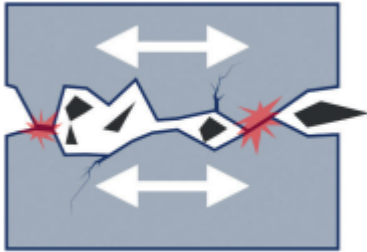


KUVA 5. Partikkelin aiheuttamaa hankausta (7)

4.2 Adhesiivinen kuluminen

Adheesiota eli metallipintojen kiinnittymistä toisiinsa esiintyy, kun osien välinen öljykalvo alkaa ohenemaan oleellisesti (7). Öljykalvon ohetessa tai kokonaan hävitessä kuluminen tapahtuu kitkan adhesiivisten liitosten leikkautuessa (8, s. 104).

Metallisten pintojen hioutuminen on kulumisen vahingollisin muoto. Hioutumista esiintyy, kun pienet 2–5 mikronin kokoiset hiukkaset läpäisevät ja jäävät jumiin mekaanisen osan liiketoleranssin väliin. Nämä hiukkaset ovat tarpeeksi pieniä läpäistäkseen toleranssin, mutta liian isoja ohittamaan sen jäämättä kiinni, aiheuttaen metallipintoja vasten hioutumista, mikrohalkeamia ja muita vaurioita. (6.) Kuvassa 6 näkyy öljykalvon vähentyessä tapahtuvaa metalliosien hitsautumista ja mikrohalkeamia (7).



KUVA 6. Metallipintojen hioutuminen (7)

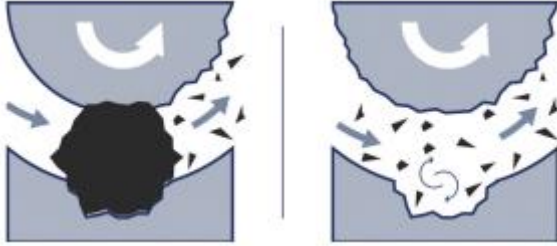
4.3 Tribokemiallinen kuluminen

Metallien pinnoilla on oksidikerros, jonka tehtävänä on vähentää metallipinnan kulumista ja kitkaa. Pinnankarheuksien ulokkeiden koskettaessa vastakappaleen pintaan vapautuu kosketuksesta lämpöenergiaa, jonka myötä oksidikerros kasvaa. Oksidikerroksen kasvettua tiettyyn pisteeseen alkaa siitä irrota kulumispartikkeleita kulumisen seurauksena. Oksidikerroksen kuluttua pois altistuu oksidikerroksen alta uusi pinta korroosiolle. (8, s. 111.)

4.4 Väsymiskuluminen

Metallipintojen kosketustapahtumissa ei aina heti synny kulumispartikkeleita, vaan tämä vaatii kuluttavaa pitkäaikaisempaa rasitusta pitemmällä aikavälillä. Kulutettavan kappaleen pinnankarheuksien ulokkeiden deformoituessa plastisesti tarpeeksi useasti siitä irtoaa kulumispartikkeleita

väsymismurtumien seurauksena, kuten kuvassa 7. Jos kulumistaapahtuma ei selkeästi ole joko abrasiivista tai adhesiivista, silloin kyseessä yleensä on pintakerroksen väsyminen eli väsymiskulumista. Jatkuvan rasituksen seurauksena murtumasärö muuttuu väsymismurtumaksi, jonka läheisyyteen muodostuu jännityskenttä aiheuttaen murtuman laajenemisen ja lopulta partikkeleiden irtoamisen. (8, s. 113).



KUVA 7. Väsymiskulumista (7)

5 ISO STANDARDI 4406 ÖLJYN PUHTAUDELLE

ISO 4406 -luokituksella kuvataan öljyn erikokoisten partikkeleiden määrää tietyssä määrässä öljyä, ja se on otettu käyttöön partikkeleiden vertailun helpottamiseksi. Yllättävät öljyjärjestelmien rikkoontumiset aiheutuvat yleensä voiteluöljyn seassa olevista suurista partikkeleista (>14 µm), kun taas hitaasti etenevät vauriot öljyjärjestelmissä syntyvät kulumalla pienemmistä (4–6 µm) partikkeleista. Tämän vuoksi standardissa käytetään partikkeleiden viitekokoina 4 µm, 6 µm ja 14 µm partikkelikokoja. Kuvassa 7 näkyy standardin lukuohje. (6.)

	Yli	Asti	Luokka
	8.000.000	16.000.000	24
	4.000.000	8.000.000	23
	2.000.000	4.000.000	22
	1.000.000	2.000.000	21
	500.000	1.000.000	20
	250.000	500.000	19
	130.000	250.000	18
	64.000	130.000	17
	32.000	64.000	16
	16.000	32.000	15
	8.000	16.000	14
	4.000	8.000	13
	2.000	4.000	12
	1.000	2.000	11
	500	1.000	10
	250	500	9
	130	250	8
	64	130	7
	32	64	6

noin 450,000 hiukkasta > 4 mikronia
noin 120,000 hiukkasta > 6 mikronia
noin 14,000 hiukkasta > 14 mikronia

Oikealla esitellään ISO luokittelutaulukko, tässä öljynäytteessä epäpuhtauksien taso on 19/17/14.

Maksimimäärä hiukkasia 100 ml nestettä kohden hiukkasten kokoalueiden mukaan.

KUVA 8. ISO 4406 -luokittelutaulukko (6)

Tyypillisesti hydraulikka-, voitelu- ja vaihteistoöljyt voidaan luokitella puhtausluokittain kuvan 8 tapaan (6).

Saastuneisuusopas Hydrauli- ja voitelujärjestelmät

ISO koodi	Kuvaus	Sovelluskohde	*
ISO 14/12/10	Erittäin puhdas öljy	Kaikki öljyjärjestelmät	8,5 kg
ISO 16/14/11	Puhdas öljy	Servo & korkeapainehydrauliikka	17 kg
ISO 17/15/12	Hieman saastunut öljy	Vakio hydrauli- ja voiteluöljyjärjestelmät	34 kg
ISO 19/17/14	Uusi öljy	Alhaisesta matalapaineisiin järjestelmiin	140 kg
ISO 22/20/17	Erittäin saastunut öljy	Ei sovellu öljyjärjestelmiin	>589 kg

Saastuneisuusopas vaihteistoille

ISO koodi	Kuvaus	Sovelluskohde	Parannus-kerroin	*
ISO 14/12/10	Erittäin puhdas öljy	Kaikkiin järjestelmiin	200%	8,5 kg
ISO 16/14/11	Puhdas öljy	Kriittiset vaihteistot	150%	17 kg
ISO 17/15/12	Hieman saastunut öljy	Vakiovaihteistot	100%	34 kg
ISO 19/17/14	Uusi öljy	Ei-kriittiset vaihteistot	75%	140 kg
ISO 22/20/17	Erittäin saastunut öljy	Ei sovellu vaihteistoihin	50%	>589 kg

* kg järjestelmäpumpun ohittavia kiinteitä hiukkasia vuosittain annetulla ISO-koodilla.

KUVA 9. Saastuneisuusluokitteluja (6)

6 SIVUVIRTASUODATUKSEN PILOTTIKOKEILUT

Sivuvirtasuodatuslaitteistojen pilottikokeilut tehtiin Terrafamalla tämän opinnäytetyön tekijän työskölon aikana, mitkä myös jatkuivat työsojimuksen loputtua. Suodatettava öljy oli hydraulikkaöljy, ja se oli otettu talteen suodatuksia varten Hitachin EH3500AC2/3-kiviautoista ja Hitachin EX3600-6-kaivinkoneesta.

Suodatuksot tapahtuivat huoneenlämmössä noin 20 asteessa ja öljyä kierrätettiin molempien koneikkojen läpi 4–5 viikkoa. Tässä ajassa SKF:n koneikolla öljy oli kiertänyt 20 kertaa koneikon läpi ja Jensenillä noin 80 kertaa. Suodatettu öljy oli Hitachin Super 5000:sta, jonka viskositeetti on 46 cSt. Viskositeetti kuvaa öljyn kykyä vastustaa liikettä öljyn ”sisäisten kitkojen” ansiosta eli mitä matalampi viskositeetti luku on, sitä juoksevampaa öljy on ja päinvastoin (8, s. 172).

Suodatuslaitteistot kytkettiin 1 m³ kontteihin ja suodatuksot tehtiin kaivoskorjaamon varaston tiloissa. Koneikoille sisään tuleva öljy otettiin kontin pohjassa olevasta hanasta ja paluuletku asennettiin kontin päälle.

6.1 SKF RecondOil ROBX3100

SKF:ltä saatiin pilottikokeiluun 2 kappaletta ROBX3100-sivuvirtasuodatuslaitteistoja, kuvassa 9 laitteistot toimintavalmiina. Vakiomallin laite koostuu yhdestä suodatinpesästä, sähköisestä pumpusta ja digitaalisesta virtauksenohjauksesta (9). Testien aikana suodatuslaitteiston virtauksot olivat välillä 0,4–0,6 l/min.

Toisessa suodatettavassa kontissa oli uutta hydraulikkaöljyä ja toisessa 4000 tuntia käytettyä. Näytteenotto suoritettiin ennen suodatusta ja suodatuksen jälkeen koneikossa olevasta näytteenottohanasta. Näytteet käytettiin analysoitavana SKF:n kautta ulkopuolisessa yrityksessä, josta saatiin kattavat öljyanalysit.

Käytetty öljy oli lähtötilanteessa erittäin saastunutta ISO 4406 -luokituksen mukaan, mutta suodatuksen jälkeen öljyn partikkelipitoisuudet olivat tipahtaneet huomattavasti, sillä öljy saatiin erittäin puhtaan öljyn tasolla. Öljyn viskositeetti oli pysynyt lähes muuttumattomana ja kosteuspitoisuus oli myös hyvällä tasolla sekä kulumametalleja ei ollut merkittävästi. (Liite 1.)



KUVA 10. Laitteistot valmiina suodatuksia varten

6.2 C.C.Jensen HD HDU 27/54 MZ-DP

Terrafamelta suodatustestiin saatiin Jensenin valmistama HD HDU 27/54 MZ-DP sivuvirtasuodatusyksikkö. Laite koostuu sähköpumpusta, yhdestä suodatinpesästä, jossa on kaksi päällekkäistä suodatinelementtiä. Yksikön ilmoitettu maksimi pumppausteho on 9,8 l/min.

Jensenin laitteistolla suodatettiin käytettyä hydraulikkaöljyä, joka oli lähtötilanteessa hieman saastuneen öljyn tasolla (ISO 4406). Tulokset olivat hyviä ja partikkelitasolla päästiin erittäin puhtaan öljyn tasolle. Ennen suodatuksia öljyn viskositeetti oli jo valmiiksi lähellä ISO VG 46 alarajaa, mutta tämä ei muuttunut merkittävästi suodatuksien aikana vaan pysyttiin vielä raja-arvoissa. ISO VG standardia käytetään teollisuusöljyille, johon hydraulikkaöljyt kuuluvat (8, s. 179). Kulumame-
tallit olivat myös alhaisella tasolla ja kosteuspitoisuus hyvällä tasolla. (Liite 2.)

7 MOBIILIENSIVUVIRTASUODATUSLAITTEISTOJEN ARVIOINTI

Vertailussa käytetyt suodatuslaitteet eivät ole täysin samanlaisia pilottitestauksissa käytettyjen laitteiden kanssa. Verrattavana olevassa SKF:n laitteesta on tehokkaampi pumppu ja partikkeli-mittari on kaikissa suodatuslaitteistoista. Jensenin laitteessa on öljyn esilämmitys mahdollista nopeamman virtauksen, joka on ehdoton ominaisuus viskositeetiltaan suurempien voimansiirron öljyjen suodatukseen, kun suodatuksiin halutaan käyttää mahdollisimman vähän aikaa. YTM suodatuslaitteistoilla ei tehty työn aikana suodatustestauksia.

Määräaikaishuoltojen yhteydessä tehtäviin öljyjen suodatuksiin laitteiston tulisi olla tehokkaalla pumpulla ja öljyjen esilämmityksellä, jotta suodatukset saataisiin tehtyä 1-2 päivän sisällä. 20 kertaa öljyn tilavuus kierrätettynä, jota pidettiin hyvänä suodatuskiertona, SKF:n laitteella kiviautoista saataisiin suodatettua huollon yhteydessä ainoastaan takanapavaihteistojen öljyt, jos öljyt esilämmitettäisiin. Kaivinkoneiden ja pyöräkuormaajan öljyjä ei ehdittäisi suodattamaan huollon yhteydessä.

Jensenin mobiilisuodatuslaitteella pystytään suodattamaan voimansiirto- ja hydraulikkaöljyt Caterpillarin pyöräkuormaajasta ja Hitachin kiviautoista. Kaivinkoneista voidaan ainoastaan voimansiirron öljyt suodattaa huollon aikana eikä hydraulikkaöljyjä ehdittäisi suodattaa 1-2 päivän aikana.

Tehokkaimmilla 55 l/min ja 100 l/min YTM:n laitteistoilla, teknisten tietojen pohjalta, kaikkien kaivoskoneiden hydraulikka- ja voimansiirron öljyjen suodatukset olisivat mahdollisia 1-2 päivän aikana. Hitaimmalla 20 l/min suodatuslaitteistoilla pystytään suodattamaan voimansiirron öljyt kaikista kaivoskoneista ja hydraulikkaöljyjen osalta ainoastaan kaivinkoneen suodatusta ei saada tehtyä 1-2 päivän aikana.

Voimansiirron- ja hydraulikkaöljyjen suodatukseen samalla laitteistolla tulisi laitteiston suodattimet vaihtaa jokaisella kerralla, tämä voidaan välttää hankkimalla jokaiselle öljytyypille oma suodatinlaitteisto. Jotta suodatuksissa saataisiin paras mahdollinen hyöty irti, tulisi huoltojen yhteydessä koneiden hydraulikkasyntereitä liikutella, jotta kaikki koneen öljy saataisiin suodattimen läpi kierrätettyä.

Laitteistojen partikkelimittareilla saadaan ainoastaan tietoa öljyn partikkelipuhautudesta. Viskoositeettia, kulumametalleja, vesipitoisuutta, hapettumaa ja öljyssä olevia lisäaineita ei saada selville partikkelimittareilla.

7.1 SKF Mobiilisivuvirtasuodatuslaitteisto EF2115DMS

Laitteiston arviointi, kuvassa 11 SKF suodatuslaite.

- Vertailun tehokkain partikkelien suodatus, jopa 0,1 mikronin suodatusteho.
- Suodatin poistaa vapaan, emulsoituneen ja sitoutuneen veden öljystä 3 litraan asti.
- Poistaa bakteerit, hapetustuotteet ja lakan.
- Kevyt laite, jonka ansiosta helppo liikutella.
- Edullinen verrattuna Jensenin laitteistoon.
- Ei öljyn esilämmitystä.
- Pitkät suodatusajat.

(9.)



KUVA 11. EF2115DMS mobiilisuodatusjärjestelmä (9)

7.2 Jensen Mobiilisivuvirtasuodatuslaitteisto MFU

Laitteiston arviointi, kuvassa 12 Jensenin suodatuslaitteisto.

- 0,8 mikronin nimellis-suodatusteho ja 3 mikronin absoluuttinen suodatusaste.
- Poistaa öljystä hapetustuotteet, lakkaumat ja hartsin/lietteen.
- Suodattimet poistavat vettä 8 litraan asti.
- Suodatuksen paras ratkaisu, koska öljy saadaan esilämmitettyä laskien öljyn viskositeettia, joka nopeuttaa siten suodatuksia.
- Vertailun raskain ja kallein laitteisto.

(10.)



KUVA 12. Mobiilisivuvirtasuodatuslaitteisto (10)

7.3 YTM suodatinlaitteistot

YTM:ltä tarjottiin kolme eri vaihtoehtoa, joiden maksimivirtausmäärät ovat 20, 55 ja 100 l/min. Näitä laitteistoja ei ollut testattavana, joten arvioinnit on tehty tarjouksen tietojen pohjalta.

Laitteiston arviointi, kuvassa 13 YTM suodatuslaitteisto.

- Vertailun tehokkaimmat virtausnopeudet.
- Partikkelien suodatusteho 3 mikroniin asti.
- Tehokkaimmilla versioilla pystytään tekemään hydraulikka- ja voimansiirron öljyjen suodatukset 20 kertaisella öljyn kierrätysvaatimuksella 1-2 päivän aikana.
- Ei öljyn esilämmitystä.

(11.)



KUVA 13. YTM suodatuslaitteisto (11)

8 POHDINTA JA YHTEENVETO

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää mahdolliset hyödyt ja kustannussäästöt, jos kiinteästä sivuvirtasuodatuksista siirryttäisiin käyttämään liikuteltavaa sivuvirtasuodatuslaitteistoa kiinteän laitteiston sijaan. Suodatuslaitteistolla suodatettaisiin huoltojen yhteydessä hydrauliiikka- ja voimansiirron öljyt.

Sivuvirtasuodatus on hyvä lisäjärjestelmä normaalin suodatusjärjestelmän lisäksi, kun öljyt halutaan pitää puhtaana. Sivuvirtasuodatus tuo öljyille lisääikää ja yritykselle kustannussäästöjä sekä pienentää hiilijalanjälkeä, kun öljyjen elinikää saadaan pidennettyä. Esimerkiksi kaksinkertaistamalla öljyn käyttöiän säästöt olisivat merkittäviä sekä rahallisesti, että hiilidioksidipäästöjen osalta.

Huoltojen yhteydessä tehtäviin öljyjen suodatuksiin kaikki vertailun laitteistot eivät kuitenkaan sovi pitkien suodatusaikojen vuoksi. Myös koko koneen hydrauliiikkaöljyjen tilavuuden suodatuksen tarvittaisiin koneen käyttöä, jolloin hydrauliiikkasyntereitä ajettaisiin edestakaisin, jotta kiertoon saataisiin kaikki koneessa oleva hydrauliiikkaöljy. Kaivinkoneiden hydrauliiikkaöljyjen suodatuksiin huollon yhteydessä joutuisi varaamaan pahimmillaan viikkoja aikaa, jotta öljystä saadaan puhdasta, kun tällä hetkellä 4000h tunnin huolto saadaan suoritettua 1-2 päivän aikana. Ainoastaan YTM:n tarjoamalla tehokkaimmilla laitteistoilla kaivinkoneiden hydrauliiikkaöljyjen suodatukset saataisiin tehtyä huollon aikana.

Kuitenkin huolloissa tehtävissä suodatuksissa partikkelimitareiden avulla öljyistä saataisiin ainoastaan selville partikkelipitoisuudet ISO 4406 -standardin mukaan. Tietoa öljyjen hapettumisesta, vesi- ja lisäainepitoisuuksista, viskositeetin ja kulumametallien muutoksista ei saataisi vaan öljyt tulisi käyttää edelleen analysoitavana, mikä veisi pahimmillaan viikkoja aikaa.

Parhaana ratkaisuna ainakin hydrauliiikkaöljyille olisi, että öljyt otettaisiin talteen huoltojen yhteydessä ja suodatettava öljy suodatettaisiin ajan kanssa ja varmistettaisiin samalla öljyn partikkelipuhtauksien lisäksi öljyn viskositeetti, lisäaineiden säilyminen ja muut epäpuhtaudet.

Opinnäytetyössä opittiin paljon uutta asiaa kulumismekanismeista, hydrauliiikka- ja voimansiirron öljyistä ja öljyjen suodatuksista. Työ oli myös ajankohtainen ympäristön näkökannalta, koska öljyn kulutusta vähentämällä yrityksen hiilijalanjälkeä pystytään tiputtamaan.

LÄHTEET

1. Terrafame Oy. Sotkamo. Hakupäivä 14.5.2023.
<https://www.terrafame.fi/tuotteemme.html>.
2. Kilpeläinen, Juha 2023. Korjaamopäällikkö. Terrafame Oy. Aloituspalaveri. Teams 27.2.2023.
3. Hitachicm.com. Machinery. Rigid dump trucks. EH3500AC-3. Hakupäivä 23.3.2024.
<https://www.hitachicm.com/eu/en/machinery/rigid-dump-trucks/product.eh3500ac-3/>.
4. Hitachi. EX3600-6 specifications. Esite. Vaatii käyttöoikeuden.
5. Petersoncat.com. Large wheel loaders. 994K. Hakupäivä 23.3.2024.
<https://www.petersoncat.com/products/new/large-wheel-loaders/994k>.
6. C.C.Jensen A/S 2003. Clean Oil Guide. Second Edition. Svendborg, Denmark.
7. Lekang Group 2020. Introduction to oil cleanliness. Hakupäivä 30.4.2023.
<https://filterteknik.fi/uutiset/oljynpuhtaus-erityyppiset-hydraulijärjestelmien-epapuhautet/>.
8. Kivioja, Seppo, Kivivuori, Seppo & Salonen Pekka. Tribologia – kitka, kuluminen ja voitelu. 6.painos. Espoo: Otatieto.
9. SKF. Tarjous sivuvirtasuodattimesta. Vaatii käyttöoikeuden.
10. Teknoma Oy. Mobile Flushing Unit. Esite. Hakupäivä 23.3.2024. Vaatii käyttöoikeuden.
<https://www.cjc.dk/products/mobile-flushing-unit-mfu/>.
11. YTM-Industrial Oy. Suodatinkärryt. Esite. Vaatii käyttöoikeuden.

SUODATETUN ÖLJYN TULOKSET

LIITE 1/1

Salattu

SUODATETUN ÖLJYN TULOKSET

LIITE 1/2

Salattu

SUODATETUN ÖLJYN TULOKSET

LIITE 2/1

Salattu

SUODATETUN ÖLJYN TULOKSET

LIITE 2/2

Salattu