



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU  
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Jere Hämäläinen

W31-MOOTTORITUOTEPERHEEN  
NESTEKIERRON  
TYHJENNETÄVYYDEN  
TARKASTELU

Tekniikka  
2018

## TIIVISTELMÄ

Tekijä	Jere Hämäläinen
Opinnäytetyön nimi	W31-moottorituoteperheen nestekierron tyhjennettävyyden tarkastelu
Vuosi	2018
Kieli	suomi
Sivumäärä	21
Ohjaaja	Osku Hirvonen

---

Tämä opinnäytetyö käsittelee W31-moottorituoteperheen tyhjennettävyyttä. Opinnäytetyön toimeksianto saatiin Wärtsilältä. Tavoitteena oli laatia tarkka kuvaus nestekierrosta ja tutkia kuinka hyvin jäähdytysvesi- ja voiteluöljyjärjestelmä saadaan tyhjennettyä ja ongelmakohtien esiintyessä laatia kehitysehdotuksia tyhjennettävyyden parantamiseksi.

Tutkimus tehtiin pääosin 3D-suunnitteluohjelmistoa käyttäen. Ohjelmiston avulla tutkittiin kaikkia tutkimustyön aikana olemassa olevia, jäähdytysvesi- ja voiteluöljyjärjestelmiä. Tutkimuksen pohjalta laadittiin raportti, josta ongelmakohdat käyvät ilmi. Raportissa esitettiin myös kehitysehdotukset.

Tutkimuksesta saatu hyöty oli suuri, monista järjestelmien variaatioista löytyi merkittäviä ongelmia. Suurin osa ongelmista oli kuitenkin ratkaistavissa, helposti toteutettavilla muutoksilla.

---

Avainsanat	Tuotekehitys, voiteluöljyjärjestelmä, jäähdytysjärjestelmä, tyhjennys
------------	---

## ABSTRACT

Author	Jere Hämäläinen
Title	Draining Ability of W31 Engine Product Family
Year	2018
Language	Finnish
Pages	21
Name of Supervisor	Osku Hirvonen

---

The topic of the thesis is investigating the draining ability the of W31 engine product family. The Assignment for this thesis was given by Wärtsilä. The aim was to create a detailed presentation from fluid routes and investigate how well the cooling water system and lubrication oil system can be drained at the moment. The aim was also to try to solve the problems that occurred.

The study was conducted mostly by using 3D-design software. All cooling water systems and lubrication oil systems that existed during the making of this study, were investigated with the help of 3D-design software. Based on this study, a report was written that includes the problems in draining and suggestions of how to fix these problems

The value of this study was considerable. Problems were found in many variation of the system. Most of these problems were easy and cost efficient to fix.

---

Keywords	Product development, cooling water system, lubrication oil system and draining
----------	--

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO.....	6
1.1	Wärtsilä.....	6
1.2	Wärtsilä 31.....	7
1.3	Opinnäytetyö.....	7
2	JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ.....	9
2.1	Jäähdytysjärjestelmän variaatiot.....	9
3	VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ.....	11
3.1	Voiteluöljyjärjestelmän variaatiot.....	11
4	MOOTTORIN TYHJENNYSPROSESSI.....	13
4.1	Jäähdytysjärjestelmä.....	13
4.2	Voiteluöljyjärjestelmä.....	13
5	TUTKIMUKSEN TOTEUTUS.....	14
6	ONGELMAT W31 MOOTTORIN JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄN TYHJENNETÄVYYDESSÄ.....	15
7	ONGELMAT W31 MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TYHJENNETÄVYYDESSÄ.....	19
8	YHTEENVETO.....	20

## **KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO**

<b>Kuva 1.</b> Wärtsilä 31 .....	7
<b>Taulukko 1.</b> Jäähdytysjärjestelmien variaatiot .....	10
<b>Taulukko 2.</b> Voiteluöljyjärjestelmien variaatiot .....	12
<b>Taulukko 3.</b> Siirtoputkeen jäävän veden määrä.....	16
<b>Taulukko 4.</b> Lohkon sisään jäävät vesimäärät (yhteensä molemmissa kanavissa) .....	17

# 1 JOHDANTO

## 1.1 Wärtsilä

Wärtsilä perustettiin vuonna 1834. Nykyään Wärtsilä on kansainvälisesti johtava älykkään teknologian ja kokonaislinkaariratkaisujen toimittaja merenkulku- ja energiamarkkinoilla. Wärtsilällä on yli 200 toimipistettä yli 80 maassa eri puolilla maailmaa. Vuonna 2017 Wärtsilän liikevaihto oli 4,9 miljardia euroa. Wärtsilän organisaatio voidaan jakaa kolmeen osaan, jotka ovat Services, Energy Solutions ja Marine Solutions

Wärtsilä Services toimii merenkulkualalla, energia-, öljy ja kaasu- sekä vesivoima- alalla ja teollisuudessa. Services optimoi toimitettujen järjestelmien hyötysuhdetta läpi niiden koko elinkaaren ja auttaa siten asiakkaita kasvamaan ja tehostamaan toimintaansa. Services-liiketoiminnan tärkein kysyntätekijä on Wärtsilän potkurien, moottorien ja muiden tuotteiden muodostaman asennetun laitekanavan suuruus ja kehitys. Tarjontaa ja osaamista kuitenkin kehittäen jatkuvasti niin, että Wärtsilällä on mahdollisuudet tarjota myös muiden valmistajien laitteille soveltuvia palveluja. Wärtsilällä on vahva asema myymiensä sekä suunnittelemiensa laitteiden huollossa. Keskeisiä kilpailijoista erottavia tekijöitä ovat kokonaan Wärtsilän omistuksessa olevan huoltoverkostoon perustuva aidosti maailmalaajuinen läsnäolo sekä kyky laitteiston koko elinkaaren läpäisevään käyttäjätukeen ja suorituskyvyn optimointiin.

Energy Solutions on johtava kansainvälinen järjestelmäintegraattori, jonka tarjonta sisältää erittäin monipuolisia polttomoottorikäyttöisiä voimalaitoksia, energian varastointijärjestelmiä ja laitosmittakaavan aurinkovoimaloita sekä nesteytetyn maakaasun terminaali- ja jakelujärjestelmiä. Kolme tärkeintä asiakassegmenttiä ovat sähkölaitokset, itsenäiset voimantuottajat ja teollisuusasiakkaat. Maailmalaajuinen siirtyminen hiili-intensiivisistä energianlähteistä vähähiilisiin vaihtoehtoihin, esimerkiksi maakaasuun ja uusiutuviin energiaratkaisuihin, tarjoaa Wärtsilälle runsaasti kasvumahdollisuuksia. Wärtsilä on kaasu- ja monipolttoainemoottoreiden, polttoainejärjestelmien sekä alan teknologian ja palveluiden edelläkävijä.

LNG-infrastrukturiprojektien kautta yhtiö tukee maailmanlaajuisesti energiajärjestelmien painopisteen siirtoa kaasuun.

Marine Solutionsilla on vahva asema meri- sekä öljy- ja kaasuteollisuudessa. Wärtsilän optimoidut, ympäristömyötäiset ja taloudellisesti järkevät ratkaisut parantavat merenkulun kilpailukykyä ja kannattavuutta sekä luovat edellytyksiä koko yhteiskunnan kestäväälle kehitykselle. Marine Solutionsin toimiala on erittäin laaja, se kattaa tarjonnan aina yksittäisistä moottoreista kokonaiseen laivasuunnitteluun. /1/

## 1.2 Wärtsilä 31

Wärtsilän tunnetuimpia tuotteita ovat keskinopeat diesel- ja monipolttoainemoottorit. Näistä uusin on Wärtsilä 31 (W31) (Kuva 1.). Se on tällä hetkellä markkinoiden polttoainetehokkain nelitahtimoottori. W31 on saatavilla diesel-, kaasu- ja monipolttoainemoottorina. Kaikki nämä moottorityypit ovat hyvin samanlaisia, koska moottorilla on modulaarinen rakenne. Tämä mahdollistaa moottorin muuttamisen esimerkiksi dieselkäyttöisestä kaasu- tai monipolttoainemoottoriksi. Moottori on saatavilla 8-, 10-, 12-, 14-, 16- ja 20-sylinterisenä. W31 on saatavilla vain V-moottorina. /2/



**Kuva 1.** Wärtsilä 31.

## 1.3 Opinnäytetyö

Opinnäytetyön toimeksianto saatiin Wärtsilältä. Opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia Wärtsilä 31 -moottorituoteperheen nestekierron tyhjennettävyyttä ja samalla

luoda tarkka kuvaus nestekierrosta. Moottorin käyttö vaatii jäähdytysveden ja voiteluöljyn kiertoa moottorissa. Moottorien siirtäminen ja varastointi vaatii kuitenkin nestekierron tyhjentämistä. Etenkin jäähdytysveden jääminen moottorin sisälle on todella ongelmallista. Vesi saattaa jäätyessään aiheuttaa vahinkoa moottorin rakenteisiin. Lisäksi vesi aiheuttaa korroosiota rakenteissa ja vedessä olevat mikrobit muodostavat bakteerimassaa, joka edesauttaa korroosiota ja saattaa tukkia myös pienimpiä kanavia. Nämä ongelmat taas aiheuttavat lisäkustannuksia moottorin toimittajalle.

Tutkimustyö toteutettiin pääosin Siemensin NX 3D -suunnitteluohjelmalla. Suunnittelutiedon hallinnassa käytettiin Siemensin Teamcenter-ohjelmistoa. Jäähdytysveden ja voiteluöljyn kierron kaikista mahdollisista variaatioista luotiin 3D-mallit. Näitä malleja käyttämällä pyrittiin paikantamaan, minne vettä ja öljyä voisi jäädä. Tämän jälkeen mietittiin, miten tyhjennettävyyttä voitaisiin parantaa. Tutkimuksesta tehtiin kaksi raporttia, Vaasan ammattikorkeakoululle ja vain yrityksen käyttöön tarkoitettu.

Tämä työ keskittyy vain itse moottorin rakenteessa, moottorin komponentteja jäähdyttävän tai voitelevan nesteen tyhjennettävyyteen. Moottorin jäähdytys- ja voiteluöljyjärjestelmä saattavat sisältää moottorin rakenteen ulkopuolisia komponentteja, kuten itse veden jäähdyttimen tai erillisen öljysäiliön. Näitä komponentteja ei ole tässä työssä kuitenkaan huomioitu, koska moottorin asennuskohteesta riippuen saattavat nämä järjestelmät erota huomattavasti toisistaan.



## 2 JÄÄHDYTYSJÄRJESTELMÄ

Moottorin jäähdytysjärjestelmän tehtävä on nimensä mukaisesti jäähdyttää moottoria. W31 -moottori on nestejäähdytteinen. Nestejäähdytteisessä moottorissa moottorin komponenttien jäähdytys tapahtuu jäähdytysveden avulla. Jäähdytysvesi kiertää moottorissa ja moottorin käymisestä syntyvä lämpö johtuu veteen. Täten lämpö poistuu veden mukana moottorista.

W31-moottorin jäähdytyksessä käytetään matalan lämpötilan vettä (LT) ja korkean lämpötilan vettä (HT). LT-vesi ohjataan ensin pumpulta öljymoduulille. Öljymoduulissa vesi virtaa öljynjäähdytimeen, missä se jäähdyttää moottorissa kiertävää voiteluöljyä. Öljynjäähdyttimeltä LT-vesi ohjataan ahtoilman matalapainejäähdyttimelle (LP). LP-jäähdyttimeltä vesi virtaa ahtoilman korkeapainejäähdyttimelle (HP). HP- jäähdyttimeltä voidaan vesi ohjata pois moottorista, tai uudestaan LP-jäähdyttimelle, riippuen millainen jäähdytysjärjestelmä on käytössä. HT-vesi taas johdetaan ensin lohkon sisälle ja lohkon sisältä HT-vesi ohjataan sylinterikansiin. Sylinterikansien jälkeen HT-vesi voidaan ohjata ahtoilman HP-jäähdyttimelle tai pois moottorista, riippuen käytetystä jäähdytysjärjestelmästä.

Kaikki tässä tutkimuksessa tutkitut jäähdytysjärjestelmät ovat peruseräaatteeltaan hyvin samanlaisia. Eroja veden reitityksessä kuitenkin syntyy turboahtimien sijainnin ja lukumäärän vaihdellessa. Eri sylinteriluvun omaavissa moottoreissa on myös eri osia, mikä aiheuttaa muutoksia putkien muotoiluun ja osien sisäisiin vesikanaviin.

### 2.1 Jäähdytysjärjestelmän variaatiot

V8–V10-malleissa on käytössä yksi LP-ahdin, ja yksi HP-ahdin. Tästä johtuen myös ahtoilman jäähdyttimiä on kaksi, LP-jäähdytin ja HP-jäähdytin. Ahtimet voivat sijaita moottorin molemmissa päissä, vapaapäässä (FE) ja vauhtipäässä (DE). Ahtimien sijaitessa vapaapäässä voidaan käyttää myös järjestelmää, jossa vain LT-vettä johdetaan ahtoilman jäähdyttimille. V8–V10-malleista tarkastellaan siis kolmea erilaista järjestelmää. Sylinteriluvun kasvaessa joidenkin jäähdytysjär-

jestelmän komponenttien pituus vaihtelee, pituuden vaihtelu ei kuitenkaan vaikuta moottorin tyhjennettävyyteen, joten järjestelmiä voidaan pitää samanlaisina.

V12–V16-malleissa on käytössä kaksi LP-ahdinta ja kaksi HP-ahdinta. Tästä johdun käytössä on myös kaksi LP-jäähdytintä ja kaksi HP-jäähdytintä. Ahtimet voivat sijaita moottorin molemmissa päissä, vapaapäässä ja vauhtipäässä. Ahtimien sijaitessa vapaapäässä voidaan käyttää myös järjestelmää, jossa vain LT-vettä johdetaan ahtoilman jäähdyttimille. Myös V12–V16-malleista tarkastellaan siis kolmea erilaista järjestelmää. Ja kuten V8–V10-malleissa ei komponenttien pituusvaihtelu sylinteriluvun kasvaessa vaikuta tyhjennettävyyden tarkasteluun.

V20-mallissa on myös kaksi LP-ahdinta ja kaksi HP-ahdinta. Joten myös LP- ja HP-jäähdyttimiä on molempia kaksi. V20-mallissa käytetyt jäähdyttimet kuitenkin eroavat hieman V12–V16-malleissa käytetyistä, joten jäähdytysjärjestelmä on hieman erilainen. V20-mallista on tarkasteltu vain mallia, jossa ahtimet sijaitsevat vapaapäässä. Käytössä on myös vain normaali jäähdytysjärjestelmä, jossa HT-vettä johdetaan LP-ahtimelle. Täten V20-mallista tarkastellaan vain yhtä järjestelmää.

Yhteensä tarkasteltavia jäähdytysjärjestelmiä on siis seitsemän. Käytetyt järjestelmät sylinteriluvuittain esitetty myös taulukossa (Taulukko 1.).

**Taulukko 1.** Jäähdytysjärjestelmien variaatiot.

	V8–10	V12–V16	V20
TCFE	x	x	x
TCDE	x	x	-
TCFE ”LT only”	x	x	-
3D-malli	PAAF734235	PAAF743844	PAAF744838

### 3 VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄ

W31-moottoreissa on käytössä painekierto-voitelu. Voiteluöljyjärjestelmän tarkoitus on vähentää kitkaa moottorien metalliosien välillä. Voiteluöljyjärjestelmä kiertää voiteluöljyä voideltaville osille kuten laakereille, sylintereille, venttiileille ja hammaspyörille. Voiteluöljyn avulla saadaan pintojen väliin syntymään öljykalvo, joka pitää pinnat erillään ja vähentää merkittävästi kitkaa. Voiteluöljy myös sitoo itseensä lämpöä moottorista auttaen täten moottorin jäähdytyksessä. Lisäksi voiteluöljyllä aikaan saatavaa öljykalvoa hyödynnetään myös sylinterin palotilan tiivistykseen. Voiteluöljy myös puhdistaa moottoria, se kuljettaa likahiukkasia suodatimeen ja öljypohjaan ja suojaa osia syöpymiseltä neutraloimalla palamistuotteet.

/3/

Voiteluöljy pumpataan voiteluöljyjärjestelmään öljyaltaasta tai erillisestä öljysäiliöstä. Pumpulta öljy etenee öljymoduuliin ja öljynjäähdyttimeen. Jäähdyttimestä se ohjataan automaattisuodatimeen, osa öljystä palaa suodattimen pohjasta takaisin öljyaltaaseen. Suodattimen jälkeen öljy aloittaa varsinaisen voitelukierron. Öljy ohjataan sylinteriholkkien ympärille. Sylinteriholkeissa on suuttimet, jotka ruiskuttavat öljyä sylinteriholkin sisälle, hoitaen männän ja kiertokangen yläpään voitelun. Sylinteriholkkien ympärillä olevan kanavan kautta saadaan öljy myös johdettua nokka-akselien laakereille. Automaattisuodatimelta öljy ohjataan myös kampiakselin laakereiden voiteluun, pumppuhyllyn hammaspyörille ja ahtimille. Voitelu- kohteista öljy valuu takaisin öljyaltaaseen.

Voiteluöljyjärjestelmä noudattaa jokaisessa mallissa samaa periaatetta, mutta kuten jäähdytysjärjestelmässä, myös voiteluöljyjärjestelmässä on muutoksia johtuen ahtimien sijainnista ja lukumäärästä johtuen. Myös eri osien käyttö erikokoisissa moottoreissa aiheuttaa muutoksia putkituksiin ja kanaviin.

#### 3.1 Voiteluöljyjärjestelmän variaatiot

V8–V10-, V12–V16- ja V20-malleja tarkastellaan omina järjestelminään. V8–V10- ja V12–V16-ahtimet voivat sijaita vapaapäässä tai vauhtipäässä, tästä johtu-

en järjestelmä on hieman erilainen. Voiteluöljyjärjestelmästä tarkastellaan siis yhteensä viittä erilaista järjestelmää (**Taulukko 2.**).

**Taulukko 2.** Voiteluöljyjärjestelmien variaatiot.

	V8–V10	V12–V16	V20
TCFE	X	X	X
TCDE	X	X	-
3D-malli	PAAF734235	PAAF743844	PAAF744838

Moottorit voivat käyttää myös kuiva- tai märkäöljyallasta. Erona näillä on että kuiva-allas kerää moottorista valuvan öljyn mutta ei varastoi sitä. Täten öljyjärjestelmän pysähtyessä on kuiva-altaassa vähemmän öljyä kuin märkäaltaassa. Itse tyhjennys kuitenkin tapahtuu samalla tavalla, joten tämä ei aiheuta lisävariaatiota voiteluöljyjärjestelmän tarkasteluun.

## **4 MOOTTORIN TYHJENNYSPROSESSI**

### **4.1 Jäähdytysjärjestelmä**

Jäähdytysvesijärjestelmän tyhjäys Wärtsilässä tapahtuu koeajon jälkeen. Koeajossellissa on käytössä tyhjennyspumppu, jolla vettä voidaan imeä jäähdytysjärjestelmästä. Lisäksi käytössä on puhallin, jolla pystytään puhaltamaan lämmintä ilmaa jäähdytysjärjestelmään.

Tyhjennys aloitetaan imulla. Pumppu kytketään LT- ja HT-veden poistoliittimiin. Imua ei pidetä päällä kauaa ja imuteho pumpussa ei ole kovin kova, joten vettä jää runsaasti järjestelmään. Imu kuitenkin nopeuttaa tyhjennystä, koska vettä jää vähemmän järjestelmään valutettavaksi. Imun jälkeen avataan jäähdytysjärjestelmässä olevat valutustulpat ja annetaan veden valua pois järjestelmästä.

Kun veden valuminen loppuu, aloitetaan puhallus. Valutustulpat jätetään auki puhalluksen ajaksi. Puhalluksesta saatu hyöty on suuri, sillä sen avulla pienet vesimäärät, jotka ovat esimerkiksi valun muotoilusta johtuen jääneet järjestelmään, saadaan poistettua. Lämmin ilma myös yleisesti kuivattaa koko jäähdytysjärjestelmää.

Vaikka moottorin tyhjennyksessä voidaan hyödyntää imua ja puhallusta, täytyi tyhjennettävyyden tarkastelussa ottaa huomioon, että moottori pitäisi pystyä tyhjäämään vain valutusreikiä käyttämällä.

### **4.2 Voiteluöljyjärjestelmä**

Voiteluöljyjärjestelmä tyhjäetään valuttamalla öljyaltaaseen valunut öljy pois. Tämä toistetaan muutaman kerran, koska öljyn valuminen koneiston läpi kestää kauan. Paineen poistuessa voiteluöljyjärjestelmästä myös osa öljystä jää öljyputkiin, joista se ei pääse valumaan takaisin altaaseen.

## 5 TUTKIMUKSEN TOTEUTUS

Tutkimus aloitettiin tutustumalla yleisesti jäähdytysjärjestelmään ja voiteluöljyjärjestelmään. Tämä tapahtui tutkimalla erilaisia kaavioita veden ja öljyn kierrosta ja kyselemällä suunnittelijoilta ja jäähdytysvesi- ja voiteluöljyjärjestelmien asiantuntijoilta. Kun jonkinlainen yleiskuva järjestelmien toiminnasta oli saatu aikaan, oli aika alkaa tarkastelemaan, mitä osia tarkalleen jäähdytys- ja voiteluöljyjärjestelmään kuuluu. Wärtsilällä on käytössä standardirekisteri, jossa moottoriin kuuluvat moduulit on listattu eri aihepiirien alle. Rekisteriä käyttäen oli siis suhteellisen helppoa löytää kaikki tarvittavat osat. Ongelmiakin esiintyi, sillä rekisterissä ei aina ollut uusimpia tai kaikkia käytössä olevia moduuleja, jolloin niitä piti etsiä muualta.

Moduulien piirustuksista selvisi, miten ne tulee paikoittaa. Tämän pohjalta oli helppo koota 3D-mallit, joita hyödynnettiin tutkimuksessa. 3D-mallit luotiin Siemensin NX-ohjelmistolla (Kuva 6.) ja tuotetiedonhallintaan käytettiin Siemensin Teamcenter-ohjelmistoa. Ohjelmistojen käyttö oli helppoa ja sujuvaa, koska ne olivat ennestään tuttuja.

Tyhjennettävyyden tarkastelu tapahtui pääosin käyttämällä NX-ohjelmiston poikkileikkaustyökalua. Työkalulla pystyy nimensä mukaisesti tarkastelemaan poikkileikkauksia luoduista 3D-malleista. Poikkileikkausten käyttäminen on välttämätöntä, jotta voidaan tutkia vesi- ja öljykanavia valettujen osien sisällä.

3D-mallien avulla tehtiin myös kuvaus LT-veden, HT-veden ja öljyn kierrosta, jokaisessa mahdollisessa variaatiossa. Tämän avulla myös henkilö, jolle jäähdytys- ja voiteluöljyjärjestelmä eivät ole tuttuja, pystyy helpommin ymmärtämään missä kohtaa moottoria ongelmakohdat ovat. Tämän jälkeen ongelmakohdista otettiin vielä tarkemmat kuvat. 3D-mallien pohjalta tehtiin myös arviot loukkuun jäävän veden määrästä. Tutkimuksen aikana käytiin myös paikanpäällä koeajossa seuraamassa V20 ja V8 moottoreiden tyhjäysprosessia.

## **6 ONGELMAT W31-MOOTTORIN JÄÄHDYTYSVESIJÄRJESTELMÄN TYHJENNETÄVYYDESSÄ**

Tässä kappaleessa on esitetty ongelmakohdat W31-mootorin tyhjennettävyydessä. Raportti käsittää V8–V20-mootorit. V8–V16-moottoreissa on tarkasteltu tyhjennettävyyttä turbon sijaitessa vapaa- (TCFE) ja vauhtipäässä (TCDE). Lisäksi on otettu huomioon jäähdytysjärjestelmä, jossa vain LT-vettä (LT only) johdetaan ahtoilman jäähdyttimiin. V20-moottorista on tarkasteltu vain mallia, jossa turbo vapaapäässä ja normaalilla jäähdytysjärjestelmällä. Lähtökohtana tarkastelussa on, että moottori on saatava tyhjäksi pelkästään valuttamalla.

V8–V16-moottoreissa pumppukotelon ja pumpun väliin jää pieni määrä vettä HT- ja LT-veden reitillä. Määrä on pieni, mutta tässä kohdassa sijaitsee perhosventtiili. Veden jäätyminen saattaa vahingoittaa venttiiliä. Pumppujen valutusreikä voisi sijaita aivan liitoksen juuressa. Pumput tilataan alihankkijalta, joten muutos olisi heidän päätettävissään. Ongelma on kuitenkin melko pieni, vedellä on tilaa laajentua jäätyessään, joten on epätodennäköistä, että jäätyminen tekisi merkittävää vahinkoa venttiilille.

V8–V16-moottoreissa vesipumpuissa on takaiskuventtiilit lähtöpuolella. Venttiilit tulisi puskea auki pumpussa olevat reiän kautta, jotta venttiilien päälle ei jää vettä. Samalla varmistetaan myös, että LT- ja HT-veden syöttöputket tyhjenevät. Takaiskuventtiilien aukaisua ei ohjeisteta valutuspiirustuksissa, mutta näin kuitenkin tehdään. Tästä voisi tehdä lisäohjeistuksen, jotta myös asiakas, jolle moottori toimitetaan, olisi tietoinen tästä toimenpiteestä.

V12–16 TCFE -moottoreissa on ongelma, koska LT-veden syöttöputken takaiskuventtiili ei sijaitse pumpun juuressa, tästä johtuen venttiiliä ei saa avattua. Jos moottorissa on stand-by-liitäntä LT-vedelle, pääse vesi valumaan sitä kautta pois. Jos stand-by-liitäntää ei ole, jää vesikanava täyteen vettä. Vettä jää loukkuun noin 30 litraa.

Ongelma korjataan lisäämällä valutusreikä, joko liitospalaan tai laippaan.

Kaikkien moottorien öljymoduulin pohjassa on M64-kierretulppa. Jos tätä tulppaa ei avata, jää LT-veden öljymoduulista jäähdyttimille siirtävä putki täyteen vettä. Tulppaa ei ole merkitty valutuspiirustuksiin. Ohjeistus myös tämän tulpan poistoon täytyy lisätä piirustuksiin, sillä loukkuun jäävä vesimäärä on merkittävä. Tulpan irrottamiseen liittyy myös turvallisuusriski. Tulppa on iso ja se on myös liimattu kiinni, tästä syystä sen irrottaminen varovasti on hankalaa. Tulppa avautuu yhtäkkiä ja vesi purkautuu kovalla voimalla reiästä. Tulppa sijaitsee myös hankalassa paikassa, josta johtuen irrottajan on vaikea poistua veden alta nopeasti. Vesi voi vielä tässä vaiheessa olla todella lämmintä, joten vakavakin työtapaturma on mahdollinen. Tulppaan voisi lisätä hanan, jonka avulla vesi olisi helpompi ja turvallisempi valuttaa pois. Öljymoduuliin jää noin seitsemän litraa vettä. Siirto-putkeen jäävä määrä vaihtelee sylinteriluvun ja täten putken pituuden kasvaessa. Putkeen jäävä arvioitu vesimäärä esitetty taulukossa (Taulukko 3.).

**Taulukko 3.** Siirto-putkeen jäävän veden määrä.

V8	19 l
V10	24 l
V12	84 l
V14	96 l
V16	110 l
V20	136 l

Tämän lisäksi V12–V20-moottoreissa, LT-veden virratessa öljymoduulilta turbon jäähdyttimille, jää moduuliin M0006 vettä. Vettä jää vain noin 2 litraa.



V12–V16 TCDE -moottoreissa, ei ahtoilman jäähdyttimistä poistuvaa LT-vettä saada tyhjennettyä. Putkiin ja vesikanavaan jää noin 50 litraa vettä. Lisäksi vettä jää jäähdyttimeen, mutta jäähdyttimeen jäävän veden määrää on vaikea arvioida.

V12–V16 TCFE ”LT-only”-jäähdytysjärjestelmässä havaittiin jäävän vettä putkiin, jotka siirtävät LT-vettä HP-jäähdyttimiltä uudelleen LP-jäähdyttimille. Moduuli oli jo menossa kehitystyön alle, joten samassa näihin putkiin lisättiin valutusreiät.

Kaikissa malleissa on ongelma lohkon sisällä kulkevissa HT-vesikanavissa. Kanavien päässä on matala kynnyks, jonka johdosta vesi ei pääse virtaamaan pois kanavasta. Kynnyks on matala, mutta koska kanava on koko lohkon pituinen, on veden määrä huomattava. Taulukossa (Taulukko 4.) esitetty lohkon sisälle jäävän veden määrä.

**Taulukko 4.** Lohkon sisään jäävät vesimäärät (yhteensä molemmissa kanavissa).

V8	12 l
V10	14 l
V12	16 l
V14	18 l
V16	20 l
V20	24 l

Lisäksi V12–V16 TCDE -malleissa, toinen lohkon vesikanavista yhdistyy moduulin M0006 valussa olevaan kammioon. Tähän vettä jää noin 20 litraa. Tätä ongelmaa on hankala korjata. Valun pohja on paksu ja juuri kammion alle on vedetty putkia, joten valutusreiän lisääminen kammion alle olisi haastavaa.

V8–V10- ja V20 TCDE -malleissa ja TCFE-malleissa, joissa on käytössä normaali jäähdytysjärjestelmä on ongelma LP-jäähdyttimen ja siihen johtavan HT-veden reitin tyhjennyksessä. Molemmissa malleissa vettä jää jäähdyttimelle johtavaan reittiin noin 20 litraa vettä. Lisäksi jäähdyttimeen jää myös vettä. V20-mallissa tämä ongelma esiintyy kahdessa kohdassa, koska LP-jäähdyttimiä on kaksi. Ongelma on korjattavissa molemmissa malleissa lisäämällä valutusreikä LP-jäähdyttimelle johtavaan putkeen.

V8–10 TCDE -moottoreissa, jää HT-vettä moduulin M0139-vesikanavaan. Kanavan pohjalle jää noin seitsemän litraa vettä. Moduulin pohjaan voidaan lisätä valutusreikä tai hyväksyä kanavaan jäävä vesi.

V8–V10-malleissa termostaattiin poistopuolelle jää hieman vettä. Määrä on pieni, mutta osa termostaattiventtiileistä jää veden alapuolelle. Veden jäätyminen saattaa vahingoittaa venttiileitä. CN-A071277-ilmoituksessa on kerrottu, että V8–V10- ja V12–V16-malleissa voitaisiin käyttää samaa termostaattia. Tässä termostaatissa ei jäätymisvaara ole, lisäksi pohjassa on kierretulppa, jota voidaan käyttää termostaatin tyhjennykseen, jos se kuitenkin koetaan tarpeelliseksi. V8–V10-malleille ei kuitenkaan ole suunniteltua vielä tähän termostaattiin sopivia liitoksia. Jää siis päätettäväksi, onko termostaatin pohjalle jäävä vesimäärä haitallinen. Jos ongelma koetaan haitalliseksi, on se helposti korjattavissa lisäämällä termostaatin pohjaan valutusreikä.

## **7 ONGELMAT W31 MOOTTORIN VOITELUÖLJYJÄRJESTELMÄN TYHJENNETÄVYYDESSÄ**

Voiteluöljyn jääminen moottoriin ei ole niin haitallista kuin jäähdytysveden. Yrityksen tiedossa on jo paljonko moottorin sisälle jää suunnilleen öljyä. Koska voiteluöljyn tyhjennysprosessiin kuulu tälläkin hetkellä vain valutus öljyaltaan kautta, ei voiteluöljyjärjestelmän tyhjentämiseen tarvinnut miettiä mahdollisia kehitysratkaisuja. Tämä kappale on siis tarkoitettu kuvaamaan jääkö öljyä kanaviin tai putkiin, vai valuuko kaikki öljyaltaaseen.

V8–V10 TCFE-malleissa öljy kulkee moduulin M0139 kautta öljymoduulille. Kanavan pohjalle jää öljyä, joka ei pääse valumaan öljyaltaaseen. Lisäksi putki, joka siirtää öljyn öljymoduulille, ja öljymoduulin öljykanava, eivät kumpikaan pääse tyhjentymään.

Myös muissa TCFE -malleissa jää öljymoduuliin öljyä, koska öljymoduulin kanavat ovat alempana kuin siirtoputki. Tästä johtuen öljy ei pääse virtaamaan pois.

Ongelmana kaikissa malleissa on öljyn automaattisuodattimelta tuovan putken, jakeluputken ja ahtimille johtavan putken muodostama U-muoto. Öljy pääsee kuitenkin nousemaan jakeluputkessa olevia tunkkeja pitkin kampiakselin laakereille ja sieltä valumaan takaisin öljyaltaaseen. Mutta vain niin kauan kuin päätyputkista aiheutuva hydrostaattinen paine riittää. Kun nestepinta tasoittuu päätyputkissa ja tunkeissa ei öljy enää liiku.

Suurin osa öljystä pääsee siis valumaan koneistosta ja kanavista takaisin öljyaltaaseen. Täytyy kuitenkin ottaa huomioon, että tämä valuminen on erittäin hidasta. Esimerkiksi sylinteriholkkien ympärillä oleva kanava pääsee kyllä tyhjenemään holkin ja alaohjauksen välistä, mutta liitos on melko tiivis eikä kanavassa ole enää painetta. Täten kaikki öljy ei välttämättä kerkeä valumaan altaaseen sinä aikana, kun allasta tyhjäätään.

## 8 YHTEENVETO

Tutkimus onnistui kokonaisuutena hyvin. Aihe oli laaja, mutta tutkimukseen saatiin lopulta sisällytettyä kaikki suunnitellut tutkimuskohteet. Lopputuloksena saatiin nestekierrosta kattavat kuvaukset ja tietoa nestekierron tyhjennettävyyden ongelmista. Moni jäähdytysvesijärjestelmän tyhjennysongelmista oli ratkaistavissa yksinkertaisesti lisäämällä valutusreikiä.

Parannettavaakin jäi. Jos aikaa olisi enemmän voitaisiin myös haastavampiin ongelmiin miettiä ratkaisuja, kuten lohkon sisään jäävän veden tyhjennystä. Valuosien uudelleensuunnittelu on kuitenkin aikaa vievää, lisäksi uusien muottien valmistus ei välttämättä olisi kustannustehokasta verrattuna ongelmasta johtuviin haittoihin. Jäähdytysjärjestelmästä on myös suunnitteilla uusia variaatioita, joita ei vielä voitu tutkia tässä työssä. Uusissa järjestelmissä saattaa yksinkertaisen valutusreiän poisjääminen aiheuttaa suuren vesimäärän jäämisen moottoriin. Tätä tutkimusta käyttäen on kuitenkin mahdollista ennakoita ongelmia myös uusien järjestelmien suunnittelussa.

## LÄHTEET

/1/ Tämä on Wärtsilä. 2017. Viitattu 26.4.2018 <http://www.wartsilareports.com/fi-FI/2017/ar/tama-on-wartsila/wartsila-lyhyesti/>

/2/ Tuotteet. 2018. Viitattu 26.4.2018. <https://www.wartsila.com/products/marine-oil-gas/engines-generating-sets/wartsila-31>

/3/ Rantala, J. 201. Auto- ja kuljetusalan perusoppi 6: Moottori. 5. painos. Otava