



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Sini Erika Ketola

W32-MOOTTORIN ÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYSTESTAAMINEN

Tekniikka ja liikenne
2010

ALKUSANAT

Tämä opinnäytetyö on tehty Vaasan ammattikorkeakoulun kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelmassa. Työ on tehty Vaasan Wärtsilän W32-moottoreiden laatuosastolle ja työllä oli vaikutuksia W32-moottoreiden kokoonpanolinjaan ja koeajoon.

Työnohjaajina ovat toimineet lehtori Hannu Hyvärinen Vaasan ammattikorkeakoulusta ja laatupäällikkö Pekka Koskinen Wärtsilän laatuosastolta. Opinnäytetyön ideoija oli Wärtsilästä Timo Kärkkäinen, joka toimi aiemmin W32-osaston laatupäällikkönä. Suurena apuna opinnäytetyössä on ollut Wärtsilän koeajosta Johan Lundström. Useat muutkin ihmiset ovat olleet mukana tämän opinnäytetyön eri vaiheissa.

Opinnäytetyössä tutustuttiin W32-moottorin öljynkiertojärjestelmään ja sen tiiveyden testaamismahdollisuuksiin kokoonpanolinjalla. Moottori ja sen öljynkiertojärjestelmä oli aiheena haastava, mutta mielenkiintoinen.

Haluan kiittää kaikkia minua opinnäytetyön tekemisessä tukeneita.

Vaasassa 1.6.2010

VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Sini Erika Ketola
Opinnäytetyön nimi	W32-moottorin öljyjärjestelmän tiiveystestaaminen
Vuosi	2010
Kieli	suomi
Sivumäärä	45
Ohjaaja	Hannu Hyvärinen

Opinnäytetyö on tehty Vaasan Wärtsilän W32-moottoreiden laatuosastolle. Työn tavoitteena oli selvittää voitaisiinko moottorin öljyjärjestelmän tiiveys testata kokoonpanolinjalla. Tällä hetkellä öljyjärjestelmän tiiveys testataan koeajossa ja polttoaine-, käynnistysilma- sekä vesijärjestelmät testataan kokoonpanolinjalla. Öljyjärjestelmän testaaminen kokoonpanolinjalla saattaisi vähentää moottorin öljyvuotoja ja laakerivauriota.

Työssä tutustuttiin moottorin eri vaiheisiin kokoonpanolinjalla ja koeajossa. Työn aluksi selvitettiin missä vaiheessa öljyjärjestelmän testaaminen kokoonpanossa olisi mahdollista. Lisäksi tutustuttiin moottorin muiden järjestelmien testaamiseen ja kokoonpanon työohjeisiin. Koeajosta saatiin selville miten öljyjärjestelmä tällä hetkellä testataan. Yleisimpiä vuotokohtia selvitettiin haastatteleamalla asentajia ja analysoimalla moottoreiden koeajoraportteja. Öljyn kierrättämistä moottorissa kokeiltiin käytännössä. Testissä selvitettiin voidaanko moottorin varaöljypumpun liitäntää käyttää öljyn kierrättämiseen moottorissa.

Opinnäytetyössä todettiin, että öljyn kierrättäminen moottorissa varaöljypumpun liitäntää käyttämällä on mahdollista. Öljyjärjestelmän mahdolliset vuodot tulisivat tällä menetelmällä nopeasti esiin. Tällöin järjestelmän testaaminen kokoonpanolinjalla ei pidentäisi moottorin kokoonpanoaikaa. Lisäksi mahdollisten öljyvuotojen korjaaminen kokoonpanossa olisi helpompaa kuin koeajossa. Öljyn käsittely ja mahdolliset vuodot siistissä kokoonpanoympäristössä aiheuttavat kuitenkin hieman haasteita ja niihin täytyy vielä tutustua. Lisäksi kokoonpanolinjalla tarvittaviin muutostöihin tarvittavat kustannukset täytyisi selvittää. Öljyjärjestelmän tiiveyden testaaminen kokoonpanolinjalla vaikuttaa haasteista ja kustannuksista huolimatta järkevältä ja toteuttamiskelpoiselta.

VAASA UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Kone- ja tuotantotekniikan koulutusohjelma

ABSTRACT

Author	Sini Erika Ketola
Title	Testing Oil Circulation of W32 Engine
Year	2010
Language	Finnish
Pages	45
Name of Supervisor	Hannu Hyvärinen

This thesis has been made for the quality department of W32-engines in Wärtsilä, Vaasa. The purpose of the thesis was to find out if the seal of the oil system of the engine can be tested at the assembly line. Currently, the seal is tested with a test run and the fuel, starting air, and water systems are tested at the assembly line. By testing the oil system at the assembly line, oil leaks and bearing damages might be reduced.

In the thesis the different stages of the engine at the assembly and at the test run have been researched. In the beginning of the thesis, it was researched at which stage the testing of the oil system would be possible during the assembly. In addition, the instructions of assembly and the other system tests were researched. The current method for the testing of the oil system was found out from the test run. The most common leakage locations were explored by interviewing the assemblers and by analyzing the Factory Acceptance Tests (FAT) of the motors. The oil circulation in the engine was tested in practice. During the test, it was explored if the connection of the spare oil pump can be used in oil circulation in the motor.

This thesis stated that it is possible to circulate the oil in the engine using the connection of the spare oil pump. Using this method, the potential leakages of the oil system would emerge promptly. In this case, the testing of the oil system would not increase the assembly time of the motor. However, the handling of the oil and the potential leakages can be somewhat challenging and will be a target of some future research. Regardless of these challenges testing of the oil system seems to be rational and feasible.

Keywords	Oil, Lube Oil, Oil Circulation, Engine, Leakage, Bearing
----------	--

KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET

CRO	Crude oil, Raakaöljy
DF	Dual-fuel, moottorissa voidaan samanaikaisesti käyttää kahta polttoainetta
FAT	Factory acceptance test, tehdashyväksyntä moottorille. Tehdään ennen kuin moottori luovutetaan asiakkaalle
GD	Gas-diesel, moottorissa voidaan käyttää polttoaineena kaasua tai dieseliä
HFO	Heavy fuel oil, raskas polttoöljy
HT	High temperature, korkea lämpötila
LBF	Liquid bio fuel, nestemäinen biopolttoaine
LFO	Light fuel oil, kevyt polttoöljy
LT	Low temperature, matala lämpötila
L-moottori	Moottorin sylinterit on sijoitettu yhteen riviin
Monipolttoaine moottori	Moottori, jossa voidaan käyttää kahta erilaista polttoainetta. Tällaisia moottoreita ovat GD- ja DF-moottorit
SG	Spark-ignited gas, kaasulla toimiva otto-moottori
Viskositeetti	Voiteluaineen ominaisuus, joka vastustaa liikettä aineen sisäisten kitkojen ansiosta. Suuremman viskositeetin omaava aine virtaa hitaammin kuin pienemmän viskositeetin omaava aine.

V-moottori	Moottorin sylinterit on sijoitettu kahteen riviin, V-kulmaan toisiinsa nähden
W32	Wärtsilän moottori, jonka sylinterin halkaisija on 320 mm. Luku ilmoittaa sylinterin halkaisijan sentteinä

SISÄLLYS

ALKUSANAT	2
TIIVISTELMÄ	3
ABSTRACT	4
KÄYTETYT MERKINNÄT JA LYHENTEET	5
1. JOHDANTO	9
1.1. Työn tarkoitus	9
1.2. Työn rajausta	10
1.3. Työn kulku	10
2. WÄRTSILÄ OYJ ABP	12
3. MOOTTORIN VOITELU	14
3.1. Voiteluaineiden jaottelu	14
3.2. Voiteluaineen ominaisuudet	15
3.3. Voiteluöljyn puhdistus	16
4. LAAKERIT	17
4.1. Laakereiden voitelu	17
4.2. Syitä laakerivaurioihin	18
5. MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ	19
6. W32-MOOTTORIN VALMISTUS	20
7. W32-MOOTTORIN JÄRJESTELMIEN TIIVEYSTESTAAMINEN	22
7.1. Polttoainejärjestelmä	22
7.2. Vesijärjestelmät	23
7.3. Käynnistysilmajärjestelmä	23
8. W32-MOOTTORIN ÖLJYJÄRJESTELMÄ	24

9. MOOTTORIN KOEAJO	26
9.1. FAT-testi	26
9.2. Öljyjärjestelmän tiiveystestaaminen	27
10. MOOTTORIN KOKOONPANO-OHJEET	29
10. FAT-RAPORTTIEN ANALYSOINTI.....	31
10.1. Öljyjärjestelmän yleisimmät vuotokohdat	31
10.2. Syitä öljyvuotoihin	32
10.3. Öljyvuotojen raportointi ja raportoinnin kehittäminen	32
11. MOOTTORIN ÖLJYNKIERRON TESTAAMINEN KOEAJOSSA.....	34
11.1. Öljynkierron testaus	34
11.2. Öljynkiertotestin tulokset.....	36
12. ÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYSTESTAAMINEN.....	37
12. 1. Testaamisen vaikutukset moottorin asennustilaan ja -aikaan	37
12.2. Testaamisen vaikutukset laatuun.....	40
12.3. Lainsäädännön vaikutukset testaamiseen.....	41
12.4. Testausjärjestelmän rakentaminen	42
13. YHTEENVETO	43
LÄHTEET	

1. JOHDANTO

1.1. Työn tarkoitus

Opinnäytetyön tarkoituksena oli selvittää voitaisiinko W32-moottoreiden öljyjärjestelmän tiiveys testata jo ennen koeajoa. Lisäksi oli tarkoitus tutkia vähentäisikö öljynkierrättäminen moottorissa laakerivaurioiden määrää.

Wärtsilässä on aiemminkin mietitty ja tutkittu öljyjärjestelmän testaamista. Näissä tutkimuksissa on päädytty siihen tulokseen, että öljyjärjestelmän testaaminen on ainakin osittain mahdollista toteuttaa. Tutkimuksissa on kuitenkin todettu, että testaaminen ei ole järkevää toteuttaa tutkituilla toimintatavoilla.

Öljyvuotoja esiintyy keskimäärin joka toisessa moottorissa. Määrä on suuri ja kuormittaa etenkin koeajo-osastoa, sillä pienenkin vuodon korjaamisen ja raportointiin kuluu aikaa. Jos öljyjärjestelmä testattaisiin ja mahdolliset vuodot korjattaisiin jo kokoonpanolinjalla, ei koeajoon päätyisi niin paljon öljyvuotoja korjattavaksi. Hyvä tietenkään olisi, että vuotoja ei esiintyisi lainkaan. Tästä syystä opinnäytetyössä on tutustuttu myös moottorin kokoonpano ohjeisiin ja tarkasteltu ovatko ne ajan tasalla ja sellaiset, että niiden vuoksi öljyvuotoja ei ilmene.

Laakerivauriosta Wärtsilässä on myös tehty useampia tutkimuksia. Kokoonpanovaiheessa ja generaattorin asennuksessa moottoria joudutaan pyörittämään. Tällöin moottorissa ei ole laakereita suojaavaa öljykalvoa. Yrityksessä on päätelty, että suuri osa laakerivaurioista syntyy nimenomaan tällaisessa tilanteessa, kun moottoria pyöritetään kuivana. Mahdolliset laakerivauriot pyritään välttämään voitelemalla laakerit öljyllä ennen kuin ne asennetaan moottoriin.

1.2. Työn rajaus

Opinnäytetyössä tarkempaan tarkasteluun on otettu W32-moottorit, jotka toimivat nestemäisellä polttoaineella, kuten kevyellä polttoöljyllä (LFO), raskaalla polttoöljyllä (HFO), raakaöljyllä (CRO) sekä biopolttoaineilla (LBF). W32-moottoreita valmistetaan myös W32DF-moottorina, joka toimii sekä nestemäisellä polttoaineella, että kaasulla. W32-moottorin rinnalla kokoonpanolinjalla kootaan myös W34SG, moottoreita, jotka ovat kaasumoottoreita.

DF- ja SG-moottoreita ei tässä työssä otettu tarkempaan tarkasteluun, koska öljynkierron testaaminen näissä moottoreissa olisi hyvin samanlaista. Jos testaamiseen kokoonpanolinjalla ryhdyttäisiin, se onnistuisi todennäköisesti pienin muutoksin näissäkin moottorityypeissä. Tämän lisäksi samanlaisen testaamisen pitäisi olla mahdollista myös muiden kokoluokkien moottoreissa, kuten W46- ja W20-moottoreissa.

W32-moottoreista valittiin tarkemmin tarkasteltavaksi rivimoottorit. Rivimoottori valittiin tarkasteluun, koska öljynkierto haluttiin ensin testata helpossa tapauksessa. V-moottoreiden öljynkierto on hieman rivimoottorin öljynkiertoa monimutkaisempi. Jos öljynkierron testaaminen onnistuisi yksinkertaisemmassa tapauksessa, voitaisiin miettiä monimutkaisempia kohteita.

1.3. Työn kulku

Opinnäytetyö aloitettiin kartoittamalla kokoonpanolinjasta vaihe, jossa öljyjärjestelmän tiiveystestaaminen voitaisiin suorittaa. Tämä kartoitus tehtiin kiertelemällä ja tutustumalla kokoonpanolinjan eri vaiheisiin, sekä kyselemällä asentajien ja työnjohtajien näkemyksiä asiasta. Kokoonpanolinjalla tutustuttiin myös muiden moottorin järjestelmien tiiveystestaamisen.

Kokoonpanovaiheen kartoituksen jälkeen koeajossa selvitettiin, miten öljyjärjestelmä tällä hetkellä testataan. Koeajosta saatiin tietoa erilaisista mahdollisuuksista ja haasteista, joita öljyjärjestelmän tiiveystestaamiseen liittyy.

Kun kokoonpanolinjaan ja koeajoon oli tutustuttu ja perustietoa aiheesta hankittu, selvitettiin moottoreiden öljyvuotojen määrät ja yleisimmät vuotopaikat. Tämä tapahtui pääasiassa haastattelemalla asentajia sekä tutkimalla moottoreiden FAT-raportteja vuodelta 2009. Koska öljyvuotoja moottoreissa esiintyy melko runsaasti, päätettiin moottoreiden kokoonpano-ohjeisiin tutustua. Ohjeista tutkittiin, että löytyykö niistä suuria puutteita, joista vuodot saattaisivat johtua. Opinnäytetyössä myös kokeiltiin öljyn kierrättämistä moottorissa.

2. WÄRTSILÄ OYJ ABP

Wärtsilä on konepajateollisuutta harjoittava kansainvälinen pörssiyhtiö. Wärtsilällä on 160 toimipistettä 70 maassa ja yhtiön palveluksessa työskentelee maailmanlaajuisesti yli 18000 työntekijää. Suomessa yhtiön eri toiminnoissa työskentelee yli 3000 työntekijää. /10/, /16/

Wärtsilä perustettiin vuonna 1836. Alun perin sahana toiminut yritys muutettiin rautatehtaaksi 1851. Wärtsilän toiminta Vaasassa alkoi vuonna 1936, kun yritys osti Onkilahden konepajan. Moottoreiden valmistus lisenssillä Vaasassa alkoi 1955. Tällä hetkellä Vaasassa valmistetaan Wärtsilä 20-, Wärtsilä 32-, Wärtsilä 34DF- ja Wärtsilä 34SG-moottoreita. /10/, /12/



Kuva 1. Wärtsilän tehdas Tohmajärvellä 1880. /13/

Wärtsilä on jaettu kolmeen liiketoiminta alueeseen: Ship Power, Power Plants ja Services. Wärtsilä Ship Power on maailman johtavia toimittajia meriteollisuudessa. Wärtsilä Power Plants on johtava toimittaja hajautetun energiantuotannon voimalaitosmarkkinoilla. Näiden toimintojen lisäksi yhtiöllä on maailmanlaajuisen huoltoverkosto, Services. Huoltoverkosto palvelee sekä meriteollisuuden, että voimalaitosteollisuuden asiakkaista. /10/, /16/

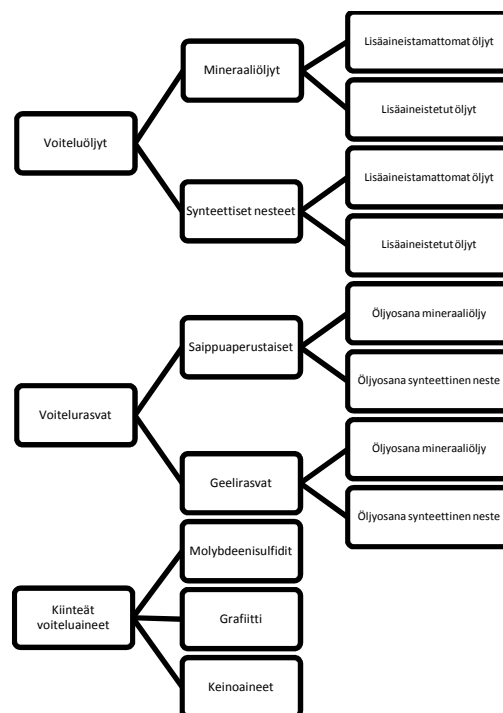
Wärtsilä toimittaa ja valmistaa tuotteita moniin eri sovelluksiin ja käyttö-tarkoituksiin. Valikoimasta löytyy hidaskäyntisiä moottoreita, keskinopeita moottoreita, kaasu- ja monipolttoainemoottoreita, generaattorilaitteistoja, apulaitteita sekä monia muita tuotteita ja palveluita. Keskinopeiden ja nopeakäyntisten dieselmootoreiden valmistajana Wärtsilä on johtavassa asemassa maailmalla. /14/

3. MOOTTORIN VOITELU

3.1. Voiteluaineiden jaottelu

Moottorissa voiteluaineella on monta tehtävää. Voiteluaineen tulee vähentää liikkuvien osien kulumista, pienentää kitkaa, jäähdyttää, estää korroosiota, tiivistää ja poistaa ei-toivottuja partikkeleita. Voitelun päätehtävä moottorissa on liikkuvien osien kulumisen ja niiden välisen kitkan pienentäminen. /1/, /2/, /4/

Voiteluaine voi käyttötarkoituksesta ja kohteesta riippuen olla nestettä, kaasua tai kiinteää ainetta. Nestemäisistä voiteluaineista yleisimmin käytetty on öljy. Kaasumaisista yleisimmin käytetään ilmaa ja kiinteiksi luokiteltavista voiteluaineista erilaisia rasvoja. /1/, /4/



Kuva 2. Voiteluaineiden ryhmittely. /4/

3.2. Voiteluaineen ominaisuudet

Voiteluaineelta vaadittavat ominaisuudet vaihtelevan voitelukohteen mukaan. Moottorissa käytettävältä voiteluaineelta vaaditaan monipuolista suorituskkyä, koska sillä voidellaan monenlaisia kone-elimiä, kuten laakereita, mäntiä, sylintereitä ja venttiilikoneistoa. Käytettävän voiteluaineen viskositeetin tulee olla riittävän suuri, että se pystyy kaikissa käyttöolosuhteissa estämään metallien kosketuksen keskenään. Pintojen väliin tulevan voitelukalvon muodostumiseen vaikuttavat voiteluaineen ominaisuudet, kuten paineen ja viskositeetin vaikutus voiteluaineen koostumukseen. /1/, /4/, /5/

Taulukko 1. Voitelukohteen asettamia vaatimuksia voiteluaineelle. /4/

Voitelu-aineen ominaisuus	Liuku-laakerit	Vierintä-laakerit	Suljetut vaihteistot	Avoimet vaihteistot, köydet, ketjut	Instrumentit, kellot
Rajavoitelu	+	++	+++	++	++
Jäähdytys	++	++	+++	-	-
Kitka	+	++	++	-	++
Kyky pysyä kohteessa	+	++	-	+	+++
Tiivistäminen	-	++	-	+	-
Lämpötila-alue	+	++	++	+	-
Korroosionesto	+	++	-	++	-
Haihtuvuus	+	+	-	++	++

+++ = hyvin tärkeä ominaisuus

++ = tärkeä ominaisuus

+ = suositeltava ominaisuus

- = merkityksetön ominaisuus

Öljyn yleinen käyttö voiteluaineena johtuu erityisesti sen hyvästä viskositeetista. Öljy muodostaa voideltaville pinnoille öljykalvon, joka estää metallipintoja koskettamasta toisiinsa. Toimivan voitelun aikaan saamiseksi voiteluöljyä on oltava riittävästi. Tämän lisäksi öljynpaineen on oltava sopiva ja öljyn lämpötilan oikea. /4/, /5/

3.3. Voiteluöljyn puhdistus

Moottorin voiteluöljyyn joutuneet epäpuhtaudet, kuten metallilastut ja pöly, aiheuttavat moottorin osien vaurioitumista ja nopeaa kulumista. Voiteluöljy tulee säilyttää puhtaissa olosuhteissa lian pääsyn estämiseksi ja siitä moottorin järjestelmiin. Lian pääsyn estämiseksi moottorin öljyaukot kannattaa sulkea pölytiivisti. Osa epäpuhtauksista pääsee moottorin voiteluöljykanaviin ja -putkistoihin jo valmistus- ja kokoonpanovaiheessa. Epäpuhtauksia öljykanaviin ja öljynputkistoihin saattaa päätyä huolimattoman jäysteen poiston seurauksena. Käytön aikana metallinpalat irtoavat ja lähtevät liikkeelle moottorin öljyjärjestelmään aiheuttaen mahdollisesti vaurioita. /5/

Vaikka voiteluöljyä yritetään suojata epäpuhtauksilta ennaltaehkäisevin toimenpitein, epäpuhtauksia kuitenkin päätyy öljyyn. Tämän vuoksi käytettävä öljy on puhdistettava. Haitallisimpia epäpuhtauksia ovat kiinteät epäpuhtaudet, mutta ne ovat melko helposti poistettavissa öljystä suodattamalla. /5/

4. LAAKERIT

4.1. Laakereiden voitelu

Laakerit ovat moottorin tärkeimpiä kone-elimä. Voiteluöljyllä pyritään vähentämään laakeripinnoilla syntyvää kitkaa. Liukulaakerit voidaan jakaa neljään ryhmään niiden toiminnan perusteella: voitelemattomat laakerit, itsevoitelevat laakerit, hydrodynaamiset laakerit ja hydrostaattiset laakerit. /1/, /5/

Voitelemattomat laakerit valmistetaan yleensä muovista, kuten polyamidista, polytetrafluoroeteenistä tai grafiitista. Näiden laakereiden etuna on halpa hinta ja huollon tarpeettomuus. Voitelemattomat laakerit soveltuvat rakenteisiin, joissa voiteluaineen käyttö ei ole mahdollista. Käyttöä rajoittavat kuitenkin heikko kuormankantokyky sekä soveltumattomuus suurille liukunopeuksille. /1/

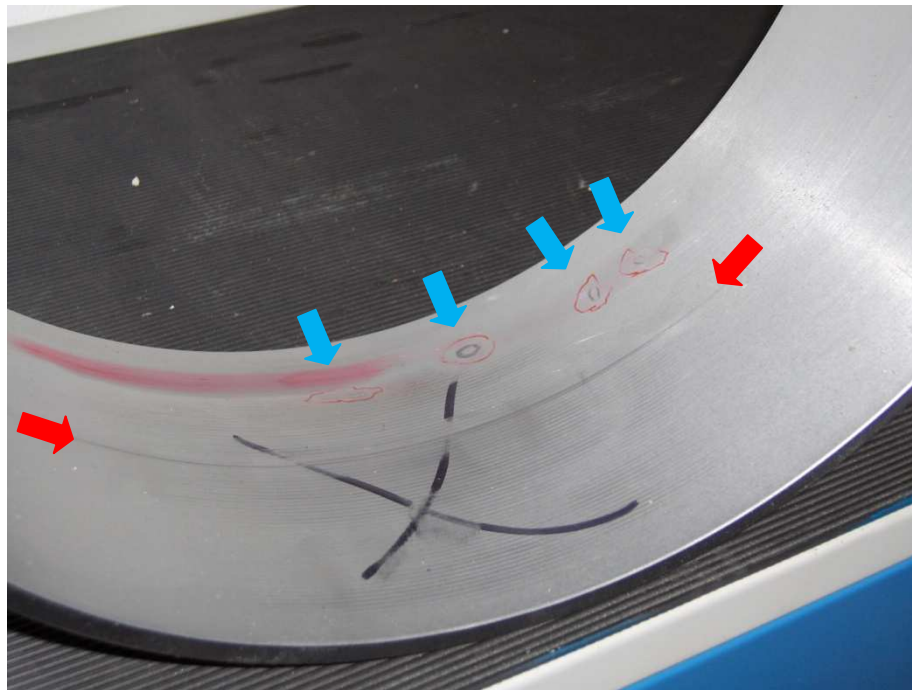
Itsevoitelevat laakerit ovat huokoisia metallilaakereita, jotka on kyllästetty voiteluaineella. Voiteluöljyllä kyllästetyissä liukulaakereissa öljykalvo erottaa pinnat toisistaan. Laakereiden etuna on vähäinen huollontarve ja ulkopuolisen voitelun tarpeettomuus. Itsevoitelevien laakereiden käyttöä rajoittaa niiden huono työstettävyys, koska työstölastut tukkivat helposti laakerin huokokset. /1/

Hydrodynaamisissa laakereissa liike saa aikaan kuormaa kantava paineen voiteluainekalvoo. Hydrodynaamiset laakerit toimivat käynnistyksen yhteydessä vain osittain voideltuina. Voiteluainekalvon puuttuessa tai ollessa vajaa metallipinnat ovat koskettavat toisiaan. Tällöin laakeripinnat kuluvat korkeamman kitkan vuoksi ja pinnoille saattaa tulla naarmuja. /1/

Hydrostaattisissa laakereissa liukupinnat pidetään erillään toisistaan voiteluainekalvon avulla. Voiteluainekalvo saadaan aikaan paineistamalla öljy pumpun avulla. Hydrostaattisissa laakereissa suojaava kalvo on olemassa jo moottorin alhaisissa pyörimisnopeuksissa. Kun moottoria käynnistetään tai pyöritetään ennen käynnistystä, esimerkiksi valmistusvaiheessa, akselin ja laakerin välissä ei vielä kuitenkaan ole voiteluöljyä. /1/, /5/

4.2. Syitä laakerivaurioihin

Laakerivaurioista noin 80 % johtuu jonkinlaisesta laiminlyönnistä. Nämä laiminlyönnit voidaan jakaa seuraavasti: likaa laakereissa (44 %), asennusvirhe (14 %), valmistusvirhe (12 %) ja voiteluöljyhäiriö (10 %). Loput 20 % laakerivaurioista johtuu laakerin ylikuormituksesta, korroosiosta tai muusta vastaavasta. Voiteluöljyhäiriövaurioissa laakeri ja akseli ovat kosketuksissa toisiinsa puutteellisen voitelun takia. Tällainen metalli-metalli kosketus aiheuttaa laakerin nopeaa kulumista ja kuumenemistä. /5/



Kuva 3. Vaurioitunut laakeri. /3/

5. MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ

Voitelujärjestelmät, joissa voiteluaineena käytetään öljyä, jaetaan yleensä kahteen järjestelmään: kiertoöljyvoiteluun ja tuoreöljyvoiteluun.

Kiertoöljyvoitelu tapahtuu paineella, joka saadaan aikaan öljypumpulla. Pumpulla imetään öljyä moottorin öljyaltaasta ja pumpataan öljy edelleen jäähdyttimen ja suodattimen kautta öljyputkiin ja -kanaviin. Öljy johdetaan kanavia pitkin voideltavaan kohteeseen esimerkiksi laakereille, nokka-akseleille, sylintereihin ja venttiilikoneistoille. Voidelluista kohteista öljy valuu takaisin öljyaltaaseen. /2/, /5/

Tuoreöljyvoitelua kutsutaan myös läpivirtausvoiteluksi. Tuoreöljyvoitelussa öljy poistuu moottorista virrattuaan voitelukohteen läpi. Tällaista voitelua käytetään yleensä suurten dieselmoottoareiden sylintereiden voiteluun, jolloin tarvittava öljymäärä voidaan syöttää porausten kautta suoraa sylintereiden seinämiin. /5/

Moottoria voidaan myös esivoidella. Esivoitelulla laakereiden kuluminen on saatu pienenemään lähes puoleen. Arvellaan, että moottorin mekaanisesta kulumisesta suuri osa tapahtuu juuri käynnistyksen yhteydessä. Tällöin metallipinnat ovat vastakkain ilman suojaavaa öljykalvoa. /2/

6. W32-MOOTTORIN VALMISTUS

Vaasassa W32-moottoreita valmistetaan kokoonpanolinjalla ja pilottiverstaassa. Moottoreita valmistetaan V- ja rivimoottoreina, joiden erona on sylinterireiden sijoittelu. Tämän lisäksi moottoreita valmistetaan eri polttoaineille sopiviksi. W32-moottoria valmistetaan nestemäisellä polttoaineella toimivana sekä GD-moottorina. GD-moottorissa polttoaineena voidaan käyttää kaasua tai dieseliä, myös raakaöljy käyttö on mahdollista.



Kuva 4. Wärtsilän W20V32-moottori. /15/

W32-moottorin kokoonpanolinja koostuu seitsemästä vaiheesta. Moottori voidaan toimittaa generaattorin kanssa tai ilman. Generaattori asennetaan seitsemännen vaiheen jälkeen, sille varatulla asennuspaikalla. Kokoonpanon vaiheet on suunniteltu siten, että moottori siirtyy yhden vaiheen eteenpäin kerran päivässä. Kokoonpanohalli on seitsemän vaiheen lisäksi jaettu kahteen linjaan, joista toisessa yleensä kokoonpannaan rivimoottoreita ja toisessa V-moottoreita. Pilotissa moottori läpikäy samat vaiheet kuin linjakokoonpanossa, sillä erotuksella, että pilotissa moottori kootaan alusta loppuun samassa paikassa. Yleensä pilotissa kootaan erikoismoottorit, jotka linjalla saattaisivat aiheuttaa moottorin läpimenoajan pidentymistä ja täten turhaa tuotannon seisomista.

Osa moottorin komponenteista tulee kokoonpanopaikalle valmiiksi koottuna osakokoonpanona. Osakokoonpanot voidaan helposti liittää moottoriin. Tällaisia osakokoonpanoja ovat esimerkiksi polttoainemoduulit, pumppukoneikot, turbot ja sylinterikannet.

Moottorin valmistukseen liittyy useita työvaiheita. Kun valettu lohko saapuu tehtaalle, se koneistetaan ja jäystetään. Koneistuksen jälkeen lohko pestään ja koeponnistetaan. Koeponnistamisen jälkeen lohko siirretään kokoonpanohalliin tai pilottiverstaaseen. Tämän jälkeen moottori läpi käy seitsemän vaihetta, joissa moottori kootaan valmiiksi asti.

Moottori viimeistellään kokopanelinjan vaiheessa seitsemän. Tässä vaiheessa moottorista asennetaan pääasiassa enää koteloita, luokkuja ja suojuksia. Vaiheessa seitsemän moottoriin tehdään jonkin verran sähkötöiden viimeistelyä. Polttoaine-, ilma- ja vesijärjestelmien tiiveystestaamiset suoritetaan myös vaiheessa seitsemän.

7. W32-MOOTTORIN JÄRJESTELMIEN TIIVEYSTESTAAMINEN

Moottori viimeistellään kokoonpanolinjan vaiheessa seitsemän. Tässä vaiheessa moottorille suoritetaan myös mahdolliset tiiveystarkastukset. Tällä hetkellä kokoonpanolinjalla testataan polttoaine-, vesi- ja ilmajärjestelmien tiiveys. Öljyjärjestelmän tiiveys testataan vasta koeajossa. Moottorin öljyjärjestelmän testaaminen esitellään kappaleessa 9.

7.1. Polttoainejärjestelmä

Polttoainejärjestelmän tiiveys testataan saippualliuoksen avulla. Järjestelmä suljetaan laipoin ja paineistetaan 2 bar:n paineeseen. Tämän jälkeen saippualliuosta suihkutetaan polttoainejärjestelmän kaikkiin mahdollisiin liitoksiin, laippoihin ja venttiileihin. Jos liuos kuplii, kyseinen kohta vuotaa. Testauksen jälkeen järjestelmä tyhjennetään, sulkulaipat poistetaan ja mahdolliset vuodot korjataan. /8/



Kuva 5. Polttoainejärjestelmän tiiveystestaaminen. /8/

7.2. Vesijärjestelmät

Moottorissa on kaksi vesijärjestelmää, LT- ja HT-järjestelmät. Molemmat järjestelmät testataan samoin kuin polttoainejärjestelmä. Testattava järjestelmä laipoitetaan ja paineistetaan 2 bar:n paineeseen. Saippualliuosta suihkutetaan järjestelmän pumppuun, sekä kaikkiin venttiileihin, laippoihin ja liitoksiin.



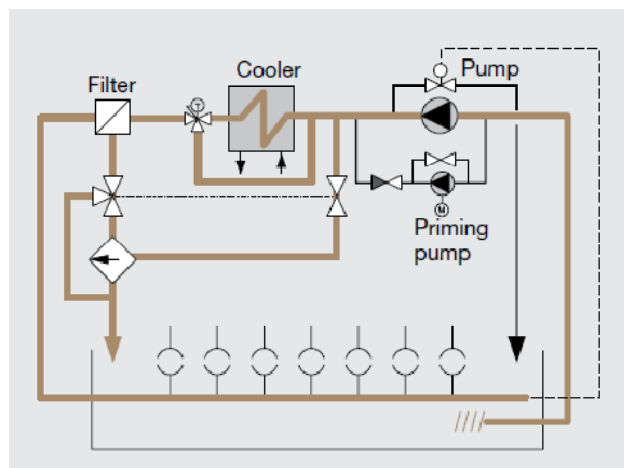
Kuva 6. Moottorin vesijärjestelmän tiiveystestaamista. /8/

7.3. Käynnistysilmajärjestelmä

Käynnistysilmajärjestelmä testataan saippualliuoksen avulla, kuten muutkin järjestelmät. Paine järjestelmässä testauksen yhteydessä on 2 bar:ia. Käynnistysilmajärjestelmän tiiveystestaamisen jälkeen testataan järjestelmän toimivuus. Käynnistysilma järjestelmää testattaessa on jokainen liitos tutkittava tarkasti, koska järjestelmässä on aina ohivuotoja. /8/

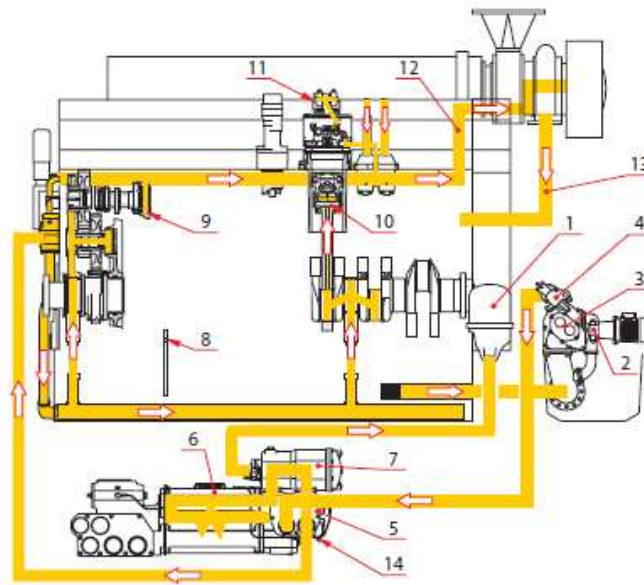
8. W32-MOOTTORIN ÖLJYJÄRJESTELMÄ

Moottorin öljyjärjestelmä koostuu öljyaltaasta, öljypumpusta, voiteluöljy-moduulista sekä öljyputkista ja -kanavista. Voiteluöljymoduulissa tapahtuu öljyn suodatus ja jäähdytys. Moottoreissa on usein myös esivoitelupumppu. W32-moottorit ovat yleensä märkäsumppuvoitelulla, mutta myös kuivasumppuvoitelulla moottoreita valmistetaan. /11/, /17/



Kuva 7. W32-moottorin öljyjärjestelmä periaatekuva. /11/

Kuvassa 8. on esitettyä moottorin öljynkierto järjestelmä tarkemmin. Moottori on varustettu voiteluöljypumpulla (3). Pumppu imee öljyä moottorin öljyaltaasta ja pakottaa sen jäähdyttimen (6) läpi, jossa lämmönsäätöventtiilillä (5) säädellään öljyn lämpötilaa. Tämän jälkeen öljy suodatetaan automaattisessa voiteluöljyn suodattimessa (7) ja johdetaan voideltaviin kohteisiin. Automaattisuodattimesta osa öljystä saattaa ohivirrata putkistoa pitkin keskipakosuodattimeen (1), josta öljy valuu takaisin öljyaltaaseen. Voideltavia kohteita moottorissa ovat muun muassa runkolaakerit, männän tapit (10) ja männän helma, nokka-akseli (9), ruiskutuspumppu ja keinuivut (11). Lisäksi turboahtimen öljyjärjestelmä (12 ja 13) on liitettyä moottorin voiteluöljyjärjestelmään. Moottorista riippuen generaattorilla on joko yhteinen tai erillinen öljyjärjestelmä moottorin kanssa. /17/



Kuva 8. Moottorin öljynkierto järjestelmä. /17/

Moottorin öljyjärjestelmään kuuluu useimmiten sähkökäyttöinen esivoitelupumppu (2). Öljynpainetta jakeluputkistossa voidaan säädellä öljypumpussa olevalla paineen säätöventtiilillä (4). Käyttämällä sopivaa painetta mahdollistetaan laakereiden riittävä voitelu. Jos moottori käynnistetään kylmällä öljyllä saattaa öljynpaine hetkellisesti nousta, mutta tasoittuu öljyn lämmettyä. Moottorin öljyjärjestelmään kuuluu lisäksi öljytikku (8) ja näytteenotto-venttiili (14), joka on sijoitettu öljyn suodattimen jälkeen. /17/

9. MOOTTORIN KOEAJO

9.1. FAT-testi

Jokainen tehtaalta lähtevä moottori testataan ja koeajetaan ennen luovutusta. FAT-testin sisältö riippuen siitä minkä tyyppinen (Diesel, DF, SG, GD) moottori on kyseessä ja mihin käyttötarkoitukseen kyseinen moottori menee. Testi noudattaa ISO 15550-standardin vaatimuksia. Testaamisen jälkeen moottori korroosio suojaetaan, puhdistetaan ja maalataan ennen kuin se pakataan ja toimitetaan. Jos moottorissa ilmenee testaamisen aikana puutteita tai vuotoja, siitä tehdään virheraportti. /6/, /9/

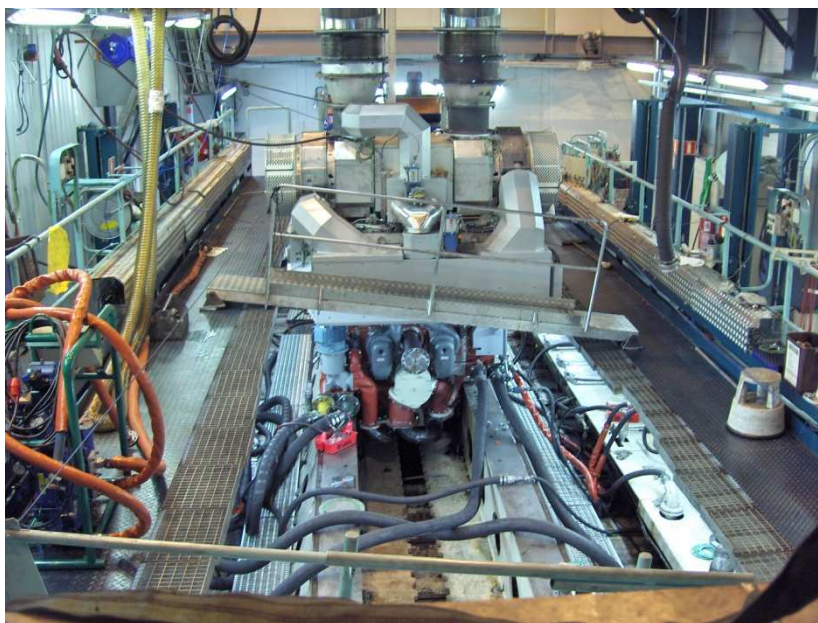
Koeajon tarkoituksena on varmistaa, että mahdolliset valmistusviat ja vuodot saadaan poistettua. Lisäksi halutaan varmistua, että kaikki moottorin osat toimivat moitteettomasti ennen kuin moottori toimitetaan eteenpäin. Koeajosta saadaan raportti, joka allekirjoitetaan Wärtsilän, asiakkaan sekä luokituslaitoksen toimesta. Tällä varmistetaan, että moottorille asetetut vaatimukset täyttyvät. Koeajon aikana moottorin kuormitusta vaihdellaan ennalta sovitun koeajosuunnitelman mukaisesti. /6/, /9/

Ennen testaamisen aloittamista, tarkistetaan, ettei moottorissa ole ilmennyt vuotoja voiteluöljy-, polttoaine- ja jäähdytysjärjestelmien täyttämisen jälkeen. Tarkistetaan, että käynnistys- tai ohjausilma järjestelmissä ei ole vuotoja. Katsotaan, että moottori alkaa pyöriä painettaessa käynnistysilman ohjausventtiiliä. Moottorin käydessä tarkistetaan uudelleen, ettei vuotoja ole ilmaantunut. /6/, /9/

9.2. Öljyjärjestelmän tiiveystestaaminen

Koeajossa on kolme koeajosellia W32-moottoreille. Kaasumoottoreille on oma koeajo eri puolella tehdasaluetta. Koeajon tehtävänä koekäyttää moottoreita ja tarkistaa moottorin toiminta sekä etsiä mahdollisia vikoja ja vuotoja. Mahdollisista ilmenevistä vioista tai vuodoista tehdään vikaraportti ja vika korjataan.

Moottori siirretään kokoonpanosta tai pilottiverstaalta koeajoon joko suoraa tai välivaraston kautta. Tämä riippuu siitä miten nopeasti moottori täytyy saada eteenpäin ja onko koeajossa tilaa. Kun moottori siirretään koeajoon, se kiinnitetään koeajosellissa olevaan petiin. Moottori asennetaan tarvittaessa kiinni koeajopedissä olevaan generaattoriin. Tämän jälkeen tehdään tarvittavat asennukset, kuten öljy- ja vesiputkien kiinnitykset sekä pakoputkien asennus.



Kuva 9. W32-moottori koeajosellissa. /3/

Vesi pumpataan jäähdytysjärjestelmään, kun tarvittavat asennukset on tehty. Veden täytön jälkeen tarkistetaan mahdolliset vuodot. Jäähdytysjärjestelmän tarkistamisen jälkeen pumpataan öljy moottorin öljyaltaaseen. Moottorin luukut ja suojakotelot avataan ja tarkistetaan voiteluöljyn kierto öljynpaineen ollessa päällä. Tarkistuksessa katsotaan kulkeeko öljy kaikista paikoista, joista sen kuuluu

kulkea. Tällaisia paikkoja ovat muun muassa laakerit, männät, nostajien rullat, polttoainepumpun rullat, venttiilikoneisto, hammaspyörien roiskevoitelu sekä tarkistusreiät. Edellä mainittujen lisäksi tarkistetaan, että öljy menee generaattorille, turboahtimelle ja säätäjäpyörälle. Kun tarkistus on tehty, luukut ja suojat voidaan sulkea.

Ennen kuin moottori käynnistetään, käynnistetään moottorin esivoitelu. Esivoitelupumpun annetaan olla päällä mahdollisimman kauan, että jokaisella laakerilla on varmasti suojaava öljykalvo ennen moottorin käynnistystä. Kun esivoitelua on pyöritetty riittävästi, moottori käynnistetään.

Moottorin käynnistyksen jälkeen tarkistetaan ilmeneekö öljyvuotoja. Koeajon jatkuessa vuotojen tilannetta seurataan edelleen. Tällöin tarkistetaan onko uusia vuotoja ilmennyt. Jos vuotoja on jo aiemmin ilmennyt, tarkistetaan ovatko ne pahentuneet. Jos pahoja vuotoja ilmenee, täytyy koeajo keskeyttää ja vuodot korjata välittömästi. Pienet vuodot voidaan korjata koeajon päätteeksi. Vuotanut moottori täytyy useimmiten koeajaa uudelleen. Ainoastaan todella pienten vuotojen yhteydessä toinen koeajo voidaan jättää suorittamatta.

10. MOOTTORIN KOKOONPANO-OHJEET

Öljyvuotoja ja niiden määrää tarkasteltaessa tavoitteeksi täytyy ottaa, että öljyvuotoja ei ilmenisi. Öljyvuotoja moottoreissa kuitenkin ilmenee ja suurin osa niistä johtuu ihmisen toiminnasta tavalla tai toisella. Tästä syystä kokoonpanolinjan asennusohjeita päätettiin tarkastella ja tutkia onko ohjeissa puutteita.



Kuva 10. Rivimoottori kokoonpanolinjalla. /3/

Moottoreiden kokoonpano-ohjeet ovat saatavilla Wärtsilän sisäisestä verkosta. Ohjeista valitaan onko kyseessä rivi- vai V-moottori ja millä polttoaineella moottori toimii. Lisäksi valitaan minkä vaiheen ohjeita halutaan tarkastella. Generaattorin asennusvaiheen ohjeet löytyvät myös samasta paikasta. Jokainen vaihe on jaettu pienempiin osakokonaisuuksiin, joihin on laadittu kokoonpano-ohjeet.

Ohjeissa on käyty läpi kaikki moottorin kokoamisen vaiheet. Ohjeissa on kyseisen vaiheen perusasiat selitettynä. Lisäksi ohjeissa on kyseiseen vaiheeseen liittyviä valokuvia, jotka selkeyttävät kyseistä asennusta. Ohjeista löytyy myös paljon linkkejä lisätietoihin tai piirustuksiin. Linkitykset ovat hyviä, koska tällöin itse ohjeista ei tule pitkiä ja raskaita. Linkitysten haittana on se, että ne vaativat aina Internet-yhteyden Wärtsilän sisäiseen verkkoon. Ohjeita kuitenkin käytetään

ainoastaan Wärtsilän toimitilojen sisäpuolella, joten Internet-yhteyden saatavuudessa ei pitäisi olla ongelmaa.

Ohjeissa toistuu useasti, osakokonaisuudesta ja vaiheesta riippumatta, muistutus siitä, että pienikin naarmu, roska tai huokonen voi myöhemmässä vaiheessa aiheuttaa moottorissa ongelmia tai vaurioita. Tämän lisäksi monen vaiheen asennusohjeessa on erityishuomioita puhdistukseen, imurointiin, pyyhintään, poistamiseen, ja tarkistukseen. Ohjeissa painotetaan myös työn huolellisuutta.

Öljyjärjestelmien tiiveyteen ja vuotamattomuuteen vaikuttavissa ohjeissa, kuten öljyputkien, tulppien ja o-renkaiden asennusohjeissa ei ollut havaittavissa puutteita. Haastattelut asentajien keskuudessa kuitenkin paljastivat, että ohjeita ei kovin paljon lueta. Asentajat kuitenkin tiesivät miten ohjeet löytyvät yrityksen intranetistä. Kokoonpanon ohjeistus uusille asentajille ei siis tapahdu ohjeiden avulla, vaan vanhan työntekijä opastavat uutta työntekijää. Tällaisessa opastuksessa on vaarana se, että puhtauden ja huolellisuuden painottaminen unohtuu.

Kokoonpanijoiden asenteisiin voitaisiin vaikuttaa esimerkiksi pitämällä koulutuksia tai muita vastaavia puhtauden tärkeydestä. Tällöin saatettaisiin asentajien keskuudessa paremmin ymmärtää, että moottorin puhtaudesta huolehtiminen ei ole mikään asentajien kiusaksi keksitty toimenpide, vaan tärkeä osa moottorin moitteetonta toimintaa.

Asentajia haastatteleamalla selvisi, että muutamat intranetissä olevista kokoonpano-ohjeista eivät olleet ajan tasalla. Jos ohjeet eivät ole ajan tasalla, niiden käyttäminen ilman asiantuntemusta saattaa aiheuttaa vaaratilanteita ja jopa vauriota moottoriin.

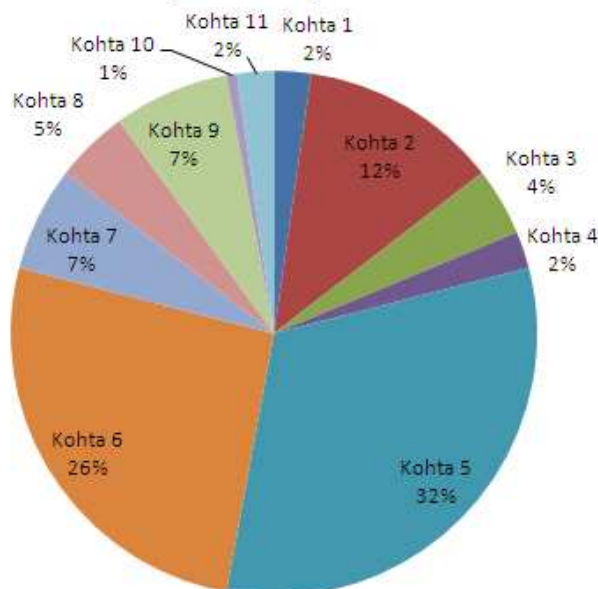
10. FAT-RAPORTTIEN ANALYSOINTI

10.1. Öljyjärjestelmän yleisimmät vuotokohdat

Opinnäytetyössä vuotokohtien analysointiin on käytetty vuoden 2009 FAT-raportteja. Koska mitään suurempia muutoksia ei ole tehty, voidaan olettaa vuotojen jakauman olevan vuonna 2010 samaa luokkaa.

Kuvassa 11. on esitetty moottoreiden yleisimmät vuotokohdat. Kohdat ovat taulukossa ainoastaan numeroin merkittynä ja Wärtsilän tiedossa on todelliset vuotokohdat numeroiden takana.

FAT-raporteista analysoidut yleisimmät vuotokohdat



Kuva 11. Moottoreiden yleisimmät vuotokohdat.

10.2. Syitä öljyvuotoihin

Ihmisen toiminnasta johtuviin vuotoihin auttaa huolellisuuden lisääminen ja laatuun panostaminen asennus- ja valmistustyössä. Kokoonpanijoille täytyy korostaa huolellisen asennustyön merkitystä moottorin kaikissa vaiheissa. Alihankkijoilla tulee asettaa laatuvaatimukset, joita tulee noudattaa.

Ohjeistuksista huolimatta vuotoja kuitenkin esiintyy. Tällaisissa tilanteissa palaute vuodosta täytyisi päätyä myös asentajalle tai valmistajalle, että tapahtuneesta voitaisiin oppia. Etua saattaisi olla, jos öljyjärjestelmä testattaisiin asennustilassa. Tällöin palaute asentajille tulisi nopeasti. Nyt tieto mahdollisesta vuodosta tulee tehdasalueen toiselta puolelta.

10.3. Öljyvuotojen raportointi ja raportoinnin kehittäminen

Moottoreiden FAT-raporteista oli helposti ajettavissa Excel-raportteja moottoreista, joissa jotain vuotoja oli ilmennyt. Tästä raportista oli vielä melko helppoa löytää öljyvuodot, koska useimmiten teksti kenttään oli määritelty vuotava järjestelmä. Raporteista löytyi kuitenkin rivejä, joissain vuotavaa järjestelmää ei ollut selvästi merkitty, ei myöskään vuotokohtaa. Tällaisista riveistä on jälkeenpäin mahdotonta päätellä, minkä järjestelmän vuoto on ollut kyseessä.

Koeajon asentajia haastateltaessa kävi ilmi, että kaikkein pienimmät korjaukset saattavat jäädä merkitsemättä FAT-raportteihin. Tällaisia korjauksia ovat pääasiassa liitinten kiristämiset. Tällainen nopeasti korjattavissa oleva asia jää kirjaamatta ylös useimmiten, jos moottorissa ei ole mitään muuta vuotoa tai korjausta joka vaatisi raportoinnin.

Jokainen asentaja kirjaa mahdolliset vuodot raportteihin omalla tavallaan. Tästä aiheutuu se, että raporteista on vaikea päätellä missä vuoto sijainnut. Tiettyjen vuotojen etsiminen raporteista helpottuisi huomattavasti, jos esimerkiksi vikakoodeissa olisi vaihtoehdot eri järjestelmien vuodoille, eikä vain yleisesti merkintä vuoto.

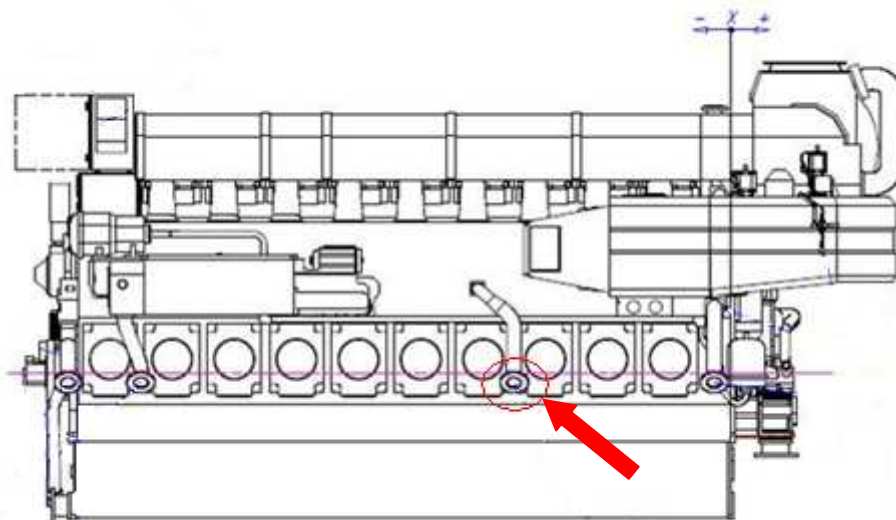
Aiheellista saattaisi olla selkeiden ohjeiden laatiminen vian raportointia varten. Ohjeissa voitaisiin esimerkiksi määritellä vähimmäistiedot, jotka tulisi vuodosta tai viasta merkitä. Lempinimiä tai muita slangisanoja tulisi raporteissa välttää, ellei käytettävä nimitys ole jo niin vakiintunut, että voidaan katsoa olevan yrityksessä yleisesti käytössä.

11. MOOTTORIN ÖLJYNKIERRON TESTAAMINEN KOEAJOSSA

11.1. Öljynkierron testaus

Öljyn kierrättämistä moottorissa päätettiin kokeilla käytännössä. Testissä haluttiin selvittää voitaisiinko moottorin varaöljypumpun liityntää käyttää hyväksi öljyn kierrättämiseksi moottorissa.

Rivimoottoreissa varapumpun liittämisaika sijaitsee yleensä lohkon kyljessä. Liitäntä on käytössä ainoastaan päämoottoreissa, jolloin siitä on vedetty liitäntäputki lohkokosta alas. Tämän putken paikka saattaa vaihdella turbon sijainnin mukaan. Liittämisaika lohkokosta kuitenkin löytyy, vaikka kyseessä ei olisikaan päämoottori. Tällöin lohkokossa oleva liityntä on suljettu umpilaipalla



Kuva 12. W9L32- moottorin, varapumpun liityntä.

Testaamista varten tarvittiin tila, jossa testaamisen voi suorittaa, vapaana oleva moottori, asentaja, öljy sekä pumpun öljyn pumppaamiseen. Testitilaksi saatiin koeajon kakkosselli. Koeajossa on myös valmiina öljypumput ja öljysäiliöt, joten niitä ei tarvinnut erikseen järjestää, vaikka myös se olisi ollut mahdollista. Koeajosta saatiin järjestettyä muutama asentaja avustamaan testissä.

Moottori, jota testissä käytettiin, oli W6L32 common rail. Moottoriin oli asennettuna generaattori. Moottori siirrettiin koeajoon pilottiverstaasta, jossa moottoria koottiin. Asentajat kiinnittivät moottorin testipetiin. Moottorille tehtiin perustarkistus, siitä onko kaikki tarvittavat tulpat kiinnitetty. Tämä oli tärkeä vaihe, koska testattava moottori ei vielä ollut täysin valmis.



Kuva 13. Koeajossa valmistettu liitinkappale öljyputken liittämiseksi moottoriin.

Moottorille täytyi valmistaa liitinkappale (kuva 13.), jolla öljyputki liitetään moottoriin. Liityntäkappale tarvittiin, koska kyseessä ei ollut päämoottori. Varapumpun liityntää ei ollut otettu käyttöön, joten paikka liittynnälle löytyi moottorin rungosta umpilapilla suljettuna.

Kun tarvittavat alkutoimenpiteet oli tehty, voitiin öljyputki liittää moottoriin. Tämän jälkeen öljyn pumppaaminen voitiin aloittaa. Kun öljyn pumppaaminen oli käynnistetty, tarkkailtiin alkaisiko öljy kiertää moottorissa kyseisestä liittynnästä. Hyvin nopeasti öljy alkoikin valua kampiakselin porausrei'istä, venttiilikoneistosta ja muista paikoista. Öljyn syöttäminen moottoriin voitiin lopettaa ja todeta öljynkiertotestin onnistuneen.

11.2. Öljynkiertotestin tulokset

Testissä käytetty moottori ei vielä ollut täysin valmis, mutta siitä huolimatta sitä voitiin testata. Tästä voidaan päätellä, että moottorin testaaminen kokoonpanolinjan vaiheessa seitsemän olisi mahdollista, vaikka moottori ei ole täysin valmis. Moottorille tehdään vaiheessa vielä viimeistelyä ja suojusten asennuksia.

Testissä todettiin, että varaöljypumpun liitäntää voidaan helposti käyttää öljynkierrättämiseen moottorissa. Jos testaamista ryhdyttäisiin tekemään kokoonpanolinjalla, täytyisi moottoreille olla liityntäkappaleita. Liityntäkappaleita tarvittaisiin V-moottoreille ja sellaisia rivimoottoreita varten, joissa varapumpun liityntä löytyy ainoastaan lohkosta. Kun tällaiset liityntäkappaleet olisi kerran tehty, niin niitä voitaisiin tulevaisuudessa käyttää kaikille samanlaisille moottoreille.

Koeajossa moottoriin pumpatun öljyn paine oli noin 1,5 bar, kun se kokoonpanolinjalla tulisi todennäköisesti olemaan alempi. Testattaessa käytetty paine aiheutti öljyn lentämisen useita metrejä kampiakammion luukuista. Pienemmällä paineella öljyä saattaisi myös lentää, mutta ei niin kauas. Korkealla öljynpaineella öljy alkoi todella nopeasti näkyä muun muassa kampiakselin porauksista, nokkakakseleilta sekä venttiilikoneistoilta. Pienellä paineella tähän menisi hieman kauemman aikaa. Öljyn kierrättämistä moottorissa jouduttaisiin joka tapauksessa tekemään useampia minuutteja, että vuotokohdat voidaan visuaalisesti paikallistaa.

Testiin kului kaikkine oheistoimintoineen aamupäivä eli muutamia työtunteja. Tähän aikaan sisältyy testaamisen lisäksi moottorin siirtäminen pilotista koeajoon, moottorin asentaminen kakkoselin testipetiin, muutaman liittymän tulppaaminen sekä liitinkappaleen valmistus. Aikaa tästä öljyn kierrättämiseen meni alle viisi minuuttia. Tässä öljynkiertotestissä ei kuitenkaan jatkettu öljyn kierrättämistä niin kauaa, että mahdolliset vuodot olisivat tulleet esiin.

12. ÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYSTESTAAMINEN

Moottorin öljyjärjestelmän tiiveys pystyttäisiin testaamaan jo kokoonpanolinjalla. Testaaminen voisi tapahtua kokoonpanolinjan vaiheessa seitsemän ennen mahdollista generaattorin asennusta. Tämä vaatisi kokoonpanolinjalla kuitenkin hieman muutoksia.

Taulukko 3. Vertailu koeajon ja kokoonpanolinjan välillä.

ÖLJYJÄRJESTELMÄN TIIVEYDEN TESTAAMINEN	
KOKOONPANO	KOEAJO
+ ajan säästö + työtasot ja työkalut + työntekijät + vuotojen vähentyminen + laakerivaurioiden vähentyminen + muiden järjestelmien testaus	+ öljyn pumppausjärjestelmä + öljyn keräysaltaat + kokemus
– vaiheaika – vuotava öljy – öljyn siirrot ja käsittely	– kiire – asiakas paikalla – ahtaus

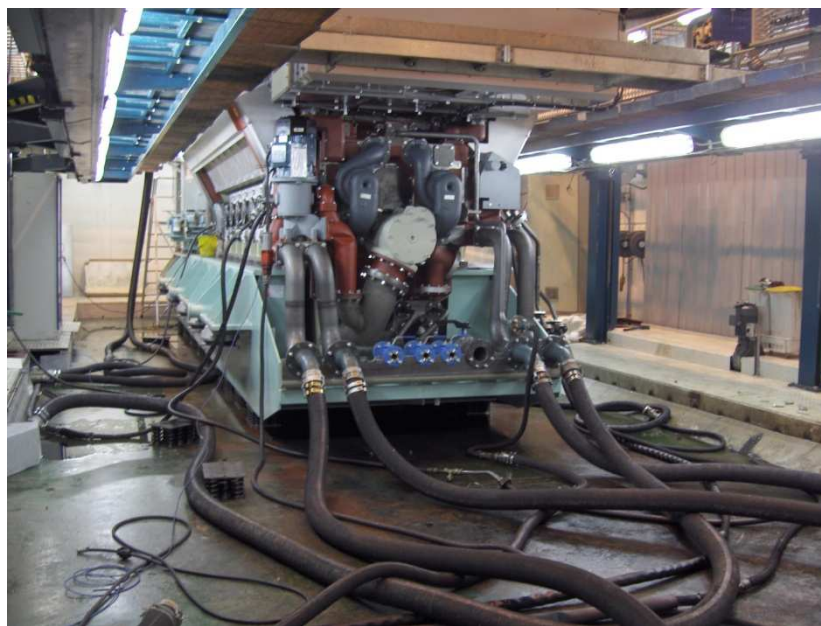
Taulukossa 3. on eritelty kummankin öljyjärjestelmän tiiveystestaus paikan hyvät ja huonot puolet.

12. 1. Testaamisen vaikutukset moottorin asennustilaan ja -aikaan

Moottorin öljyjärjestelmän tiiveystestaaminen kokoonpanolinjalla toisi paljon hyötyjä, mutta myös haittoja. Aikaa järjestelmän testaamiseen menisi kokoonpanolinjalla vähemmän kuin koeajossa. Tämä johtuu osittain siitä, että kaikki moottorin luukkuja ja suojia ei ole vielä asennettu. Tällöin niiden avaamiseenkaan ei menisi aikaa. Aikaa säästyisi, koska öljynkierto olisi jo kokoonpanolinjalla testaamisen yhteydessä tarkistettu, sitä ei enää koeajossa tarvitsisi tehdä. Koeajossa riittäisi yhden kampikammion luukun avaaminen öljyn syöttämistä varten.

Kokoonpanolinjalla olisi paremmat asennustilat ja työtasot mahdollisten vuotojen korjaamiselle. Kokoonpanolinjalla on enemmän tilaa työskennellä kuin koeajossa. Lisäksi kokoonpanolinjalla on useita siirrettäviä nostimia, jotka helpottavat asennustyötä. Koeajossa löytyy myös tasot, joilla tarvittavat asennustyöt voidaan suorittaa. Näitä tasoja ei kuitenkaan voida samalla tavoin siirrellä, kuten kokoonpanolinjalla. Tämä vaikeuttaa ja hidastaa moottorin korjaamista mahdollisissa vuototilanteissa.

Koeajo selleissä ei ole juurikaan vapaata lattia-tilaa, jossa voitaisiin siirrettäviä nostimia käyttää. Kuvasta 14. nähdään, miten vähän vapaata lattia-tilaa sellissä on, kun koeajetaan moottoria generaattorilla. Kuvasta 15. nähdään koeajoselli, kun kyseessä on moottori ilman generaattoria. Tällöin moottori asennetaan erilaiselle koeajopedille, joka on suunniteltu moottoreille ilman generaattoria.



Kuva 14. Koeajosellissä W32-moottori, joka on varustettu generaattorilla. /3/



Kuva 15. Koeajosellissä W32-moottori, jossa ei ole generaattoria. /3/

Kokoonpanolinjan päässä on hieman tilaa ennen generaattorin asennuspaikkaa. Jos moottorin korjaus vaatisi paljon toimenpiteitä, moottori voitaisiin siirtää siihen odottamaan korjausta. Tällöin moottori ei tukkisi moottorin kokoonpano vaihetta seitsemän ja hidastaisi kokoonpanolinjan toimintaa. Koeajossa mitään ylimääräistä tilaa korjaamista varten ei ole.

Öljyjärjestelmän testaaminen kokoonpanolinjalla olisi ymmärrettävää, koska muut järjestelmät jo testataan kokoonpanolinjalla. Tällöin koeajoon toimitettavan moottorin kaikki järjestelmät olisi testattu. Moottorin koeajo voitaisiin aloittaa välittömästi, kun kaikkia tarvittavat kytkennät moottoriin olisi tehty. Koska koeajoon toimitettava moottori olisi heti koeajo valmis, koeajon toiminta nopeutuisi. Kiusallisilta tilanteilta saatettaisiin myös välttyä, koska joissain tilanteissa asiakas on paikalla jo öljyjärjestelmää testattaessa. Yleensä tosin pyritään siihen, että moottori on öljyvuotojen osalta testattu ennen kuin asiakas tulee luovutusajoa tarkkailemaan luokituslaitoksen edustajan kanssa.

Tiiveyden testaamisella kokoonpanolinjalla olisi vähäinen vaikutus moottorin vaiheikaan. Vaiheessa seitsemän on useimmiten kolme mekaanista asentajaa ja kaksi sähkömiestä. Kun öljyjärjestelmää testattaisiin, yhden asentajista tulisi säädellä öljynkiertoa ja kahden muun tulisi tarkistaa öljynkierron toimivuus ja mahdolliset vuodot. Parhaiten tämä luultavasti onnistuisi niin, että toinen asentaja tarkkailee moottoria ylätasolta ja toinen alhaalta.

12.2. Testaamisen vaikutukset laatuun

Koeajossa ilmenevien öljyvuotojen korjaamiseen kutsutaan usein kokoonpanolinjan asentajia. Jos öljyvuodot havaittaisiin jo kokoonpanolinjalla, asentajat olisivat jo valmiiksi samassa tilassa. Turhalta asentajien juoksuttamiselta vältyttäisiin, jos moottori ja asentajat olisivat samassa tilassa. Palaute mahdollisesta vuodosta ja sen syystä tulisi asentajille lähes välittömästi ja myös visuaalisesti. Palaute huolimattomuudesta tai asennusvirheestä saataisiin siis asennuspaikalle. Tämä saattaisi lisätä huolellisuutta ja muuttaa asenteita. Huolellisuuden parantuminen vähentäisi öljyvuotojen määrää.

Moottorin öljyjärjestelmän tiiveyden testaamisella kokoonpanolinjalla olisi myönteinen vaikutus laakereiden voiteluun ja todennäköisesti käyttöikään. Kun öljyä kierrätettäisiin moottorissa jo ennen generaattorin asennusta, laakerit saisivat suojaavan öljykalvon. Tällöin laakerivaurioiden määrä vähentyisi. Öljyn kierrättämisestä päämoottoreiden laakereille ei olisi vastaavaa hyötyä, koska niihin ei generaattoria asenneta. Öljynkierrättämisestä ei kuitenkaan olisi mitään haittaa näillekään moottoreille ja niiden laakereille.

12.3. Lainsäädännön vaikutukset testaamiseen

Öljyjärjestelmän tiiveyden testaaminen ei kuitenkaan ole täysin ongelmaton. Polttoaine-, vesi- ja käynnistysilmajärjestelmien testaaminen on helppoa paineilman ja saippua liuoksen avulla. Öljyjärjestelmää testattaessa joudutaan käyttämään öljyä. Juuri öljy aiheuttaa testaamisen mahdolliset ongelmat ja haasteet.

Jos testaamista ryhdyttäisiin kokoonpanolinjalla suorittamaan, täytyisi vaiheessa seitsemän tehdä jonkin verran lisätoimenpiteitä. Öljy täytyisi säilyttää jossain ja sitä täytyisi pystyä tästä säiliöstä vaivattomasti pumppaamaan moottoriin. Että tarvittavat öljymäärät eivät nousisi liian suuriksi, paras ratkaisu olisi imeä öljy testaamisen jälkeen pois moottorista. Öljy tulisi tällöin kierrättää suodattimen kautta, että moottorista öljyn mahdollisesti tulleet lika partikkelit ja metallilastut eivät pääsisi seuraavaan moottoriin. Kierrätetty öljy pitäisi kuitenkin tietyin välein vaihtaa kokonaan uuteen öljyyn. Lisäksi joka testauksen yhteydessä pieni määrä öljyä jäisi moottorin laakereille ja öljyaltaan pohjalle.

Öljy voitaisiin säilyttää siihen tarkoitukseen suunnitellussa säiliössä, joka täyttäisi tämän hetkisen lainsäädännön vaatimukset öljyn säilytysastialle. Hyvä vaihtoehto öljyn säilytykseen olisi siirrettävä säiliö. Tällainen säiliö ei kuitenkaan pelkästään riitä, sillä lainsäädännössä on runsaasti vaatimuksia vaarallisten kemikaalien käsittelylle ja säilytykselle. Aiheeseen vaikuttavia lakeja ovat muun muassa kemikaalilaki (744/1989) ja laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta niin sanottu kemikaaliturvallisuuslaki (390/2005). Ennen kuin siirrettävää öljysäiliötä voitaisiin ryhtyä käyttämään, täytyisi näiden lainsäädäntöjen vaatimukset selvittää tarkasti.

12.4. Testausjärjestelmän rakentaminen

Kokoonpano vaihe seitsemän jouduttaisiin suunnittelemaan uudelleen, jos öljyjärjestelmän tiiveystestaamiset kokoonpanolinjalla aloitettaisiin. Massiivisia muutoksia kokoonpanolinjalla ei tarvittaisi, ellei kemikaalilainsäädäntö sitä vaatisi. Muutokset kohdistuisivat öljyn säilytykseen, pumppaus- ja imu-järjestelmän rakentamiseen sekä mahdollisten suojusten rakentamiseen.

Öljyn pumppaus ja imu voitaisiin toteuttaa asentamalla öljysäiliöön paine- ja tyhjennuspumput sekä tarvittavat suodattimet. Painepumppuun olisi myös hyvä asentaa säätökytkin, jolla moottoriin pumpattavan öljyn painetta voitaisiin säädellä. Toinen vaihtoehto olisi asentaa jonkinlainen kytkin, jolla pystyttäisiin säätämään helposti pumppua päälle ja pois. Pumpun säätöä tarvittaisiin, että öljynkierron toimivuus voitaisiin moottorissa paremmin todeta. Jos pumpun paine on kokoajan päällä, saattaa öljyä roiskua kampikammion luukuista lattialle.

Yksi haasteista onkin pitää asennustila siistinä kampikammion luukuista roiskuvasta öljystä ja mahdollisista vuodoista. Ratkaisuksi tähän voitaisiin suunnitella muovikalvot tai muovilevyt kampikammion luukkujen eteen. Levy tai kalvo voitaisiin helposti siirtää sivuun tarkistettaessa öljynkierron toimivuus. Tarkistuksen jälkeen kampikammion luukut voitaisiin kunnolla sulkea ja keskittyä mahdollisten öljyvuuotojen tarkkailuun.

Lattian ja työtasojen suojeleminen on haasteellisempaa, koska ne sotkeutuisivat ainoistaan mahdollisten vuotojen yhteydessä. Vuotojen sijaintia on etukäteen mahdotonta tietää. Lisäksi riippuen vuodosta, vuotava öljymäärä saattaa olla useampia litroja. Yleisimmät vuotokohdat kuitenkin tiedetään ja ainakin niiden läheisyydessä olevat työtasot olisi hyvä suojata. Tämä voisi tapahtua esimerkiksi jollain muovikalvolla, joka levitettäisiin tasojen päälle. Lattialle päässyttä öljyä varten täytyisi olla öljynimeytysainetta tai sitten lattiakaivo, joka olisi varustettu öljynerottimella. Mahdollinen ratkaisu saattaisi myös olla valuma-allas, johon maahan vuotanut öljy valuisi.

13. YHTEENVETO

Opinnäytetyössä tutustuttiin W32-moottorin öljynkiertojärjestelmään ja mahdollisuuteen testata sen tiiveyttä kokoonpanolinjalla. Työssä kokeiltiin öljyn kierrättämistä käytännössä, mutta ainoastaan koeajon tiloissa.

Öljyjärjestelmän tiiveyden testaamisesta kokoonpanolinjalla olisi paljon hyötyä. Ongelmia kuitenkin ilmeni öljyn käsittelyssä ja säilytyksessä, sillä öljy kuuluu vaarallisiin kemikaaleihin ja tästä johtuen siihen sovelletaan melko tiukkaa lainsäädäntöä. Tiukka lainsäädäntö on tarpeen, sillä öljyllä on runsaasti haitallisia vaikutuksia ympäristöön.

Järjestelmän testaamisesta kokoonpanolinjalla saatavien mahdollisten hyötyjen rahallista vaikutusta on vaikea arvioida. Hyöty saadaan ehjistä laakereista koeajosta säästetystä ajasta sekä mahdollisesti laadukkaasta imagosta, sillä asiakas epätodennäköisemmin näkisi moottorinsa vuotavan. Jos testauspaikan muuttaminen vähentäisi öljyvuotojen määrää, kuten on ajateltu, siitä olisi taloudellista hyötyä. Tällöin korjauksiin ja uudelleen koeajoihin kuluva aika pienenesi.

Haasteita ja mahdollisia investointeja tulisi pääasiassa öljyn käsittelystä ja säilytyksestä. Lisäksi henkilökuntaa täytyisi alussa kouluttaa järjestelmän testaamiseen sekä öljyn aiheuttamiin työturvallisuus riskeihin. Asenteet saattaisivat aluksi uuteen työvaiheeseen olla negatiiviset.

Kuten aikaisemmin todettiin, öljyjärjestelmän testaaminen kokoonpanossa on mahdollista. Tarkasteltaessa testaamispaikan siirtämisestä saatavia hyötyjä siitä seuraaviin haasteisiin päädytään siihen, että hyvin karkealla hyöty-kustannus analysoinnilla testaaminen näyttäisi kannattamattomalta. Kannattavampaa olisi panostaa öljyvuotojen määrän vähentämiseen muiden keinojen avulla. Jos öljyvuotoja esiintyisi vähemmän, ne kuormittaisivat vähemmän koeajoa ja vähemmän korjaustöitä jouduttaisiin tekemään. Kun korjaustöitä olisi vähemmän, moottori seisoi vähemmän aikaa turhaan. Öljyvuotojen määrän vähentäminen tulevaisuudessa saattaa olla haasteellista, mutta palkitsevaa.

LÄHTEET

- /1/ Airila, Ekman, Hautala, Kivioja, Kleimola, Martikka, Miettinen, Niemi, Ranta, Rinkinen, Salonen, Verho, Vilenius, Välimaa, 1997, Koneenosiensuunnittelu, WSOY, s.421–460
- /2/ Huhtamaa, Rantala, Setälä, 1996, Auto- ja kuljetusalan erikoistumisoppi 2, moottori, Keuruu, Otava, s.101–105
- /3/ Ketola Erika kuvannut 10.5.2010 Wärtsilän Vaasan tehtaan tiloissa
- /4/ Kivioja, Kivivuori, Salonen, 1997, Tribologia-Kitka, kuluminen ja voitelu, 3 p. Helsinki, Otatieto Oy, s.131-184
- /5/ Kleimola, Pohjanpalo, 1981, Autotekniikan käsikirja, Dieselmoottori, Rakenne, toiminta ja korjaukset, Helsinki, Tammi, s.189–379
- /6/ Laivan päämoottoreiden tehdashyväksyntä, Wärtsilän sisäinen dokumentti
- /7/ Moottorin kokoonpanon ohjeistus, Wärtsilän sisäinen dokumentti
- /8/ Tiiveystarkastukset W32-rivimoottoreihin, Wärtsilän sisäinen dokumentti
- /9/ Voimalaitoskäyttöön menevien moottoreiden tehdashyväksyntä, Wärtsilän sisäinen dokumentti
- /10/ Wärtsilä Suomessa - esite, vuodelta 2009
- /11/ Wärtsilän esite W32-moottorista [viitattu 20.4.2010]
<URL:http://wartsila.com/Wartsila/global/docs/en/ship_power/media_publications/brochures/product/engine/medium_speed/wartsila_32_tech_review.pdf>
- /12/ Wärtsilän historia [viitattu 13.5.2010]
<URL:<http://www.warstila.com/,en,aboutus,0,generalcontent,1308CD34-D649-465B-9619-EC755FB952EB-EC5C45A6-35EF-492A-B27E-1A7A456C09F8,,.htm>>

- /13/ Wärtsilän historia vuodesta 1834[viitattu 12.6.2010]
<URL:[http://www.wartsila.com/en/aboutus/0,generalcontent,FB387072-8C9C-40CF-ABCD-056DFD68E87F,47543F0C-E3DC-4379-9080-CD232E5A342A,,7500.htm](http://www.wartsila.com/en/aboutus/0/generalcontent,FB387072-8C9C-40CF-ABCD-056DFD68E87F,47543F0C-E3DC-4379-9080-CD232E5A342A,,7500.htm) >
- /14/ Wärtsilän moottoreiden esittely [viitattu 15.3.2010]
<URL:<http://wartsila.com/en/productservices/productportfolio,,3611923571543040,no,8000.htm>>
- /15/ Wärtsilän sisäinen kuvapankkipalvelu
- /16/ Wärtsilän yritys esittely vuosiraportissa [viitattu 15.3.2010]
<URL:[http://www.annualreport2009.wartsila.com/Home/Business/This is Wärtsilä/ Default.aspx](http://www.annualreport2009.wartsila.com/Home/Business/This%20is%20Wartsila/Default.aspx)>
- /17/ W32 huolto-ohje, Lubricating Oil System, Wärtsilän sisäinen dokumentti