



**TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
ÅBO YRKESHÖGSKOLA**

Opinnäytetyö

**Työkonadieselin toiminta, suoritusarvot ja
päästöt eri biopolttoaineilla**

Sampo Virtanen

Kone- ja tuotantotekniikka

2009

TURUN AMMATTIKORKEAKOULU
TIIVISTELMÄ

Energia- ja ympäristötekniikka	
Tekijä: Sampo Virtanen	
Työn nimi: Työkonedieselin toiminta, suoritusarvot ja päästöt eri biopolttoaineilla.	
Energia- ja ympäristötekniikka	Ohjaaja: yliopettaja, dosentti Seppo Niemi
Opinnäytetyön valmistumisajankohta: kesäkuu 2009	Sivumäärä: 41+liitteet
<p>Tässä työssä vertailtiin kolmen eri biopolttoaineen käyttöä työkonedieselmootorissa ja tarkasteltiin moottorin aiheuttamia päästöjä ja suorituskykyä. Vertailtavista biopolttoaineista kaksi oli uusikaupunkisen Rovina Oy:n lohenperkuujätteistä valmistamia raaka kalaöljy (StO) sekä kalaöljystä prosessoitu biodiesel, eli Salmon Methyl Ester (SaME). Koeajoissa käytetty, rypsiöljystä valmistettu biodiesel, eli Rapeseed Methyl Ester (RME) oli lähtöisin siikajokiselta Viljasin Oy:ltä. Se oli väriltään vihreää sen sisältämän lehtivihreän vuoksi. RME oli myös jo n. kuusi kuukautta vanhaa. Näiden kolmen biopolttoaineen vertailukohtana kokeissa käytettiin kesälaatuista dieselöljyä (DFO).</p> <p>Tutkimukset suoritettiin Valmet 420 -dieselmootorilla, jossa on rivityyppinen polttoaineenruiskutuspumppu. Moottorin kuormittamiseen käytettiin HPA-203 –moottoritehdynamometriä. Kolmella polttoaineella, DFO:lla, SaME:lla ja RME:llä ajettiin viidessä eri kuormituspisteessä. Raa’alla, huoneenlämpöisellä kalaöljyllä ajettiin kahdessa kuormituspisteessä.</p> <p>Pakokaasujen päästöissä oli huomattavissa eroavaisuuksia eri polttoaineiden välillä. Savutus (FSN) oli pienempi koeajoissa käytetyillä biodieseleillä verrattuna StO:hon ja dieselöljyyn. Myös hiukkasmassaa biodieselit tuottivat vähemmän kuin StO ja diesel. Kaikki kolme biopolttoainetta tuottivat enemmän typenoksideja (NO_x) verrattuna dieselöljyyn. SaME ja StO aiheuttivat kaikissa mittauspisteissä pienemmät hiilivetyypäästöt kuin dieselöljy. SaME tuotti pääsääntöisesti vähiten erikokoisia hiukkasia, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Parhaat hyötysuhteet saavutettiin SaME:lla kolmessa ja DFO:lla kahdessa kuormituspisteessä.</p> <p>Kaikilla käytetyillä polttoaineilla moottori toimi ongelmitta. Minkäänlaisia häiriöitä ei ilmennyt, vaikkei esteröimätöntä öljyä lämmitetty.</p>	
Hakusanat: biopolttoaineet, biodiesel, dieselmoottori, pakokaasupäästöt	
Säilytyspaikka: Turun ammattikorkeakoulun kirjasto ja moottoritutkimuslaboratorio	

TURKU UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES
ABSTRACT

Degree Programme: Mechanical Engineering	
Author: Sampo Virtanen	
Title: Effects of different biofuels on the performance and emissions of an off-road diesel engine	
Specialization line: Energy Technology	Instructor: Principal lecturer, Docent Seppo Niemi
Date: june 2009	Total number of pages: 41+appendices
<p>The aim of this work was to study the effects of three different biofuels and diesel fuel in an off-road diesel engine. The fuels used in these studies were Salmon Methyl Ester (SaME), Rapeseed Methyl Ester (RME), raw salmon oil (StO) and diesel oil (DFO). RME was produced at Viljasin Oy. SaME and fish oil were produced at Rovina Oy.</p> <p>Biodiesels and the diesel fuel were tested at five different measuring points: at full load at three speeds and at part loads at one speed. Raw salmon oil was studied at two full loads.</p> <p>The test engine was a Valmet 420 off-road diesel engine and it was loaded by a HPA-203 test bench. Some differences in the exhaust emissions were detected between the fuels. Both fish oils caused lower hydrocarbon emissions than DFO. Smoke (FSN) was lower with both biodiesels, SaME and RME, than with DFO and fish oil. Also, particle mass emissions were lower when engine was run with biodiesels. All three biofuels caused higher nitrogen oxides emissions than diesel oil.</p> <p>The test engine worked well with all fuels. Even with StO the engine operated properly although the fuel had a high viscosity and it wasn't heated during the studies.</p>	
Keywords: biofuels, biodiesel, diesel engine, exhaust emissions	
Deposit at: The library of Turku University of Applied Sciences and Engine research laboratory	

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	7
2	KOEAJOISSA KÄYTETYT POLTTOAINEET	9
	2.1 Polttoaineiden viskositeetit	10
	2.2 Polttoaineiden leimahdus- ja palamispisteet	13
	2.3 Esteröinti	15
3	MOOTTORIT JA MITTALAITTEET	17
	3.1 Moottori	17
	3.2 HPA-moottoritehdynamometri	18
	3.3 Päästökomenttien mittalaitteet	19
4	MITTAUSJÄRJESTELYT JA OLOSUHTEET	21
	4.1 Mittausjärjestelyt	21
	4.2 Moottorin tavoitesuoritusarvot	21
	4.3 Laboratorion olosuhteet	22
5	TULOKSET	24
	5.1 Moottorin hyötysuhde	24
	5.2 Typenoksidipäästöt (NO _x)	25
	5.3 Hiilimonoksidipäästöt (CO)	25
	5.4 Hiilivetypäästöt (HC)	26
	5.5 Hiilidioksidipäästöt (CO ₂)	26
	5.6 Pakokaasun happipitoisuus (O ₂)	27
	5.7 Moottorin savutus (FSN)	28

5.8	Hiukkasten kokojakauma	29
5.9	Hiukkasten massakeräys	33
6	TULOSTEN ARVIOINTI	35
7	YHTEENVETO	38
8	KIITOKSET	39
	LÄHTEET	40

LIITTEET

Liite 1. Mittauspöytäkirja, DFO.

Liite 2. Mittauspöytäkirja, RME

Liite 3. Mittauspöytäkirja, SaME

Liite 4. Mittauspöytäkirja, StO

Liite 5. Elpi-tulokset

Liite 6. Polttoaineanalyysi, DFO, SaME, StO.

Liite 7. Polttoaineanalyysi, RME.

Liite 8. Happo ja jodilukuanalyysi, RME.

Liite 9. Happo ja jodilukuanalyysi, SaME, StO.

Liite 10. Rasvahappokoostumusanalyysi, StO.

Liite 11. Rasvahappokoostumusanalyysi, SaME.

Liite 12. Rasvahappokoostumusanalyysi, RME.

Liite 13. Setaanilukuanalyysi, RME.

Liite 14. Setaanilukuanalyysi, SaME, StO.

Liite 15. Voitelevuusanalyysi

KUVAT

Kuva 1: StO, SaME ja RME (huomaa vihreä väri) 10

Kuva 2: Rovina Oy:n monivaiheinen esteröntilaitteisto 11

Kuva 3: Cannon-Fenske-kapillaariviskosimetri	13
Kuva 4: Cleveland-upokas	15
Kuva 5: Valmet 420 ja HPA-moottoridynamometri	18
Kuva 6: Horiba Mexa-9400 H	19

KUVIOT

Kuvio 1: Polttoaineiden viskositeetit	12
Kuvio 2: Koeajohuoneen ilmanpaine	22
Kuvio 3: Koeajohuoneen ilmankosteus	23
Kuvio 4: Koeajohuoneen lämpötila	23
Kuvio 5: Suhteellinen hyötysuhde	24
Kuvio 6: Typenoksidipäästöt (NO _x)	25
Kuvio 7: Ominashiilimonoksidipäästöt (CO)	26
Kuvio 8: Ominashiilivetyypäästöt (HC)	27
Kuvio 9: Pakokaasun hiilidioksidipitoisuus	27
Kuvio 10: Pakokaasun happipitoisuus	28
Kuvio 11: Moottorin savutus (FSN)	29
Kuvio 12: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1800 rpm, 100 % kuormitus	30
Kuvio 13: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1300 rpm, 100 % kuormitus	31
Kuvio 14: Hiukkasten kokojakauma 1500 rpm, 100 % kuormitus	31
Kuvio 15: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1500 rpm, 75 % kuormitus	32
Kuvio 16: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1500 rpm, 50 % kuormitus	33
Kuvio 17: Hiukkasmassakeräys kuormituspisteessä 1500 rpm, 100 %	34
Kuvio 18: Hiukkasmassakeräys kuormituspisteessä 1300 rpm, 100 %	34
Kuvio 19: Imusarjan lämpötila eri kuormituspisteissä	35
Kuvio 20: DFO:n typenoksidipitoisuudet verrattuna Palmgrenin tuloksiin	36
Kuvio 21: HC-pitoisuudet DFO:lla verrattuna Palmgrenin arvoihin	36
Kuvio 22: Savutusarvot DFO:lla verrattuna Palmgrenin tuloksiin	37

TAULUKOT

Taulukko 1: Polttoaineiden viskositeetit	12
Taulukko 2: Polttoaineiden leimahdus- ja palamispisteet	14
Taulukko 3: Moottorin tietoja	17
Taulukko 4: Tavoitekuormituspisteet	21

1 JOHDANTO

Maaailman öljyresurssien rajallisuus, fossiilisista polttoaineista aiheutuvat hiilidioksidipäästöt ja oletettavasti niistä aiheutuva ilmastonmuutos sekä valtioiden pyrkimys polttoaineomavaraisuuteen ovat pääsyitä biopolttoaineiden kehitykseen. Niillä on arveltu olevan positiivinen vaikutus edellä mainittuihin epäkohtiin. Kaikkea tämänhetkistä fossiilisten polttoaineiden kulutusta ei voida millään korvata tällä hetkellä tuotannossa olevilla biopolttoaineilla, mutta osatekijöitä ne voivat olla eroon pääsemiseksi vuosittaisesta 5 miljardin öljytonnin kulutuksesta. Tietyillä alueilla biopolttoaineilla tulee olemaan suuri paikallinen merkitys. (Surakka, Mustiala 2009)

Biodieseleiden kehityksessä tullaan todennäköisesti siirtymään enemmän raaka-aineisiin, joiden tuottaminen on mahdollista muilla keinoin kuin peltoviljelyynä. Maanviljelysmaata on liian vähän biopolttoaineiden raaka-aineiden kasvatukseen varsinkin tiheään asutuissa maissa. (Lin ja Li 2008) Toisaalta näkemys, että koko biopolttoaineen valmistukseen vaadittava peltoala olisi pois ruuantuotannosta, on hieman kyseenalainen. Esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytetty RME oli valmistettu rypsin siemenistä. Rypsin öljysaanto on n. 40 %, eli se määrä saadaan polttoaineeksi, mutta loput 60 % käytetään yleensä eläintenruokintaan. Toisin sanoen 60 % käytetään silloinkin ravinnontuotantoon. (Surakka, Mustiala 2009)

Tässäkin koeajossa käytetty StO on todennäköisesti yksi tulevaisuuden biopolttoaine esimerkiksi työkonedieselmoottoreissa, joita käytetään pitkiä periodeja. Yksi mahdollinen raaka-ainekalaöljyn käyttäjä voisivat olla kalastusalukset, varsinkin kun meriliikenteen rikkipäästöjä vaaditaan vähennettäväksi. Kalaöljy korvaisi sellaisenaan raskaan polttoöljyn. Suomessa kalapohjaisten polttoaineiden tuotanto tulee pysymään pienenä, koska kalanperkuujätteitä ei ole paljoa saatavilla (Salminen, Käynti Rovina Oy 2009). Raakoja bioöljyjä käytettäessä voidaan jättää tarpeeton ja kallis välivaihe, esteröinti, kokonaan pois moottoritekniikkaa muuttamalla. Öljyn esteröintiprosessi kuluttaa pal-

jon energiaa. (Lin ja Li 2008) Saksassa hyödynnetään esteröimätöntä biopolttoainetta mm. traktoreissa. Suomessakin on tehty kokeiluja tämän Elsbett-tekniikan tiimoilta (Koneviesti 8/2006). Saksassa ja Itävallassa esteröimättömiä biopolttoaineita käyttäviä työkoneita on ajossa. Niissä on kaksi polttoainesäiliötä, joissa toisessa on dieselöljyä tai biodieseliä ja toisessa lämmitettävässä säiliössä esteröimätöntä biopolttoainetta. (Braunaun konerengas, Itävalta 2009 ja C.A.R.M.E.N, Saksa 2009)

Turun ammattikorkeakoulussa kasvi- ja eläinperäisten biodieseliä tutkimuksia on suoritettu jo useita vuosia ja niistä on tehty useita opinnäytetöitä. Tämän työn tavoite oli tutkia työkonedieselmootorin toimintaa, suoritusarvoja ja päästöjä eläin- ja kasvipäisillä biopolttoaineilla. Tutkitut polttoaineet olivat: esteröity kalaöljy (SaME), esteröity rypsiöljy (RME) ja raaka kalaöljy (StO). Tuloksia vertailtiin dieselöljyllä saatuihin tuloksiin.

Tutkimus toteutettiin Turun Ammattikorkeakoulun moottorintutkimuslaboratoriossa, ja se oli luonteeltaan kokeellinen.

2 KOEAJOISSA KÄYTETYT POLTTOAINEET

Koeajoissa käytettiin neljää polttoainetta. Näistä polttoaineista lähetettiin myös näytteet tutkimuslaboratorioihin, joista saatiin kunkin aineen liitteinä olevat analyysit. Polttoaineet olivat esteröity kalaöljy eli Salmon Methyl Ester (SaME), raaka esteröimätön kalaöljy eli Steelhead Oil (StO), esteröity rypsiöljy eli rapeseed methyl ester (RME) sekä dieselöljy (DFO).

RME oli valmistettu Siikajoen Ruukissa sijaitsevan Viljasin Oy:n toimesta. Yritys kykenee noin 450 t vuotuisen rypsin käsittelyyn, josta öljyn saanto on noin kolmannes. Viljasin Oy:n tuotantolaitteisto on osittain Preseco Oy:n suunnittelema. (Käytännön Maamies 1/2009) Ulkonäöltään RME herätti huomiota. Se oli hyvin vihreää verrattuna moniin muihin rypsisistä valmistettuihin biodieseleihin. Todennäköinen syy oli valmistukseen käytetyn rypsin siemenen ominaisuudet. Polttoaineen toimittaneen henkilön mukaan RME:n valmistukseen käytetty rypsi oli elintarviketuotantoon kelpaamatonta tuleentumatonta erää. Se ei siis ollut valmistunut kunnolla. Rypsin siemenet olivat olleet vihreitä, ja sama väri oli polttoaineessakin. Värin aiheuttaja oli lehtivihreä, kuva 1. Polttoaineen raaka-aineen tuleentumattomuus saattaa aiheuttaa ongelmia, koska se lisää polttoaineen fosforipitoisuutta. Biopolttoainestandardin EN 14214 mukaan fosfori-suositus on alle 15 ppm, mutta esimerkiksi John Deere hyväksyy valmistamiinsa moottoreihin ainoastaan polttoainetta, jossa ei ole lainkaan fosforia. RME oli myös jo n. 6 kuukautta vanhaa. RME pilaantuu n. 6-12 kuukaudessa. (Braunaun konerengas, Itävalta 2009 ja Sähköposti Ville Vauhkonen 2009)

Koeajoissa käytetyt SaME ja StO oli valmistettu uusikaupunkilaisessa Rovina Oy:ssa, kuva 2. Esteröimätöntä kalaöljyä ei lämmitetty koeajoissa. Esteröimättömän polttoaineen sisältämä glyseroli mm. karstoittaa sylinterinkannen, polttoaineenruiskutusputtimet ja imuventtiilit sekä liimaa männänrenkaat aikaa myöden. (Koneviesti 8/2006). StO:lla ajettiin vain kahdessa kuormituspisteessä, 1800 ja 1500 rpm 100 % kuormalla. Suurilla kuormituksilla haittaavan karstan muodostuminen on pienimmillään moottorin sisäisten lämpötilojen vuoksi.



Kuva 1: StO, SaME ja RME (huomaa vihreä väri)

Kalaöljyt pilaantuvat eli härskiintyvät nopeammin kuin kasvipohjaiset öljyt. SaME ja StO oli valmistettu kirjolohen perkuujätteistä erotellusta öljystä. Näissä koeajoissa käytettyihin kalaöljyihin oli lisätty 6000 ppm:ä IONOL BF 200:a, joka on synteettinen antioksidantti ja hidastaa öljyn hapettumista. Common-rail -polttoainejärjestelmässä polttoaineiden pilaantumisesta saattaa tulla ongelmia, koska hapettuminen lisääntyy huomattavasti kovan lämpötilan ja paineen alaisena. (Salminen, käynti Rovina Oy 2009 ja sähköposti Ville Vauhkonen 2009)

2.1 Polttoaineiden viskositeetit

Kokeissa käytettyjen polttoaineiden kinemaattiset viskositeetit mitattiin Cannon-Fenske-kapillaariviskosimetrin avulla, kuva 3. Siinä öljyä valutetaan tietty määrä erittäin pienen putken lävitse painovoiman avulla ja valumisen kesto mitataan kellolla. Mitattavan öljyn lämpötila saadaan oikeaksi upottamalla mittausputki vesihauteeseen,

jota lämmitetään termostaattiohjatulla sähkövastuksella. Vesihautteen lämpötilan jakautuminen on varmistettu veden kierrätyksellä.

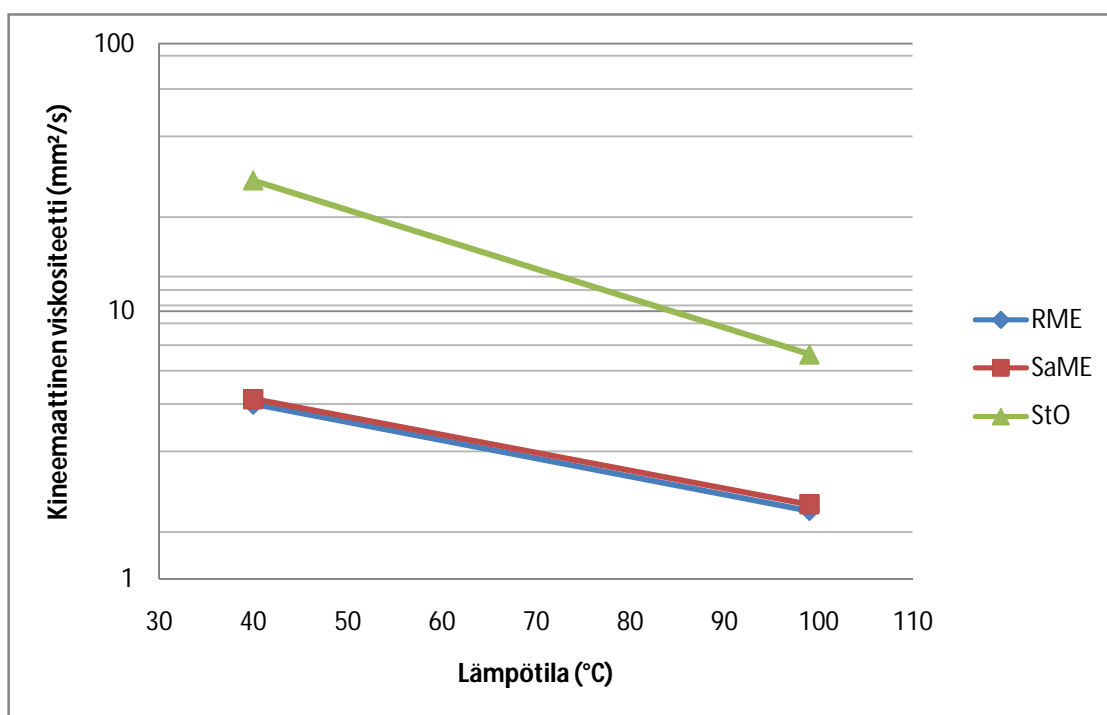
Kaikkien kokeissa käytettyjen polttoaineiden viskositeetit mitattiin 40 ja 99 °C:ssa. StO:in viskositeetti oli korkea, joten sen suodatettavuus ja pumpattavuus ovat huonoja huoneenlämpötilassa.



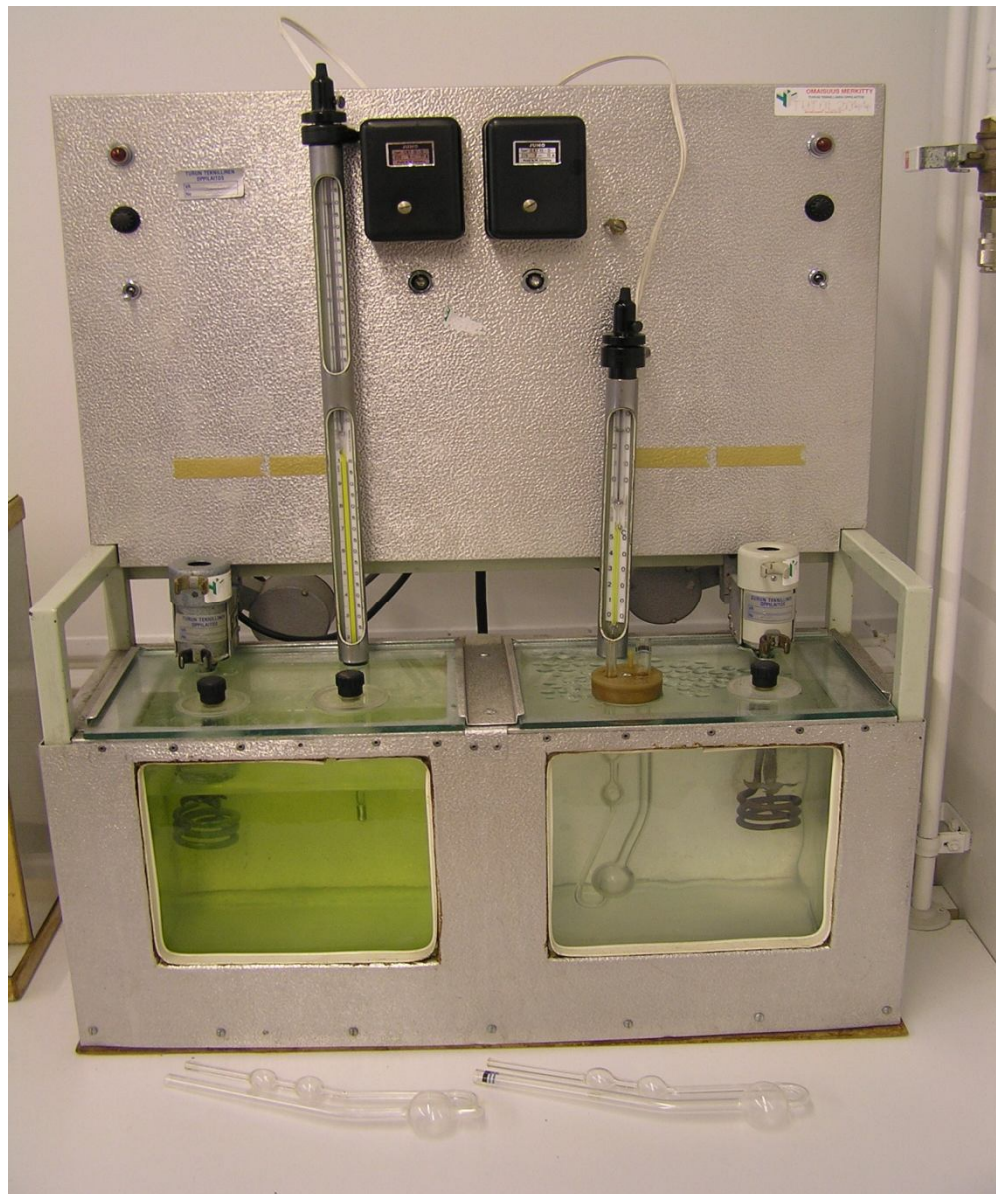
Kuva 2: Rovina Oy:n monivaiheinen esteröintilaitteisto

Taulukko 1: Polttoaineiden viskositeetit

Polttoaine ja mittauslämpötila	Kineemaattinen viskositeetti (mm ² /s)
RME 40 °C	4,5
RME 99 °C	1,8
SaME 40 °C	4,7
SaME 99 °C	1,9
StO 40 °C	30,8
StO 99 °C	6,9



Kuvio 1: Polttoaineiden viskositeetit



Kuva 3: Cannon-Fenske-kapillaariviskosimetri

2.2 Polttoaineiden leimahdus- ja palamispisteet

Leimahdus- ja palamispisteet mitattiin Cleveland-upokkaalla, kuva 4. Astiaan laitetaan tietty määrä mitattavaa polttoainetta ja sitä kuumennetaan, jolloin aikaansaadaan polttoaineen hidas lämpötilan nousu. Astian yllä kuljetetaan palavaa liekkiä. Kun polttoaineen lämpötila on saavuttanut leimahduspisteen, polttoaineesta haihtuu palavia

kaasuja tarpeeksi, jotta se leimahtaa. Palamispisteen saavutettuaan polttoaineen kaa-suuntuminen on niin voimakasta, että polttoaineen ylle jää palamaan jatkuva liekki.

Kokeissa käytettyjen biopolttoaineiden leimahdus- ja palamispisteet olivat huomatta-vasti korkeammat kuin dieselöljyn. Esteröityjen biopolttoaineiden SaME:n ja RME:n leimahdus- ja palamispisteet olivat hyvin lähellä toisiaan. StO:n arvot olivat paljon korkeammat. Korkea palamis- ja syttymispiste on eduksi ajatellen polttoaineen käyttö-turvallisuutta. Haittana polttoaineen korkeasta höyrystymislämpötilasta on moottorin kylmäkäynnistysominaisuuden heikentyminen. Joutuessaan voiteluöljyn sekaan tällai-nen polttoaine ei haihdu pois kuten esim. alemassa lämpötilassa höyrystyvä DFO, taulukko 2. (Mustiala, oppimateriaali 2008)

Taulukko 2: Polttoaineiden leimahdus- ja palamispisteet

Aine	leimahduspiste (°C)	Palamispiste (°C)
StO	297	330
SaME	170	196
RME	172	194
DFO	75	100



Kuva 4: Cleveland-upokas

2.3 Esteröinti

Vaihtoesteröinti on yksi tapa välttää glyserolia sisältävien polttoaineiden haitat dieselmoottorikäytössä. Näissä kokeissa käytetyt SaME ja RME olivat esteröityjä öljyjä eli biodieseleitä. Prosessissa öljy jalostetaan biodieseliksi poistamalla glyseroli polttoaineesta. Katalyyttinä käytetään usein lipeän ja metanolin seosta. Tämä seos lisätään prosessoitavan öljyn sekaan, jonka jälkeen tätä kolmen aineen seosta kierrätetään säiliössä. Esteröitävän öljyn rasvaketjut pilkkoontuvat. Glyseroli eriytyy säiliön pohjalle, koska se on tiheämpää kuin saatu biodiesel. Glyserolin tiheys on 1261 kg/m^3 ja veden

1000 kg/m³ samassa lämpötilassa. (<http://fi.wikipedia.org/wiki/Glyseroli> 2009 ja <http://fi.wikipedia.org/wiki/Vesi> 2009)

Glyseroli poistetaan säiliön pohjalta. Tämän jälkeen saatu biodiesel pitää pestä, koska sen pH-luku on liian suuri moottorikäyttöön sen sisältämän katalyytin vuoksi. Pesu tapahtuu toisessa säiliössä, jossa polttoaineeseen suihkutetaan vettä säiliön yläpinnasta ja vesi kulkeutuu biodieselin läpi säiliön pohjalle näin puhdistaan biodieselistä katalyyttiä pois. Tämä tehdään usein pariin otteeseen. Lopuksi pesusäiliön pohjalta puhalletaan säiliöön ilmaa, pohjalla olevan veden ja sen yläpuolella olevan biodieselin läpi. Vesi tarttuu ylös nouseviin ilmakupliin ja nousee siten myös biodieselin läpi. Kun ilmakuplat saavuttavat säiliön yläosassa olevan ilmatilan, ne puhkeavat ja niihin kiinnittynyt vesi valuu taas alas biodieselin läpi, samalla pesten sitä. (Käytännön Maamies 1/2009)

Taiwanissa tehdyissä kokeissa esteröinti kulutti 7,73 MJ yhtä biodieselkiloa kohden. Energia kului esteröinnin pumppauksiin ja pesuveden poistamiseen biodieselistä. Samoissa kokeissa valmistetun biodieselin ylempi lämpöarvo oli 41,37 MJ/kg. Eri prosesseissa on kuitenkin eroja. (Lin ja Li 2008) Esteröintilaitteistot ovat myös kalliita.

Esteröintiprosessissa käytetty metanoli on erittäin myrkyllinen kemikaali. Käyttöturvallisuus on otettava huomioon pienessäkin tuotannossa. Pienissä laitteistoissa RME:n vesipesu synnyttää runsaasti metanoli- ja NaOH -pitoista jätevettä (n. 200 l/m³ polttoainetta). Glyserolia tulee n. 15 % lopputuotteen määrästä. (<http://www.maaseutukeskus.fi/pk/Loppur.pdf> 2009)

3 MOOTTORIT JA MITTALAITTEET

3.1 Moottori

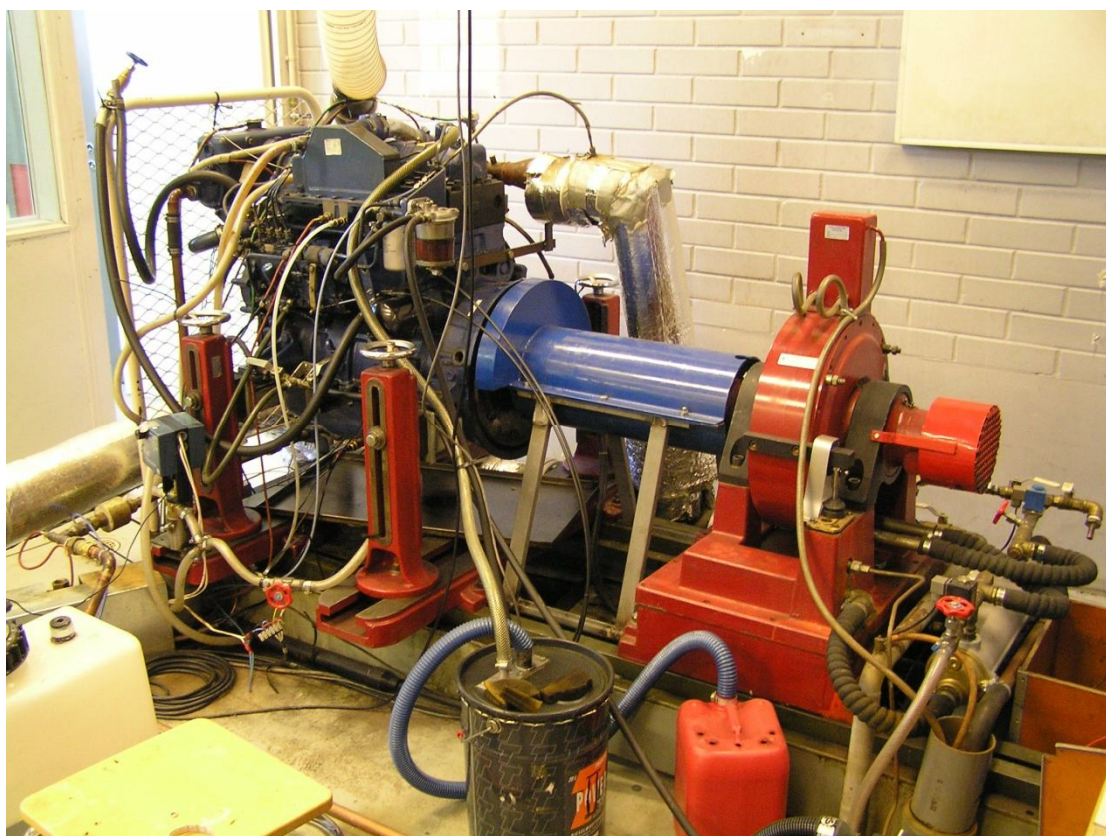
Tutkimusmoottorina käytettiin AGCO Sisu Powerin valmistamaa Valmet 420 –työkonedieselmoottoria, jota on käytetty useissa Turun ammattikorkeakoulussa tehdyissä biopolttoainetutkimuksissa, kuva 5 ja taulukko 3. Moottorissa on rivimallinen Boschin valmistama polttoaineenruiskutuspumppu, joka sallii erilaatuisten polttoaineiden käytön paremmin kuin esim. commonrail-järjestelmä tai jakajamallinen polttoaineenruiskutuspumppu. Näissä koeajoissa ei ollut mitään ongelmia polttoaineen syötön kanssa, vaikka StO:n kinemaattinen viskositeetti oli korkea, taulukko 1. Moottoria ei optimoitu eri polttoaineille. Ainoa toimenpide, joka moottorille tehtiin, oli polttoainesyötön lisääminen syöttöruuvia kääntämällä. Säätö tehtiin aikaisemmin moottorilla ajettujen biopolttoaine-tutkimusten kokemusten perusteella.

Taulukko 3: Moottorin tietoja

moottori	Valmet 420
polttoaine	diesel
palotilatyyppi	suoraruiskutus
polttoaineenruiskutuspumppu	Bosch -rivipumppu
iskutilavuus (cm ³)	4400
sylinteriluku	4
sylinterin halkaisija (mm)	108
iskunpituus (mm)	120
puristussuhde	16,5:1
paino (kg)	340
ahdin	Schwitzer S1B

3.2 HPA-moottoritehdynamometri

Moottorin kuormitukseen käytettiin HPA-moottoridynamometriä, jossa jarruttavana elementtinä on vesiturbiini, kuva 5. Moottori oli liitetty dynamometriin vauhtipyörästä suoraan kardaaniakselin avulla. Moottoria ja dynamometriä ohjattiin erillisen HPA-mittauskaapin avulla, josta voitiin säätää kaikki tarvittavat parametrit. Tämän tyyppinen dynamometri sopii staattisten kuormien mittaukseen. Mitatuissa tehotasoissa arveltiin olevan virhettä, koska moottorista saadut hyötysuhteet olivat suuria käytettyyn moottoritekniikkaan nähden. Kuormituspisteiden toistettavuus arvioitiin kuitenkin hyväksi, ja tulokset katsottiin vertailukelpoisiksi.



Kuva 5: Valmet 420 ja HPA-moottoridynamometri

3.3 Päästökomponenttien mittalaitteet

Kaasujen päästömittaukset suoritettiin Horiba Mexa-9400 H –pakokaasuanalysointilaitteella, kuva 6. Mitatut suureet olivat: hiilimonoksidi (CO), hiilidioksidi (CO₂), happi (O₂), typpimonoksidi (NO) ja typenoksidit (NO_x).



Kuva 6: Horiba Mexa-9400 H

Moottorin savutus (FSN) mitattiin AVL 415 S –mittalaitteella. FSN on mittalaitteen oma suure ja tarkoittaa filter smoke number. Nämä lukemat ovat vertailukelpoisia keskenään.

Hiukkasmassaa kerättiin laimennetusta pakokaasusta hiukkasimpaktorin avulla. Hiukkasimpaktorissa on suodinkalvo, johon pakokaasun hiukkaset kerääntyvät tietyn ajanjakson ajan. Kalvo punnitaan tarkasti ennen ja jälkeen hiukkasten keräämisen. Kalvojen punnitukseen käytettiin Mettler AE 260 -tarkkuusvaakaa.

Hiukkasten kokojakauma mitattiin Dekatin ELPI-mittalaitteella. Myös hiukkasten kokojakaumaa mitattaessa käytettiin laimennettua pakokaasua.

Pakokaasun laimennusta säädettiin Dekati FPS-4000 -laitteen avulla. Laimennetun sekä laimentamattoman pakokaasun suhde saatiin vertailemalla kummankin NO- ja NO_x -pitoisuuksia. NO- ja NO_x -pitoisuuksien mittaukseen käytettiin Testo 350 – pakokaasuanalysaattoria sekä Horiba Mexa-9400 H:ta. Laskelmissa käytettiin Testo 350:n laimennussuhteita.

Polttoaineen kulutuksen mittaukseen käytettiin kahta eri menettelytapaa. DFO:lla mitattiin polttoaineen tilavuusvirta HPA-mittakaapin polttoaineen mittalasista. Kulunut aika saatiin ajanottokellolla. DFO:n kulutus muutettiin massavirraksi kertomalla saatu tulos polttoaineen tiheydellä. StO:lla, SaME:lla sekä RME:llä mitattiin polttoaineen massavirta. Polttoainesäiliö oli Raute Precision WB-900 -vaa`an päällä. Polttoaineen massanmuutoksen kulunut aika mitattiin ajanottokellolla.

4 MITTAUSJÄRJESTELYT JA OLOSUHTEET

4.1 Mittausjärjestelyt

Koeajot suoritettiin kolmen päivän aikana, kahdessa eri jaksossa. Ensimmäiset mittaukset tehtiin 29.-30.12.2008. Polttoaineina tuolla jaksolla olivat DFO, SaME ja StO. RME:n kokeet suoritettiin 8.1.2009. Koeajojen ensimmäinen vaihe oli moottorin huolellinen lämpimäksi ajo, jossa moottoriöljy ja jäähdytysneste saavuttivat lämpötilat, joista ne eivät laboratorio-olosuhteissa kuormitettuna juurikaan muutu. Lämmitysajoissa käytettiin DFO:ta. Polttoaineen vaihto suoritettiin kolmitiehanalla vaihtamalla polttoaineen imuputki eri polttoainesäiliöihin.

4.2 Moottorin tavoitesuoritusarvot

Moottorin huipputehoja ei mitattu millään polttoaineella, vaan moottorilla ajettiin ennalta määrättyjä kuormituspisteitä, jotka kokemuksen perusteella pystyttiin saavuttamaan kaikilla käytetyillä polttoaineilla. SaME:lla, RME:llä ja DFO:lla suoritettiin mittaukset kaikissa kuormituspisteissä. StO:lla mittaukset suoritettiin 100 % kuormala, 1800 ja 1500 rpm, taulukko 4.

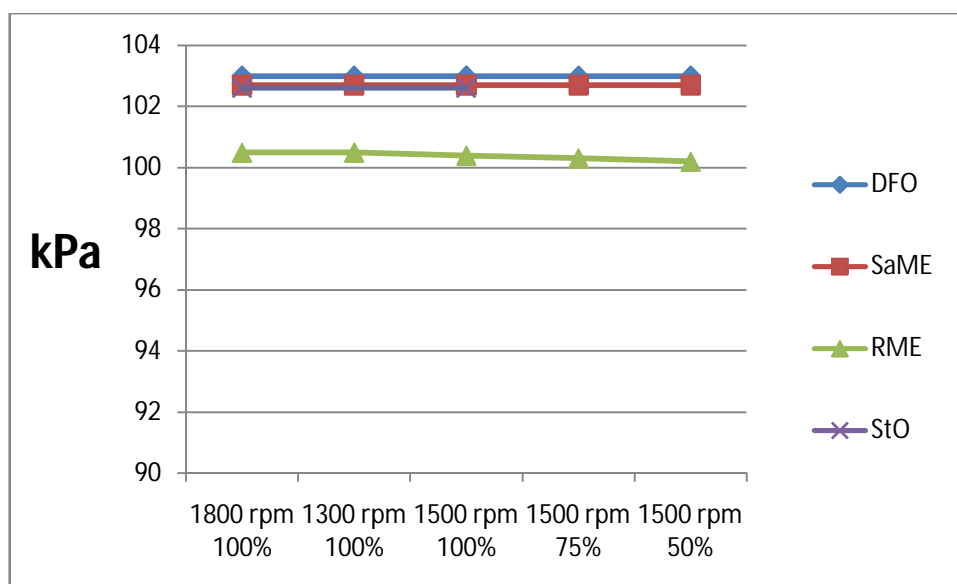
Taulukko 4: Tavoitekuormituspisteet

Pyörimisnopeus	Kuormitus (%)	Vääntömomentti (Nm)	Teho (kW)
1800	100	376	71
1300	100	414	56
1500	100	422	66
1500	75	354	56
1500	50	241	38

4.3 Laboratorion olosuhteet

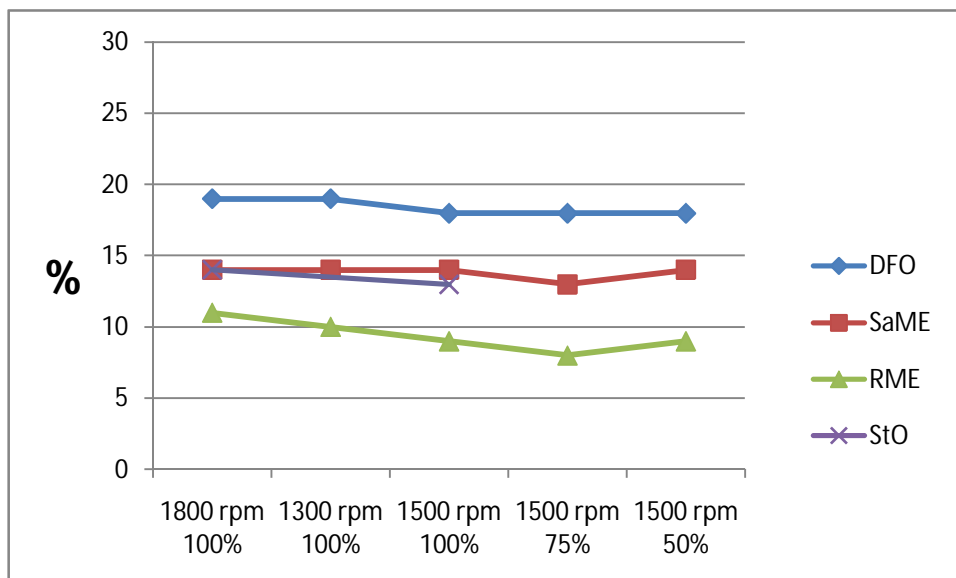
Koeajot suoritettiin Turun AMK:n moottorintutkimuslaboratoriossa, jossa olosuhteet pysyivät tyydyttävän stabiileina. Koeajuhuoneen olosuhteista mitattiin lämpötila, ilmanpaine ja suhteellinen kosteus. Olosuhteisiin vaikuttivat mm. säiden vaihtelut, koeajomoottoreista ympäröivään tilaan siirtyvä hukkalämpö ja laboratorion ilmanvaihdon toiminta.

Ilmanpaine vaihteli vähän: 29.-30.12.2008 ilmanpaineet olivat lähellä toisiaan, suurimman vaihtelun ollessa 0,4 kPa; 8.1.2009 ilmanpaine oli hieman pienempi. Ilmanpaine oli ajettaessa DFO:lla 103,0 kPa, joka oli koeajojen suurin arvo. Pienin arvo oli 100,2 kPa, ja se mitattiin ajettaessa RME:tä. Koeajopäivien sisällä ilmanpaineenmuutokset olivat pieniä, kuvio 2.



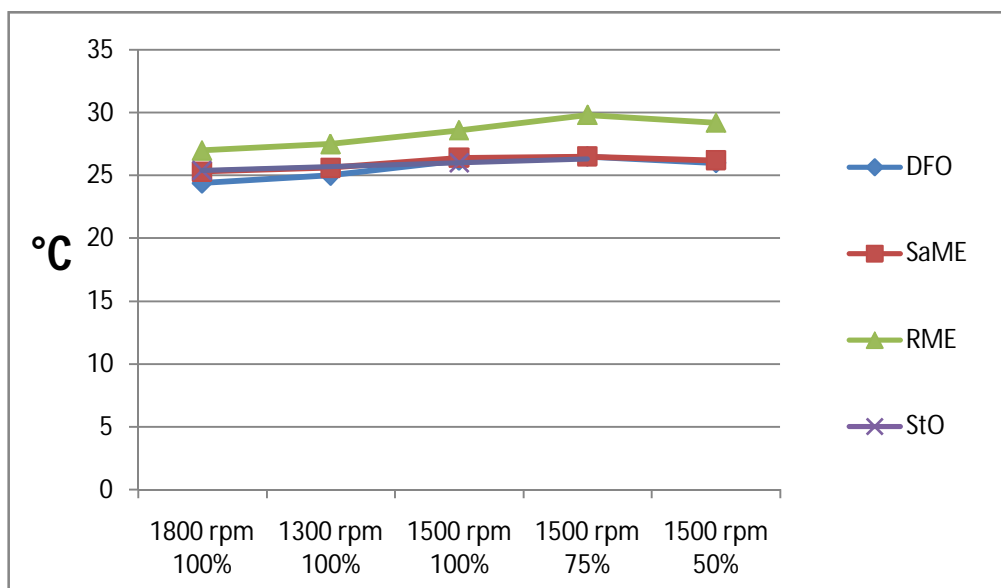
Kuvio 2: Koeajuhuoneen ilmanpaine

Ilmankosteudet vaihtelivat eri koeajopäivien välillä. Suurin ilman suhteellinen kosteus 19 % mitattiin ajettaessa DFO:lla 100 % kuormituksella nopeuksilla 1300 ja 1800 rpm. Pienin suhteellinen kosteus 8 % havaittiin ajettaessa RME:llä 1500 rpm, 75 % kuormituksella, kuvio 3.



Kuvio 3: Koeajohuoneen ilmankosteus

Koeajohuoneen lämpötila nousi moottorin vaikutuksesta kaikkien polttoaineiden kohdalla kokeen edetessä. Koeajohuoneen pienin lämpötila 24 °C mitattiin DFO:lla 100 % kuormituksella nopeudella 1800 rpm. Lämpötila oli suurin 30 °C ajettaessa RME:llä 1500 rpm, 75 % kuormituksella, kuvio 4.



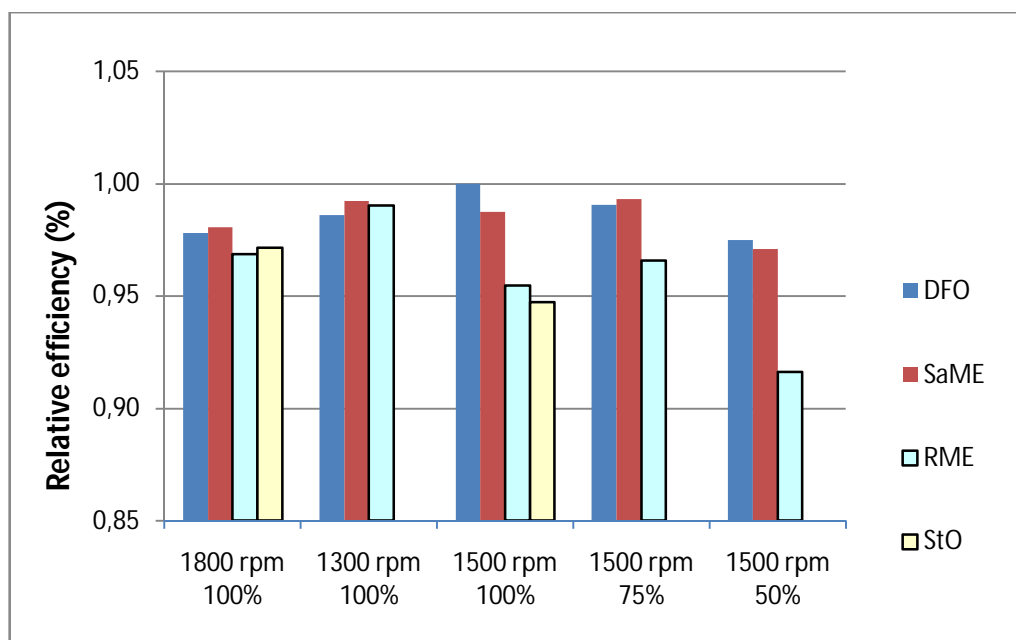
Kuvio 4: Koeajohuoneen lämpötila

5 TULOKSET

5.1 Moottorin hyötysuhde

Moottorin hyötysuhde päätettiin kuvata suhteellisina arvoina. Parhaan hyötysuhteen arvoksi asetettiin yksi (1), ja muut suhteutettiin tähän. Täten voidaan nähdä eri polttoaineiden keskinäiset eroavaisuudet.

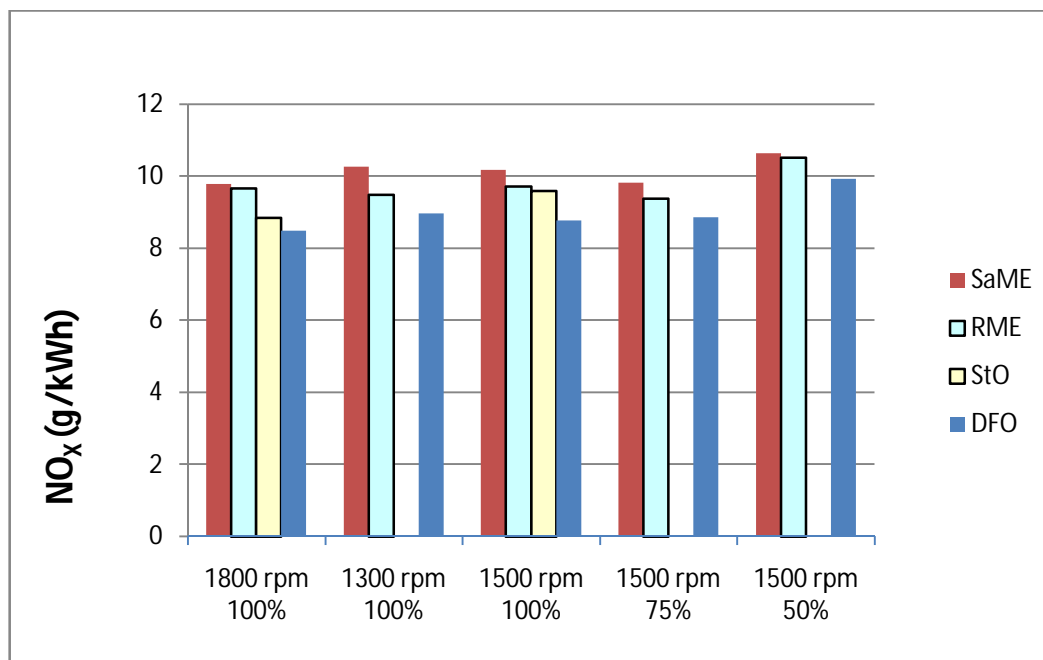
Paras hyötysuhde saavutettiin dieselöljyllä ajettaessa 1500 rpm, 100 % kuormituksella. DFO:lla saavutettiin myös kuormituspisteen 1500 rpm, 50 % paras arvo. SaME:lla saavutettiin parhaat hyötysuhteet kolmessa kuormituspisteessä: 1800 rpm, 100 %; 1300 rpm, 100 % ja 1500 rpm, 75 %. StO:lla saavutettiin kuormituspisteen 1500 rpm, 100 % pienin hyötysuhde. Ajettaessa täydellä kuormalla npeudella 1800 rpm sen hyötysuhde oli hyvin lähellä muita polttoaineita, kuvio 5.



Kuvio 5: Suhteellinen hyötysuhde

5.2 Typenoksidipäästöt (NO_x)

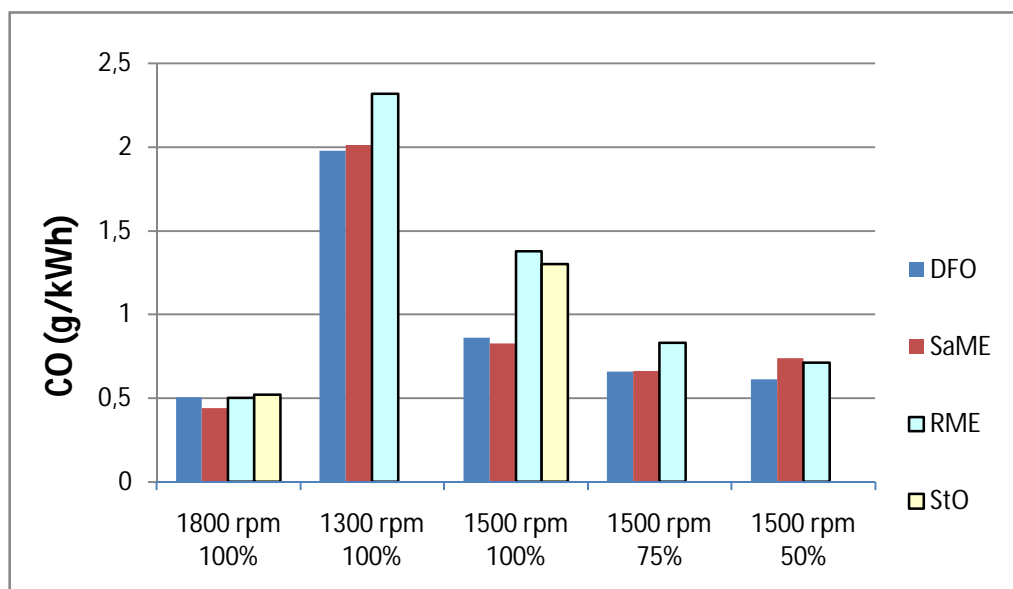
SaME:lla ajettaessa moottori tuotti suurimmat typen oksidien ominaispäästöt kaikissa kuormituspisteissä. DFO:lla ominaispäästöt olivat aina pienimmät. Suurimmat päästöt 10,7 g/kWh syntyivät ajettaessa SaME:lla 1500 rpm, 50 % kuormituksella. Pienin arvo 8,5 g/kWh mitattiin ajettaessa DFO:lla 1800 rpm, 100 % kuormituksella, kuvio 6.



Kuvio 6: Typenoksidipäästöt (NO_x)

5.3 Hiilimonoksidipäästöt (CO)

Suurin hiilimonoksidipäästö 2,3 g/kWh syntyi ajettaessa RME:llä 1300 rpm, 100 % kuormalla. Pienin arvo 0,4 g/kWh saatiin ajettaessa SaME:lla 1800 rpm, 100 % kuormalla. Kuormituspisteessä 1500 rpm, 100 % havaittiin RME:n ja StO:n tuottavan huomattavasti enemmän häkää kuin SaME:n ja DFO:n, kuvio 7.



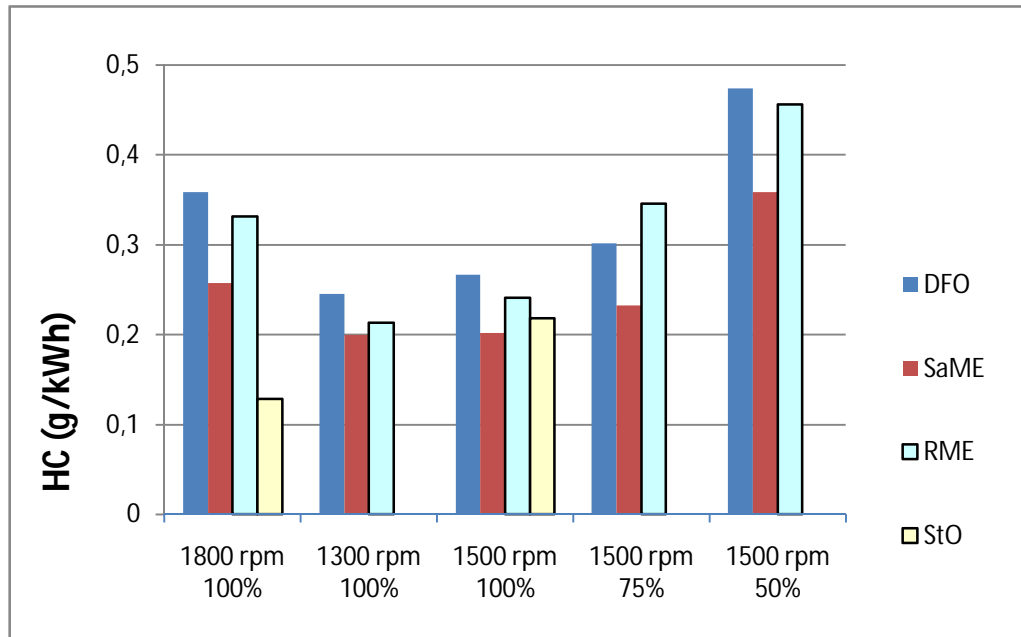
Kuvio 7: Ominaishiilimonoksidipäästöt (CO)

5.4 Hiilivetypäästöt (HC)

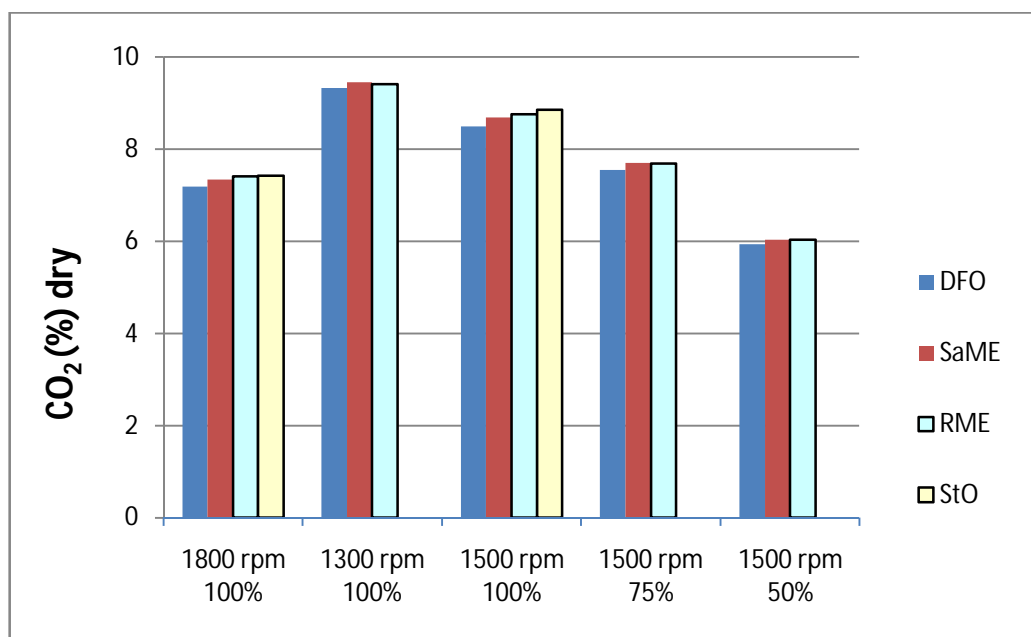
Hiilivetyjen suurimmat ominaispäästöt 0,5 g/kWh syntyivät ajettaessa DFO:lla 1500 rpm, 50 % kuormituksella. StO:n suurin arvo 0,2 g/kWh saatiin ajettaessa 1500 rpm, 100 % kuormalla. Mittausten pienin arvo 0,1 g/kWh saatiin ajettaessa StO:lla 1800 rpm, 100 % kuormalla. Tämä oli paljon pienempi kuin muiden polttoaineiden tuottama. Saman kuormituspisteen toiseksi pienin arvo 0,3 g/kWh mitattiin SaME:lla. Kyseisen kuormituspisteen suurin arvo 0,4 g/kWh saatiin DFO:lla, kuvio 8.

5.5 Hiilidioksidipäästöt (CO₂)

Pakokaasujen hiilidioksidipitoisuuksissa oli pieniä eroja kaikissa kuormituspisteissä. Suurimmat arvot saatiin ajettaessa 1300 rpm, 100 % kuormituksella; SaME:lla ajettaessa oli pakokaasun CO₂-pitoisuus 9,5 %; RME:llä 9,4 % ja DFO:lla 9,3 %. Kuormituspisteessä 1500 rpm, 50 % oli pakokaasun CO₂ -pitoisuus sekä SaME:lla että RME:llä ajettaessa 6,0 % ja DFO:lla 5,9 %, kuvio 9.



Kuvio 8: Ominaishiilivetypäästöt (HC)

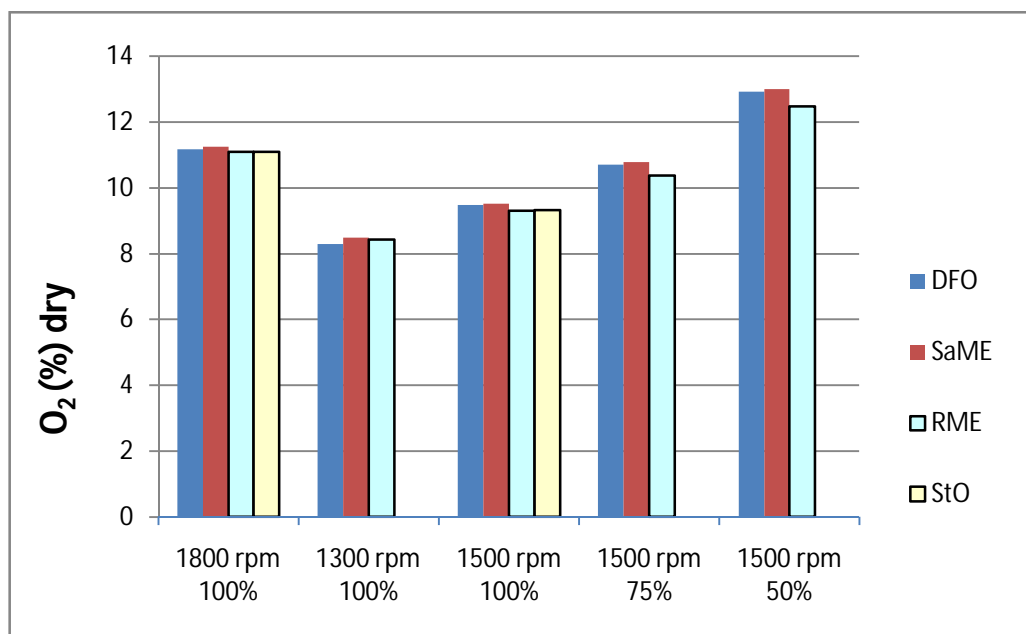


Kuvio 9: Pakokaasun hiilidioksidipitoisuus

5.6 Pakokaasun happipitoisuus (O₂)

Pakokaasujen happipitoisuuksissa oli pieniä eroja eri polttoaineilla ajettaessa kaikissa kuormitusasteissa. Suurimmat arvot mitattiin ajettaessa 1500 rpm, 50 % kuormituksella. Tällöin SaME:lla ajettaessa oli pakokaasun O₂-pitoisuus 13,0 %; DFO:lla 12,9%

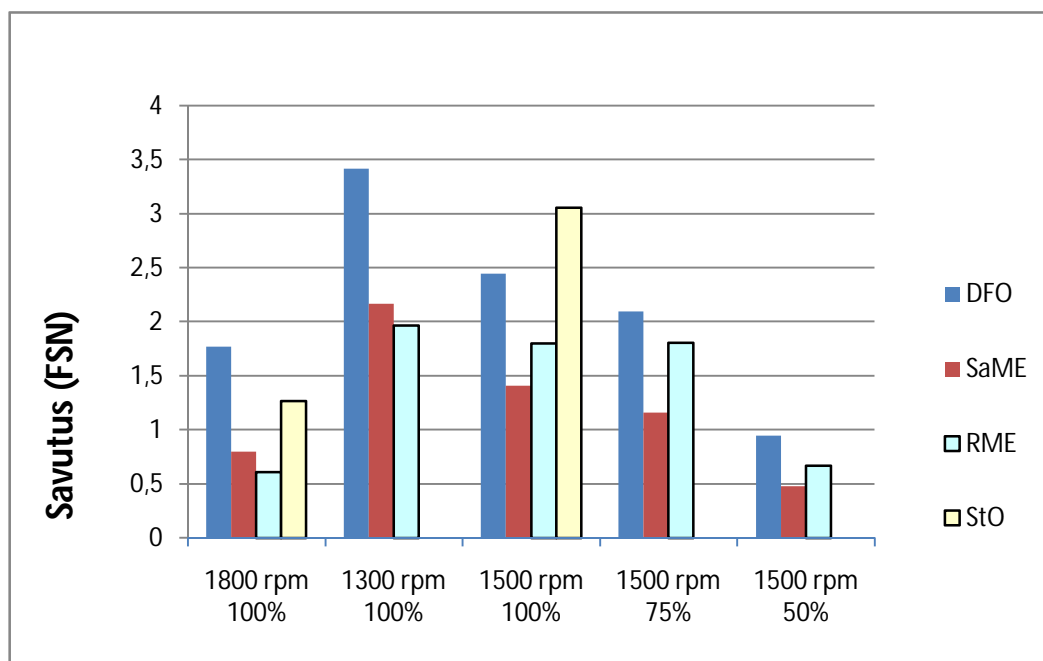
ja RME:llä 12,5 %. Kuormituspisteessä 1300 rpm, 100 % SaME:lla ajettaessa oli pakokaasun O₂ -pitoisuus 8,5%; RME:llä 8,4 % ja DFO:lla 8,3 %, kuvio 10.



Kuvio 10: Pakokaasun happipitoisuus

5.7 Moottorin savutus (FSN)

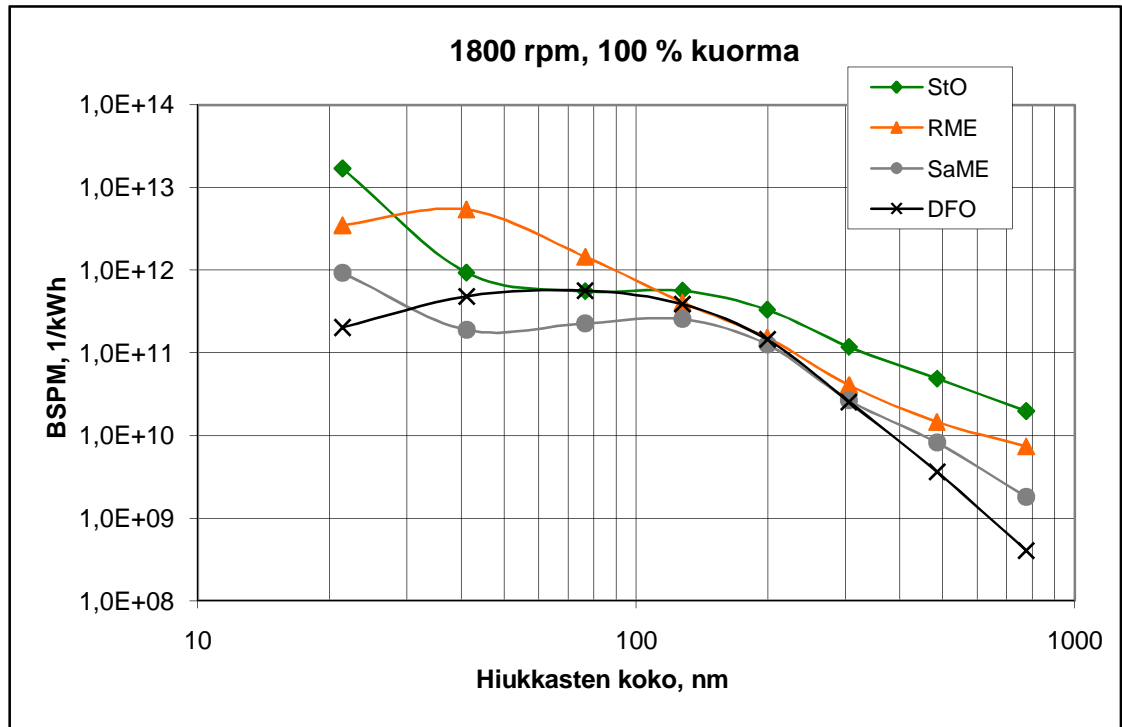
Savutusarvoissa oli suuria poikkeavuuksia keskenään. Esteröidyt biopolttoaineet RME ja SaME tuottivat pienimmät arvot kaikissa kuormituspisteissä. Tästä syystä biodieseleitä onkin joskus kutsuttu ”katsastuspolttoaineiksi”, kun muilla keinoin ei ole saatu dieselmoottoreita täyttämään katsastusviranomaisten vaatimuksia savutuksen suhteen (käynti BEL Oy 2008). DFO:lla ajettaessa moottori savutti eniten kaikissa muissa kuormituspisteissä paitsi 1500 rpm, 100 %, jolloin StO tuotti suurimmat lukemat 3,1 (FSN). Kaikkein suurin savutusarvo 3,4 (FSN) mitattiin ajettaessa DFO:lla 1300 rpm, 100 % kuormalla. Pienin arvo 0,5 (FSN) saatiin ajettaessa SaME:lla 1500 rpm, 50 % kuormalla, kuvio 11.



Kuvio 11: Moottorin savutus (FSN)

5.8 Hiukkasten kokojakauma

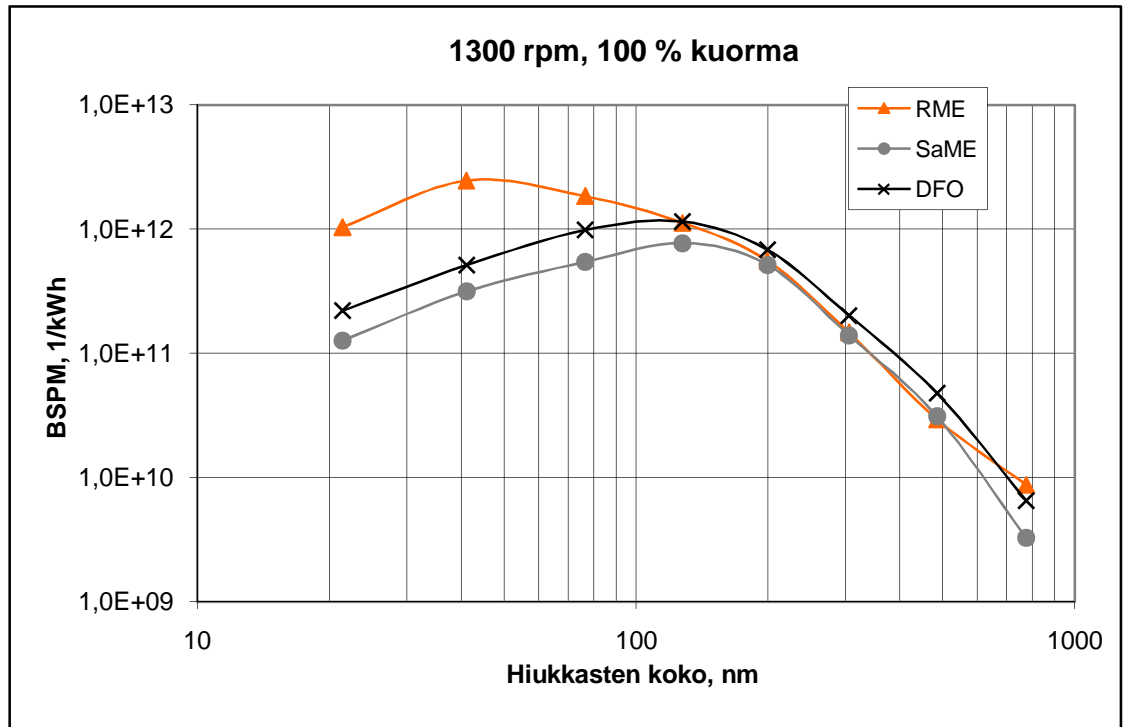
Pienimpiä mitattuja hiukkasia, joiden koko on alle 30 nm, syntyi StO:lla eniten kuormituspisteessä 1800 rpm, 100 % kuormalla. StO:lla oli havaittavissa hyppäys juuri pienimpien mitattujen hiukkasten kohdalla. Samanlainen hyppäys pienimmissä hiukkasissa syntyi myös ajettaessa SaME:lla. RME:llä ajettaessa syntyi pienimpiä hiukkasia toiseksi eniten. DFO tuotti kaikkein vähiten pienimpiä, alle 30 nm hiukkasia. Kokoluokassa 40 nmeniten hiukkasia tuotti RME. StO:lla havaittu pienempien hiukkasten hyppäys tasoittui ja se tuotti toiseksi eniten 40 nm kokoisia hiukkasia. Tässä kokoluokassa SaME osoittautui vähiten hiukkasia tuottavaksi. DFO tuotti toiseksi vähiten hiukkasia. Hiukkaskokojakaumissa 200-800 nm oli hajontaa. Kokoluokassa 800 nm eniten hiukkasia tuotti StO, toiseksi eniten RME, vähiten DFO ja toiseksi vähiten SaME, kuvio 12.



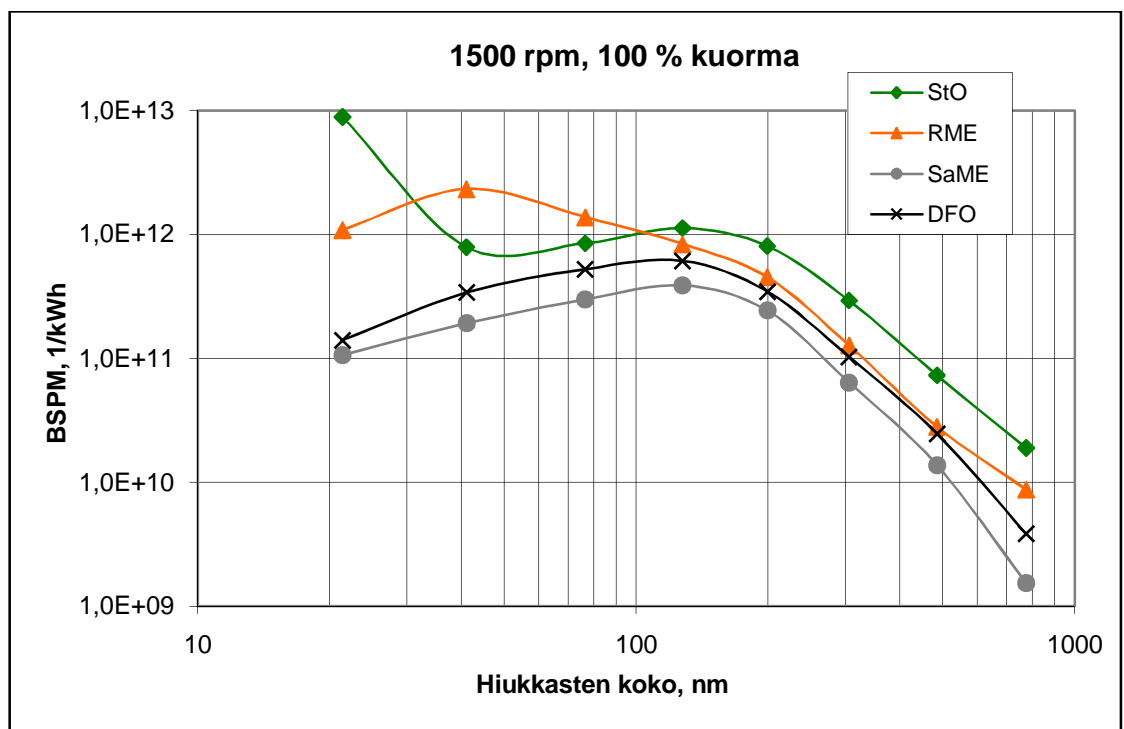
Kuvio 12: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1800 rpm, 100 % kuormitus

Kuormituspisteessä 1300 rpm, 100 % oli havaittavissa SaME:lla ja DFO:lla hyvin samanlaiset hiukkaskokojakaumat; SaME:lla päästöt olivat jokaisessa mittauspisteessä pienemmät. RME:llä hiukkasten tuotanto oli lähes samanlainen kuin DFO:lla ja SaME:lla, kun tarkastellaan yli 150 nm kokoluokan hiukkasia. Alle 150 nm hiukkasia RME tuotti eniten, kuvio 13.

StO:lla havaittiin samanlainen nousu pienimpien alle 30 nm hiukkasten kohdalla kuormituspisteessä 1500 rpm, 100 % kuin ajettaessa 1800 rpm, 100 %. StO tuotti eniten hiukkaspäästöjä tässäkin kuormituspisteessä tarkasteltaessa alle 30 nm hiukkaskokoja. RME tuotti alle 30 nm hiukkasia toiseksi eniten. DFO ja SaME tuottavat lähes saman verran pienimpiä hiukkasia. Kooltaan 40 nm hiukkasia tuotti eniten RME ja StO toiseksi eniten. Alueella 150 nm-800 nm SaME tuotti hiukkasia vähiten ja StO eniten, kuvio 14.

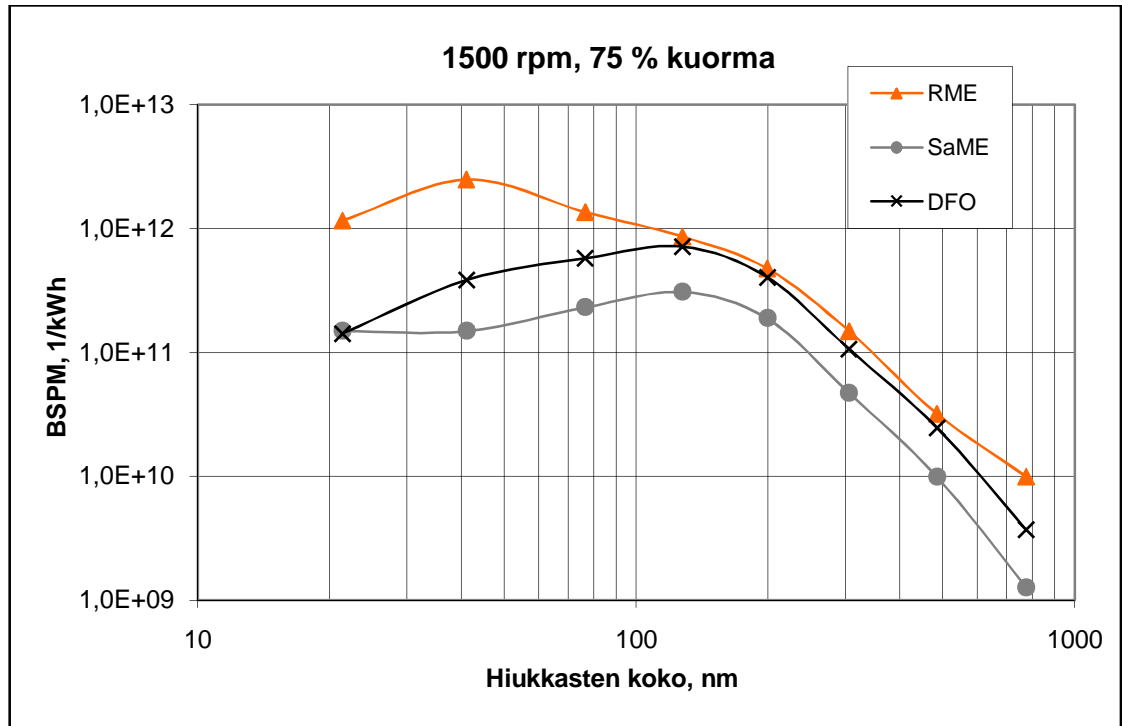


Kuvio 13: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1300 rpm, 100 % kuormitus



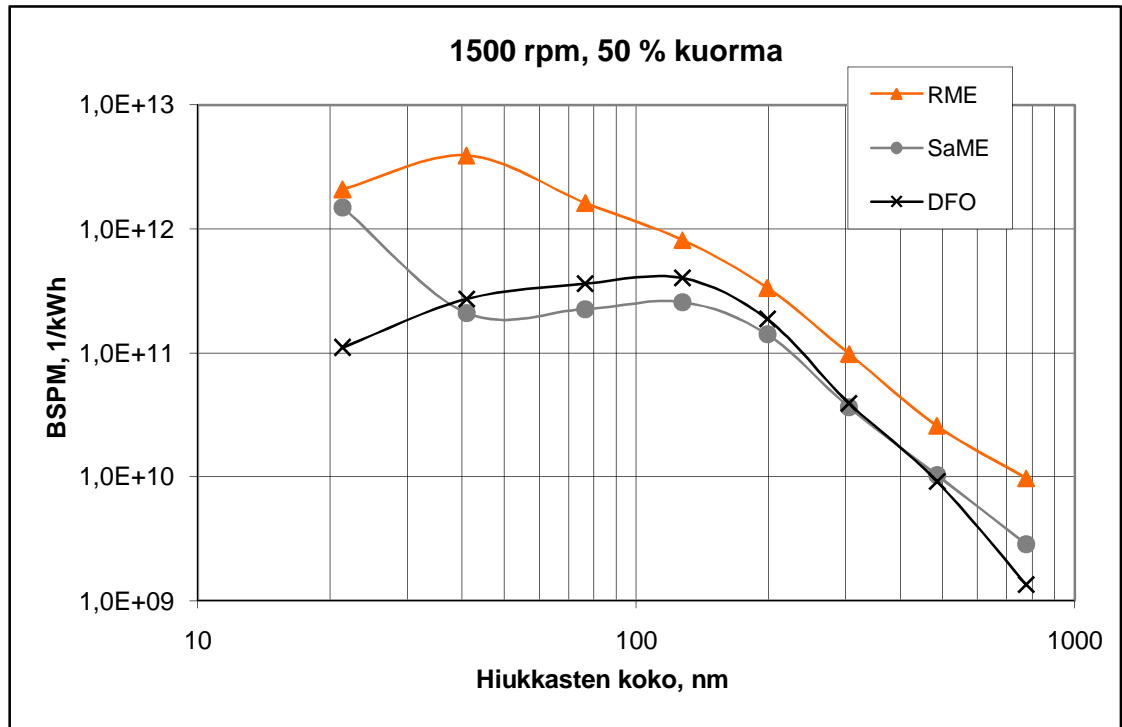
Kuvio 14: Hiukkasten kokojakauma 1500 rpm, 100 % kuormitus

Kuormituspisteessä 1500 rpm, 75 % eniten alle 30 nm hiukkasia tuotti RME. SaME:lla oli lähes koko mittausalueen pienin hiukkastuotto, poislukien alle 30 nm kokoiset hiukkaset. Hiukkaskokoluokissa 150 nm-800 nm olivat RME:n ja DFO:n hiukkastuotot hyvin samanlaiset, kuvio 15.



Kuvio 15: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1500 rpm, 75 % kuormitus

Kuormituspisteessä 1500 rpm, 50 % havaittiin SaME:lla jälleen hyppäys pienimpien alle 40 nm kokoisten hiukkasten lukumäärässä. Tämä hyppäys tasoittui siitä suurempia hiukkasia tarkasteltaessa. RME tuotti eniten hiukkasia koko mittausalueella, kuvio 16.

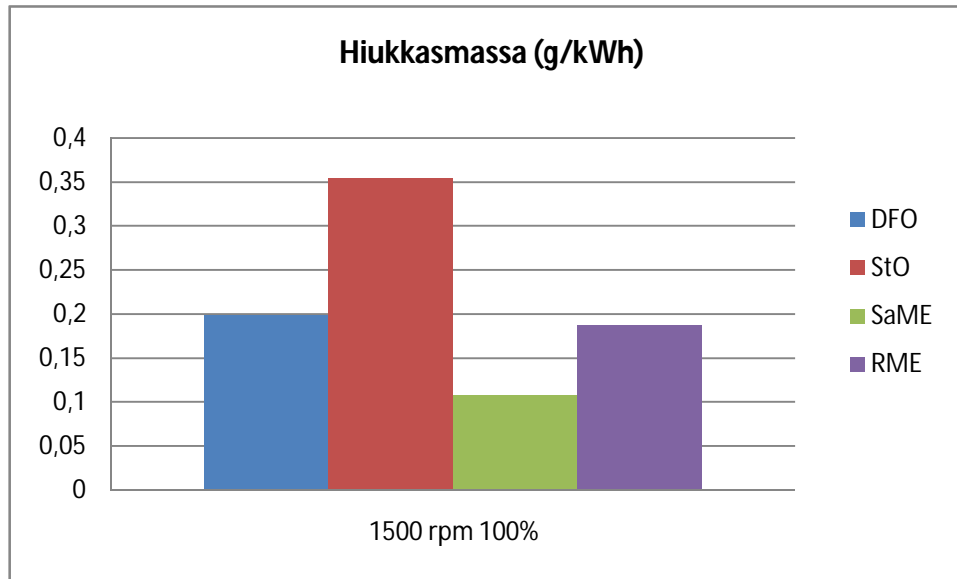


Kuvio 16: Hiukkasten kokojakauma nopeudella 1500 rpm, 50 % kuormitus

5.9 Hiukkasten massakeräys

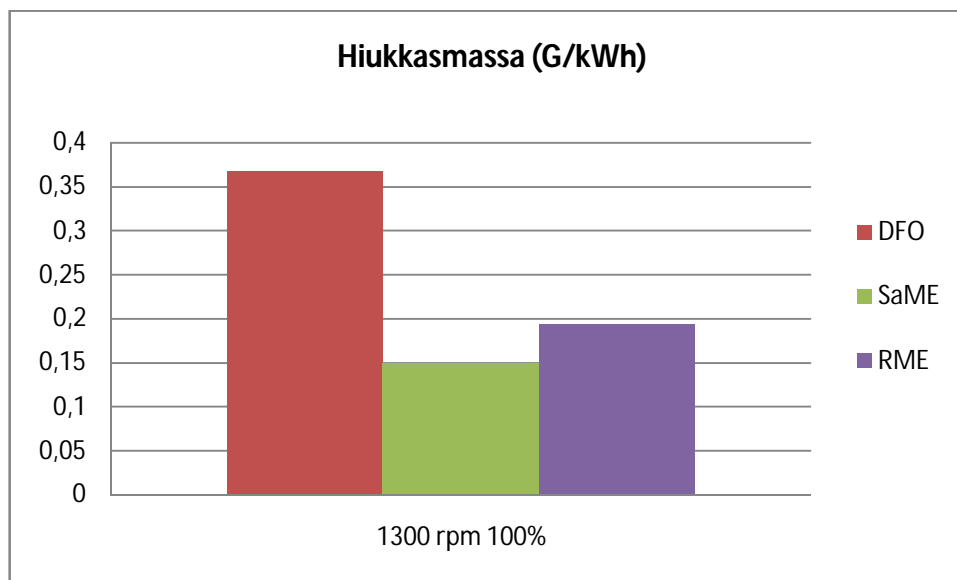
Hiukkasten massakeräys suoritettiin kahdessa eri kuormitusasteessa: 1500 rpm, 100 % kuorma ja 1300 rpm, 100 % kuorma.

Kuormitusasteessa 1500 rpm, 100 % havaittiin StO:n tuottavan suurimman määrän 0,35 g/kWh hiukkasmassaa. DFO tuotti toiseksi eniten 0,20 g/kWh. Biodieselit tuottivat kaikkein pienimmät hiukkasmassat, RME 0,19 g/kWh ja SaME vähiten, 0,11 g/kWh, kuvio 17.



Kuvio 17: Hiukkasmassakeräys kuormitusasteessa 1500 rpm, 100 %

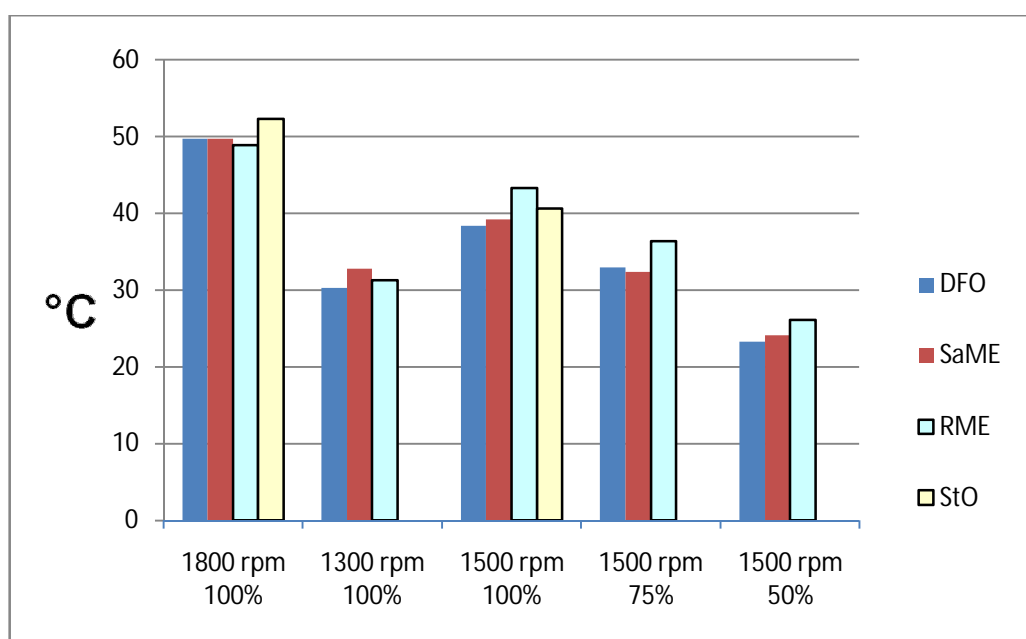
Kuormitusasteessa 1300 rpm, 100 % havaittiin selvä ero hiukkasmassan tuotossa biodieseleiden ja DFO:n välillä. DFO tuotti yli kaksinkertaisen määrän hiukkasmassaa kuin SaME tässä kuormitusasteessa. DFO tuotti 0,37 g/kWh, RME 0,19 g/kWh ja SaME 0,15 g/kWh, kuvio 18.



Kuvio 18: Hiukkasmassakeräys kuormitusasteessa 1300 rpm, 100 %

6 TULOSTEN ARVIOINTI

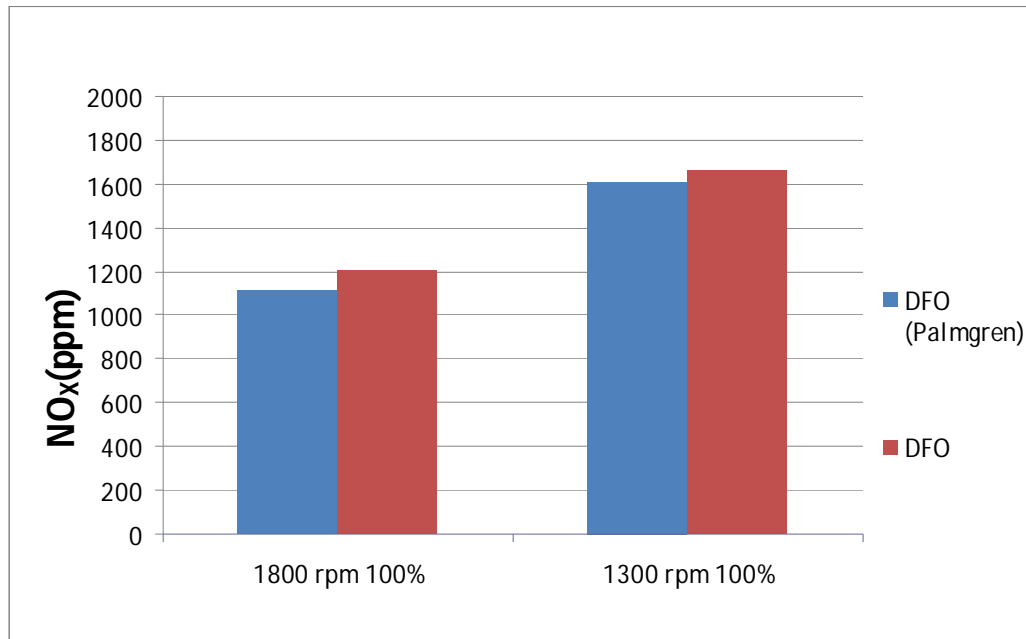
Mitään tuloksiin vaikuttavia suuria muutoksia ei havaittu kokeiden suoritusvaiheessa. Olosuhteiden pienillä muutoksilla ei ilmeisesti ollut suurta merkitystä saatuihin tuloksiin. Imusarjan lämpötilaa säädettiin rajoittamalla ahtoilman välijäähdyttimen jäähdyttävän nesteen kiertonopeutta. Tämä säätö oli haastava saada haluttuun arvoon, mutta siinä onnistuttiin tyydyttävästi, kuvio 19. Imusarjan lämpötila vaikuttaa moottorin päästöihin.



Kuvio 19: Imusarjan lämpötila eri kuormituspisteissä

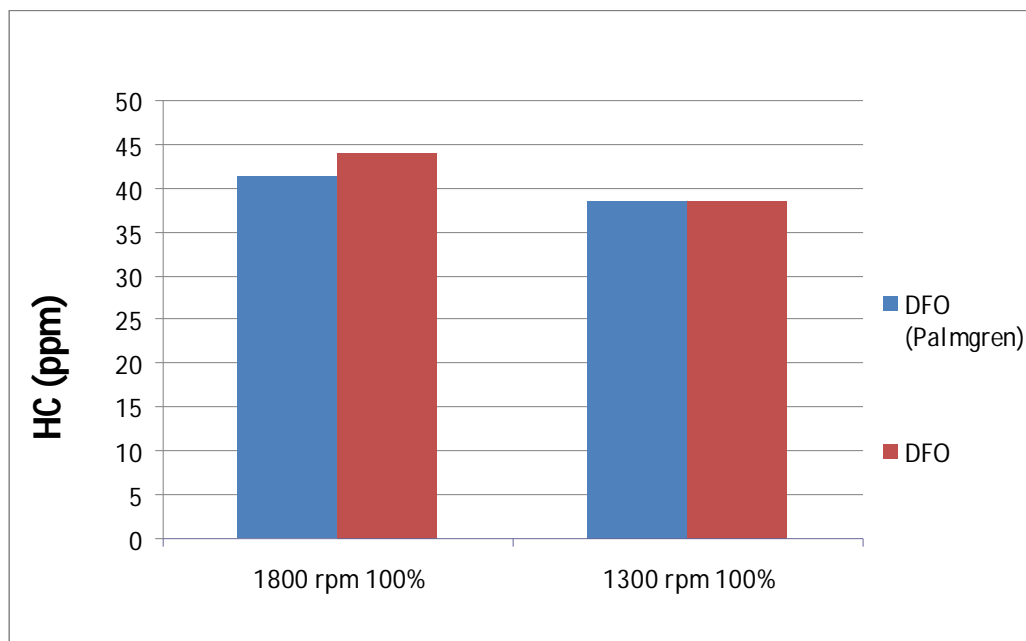
Vertailtaessa DFO:lla ajettuja NO_x-tuloksia Pekka Palmgrenin vuonna 2008 saamiin tuloksiin voidaan huomata niissä olevan pieniä eroavaisuuksia. Tulokset on muutettu Palmgrenin käyttämiin yksiköihin. On huomioitava, että näissä kahdessa tutkimuksessa käytetyt polttoaineet olivat eri erää.

Palmgrenin tutkimuksissa DFO:lla ajettaessa 1800 rpm, 100 % kuormalla NO_x-pitoisuudet olivat n. 100 ppm pienemmät kuin tässä tutkimuksessa. Kuormituspisteessä 1300 rpm, 100 % pitoisuudet olivat Palmgrenin tutkimuksissa n. 50 ppm pienemmät, kuvio 20.



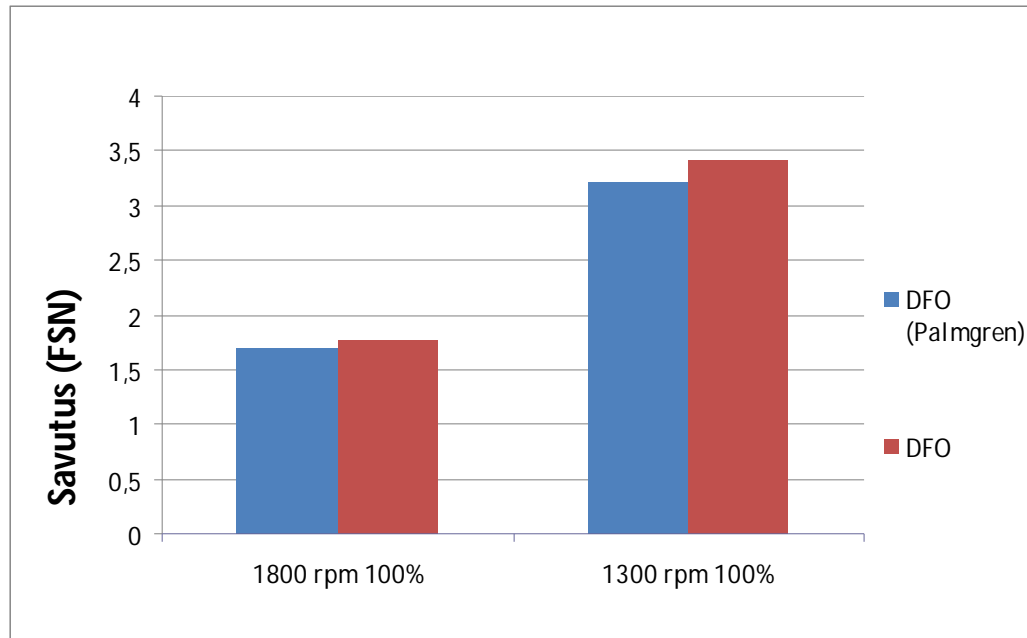
Kuvio 20: DFO:n typenoksidipitoisuudet verrattuna Palmgrenin tuloksiin

Ajettaessa 1300 rpm, 100 % kuormalla olivat HC-pitoisuudet lähes identtiset Palmgrenin arvojen kanssa. Kuormitusasteessa 1800 rpm, 100 % Palmgrenin tulokset olivat hieman pienemmät, kuvio 21.



Kuvio 21: HC-pitoisuudet DFO:lla verrattuna Palmgrenin arvoihin

Savutusarvot (FSN) olivat hyvin lähellä toisiaan ajettaessa täyskuormalla nopeudella 1800 rpm. Ero oli hieman suurempi kuormitusasteessa 1300 rpm, 100 %, kuvio 22.



Kuvio 22: Savutusarvot DFO:lla verrattuna Palmgrenin tuloksiin

Vertailu Palmgrenin tuloksiin osoittaa tutkimusten olevan vertailukelpoisia toisiinsa. Koeajo olosuhteissa ei ole tapahtunut suuria muutoksia ja tutkimuksissa käytetyt dieselöljyt ovat ominaisuuksiltaan lähellä toisiaan.

Moottorin toiminnassa ei ilmaantunut mitään ongelmia ajettaessa eri polttoaineita. Ennen koeajoja kaavailtiin, että StO:n kanssa saattaisi tulla ongelmia, koska sen suodatettavuus on heikko huoneen lämpötiloissa. Mitään ongelmia ei kuitenkaan esiintynyt. Kokeiden perusteella ei voida arvioida pitkäaikaiskäytön vaikutuksia moottoriin, koska kokeet olivat lyhytkestoisia.

7 YHTEENVETO

Työn tarkoituksena oli tutkia työkonedieselmoottorin toimintaa, suoritusarvoja ja päästöjä eläin- ja kasviperäisillä biopolttoaineilla. Koeajoissa käytettyjä biopolttoaineita olivat Rovina Oy:n valmistama kalanperkuujätepohjainen esteröimätön raaka kalaöljy (StO) ja esteröity kalaöljy (SaME) sekä Viljasin Oy:n valmistama esteröity rypsiöljy (RME). Näitä verrattiin kesälaatuiseen dieselpolttoaineeseen.

Moottorin huipputehoja ei mitattu, vaan eri polttoaineilla ajettiin määrättyt kuormitusasteet. Pakokaasupäästöissä oli eroavaisuuksia eri polttoaineiden välillä. Savutus (FSN) oli pienempi koeajoissa käytetyillä biodieseleillä verrattuna StO:hon ja dieselöljyyn. Myös hiukkasmassaa biodieselit tuottivat vähemmän verrattuna StO:hon ja dieseliin. Kaikki kolme biopolttoainetta tuottivat enemmän typenoksideja (NO_x) verrattuna dieselöljyyn. SaME ja StO aiheuttivat kaikissa mittausasteissa pienemmät hiilivetypäästöt kuin dieselöljy. SaME tuotti pääsääntöisesti vähiten eri hiukkaskokomääriä, muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta. Paras hyötysuhde saavutettiin SaME:lla kolmessa kuormitusasteessa ja DFO:lla kahdessa.

Kaikilla käytetyillä polttoaineilla moottori toimi ongelmitta. Minkäänlaisia häiriöitä ei ilmennyt. Raan lämmittämättömän StO:n käytössä ei havaittu mitään ongelmia, vaikka sen viskositeetti oli korkea.

8 KIITOKSET

Kiitokset koeajoihin osallistuneille tutkimusinsinööreille Toomas Karhulle ja Krister Ekmanille sekä opiskelija-assistentti Ville Tikkaselle. Samoin kiitokset työtä ohjanneelle yliopettaja, dosentti Seppo Niemelle ja kaikille muille, jotka ovat auttaneet sen valmistumisessa kannustamalla oman innostuksen ajoittain vähetessä.

LÄHTEET

Hakala Jari, Kaikki irti rypsisistä, Käytännön Maamies -lehti 1/2009 s.46-49

HPA-moottoridynamometrin asennus- ja huolto-ohjeet

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Glyseroli>

<http://fi.wikipedia.org/wiki/Vesi>

Kotta Kimmo, Itävetäjän uusi ruokavalio, Koneviesti -lehti 8/2006 s.105-108

Korjauskirja, Valmet 320, 420, 620

Lin, Cherg-Yuan; Li, Rong-Ji 2008, Fuel properties of biodiesel produced from the crude fish oil from the soapstock of marine fish. Julkaistu Fuel Processing Technology 90(2009) s. 130-136

Palmgren Pekka 2008, Työkonedieselmoottorin suoritusarvot ja päästöt erilaisia biopolttoaineita käytettäessä

Pro Agria, <http://www.maaseutukeskus.fi/pk/Loppur.pdf>

Surakka, Martti 2009 Hämeen AMK Mustiala, koulutusmateriaali

Vierailu BEL Oy 2008

Vierailu Braunaun konerengas, Itävalta 2009

Vierailu C.A.R.M.E.N., Straubing Saksa 2009

Vierailu Rovina Oy:lla 2009

Mittauspiste	Moottori	Päivämäärä	Ilmanpaine (kPa)	Suht. kosteus (%)	Koeajo-huoneen lt (oC)	Pyörimisnopeus (1/min)	Kuorma (%)	Jarrun näyttämä (mkg)	Momentti (mkg)
1	420,00	29.12.08	103	19	24,4	1800	100	35,3	38,1
2	420,00	29.12.08	103	19	25,0	1300	100	39,2	42,2
3	420,00	29.12.08	103	18	26,2	1500	100	40	43,0
4	420,00	29.12.08	103	18	26,5	1500	75	33,4	36,1
5	420,00	29.12.08	103	18	26,0	1500	50	22,4	24,6

Momentti (Nm)	Imuilman lt. suuttimella (oC)	lt. ennen kompr. (oC)	lt. jälk. kompr. (oC)	lt. imusarjassa (oC)	lt. ennen turb. (oC)	lt. jälk. turb. (oC)	p ennen kompr. (bar)	p jälk. kompr. (bar)	p imusarjassa (bar)
373,4	25,7	28,2		49,7	477	395			1,701
413,5	25,9	29,3		30,3	513	460			1,455
421,7	27,3	30,4		38,4	518	440			1,588
353,9	27,8	32,2		33	460	401			1,457
241,0	27,1	29,8		23,3	342	318			1,262

p imus. KORJATTU (bar) (+0,0085)	p ennen turb. (bar)	p jälk. turb. (bar)	m' ilma (NLPM)	m' ilma (g/s) kostea	m' ilma (g/s) kuiva	poltto-aineen lt. (oC)	V kulutuksen mittaus (dl)	P-a mittauksen aika (s)	m' polttoaine (g/s)
1,7095	1,553	1,04	3868		83,36	25,9	5	116,48	3,58
1,4635	1,27	1,04	2455		52,91	25,7	5	146,88	2,84
1,5965	1,39	1,043	3004		64,74	24,6	4	101,27	3,30
1,4655	1,325	1,036	2848		61,37	25,1	5	149,38	2,79
1,2705	1,248	1,052	2546		54,87	25	5	215,84	1,93

lämpöarvo (MJ/kg)	stokiöm. ilmantarve (kg/kg)	CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm)	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Ennen Cat
42,845415		7,19	91,9	44,0	132	11,17	1145	1203	1,77
42,845415		9,33	462,0	38,57	115,71	8,29	1590	1660	3,42
42,845415		8,50	186,3	38,72	116,16	9,49	1430	1510	2,45
42,845415		7,55	126,9	39,11	117,33	10,71	1295	1350	2,1
42,845415		5,94	92,7	48,10	144,3	12,92	1095	1166	0,95

CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm) C3	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Jälkeen Cat
0,11	2,5	13,9	41,7	20,64	21	22	
0,13	9,1	14,1	42,3	20,58	28	29	
0,17	5,6	14,3	42,9	20,53	36	37	
0,19	4,4	13,6	40,8	20,58	39	41	
0,15	3,5	13,1	39,3	20,61	34	38	

Mittauspiste	Moottori	Päivämäärä	Ilmanpaine (kPa)	Suht. kosteus (%)	Koeajohuoneen It (oC)	Pyörimisnopeus (1/min)	Kuorma (%)	Jarrun näyttämä (mkg)	Momentti (mkg)
1	420,00	8.1.08	100,5	11	27,0	1800	100	35,5	38,3
2	420,00	8.1.08	100,5	10	27,5	1300	100	39,2	42,2
3	420,00	8.1.08	100,4	9	28,6	1500	100	40	43,0
4	420,00	8.1.08	100,3	8	29,8	1500	75	33,4	36,1
5	420,00	8.1.08	100,2	9	29,2	1500	50	22,4	24,6

Momentti (Nm)	Imuilman It. suuttimella (oC)	It. ennen kompr. (oC)	It. jälk. kompr. (oC)	It. imusarjassa (oC)	It. ennen turb. (oC)	It. jälk. turb. (oC)	p ennen kompr. (bar)	p jälk. kompr. (bar)	p imusarjassa (bar)
375,5	27,3	29,3		48,9	479	397			1,664
413,5	27,8	30,4		31,3	514	461			1,441
421,7	28,3	31,8		43,3	531	452			1,568
353,9	29,3	32,7		36,4	469	407			1,435
241,0	28,9	31,3		26,1	355	328			1,251

p imus. KORJATTU (bar) (+0.0085)	p ennen turb. (bar)	p jälk. turb. (bar)	m' ilma (NLPM)	m' ilma (g/s) kostea	m' ilma (g/s) kuiva	polttoaineen It. (oC)	V kulutuksen mittaus (dl)	P-a mittauksen aika (s)	m' polttoaine (g/s)
1,6725	1,508	1,012	3719		80,14	25,2			4,13
1,4495	1,245	1,016	2412		51,98	24,8			3,21
1,5765	1,36	1,018	2943		63,42	25			3,92
1,4435	1,299	1,028	2773		59,76	26,7			3,25
1,2595	1,21	1,009	2521		54,33	25,6			2,33

lämpöarvo (MJ/kg)	stökiöm. ilmantarve (kg/kg)	CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm)	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Ennen Cat
37,795707		7,41	91,1	40,6	121,77	11,1	1355	1430	0,61
37,795707		9,42	539,0	33,29	99,87	8,43	1780	1835	1,97
37,795707		8,76	289,0	33,96	101,88	9,3	1645	1710	1,8
37,795707		7,69	161,6	45,20	135,6	10,37	1450	1528	1,81
37,795707		6,03	106,7	45,90	137,7	12,48	1235	1293	0,67

CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm) C3	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Jälkeen Cat
0,2	3,6	1,7	5,1	20,5	47	49	
0,13	10,2	11,6	34,8	20,62	31	32	
0,12	5,3	10,6	31,8	20,64	28	27	
0,1	3,4	11	33	20,6	24	25	
0,09	2,4	11,3	33,9	20,62	22	22	

Mittauspiste	Moottori	Päivämäärä	Ilmanpaine (kPa)	Suht. kosteus (%)	Koeajohuoneen It (oC)	Pyörimisnopeus (1/min)	Kuorma (%)	Jarrun näyttämä (mkg)	Momentti (mkg)
1	420,00	30.12.08	102,7	14	25,3	1800	100	35,5	38,3
2	420,00	30.12.08	102,7	14	25,6	1300	100	39,3	42,3
3	420,00	30.12.08	102,7	14	26,4	1500	100	40	43,0
4	420,00	30.12.08	102,7	13	26,5	1500	75	33,4	36,1
5	420,00	30.12.08	102,7	14	26,2	1500	50	22,4	24,6

Momentti (Nm)	Imuilman It. suuttimella (oC)	It. ennen kompr. (oC)	It. jälk. kompr. (oC)	It. imusarjassa (oC)	It. ennen turb. (oC)	It. jälk. turb. (oC)	p ennen kompr. (bar)	p jälk. kompr. (bar)	p imusarjassa (bar)
375,5	26,8	28,8		49,7	466	388			1,69
414,5	26,9	30,0		32,8	503	453			1,461
421,7	27,3	30,8		39,2	511	437			1,577
353,9	27,6	30,7		32,4	451	394			1,443
241,0	27,1	30,1		24,1	337	313			1,252

p imus. KORJATTU (bar) (+0.0085)	p ennen turb. (bar)	p jälk. turb. (bar)	m' ilma (NLPM)	m' ilma (g/s) kostea	m' ilma (g/s) kuiva	polttoaineen It. (oC)	V kulutuksen mittaus (dl)	P-a mittauksen aika (s)	m' polttoaine (g/s)
1,6985	1,55	1,034	3831		82,56	27,7			4,13
1,4695	1,27	1,034	2417		52,09	24,8			3,25
1,5855	1,372	1,036	2967		63,94	24,6			3,83
1,4515	1,313	1,039	2801		60,36	25,1			3,20
1,2605	1,235	1,036	2549		54,93	24,9			2,23

lämpöarvo (MJ/kg)	stökiöm. ilmantarve (kg/kg)	CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm)	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Ennen Cat
37,331401		7,34	79,8	31,4	94,32	11,26	1345	1414	0,8
37,331401		9,46	467,0	31,1	93,3	8,48	1840	1931	2,17
37,331401		8,69	175,9	28,94	86,82	9,53	1660	1742	1,41
37,331401		7,71	127,3	30,09	90,27	10,78	1560	1628	1,16
37,331401		6,03	110,2	35,97	107,91	13	1285	1360	0,48

CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm) C3	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Jälkeen Cat
0,16	3,4	12,4	37,2	20,62	37	38	
0,16	12,4	12,1	36,3	20,61	42	43	
0,15	4,9	11,5	34,5	20,66	36	37	
0,14	3,3	13	39	20,63	34	35	
0,12	2,8	12	36	20,7	30	31	

Mittauspiste	Moottori	Päivämäärä	Ilmanpaine (kPa)	Suht. kosteus (%)	Koeajohuoneen It (oC)	Pyörimisnopeus (1/min)	Kuorma (%)	Jarrun näyttämä (mkg)	Momentti (mkg)
1	420,00	30.12.08	102,6	14	25,4	1800	100	35,4	38,2
2	420,00	30.12.08	102,6	13	26,0	1500	100	40	43,0

Momentti (Nm)	Imuilman It. suuttimella (oC)	It. ennen kompr. (oC)	It. jälk. kompr. (oC)	It. imusarjassa (oC)	It. ennen turb. (oC)	It. jälk. turb. (oC)	p ennen kompr. (bar)	p jälk. kompr. (bar)	p imusarjassa (bar)
44,2	26,5	29,1		52,3	477	397			1,7
41,9	26,7	29,8		40,6	524	447			1,611

p imus. KORJATTU (bar) (+0,0085)	p ennen turb. (bar)	p jälk. turb. (bar)	m' ilma (NLPM)	m' ilma (g/s) kostea	m' ilma (g/s) kuiva	polttoaineen It. (oC)	V kulutuksen mittaus (dl)	P-a mittauksen aika (s)	m' polttoaine (g/s)
1,7085	1,546	1,042	3859		83,16	26,8			4,20
1,6195	1,387	1,034	2999		64,63	26,8			4,04

lämpöarvo (MJ/kg)	stökiöm. ilmantarve (kg/kg)	CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm)	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Ennen Cat
36,912464		7,43	95,2	15,8	47,31	11,1	1215	1284	1,27
36,912464		8,86	270,0	30,5	91,5	9,33	1545	1621	3,06

CO2 (%)	CO (ppm)	HC (ppm) C3	HC C1 (ppm)	O2 (%)	NO, dry (ppm)	NOx, dry (ppm)	Savutus (FSN) Jälkeen Cat
0,13	2,8	13,6	40,8	20,64	28	28	
0,15	6,6	13,6	40,8	20,61	33	33	

DFO	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n (1/min)	Di	0,02140001	0,0410122	0,0765376	0,1275186	0,1990126	0,305745	0,4849948	0,7748742	1,2340583	1,9370854	3,0412662	6,1866227
1800	Load (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1300	Di	22923080	54742081	63756922	43789186	16403882	2886208	416586	46357	11435	1432	363	0
1500	Di	19901535	46549829	89376025	104290537	62047410	18224572	4327546	588494	88866	20939	7565	0
1500	Di	15032937	36352208	56121512	65425731	37134874	10980125	2636032	410903	52298	15351	5074	0
1500	Di	12765743	34483035	51620882	64058217	36337369	9548289	2224389	333809	45439	15119	5558	0
1500	Di	6794139	16701943	22196344	24680111	11493867	2413632	565091	83001	13642	5043	1687	0
Same	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n (1/min)	Di	0,02140001	0,0410122	0,0765376	0,1275186	0,1990126	0,305745	0,4849948	0,7748742	1,2340583	1,9370854	3,0412662	6,1866227
1800	Load (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1300	Di	107352190	21761646	26228670	2939214	14447783	3050925	933891	205542	82832	45201	20912	4405
1500	Di	11516924	28572222	49468153	69946054	46951440	12678461	2826463	297096	50935	17904	6777	0
1500	Di	11365180	20567849	31932464	41600891	26052838	6827066	1474722	164852	39636	13988	5471	557
1500	Di	13428559	13399528	20847770	27701086	16949879	4235703	891706	114411	28210	13068	5380	827
1500	Di	90866450	12821280	13793599	15687510	8617277	2220405	630009	174376	71630	39873	17807	3827
kalaoljy	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n (1/min)	Di	0,02140001	0,0410122	0,0765376	0,1275186	0,1990126	0,305745	0,4849948	0,7748742	1,2340583	1,9370854	3,0412662	6,1866227
1800	Load (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1500	Di	1933663071	106907554	63569718	64663530	37942403	13505674	5592554	2270276	1045806	649813	425562	104183
1500	Di	953290604	84874251	91303045	120958474	86455132	31382381	7827288	2029357	761602	455020	281257	70053
RME	c	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
n (1/min)	Di	0,02140001	0,0410122	0,0765376	0,1275186	0,1990126	0,305745	0,4849948	0,7748742	1,2340583	1,9370854	3,0412662	6,1866227
1800	Load (%)	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1300	Di	401402819	623570295	166440784	46713358	17381222	4620748	1659860	839622	360409	188609	119138	16183
1500	Di	94167037	222782727	166763719	102013248	50862119	13363533	2678070	796248	244208	111684	56279	9288
1500	Di	116872833	249011699	147609699	89547306	48560132	13684405	3016687	941102	302991	139292	68903	13371
1500	Di	103826787	222004116	121232859	77033733	42600114	13291317	2864566	891632	275435	122500	59147	11116
1500	Di	128482345	240296685	99298558	49673283	20571186	6028013	1580862	597230	208005	95900	44871	8351

NESTE OIL**Tulostiedote**

1(2)

Ari Saastamoinen

14.1.2009

TS-00-000149

Tilaaaja Toomas Karhu*Jakelev* Toomas Karhu*Aihe* Polttoaineanalyseja*Näytteet*1. POK, Tutk.näyte ulk (Ana),
DFO L012, 29.12.2008*Näytetunnus*
009933872. POK, Tutk.näyte ulk (Ana),
DFO L013, 29.12.2008

00993388

3. MJU, Tutk.näyte ulk (Ana),
Esteröity kaladiljy, 29.12.2008

00993393

4. MJU, Tutk.näyte ulk (Ana),
Kaladiljy, 29.12.2008

00993394

<i>Ominaisuus</i>	1.	2.	3.	4.	<i>Yksikkö</i>	<i>Menetelmä</i>
Kokonaistyyppi öljytuotteista	10	12	2,7	5,6	mg/kg	ASTMD4629M
Hiili, C, öljytuotteista	85,8	86,1	77,4	77,4	wt-%	ASTMD5291
Vety, H, öljytuotteista	13,5	13,4	11,9	11,5	wt-%	ASTMD5291
Monoaromaatit	24,7	24,3			wt-%	EN12916
Aromaatit	30,0	29,4			wt-%	EN12916
Polyaromaatit	5,3	5,1			wt-%	EN12916
Triaromaatit	0,50	0,50			wt-%	EN12916
Diarcmaatit	4,8	4,6			wt-%	EN12916
Setaaniluku moottonilla	52,7	51,6				ENISO5165
Tuhka 775°C öljytuotteista	<0,001	<0,001	0,001	0,004	wt-%	ENISO6245
Rikki (XRF)	10	9	5	13	mg/kg	NM300

Näyte 4 Rikki, (XRF)

Näyte oli sameaa (sakkaa?). Se saattaa häiritä mittausta

NESTE OIL

Ari Saastamoinen

Tulostiedote

14.1.2009

2/2)

TS-09-000140

Ari Saastamoinen
tutkija, p. 010 458 7460
Tutkimus ja Teknologia
ari.saastamoinen@nesteoil.com



NESTE OIL**Tulostiedote**

1(1)

Anna-Majja Pohjolainen

2.2.2009

TS-00-000488

Tilaaja Toomas Karhu
Jakelev Mika Lauren
 Toomas Karhu
Aihe Analyysituloksia

Näytteet
 1. MJU, Tulk.näyte ulk (Ana),
 RME 2, 12.01.2009

Näytetunnus
 01002896

<i>Ominaisuus</i>	1.	<i>Yksikko</i>	<i>Menetelmä</i>
Kokonaistyyppi öljytuotteista	4,2	mg/kg	ASTMD4629M
Hilli, C, öljytuotteista	77,5	wt-%	ASTMD5291
Vety, H, öljytuotteista	12,3	wt-%	ASTMD5291
Tuhka 775°C öljytuotteista	0,037	wt-%	ENISO6245
Rikki (XRF)	<3	mg/kg	NM380

Näyte 1 Rikki, (XRF)
 Tämän menetelmän määrittäysraja on 3 mg/kg

Anna-Majja Pohjolainen
 Laborantti / 050 4587402
 Tutkimus ja Teknologia
anna-majja.pohjolainen@nesteoil.com

Tutkimustodistus

Raisio



Turun Ammattikorkeakoulu
Tekniikka, ympäristö ja talous
Kone- ja tuotantotekniikan ko.
Toomas Karhu
Sepänkatu 1
20700 Turku

Näytenumero	FIE000316-09	1 (1)
Tilaajanumero	8504539-1424977	
Näytesarjan kuvaus	Mika Lauren/Tekniikka ympäristö ja talous	
	Saapumispvm.	2009-01-12
	Tutk. aloittamispvm.	2009-01-14
	Valmistumispvm.	2009-01-27
Näyte	RME 2	

Tutkimus	Tulos	Yksikkö	Epäv.	Menetelmä	Lab
Happoluku	0.23	mg KOH/g		AOCS Ca 5a-40	R
Rasvahapot	cts. liite			AOCS Ce 1c-89, mod.	R
Jodiluku	123			AOCS Cd 1c-85	R

Analysit eivät ole akkreditoituja.

Paivi Laakso
Analytical Services Manager, p. 050-386 4322

Tiedoksi:
Mika Lauren


CERTIFICATE OF ANALYSIS
 Research Samples

CONFIDENTIAL

Research Request #: FI5604

Samples: Biopolttoaineet
 1) Kalaöljy
 2) Kalaöljyn metyyliesteri

Samples received: 19.12.2008

Analyses started: 29.12.2008

Analyses completed: 19.1.2009

Determinations: AV, **Acid Value**, mg KOH / g (AOCS Ca 5a-40)
Fatty acid composition, % of total (AOCS Ce 1c-89)
IV, Iodine Value (AOCS Cd 1c-85)
RESULTS

Sample	AV (mg KOH/g)	IV
1) Kalaöljy	2,8	137
2) Kalaöljyn metyyliesteri	0,42	137

 EUROFINS SCIENTIFIC FINLAND OY
 Research Laboratory
 Raisionkaari 55, FIN-21200 Raisio, Finland
 Tel. + 358 50 386 4322, Fax +358 2 443 2092

 Certificate of Analysis, Research samples
 19th January 2009 / PLa

 Printed: 10/01/2009
 Page: 1/3



CERTIFICATE OF ANALYSIS
Research Samples

CONFIDENTIAL

Fatty acid compositions, % of total

<u>Kalaöljy</u>	Mean
14:0	3,6
1-15	0,1
AI-15	0,1
15:0	0,3
16:0	11,1
16:1 cis	5,5
17:0	0,2
unknown	0,2
unknown	0,1
17:1 cis	0,2
16:4 cis ω 3	0,4
18:0	2,2
18:1 trans	0,7
18:1 cis	32,5
18:2 trans	0,3
18:2 cis ω 6	10,7
unknown	0,2
20:0	0,2
18:3 trans	0,9
20:1 cis	3,5
18:3 cis ω 3	3,9
18:2 konj	1,5
20:2 cis ω 6	0,6
22:0	0,1
20:3 cis ω 6	0,2
22:1 cis ω 11	2,7
22:1 cis ω 9	0,4
20:3 cis ω 3	0,3
20:4 cis ω 6	0,4
unknown	1,1
23:0	0,1
22:2 cis ω 6	0,1
20:5 cis ω 3	4,2
unknown	0,1
24:1 cis	0,4
22:3 cis ω 3	0,1
unknown	0,3
unknown	0,2
22:5 cis ω 3	2,1
22:6 cis ω 3	7,9
TOTAL	100,0

EUROFINS SCIENTIFIC FINLAND OY
Research Laboratory
Raisionkaari 55, FIN-21200 Raisio, Finland
Tel. + 358 50 386 4322, Fax +358 2 443 2092

Certificate of Analysis, Research samples
19th January 2009 / PLA

Printed: 19/01/2009
Page: 2/3


CERTIFICATE OF ANALYSIS
 Research Samples

CONFIDENTIAL

<u>Kalaöljyn metyyliesteri</u>	Mean
unknown	0,1
unknown	0,4
Al-14	0,1
14:0	3,5
I-15	0,1
15:0	0,3
16:0	10,7
16:1cis	5,3
17:0	0,2
unknown	0,2
unknown	0,1
17:1cis	0,2
16:4 cis ω 3	0,4
18:0	2,3
18:1 trans	0,7
18:1 cis	32,7
18:2 trans	0,4
18:2 cis ω 6	11,2
unknown	0,2
20:0	0,2
18:3 trans	0,9
20:1 cis	3,4
18:3 cis ω 3	3,8
18:2 konj	1,6
20:2 cis ω 6	0,6
22:0	0,1
20:3 cis ω 6	0,2
22:1 cis ω 11	2,6
22:1 cis ω 9	0,4
20:3 cis ω 3	0,3
20:4 cis ω 6	0,4
unknown	1,0
23:0	0,1
22:2 cis ω 6	0,1
20:5 cis ω 3	4,2
unknown	0,1
24:1 cis	0,4
22:3 cis ω 3	0,1
unknown	0,3
unknown	0,2
22:5 cis ω 3	2,1
22:6 cis ω 3	7,5
TOTAL	100,0

Raisio, 19th January 2009

Kaisa Lehikoinen
 Research Chemist
 Chemistry Laboratory
 Eurofins Scientific Finland Oy
 Raisio, Finland

EUROFINS SCIENTIFIC FINLAND OY
 Research Laboratory
 Raisionkaari 65, FIN-21200 Raisio, Finland
 Tel. + 358 50 386 4322, Fax +358 2 443 2092

Certificate of Analysis, Research samples
 19th January 2009 / PLA

Printed: 19/01/2009
 Page: 3/3

27.1.2009

EUROFINS RAISIO

Research Laboratory / Päivi Salovaara

Research number: FIE316

Sample: RME2

From: Turun ammattikorkeakoulu / Toomas Karhu

Analysis and methods: **Fatty acid composition, % of total**
 AOCS Ce 1c-89 (C112044 / version 0.3 / 31.1.2005)
Iodine value
 AOCS Cd 1c-85 (C1120002 / version 0.3 / 3.5.2004)

Analysis date: 20.1.2009

FA	Mean
16:0	3,4
16:1cis	0,2
18:0	1,5
18:1 cis	56,7
18:2 cis ω 6	23,2
20:0	0,5
18:3 trans	0,1
20:1 cis	1,0
18:3 cis ω 3	12,3
20:2 cis ω 6	0,1
22:0	0,3
22:1 cis ω 9	0,1
24:0	0,1
24:1 cis	0,3
TOTAL	100,0
PUFA TRANS	0,1
MUFA TRANS	0,0
TOTAL TRANS	0,1
PUFA	35,7
MUFA	58,4
SAFA	5,9
g / 100g	100,0
PUF (polyunsaturated fat)	35,6
of which omega - 6	23,3
of which omega - 3	12,3
MUF (monounsaturated fat)	58,3
SAF (saturated fat)	5,9
TRANS FAT	0,1
Iodine value	122,8

FIE316.xls

NESTE OIL**Näyteraportti**

1(1)

12.11.2009 11:15

OilLi raportti Sampleraportt.rsp

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		ojalakal	Ty	Etunimi	Sukunimi
Näytteenum.	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportti julkaistaan näytteen tuloksia		
01002627	9.1.2009 08:16	N	NO					
Lappuun								
Nimi	Turun AMK RME 2							
Anal.k.								
Pyyn.k.								
Info	Turun AMK RME 2							
N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus			
4085	1	ASTMD6890	SETLUKU-IQT	56,8	Setaaniluku IQT-analysaattorilla			

Analyysikommentti

NESTE OIL**Näyteraportti**1(1)
22.12.2008 11:01

Oili raportit Sampkraport.rep

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		oialakal	Ty.	Etunimi	Sukunimi
Näytetunnus	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit jossa on näytteen tuloksia		
00989480	19.12.2008 08:32	N	NO					
Lappuun								
Nimi	Turun AMK kalaöljy							
Anal. k.								
Pyyn. k.								
Info	Turun AMK kalaöljy							

N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus
4085	1 ASTMD6890	SETLUKU-IQT		49,3	Setaaniluku IQT-analysaattorilla

Analyysikommentti

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		oialakal	Ty.	Etunimi	Sukunimi
Näytetunnus	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit jossa on näytteen tuloksia		
00989482	19.12.2008 08:36	N	NO					
Lappuun								
Nimi	Turun AMK esteröity kalaöljy							
Anal. k.								
Pyyn. k.								
Info	Turun AMK esteröity kalaöljy							

N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus
4085	1 ASTMD6890	SETLUKU-IQT		52,8	Setaaniluku IQT-analysaattorilla

Analyysikommentti

NESTE OIL**Näyteraportti**

2(3)

27.2.2009 14:54

Öili raportit *SampleReport.rep*

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		ojalakal	Ty.	Etunimi	Sukunimi
Näytetunnus	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit joihin on syytetty en tuloksia		
0117C546	17.2.2009 12:00	N	NO					
Lappuun								
Nimi	Pellavaöljy Turun AMK							
Anal. k.								
Pynn. k.								
Inf.	Pellavaöljy Turun AMK							

N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus
3340	1 ENISC12156-1	HFRR	µm/60°C	147	HFRR voitelevuustesti

Analyysikommentti

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		ojalakal	Ty.	Etunimi	Sukunimi
Näytetunnus	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit joihin on syytetty en tuloksia		
0117C547	17.2.2009 12:00	N	NO					
Lappuun								
Nimi	RME2 Turun AMK							
Anal. k.								
Pynn. k.								
Inf.	RME2 Turun AMK							

N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus
3340	1 ENISC12156-1	HFRR	µm/60°C	159	HFRR voitelevuustesti

Analyysikommentti

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkilöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		ojalakal	Ty.	Etunimi	Sukunimi
Näytetunnus	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit joihin on syytetty en tuloksia		
0117C548	17.2.2009 12:00	N	NO					
Lappuun								
Nimi	Salmon ME2 Turun AMK							
Anal. k.								
Pynn. k.								
Inf.	Salmon ME2 Turun AMK							

N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus
3340	1 ENISC12156-1	HFRR	µm/60°C	162	HFRR voitelevuustesti

Analyysikommentti

NESTE OIL**Näyteraportti**

3(3)

27.2.2009 14:54

Oili raportit Sampkraportt.net

Kohde	Nimike	Paikka	Varasto	Alue	Createby	Yhteys ja raportointihenkiöt		
ASIAKK	BIODIESEL		NLI		ojalakal	Ty	Erunimi	Sukunimi
Näytteenumero	Aika	Lab	Ty	Aktiviteetti	Asiakkaan nimi	Raportit julkaistaan näytteen tuloksia		
C1170549	17.2.2009 12:00	N	NO					
Lappuun Nimi	RME3 Turun AMK							
Anal. k.								
Pynn. k.								
Info	RME3 Turun AMK							
N	Menetelmä	Ominaisuus	Yksikkö	Tulos	Ominaisuuden kuvaus			
3340 1	ENISO 12156-1	HFRR	µm/60°C	156	HFRR voitelevuudesta			

Analyysikommentti