



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

E-B MOTORİN YAKITLARININ TEK SİLİNDİRLİ BİR DİZEL MOTORDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSINA, EMİSYONLARA VE YAĞLAMA YAĞINA ETKİLERİ

Fatih AYDIN

DOKTORA TEZİ

Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Mart - 2014
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET
DOKTORA TEZİ

E-B MOTORİN YAKITLARININ TEK SİLİNDİRLİ BİR DİZEL MOTORDA KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSINA, EMİSYONLARA VE YAĞLAMA YAĞINA ETKİLERİ

Fatih AYDIN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarım Makineleri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT

2014, 103 Sayfa

Jüri
Danışman Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

Bu çalışmada Aspir tohumundan Vals işlemi sonucunda tavlanıp, 90 ^{0}C'de kavrularak pres yardımıyla elde edilen ham yağ, transesterifikasyon yöntemi ile Aspir Yağı Metil Esteri (Aspir Biyodizeli)'ne dönüştürülerek, biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir. Aspirden elde edilen biyodizel yakıtı motorinle % 2,5 ve % 5 oranında biyoetanol ilavesi ile birlikte ve ters oranla da hacimsel olarak karıştırılarak, M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ formunda deney yakıtları elde edilmiştir. Elde edilen karışım yakıtlarının ve motorinin yakıt özellikleri; kinematik viskozitesi, yoğunluğu, su içeriği, pH miktarı, renk tayini, ısıl değeri, parlama noktası, bulutlanma, akma ve donma noktası, bakır çubuk korozyonu testi, iyot sayısı, CFPP (SFTN - Soğukta Filtre Tıkanma Noktası) testi ve setan sayısı testleri yapılmıştır.

Ayrıca elde edilen karışımlar ve motorin yakıtı, dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli yakıt sistemine sahip, su soğutmalı bir dizel motorda denenerek incelenmiştir. Her yakıtta motor kısmi yük altında 100 saat çalıştırılmış ve belirli saatlerde motor yağından numuneler alınarak, aşınma elementlerine bakılmıştır. Deneyler sonucunda test motorunun motor momenti, motor gücü ve özgül yakıt tüketimi olarak sınıflandırılan performans karakteristiklerine ulaşılmıştır. Kullanılan yakıtlar arasında en yüksek motor torku 1100 min^{-1}'de $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıtında 56.2 Nm, maksimum motor gücü 2100 min^{-1}'de M_{100} yakıtında 10.64 kW ve minimum özgül yakıt tüketimi ise 1400 min^{-1}'de M_{100} yakıtında 299.76 g/kWh olarak ölçülmüştür.

Deney motorunun egzoz çıkış borusundan gaz analiz cihazı probu ile egzoz emisyon değerleri (CO, CO_2, HC, O_2, SO_2, NO_x) alınmıştır. CO emisyonlarındaki maksimum azalma $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı ile 2100 min^{-1}'de % 51.28 oranında elde edilmiştir. CO_2 emisyonları genel olarak M_{100} yakıtında düşük çıkmaktadır. En düşük HC değeri 1900 min^{-1}'de M_{100} yakıtında 1 ppm ölçülmüştür. O_2 emisyonlarında $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt türünde 1100 min^{-1}'de % 9.49 azalma meydana gelirken diğer yakıt türlerinde artış meydana gelmektedir. SO_2 emisyonlarındaki maksimum azalma $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı ile 1100 min^{-1}'de % 67.12 oranında elde edilmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında M_{100} yakıtının NO_x emisyon değerleri diğer yakıt türlerine göre daha düşük seviyede oluşmuştur. Motor yağlama yağından alınan numunelerin analizi sonucunda, motor çalışma saati arttıkça numuneler içindeki aşınma elementlerinde de artışlar gözlenmiştir. ICP yağ analiz sonuçlarına göre motor yağlama yağı içerisindeki aşınma ürünlerinden alüminyum, kurşun, demir, krom ve bakır miktarı, grafiksel olarak ifade edilmiştir. $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı kullanımında aşınma elementleri diğer yakıt türlerine göre daha iyi sonuçlar vermektedir.

Anahtar Kelimeler: Aspir, Aspir Biyodizeli-Biyoetanol-Motorin Karışımları, Biyoetanol, Egzoz Emisyonları, Motor Aşınma Elementleri, Motor Performansı.

ABSTRACT
Ph.D THESIS

EFFECTS OF USING E-B DIESEL FUEL IN SINGLE CYLINDER DIESEL ENGINE TO ENGINE PERFORMANCE, EMISSIONS AND LUBRICATION OIL

Fatih AYDIN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELCUK UNIVERSITY THE DEGREE OF DOCTOR OF PHILOSOPHY IN AGRICULTURAL MACHINERY

Advisor: Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
2014, 103 Pages

Jury
Advisor Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT
Prof. Dr. Kamil ALİBAŞ
Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI
Prof. Dr. Fikret DEMİR
Prof. Dr. Ayten ONURBAŞ AVCIOĞLU

In this study, biodiesel production was realized by converting raw oil obtained from safflower seed to Safflower Oil Methyl Esther (Safflower Biodiesel) by means of raw oil extraction with tempering at 90 ^{o}C and pressing after Vals process and consequently transesterification process followed raw oil extraction. Experimental fuels were obtained as in M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ and $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ forms by mixing biodiesel fuel obtained from safflower with diesel fuel and bioethanol additives at a ratio of 2.5% and 5% and by mixing in volumetric ratio according to inversely proportion. Fuel properties of diesel fuel and the obtained fuel mixtures were determined with following tests; Kinematic viscosity, Density, Water content, PH values, Color determination, Heating value, Flash point, Fogging, Pour and Freezing points, Copper rod corrosion test, Iodine number, CFPP (Cold Filter Plunge Point) and Cetane number tests.

Additionally, the fuel mixtures attained in the present study were investigated by trying them in a four strokes, single cylinder, direct injection, water cooled diesel engine. Engine was operated for 100 hours for every fuel mixture under partial load conditions and samples were collected from engine lubricant oil at predetermined periods and putted in wear elements. At the end of engine experiments, performance characteristics of the engine which are engine torque, engine power and specific fuel consumption were obtained. The maximum engine torque was acquired with $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ fuel among other fuel mixtures at 1100 rev/min as 56.2 Nm, the maximum engine power was acquired with M_{100} fuel at 2100 rev/min as 10.64 kW and the minimum specific fuel consumption was acquired with M_{100} fuel at 1400 rev/min as 299.76 g/kWh.

Exhaust emission values (CO, CO_2, HC, O_2, SO_2, NO_x) of the experimenting engine were collected via a probe of a gas analysis device from the outlet of the exhaust pipe of the engine. The maximum decrease in CO emissions was acquired with $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ fuel at 2100 rev/min as 51.28%. For the CO_2 emissions, M_{100} fuel generally exhibited lower emission values. The lowest HC value was observed at 1900 rev/min engine speed as 1 ppm with M_{100} fuel. O_2 emissions tended to decrease at a rate of 9.49% for $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ fuel at 1100 rev/min while other fuel mixtures resulted in an increase. Maximum decrease in SO_2 emissions was attained with $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ fuel at 1100 rev/min as 67.12%. NO_x emission values of M_{100} fuel occurred at lower levels comparing with the other fuel mixtures when the average values are considered. According to the examination of the engine lubrication oil samples, it was observed that the wear elements in the collected samples were increasing as the engine operation time was increasing. Aluminum, Lead, Ferrous, Chromium and Copper amounts in the engine lubrication oil were expressed in graphical form in the study according to the ICP analyses results. $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ fuel wear elements results were favorable than the other fuel mixtures in the study.

Key Words: Safflower, Safflower Biodiesel-Bioethanol-Diesel mixtures, Bioethanol, Exhaust Emissions, Engine Wear Elements, Engine Performance.

ÖNSÖZ

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı Doktora programında hazırlanmıştır.

Çalışmada bitkisel yağlardan olan aspir yağından transesterifikasyon işlemi ile elde edilen alternatif yakıt biyodizelin, biyoetanol ve motorinle karışımlarının yakıt özellikleri incelenmiş, ayrıca motor performansı, egzoz emisyonları ve motor yağlama yağına etkileri araştırılmıştır.

Tezin fikir aşamasından sonuçlanmasına kadar geçen süreçte her an bilimsel yönlendirmeleriyle büyük yardımlarını gördüğüm, yanında çalışmaktan onur duyduğum danışman hocam Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasına bilimsel katkılar sağlayan, tecrübelerinden yararlanırken hoşgörü ve sabır gösteren değerli hocam Prof. Dr. Haydar HACISEFEROĞULLARI'na teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmasının deneysel kısmında yardımlarını esirgemeyen Prof. Dr. Kadir AYDIN'a ve Arş. Gör. Seda ŞAHİN'e, tezimin her aşamasında yardımlarını gördüğüm Doç. Dr. Hidayet OĞUZ'a ve ayrıca tezimi maddi olarak destekleyen Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne çok teşekkür ederim.

Öğrenim hayatım boyunca benden maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen, bugünlere gelmemde büyük pay sahibi olan anne ve babama, desteğiyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan çok değerli eşime teşekkürü bir borç bilirim.

Fatih AYDIN

KONYA-2014

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **x**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Biyoetanol 4
1.1.1. Biyoetanolün üretim yöntemleri 4
1.1.2. Dünyada ve Türkiye'de biyoetanol üretimi ve kullanımı 5
1.2. Bitkisel Yağlar 6
1.3. Biyodizel 7
1.3.1. Dünyada ve Türkiye'de biyodizel üretimi ve kullanımı 8
1.4. Aspir 11
1.5. Motorlarda Yağlama İşlemi ve Yağlama Yağının Görevleri 13
1.5.1. Yağlama yağının sınıflandırılması 14
1.5.1. 1. Viskozite sınıflaması 15
1.5.1. 2. Servis sınıflaması 15
1.5.1.2.1. Buji ile ateşlemeli motor yağları 16
1.5.1.2.2. Dizel motor yağları 16

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **17**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **29**

3.1. Materyal 29
3.1.1. Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar 31
3.1.1.1. Hidrolik dinamometre 31
3.1.1.2. Magnetic pick-up 32
3.1.1.3. S tipi load cell 32
3.1.1.4. Kütlesel yakıt tüketimi ölçüm cihazı 33
3.1.1.5. Dinamometre kontrol ünitesi 34
3.1.1.6. Egzoz emisyon ölçüm cihazı 34
3.1.1.7. Yoğunluk ölçüm cihazı 35
3.1.1.8. Kinematik viskozite ölçüm cihazı 36
3.1.1.9. Parlama noktası tayin cihazı 36
3.1.1.10. pH metre 37
3.1.1.11. Otomatik renk ölçüm cihazı 37
3.1.1.12. Su içeriği tayin cihazı 38
3.1.1.13. Kronometre 38
3.1.1.14. Adyabatik kalorimetre cihazı 39
3.1.1.15. Bulutlanma ve akma noktası test cihazı 40
3.1.1.16. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı 40

3.1.1.17. Bakır şerit korozyonu test cihazı....41
3.1.1.18. Laboratuar tipi karıştırıcı....42
3.1.1.19. Hassas terazi....42
3.1.1.20. Homojenizatör....43
3.1.1.21. Termometre....44
3.1.1.22. Setan sayısı ölçüm cihazı....44
3.1.1.23. ICP-MS cihazı (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)....45
3.1.2. Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler....45
3.1.2.1. Metil alkol (Metanol)....45
3.1.2.2. Katalizör....46
3.1.2.3. Biyoetanol temini....47
3.1.3. Pilot biyodizel üretim tesisi....47
3.1.4. Motor yağlama yağındaki aşınma elementleri değerleri....49
3.1.4.1. ICP kaynağı....50
3.1.4.2. Spektrometre ve plazma....52
3.2. Yöntem....53
3.2.1. Aspir tohumundan yağ elde edilmesi....54
3.2.2. Aspir yağı metil esterinin (AYME) üretilmesi....54
3.2.3. Yakıt numunelerinin hazırlanması....56
3.2.4. Yakıt özelliklerinin belirlenmesi....57
3.2.5. Motor performans deneyleri....57
3.2.5.1. Motor momenti....59
3.2.5.2. Efektif motor gücü....60
3.2.5.3. Özgül yakıt tüketimi....61

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI....62

4.1. Performans Deneyleri Sonuçları....62
4.1.1. Motor momenti değerlerinin karşılaştırılması....62
4.1.2. Efektif güç değerlerinin karşılaştırılması....62
4.1.3. Özgül yakıt tüketimi değerlerinin karşılaştırılması....63
4.2. Emisyon Değerleri Sonuçları....64
4.2.1. Karbon monoksit (CO) emisyonu değerleri....64
4.2.2. Karbondioksit (CO_2) emisyonlarının değerleri....65
4.2.3. Hidrokarbon (HC) emisyonlarının değerleri....66
4.2.4. Oksijen (O_2) emisyonlarının değerleri....67
4.2.5. Kükürtdioksit (SO_2) emisyonlarının değerleri....68
4.2.6. Azotoksit (NO_x) emisyonlarının değerleri....69
4.3. Motor Yağlama Yağının Analiz Sonuçları....71
4.3.1. Motor yağlama yağının yoğunluk değerleri....71
4.3.2. Motor yağlama yağının 40°C' deki kinematik viskozite değerleri....72
4.3.3. Motor yağlama yağının 100°C' deki kinematik viskozite değerleri....73
4.3.4. Motor yağlama yağının su miktarı değerleri....73
4.3.5. Motor yağlama yağının bakır çubuk korozyon değerleri....74
4.3.6. Demir (Fe) elementi....74
4.3.7. Bakır (Cu) elementi....76
4.3.8. Alüminyum (Al) elementi....77
4.3.9. Kurşun (Pb) elementi....78
4.3.10. Krom (Cr) elementi....79

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER....81

KAYNAKLAR 85

EKLER 95

ÖZGEÇMİŞ.....102

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

Al	: Alüminyum
B	: Saatlik Yakıt Tüketimi
b_e	: Özgül Yakıt Tüketimi
Ca	: Kalsiyum
CO	: Karbonmonoksit
CO_2	: Karbondioksit
Cr	: Krom
Cu	: Bakır
F	: Uygulanan Kuvvet
Fe	: Demir
h	: Saat
HC	: Hidrokarbon
L	: Hidrolik Frenin Moment Kolu Uzunluğu
M_d	: Motor Döndürme Momenti
Mg	: Magnezyum
Mo	: Molibden
MoS_2	: Molibden Disülfür
n	: Devir Sayısı
NaOH	: Sodyum Hidroksit
N_e	: Efektif Motor Gücü
NO_x	: Azotoksit
O_2	: Oksijen
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
P_e	: Efektif Güç
PM	: Partikül Madde
SO_2	: Kükürtdioksit
Zn	: Çinko
ω	: Açısal Hız

Kısaltmalar

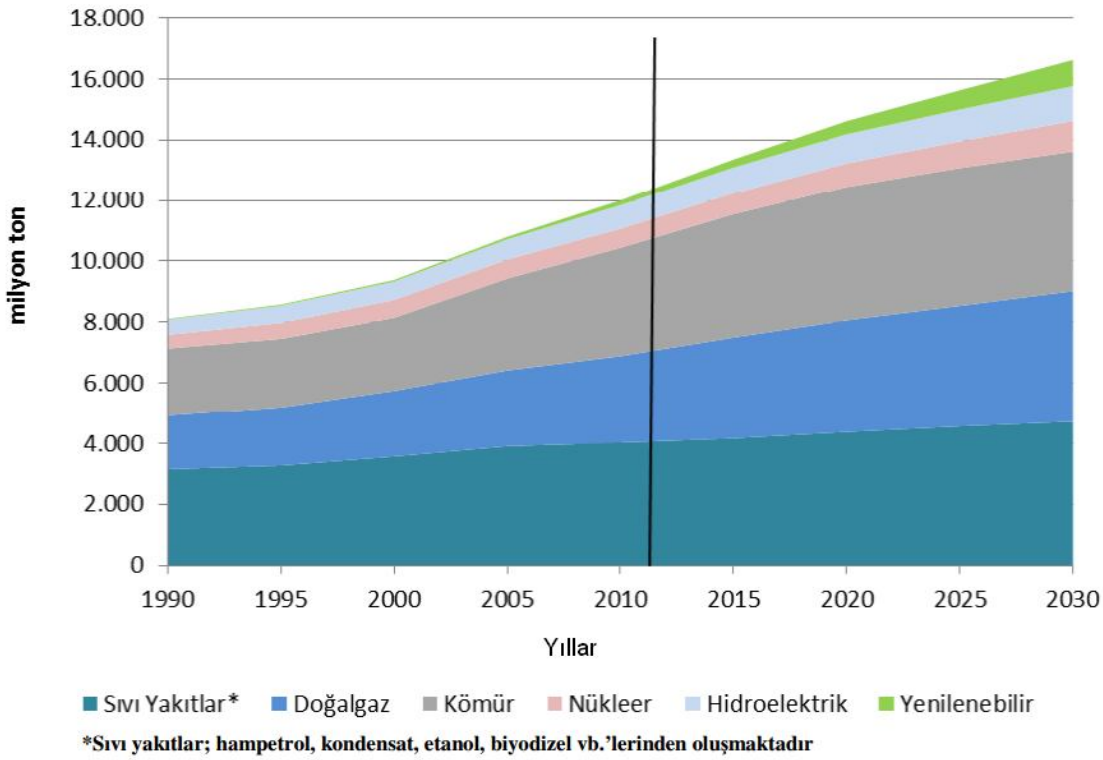
AA	: Absorpsiyon
AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ACEA	: Association of European Automotive Manufacturers
API	: American Petroleum Industry
ASTM	: American Society for Testing and Material
A-TOCOPHEROL	: Alfa Tokoferol
ATR	: Zayıflatılmış Toplam Yansıtıcılık
AYME	: Aspir Yağı Metil Esteri
BHA	: Butillendirilmiş hidroksianisol
BHT	: Butillendirilmiş hidroksitoluen
CCMC	: Commite of Commen Market Automobile Constructors
CFPP	: Cold Filter Plugging Point
CIE	: International Commission on Illumination
CRDI	: Common Rail Direk Enjeksiyon Sistemi
DIN	: Deutsches Institut für Normung
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DY	: Dizel Yakıtı
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$	: % 2.5 Biyoetanol + % 2.5 Biyodizel + % 95 Motorin
$E_5B_5M_{90}$	: % 5 Biyoetanol + % 5 Biyodizel + % 90 Motorin
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$	: % 5 Biyoetanol + % 2.5 Biyodizel + % 92.5 Motorin
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$	: % 2.5 Biyoetanol + % 5 Biyodizel + % 92.5 Motorin
EN	: Avrupa Standartları
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu
FTIR	: Fourier Transform Enfraruj
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
HOME	: Fındık Yağı Metil Esteri
HP	: Beygir Gücü
ICP	: Inductively Coupled Plasma
ICP-MS	: Inductively Coupled Plasma - Mass Spectrometry
ISO	: International Organization for Standardization
KYME	: Kanola Yağı Metil Esteri
M_{100}	: % 100 Motorin
OEM	: Original Equipment Manufactures
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
ÖYS	: Özgül Yakıt Sarfiyatı
PPB	: Milyarda Bir Partikül Madde Miktarı
PPM	: Milyonda Bir Partikül Madde Miktarı
PLC	: Programlanabilir Kontrol Cihazı
PrG	: Propyl Gallate
SAE	: Society of Automotiv Engineers
SEM	: Taramalı Elektron Mikroskobu
SFTN	: Soğukta Filtre Tıkanma Noktası
SPSS	: İstatistik Bilgisayar Programı
TBHQ	: Tersiyer Bütil Hidrokinon
TS	: Türk Standartları
UBHC	: Yanmamış Hidrokarbon
YAME	: Yağ Asidi Metil Esteri

1. GİRİŞ

Enerji, insan yaşamının vazgeçilmez bir parçasıdır. Ayrıca kişi başına enerji tüketimi bir ülkenin gelişmişlik göstergeleri arasında yer almaktadır. Sosyoekonomik kalkınmayı destekleyecek ve sürdürülebilir gelişmeyi devam ettirecek bir şekilde enerjinin yeterli, kesintisiz ve güvenilir bir biçimde sağlanması enerji teminine yönelik süreçlerde verimlilik ve etkinliğin arttırılması gerekmektedir (Utlu, 2003).

Kaynakların sınırlı olması ile birlikte sürekli olarak artan enerji ihtiyacı, içinde bulunduğumuz yüzyılda ve gelecekte ülkemizi ve tüm dünyayı sıkıntıya sokabilecek çözüm bekleyen bir problemdir. Enerji ihtiyacını fosil yakıtlara bağımlı olarak dışarıdan karşılayan Türkiye gibi ülkeler için ise bu problemin acilen çözümü gerekmektedir (Hacıkadiroğlu, 2007).

Birincil enerji kaynakları arasında stratejik konuma sahip olan ham petrol 2012 yılı başı itibarıyla dünya enerji talebinin %33.1'ini doğal gaz ise %23.7'sini karşılamıştır. Talebin karşılanmasında sıvı yakıtlar, kömür, doğal gaz, yenilenebilir enerji ve nükleer enerji tüketimleri oransal büyüklükleri itibari ile şekil 1.1'de yer almaktadır.



Şekil 1.1. Dünya birincil enerji tüketimi (1990-2030) (Anonim, 2013 c)

Dünya enerji talebinde son 10 yılda yaşanan ortalama %2.5'luk yıllık artışın 2030 yılına kadar yıllık %1.6'ya düşmesi, en hızlı artış oranının %7.6'yla yenilebilir enerjide olması beklenmektedir. Fosil yakıtlardan doğal gazda %2 ile en yüksek artış beklenmekte olup, bunu kömür (%1.2) ve ham petrol (%0.8) takip etmektedir (Anonim, 2013 c).

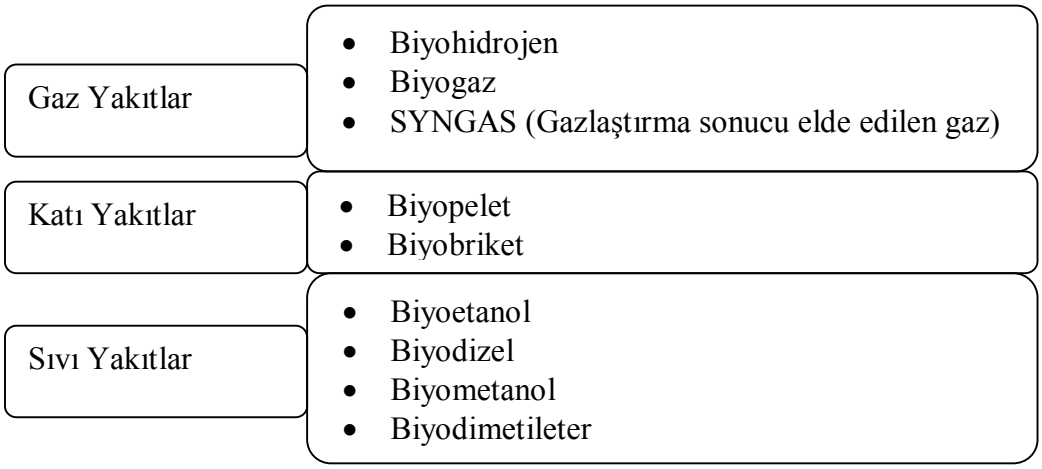
Ülkeler için enerji kaynaklarının sürekli halde bulundurabilmenin üç temel yolu vardır. Bunlardan birincisi ve önceliklisi, ülkelerin kendi kaynak potansiyelini doğru saptaması ve bunu geliştirerek en uygun biçimde enerjiye dönüştürmesidir. İkincisi, yurt dışındaki kaynakların aranması ve üretilmesi sürecine ülkenin kendi şirketleri ile katılarak ve bu kaynaklarda hisse sahibi olarak, enerji üretimi için gerek duyulan kaynaklar ve bunların taşınma yolları üzerinde kontrol elde edebilmesidir. Üçüncü yol da, ilk iki yolun yetersiz kaldığı durumlarda, ya da stratejik-ekonomik amaçlarla, kısa, orta veya uzun vadeli olarak, ithalata yönelmektir. İthalatın zorunlu göründüğü durumlarda, dikkate alınması gereken en önemli ilkelerden birisi de, kaynak çeşitliliğinin sağlanmasıdır (Pamir, 2003).

Enerji üretiminde mümkün olduğu kadar yerel kaynaklar kullanılmalıdır. Bunun yanında çevrenin korunması, verimliliğin artırılması, kaynak çeşitliliği ve süreklilik sağlanması da önem arz etmektedir. Enerji politikalarında temel alınması gereken unsur; teknolojik ve sosyal gelişmeyi destekleyecek şekilde enerji ihtiyacını karşılamak üzere sürekli, güvenilir, kaliteli, temiz ve ekonomik enerji türlerine yönelmektir (Yamık, 2002).

Yenilenebilir enerji kaynaklarının güvenilir ve sürdürülebilir enerji dünyasına giden yolda önemli rollerden birini üstlenmesi ile biyorafineri teknolojileri kapsamında yeşil teknolojilerin kullanılmaya başlanması, yeşil ürünlerin üretim ve kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Biyorafineriler çeşitli kimyasal ve fiziksel dönüşüm süreçleri ile biyokimyasallar, biyomalzemeler ve biyoyakıtlar gibi farklı endüstriyel ürünlerin elde edilmesini mümkün kılmaktadır (Taylor, 2008).

Ülkelerin kendi bitkisel veya hayvansal kaynaklarını kullanarak elde ettikleri yakıtlara kısaca biyoyakıt adı verilmiştir. Biyoyakıtlar bitkisel veya hayvansal kaynaklı elde edilen tüm sıvı ve gaz yakıt türlerini kapsamaktadır. Biyoyakıt çatısı altında biyogaz, biyometanol, biyoetanol ve biyodizel gibi alternatif yakıtlar yer almaktadır. Ancak bunların içinde biyoetanol en yaygın olarak kullanılanıdır (Bulut, 2006).

Günümüzde biyoyakıt endüstrisi en önemli iş alanlarından biri haline gelmeye başlamıştır. Üretim türü, hammadde seçimi ve teknolojilerine göre dört kuşak olarak sınıflandırılan biyoyakıtlar arasında birinci kuşak biyoyakıtlardan olan biyoetanol ve biyodizel, yoğun olarak uygulamada olup biyoetanol dünyadaki lider biyoyakıt olarak birinci sırada yer almaktadır. Hammadde çeşitliliğinin sağlanması ve gıda dışı kaynaklar kullanılarak gıdaya olan bağımlılığın en aza indirilmesi gibi temel hedeflerin belirlendiği biyoyakıt dünyasında ikinci ve üçüncü kuşak biyoyakıtlar için Ar-Ge çalışmaları yoğun olarak sürdürülmektedir. Bunun yanı sıra, biyoyakıtların kaynaktan tüketime dek temiz yaşam döngüsü ile kullanımda olması dikkat edilmesi gereken ve önem kazanan bir diğer nokta olarak karşımıza çıkmaktadır. Biyoyakıtlar temel olarak üç grupta toplanmıştır (Şekil1.2);



Şekil 1.2. Biyoyakıtların fiziksel özelliklerine göre gruplandırılması (Bayrakçı, 2009)

Birinci kuşak biyoyakıtlardan olan biyodizel mevcut standartlara göre yağ asidi metil esterleri olarak tanımlanmaktadır. Biyoyakıt dünyasındaki gelişmeler ve belirlenen hedeflere paralel olarak yağ asidi etil esterlerinin de giderek önem kazanacağı ve esnek yakıtlı taşıt uygulamaları ile ikinci kuşak motor biyoyakıtı olarak uygulamada yer bulacağı öngörülmektedir (İşler, 2012).

İçten yanmalı motorlarda sürtünme sonucu ortaya çıkan aşınma, motor kullanım ömrünü belirlemede önemli bir rol oynar. Yanma sürecinde yağlama yağı, silindir ve pistonun aşınmasını önleyerek sistem için koruyucu bir tabaka oluşturur. Ancak belli bir kullanım periyodu sonrası yağın oksidasyonu neticesinde fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğraması, ayrıca toz, kir, yakıt, su, metalik parça gibi metal partiküllerin yağlama yağına karışmasıyla oluşan dış etkenler motor yağlarının eskiyerek koruyucu etkilerini yitirmelerine sebep olur.

Motor yağlarının işlevi, hareket halindeki yüzeyler arasında ince bir film tabakası oluşturarak mekanik aşınmayı önlemek ve güç kaybını azaltmaktır. Ayrıca yağlama yağlarının makinenin hareketli parçalarının yağlanması dışında sürtünme kayıplarını azaltmak, piston gibi hareketli parçalarda sürtünmeden doğan ısıyı absorbe ederek yüzeylerin soğutulmasını sağlamak, yanma sırasında oluşan asitleri nötürleştirmek ve yüzeylerde tortu birikimini önlemek gibi görevleri de vardır. Makine sisteminde çalışan parça ile sistem arasındaki ara yüzey aynı zamanda sürtünme ve ısı transfer alanıdır. Enerji veriminin arttırılması için geniş sıcaklık ölçeğinde sürtünmeyi maksimum seviyede absorbe edecek ve aynı zamanda olabildiğince kullanılan makine sistemi için uygun viskoziteli yağ filminin oluşturulması büyük önem arz etmektedir.

Zamanla yüksek sıcaklık ve yanma artıkları gibi kirleticiler nedeniyle oksidasyona uğrayarak bozulan motor yağları koruyucu etkilerini yitirmektedir. Bu süreç kullanım şartları ile yakıt ve hava gibi dış etkenlere doğrudan bağlı olduğundan üreticiler her türlü koşulda güvenli olacak oldukça toleranslı yağ değişim periyotları önermektedirler (Kara, 2007).

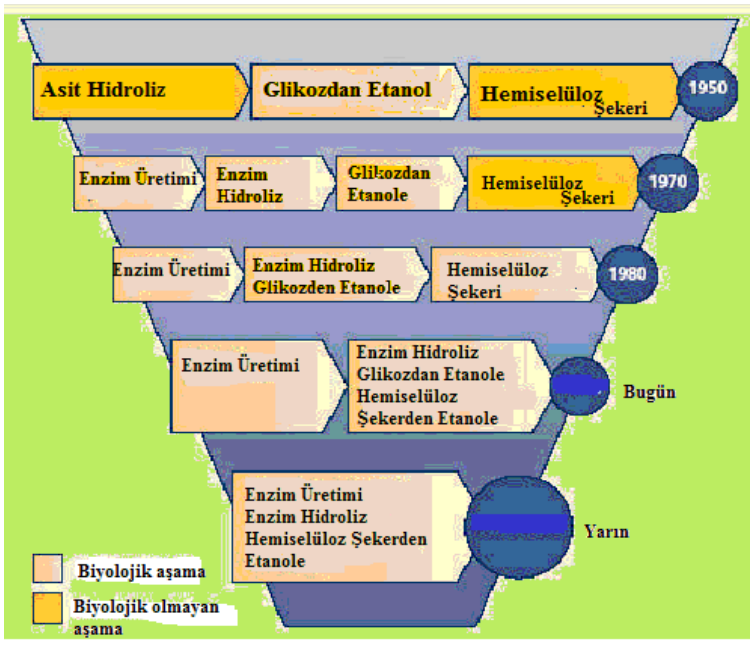
Bu çalışmada, şeker üretiminin yan ürünü olan melasdan üretilmiş biyoetanol, aspir biyodizeli ve dizel yakıtı (motorin) karışımlarının içten yanmalı motorlardaki kullanımında motor performansı ve emisyonlarındaki değişmeler ile motor yağlama yağındaki etkileri araştırılmıştır. Çalışmada motor üzerinde herhangi bir değişiklik yapılmadan karışım şeklinde yakıtlar tek silindirli bir dizel motorda kullanılmıştır.

1.1. Biyoetanol

Biyoetanol şekerli ve nişastalı bitkilerin fermentasyonu veya selülozik kaynakların asidik hidrolizi ile üretilebilen bir biyoyakıttır. Hammadde olarak şeker pancarı, şeker kamışı, mısır, buğday, patates gibi bitkiler; sap, saman, kabuk gibi odunsu bitkiler; tarımsal atık ve artıklar ile şeker üretimi yan ürünü olan melas kullanılabilmektedir (Balat ve ark., 2008).

1.1.1. Biyoetanolün üretim yöntemleri

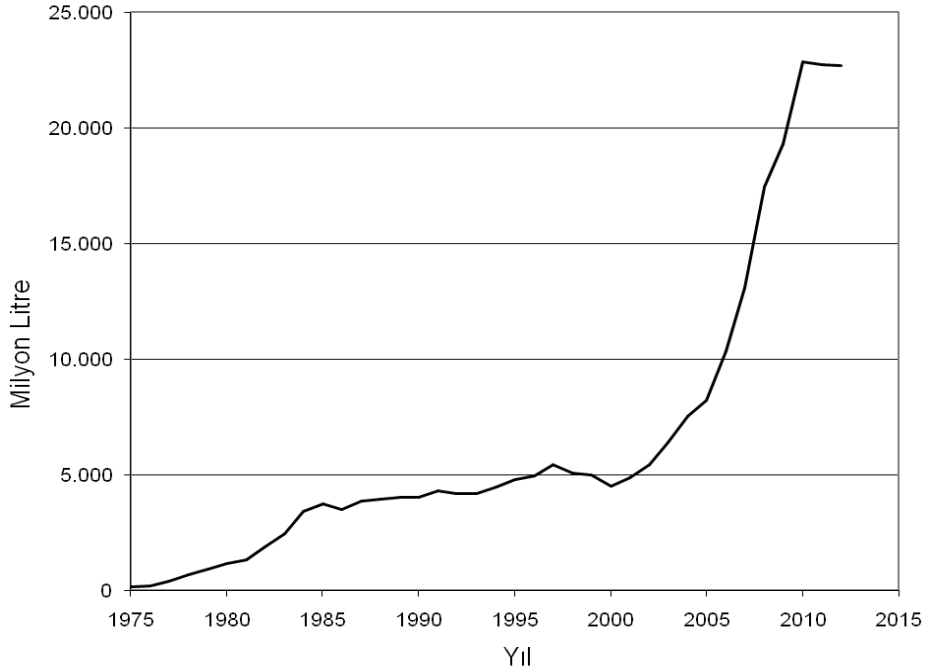
Biyoetanol üretiminde kullanılan ilk yöntem asit hidroliz yöntemi olmuştur. Sonraki yıllarda bu teknolojinin yerini enzim üretimi yöntemi almıştır. Tarihsel gelişim durumu şekil 1.3'de verilmektedir (Koçtürk, 2011).



Şekil 1.3. Biyoetanol üretim yöntemlerinin tarihsel gelişimi (Koçtürk, 2011)

1.1.2. Dünyada ve Türkiye'de biyoetanol üretimi ve kullanımı

Dünyanın en büyük biyoetanol üreticileri Brezilya ve Amerika'dır. Yakıt alkolü olarak etanolün yaygın kullanımı konusunda ABD, Avustralya, Fransa, İsveç, Brezilya, Hindistan ve Tayland gösterilebilmektedir. 2012 yılı Dünya biyoetanol üretimi 22.7 milyar litre/yıl olarak belirlenmiştir. 1975 yılından 2012 yılına kadar olan Dünya biyoetanol üretimi ise şekil 1.4'de gösterilmektedir.



Şekil 1.4. Dünya Biyoetanol Üretimi (Anonim, 2013 e)

Biyoetanol kullanımının öncüsü olan Brezilya'da biyoetanol ilk kez 1931 yılında benzine %5 oranında harmanlanarak kullanılmış olup 1938 yılında ilgili yasal düzenlemeler uygulanmaya başlanmıştır. Dünya biyoetanol pazarının yaklaşık olarak %30'una sahip olan Brezilya'da esnek yakıtlı taşıtlarda E85 kullanımının yanı sıra %20 26 oranlarında değişen biyoetanol karışım oranları uygulanmaktadır (Ar, 2011).

Ülkemizde ise Resmi gazetede yayımlanan 27 Eylül 2011 tarih ve 28067 sayılı "Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ"e göre, Piyasaya akaryakıt olarak arz edilen benzin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin: 1/1/2013 tarihi itibariyle en az %2, 1/1/2014 tarihi itibariyle en az %3 olması zorunludur (Anonim, 2013 d).

Dizel motorlarında ise kendi kendine kolayca tutuşan ve tutuşma gecikmesini azaltan yakıtların tercih edildiği dikkate alındığında yakıtın setan sayısı önem kazanmaktadır (Barabas ve ark., 2010).

Biyoetanolün dizel yakıtında çözünülürlüğü sınırlıdır. Biyoetanol-motorin karışımlarındaki faz ayrışması ve karışımdaki su miktarı önemli bir problemdir. Bununla birlikte biyoetanolün setan sayısı son derece düşüktür (Karthikeyan ve Srithar, 2011).

Motorin içerisine biyoetanol eklendiğinde karışımın ısıl değeri azalmaktadır (Hansen ve ark., 2005).

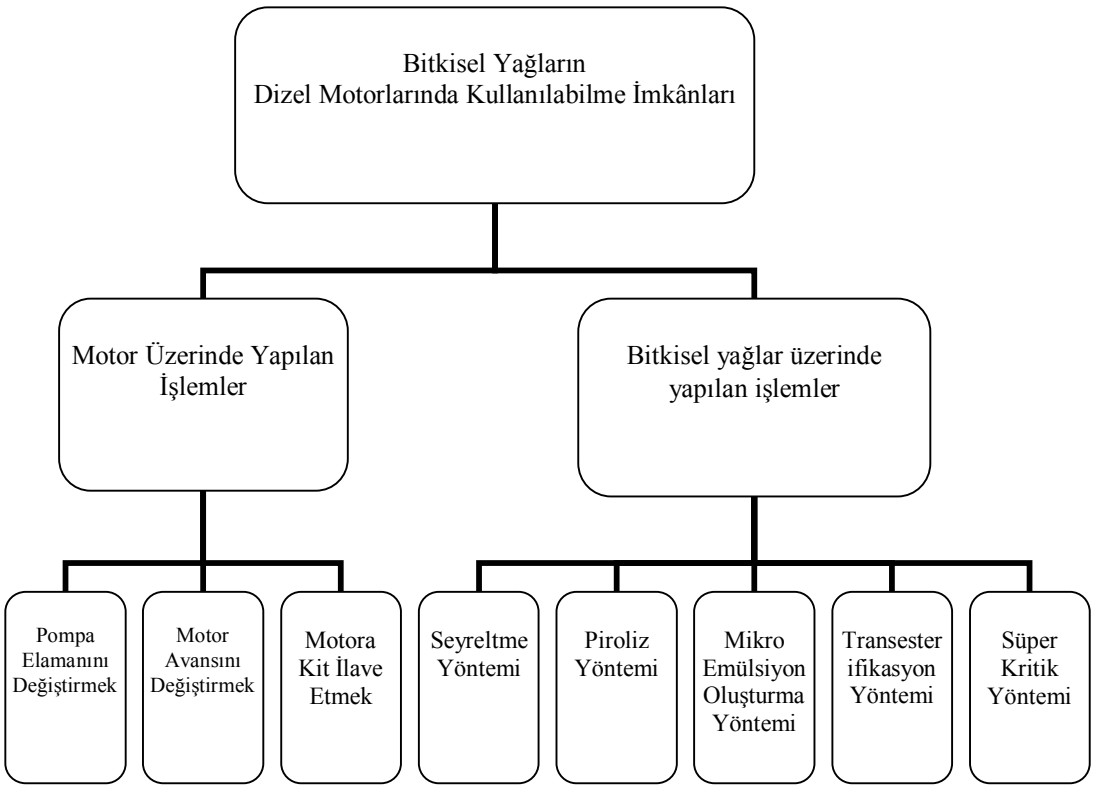
Biyoetanol-motorin yakıtı karışımındaki bu olumsuzluklar biyodizel katkısı sayesinde giderilmektedir.

1.2. Bitkisel Yağlar

Türkiye, bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasıyla ilgili olarak ilk çalışmasını 1934 yılında "Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Kullanımı" adı altında Atatürk Orman Çiftliğinde yapmıştır. Bu çalışmanın ana gerekçesini oluşturan "Enerji arzında güvence" bugün de geçerliliğini artırarak korumaktadır (Öğüt ve Afacan, 2009)

Bitkisel yağların ilgili (DIN V 51605) yakıt standardına uygun olmadan doğrudan motorlarda yakıt olarak kullanımı yakıt enjeksiyon pompasında, enjektörlerde ve yanma odasında problemlere yol açmaktadır.

Bu nedenle yüksek olan viskoziteyi azaltmak veya yağı motora uygun hale getirmek için çalışmalar yapılmıştır. Aşağıda şekil 1.5'de bitkisel yağların kullanım yöntemlerine ilişkin şema verilmiştir (Oğuz ve ark., 2009).



Şekil 1.5. Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanılabilme yöntemleri (Oğuz ve ark., 2009).

1.3. Biyodizel

Biyodizel bitkisel ve hayvansal yağlardan, yağ atık ve artıklarından üretilen TS EN 14213 ve/veya TS EN 14214 standartlarına uygun yağ asidi metil ester karışımıdır (İşler, 2007).

Biyodizelin alevlenme noktası, dizel yakıttan daha yüksektir. Bu özellik biyodizelin kullanım, taşınım ve depolanmasında daha güvenli bir yakıt olmasını sağlar. Biyodizel, petrol kaynaklı dizel yakıtı ile her oranda tam olarak karıştırılabilmektedir ve bu özellik, petrol kaynaklı dizel yakıtının kalitesini yükseltmektedir. Yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini azaltır, motordaki yağlanma derecesini artırır (Karaosmanoğlu, 2002).

Biyodizelin üretildiği kaynaklar; Kanola, Aspir, Soya, Palm, Ayçiçek, Çiği, Prina, Hardal, diğer yağlı tohum ve meyveler, Atık kızartma yağları, Meyve çekirdekleri ve Hayvansal yağlar olarak sıralanabilir (Öğüt ve ark., 2005).

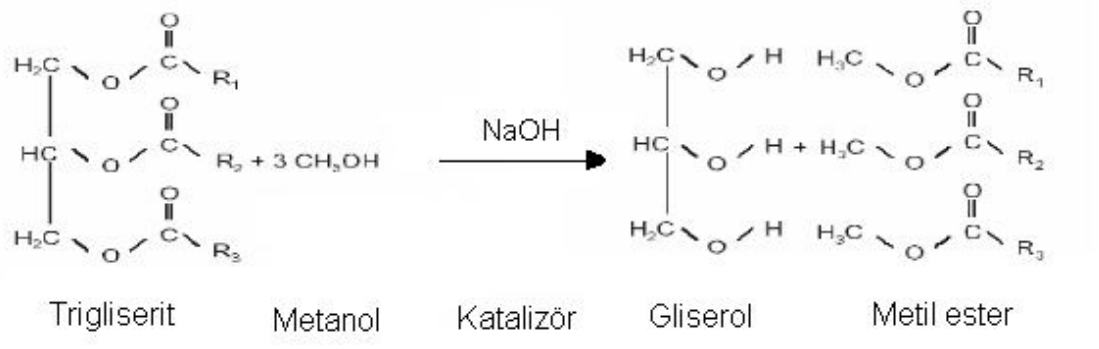
Şekil 1.6'da biyodizel döngüsü yeralmaktadır.



Şekil 1.6. Biyodizel döngüsü (Anonim, 2013f)

Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon yönteminde kolza (kanola), ayçiçeği, soya, aspir gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilen yağların veya hayvansal yağların bir katalizör eşliğinde kısa zincirli bir alkol ile (genellikle metanol veya etanol) transesterleşme reaksiyonu sonucunda açığa çıkan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki bir biyoyakıttır (Jitputti ve ark., 2006).

Şekil 1.7'de transesterifikasyon reaksiyon şeması görülmektedir.

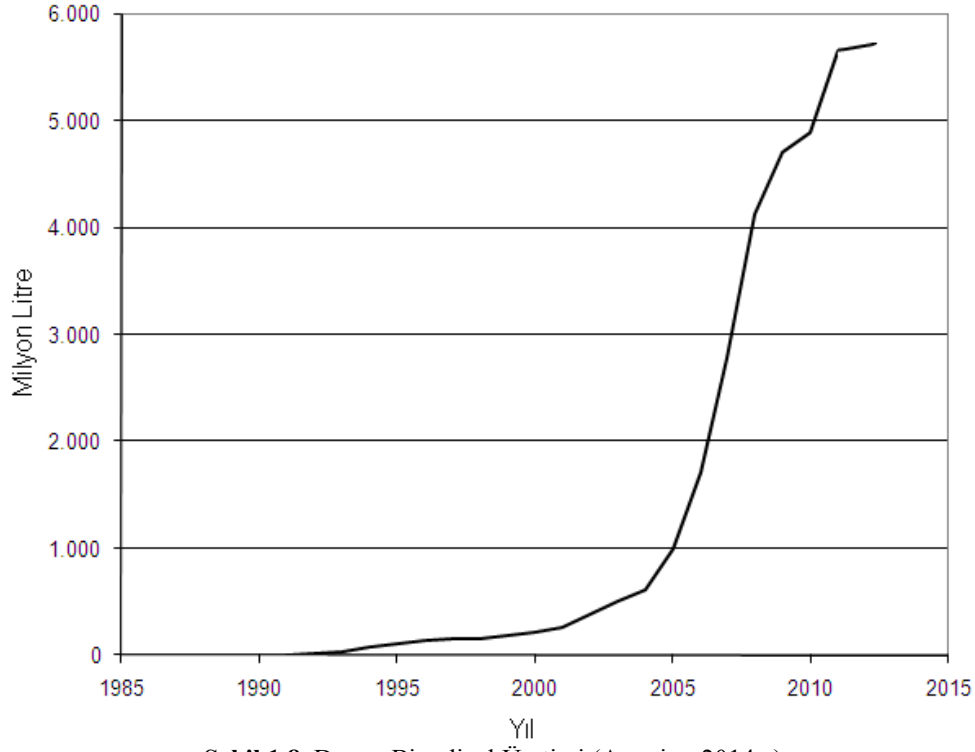


Şekil 1.7. Trigliseritlerin Metanol İle Transesterifikasyon Reaksiyonu (Niyet, 2009)

1.3.1. Dünyada ve Türkiye'de biyodizel üretimi ve kullanımı

Rudolf Diesel (1858-1913), 1893'te bitkisel yağlara göre tasarladığı motorunun denemesini gerçekleştirmiş ve 1900 yılında Paris Dünya Fuarı'nda yakıt olarak yer fıstığı yağını kullanan motorunu sergilemiştir (Knothe, 2001)

Bitkisel yağların doğrudan yakıt olarak kullanımındaki zorluklara, petrol ürünlerinin kullanımının yaygınlaşması eklenenince konu gündemden düşmüştür. Ancak, biyolojik yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için bünyesindeki gliserinin uzaklaştırılması alanındaki akademik çalışmalar yine de devam etmiş ve bugün "Biyodizel" olarak adlandırılan yakıt için ilk patent Belçika'daki Brüksel Üniversitesinden G.Chavanne tarafından 31 Ağustos 1937 tarihinde alınmıştır. 1994 yıllarında yaşanan petrol krizleri alternatif enerji arayışlarını hızlandırmış ve "Biyodizel" tekrar gündeme taşınmıştır. AB'de 2003 yılından bu yana biyoyakıtlar ve biyodizel için pek çok özendirici ve teşvik edici çalışmalar yapılmaktadır. Üye ülkelerden ilerleme raporlarında ulusal hedefleri belirlemeleri istenmiştir. Enerji politikalarında vergilendirmede "*kirleten öder*" kriterini kullanmaktadırlar. "Enerji Arzında Güvenliği Ulusal Güvenliğin Unsuru" olarak gören ve "25x25" sloganıyla 2025 yılında toplam enerji tüketiminin %25'ini yenilebilir enerjilerden karşılamayı hedefleyen ve bu yönde projeler geliştiren ABD, biyodizel konusunda da kendi milli sistemini kurmuştur. Öncelikle, milli bitkisel yağı olan, soya yağına göre uygulanabilir ASTM-6751 standardını belirlemiştir. Yakıtın %5 biyodizel harmanlanmış B5 şekli istasyonlarda yaygın satılırken, vergiden muaf tutularak %100 kullanım sağlamışlardır (Anonim, 2014 b). 1985 yılından 2012 yılına kadar olan Dünya biyodizel üretimi şekil 1.8'de gösterilmektedir.



Şekil 1.8. Dünya Biyodizel Üretimi (Anonim, 2014 a)

Çizelge 1.1'de Ülkemizde biyoyakıtların geçirdiği evreler görülmektedir.

Çizelge 1.1. Türkiye'de Biyoyakıtların Geçirdiği Evreler (Öğüt ve Oğuz, 2011) (Anonim, 2014 d)

Dönem	Tarih	Mevzuat	Uygulama	Sonuç
Boşluk Dönemi	5 Ocak 2006 ve Öncesi	04.12.2003 Tarih ve 5015 Sayılı Petrol Piyasası Kanunu İle Biyodizelin Petrolle Harmanlanacak Ürün Olarak Tanınması	Üretimde Lisans Şartı Yok, ÖTV Yok	Denetimsizlik Nedeniyle Kalitesiz ve Merdiven Altı Üretimin Yaygınlaşması
EPDK Dönemi	Ocak – 3 Mart 2006	EPDK'nın 05.01.2006 Tarih ve 630/26 Sayılı Kararı İle Biyodizel Üreticilerine Lisans Alma Zorunluluğunun Getirilmesi	Üretim İçin Lisans Alma Şartı Var, ÖTV Yok	Şartları Sağlayamayan Firmaların Piyasadan Çekilmeye Başlaması
Maliye Dönemi	3 Mart - 8 Aralık 2006	30.03.2006 Tarih ve 5479 Sayılı Yasa İle Otobiyodizelin Litresine 0,6498 Ytl ÖTV Uygulanmasına Başlanması, 08.12.2006 Tarihli Bakanlar Kurulu Kararı İle Yerli Ürünlerden Elde Edilen ve Normal Dizel İle % 2 Oranında Harmanlanan Biyodizelin, Dağıtımının Lisanslı Petrol Şirketleri Tarafından Yapılması Şartı İle ÖTV Muafiyetinin Getirilmesi	Üretim İçin Lisans Alma Şartı Var ve Tüm Satışlar ÖTV li	Piyasadan Çekilmelerin Hızlanması
Kapanma Dönemi	8 Aralık 2006 ve Sonrası	TSE EN 14214 ve 14213'ün Yürürlüğe Girmesi	Üretim İçin Lisans Alma Şartı Var Satışlar Sınırlı ÖTV Muafiyeti Var	Üretimin Fiilen Durması
Dünyaya Entegrasyon, Zorunluluk ve Canlanma Dönemi	27 Eylül 2011	Benzine Biyoetanol, Motorine Biyodizel Harmanlama Zorunluluğunun Getirilmesi	Yerli Kaynaklardan Üretilen Biyoetanol ve Biyodizel Üretiminin Teşvik Edilmesi	Üretimin Başlaması
Gerileme Dönemi	25 Haziran 2013	Motorine Biyodizel Harmanlama Zorunluluğunun Kaldırılması	Biyodizel Üretiminin Azalmaya Başlaması	Üretimin Yavaşlaması

Dünya'daki ve özellikle de üyelik müzakelerinin yürütüldüğü AB ülkelerindeki uygulamalara paralel olarak ülkemizde de bu alanda önemli çalışmalar yapılmıştır. Başlangıçta üniversitelerde araştırma boyutunda olan çalışmalar zamanla özel sektörün de ilgisi ile yatırıma dönüşmüştür. Özellikle 2006 yılında rekor üretim yapan sektör,

daha sonraki bürokratik uygulamalarla faaliyetini tamamen durdurmuştur. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun, "*Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği*" ile piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin; 2014, 2015, 2016 yıllarında sırasıyla %1, %2, %3 olmasını zorunlu hale getirmiştir (Öğüt ve Oğuz, 2011).

Ancak 25 Haziran 2013 tarih ve 28688 sayılı Resmi Gazetede yayınlanan Motorin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliği'nde değişiklik yapılmasına dair tebliğ ile bu zorunluluk ortadan kaldırılmıştır (Anonim, 2014 d).

1.4. Aspir

Aspir, genellikle 80-100 cm arasında boylanabilen, dikenli ve dikensiz formları olan, sarı, kırmızı, turuncu, beyaz gibi değişik renklerde çiçeklere sahip, tohumlarda % 30-45 arasında yağ bulunan yazlık karakterde ve ortalama 130-150 gün arasında yetişebilen tek yıllık bir uzun gün yağ bitkisidir (Öğüt ve ark., 2007a).

Yazlık olarak ekilen diğer yağ bitkilerine oranla kurağa ve soğuğa toleranslı olan aspir; özellikle kuru tarım alanlarında münavebeye girebilecek bir bitki olması nedeniyle bitkisel yağ açığımızın kapatılmasında üzerinde önemle durulması gereken bitkilerden birisidir (Kolsarıcı ve ark., 2005).

Aspir yağının en bariz özelliği, doymuş yağ asitleri oranın düşük, doymamış yağ asitleri oranının yüksek bulunması olup, yağ asitleri kompozisyonunda çok az veya hiç linoleik asit bulunmadığından renk koyuluğu görülmemekte, bu özelliğiyle batılı ülkelerde margarin, mayonez ve salata yağı olarak tüketilmektedir. Yarı kuruyan yağlar grubunda yer alan aspir yağı, ayrıca boya, vernik, cila ve sabun yapımında da değerlendirilmektedir (Öğüt ve Oğuz 2006).

Compositeae familyasının bir üyesi olan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) dünyadaki toplam ekim alanı 1.121.212 ha'dır. 700.000 ha alanı ve 400.000 ton üretimi ile Hindistan ilk sırada yer almaktadır ve dünya aspir üretiminin yaklaşık %70'ini karşılamaktadır. Bunu ABD, Meksika ve Çin izlemektedir (Katmer ve ark., 2005).

Tarım ve Köyişleri Bakanlığı'nın 2010 yılı destekleme primini ayçiçeğinde 23 kuruş olarak belirleyip, kanola için 27.5 ve aspir için 30 kuruş olarak açıklaması üreticinin Trakya Bölgesi'nde kanolaya, Orta Anadolu ve geçit bölgelerinde ise aspire yönelmesine neden olmuştur. Nitekim buğday ve kanola üretiminin daha cazip hale gelmesinden dolayı, 2009 yılında Trakya'da ayçiçeği üretim alanlarında %5'lik bir

daralma olmuştur. Destekleme uygulamalarıyla kanola ve aspirin ekim alanı artırılmaya çalışılmıştır.

Aspir, üstün yağ kalitesine rağmen, gerek dünyada, gerekse ülkemizde hak ettiği konuma gelememiştir. Bunun temel nedeni, ülkemizde geliştirilmiş ve şu anda üretimde olan çeşitlerin yağ oranlarının %30-32 civarında olması ve bu bitkinin Türk çiftçisince yeterince tanıtılmamış olmasıdır. Ancak 2006 yılında aspirin de destekleme kapsamına alınması, yağ oranı daha yüksek çeşitlerin geliştirilmesiyle birlikte, önemini önümüzdeki yıllarda daha da arttırmıştır. Son yıllarda ülkemizde aspir ekim alanı ve üretiminde çok önemli artışların olduğu dikkati çekmektedir.

Ülkemizde yakın zamana kadar 3 aspir çeşidi mevcuttur. Bu çeşitlerden Yenice ve Dinçer, 1983 yılına kadar tescil edilen çeşitler olup, 1 tanesi ise 2005 yılında tescil edilmiştir. Daha önceki yıllarda, 5-154 olarak üretimi yapılan hat, 2005 yılında Remzibey-05 ismiyle tescil edilmiştir. Bu çeşitler, Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir (Öğüt ve ark., 2012).

Aspir bitkisinde 2013 yılı itibariyle geliştirilen iki tür daha mevcuttur. Bunlar Linas ve Ayaz türleridir. Türkiye'de tarımı yapılan aspir çeşitlerinin karşılaştırılması çizelge1.2'de verilmiştir.

Çizelge 1.2. Türkiye'de tarımı yapılan aspir çeşitlerinin karşılaştırılması (Öğüt ve ark., 2012) (Anonim, 2014e) (Anonim, 2014 f)

Çeşitler	Dikenlilik	Çiçek Rengi	Bitki Boyu (cm)	Tane Rengi	Yağ Oranı (%)	1000 Tane Ağırlığı (gr)
Yenice	Dikensiz	Kırmızı	100-120	Beyaz	24-25	38-40
Dinçer	Dikensiz	Turuncu	90-110	Beyaz	25-28	45-49
Remzibey 05	Dikenli	Sarı	60-80	Beyaz	35-40	46-50
Balcı	Dikenli	Sarı	55-70	Krem	38-40	40-48
Linas	Dikenli	Turuncu	85-90	Krem	39-41	38-42
Ayaz	Az Dikenli	Turuncu	90-120	Beyaz	22-26	40-44

1.5. Motorlarda Yağlama İşlemi ve Yağlama Yağının Görevleri

Motorlarda kullanılan yağlama yağlarının başlıca görevleri birbiri üzerinde hareket eden motor parçalarının, doğrudan doğruya temas etmesini önleyerek, parçaların aşınmasını ve güç kaybını azaltmak, ayrıca ısınan motor parçalarının soğutulmasına yardımcı olmaktır (Hamrock, 1994).

Genel olarak yağlama yağı, iki katı cisim arasında sürtünmeyi en aza indirerek kolay hareket sağlamak için kullanılan maddedir. Yağlar, yağlama işini yüzeyleri kayganlaştırarak, yüzeylere asılı kalarak ve sürtünen yüzeyler arasında film teşkil ederek yaparlar. Yağlama motor parçaları arasındaki sürtünmeyi ve bunun sonucunda parçalarda oluşan aşınmayı azaltmak, ayrıca gerekli işin daha az enerji kaybı ile yapılmasını sağlamak amacıyla uygulanır (Avcı, 2009).

Yağlama yağlarının, ayrıca karbon artıklarının birikmesine engel olmak, yanma sırasında oluşan asitleri nötrleştirerek etkisiz hale getirmek ve asitlerden gelen aşınmaları en aza indirmek gibi görevleri de vardır (Totten ve ark., 2003).

İçten yanmalı motorlarda madeni yağların bozulmasına sebep olan 2 önemli faktör bulunmaktadır;

- Oksidasyon nedeni ile fiziksel ve kimyasal değişikliklerinin ortaya çıkması,
- Yanma odasından karışan maddeler ile kirlenme,

Motorun çalışma şartları oksidasyona çok uygun şartlardadır. Karterde, yağ buharı hava ile yüksek sıcaklıklarda temas halindedir. Sıcaklık, yanma bölümünde çok daha yüksektir. Karterde asitli maddeler ve karmaşık karbonlu bileşikler meydana gelir. Yanma odasında ve piston segman etrafındaki karbon parçaları karterde toplanır. Bütün bu kirlenmeler neticesinde, asit konsantrasyonu fazla olan yağ, yatakların korozyonuna ve motorda aşınmalara sebep olur (Gökalp ve ark., 2007).

Yağların temel özellikleri koruyucu ve kaydırıcı olmalarıdır. Fakat belirli süre kullanılan yağların bu özellikleri bozularak motor parçaları üzerinde aşınmalar meydana gelmekte, motorun bakım ve revizyona girme periyodu kısalmaktadır. Parça deformasyonuna bağlı olarak motor karakteristikleri de değişmektedir. Yağ ömrü tüm araçlar için genel bir süre ile belirtilmekte ve o süre sonunda değiştirilmesi tavsiye edilmektedir. Halbuki yağ ömrüne etki eden parametreler taşıta göre değişim göstermektedir. Bunlar aracın markası, modeli, çalışma koşulları, iklim şartları v.b. olarak sayılabilir. Dolayısıyla farklı çalışma koşullarına sahip olan araçların yağ değişim periyotları da değişmektedir (Kılıç, 1998).

Aşınma metalleri spektrometre cihazı ile motor içerisinde aşınmadan ileri gelen metallerin konsantrasyonu tayin edilerek motorun hangi parçasında aşınma olduğu, aşınmanın miktarı ve filtrenin iş görüp görmediği tespit edilebilmektedir (Balcı, 1997).

Yağ numunesinin bünyesindeki metal konsantrasyonundaki anormal artış, sistemde anormal bir sürtünmenin göstergesi olmaktadır. Bu metal konsantrasyonundaki anormal artış doğrulandığında, sistem daha büyük bir problemin meydana gelmesinden önce kurtarılmış olmaktadır. Yağ analizleri ile aşınmış ürünleri tanıyıp arıza oluşmadan koruyucu önlem alınabilmekte veya kullanılan yağın motor üreticisi tarafından saptanan yağ değişim periyodundan daha uzun süre ile kullanılmasına imkân vermektedir.

Yağ analizinin faydaları aşağıdaki gibi sıralanabilir;

- Yağ değişim aralıklarını uzatmak,
- Yağın durumu hakkında bilgi sahibi olmak,
- Bakım masraflarını düşürmek,
- Aşınma eğilimini ölçmek,
- Uygun bakım aralıklarını tespit etmek,
- Yedek parça envanterini azaltmak,
- Ekipman yenileme maliyetini düşürmek,
- Onarım programlanmasını düzenlemek (Gökalp ve ark., 2007).

1.5.1. Yağlama yağının sınıflandırılması

Yağlar kullanıldıkları yerlere göre genel olarak taşıt yağları ve endüstri yağları olarak iki ana grupta toplanabilir. Otomobil, kamyon, traktör ve benzeri taşıtların motor yağlarının doğru seçimindeki ve kullanımındaki önem, motor ve araç üreticilerinin devamlı ortaya koydukları yenilikler ve bu yeniliklere uygun düşecek yağlar üzerindeki titiz ısrarlar, taşıt yağları seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak bazı pratik sınıflamaların ortaya konulması zorunlu kılınmıştır. Taşıt yağları iki grupta incelenebilir:

- Viskozite Sınıflaması
- Servis Sınıflaması

Madeni yağların sınıflandırılması SAE (Society of Automotive Engineers) numaralama sistemine göre yapılır. Burada numaralar belirli sıcaklıkta, SUS (Saybolt Universal Second) cinsinden viskozite değerini ifade eder. Kış yağ numaraları 0 °F'da 5W, 10W, 20W, yaz yağ numaraları da 210°F'da 20, 30, 40, 50 gibi numaralar verilerek tespit edilir. Yağlar TSE tarafından, TS-E-SA (CA) vb. sembol grubunda gösterilmektedir. TS sembolü Türk Standartları, E sembolü TS ISO 6743-99 standardında içten yanmalı motorları, S sembolü benzinli motor yağlarını, C sembolü dizel motor yağlarını, A,B,C,D,E,F harfleri yağın performans seviyesini belirtmektedir.

Motor yağlarının üretiminde uluslararası standartları ve şartnameleri belirleyen kurumlar, OEM (Original Equipment Manufactures), API (American Petroleum Industry), SAE (Society of Automotive Engineers) ve CCMC (Commite of Commen Market Automobile Constructors) dir. Gelişen teknolojiye paralel olarak motor yağlarında günümüz ihtiyaçlarına göre kalitenin değiştirilmesi ve yükseltilmesi amacı ile mevcut CCMC (Commite of Commen Market Automobile Constructors) üyeleri ACEA (Association of European Automotive Manufacturers) çatısı altında toplamıştır.

Motor yağları hizmet şartlarına göre hafif hizmet (Regular Type), orta hizmet (Premium Type) ve ağır hizmet (Heavy Duty) olarak üç bölüme ayrılmıştır.

1.5.1. 1. Viskozite sınıflaması

SAE tarafından oluşturulmuş olan viskozite sınıflaması, yağların belli viskozite aralıklarını belli numaralar ile ifade etmek esasına dayanmaktadır. Bu sınıflamada motor yağları ile dişli kutusu yağları ayrı gruplandırılmış olup, motor yağlarına 0W-60W ve dişli kutusu yağlarına 70W-250 numaraları verilmiştir (Anonim, 2014 c).

1.5.1. 2. Servis sınıflaması

Piyasalarda motor tiplerinin ve motor yağı cinslerinin çok çeşitli olması motor yağlarının seçiminde kolaylık ve doğruluk sağlayacak özel bir servis sınıflamasına ihtiyaç göstermektedir. Bu konuda eski API sınıflaması 1972 yılına kadar kullanılmış ancak bundan sonra API / ASTM / SAE müşterek bir sınıflandırma oluşturmuştur. Bu sınıflandırmaya göre motorlar buji ile ateşlemeli ve dizel olarak ayrılmaktadır.

1.5.1.2.1. Buji ile ateşlemeli motor yağları

Eski API sınıflamasında ML, MM, MS olarak üç sınıfa ayırmak yerine yeni sınıflaması buji ile ateşlemeli motor yağların için "S" serisi olarak ve yeni gelişmelere daima açık bir sınıflama koymuştur. Bu serinin ilk sınıfı SA olup, diğer sınıflar için S harfi sabit tutularak ve ikinci harfler alfabetik sıra ile değiştirilerek yeni sınıflar oluşturulur.

.

1.5.1.2.2. Dizel motor yağları

Dizel motor yağlarının yeni API / ASTM / SAE'e göre sınıflaması benzin motoru yağlarında olduğu gibidir.

Piyasada genellikle doğal emişli dizel motorlarda 20W-50, turboşarjlı dizel motorlarda ise 15W-40 yağ kullanılmaktadır (Ertuğrul, 2008).

SAE sınıflandırmasında derece W harfi ile ayrılan iki rakamdan oluşur. W, winter yani kış anlamındadır ve yağın düşük sıcaklıktaki viskozitesini gösterir. Örneğin 15W-40 taki 15W gibi. Bu rakam ne kadar düşük olursa yağ o kadar ince olacağından, bu bize aynı zamanda yağın düşük ısılarda ne kadar akıcı olacağını ve motorun ne kadar kolaylıkla çalışacağını da gösterir. İkinci rakam yağın yüksek ısı viskozitesini verir. 15W-40 taki 40 gibi. Bu rakam ne kadar yüksekse, yağ sıcakken o kadar viskoziteli, yani kalın demektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kılıç (1998), iki farklı tip motor yağını (SUPER V 20W50 ve TERRAK 15W40), iki farklı traktörde (MF-285 ve FİAT 60-56) 200 saat kullanmış ve laboratuar analizlerinde viskozite indeksi, kinematik viskozite, parlama noktası, özgül kütle, toplam baz numarası değerlerini elde etmiştir. Ayrıca her iki tip yağ için kurşun, silisyum, kalay, nikel, fosfor, potasyum, alüminyum, molibden, sodyum, bor, demir, gümüş, krom, mangan, kalsiyum, magnezyum, çinko, bakır ve kükürt elementlerinin konsantrasyonlarına ait değerler saptamıştır. Analizler sonucunda belirlenen elementlerin motor yağının bileşiminden, yağlara katılan katıklardan ve kirleticilerden meydana geldiğini tespit etmiştir.

Taylor (1998), içten yanmalı motordaki sürtünen ana parçaların, tribolojik tasarımının önemi üzerinde durmuş, dayanıklılık, verim ve emisyon parametrelerini araştırmıştır. Ayrıca, bazı motor parçalarının işletme şartlarını gözden geçirmiştir.

Braithwaite ve ark. (1999), benzer iki yeni motorun rodaj dönemlerinde aynı çalışma şartlarında karşılaştırmalı yaptıkları test çalışmalarında, iki motorun sadece birinde karter yağı olarak molibden disülfür süspansiyonu kullanmış, diğer motorda klasik SAE 20W50 motor yağı kullanmışlardır. Sonuçlar elektron mikroskobu (SEM) ile analizini içermektedir. Analizler sonucunda MoS_2 kullanılan motorda, SAE 20W50 yağı kullanılan motora göre aşınma miktarının ciddi bir şekilde azaldığı bulunmuştur.

Margaroni (1999), dizel araçlar için önemli bir konu olan motor yağ ömürlerinin çeşitli yağ filtresi ve motor dizaynı sayesinde arttırılabileceği belirtmiştir. Motor yağında bulunan demir, bakır, kurşun vb. aşınma ürünlerinin motor yağının yapısını bozduğu ve bu partiküllerden kurtulmak için çeşitli by-pass filtrasyon teknikleri önermiştir. Motor yağı ömrünü belirleyen en önemli faktörün kullanımdan dolayı oluşan yağ içindeki su, is, asit ve çeşitli metal partikülleri olduğu ifade etmiştir. Çeşitli motor yağı üreticilerinin yeni ürünleri sayesinde, motor yağlarının 100.000 km ye kadar servis ömrüne sahip olduğu belirtmiştir.

Priest ve Taylor (2000), içten yanmalı motorlarda supap mekanizması, piston tertibatı ve yatak yüzeylerinin doğasını incelemişler ve motor tribolojisinin matematiksel modellerinin yüzey topografyasının muhtemel meydana getirebileceği aşırı karmaşıklıklar ile nasıl uğraştığını gözden geçirmişlerdir.

Smith ve ark. (2001), motor yağlarının kullanım süresinin, yağ değiştirme aralıklarının ve motor yaşının, motorun egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yağ değişim aralıklarının uzatılmasının, motor emisyonları ve yakıt ekonomisi üzerinde arttırıcı bir etki yaptığını, ve bu değerlerin motor yaşından, motor yağı değişim kilometresinden ve motor yağı kullanım süresinden etkilendiğini belirtmişlerdir.

Vipper ve ark. (2001), motor yağı katkı maddelerinin sürtünme iyileştiricileri mekanizmalarını traktör dizel motorunda test etmişlerdir. Testlerde SAE 30 yağına sürtünme iyileştirici katkı olarak sırasıyla Molibden ditiofosfat, külsüt azot içeren katkı, Molibden disülfür dispersiyonu ve Grafit ultra dispersiyonu ilave etmişlerdir. Bu katkılar ile sürtünmede sırasıyla %50-60, %25-35, %10-15 ve %5-15 oranlarında iyileşme sağlamışlardır.

Dorado ve ark. (2003), atık zeytinyağı metil esterini direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda kullanmışlar ve egzoz emisyonlarını incelemişlerdir. Çalışmalarında biyodizel kullanımı CO, CO_2, NO ve SO_2 emisyonlarında azalmaya neden olurken NO_2 emisyonunda artışa neden olmuştur. Ayrıca biyodizelin egzoz emisyonlarında düşüşe neden olurken, özgül yakıt tüketiminde artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir. Yaptıkları deneylerde hem biyodizel hem de dizel yakıtı için yanma etkinliği sabit kalmıştır.

Kalam ve ark. (2003), Malezya' da yetişen hindistan cevizi yağı ve dizel yakıt karışımlarını dizel motorda kullanarak egzoz emisyonları üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuçlardan dizel yakıtına %30 hindistan cevizi yağı katmanın HC, NO_x ve CO emisyonlarında azalmaya ve motor gücünde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca %40 ve %50 hindistan cevizi yağı kattıklarında kalorifik değerdeki azalmadan dolayı motor gücünde düşme fakat emisyonlarda %30 hindistan cevizi yağı karışımına göre bir değişim olmadığını gözlemlemişlerdir.

Gebarin ve Fitch (2004), zamansız yağ değişimi ve bunun dünya ekonomisi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Yağ ömrünü etkileyen faktörlerden birininde araç kullanım koşulları olduğu belirtmişlerdir. Bu yüzden çalışmada yeni sensör teknolojilerini incelemişler ve verdikleri örnekte yağ değişim kilometre sensörü ile Daimler Chrysler grubunun Assyst adını verdiği bir sistemin hız, devir, yük gibi parametrelere bağlı olarak bir yağ değişim zamanı öngördüğüne değinmişlerdir. Sistemde bir dielektrik sensör bulunduğunu ve sensörün yağ içindeki kirletici madde ve asit miktarının değişimi yağın iletkenliğini değiştirdiğinden, bunun da dielektrik sensör

tarafından tespit edilebildiğini belirtmişlerdir. Ancak yağ durum sensörlerinin gelişme aşamasında olduğunu tanımlamışlardır.

Huzayyin ve ark. (2004), jojoba yağını alternatif dizel yakıtı olarak kullanılabilirliğini deneysel olarak araştırmışlardır. Yaptıkları ölçümlerde jojoba yağı ve dizel yakıtının kimyasal ve fiziksel özelliklerindeki benzerlikler, jojoba yağının dizel yakıtı alternatifi olarak kullanılabilir olduğunu göstermiştir. Jojoba yağı ve karışımlarının dizel motorda kullanılması ile motor performansında ihmal edilebilir bir düşme ve özgül yakıt tüketiminde artış gözlemlemişlerdir. Ayrıca yakıt karışımlarındaki jojoba yağı miktarı arttırıldıkça motor kurumlaşmasında azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Lee ve ark. (2004), ısıtılmış (140-180 ^{0}C) aspir yağının kimyasal özelliklerini ve oksidasyon dengesini araştırmışlar ve ısıtılmamış yağ özellikleri ile karşılaştırmışlardır. Artan sıcaklık ile renk değişiminin meydana geldiğini ve fosfor içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. Yaptıkları çalışmada aspir yağı yağ asidi özellikleri artan sıcaklık ile herhangi bir değişime uğramadığını belirtmişlerdir.

Raheman ve Phadatare (2004), karanja bitkisi metil esteri ve bu yakıtın dizel yakıtı ile karıştırılması ile elde edilen B20, B40, B60, B80 ve B100 karışımlarının özelliklerini ve dizel motorda kullanılmasını incelemiştir. Deneylerde motor gücü ve torku, özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarını karışım yakıtları için ölçmüşlerdir. Deney sonuçlarından B20 ve B40 yakıtı kullanıldığında motor performansında bir artış ve egzoz emisyonlarında bir azalma olduğunu ve bu iki yakıtın dizel yakıtına alternatif bir yakıt olabileceğini ve çevre şartlarına da uygun olduğunu belirtmişlerdir.

Çetinkaya ve ark. (2005), kullanılmış yağdan elde edilmiş biyodizel yakıtını 4 zamanlı 4 silindirli bir Renault Megane dizel motorunda kullanmışlar ve motor performansı ve yol performansını (7500 km) incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçları dizel yakıtı sonuçları ile mukayese etmişlerdir. Biyodizel yakıtı ile yaptıkları deneylerde motor torkunda ve gücünde dizel yakıtına göre %3-5 azalma olduğunu belirtmişler ve egzoz gazı sıcaklığında da düşme gözlemlemişlerdir. Ayrıca aynı enjeksiyon basıncında dizel yakıtında egzoz gazı basıncının daha yüksek olduğunu ve dizel yakıtında enjektörlerde normal karbonlaşma görülürken soğuk hava şartları ve yetersiz yanma sonucu biyodizel yakıtında yapılan deneylerde enjektörlerde fazla karbonlaşma olduğunu gözlemlemişlerdir.

Öğüt ve ark. (2005), 2005 yılında Avrupa Birliği Ülkelerinde yürürlüğe giren benzin ve motorine %2 oranında biyoetanol ve biyodizel katma mecburiyetinin ülkemizde de uygulanması için gerekli çalışmaların sürdürüldüğünü belirtmişlerdir.

Caneca ve ark. (2006), dizel motor yağlama yağları çalışma durumunu izlemek için temelinde kızıl ötesi spektrumunu kullanan iki yöntem sunmuşlarıdır. İlk yaklaşımda yağ numuneleri belirli bir aşınma aşamasına bağlı olarak üç gruba ayrılmaktadır. Sınıflandırma amacıyla diskriminant analizi için iyi bir ayırma gücü ve küçük eş doğrusallığı ile spektral değişkenleri seçmek için bir algoritma önerilmiştir. Sonuç olarak, %93 bir sınıflandırma doğruluğu ile ortasında (MIR) ve yakın kızıl ötesi (NIR) alanlar için elde edilmiştir. İkinci yaklaşımda yağlayıcı yağın viskozitesini tahmin etmek çok değişkenli kalibrasyon yöntemleri kullanılmıştır. Bu durumda, NIR tayf aralığında absorbans ölçümlerinin kullanımı için partikül hâlindeki madde varlığı ile ilişkili deneysel zorluklar yüzünden başarılı olunamamıştır. Bu sorunun MIR spektral aralığı içinde zayıflatılmış toplam yansıtıcılık (ATR) ölçümlerinin kullanılmasıyla aşılabilir olduğunu %3.2 lik bir nispi ortalama hata ile elde etmişlerdir.

Ejder (2007), etanol ve biyodizel yakıtların direkt püskürtme sistemine sahip bir dizel traktör motorunun farklı karışım oranlarında test edilmesi suretiyle performans karakteristiklerinin değişimlerini elde etmiştir. Mevcut biyodizel – dizel ve etanol – dizel yakıtlarının farklı oranlarda birbirlerine karıştırılması suretiyle test motorunun motor momenti, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve toplam verim olarak sınıflandırılan performans karakteristiklerine ulaşmıştır. Her bir yakıt karışımı için yapılan deney sonuçlarını referans karakteristikleri ile karşılaştırmıştır.

Kara (2007), standartlara uygun üretmiş olan Kanola yağı metil esterinin (KYME) saf olarak tek silindirli dizel motorda kullanmış, ayrıca yağlama yağına etkilerini tespit etmiştir. Tek silindirli HATZ E673 dizel motor üzerinde saf %100 biyodizel (B100) kullanılarak ölçülen bütün moment, güç ve özgül yakıt sarfiyatı (ÖYS) değerleri, DY'na çok yakın bulunmuş, NOx hariç is ve diğer emisyon ölçümlerinde B100 ile daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Motor karter yağı olarak SAE 10W40 numaralı tam sentetik yağ kullanmış, uzun süreli testler süresince motor, üretici firmanın önerdiği çalışma saatleri boyunca yağ değişimi yapılmaksızın B100 ve DY ile 150' ser saat süre ile 1910 min^{-1} kısmi sabit yük şartlarında toplam 300 saat süre ile çalıştırmıştır. 25' er saatlik periyotlarla alınan numuneler vasıtasıyla yağ analizleri yapılmıştır. Çalışmada kullanılan deney düzeneği, yakıtlar ve denenen çalışma koşulları

sonrasında ve aşınma ile ilgili yapılan analizler sonunda, özellikle yağlama yağındaki demir (Fe) aşınma elementi miktarı ile viskoziteye bağlı olarak B100 KYME numunelerinin yağlama yağının DY' na kıyasla daha çabuk eskittiği sonucuna ulaşmıştır.

Kwanchareon ve ark. (2007), çeşitli saflıklarda etanol kullanarak ve farklı sıcaklıklarda dizel-biyodizel-etanol karışımlarının incelemişlerdir. Seçilen karışımların yakıt özelliklerinin (yoğunluk, yanma ısısı, setan sayısı, parlama noktası ve akma noktası) ve dizel motorda emisyon ve performansı incelemişler, ayrıca saf dizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. Yakıt karışımlarının dizel yakıt standartlarıyla uyum içinde olduğunu belirtmişler fakat etanol içeren karışımlarda parlama noktasının oldukça farklı olduğunu bulmuşlardır. %80 dizel, %15 biyodizel ve %5 etanol karışımı yakıt özellikleri ve emisyon azaltma açısından en uygun karışım olmuştur.

Lapuerta ve ark. (2007), etanol-dizel karışım özelliklerinin kararlı olduğu durumları incelemişlerdir. Karışım örneklerinin kararlılığının üç başlıca faktörlerden etkilendiğini belirlemişlerdir. Bunlar sıcaklık, su içeriği ve etanol içeriğidir. Yaptıkları bu çalışmada karışımların kararlılık ve ayrışma süresine etkileri seviye eğrisi haritaları üzerinden hesaplamışlardır. Sonuçlar, karışımlardaki su varlığının düşük sıcaklıkta ve yüksek etanol içeriğinde faz ayrılması lehine olduğunu göstermişlerdir.

Öğüt ve ark. (2007b), "Bitkisel Yağın Uygun Traktörlerde Yakıt Olarak Kullanılabilmesi" için "Yakıt Amaçlı Bitkisel Yağ Standardının" oluşturulması gerektiğini, bu düzenlemenin yağ bitkileri tarımını da geliştirebileceğini belirtmişlerdir.

Alakel (2008), bitkisel soya yağı metil esterinden elde ettiği biyodizeli, dizel ve sırasıyla %5, %10, %15 ve %20 oranında etanol ile hacimsel olarak karıştırarak dizel bir motorda, performans değişimlerine etkisini araştırmıştır. Dizel yakıtına oranla daha düşük alt ısıl değere sahip olan soya biyodizeli ve etanolün, karışım içindeki oranının artması ile özgül yakıt tüketiminin de arttığını vurgulamıştır.

Baydan (2008), motorin ile istenilen oranda birbirinin içerisinde çözünen aspir metil esteri ve biyoetanol'ü %5, %10 ve %15 oranlarında karıştırarak, elde edilen karışımların yakıt özelliklerini incelenmiş, motor performansı ve duman yoğunluğu değerleri de ölçülmüştür. Biyodizelin çözücü özelliği sayesinde biyoetanol-motorin karışımlarının faz oluşumu engellenmesi amaçlanmış; biyodizelin parlama noktasının yüksek olması sebebiyle karışımın parlama noktası değeri artırmıştır. Bu sayede E Dizel içerisinde emmülsüfer ve kosolvent yerine aspir metil esteri başarılı bir şekilde kullanmıştır.

Gümüş (2008), fındık yağı metil esterini (HOME) transesterifikasyon ile elde etmiş ve direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda kullanarak motor performans ve emisyonlarını araştırmıştır. Dizel yakıtı ile fındık yağı metil esterini farklı oranlarda karıştırarak dizel yakıtı sonuçları ile karşılaştırmıştır. Ayrıca çalışmasında dizel yakıtı ve fındık yağı metil esteri üretim maliyetlerini de irdelemiştir. Elde etiği sonuçlardan fındık yağı metil esteri dizel karışımlarının küçük modifikasyonlar ile dizel motorunda kullanılabilir olacağını ve yakın zamanda bu yakıtının maliyetinin dizel yakıtı maliyetinden düşük olacağını belirtmiştir.

Al-Ghouti ve AL-Atoum (2009), madeni yağlama yağlarının kimyasal ve fiziksel özelliklerini, atomik absorpsiyon (AA), endüktif çift plazma (ICP), fourier transform enfraruj (FTIR) ve yeniden kullanıma sokulmuş bir yağ ile meydana gelen farklılıkları araştırmışlardır. Yaptıkları çalışmanın önemli bir kısmını FTIR spektroskopisi kullanımına dayalı analitik tekniklerin geliştirilmesi olmuştur. Yaptıkları çalışmayı iki aşamalı olarak değerlendirmişlerdir. İlk olarak, bir motor yağ numunesinin (mono ve birleştirilmiş) tipik bir FTIR spektrumu ile değerlendirilmesi sunmuşlardır. İkinci olarak, aşınma metallerin seviyelerinin ölçümü için bir analitik teknik uygulamışlar ve örnek yağların arıtılması için kullanılan geri dönüşüm işlemlerinin yetersiz olduğu sonucuna varmışlardır.

Avcı (2009), motor yağı içerisinde aşınma elementi olarak tespit edilen demir elementi konsantrasyonunun maliyet analizlerinde kullanılması ile 6 adet dizel araç için en uygun yağ değiştirme aralığını bulmuştur. Çalışmada 3 adet Mercedes Sprinter 308 CDI, 2 adet Fiat Doblo 1.9D ve 1 adet Peugeot Boxer model araç kullanmış ve 15W40 Dizel motor yağı ile testler gerçekleştirmiştir. Araçlardan her 3.000 kilometrede bir 100 cc'lik yağ numuneleri almış ve analizlerini yapmıştır. Yağlama yağı değişim periyotlarının, normal değişim periyotlarından biraz daha uzun olması gerektiği tespit edilmiştir.

Eryılmaz (2009), yabani hardal tohumunun ve bundan vidalı pres yardımıyla elde edilen ham yağın fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlemiş ve bu yağdan transesterifikasyon yöntemi ile yabani hardal yağı metil esteri (YHME) üretimi gerçekleştirmiştir. Elde edilen B100 formundaki biyodizeli hacimsel olarak %20 ve %2 oranında motorinle karıştırarak, (B100, B20 ve B2) karışımlarının yakıt özelliklerini belirlemiştir. Elde edilen karışımları, dört zamanlı, 3 silindirli, 60 BG, direkt püskürtmeli TÜMOSAN 3D 29T dizel bir motorda deneyerek motorin ile karşılaştırmış,

moment, güç, yakıt tüketimi, motor gürültü değerleri ve duman koyuluğunu incelemiştir.

Huang ve ark. (2009), çalışmalarında dizel yakıtına hacimsel olarak %10, 20, 25 ve 30 oranlarında etanol, ayrıca bu karışımlara %5 oranında bütanol eklemişlerdir. Onbir gün içinde karışımlarda faz ayrışmasının olmadığını, dizel yakıtına göre, özgül yakıt sarfiyatlarının %10 oranında arttığını, CO emisyonlarının %5 oranında azaldığını, HC ve NOx miktarlarının da %100'e varan oranlarda arttığını ortaya koymuşlardır.

Murugesan ve ark. (2009), yaptıkları çalışmada, bitkisel yağ ve türevlerinin dizel motorlarda yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Maksimum basınç gelişimini, ısı salınım oranını ve motor titreşim analizini hem dizel yakıtı için hem de biyodizel yakıtı için incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuçlardan biyodizel kullanımı ile yanmamış hidrokarbon (UBHC), karbon monoksit (CO), partikül madde (PM) emisyonu ve azot oksitlerde önemli oranlarda azalma tespit etmişlerdir. Ayrıca çalışmalarında bitkisel yağlar ve karışımlarında dizel motor çalışması için enjeksiyon zamanlamasının uygunluğunu detaylı bir şekilde irdelenmişlerdir.

Müjdeci (2009), yağ katkılarının sürtünmeyi önleme üzerinde oluşturdukları olumlu veya olumsuz etkinliği, motor yakıt ekonomisi açısından araştırmıştır. Aynı zamanda motor performans deneyleri ile yağ katkılarının motorda moment, güç, yakıt sarfiyatı ve egzoz emisyonları açısından meydana getirdikleri değişiklikleri de belirtmiştir. Deneyler sonrasında yağ analizi gerçekleştirilerek aşınma elementlerini incelemiştir. Performans deneylerinde elde edilen moment, güç, yakıt sarfiyatı ve egzoz emisyonları ortalama değerlerinin benzer sonuçlar gösterdiğini ve dolayısı ile genel olarak yağ kuvvetlendiricilerinin sürtünmenin azaltılması, aşınmanın önlenmesi ve yakıt sarfiyatının düşürülmesi üzerinde pozitif etkilerinin bulunmadığını gözlemlemiştir.

Gümüş ve Kaşifoğlu (2010), dizel yakıtı ile kayısı çekirdeği yağından elde ettikleri biyodizeli farklı oranlarda karıştırarak Lombardini marka tek silindirli bir dizel motorunda test etmişleridir. Elde ettikleri B5, B20, B50, B100 ve dizel yakıtlarını motor performansı ve emisyon testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneyler sonucunda B5 ve B20 yakıtlarının dizel yakıtından daha iyi güç değerlerine sahip olduğu belirlemişlerdir. Buna karşın B50 ve B100 yakıtların kullanılmasıyla motor gücünde azalma eğilimi gözlemlemişlerdir. Kullanılan biyodizel oranı arttıkça emisyon değerlerinde iyileşmeler görmüşlerdeir.

Hazar (2010), direk enjeksiyonlu tek silindirli bir motorda silindir kafası, piston, egzoz ve emme subaplarını plasma püskürtme tekniği ile molibden (Mo) ile kaplamıştır.

Sonrasında kaplama yapılmış ve yapılmamış iki motorda aynı çalışma şartları için biyodizel ve dizel yakıt karışımlarını kullanarak performans ve emisyon değerlerini incelemiştir. Yaptığı bu çalışmada kaplama işlemi ile motor performansında bir artma (%2.2-2.3) ve CO ve duman emisyonunda da bir artış olduğunu belirtmiştir. Ayrıca yaptığı tüm denemelerde kaplama ile meydana gelen silindir içi sıcaklık değerindeki artıştan dolayı NO_x emisyonunda bir artış olmuştur.

Kim ve Choi (2010), CRDI yakıt sistemine sahip bir dizel motorda biyodizel ve biyoetanol karışımlarını kullanarak emisyon değişimlerini incelemişlerdir. Deneylerde %100 dizel yakıtı, hacimsel olarak %5 biyodizel içeren dizel yakıtı, %15 biyodizel içeren dizel yakıtı, %20 biyodizel içeren dizel yakıtı karışımı ve %15 biyoetanol içeren dizel karışımı kullanmışlardır. Yaptıkları deneysel çalışmalar sonucu biyodizel dizel yakıtı karışımlarının kullanımında CO emisyonlarının azaldığını, NOx emisyonlarının ise arttığını belirlemişlerdir. Biyoetanol dizel yakıtı karışımlarında ise motor gücünün dizel yakıtı kullanımındaki ile benzer olduğunu, yakıt karışımlarının alt ısıl değerlerinin düşük olmasından dolayı yakıt tüketiminin fazlalaştığını belirtmişlerdir.

Oğuz ve ark. (2010), yapay sinir ağları kullanarak dizel yakıtı, biyodizel, B20 ve bu yakıta ilaveten (%5, %10 ve %15) biyoetanol yakıt karışımlarınının motor performanslarını karşılaştırmışlardır. Güç, moment, saatlik yakıt tüketimi ve özgül yakıt tüketimi referans değerleri kullanılarak geliştirilen yapay sinir ağı kullanılarak tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak gerçekleştirilen istatistiksel analizler deneylerde kullanılan motorun performansını tahmin etmek için kullanılan yapay zeka modelinin uygun bir model olduğu görülmüştür. Güvenilirlik değerlerini istatistiksel analizler kullanılarak % 99.94 olarak hesaplamışlardır.

Öğüt ve ark. (2010), dizel yakıtının ve aspir yağının fiziksel özelliklerini belirlemişler ve motor performansı üzerine etkilerini ölçerek karşılaştırmışlardır. Deneyleri 4 zamanlı tek silindirli 15 kW gücündeki bir dizel motorda gerçekleştirmişlerdir. Motoru %40-50 yük durumunda 1000 saat çalıştırmışlardır. Deney sonuçlarına göre aspir yağı-dizel yakıtı karışımının, dizel yakıtına göre motor torkunda %10.18 lik, motor gücünde ise %22.43 lük bir azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir.

Ryu (2010), dizel motorda antioksidantların biyodizel yakıtı üzerindeki oksidasyon dengesi üzerine etkisini ve motor performans ve egzoz emisyonlarını araştırmıştır. Yakıt olarak kullandığı biyodizeli soya fasulyesi yağından elde etmiştir. Antioksidantların etkenliği sırasıyla TBHQ > PrG > BHA > BHT > a-tocopherol

şeklinde olmuştur. Yaptığı çalışmada yanma karakteristikleri ve egzoz emisyonları antioksidant ilavesinden etkilenmemiştir.

Smith ve ark. (2010), soğuk şartlarda biyodizelin akışkanlığının düşmesi ve dolayısıyla sıkıştırmalı ateşlemeli bir motorda ateşlemenin zorlaşmasını önlemek üzere bir çalışma yapmışlardır. Dizel yakıtı için tasarlanmış katkıları yaptıkları biyodizel yakıt çalışmalarında sınırlı başarı ile uygulamışlardır. Elde ettikleri metil estere kimyasal modifikasyonlar uygulayarak yakıtın soğuk akış özelliklerini iyileştirmişlerdir.

Aydoğan (2011), dört zamanlı, üç silindirli, su soğutmalı, pompalı enjektör tipi yakıt sistemine sahip bir dizel motorda biyoetanol ve dizel yakıt karışımlarının motor performans ve emisyonlarına etkilerini araştırmıştır. E1 (%1 biyoetanol-%99 eurodizel), E2, E3, E4, E5, E10 ve E15 yakıt karışımları ile Braid ED10 katkılı karışım hazırlayarak motor performans ve emisyonlardaki değişim incelemiştir.

Boldaji ve ark. (2011), etanol-biyodizel-dizel yakıt karışımlarının, dizel motorlardaki denklik oranı, egzoz emisyonları içerisindeki oksijen miktarı, su ve yağ sıcaklığı üzerindeki etkilerini belirlemek ve karşılaştırmak için deneyler yapmışlardır. Bu amaç için, saf dizel yakıt ile etanol ve biyodizel, 18 farklı karışımda tam yük durumda iki motor hızı göz önüne alınarak, dört silindirli dört zamanlı direkt enjeksiyonlu turbo şarjlı 82 HP gücünde bir dizel motorda test etmişlerdir. Hemen hemen tüm örneklerde denklik oranı biyodizel ve etanol yüzdeleri arttıkça azalmıştır. Biyodizel ve etanol yüzdeleri ile birlikte tüm örneklerde egzoz oksijen yoğunluğu artmış ve motor su ve yağ sıcaklıkları biraz azalmıştır.

İlkılıç ve ark. (2011), aspir yağından elde ettikleri biyodizeli, dizel yakıtı ile hacimsel olarak %5 (B5), %20 (B20) ve %50 (B50) oranlarında karıştırmışlardır. Daha sonra dizel yakıtı, %100 biyodizel yakıtı ve karışım yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Motor performansı ve egzoz emisyon testlerini tek silindirli bir dizel motorda yapmışlardır. Performans değerlerinde dizel yakıtına göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2.2, %6.3 ve %11.2 oranında azalma, özgül yakıt tüketimi değerlerinde ise dizel yakıtına göre B5, B20 ve B50 yakıtlarında sırasıyla %2.8, %3.9 ve %7.8 oranlarında artış olduğunu tespit etmişlerdir. Egzoz emisyonlarında, dizel yakıtına göre biyodizel karışımlı yakıtlarda partikül madde (PM) ve karbon monoksit (CO) değerlerinde azalma, hidrokarbon (HC) ve azot oksit (NO_x) değerlerinde ise artma tespit etmişlerdir.

Misra ve Murthy (2011), farklı biyodizel yakıtlarının soğuk akış özellikleri ve viskozitenin iyileştirilmesine yönelik çeşitli katkı maddeleri üzerine etkilerini

incelemişlerdir. Metanol, etanol, gazyağı, Mg katkıları ile dizel yakıt soğuk akış davranışını iyileştirmede daha önceleri de birçok araştırma yapıldığını, biyodizel yakıtlarında soğuk akış şartlarının iyileştirilmesi için yeni katıkların geliştirilmesi ve kullanılmasının kaçınılmaz olduğu sonucuna varmışlardır.

Oğuz ve ark. (2011), aspir yağı, pamuk yağı, soya yağı ve ayçiçek yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerini araştırmışlar ve aşınma performansını disk üzeri pim tekniği ile sabit yük altında farklı hızlarda incelemişlerdir. Ayrıca elde ettikleri sonuçları eurodizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. En düşük sürtünme katsayısını aspir yağı biyodizelinde elde etmişler ve bunu sırasıyla pamuk yağı, soya yağı ve ayçiçek yağı biyodizeli izlemiştir. En büyük sürtünme katsayısı ise eurodizel yakıtında elde etmişlerdir.

Özçelik (2011), aspir biyodizeli üretimini transesterifikasyon yöntemi ile gerçekleştirmiş, B100 formundaki biyodizeli hacimsel olarak %20 ve %2 oranında motorinle karıştırarak, (B100, B20 ve B2) karışımlarının yakıt özelliklerini belirlemiştir. Elde edilen karışımları, dört zamanlı, tek silindirli, su soğutmalı, direk püskürtmeli yakıt sistemine sahip bir dizel bir motorda deneyerek, performans ve emisyon değerlerini karşılaştırmıştır. Ayrıca her yakıt karışımında motoru 100 saat kısmi yük altında çalıştırmış, belirli saatlerde motor yağlama yağından numuneler alarak, yağlama yağındaki aşınma elementlerini incelemiştir.

Özdemir (2011), etanol ve biyodizel karışımlarının doğrudan püskürtmeli bir dizel motorun performans ve emisyonlarına etkileri incelemiştir. Test sonuçlarına göre, kullanılan alternatif yakıt karışımları CO ve HC emisyonlarını azaltırken, NO_x emsiyonlarını ve özgül yakıt tüketimini arttırdığı görülmüştür. Ayrıca, motor tasarım ve yakıt sisteminde herhangi bir değişiklik yapılmaksızın bu alternatif yakıt karışımları ile performans ve emisyonlarda sağlanan iyileşmelerin ümit verici olduğu kanaatine varmıştır.

Çelikten ve ark. (2012), Türkiye'de bol miktarda üretilen kolza tohumu yağı ve fındık metil esterinin dizel motorunda kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Deneyleri dört silindirli, dört zamanlı, 46 kW gücünde, direkt enjeksiyonlu dizel motorunda yapmışlardır. Dizel yakıtı, kolza tohumu yağı metil esteri ve fındık yağı metil ester karışımlarını karşılaştırarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Motor performans ve emisyon testleri 4 farklı yakıt ile yürütülmüştür. Bunlar %100 dizel (SD), %50 kolza yağı metil esteri ve %50 dizel (B1), %50 fındık yağı metil esteri ve %50 dizel (B2), %25 kolza tohumu yağı metil esteri %25 kolza

tohumu yağı metil ester ve %50 dizel (B3). Yüksek motor performansı ve düşük özgül yakıt tüketimi SD yakıt ile elde etmişlerdir. Ancak biyodizel kullanımının CO değerinde azalma ve tork kaybı ile birlikte duman emisyonuna yol açmıştır. Kolza metil ester oranı arttıkça, duman ve CO emisyonları azalmış, NO_x ve CO_2 emisyonları artmıştır. B1 yakıt kullanımı ile NO_x emisyonları %7.2 kadar yükselmiştir.

Varatharajan ve Cheralathan (2012), biyodizel ile çalışan motorlarda yakıt özelliklerinin ve bileşiminin NO_x emisyonu üzerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarını üç aşamada gerçekleştirmişlerdir. Birinci bölümde NO_x oluşum mekanizmalarını araştırmışlar sonraki bölümde biyodizel yakıtını ve artan NO_x emisyonlarının nedenlerini irdelemişler, son olarak da yakıt özelliklerinin ve bileşiminin biyodizel yakıtlı motorlarda NO_x emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak elde ettikleri araştırma sonuçlarını ve neler yapılması gerektiği konusunda özet bilgi vermişlerdir.

Dong ve ark. (2013), iki farklı yağlama yağını kullanarak dizel motorda egzoz emisyonlarındaki partikül madde boyut dağılımını araştırmışlardır. Deneylerde turbo şarjlı direk enjeksiyonlu bir dizel motor ve DMS 500 modeli partikül madde ölçer kullanmışlardır. Deneyler için yaygın olarak kullanılan iki farklı yağlama yağını (Kunlun API CF-4 15W40 ve Mobil API CI-4 15W-40) seçmişlerdir. Deneyleri orta yükte (100 Nm) ve tam yükte yapmışlardır. Sonuç olarak toplam parçacık sayısı konsantrasyonu hemen hemen aynı kaldığını ve parçacık boyutu dağılımında ise büyük farklar olduğunu saptamışlardır.

Guido ve ark. (2013), son nesil otomotiv dizel motor performans ve emisyonları üzerine biyoetanol/biyodizel/mineral dizel karışımının etkisini incelemişlerdir. Testleri sekiz kısmi yük motor koşullarında ve tam yükte 2500 min^{-1} sabit durumda yapmışlardır. Deneylerde iki çeşit yakıt karışımı kullanmışlardır. Bunlar B10 (%10 Biyodizel ve %90 Dizel) ve E20 B10 (%20 Etanol, %10 Biyodizel ve %70 Dizel) karışımlarıdır. Deneysel çalışmayı Euro 5 normlarında bir 2.0 L dizel motorda yürütmüşlerdir. Sonuçlardan temel olarak etanolün yüksek oksijen içeriğinden dolayı, test edilen tüm koşullarda E20 B10 için emisyonlarda ciddi bir azalma göstermiştir.

Kim ve ark. (2013), Kore Cumhuriyetinde yaygın olarak kullanılan 6 çeşit ticari benzin ve dizel motor yağını, 19 farklı araç üzerinde denemişlerdir. Farklı aralıklarla 76 kez motor karterinden çekilen motor yağlarını ICP cihazı kullanarak element analizlerini yapmışlar ve istatistiksel olarak incelemişlerdir. Benzinli motorlarda 5W30 ve 5W20, dizel motorlarda 5W40, 10W40 ve 10W30 özellikli yağ kullanmışlardır.

Sonuçlarda, dizel motorda kullanılan element miktarının benzine göre çok daha fazla bulunduğunu, Ca, Zn ve P yağ örneklerinin marka hakkında önemli bir kaynak olduğunu ve SPSSV 10. istatistiksel analiz sonucunda da % 92 çapraz geçerliliği olan doğru tahmin edilebilirliği belirlemişlerdir.

Nematizade ve ark. (2013), E20 (%20 etanol ve %80 benzin), GS1 (%10 etanol, %2.5 biyodizel, %2.5 motorin ve %85 benzin), GS2 (%18.1 etanol, %4.31 biyodizel, %4.31 motorin, %73.28 benzin) olmak üzere hazırladıkları karışımları XU7JP/L3 tipi benzinli bir motorda denemişler ve sonuç olarak güç değerlerinde %6, tork değerlerinde %1 azalma ve özgül yakıt tüketiminde %36 artış olurken, CO emisyonlarında %47 azalma, CO_2 emisyonlarında %28 artış ve yanmamış HC emisyonlarında ise %8 azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada kullanılan çizelge 1.2'de özellikleri belirtilen, Remzibey 05 çeşidi aspir tohumları, Konya ili Ilgın ilçesi buğday pazarında bulunan Utek Tarım İnş. Gıda San. Tic. Ltd. Şti. den sağlanmış ve yağ üretim işlemi Konya-Ilgın ilçesindeki Esen yağ imalatçısı tarafından gerçekleştirilmiştir. Yağların elde edilmesi için, tohumlar ayrı ayrı kabuk çıkarma makinesinde kabuklarından arındırıldıktan sonra ısıtılıp vals işlemi sonucunda tavlanıp, 90^0C'de kavrularak düşey 200 tonluk hidrolik preste sıkılarak aspir yağları elde edilmiştir. Bu yağların biyodizelleri; Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü bünyesindeki DPT 2004/7 nolu proje kapsamında kurulan PLC destekli Pilot Üretim Tesisi'nde üretilmiştir. Üretimde alkol olarak metil alkol, katalizör olarak NaOH ve üretim yöntemi olarak transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır. Motorin ise; Opet Petrol Şirketinden temin edilmiştir. Motor yağlama yağı olarak deney motor katalogunda üretici firma tarafından önerilen Petrol Ofisi 20W-50 dizel motor yağı tercih edilmiştir.

Deneylerde kullanılan Süper Star marka dizel motor şekil 3.1'de, motora ait teknik özellikler ise çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1. Deney motoru ve hidrolik dinamometre

Çizelge 3.1. Deney motoru teknik özellikleri (Anonim, 2009)

Tip	Birim	Değer / Marka
Markası	---	Süper Star
Çalışma Prensibi	---	4 zamanlı, direkt enjeksiyonlu
Silindir Çapı	mm	108
Strok	mm	100
Silindir Sayısı	adet	1
Silindir Hacmi	lt	0,92
Yakıt Deposu Kapasitesi	lt	16
Sıkıştırma Oranı	---	17:1
Yağ Kapasitesi (Filtre dahil)	lt	2,3
Max Güç	HP	15
Max Tork	Nm	60
YağlamaSistemi	---	Tam basınçlı (Dişli yağ pompası ile)
Soğutma Sistemi	---	Su soğutmalı
Soğutma Suyu Kapasitesi	lt	3
Yakıt Pompası	---	Super Star / Bosch Tipi
Enjektör Kütüğü	---	Bosch / Lucas
Enjektör Memesi	---	Bosch / Lucas
Püskürtme Basıncı	kg/cm^2	175
Püskürtme Başlangıcı	derece	28-35 ^{0} Ü.Ö.N. dan önce

Aspirden elde edilen biyodizel yakıtı motorinle %2,5 ve %5 oranında biyoetanol ilavesi ile birlikte ve ters oranla da hacimsel olarak karıştırılarak, M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ formunda yakıtlar elde edilmiştir. Elde edilen karışımların ve motorinin yakıt özellikleri; kinematik viskozitesi, yoğunluğu, su içeriği, pH miktarı, renk tayini, ısıl değeri, parlama noktası, bulutlanma, akma ve donma noktası, bakır çubuk korozyonu testi, iyot sayısı, CFPP (SFTN - Soğukta Filtre Tıkanma Noktası) testi, Selçuk Üniversitesi Tarım Makineleri Bölümü Biyodizel Laboratuarında ve Setan sayısı testleri ise Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü yakıt analiz laboratuarında yapılmıştır. Motor denemeleri sırasında motor yağlama yağından alınan numuneler Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuar'ında bulunan ICP-MS cihazında test edilmiştir.

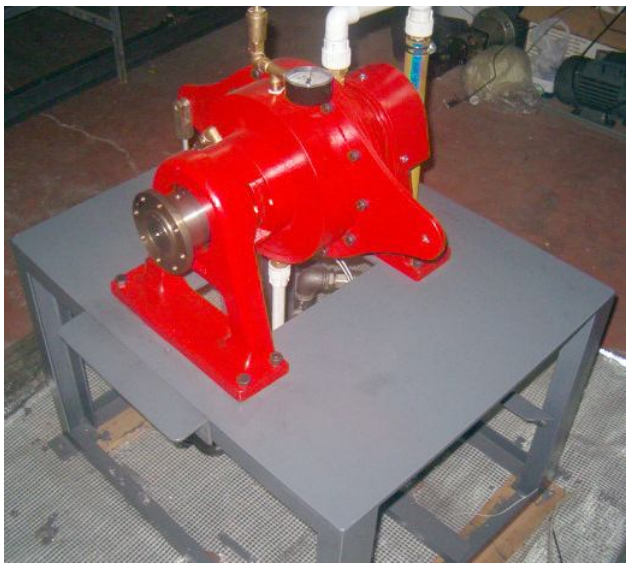
3.1.1. Araştırmada kullanılan alet ve cihazlar

3.1.1.1. Hidrolik dinamometre

Motor deneylerinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümünde bulunan hidrolik dinamometre kullanılmıştır. Hidrodinamik dinamometre stator ve rotor grubundan ibarettir.

Rotor mili, kardan mili vasıtası ile motor volanına irtibatlandırılacak şekilde yapılmıştır. Sistem harici bir yağlamaya gerek duymadan çalışmaktadır (Anonim, 2013 a).

Hidrolik dinamometre şekil 3.2'de, teknik özellikleri ise çizelge 3.2'de verilmiştir.



Şekil 3.2. Hidrolik dinamometre

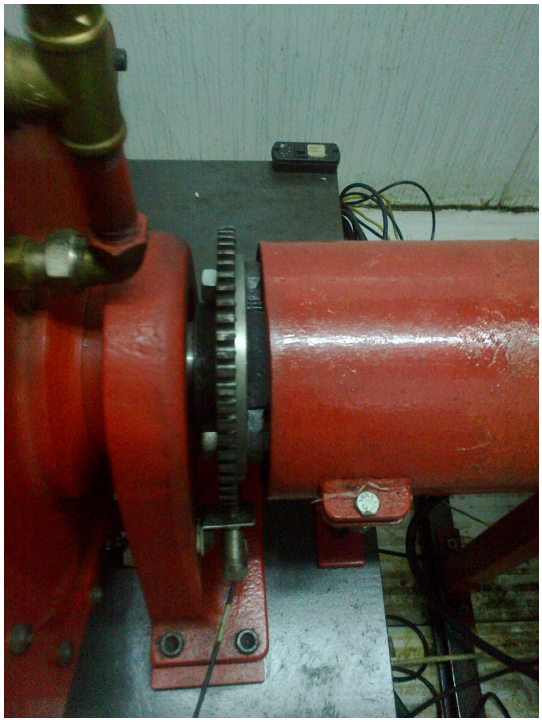
Çizelge 3.2. Hidrolik Dinamometre Teknik Özellikleri (Anonim, 2013 a)

Tip	Birim	Değer
Frenleme Torku Aralığı	Nm	0-1700
Çalışma Hızı	min^{-1}	0-7500
Gövde Ağırlığı	kgf	45
Toplam Ağırlığı	kgf	110
Gövde Çapı	mm	350
Tork Kolu Uzunluğu	mm	350

3.1.1.2. Magnetic pick-up

Magnetic pick-up, dinamometre mili üzerine yerleştirilen dişlideki dönme esnasındaki dişleri sayarak motor ya da dinamometre devir sayısını ölçmek için kullanılır. Sabit mıknatıslı sensörün önünden geçen her bir diş için pulse üretir. Birim zamanda üretilen pulse'lar bilgisayara bağlı counter (sayıcı) ile sayılarak motor devri ölçülür (Anonim, 2013 a).

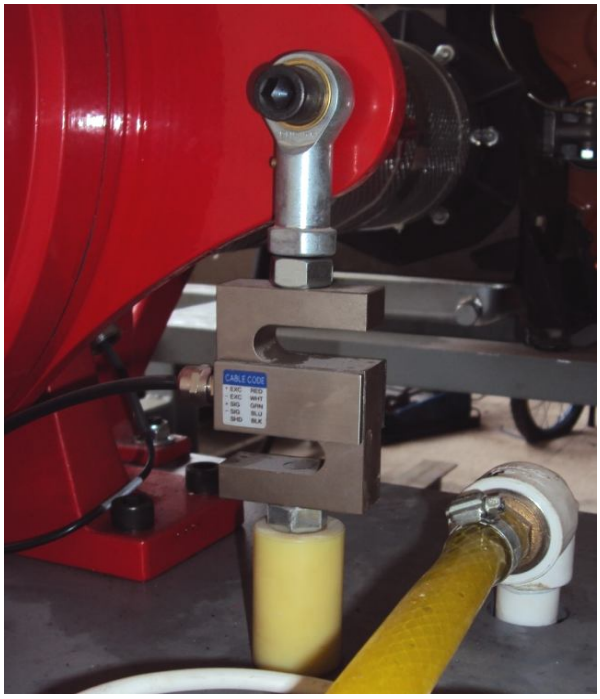
Şekil 3.3'de magnetic pick-up görülmektedir.



Şekil 3.3. Magnetic Pick-Up

3.1.1.3. S tipi load cell

S tipi load cell, dinamometrenin torkunu ölçmek için kullanılır. Mil merkezinden 350 mm uzaklıktaki tork koluna bağlanan loadcell'e etkiyen kuvvet ölçülerek motor momenti ya da dinamometrenin frenleme momenti tanımlanır. Ölçülen değerler bilgisayara aktarılarak burada motor gücü hesaplanır. Ölçme aralığı 0-250 daN arasındadır (Anonim, 2013 a).



Şekil 3.4. S tipi Load Cell

3.1.1.4. Kütlesel yakıt tüketimi ölçüm cihazı

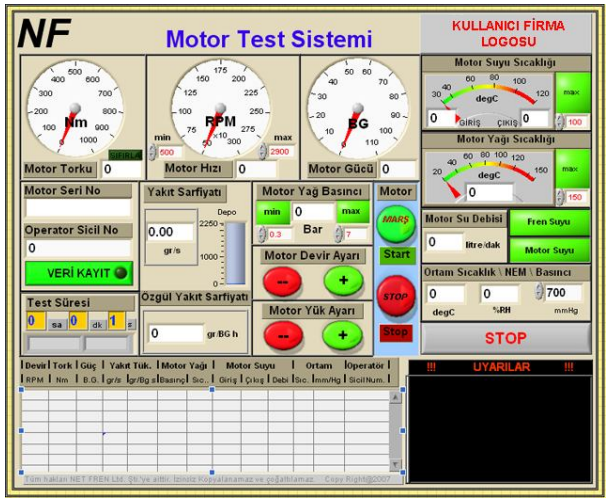
Deneylerde yakıt tüketiminin belirlenmesi amacıyla, yakıt deposu ile yakıt pompası arasına kütlesel olarak ölçüm yapabilen yakıt tüketimi ölçüm cihazı bağlanmıştır. Şekil 3.5'de kütlesel yakıt tüketim ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 3.5. Kütlesel yakıt tüketimi ölçüm cihazı

3.1.1.5. Dinamometre kontrol ünitesi

Dinamometre kontrol ünitesi motor testi esnasında ölçülmesi istenen bütün parametrelerin sensörlerden gelen sinyalleri değerlendirerek ölçmek için kullanılan ünitedir. Aynı zamanda ölçülen değerlerin sınır şartları dışına çıkması durumunda önce ikaz vererek operatörü uyarır. Diğer yandan test motorunun hızını ayarlamak ve dinamometrenin yükünü ayarlamak gibi fonksiyonlara sahiptir (Anonim, 2013 a).



Şekil 3.6. Dinamometre kontrol ünitesi

3.1.1.6. Egzoz emisyon ölçüm cihazı

Egzoz Emisyon değerlerinin ölçülmesinde Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Atölyesinde bulunan Mobydic 5000 marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Egzoz emisyon cihazı şekil 3.7'de ve teknik özellikleri de çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.3. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri (Anonim, 2013 b)

Ölçüm Aralıkları	Birim	Değer
CO	% Vol	0-10
CO_2	% Vol	0-20
HC	ppm Vol	0-10000
O_2	% Vol	0-21
SO_2	ppm	0-500
NO_x	ppm	0-5000
Lambda **(λ)**	---	0-5
Tepki süresi	s	< 10
Ölçüm debisi	lt/dk	05-7



Şekil 3.7. Egzoz emisyon cihazı

3.1.1.7. Yoğunluk ölçüm cihazı

Yakıtların yoğunluklarının ölçümü için, Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan ölçüm sıcaklığı aralığı 0 ile 40°C, hassasiyeti 0.0001 g/cm^3 ve ölçüm aralığı 0.0000 ile 2.0000 g/cm^3 olan Kem Kyoto marka DA-130N model cihaz kullanılmıştır.

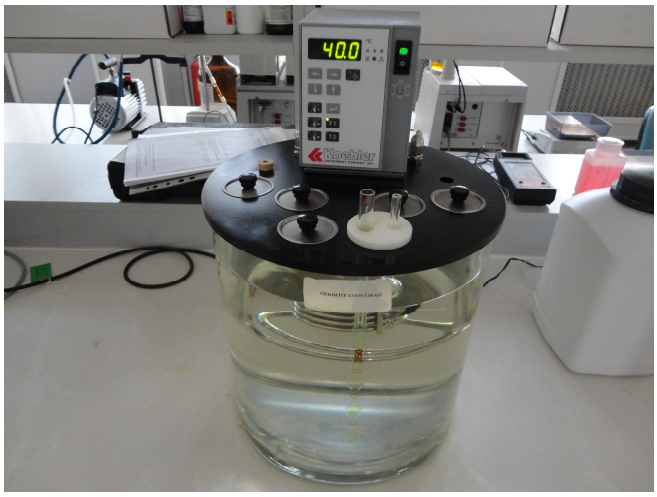
Cihaz ölçüm yapılan sıcaklığı otomatik olarak 15°C'ye çevirerek g/cm^3 olarak değer vermektedir. Cihaz EN 61326-1 standarda göre yoğunluk ölçümü yapabilmektedir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yoğunluk ölçüm cihazı

3.1.1.8. Kinematik viskozite ölçüm cihazı

Yakıtların viskozitelerinin ölçümlerinde Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan sıcaklık derece hassasiyeti ±0.01, çalışma sıcaklığı 25 ile 150°C arasında olan Koehler marka K23377 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ASTM D 445, DIN 51550 ve ISO 3104 standartlarına göre viskozite ölçümü yapılabilmektedir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Kinematik viskozite ölçüm cihazı

3.1.1.9. Parlama noktası tayin cihazı

Yakıtların parlama noktalarının tayini için, Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan Koehler marka K16270 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz ile DIN 51758, ISO 2719 ve ASTM D 93 standartlarına göre parlama noktası tayini yapılabilmektedir (Şekil 3.10).



Şekil 3.10. Parlama noktası tayin cihazı

3.1.1.10. pH metre

Yakıtların pH değerlerinin ölçülmesinde Hanna Intruments marka HI 8314 membrane pH meter model, pH, mV, ºC ölçümleri yapabilen pH metre kullanılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. pH metre

3.1.1.11. Otomatik renk ölçüm cihazı

Yakıtların renk tayininde LOVIBONT marka PFX195 model, dijital otomatik renk ölçüm cihazı kullanılmıştır. Saybolt, ASTM, CIE, Pt-Co/Hazen/APHA renk skalalarına göre ölçüm yapmaktadır (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Otomatik renk ölçüm cihazı

3.1.1.12. Su içeriği tayin cihazı

Yakıtların su içeriğini tayin etmek için, Kem Kyoto Electronics marka MKC-501 model cihaz kullanılmıştır. Ölçüm sıcaklığı 5 - 35°C ve ölçüm aralığı 10 mikrogram – 100 mg su aralığındadır. Ayrıca cihaz 16 karakterli LCD ekrana sahiptir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Su içeriği tayin cihazı

3.1.1.13. Kronometre

Kinematik viskozitenin hesaplanmasında gerekli olan zaman ölçümünde Taksun marka, 0.1 saniye hassasiyetli kronometre kullanılmıştır. TS 615 EN 26+AC standardında ölçüm yapabilmektedir (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Otomatik renk ölçüm cihazı

3.1.1.14. Adyabatik kalorimetre cihazı

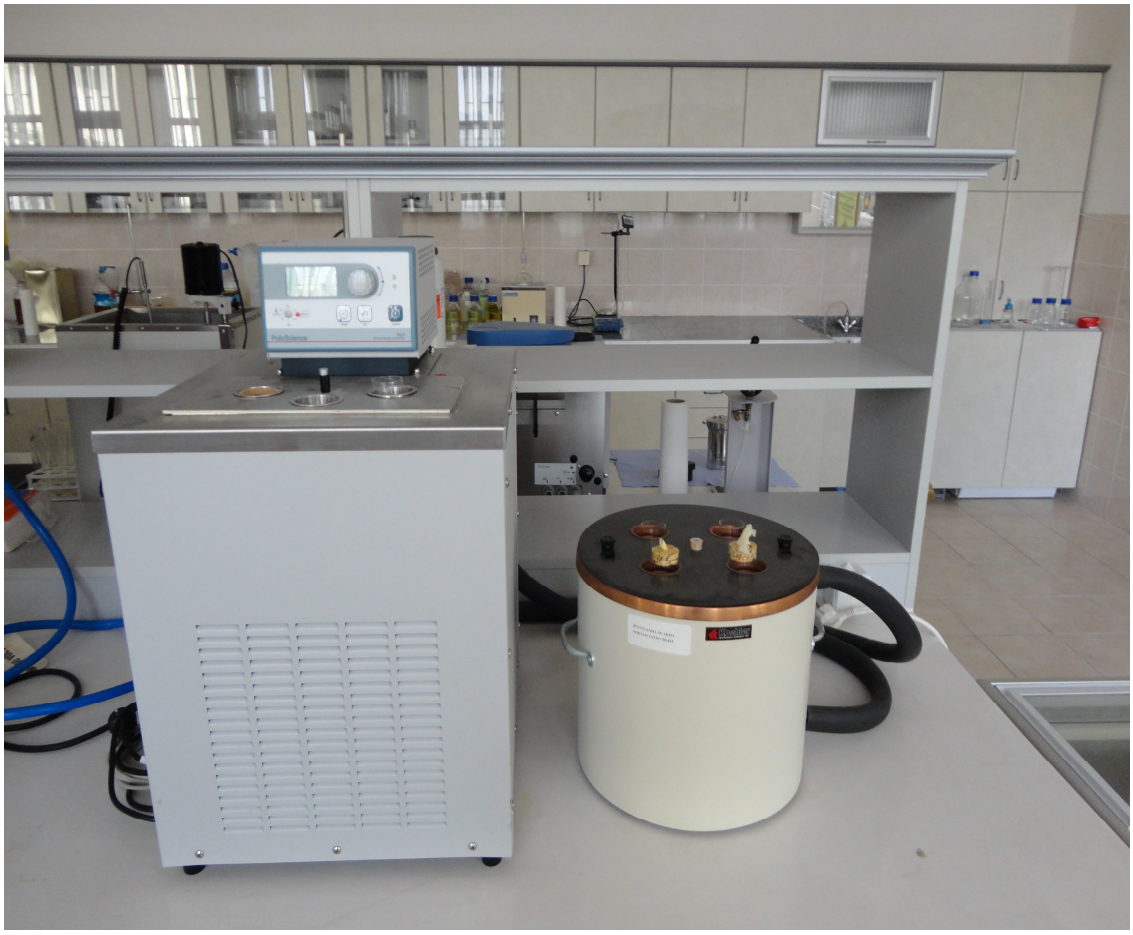
Yakıtların kalori değerini tespit etmek için Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan ölçüm aralığı 40.000 Joule'e kadar olan IKA marka adyabatik kalorimetre cihazı kullanılmıştır. Cihaz EN 50082, TS EN 60555-1 ve TS EN 61010-1 standartlarına göre ölçüm yapabilmektedir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Adyabatik kalorimetre cihazı

3.1.1.15. Bulutlanma ve akma noktası test cihazı

Yakıtların bulutlanma ve akma noktalarının tespitinde Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan Koehler marka, K46000 model cihaz kullanılmıştır. Cihazda ASTM D97 standardına göre ölçüm yapılmaktadır (Şekil 3.16).



Şekil 3.16. Bulutlanma ve akma noktası test cihazı

3.1.1.16. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı

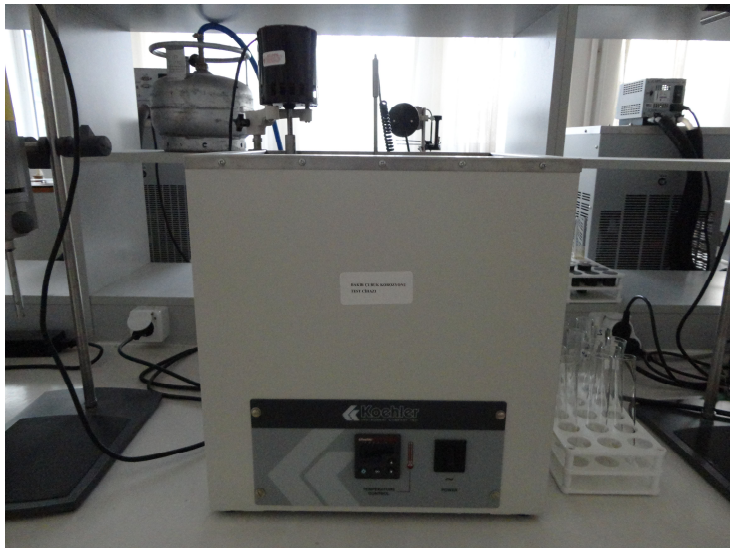
Yakıtların soğuk filtre tıkanma noktasının tespitinde TANAKA marka AFP-102 model cihaz kullanılmıştır. ASTM D 6371 test standardına göre petrol türevi ve biyoyakıtlar da soğuk filtre tıkanma noktası testi otomatik olarak yapılmaktadır. Tek pozisyonlu, masa üstü tip ve sıvı soğutkanlı peltier soğutma ünitelidir. Soğutmalı sirkülatör ünitesi ile -60 ºC'ye kadar cihaz kontrol edilebilmektedir. VFD ekran modüllü kontrol ünitesinde sonuç otomatik olarak alınmaktadır (Şekil 3.17).



Şekil 3.17. Soğuk filtre tıkanma noktası (SFTN) tayin cihazı

3.1.1.17. Bakır şerit korozyonu test cihazı

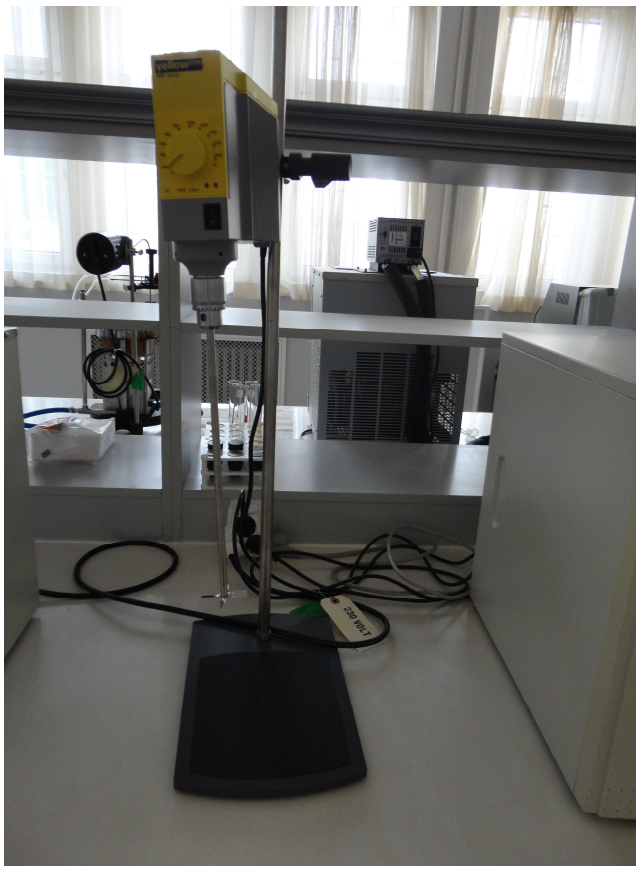
Yakıtların korozif etkisinin tayini için, Biyodizel laboratuarında bulunan, Koehler marka K 25330 model cihaz kullanılmıştır. Cihaz aynı anda 17 adet test tüpü ile korozyon analizi yapabilmektedir. Banyo sıcaklığı kontrollü olarak 190 ±1°C'ye çıkabilmektedir. Cihazla ASTM D 130, ISO 2160 ve DIN 51759 standartlarına göre ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Bakır şerit korozyonu test cihazı

3.1.1.18. Laboratuar tipi karıştırıcı

Yakıt karışımlarının oluşturulması için, IKA marka Yellow line OST basic model laboratuar tipi karıştırıcı kullanılmıştır. Devri 50-2000 min^{-1} aralığında 10000 mPas'a kadar yoğunluğa sahip sıvılarda kullanılabilmektedir. Standı, pervaneli tip karıştırıcı mili ve tutucusu ile komple bir set halindedir (Şekil 3.19).



Şekil 3.19. Laboratuar tipi karıştırıcı

3.1.1.19. Hassas terazi

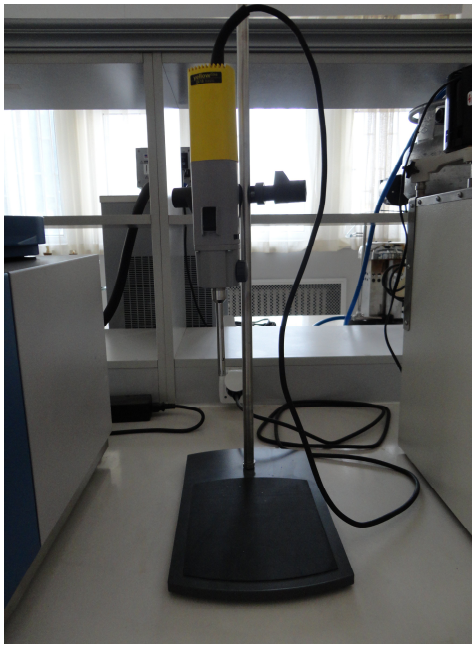
Biyodizel üretim aşamasında kullanılacak katalizör madde miktarı, yakıt numuneleri, yağlama yağı gibi ölçümler için, Biyodizel Laboratuvarı'nda bulunan Denver Instrument marka TP-214 serisi, 210 g kapasiteli ve 0.1mg hassasiyetli ölçüm yapabilen hassas terazi kullanılmıştır (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Hassas terazi

3.1.1.20. Homojenizatör

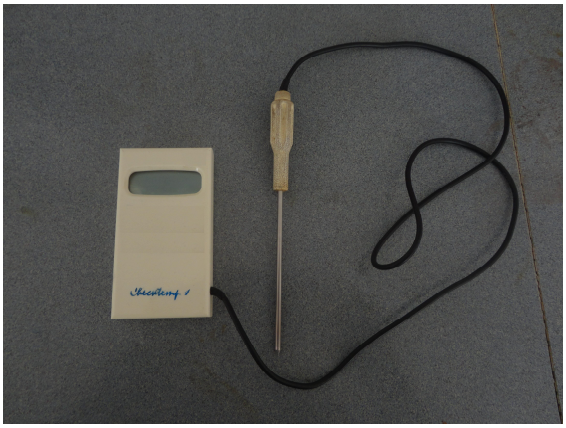
Yakıtların karışımında homojenlik sağlanması ve su içeriğinin tayininden önce, Yellow line marka DI 18 basic model 24000 min^{-1}'ya kadar karıştırma devir sayısına sahip homojenizatör kullanılmıştır (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Homojenizatör

3.1.1.21. Termometre

Çalışmada sıcaklık ölçümleri için dijital termometre kullanılmıştır. Dijital termometre Hanna Checktemp marka 0.1 °C hassasiyetli ve -50 ^{0}C ile 150 ^{0}C arası ölçüm yapabilmektedir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Termometre

3.1.1.22. Setan sayısı ölçüm cihazı

Yakıtların setan sayılarının ölçümleri için Zeltex ZX440 marka ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazla TS10317 ve EN ISO 5165 standardında ölçüm yapılabilmektedir (Şekil 3.23).

.



Şekil 3.23. Setan sayısı ölçüm cihazı

3.1.1.23. ICP-MS cihazı (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry)

Elde edilen karışımlar ve motorin yakıtı kullanılarak her 20 saatte bir alınan motor yağ numunelerinin içerisindeki demir, bakır, alüminyum, kurşun ve krom elementlerinin tespiti için, Selçuk Üniversitesi İleri Teknoloji Araştırma ve Uygulama Merkezi Laboratuarı'nda bulunan ICP-MS-LA PELKIN ELMER ELAN DRC-e (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) marka cihaz kullanılmıştır (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. ICP-MS cihazı

3.1.2. Araştırmada kullanılan kimyasal maddeler

3.1.2.1. Metil alkol (Metanol)

Aspir yağından biyodizel elde etmek için, çalışmada kullanılan metil alkol CH_3OH kimyasal formüllü ve Merck markadır. Metil alkolün 20ºC deki yoğunluğu 0.791 - 0.793 kg/l ve moleküler ağırlığı 32.04 g/mol dür (Şekil 3.25).



Şekil 3.25. Aspir biyodizeli üretiminde kullanılan alkol

3.1.2.2. Katalizör

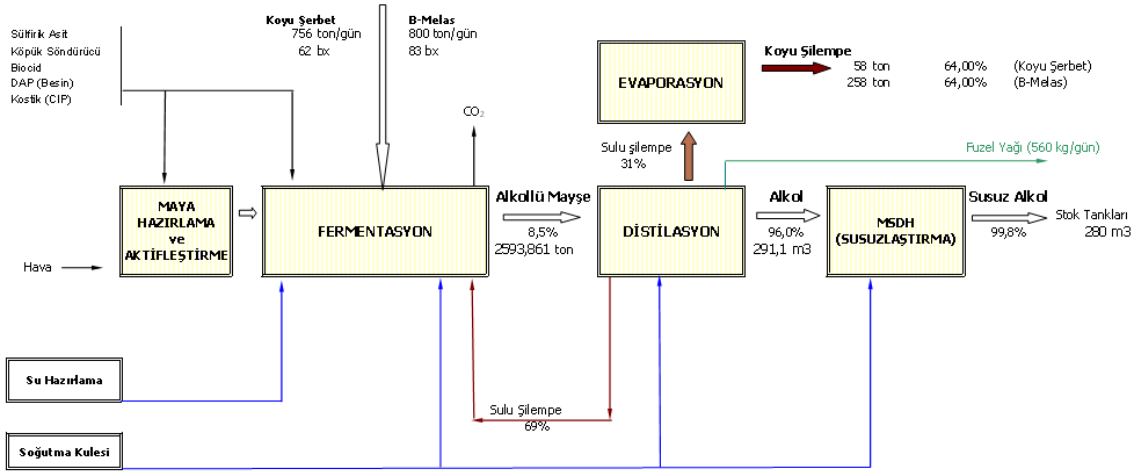
Aspir biyodizeli üretiminde katalizör olarak Merck firmasına ait ve molekül ağırlığı 40.00 g/mol olan saflık değeri % 97 den büyük olan sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır (Şekil 3.26).



Şekil 3.26. Aspir biyodizeli üretiminde kullanılan katalizör

3.1.2.3. Biyoetanol temini

Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. tarafından melasdan üretimi yapılan biyoetanol 15.08.2012 tarihinde denemeler için temin edilmiştir. Biyoetanol % 99,8 saflıktadır. Kimyasal formülü C_2H_5OH'dır. Solunması veya yutulması oldukça tehlikelidir. Gözle ve deriyle temasından kaçınılmalıdır. Serin bir yerde ve oksidasyon maddelerinden uzak bir şekilde muhafaza edilmelidir. Biyoetanol proses akış şeması şekil 3.27'de görülmektedir.



Şekil 3.27. Melasdan üretilen biyoetanol üretim prosesi (Anonim, 2012)

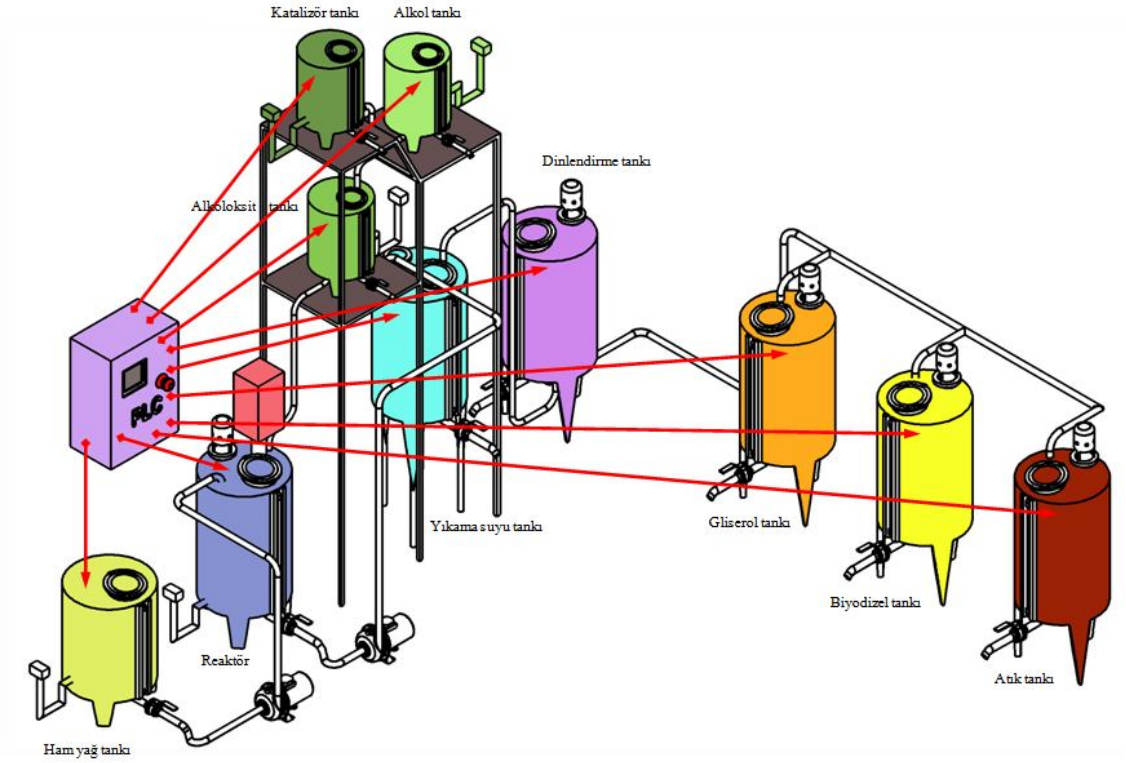
3.1.3. Pilot biyodizel üretim tesisi

Bitkisel ve hayvansal yağlardan biyodizel üretmek amacıyla Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarı'nda bulunan üretim tesisi saatte 100 litre üretim yapabilecek kapasitededir. Tesis hem manuel olarak hem de otomasyon sistemiyle kontrol edilebilmektedir. Otomasyon sisteminde ham yağ tankına, katalizör tankına ve metanol tankına gerekli ürünler konulduktan sonra üretim herhangi bir müdahale yapılmadan gerçekleşebilmektedir (Şekil 3.28).

Biyodizel üretim tesisi aşağıda belirtilen kısımlardan oluşmaktadır. Bunlar;

- 150 litre kapasiteli ham yağ tankı,
- 100 litre kapasiteli reaktör,
- 150 litrelik yıkama (dinlendirme) tankı,
- 50 litrelik metoksit tankı,

- 50 litrelik alkol tankı,
- 50 litrelik katalizör tankı,
- 230 litrelik saf su tankı,
- 230 litrelik biyodizel tankı,
- 230 litrelik gliserol tankı,
- 230 litrelik atık su tankı.



Şekil 3.28. Biyodizel üretim ve programlanabilir kontrol cihazı (PLC) tesisi

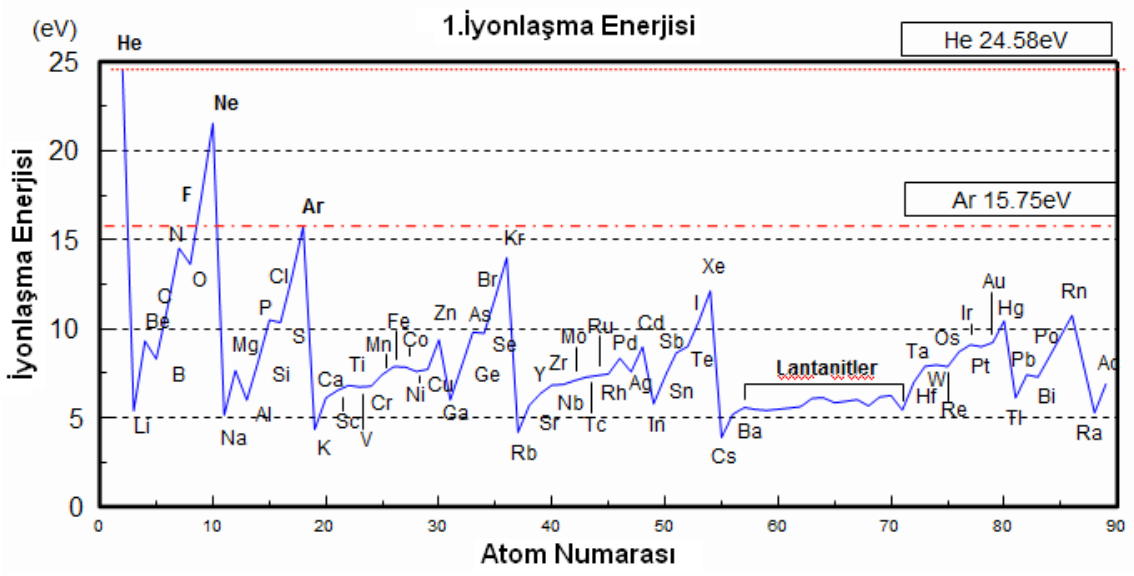
Biyodizel üretim tesisinde gerekli kontrol işlemini gerçekleştirmek için aşağıda belirtilen kumanda elemanları kullanılmıştır.

- 2 adet 1 fazlı asenkron motor (mikseri çalıştırmak için),
- 2 adet 1 fazlı asenkron motor (ürün pompalamak için)
- 2 adet ısıtıcı (reaktör ve yıkama tankı)
- 2 adet termometre (reaktör ve yıkama tankı sıcaklık ölçümünde)
- 2 adet termostat (reaktör ve yıkama tankı sıcaklığını kontrol etmek için)

3.1.4. Motor yağlama yağındaki aşınma elementleri değerleri

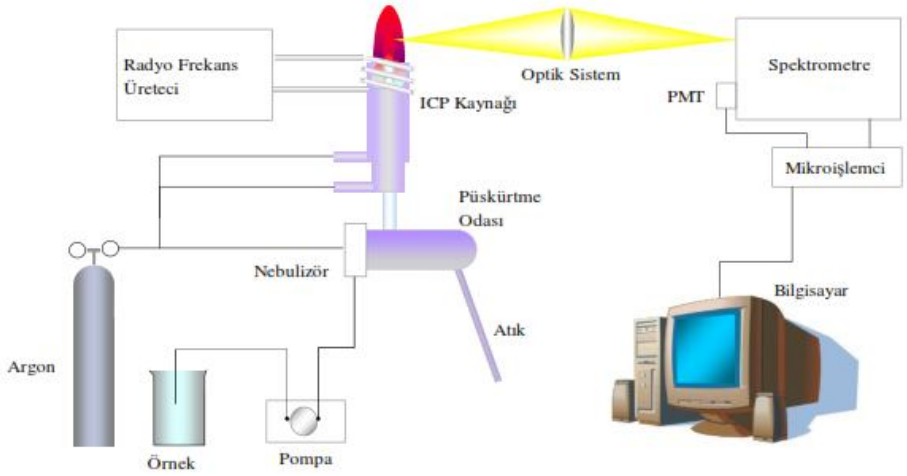
Yağda metal analizi, yağ analiz yöntemlerinin en önemlilerindendir. Yağda metal analizi için kullanılabilecek en verimli ve diğerlerine göre ucuz yöntem ise spektroskopik yöntemlerdir. Spektroskopi, bir örnekteki atom, molekül veya iyonların, bir enerji düzeyinden diğerine geçişleri sırasında absorplanan veya yayılan elektromanyetik ışımanın ölçülmesi ve yorumlanmasıdır. Kuantum kuramına göre atomlar, ancak elektron konfigürasyonuna ve dış elektronlarının belirli enerji düzeyleri arasındaki geçişlerine bağlı belirli potansiyel enerji düzeylerinde bulunabilirler. Elektronların bir enerji düzeyinden diğerine geçişleri ile ilgili atomik spektrumlar belirlenmiştir. Atomlar, elektromanyetik ışımayı absorbe ederek en düşük enerji düzeyinden (temel düzey) uyarılmış düzeylere geçerler. Bu geçişlerle ilgili olarak söz konusu atomun absorbsiyon spektrumları da belirlenmiştir. Elektromanyetik ışımayı absorbe ederek en düşük enerji düzeyinden (temel düzey) uyarılmış düzeylere geçmiş olan atomlar, temel düzeye dönüş sırasında ultraviyole veya görünür bölge sınırları içinde ışıma enerjisi yayarlar (emisyon). Her atom için emisyon spektrumu da belirlenir. Motor yağ analizlerinde kullanılan en etkili ve hassas yöntem ICP yöntemidir.

İndüktif eşleşmiş plazma spektroskopisinin (Inductively Coupled Plasma - ICP) temel prensibi yüksek derişimde katyon ve buna eşdeğer derişimde elektron içeren, elektriksel olarak iletken bir gaz ortamı olan plazmada, atomlar ve iyonların uyarılması ile yaydıkları emisyonun ölçülmesidir (Müjdeci, 2009).



Şekil 3.29. Elementlerin iyonlaşma enerjileri

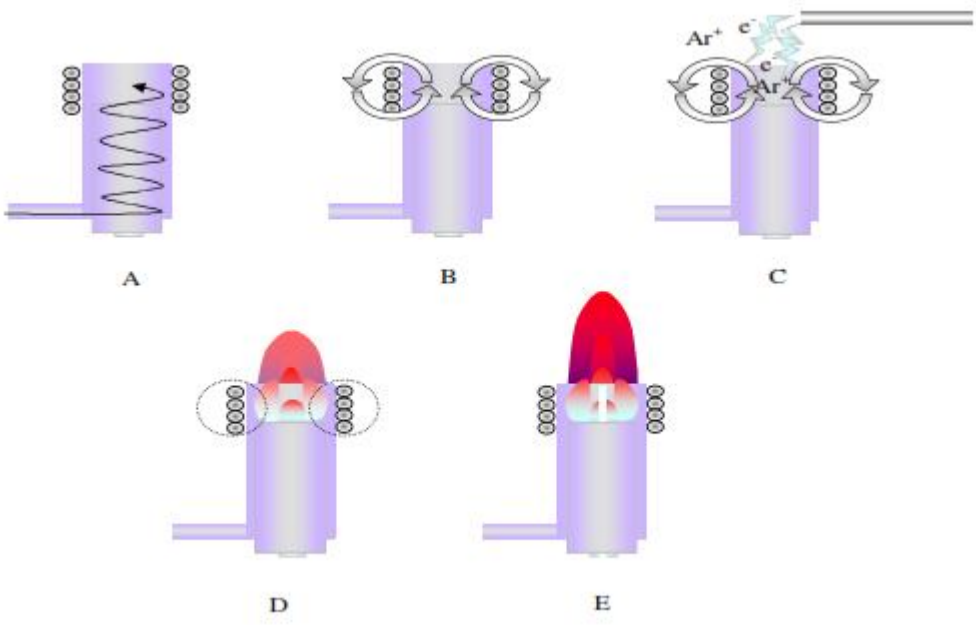
Plazma görüntüsü alev gibi olmakla beraber bir yanma olayı yoktur. ICP kaynağı iyonlaşmış bir argon gazı akışı ile genellikle güçlü bir radyofrekans alanının eşleştirilmesi ile elde edilir. Örnek genellikle sıvı fazda, aeresol şeklinde yüksek sıcaklıktaki plazmaya gönderilir. Şekilde şematik olarak gösterilen ICP cihazında, aerosol tanecikleri plazmada sırasıyla kurur, parçalanır, atomlaşır, iyonlaşır ve oluşan atom ve iyonlar uyarılır. Elementin atomik ve iyonik çizgileri bir spektrometre ve uygun bir bilgisayarla değerlendirilerek analizlenir (Avcı, 2009).



Şekil 3.30. ICP emisyon spektroskopisi cihazının temel bileşenleri

3.1.4.1. ICP kaynağı

İç içe yerleştirilmiş üç kuartz tüpten en içteki, bir sisleştirme odacığı ve nebülizöre bağlıdır. Diğer iki tüpe ise argon gazı gönderilir. İçinden su geçen bakır boru şeklindeki indüksiyon bobini ile kuartz tüpün üst tarafı sarılmıştır. En dış boruya, boru çeperine teğet şekilde gönderilen argon gazı plazmanın korunmasını sağlar, soğutucu görevi görür ve böylece plazmanın kuartz tüpü eritmesini önler. En içteki borudan akan argon ise örneğin plazmaya taşınmasını sağlar. Organik çözücülerle çalışıldığında ortadaki tüpe argon gazı da gönderilebilir. Plazmayı başlatmak için tesla bobini ile argonda ilk iyonlaşma yapılır ve oluşan ilk çekirdek elektronlar güçlü radyofrekans alanda yüksek enerjiye ulaşarak çarptıkları diğer argon atomlarını da iyonlaştırırlar. Elektron derişimi ve enerjisindeki artış sonucu çarpışma ile uyarma gerçekleşir ve bunun sonucu alev benzeri boşalım gözlenir. Aerosol gaz akışı plazmanın merkezine girer ve torroidal bir yapı oluşturur. Örnek çözeltisi sis biçiminde uzun ve dar merkez kanalı boyunca ilerleyip plazma ortamına ulaşır (Avcı, 2009).



Şekil 3.31. ICP'de plazma oluşum aşamaları

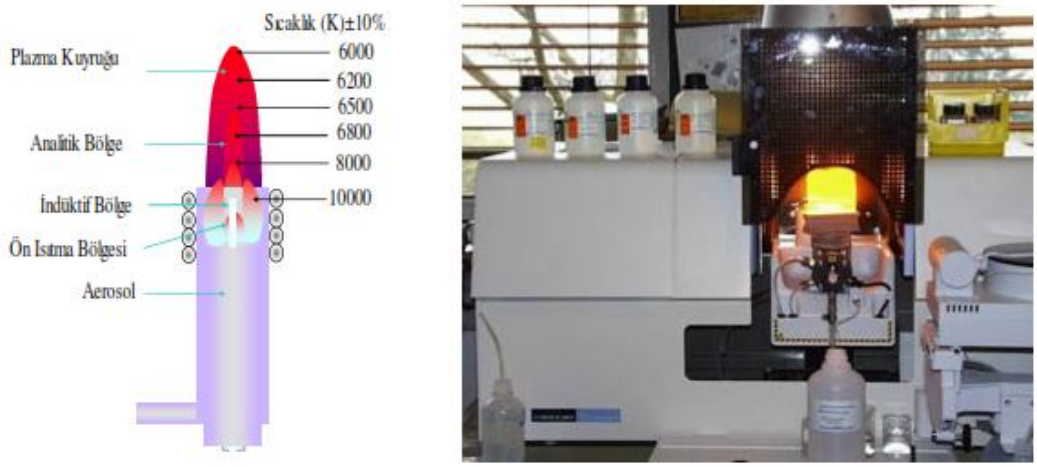
A) Argon gazı verilmesi

B) Radyofrekans uygulanması

C) Kıvılcımla ilk serbest elektronların oluşması,

D) Radyofrekans etkisi ile elektronların artması ve plazma oluşması,

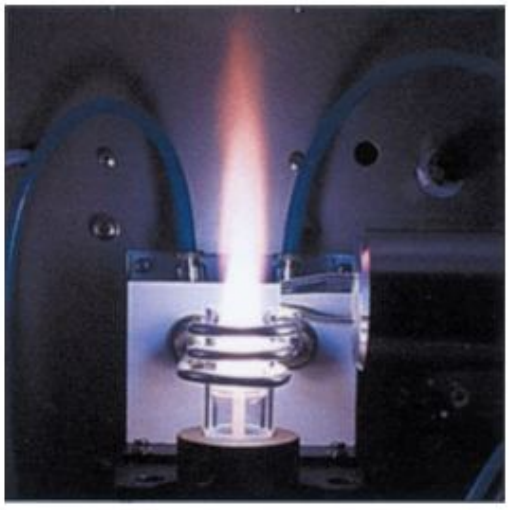
E) Örneğin plazmaya gönderilmesi.



Şekil 3.32. Plazmanın yapısı

3.1.4.2. Spektrometre ve plazma

İki tür spektrometre kullanılır. Sequential ve simultane spektrometreler. Her ikisinde de ICP kaynağından yayımlanan ışınlar bir giriş yarığından geçirilerek optik ağlı monokromatöre düşürülür ve burada ışınlar kırılarak dalga boylarına ayrılır. Sequential aletler her element için optimize edilebildiğinden daha duyarlı ölçümler yapılabilir, ancak elementler sırayla ölçüldüğü için daha yavaştır ve bu nedenle argon gazı tüketimi fazladır. Simultane aletlerde ise optik ağ ve çok sayıda çıkış yarığı belirlenmiş dalga boylarını okumak üzere sabittir. Bu tür simultane aletlerin kuruluş maliyeti daha fazla olmakla beraber çok sayıda elementi aynı anda okuduğu için argon tüketimi ve dolayısıyla işletme maliyeti daha düşüktür. Ancak çok sayıda elementin ölçümü için optimizasyon yapıldığından duyarlık daha düşüktür. ICP emisyon spektrometresinde bir elementin belirtilme başarısını başlıca üç etmen belirler. Bunlar radyofrekans (RF) gücü, taşıyıcı gaz hızı, plazma gözlem bölgesidir. Plazmanın çıplak gözle görünümü şekildeki gibidir (Avcı, 2009).



Şekil 3.33. ICP'de plazmanın görünümü

Yağ içinde bulunan elementler üç sınıfa ayrılırlar.

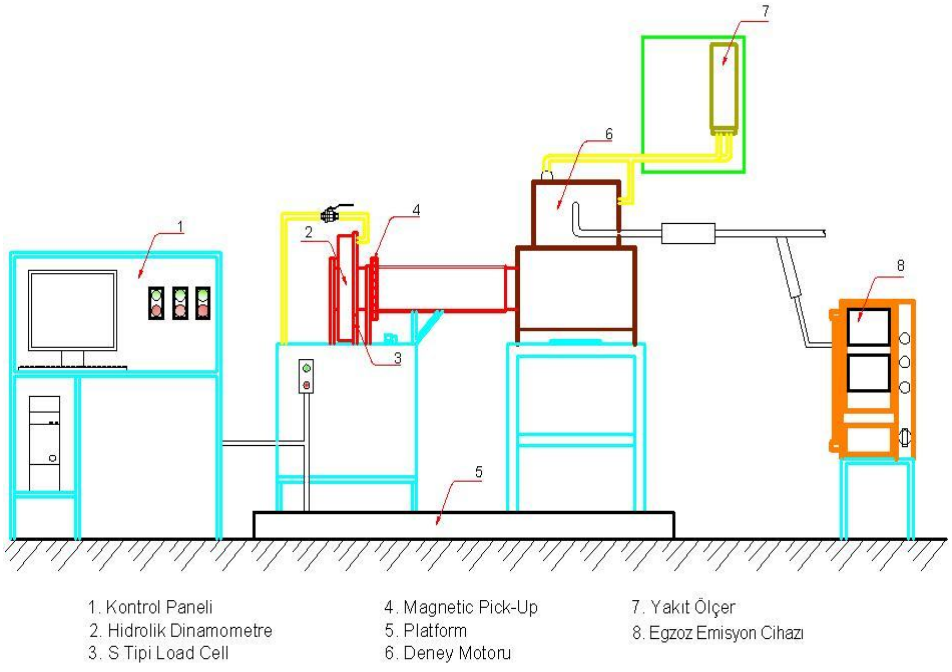
- **Aşınma ürünleri:** Motordan ve motor aksamından kaynaklanan elementler (demir, bakır, alüminyum).
- **Kirleticiler:** Çevresel kaynaklı olanlar (silikon, potasyum, sodyum).
- **Yağ katıkları kaynaklı:** Yağın yapısında bulunan ve çeşitli sebeplerle ortaya çıkanlar (kalsiyum, magnezyum, fosfor, gibi) (Müjdeci, 2009).

3.2. Yöntem

Yapılan araştırma aşağıda belirtildiği gibi on aşamada gerçekleştirilmiştir.

- Aspir tohumunun temin edilmesi,
- Aspir tohumundan aspir yağı elde edilmesi,
- Dizel motorlarda alternatif olarak kullanılacak aspir yağı metil esterinin (AYME) üretilmesi,
- Biyoetanol temini ve hazırlanması,
- M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarının hazırlanması,
- M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarının yakıt özelliklerinin belirlenmesi,
- Motor test ve deney düzeneğinin hazırlanması,
- Motor deneylerinde her yakıt için motorun 100 saat kısmi yük altında çalıştırılarak, motor yağlama yağından belirli periyotlarda numuneler alınması,
- Motor performans deneylerinin ve egzoz emisyon ölçümlerinin yapılması,
- Motor yağlama yağından elde edilen numunelerin içindeki aşınma elementlerinin durumunun tespit edilmesi ile bu numunelerin viskozite, su miktarı, bakır çubuk korozyon ve yoğunluklarının incelenmesi.

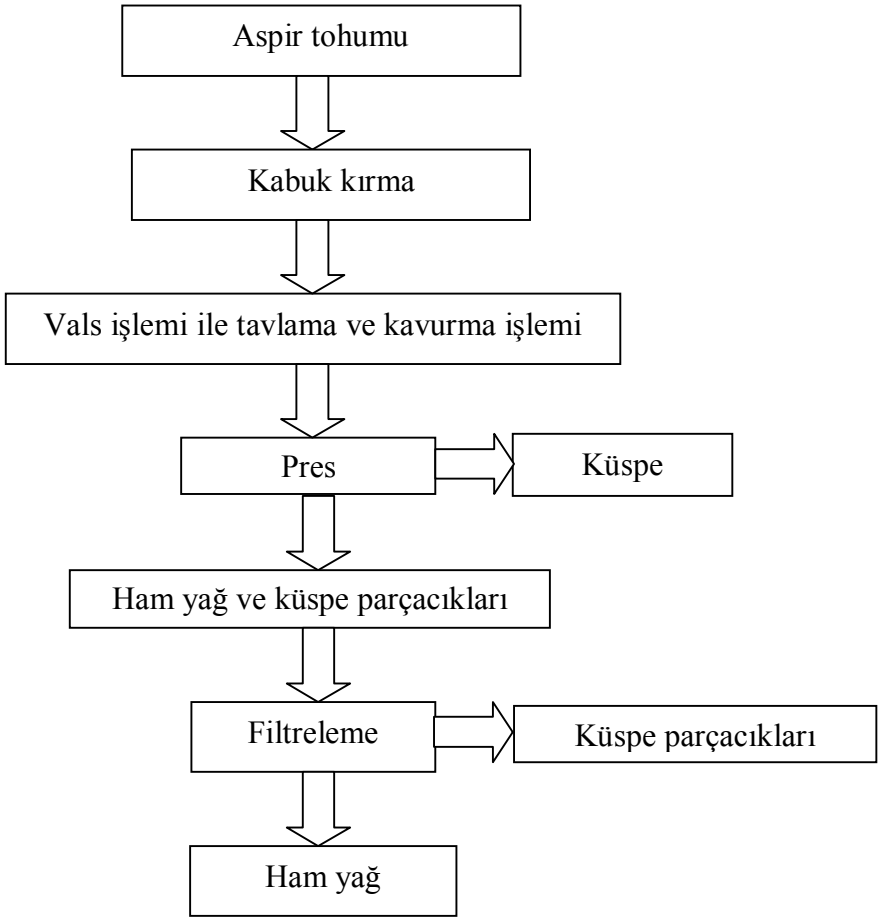
Deney düzeneğin şematik görünümü şekil 3.34'de gösterilmiştir.



Şekil 3.34. Motor test düzeneğinin şematik görünümü

3.2.1. Aspir tohumundan yağ elde edilmesi

Yapılan tez çalışmasında, aspir yağından biyodizel üretmek amacıyla, Konya ili Ilgın ilçesinde bulunan Esen Yağ Fabrikasında yağ çıkartma presi ile aspir tohumundan yağ elde edilmiştir. Yağ çıkarma akış şeması şekil 3.35'de görülmektedir.



Şekil 3.35. Yağ çıkarma akış şeması

3.2.2. Aspir yağı metil esterinin (AYME) üretilmesi

Biyodizel üretiminin çeşitli metotlarla olmakla birlikte, günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntem; bitkisel yağların bir katalizör vasıtasıyla alkolle reaksiyona sokularak yeniden esterleşmesi işlemidir. Bu yöntem viskoziteyi azaltmada hali hazırda en etkili yöntemdir (Öğüt ve Oğuz 2006). Biyodizelin üretilmesi; alkol ve katalizörün karıştırılması, reaksiyon, ayırma, yıkama, kurutma ve depolama olmak üzere 6 aşamadan oluşmaktadır (Eryılmaz, 2009, Türkay, 2005).

Biyodizel pilot üretim tesisinde aspir tohumu ham yağından biyodizel üretmek için yapılan işlemler aşağıda verilmiştir.

- 100 litre aspir yağı pilot tesiste bulunan yağ tankına konulmuştur. Buradan yağ reaktör tankına pompalanmıştır. Reaktörde yağ uygun reaksiyon sıcaklığı (en iyi ester verimi) olan 55ºC'ye kadar ısıtılmıştır. Termostat kontrolü sayesinde reaksiyon boyunca sıcaklığın sabit tutulması sağlanmıştır. Karıştırıcı ile 1 saat karıştırılarak yağ sıcaklığının her yerde homojen olması sağlanmaya çalışılmıştır.
- Kullanılan aspir yağının hacimsel olarak, toplam %20'sine tekabül eden metanol ve 1 litre yağa 3.5 g/litre oranında NaOH katalizör maddesi kullanılmıştır. Reaksiyon iki kademede gerçekleştirilmiştir.
- Birinci reaksiyonda, toplam metanolün %75'i, toplam katalizörün %50'si ile metoksit tankında çözülerek yağ karıştırılırken reaktöre gönderilmiştir.
- Karıştırma işleminde karıştırıcının devir sayısı PLC sisteminden 80 min^{-1}'e ayarlanmıştır. Reaktörde karışım 90 dakika karıştırılmıştır. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı durdurulmuştur. Gliserolün çökmesi için 60 dakika beklenilmiş ve 7 litre gliserol alınmıştır. Daha sonra ikinci aşamaya geçilmiştir.
- İkinci reaksiyonda, toplam metanolün %25'i, toplam katalizörün %50'si metoksit tankında çözülerek metoksit elde edilmiştir. Birinci reaksiyonu gerçekleşen ham biyodizel karıştırıcı çalıştırılarak tekrar 55ºC'ye ısıtılmış, üzerine metoksit gönderilmiş ve 60 dakika reaksiyona tabi tutulmuştur. Sonra karıştırıcı ve ısıtıcı kapatılmıştır. Tekrar gliserol almak için 2 saat dinlendirilmiş ve 3 litre gliserol alınmıştır.
- Reaktör içerisindeki ham biyodizel dinlendirme/yıkama tankına gönderilmiş, burada hem kalan gliserolün çökelmesi hem de ham biyodizelin soğuması için 15 saat beklenmiş ve 15 saat sonunda 2.5 litre daha gliserol alınmıştır.
- Bu arada üstteki biyodizelin pH değerine bakılmış, reaksiyon bazik karakterli olduğu için nötrleşinceye kadar saf su kullanılarak, mistleme yöntemi ile yıkamaya tabi tutulmuştur. Yıkamanın amacı, biyodizel içerisinde reaksiyona girmeyen alkol, kalan yağ asitleri, katalizör madde ve ayrıştırma esnasında bünyede kalma ihtimali olan gliserolün uzaklaştırılmasıdır. Yıkama sırasında biyodizel sıcaklığı 23ºC ve yıkamada kullanılan saf suyun sıcaklığı da 23ºC

olmak üzere, toplam 25 litre saf su kullanılarak yıkama işlemi gerçekleştirilmiştir. Yıkama işleminden sonra suyun çökelmesi için 12 saat beklenmiştir. Çöken su, atık su tankına gönderilmiştir.

- Dinlendirme/yıkama tankının ısıtıcısı çalıştırılmış, suyun kaynama noktası olan 100ºC'ye kadar biyodizel ısıtılmıştır. Biyodizel ısıtılırken içinde buharlaşan su dinlendirme/yıkama tankına bağlı olan vakum pompası yardımıyla su buharı dışarı tahliye edilmiştir. Biyodizel için 100ºC de 2 saat kurutma işlemi yapılmıştır. Daha sonra aspir yağı biyodizeli, biyodizel tankına bağlı olan yakıt filtresinden geçirilerek gönderilmiştir. Böylece aspir tohumu yağından biyodizel üretimi gerçekleştirilmiştir (Eryılmaz, 2009).

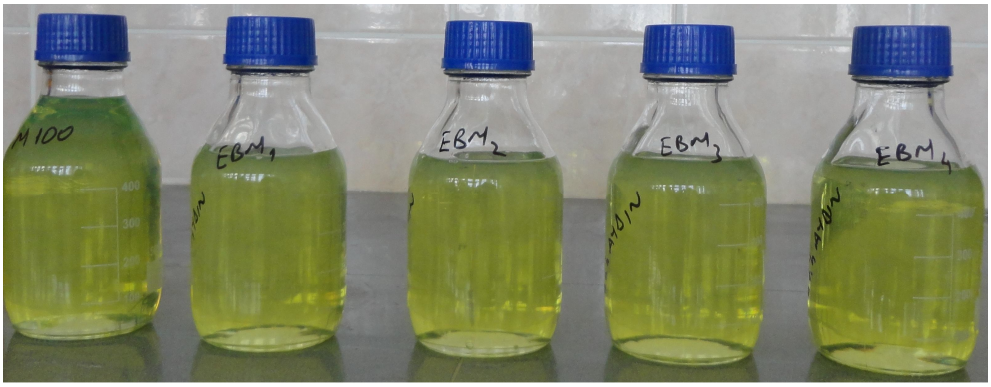
3.2.3. Yakıt numunelerinin hazırlanması

Numuneler hacimsel olarak hazırlanmıştır. Laboratuar tipi karıştırıcı ile 1500 min^{-1}'da, sonra homojenizatör ile 24000 min^{-1}'da 7.5'er dakika olmak üzere toplam 15 dakika da karışım homojen hale getirilmeye çalışılmıştır. Karışımlar sonucunda ayrışma görülmemiştir. Motorin, aspir biyodizeli ve biyoetanolden oluşan karışımlar 5 değişik yakıt oluşturulmuştur. %100 motorine M_{100}, motorine hacimsel olarak %2.5 biyoetanol ve %2.5 aspir biyodizeli katılmasıyla oluşturulan yakıta $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, motorine hacimsel olarak %5 biyoetanol ve %5 aspir biyodizeli katılmasıyla oluşturulan yakıta $E_5B_5M_{90}$, motorine hacimsel olarak %5 biyoetanol ve %2.5 aspir biyodizeli katılmasıyla oluşturulan yakıta $E_5B_{2.5}M_{92.5}$, motorine hacimsel olarak %2.5 biyoetanol ve %5 aspir biyodizeli katılmasıyla oluşturulan yakıta $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ denilmiştir. Oluşturulan yakıtların karışım oranları ve adları çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Yakıtların adları ve hacimsel olarak oluşturulma yüzdeleri

Yakıt	Motorin	Biyoetanol	Biyodizel
M_{100}	100	0	0
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$	95	2.5	2.5
$E_5B_5M_{90}$	90	5	5
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$	92.5	5	2.5
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$	92.5	2.5	5

Şekil 3.36'de hazırlanmış yakıt numuneleri görülmektedir.



Şekil 3.36. Yakıt numuneleri

3.2.4. Yakıt özelliklerinin belirlenmesi

Setan sayısı analizi, Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Otomotiv Mühendisliği Bölümü yakıt analiz laboratuarında, diğer analizler ise Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuarında yapılmıştır. Üretilen biyodizelin TS EN 14214, karışımların TS 3082 EN 590 ve renk ASTM standartlarına uygun olup olmadığı bu standartlarda verilen testlerin yapılması ile anlaşılarak, yakıtların kalitesi belirlenebilmektedir. Analiz sonuçları çizelge 3.5'de görülmektedir. Çizelge deki standart değerler motorin için TS EN 590 ve biyodizel için TS EN 14214' e aittir.

3.2.5. Motor performans deneyleri

Motor performans deneyleri TS 1231 standartına göre, M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtları ile yapılmış ve deneyler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak hesaplamalar elde edilmiştir.

Motor performans deneyine başlamadan önce motor katalog değerleri referans alınarak bazı kontroller yapılmıştır. Bunlar:

- Yağ ve su kaçağı kontrolü,
- Yağ seviyesi kontrolü,
- Yakıt pompası kontrolü,
- Enjektör ayarı ve kontrolü,

- Yağ filtresi kontrolü,
- Kayış gerginlik kontrolü,
- Marş motoru kontrolü'dür.

Ayrıca motorun kendi yakıt deposuna bağlı olan hortumlar yakıt ölçer sistemi ile değiştirilmiştir. Deneyler sırasında alınan veriler motor çalışma sıcaklığına (85–90 ºC) ulaştıktan sonra kaydedilmiştir ve deneyler süresince bu sıcaklıkta tutulmuştur. Her bir deney 5 defa tekrarlanmış ve aritmetik ortalamaları değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 3.5. Yakıtların analiz sonuçları

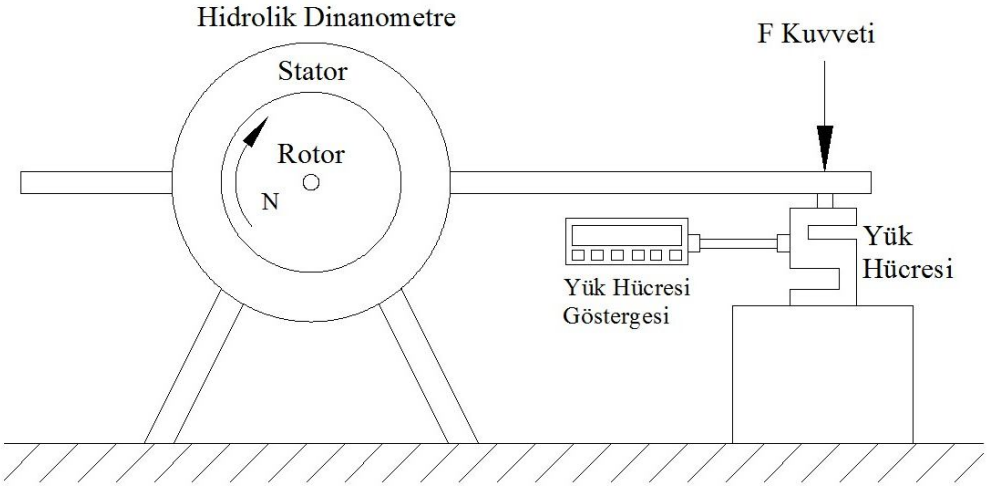
Özellik	Birimi	Aspir Yağı	Aspir Yağı Biyodizel	M_{100}	$E_{2.5}B_{2.5}$ M_{95}	E_5B_5 M_{90}	$E_5B_{2.5}$ $M_{92.5}$	$E_{2.5}B_5$ $M_{92.5}$	Biyo etanol	Standart	
										Motorin	Biyo dizel
Yoğunluk (15^0C)	g/cm^3	0,92	0,88	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,79	0.82-0.84	0.86-0.90
Kinematik Viskozite (40^0C)	mm^2/s	31,23	4,32	3,35	2,69	2,63	2,56	2,66	1,27	2- 4.5	3.5-5
Parlama Noktası	^{0}C	170	121	60	——	——	——	——	——	55	101
Su İçeriği	ppm	20,18	393	33,51	78,84	75,42	89,67	83,63	372,8	200	500
PH	——	4,8	5	5	5	5	5	5	5	——	——
Renk Tayini	ASTM	2,3	1,4	1,2	1,2	1,2	1,2	1,2	<0,5	——	——
Kalori Değeri	kJ/kg	5897	40801	47628	47389	46239	47504	46718	29594	——	——
Bulutlanma Noktası	^{0}C	-1	-2	-9	-8,1	-6,4	-6	-6,2	——	——	——
Akma Noktası	^{0}C	-15	-7,5	-20	-12,3	-11,2	-11,1	-10,5	——	——	——
Donma Noktası	^{0}C	<-20	-13,4	<-20	<-20	<-20	<-20	<-20	<-20	——	——
SFTN	^{0}C	——_	-6	-19	-18	-18	-17	-18	<-50	- 20	-15
Bakır Çubuk Korozyon	——	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	1a	No:1	No:1
İyot Sayısı	giyot/ 100g	117,9	117,9	——	——	——	——	——	——	——	——
Setan Sayısı	——	45,27	41,92	54,84	57,28	56,26	55,99	57,50	——	51	——

Motor performans deneyleri sonucunda çıkan değerler motor momenti, efektif motor gücü ile özgül yakıt tüketimi aşağıda verilen formüllerle hesaplanmış ve emisyon testlerinde ise karbon monoksit (CO), karbondioksit (CO_2), hidrokarbon (HC), oksijen (O_2), kükürt dioksit (SO_2) ve azot oksit (NO_x) değerleri ölçülmüştür.

3.2.5.1. Motor momenti

Döndürme momenti bir motorun iş yapabilme yeteneğini göstermektedir. Mekanik, hidrolik ve elektromanyetik dinamometreler vasıtası ile döndürme momenti ölçülebilmektedir (Gilles, 2011).

Bu çalışmada, motor çıkış mili ile hidrolik dinamometrenin rotor flanşı arasına kardan mili monte edilerek, motorun dinamometre irtibatı sağlanmıştır. Şekil 3.37'de motor momentinin ölçülmesinde kullanılan sistemin çalışma prensibi gösterilmektedir.



Şekil 3.37. Test düzeneğinde döndürme momentinin ölçülmesi (Reşitoğlu, 2010)

Motorun verdiği döndürme momenti (M_d) önce rotora tesir etmekte, daha sonra rotor ile stator arasındaki bulunan sıvı aracılığıyla stator dönmeye çalışmaktadır. Stator üzerinde bulunan kol yük hücresine baskı yaparak, bir devirde 2πr yolu boyunca kuvvet uygulamaktadır. Bu kuvvetin oluşturduğu moment motorun döndürme momenti olarak ifade edilmektedir (Reşitoğlu, 2010). Statoru döndürmeye çalışan F kuvvetinin oluşturduğu moment aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$M_d = F.\ L$ (3.1)

M_d: Motor döndürme momenti (Nm)

F: Hidrolik güç freninin moment kolu üzerinden teraziye uyguladığı kuvvet (N)

L: Hidrolik frenin moment kolu uzunluğu (m)

3.2.5.2. Efektif motor gücü

Motorun yanma odasında birim zamanda elde edilen iş indike güçtür. İndike gücün bir kısmı egzoz gazlarını dışarı atmak ve taze havayı emmek için kullanılmaktadır. Bir kısmı yataklar, piston segmanları gibi mekanik elemanların sürtünmelerini yenmek, diğer bir kısmı ise döner elemanlar için harcanmaktadır (Atkins, 2009). Aşağıdaki formülde verilen efektif güç bir motordan elde edilen yararlı gücün göstergesidir. Efektif güç (Pe), döndürme momenti (M_d) ve açısal hızın (ω) çarpımı sonucu elde edilir.

$$P_e = \omega . M_d \tag{3.2}$$

Motor devri (n) dev/dak cinsinden olduğundan açısal hız,

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30} \quad (1/\text{sn}) \tag{3.3}$$

Açısal hızı, denklem 3.2'de yerine koyup birimi kW cinsine dönüştürsek,

$$P_e = \frac{\pi n}{30} M_d . 10^{-3} \tag{3.4}$$

$$P_e = \frac{n . M_d}{9549{,}58} \ (\text{kW}) \tag{3.5}$$

elde edilir (Aydoğan, 2011).

3.2.5.3. Özgül yakıt tüketimi

Özgül yakıt tüketimi, herhangi bir güçteki çalışma sırasında, saatte tüketilen yakıt miktarının üretilen güce oranıdır.

$$b_e = \frac{B \times 1000}{N_e} \tag{3.6}$$

b_e: Özgül yakıt tüketimi (gr/kWh)

B: Ölçülen saatlik yakıt tüketimi (kg/h)

N_e: Efektif motor gücü(kW)

Bir motorun en avantajlı çalışma durumları; maksimum güç (P_{emax}), maksimum tork (M_{emax}) ve en az özgül yakıt tüketimi (b_{emin})'i sağladığı durumlardır. Bu çalışma durumları, motorun kullanım amacı ve yaptığı işin özellikleri tarafından belirlenir (Özçelik, 2011).

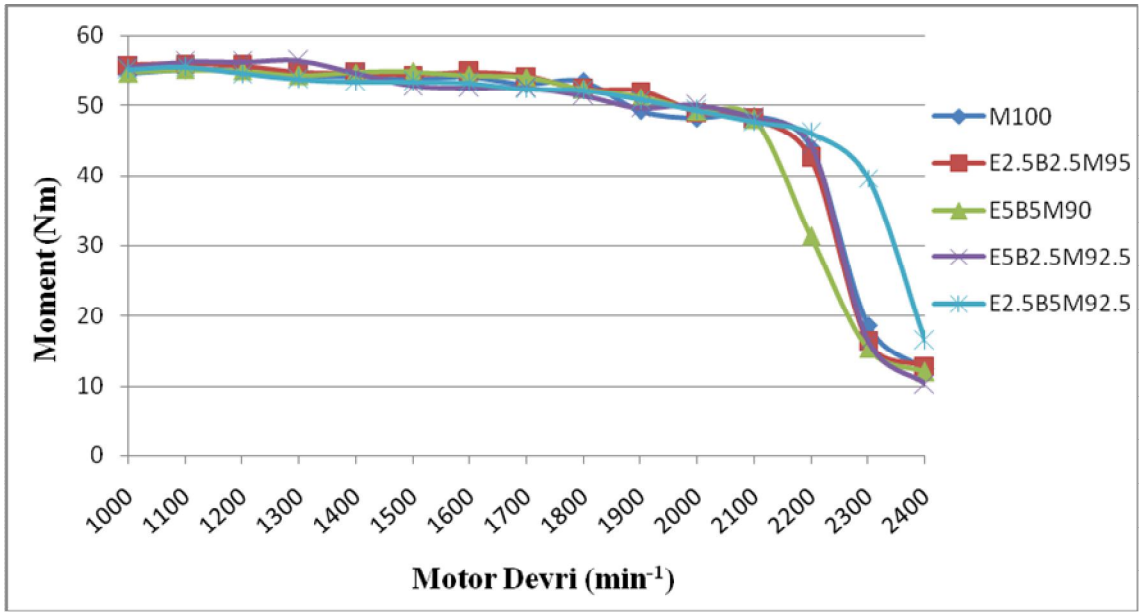
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI

4.1. Performans Deneyleri Sonuçları

4.1.1. Motor momenti değerlerinin karşılaştırılması

Motorin - biyodizel - biyoetanol yakıtı karışımlarının kullanımında tam yük durumunda, farklı motor devirlerinde yapılan deneylerde, motor devrine bağlı olarak elde edilen motor momenti değerlerinin değişimleri şekil 4.1'de görülmektedir.

Maksimum motor torku 1100 min^{-1}'da $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıtında 56.2 Nm olarak ölçülmüştür. M_{100} yakıtı ile karşılaştırıldığında diğer karışım türlerinde kayda değer bir değişim olmamıştır. Bununla birlikte motorun tüm devirlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

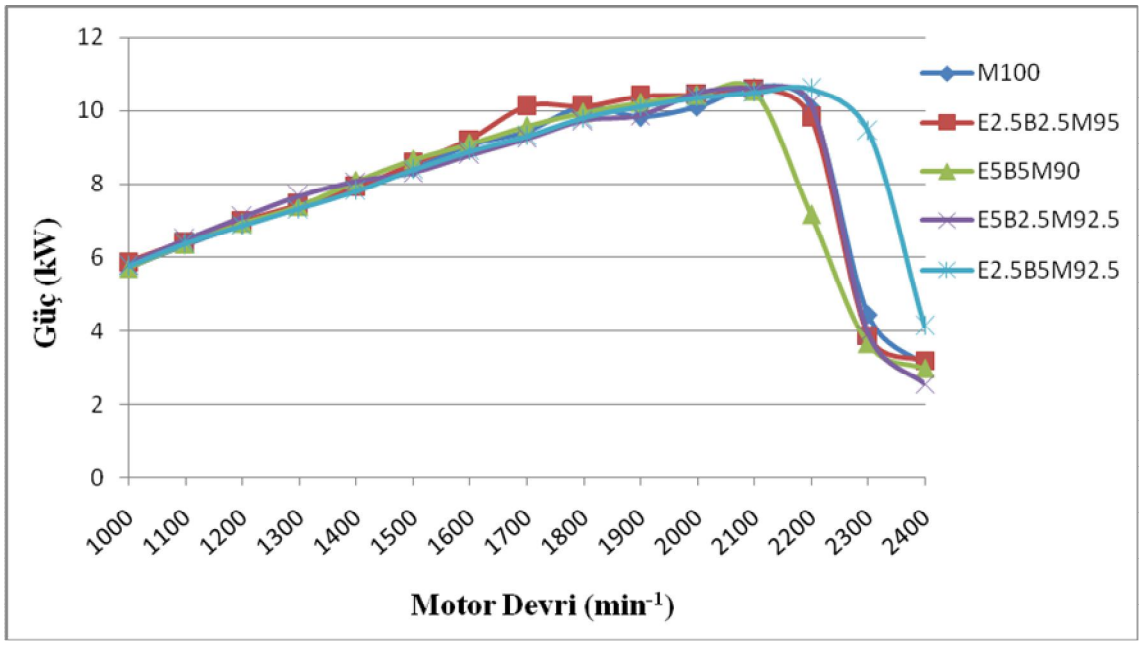


Şekil 4.1. Yakıtların motor devrine bağlı olarak moment değerleri

4.1.2. Efektif güç değerlerinin karşılaştırılması

Motorin - biyodizel - biyoetanol yakıtı karışımlarının kullanımında tam yük durumunda, farklı motor devirlerinde yapılan deneylerde, motor devrine bağlı olarak elde edilen efektif güç değerlerinin değişimleri şekil 4.2'de görülmektedir.

Maksimum motor gücü 2100 min^{-1}'da M_{100} yakıtında 10.64 kW olarak ölçülmüştür. M_{100} yakıtı ile karşılaştırıldığında sırasıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, motor momentinde de olduğu gibi kayda değer bir değişim görülmemektedir. Bununla birlikte motorun tüm devirlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.



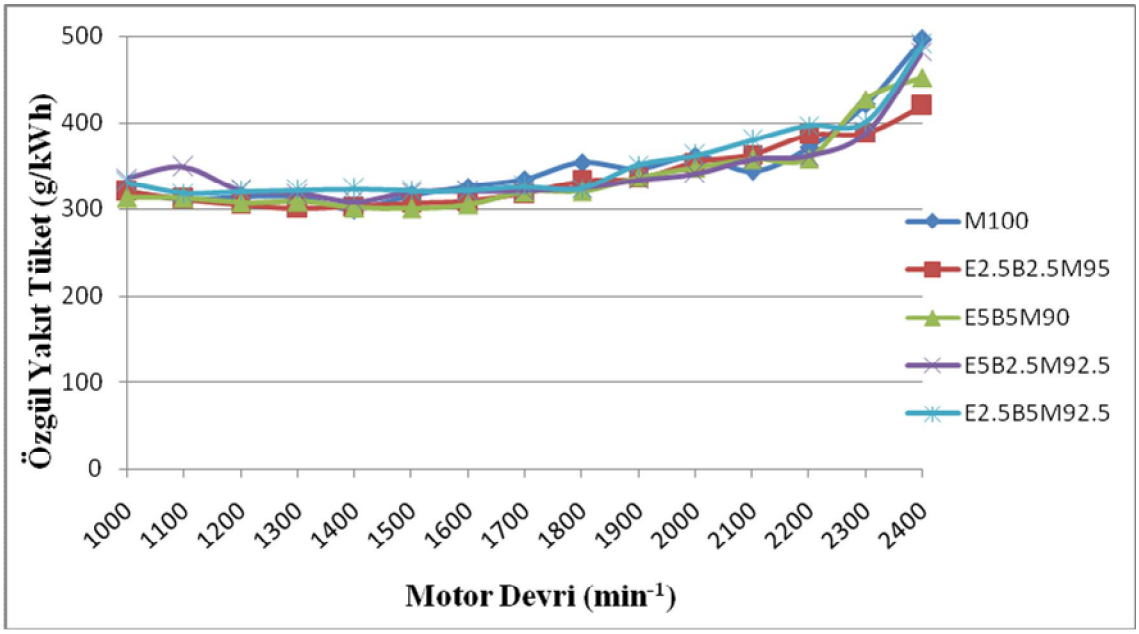
Şekil 4.2. Yakıtların motor devrine bağlı olarak efektif güç değerleri

4.1.3. Özgül yakıt tüketimi değerlerinin karşılaştırılması

Motorin - biyodizel - biyoetanol yakıtı karışımlarının kullanımında tam yük durumunda, farklı motor devirlerinde yapılan deneylerde, motor devrine bağlı olarak elde edilen özgül yakıt tüketimi değerlerinin değişimleri şekil 4.3'de görülmektedir.

Minimum özgül yakıt tüketimi 1400 min^{-1}'da M_{100} yakıtında 299.76 g/kWh olarak ölçülmüştür. M100 yakıtı ile karşılaştırıldığında sırasıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında %1.14, %0.66, %2.87 ve %7.74 artış görülmektedir. Bununla birlikte motorun tüm devirlerinde de benzer sonuçlar elde edilmiştir.

Karışım yakıtların özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına nazaran daha yüksek olmasının temel nedeni, çizelge 3.5 'de de görüldüğü gibi M_{100} yakıtına göre aspir biyodizelinin, biyoetanolün ve karışımların ısıl değerlerinin düşük olmasıdır.



Şekil 4.3. Yakıtların motor devrine bağlı olarak özgül yakıt tüketimi değerleri

Motor deneyleri sonucunda motor momenti, efektif güç ve özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde elde edilen sonuçlar, Ejder (2007), Alakel (2008), Baydan (2008), Kim ve Choi (2010), Özdemir (2011) ve Nematizade ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmalardaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

4.2. Emisyon Değerleri Sonuçları

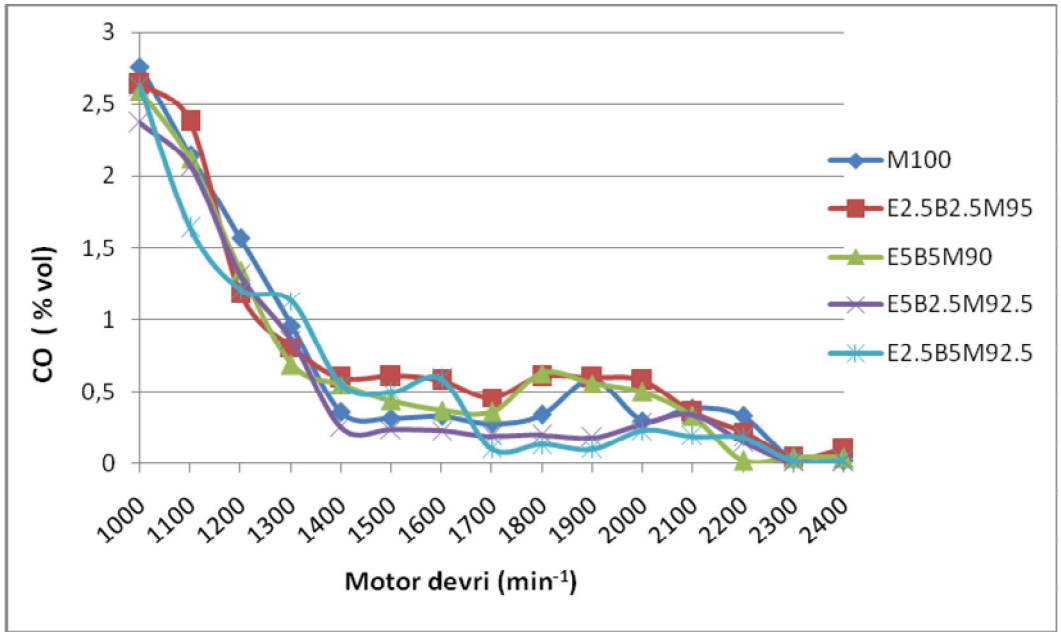
Egzoz emisyonları karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), hidrokarbon (HC), oksijen (O_2), kükürtdioksit (SO_2) ve azotoksit(NO_x) olmak üzere altı başlıkta incelenmiştir.

4.2.1. Karbon monoksit (CO) emisyonu değerleri

Dizel motorları genellikle fakir karışım oranlarında çalışmaktadır. Bu da silindir içerisindeki karışım oranın fakir olmasına ve karbon monoksit (CO) emisyonlarının düşük olmasına neden olmaktadır. CO emisyonları yakıt içerisindeki karbonun kısmi yanması sonucu oluşan renksiz kokusuz ve zehirli bir gazdır. CO oluşumu karbon ve hidrojen ihtiva eden yakıtların oksijenle oksidasyonundan kaynaklanır. Çıkan ürünlerin parçalanması ile CO oluşmaktadır. CO emisyonlarının oluşumunu etkileyen en önemli faktör HFK' dır (Küleri 2011).

Yapılan çalışmalarda biyodizel yakıtlar ile motorin yakıtına göre daha düşük CO emisyonları ölçülmüştür. Azalmanın en önemli nedenleri biyodizel yakıtların moleküler yapılarında oksijen bulunması ve motorda kullanım esnasında hava fazlalık katsayılarının motorin yakıtına göre daha yüksek olmasıdır. Bu iki faktör yanma esnasında CO emisyonlarının oksitlenerek CO_2 dönüşümünde etkili olmuştur.

Şekil 4.4'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki CO değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı CO emisyon değerine göre sırasıyla %10.69 artış, %1.39, %3.72 ve %23.72 azalış görülmektedir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı CO emisyon değerine göre sırasıyla %7.69, %15.38, %12.82 ve %51.28 azalma meydana gelmiştir.



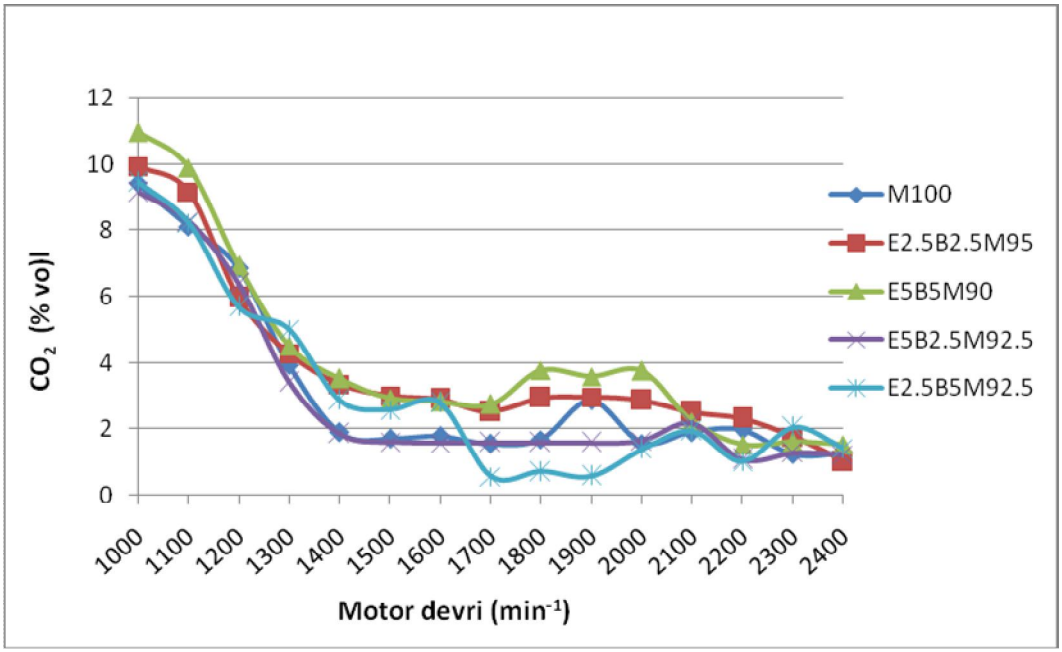
Şekil 4.4. Yakıtların motor devrine bağlı olarak CO emisyonu değerleri

4.2.2. Karbondioksit (CO_2) emisyonlarının değerleri

Renksiz ve yanmayan bir gaz olan CO_2 karbon içerikli yakıtların tam olarak yanmasıyla ortaya çıkar. Bu nedenle CO_2 egzoz emisyonları için önemli bir parametredir (Köse 2012).

Şekil 4.5'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki CO_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı CO_2 emisyon değerine göre sırasıyla %12.80, %21.92, %1.84 ve %1.35 artış görülmektedir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı CO_2 emisyon değerine göre sırasıyla %31.41, %16.75, %13.61 ve %1.04 artış meydana gelmiştir.

Sonuçlara göre motorin yakıtının CO_2 emisyonu değerleri genel olarak karışım yakıtlarının değerlerine göre daha düşük çıkmaktadır. Karışımların CO_2 emisyonunun yüksek çıkma sebebi, biyodizel ve biyoetanol yakıtında oksijen bulunması ve hava fazlalık katsayılarının motorine göre yüksek olmasıdır.



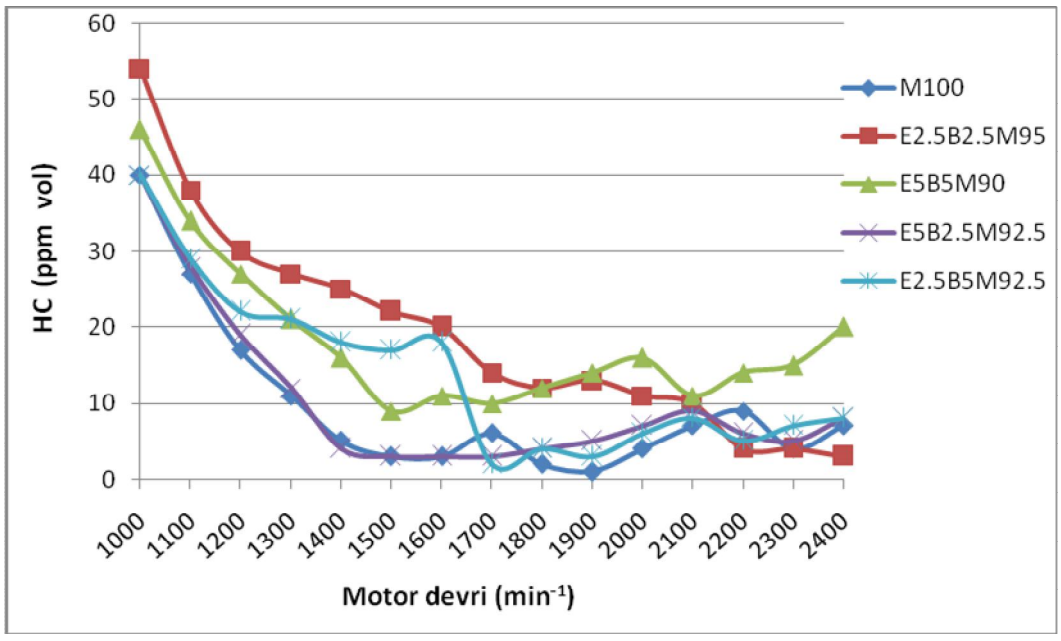
Şekil 4.5. Yakıtların motor devrine bağlı olarak CO_2 emisyonu değerleri

4.2.3. Hidrokarbon (HC) emisyonlarının değerleri

Egzoz gazları içerisindeki hidrokarbon bulunması yakıtın tam olarak yakılmadığını gösterir. Hidrokarbon oluşumunun ana nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK 1' den küçük–zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır (Ergeneman ve ark., 1998).

Şekil 4.6'da motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki HC değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı HC emisyon değerine göre sırasıyla %40.74, %25.92, %3.70 ve %7.40 artış görülmektedir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı HC emisyon değerine göre sırasıyla %42.85, %57.14, %28.57 ve %14.88 artış meydana gelmiştir.

Motor devrinin düşük olduğu yerlerde yakıtın tutuşma sıcaklığının düşük olmasından dolayı HC emisyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca çok fakir karışımlarda da yanma kötüleştiği için veya eksik yanma sonucu yanmamış HC emisyonları hızlı bir şekilde artmaktadır.



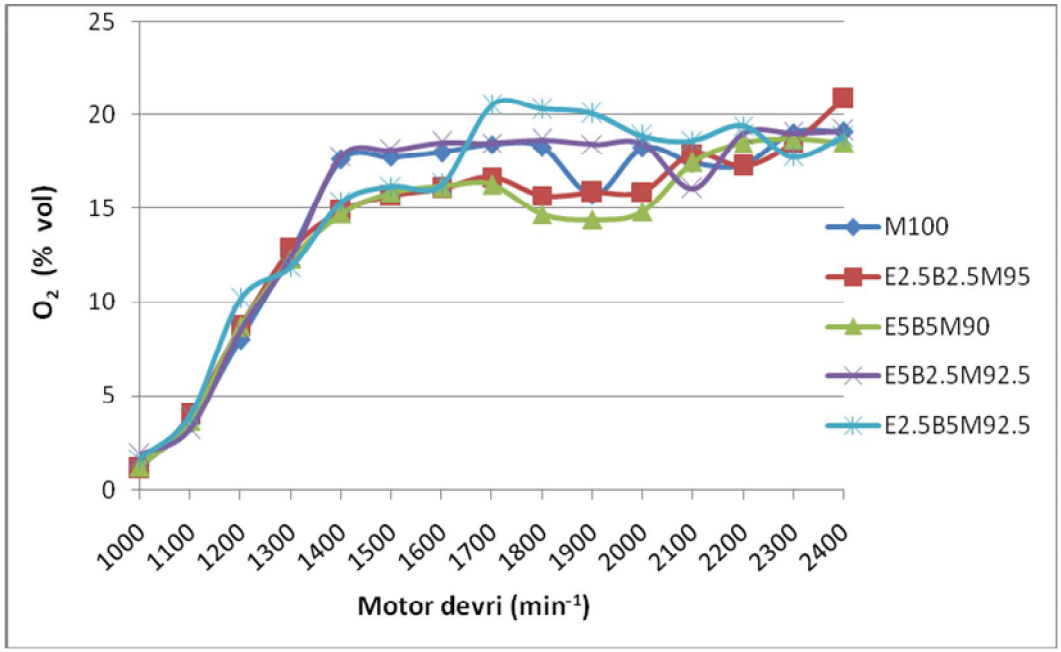
Şekil 4.6. Yakıtların motor devrine bağlı olarak HC emisyonu değerleri

4.2.4. Oksijen (O_2) emisyonlarının değerleri

Oksijen miktarı içten yanmalı motorlarda yanmanın gerçekleştirilmesi için önemli bir parametredir. Oksijen miktarının fazla olması hava yakıt oranını da önemli ölçüde etkilemektedir (Köse 2012).

Şekil 4.7'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki O_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı O_2 emisyon değerine göre sırasıyla %10.89, %2.79 ve %10.61 artış sağlanmış, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %9.49 azalma meydana gelmiştir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı O_2 emisyon değerine göre sırasıyla %2.86, %0.05 ve %6.76 artış sağlanmış, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %7.85 azalış meydana gelmiştir.

Bunun sebebi biyoetanol'ün yoğunluk değerinin düşük olmasıdır. Çizelge 3.5 'de de görüldüğü gibi M_{100} yakıtına göre $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında yoğunluk değerinin düşük olması sebebiyle, yanma odasında daha fazla yer kaplamasından ve giren hava miktarının azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.



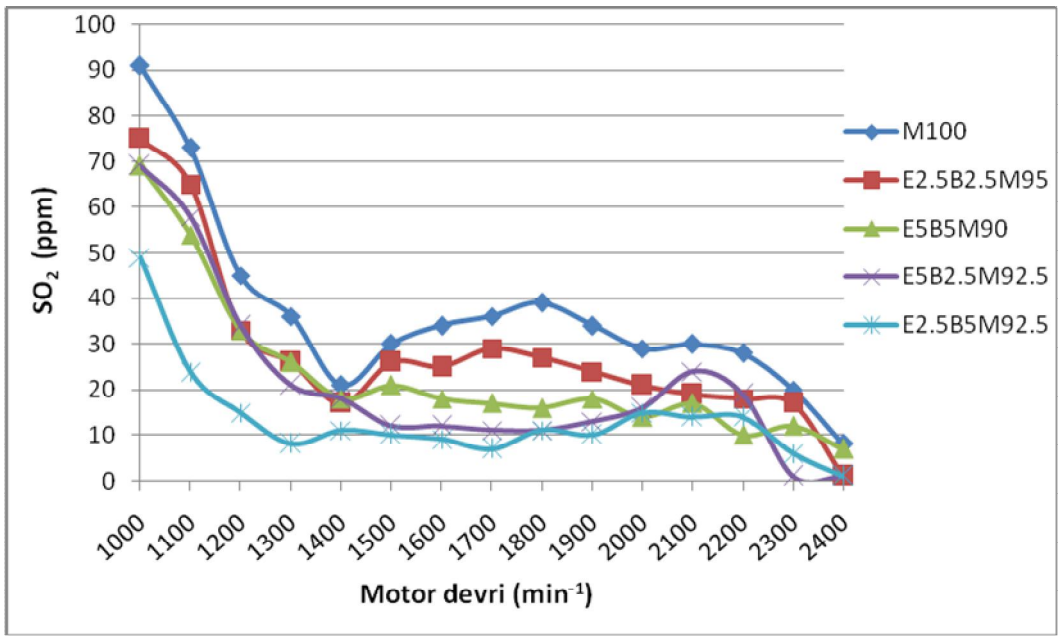
Şekil 4.7. Yakıtların motor devrine bağlı olarak O_2 emisyonu değerleri

4.2.5. Kükürtdioksit (SO_2) emisyonlarının değerleri

Türkiye'deki enerji kökenli emisyonlar açısından en önemli parametrelerden biri de SO_2'dir. Türkiye'de türetilmiş bazı emisyon faktörleri baz alınarak, yabancı emisyon faktörlerinin de desteği ile hesaplanan SO_2 emisyon değerleri büyük boyutlardadır ve

sürekli artmaktadır. Kükürt dioksit ve ince partiküllere uzun süreli maruziyet, solunum hastalıklarına, akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere ve mevcut kalp hastalıklarının kötüleşmesine sebep olabilir. Bu etkilere karşı en hassas grup, çocuklar, yaşlılar ve kronik akciğer hastalığı veya kalp hastalığı olan kişilerdir (Özçelik, 2011).

Şekil 4.8'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki SO_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı SO_2 emisyon değerine göre sırasıyla %10.95, %26.02, %20.54 ve %67.12 azalış görülmektedir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı SO_2 emisyon değerine göre sırasıyla %36.66, %43.33, %20 ve %53.33 azalış meydana gelmiştir. Motorin içinde bulunan kükürt miktarından dolayı en yüksek SO_2 değeri M_{100} yakıtında görülmektedir.



Şekil 4.8. Yakıtların motor devrine bağlı olarak SO_2 emisyonu değerleri

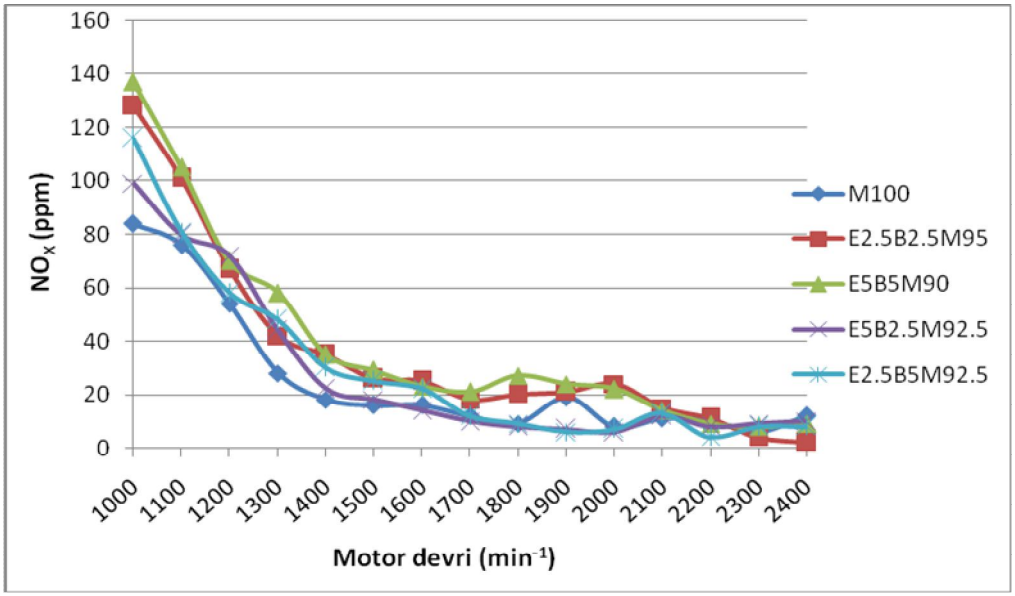
4.2.6. Azotoksit (NO_x) emisyonlarının değerleri

Normal şartlar altında havanın içinde azot (N_2) yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana

gelmektedir. Azot içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO' nun bir kısmı NO_2 ve öteki NO_x lere dönüşmektedir (Candan, 2012).

Motorda yakıtın yanması sonucu meydana gelen yüksek ısı, havanın içerisindeki azotun oksijen ile birleşerek azot oksitler meydana getirmektedir. Ayrıca çabuk tutuşan yakıtlarda yanma süresi uzadığı için NO_x lerde artış meydana gelmektedir (Reşitoğlu, 2010).

Şekil 4.9'da motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki NO_x değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi verilmiştir. Grafik incelendiğinde 1100 min^{-1} maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı NO_x emisyon değerine göre sırasıyla %32.89, %38.15, %5.26 ve %6.57 artış görülmektedir. 2100 min^{-1} deki maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, M_{100} yakıtı NO_x emisyon değerine göre sırasıyla %36.36, %27.27, %9.09 ve %18.18 artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi, karışımların yapısında bulunan oksijen ve oksijence zengin dolgu havasının emisyon miktarını artırmasıdır.



Şekil 4.9. Yakıtların motor devrine bağlı olarak NO_x emisyonu değerleri

Motor deneyleri sonucunda elde edilen egzoz emisyonları karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), hidrokarbon (HC), oksijen (O_2), kükürtdioksit (SO_2) ve azotoksit (NO_x) değerleri incelendiğinde elde edilen sonuçlar, Kwanchareon ve ark. (2007), Kim

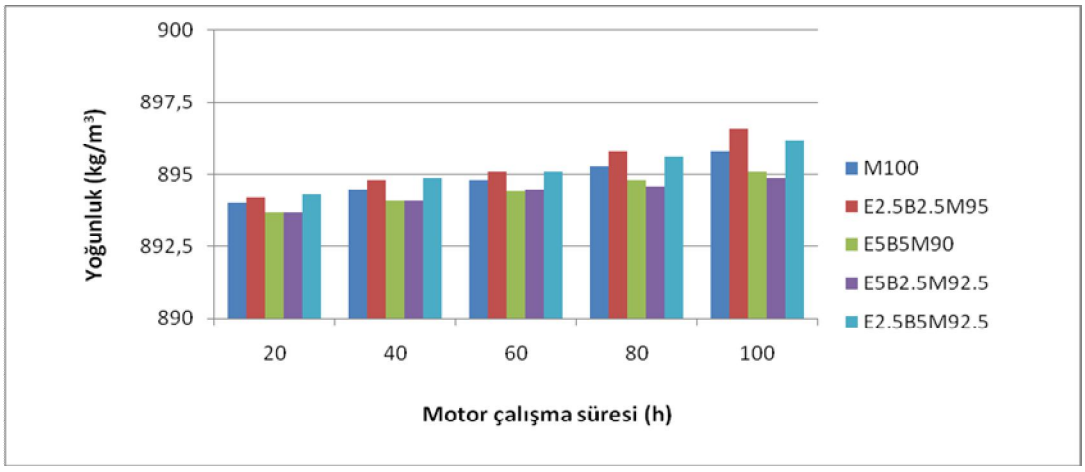
ve Choi (2010), Özdemir (2011), Guido ve ark. (2013) ve Nematizade ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmalardaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca araştırma bulguları Aydın (2010), Reşitoğlu (2010) ve Özçelik (2011)'in biyodizel-motorin karışımları ile ilgili çalışmalarıyla ve Aydoğan (2011)'inde etanol-dizel karışımı ile ilgili çalışmasıyla da benzerlik göstermektedir.

4.3. Motor Yağlama Yağının Analiz Sonuçları

Motor yağlama yağından numune alım işlemi, motor rejim sıcaklığına ulaştıktan sonra stop edilerek belirli periyotlarda gerçekleştirilmiştir. Numuneler serin, kuru ve ışık almayan bir ortamda muhafaza edilmek üzere dış ortamdan etkilenmemeleri için özel vidalı kapaklı numune kaplarına konulmuştur. Daha sonra analizleri yapılmıştır.

4.3.1. Motor yağlama yağının yoğunluk değerleri

Şekil 4.10'da motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının yoğunluk değerleri görülmektedir. ASTM 4052'ye göre yapılan yoğunluk test değerleri incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça yoğunluğun da arttığı görülmektedir. Grafik incelendiğinde Motorin yakıtında motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar %0.2 oranında yükseldiğini, bu durumun $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %0.26, %0.15, %0.13 ve %0.21 artış şeklinde olduğu görülmüştür. Ayrıca $E_5B_5M_{90}$ ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımları artışı motorin yakıtına göre daha azdır.

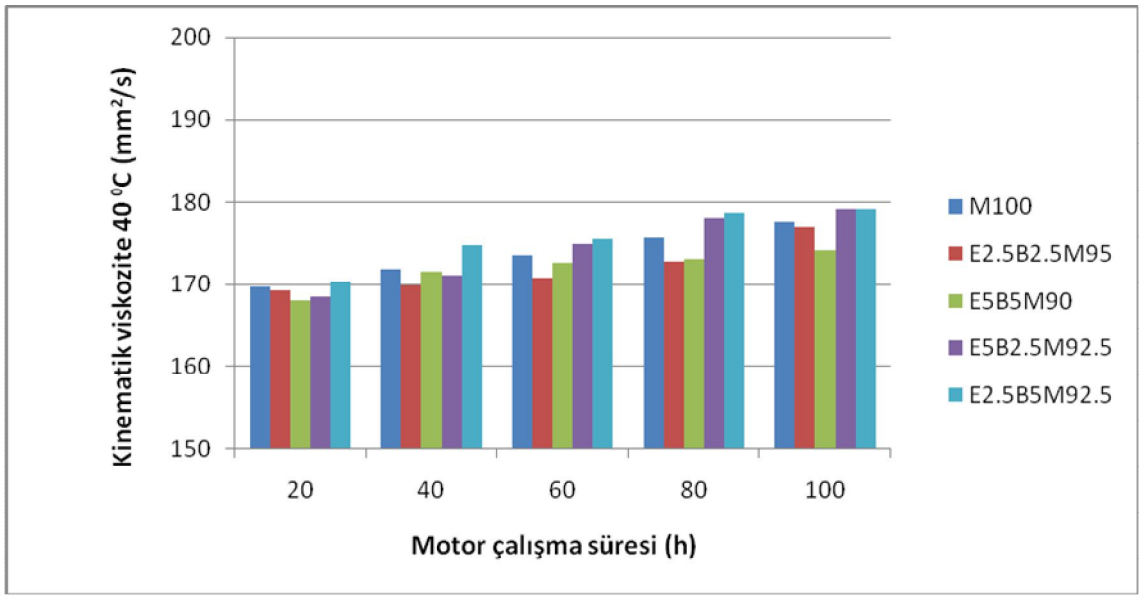


Şekil 4. 10. Motor yağlama yağının yoğunluk değerleri

Bunun sebebi bu karışımların motorin yakıtına göre motor yağlama yağını biraz daha incelttiğini göstermektedir. Yoğunluk değerlerindeki genel artışların sebepleri ise motor yağlama yağına toz, kir, yakıt ve özellikle aşınan motor parçalarının karışması gösterilmektedir.

4.3.2. Motor yağlama yağının 40°C' deki kinematik viskozite değerleri

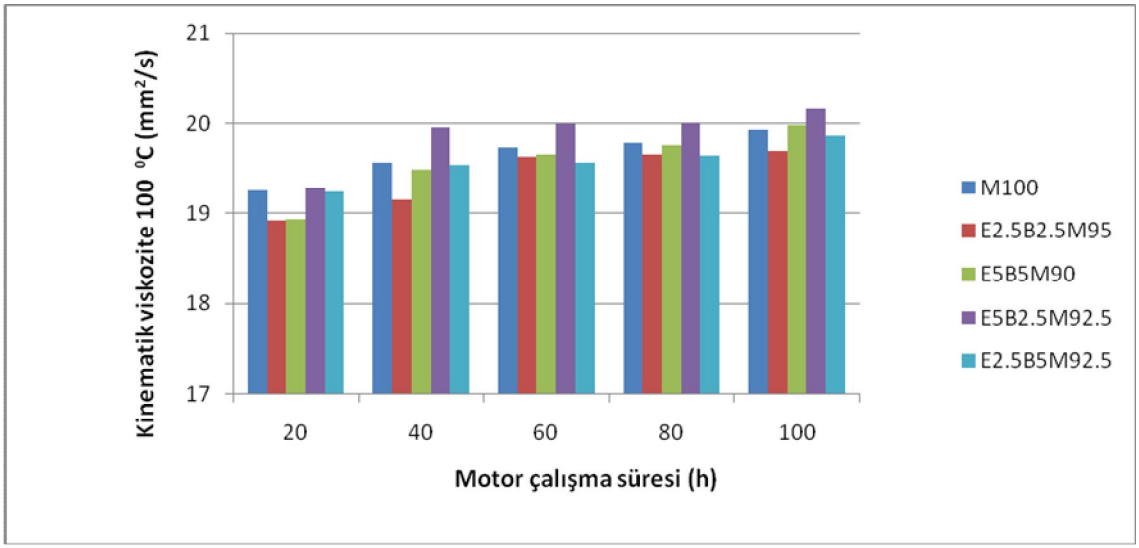
Şekil 4.11'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının 40°C' deki kinematik viskozite değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça 40°C'deki kinematik viskozite değerlerinin de arttığı görülmektedir. Motorin yakıtında motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar %4.67 oranında yükseldiğini, bu durumun $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %4.60, %3.62, %6.28 ve %5.18 artış şeklinde olduğu görülmüştür. Ayrıca $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_5B_5M_{90}$ yakıt karışımları artışı motorin yakıtına göre daha azdır. Bunun sebebi motor yağlama yağına motorine göre yakıtın çok az karışmasıdır. 40°C' deki kinematik viskozite değerlerindeki genel artışın sebepleri yoğunluk değerlerindeki gibi motor çalışma saati arttıkça motor yağlama yağına toz, kir, yakıt ve özellikle aşınan motor parçalarının karışması gösterilmektedir.



Şekil 4. 11. Motor yağlama yağının 40°C'deki kinematik viskozite değerleri

4.3.3. Motor yağlama yağının 100°C' deki kinematik viskozite değerleri

Şekil 4.12'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının 100°C kinematik viskozite değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça 100°C'deki kinematik viskozite değerlerinin de arttığı görülmektedir. Motorin yakıtında motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar %3.53 oranında yükseldiğini, bu durumun $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %4.06, %5.49, %4.56 ve %3.27 artış şeklinde olduğu görülmüştür. 100°C' deki kinematik viskozite değerlerindeki genel artışın sebepleri yoğunluk ve 40°C' deki kinematik viskozite değerlerindeki gibi motor çalışma saati arttıkça motor yağlama yağına toz, kir, yakıt ve özellikle aşınan motor parçalarının karışması gösterilmektedir. Motor çalışma sıcaklığı dikkate alındığında 100°C'deki kinematik viskozite değerlerinin önemi daha da ortaya çıkmaktadır.

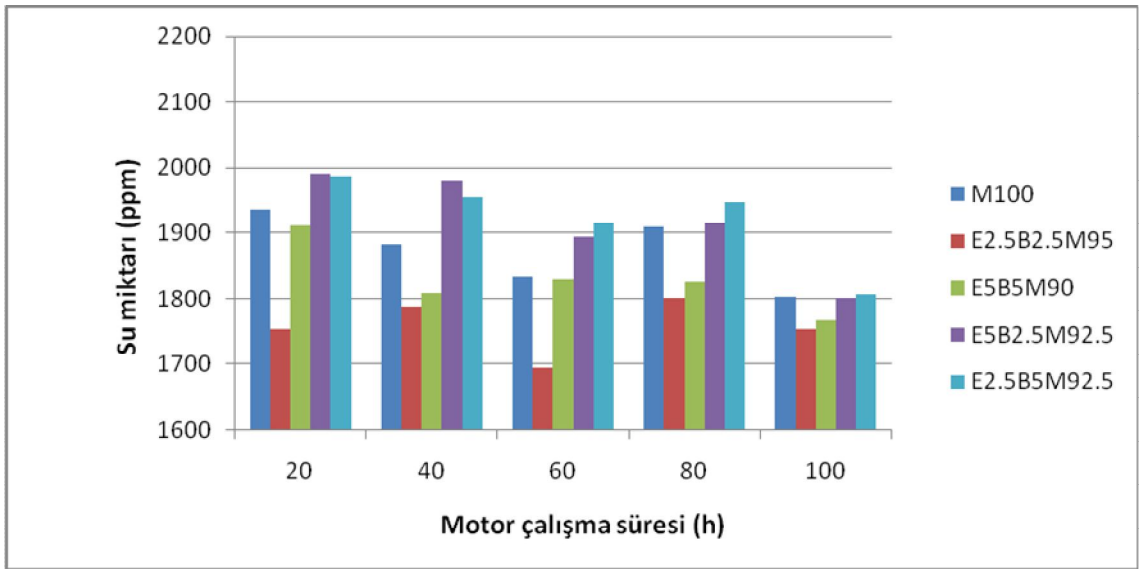


Şekil 4. 12. Motor yağlama yağının 100°C'deki kinematik viskozite değerleri

4.3.4. Motor yağlama yağının su miktarı değerleri

Şekil 4.13'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının su miktarı değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motorin yakıtında su miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar %6.90 oranında azaldığını, bu durumun $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve

$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %0.03, %7.60, %9.57 ve %9.40 azalma şeklinde olduğu görülmüştür. Bunun sebebi çalışma süresinin artması ile birlikte motorun rejim sıcaklığında daha kararlı hale geldiğini göstermektedir.



Şekil 4. 13. Motor yağlama yağının su miktarı değerleri

4.3.5. Motor yağlama yağının bakır çubuk korozyon değerleri

Motor yağlama yağının bakır çubuk korozyon değerleri de tüm numunelerde çizelge 3.5'de olduğu gibi 1a çıktığı görülmektedir.

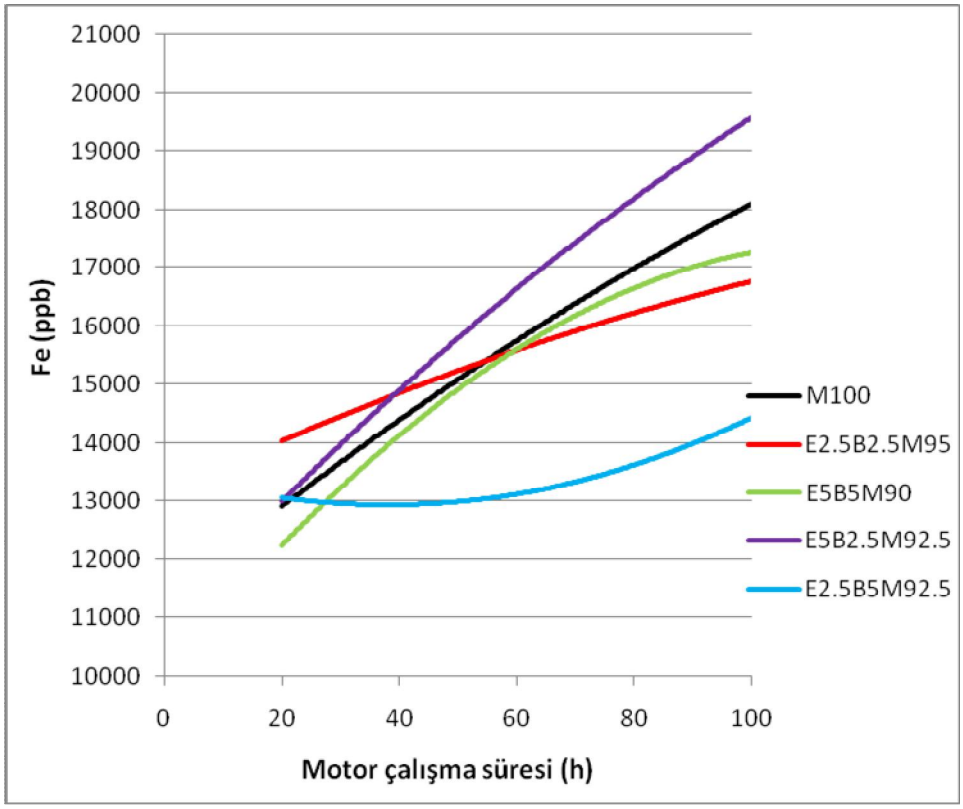
Motor deneyleri sonucunda motor yağlama yağının analiz değerleri incelendiğinde elde edilen sonuçlar, dizel yakıtı motor yağı açısından Kılıç (1998), Avcı (2009) ve Müjdeci (2009) ile biyodizel-dizel yakıtı karışımları açısından ise Özçelik (2011) tarafından yapılan çalışmalardaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir. Literatür taramalarında Biyoetanol – Biyodizel – Motorin yakıt karışımlarının motor yağlama yağına etkileri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

4.3.6. Demir (Fe) elementi

Yağ numunelerinde tespit edilen en yaygın metalik partiküldür. Makinenin birçok parçası bu metalin oluşumunda katkıda bulunur. Silindir gömlekleri, kam mili, krank mili, supap tablaları belli başlı yerlerdir. Analiz sonuç raporları incelendiğinde

yağlama yağı değişim periyodunu belirleyen en önemli metalik partiküldür. Bu metalik oluşumun fazlalılığının tespiti ile aşırı yağ tüketimi, anormal makine sesi, performans problemleri, yağ basıncı, anormal çalışma sıcaklıkları, arızalı piston segmanları, sistemde pas oluşumu gibi problemlerle makinenin karsılaşması olası durumlardır (Kaleli ve Yavaşlıol., 1997).

Şekil 4.14'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan demir (Fe) elementi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki demir miktarının da arttığı görülmektedir. M_{100} yakıtına göre demir (Fe) elementi miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_{2.5}B5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %33.24 ve %76.03 azaldığı, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %13.40 ve %37.16 arttığı tespit edilmiştir.



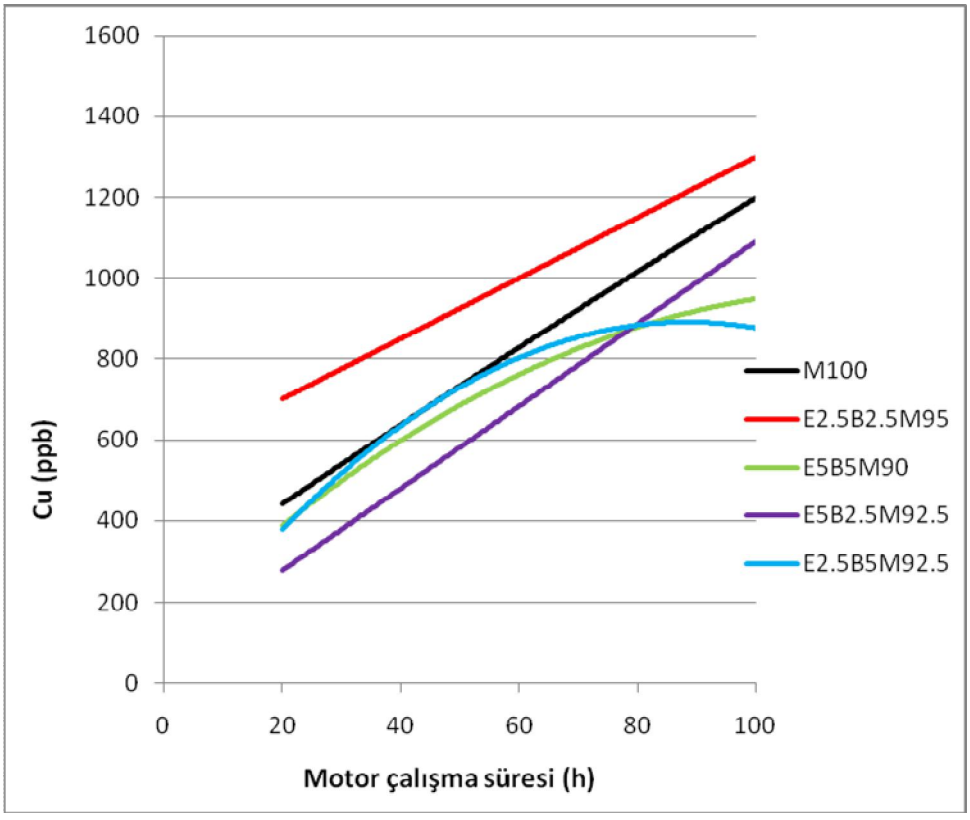
Şekil 4.14. Motor yağlama yağındaki demir (Fe) miktarı

Dolayısıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımları kullanımında motor yağ değişim periyodu da artacaktır.

4.3.7. Bakır (Cu) elementi

Pirinç ve bronz alaşımlarda mevcuttur. Bu metalik oluşum dişli ve supap tablaları, bazı tip dişliler, turbo şarj yatakları, kam yatakları ve piston pim yataklarında, bakır içeriği yüksek olan birçok dişli sistemi ve sinterlenmiş bronz içeren fren plakalarında bulunur. Bakır seviyesinin yükselmesi durumunda yağ soğutma sisteminde korozyon oluşumuna dikkat edilmelidir (Müjdeci, 2009).

Şekil 4.15'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan bakır (Cu) elementi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki bakır miktarının da arttığı görülmektedir. M_{100} yakıtına göre bakır (Cu) elementi miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %46.43, %20.44 ve %27.93 azaldığı ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %53.27 arttığı tespit edilmiştir.

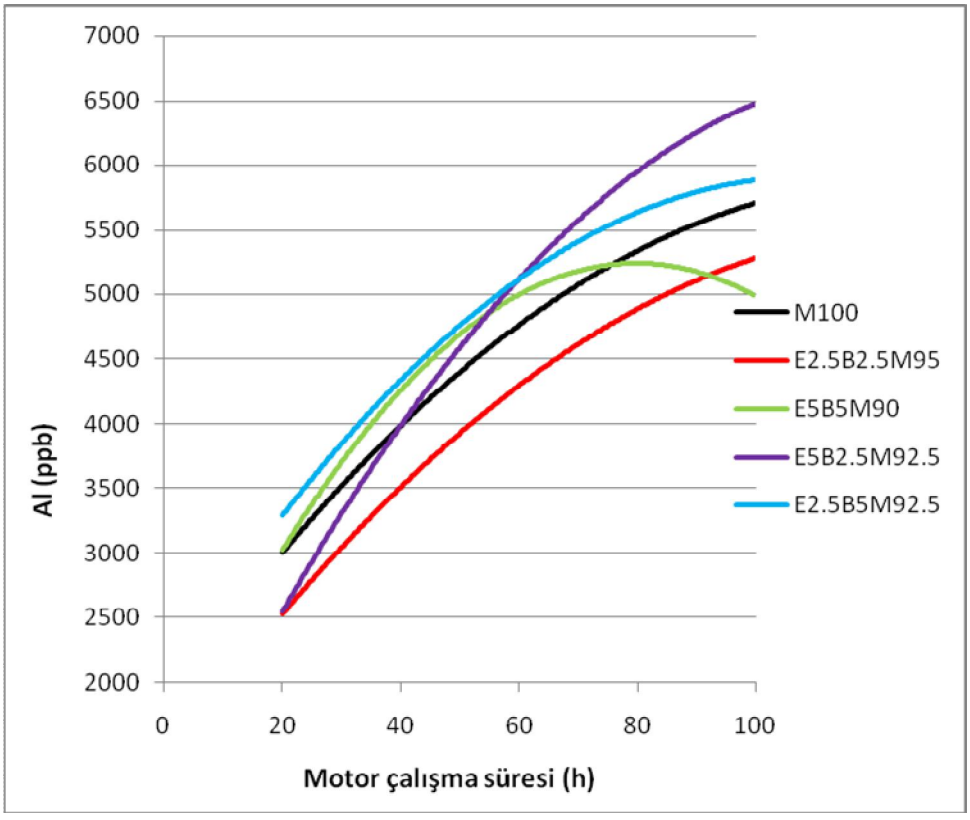


Şekil 4.15. Motor yağlama yağındaki bakır (Cu) miktarı

4.3.8. Alüminyum (Al) elementi

Pistonlar, piston başı ve segmanları, mil yataklarından kaynaklanır. Özellikle makine üretim ve revizyon sonraları ilk çalıştırma saatleri sonucunda alınan numunelerde yüksek oranlarda tespit edilebilir. Bu metalik oluşumun analiz sonuçlarında yüksek çıkması ile hava emiş devresi, yağ filtresinde kirlenme, supap kapakları ve karterde problem olduğu düşünülebilir. İlerleyen safhalarında aşırı yağ tüketimi, performans kaybı, anormal makine sesi gibi problemlerle karşılaşılır. (Avcı, 2009, Müjdeci, 2009)

Şekil 4.16'da motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan alüminyum (Al) elementi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki alüminyum miktarının da arttığı görülmektedir. M_{100} yakıtına göre alüminyum (Al) elementi miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında sırasıyla %23.80 ve %53.72 arttığı, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise kayda değer bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

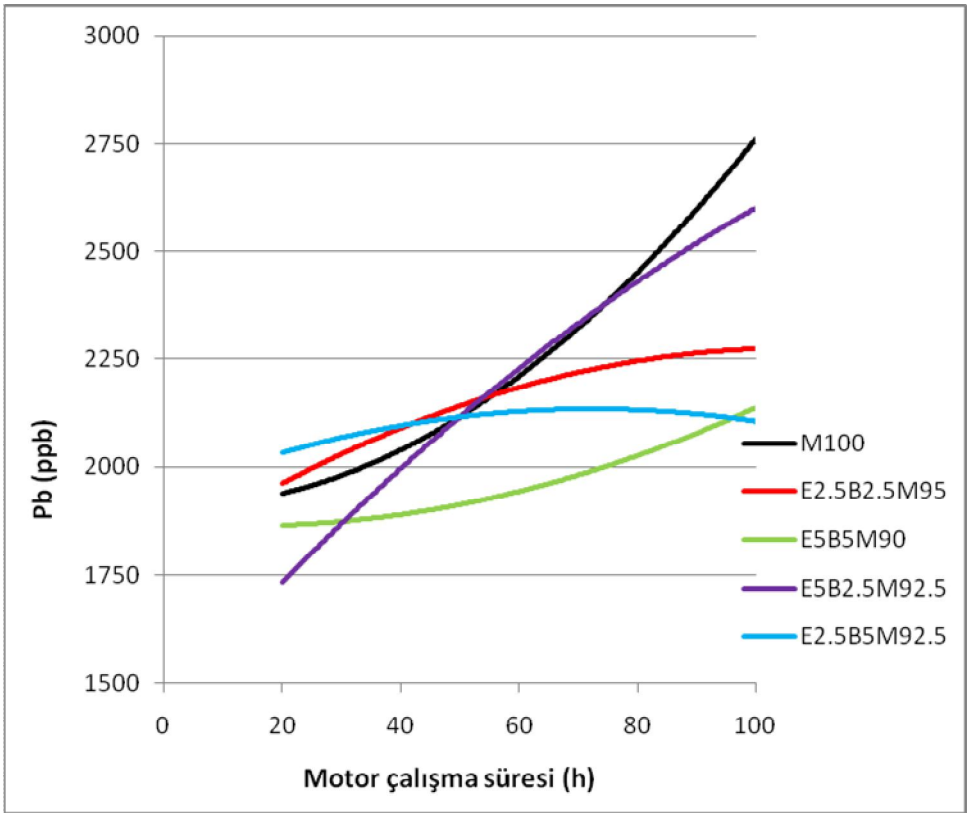


Şekil 4.16. Motor yağlama yağındaki alüminyum (Al) miktarı

4.3.9. Kurşun (Pb) elementi

Genel olarak kaplama maksatlı kullanılır. Kaymalı yatakların aşınmasından veya kurşun kalay karışımı lehim noktalarından ve bazı sızdırmazlık elemanlarından gelebilir. Dişli sistem kavramalarında ve fren sürtünme plakalarında bulunabilir. Bunun yanında yakıttan dolayı da oluşabilir (Kara, 2007).

Şekil 4.17'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan kurşun (Pb) elementi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki kurşun miktarının da arttığı görülmektedir. M_{100} yakıtına göre kurşun (Pb) elementi miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %63.95, %68.36 ve %90.81 azaldığı, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %2.40 arttığı tespit edilmiştir.

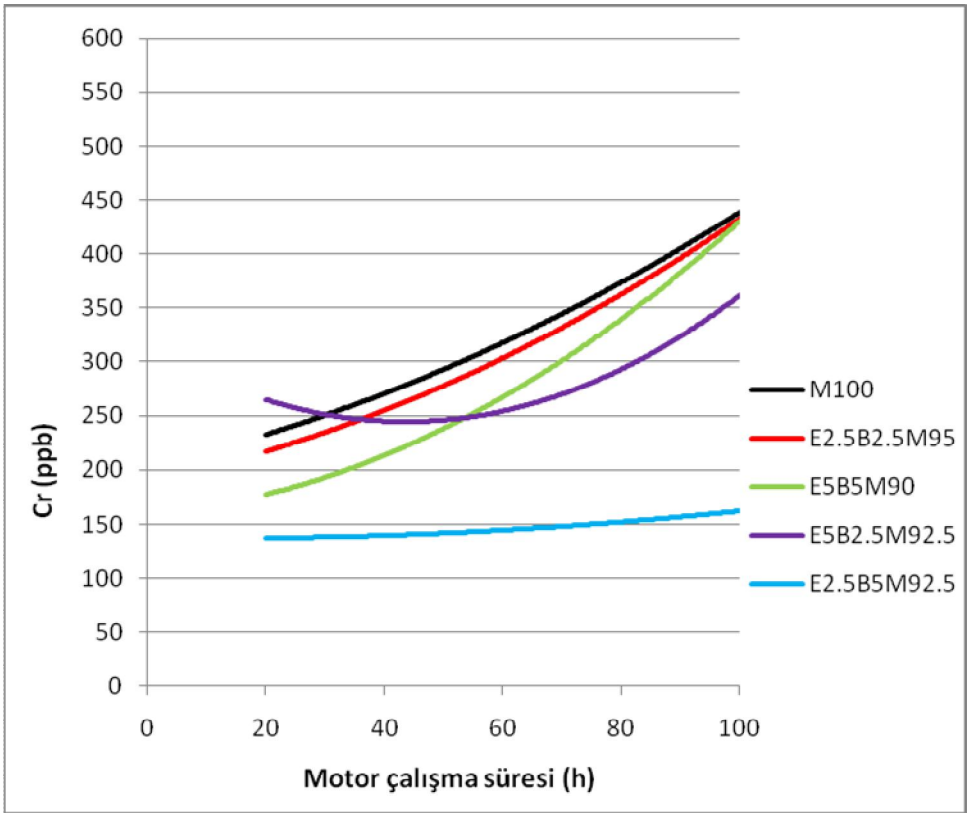


Şekil 4.17. Motor yağlama yağındaki kurşun (Pb) miktarı

4.3.10. Krom (Cr) elementi

Krom genelde makine elemanlarının kaplama malzemesi olarak kullanılır. Krom kaplı piston segmanları başta krom ve krom alaşımlı makine parçaları bu metalin kaynağını teşkil eden yerlerdir. Ayrıca conta, silindir ve bazı yatak elemanlarından da gelebilir. Silindir içine giren havanın kirliliğinin artması ve arızalı segmanlar bu metalin oranını arttırır. Bu metalin artmasının tespit edilmesi bize makinede aşırı yağ tüketimi veya kaçağı ile yağ kalitesinde bozulma olduğunu gösterir (Avcı, 2009).

Şekil 4.18'de motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan krom (Cr) elementi değerleri görülmektedir. Grafik incelendiğinde motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki krom miktarının da arttığı görülmektedir. M_{100} yakıtına göre krom (Cr) elementi miktarının motor çalışma süresinin 20. saatinden 100. saatine kadar $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_5B_5M_{90}$ ve yakıt karışımlarında sırasıyla %4.77 ve %59.07 arttığı, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımında ise sırasıyla %66.86 ve %85.63 azaldığı tespit edilmiştir.



Şekil 4.18. Motor yağlama yağındaki krom (Cr) miktarı

Yağ analizlerinde motor çalışma süresinin 50. saatinden sonra bazı karışım türlerinin kullanımında aşınma elementleri grafikleri incelendiğinde azalım meydana gelmiştir. Bu karışım yakıtları içten yanmalı motorlarda kullanıldığında, motor yağ değişim süreside artacaktır.

Motor deneyleri sonucunda motor yağlama yağındaki aşınma elementleri analiz değerleri incelendiğinde elde edilen sonuçlar, dizel yakıtı motor yağı açısından Kılıç (1998), Avcı (2009) ve Müjdeci (2009) ile biyodizel-dizel yakıtı karışımları açısından ise Kara (2007) ve Özçelik (2011) tarafından yapılan çalışmalardaki sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

Yapılan literatür çalışmalarında Biyoetanol – Biyodizel – Motorin yakıt karışımlarının motor yağlama yağındaki aşınma element analizleri ile ilgili herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tek silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı bir dizel motorda yapılan denemelerde aspir yağından transesterifikasyon yöntemi ile üretilmiş biyodizel yakıtı, motorinle %2,5 ve %5 oranında biyoetanol ilavesi ile birlikte ve ters oranla da hacimsel olarak karıştırılarak, M_{100}, $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ formunda elde edilen yakıtlar kullanılmıştır. .Bu yakıtların özellikleri, motor yağlama yağına etkileri, motor performansları ve egzoz emisyonları da araştırılarak elde edilen veriler grafiklerle sunulmuştur.

Çalışmada kullanılan biyoetanol Konya Şeker A.Ş. tarafından şeker üretimi esnasında çıkan melasdan üretilmiştir. Motor deneylerinde ilk olarak motorin yakıtı kullanılmış, daha sonra sırasıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtları kullanılmıştır. Her bir yakıt karışımı ile motor kısmi yük altında 100 saat çalıştırılmış ve her 20 saatte bir motor yağlama yağından numuneler alınmıştır. Motor yağlama yağından alınan numuneler özel vidalı kapaklı kaplara konularak ışık almayan serin bir yerde muhafaza edilmiştir. Motor performans ve emisyon deneyleri ise her bir yakıt karışımı için 100'er saatlik çalışma sonunda yapılmıştır. Ayrıca her 100 saatlik çalışma sonrasında motor yağlama yağı ile birlikte motor yağ filtresi de değiştirilmiştir.

Kullanılan yakıtlar arasında en yüksek motor torku 1100 min^{-1}'da $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıtında 56.2 Nm olarak ölçülmüştür. M_{100} yakıtı ile karşılaştırıldığında diğer karışım türlerinde kayda değer bir değişim olmamıştır.

Deneylerde maksimum motor gücü 2100 min^{-1}'da M_{100} yakıtında 10.64 kW olarak ölçülmüştür. M_{100} yakıtı ile karşılaştırıldığında sırasıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında, motor momentinde de olduğu gibi kayda değer bir değişim görülmemektedir.

Minimum özgül yakıt tüketimi 1400 min^{-1}'da M_{100} yakıtında 299.76 g/kWh olarak ölçülmüştür. M_{100} yakıtı ile karşılaştırıldığında sırasıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında %1.14, %0.66, %2.87 ve %7.74 artış görülmektedir. Karışım yakıtların özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtına nazaran daha yüksek olmasının temel nedeni, M_{100} yakıtına göre aspir biyodizelinin, biyoetanolün ve karışımların ısıl değerlerinin düşük olmasıdır.

Motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında egzoz gazları içindeki CO değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde

M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımında %23.72 ve maksimum motor gücü değerinde de %51.28 azalma meydana gelmiştir.

Egzoz gazları içindeki CO_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_5B_5M_{90}$ yakıt karışımında %21.92 ve maksimum motor gücü değerinde de $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ yakıt karışımında %31.41 artış meydana gelmiştir. Karışımların CO_2 emisyonunun yüksek çıkma sebebi, biyodizel ve biyoetanol yakıtında oksijen bulunması ve hava fazlalık katsayılarının motorine göre yüksek olmasıdır.

Egzoz gazları içindeki HC değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ yakıt karışımında %40.74 ve maksimum motor gücü değerinde de $E_5B_5M_{90}$ yakıt karışımında %57.14 artış meydana gelmiştir. Motor devrinin düşük olduğu yerlerde yakıtın tutuşma sıcaklığının düşük olmasından dolayı HC emisyonunun yüksek olduğu görülmektedir. Ayrıca çok fakir karışımlarda da yanma kötüleştiği için veya eksik yanma sonucu yanmamış HC emisyonları hızlı bir şekilde artmaktadır.

Egzoz gazları içindeki O_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ yakıt karışımında, %10.89 artış sağlanmış, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %9.49 azalma meydana gelmiştir. Maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımında %6.76 artış sağlanmış, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %7.85 azalış meydana gelmiştir. Bunun sebebi biyoetanol'ün yoğunluk değerinin düşük olmasıdır. M_{100} yakıtına göre $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında yoğunluk değerinin düşük olması sebebiyle, yanma odasında daha fazla yer kaplamasından ve giren hava miktarının azalmasından kaynaklandığı söylenebilir.

Egzoz gazları içindeki SO_2 değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımında %67.12 ve maksimum motor gücü değerinde de %53.33 azalış meydana gelmiştir.

Egzoz gazları içindeki NO_x değerlerinin tam yükte motor devrine bağlı olarak değişimi incelendiğinde M_{100} yakıtına göre maksimum motor torku değerinde $E_5B_5M_{90}$ yakıt karışımında %38.15 ve maksimum motor gücü değerinde ise $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ yakıt karışımında, %36.36 artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi, karışımların yapısında bulunan oksijen ve oksijence zengin dolgu havasının emisyon miktarını artırmasıdır.

İçten yanmalı motorlarda sürtünme sonucu ortaya çıkan aşınma, motor kullanım ömrünü belirlemede önemli bir rol oynar. Yanma sürecinde motor yağlama yağı, silindir ve pistonun aşınmasını önleyerek sistem için koruyucu bir tabaka oluşturur. Ancak belli bir kullanım periyodu sonrası yağın oksidasyon neticesinde fiziksel ve kimyasal değişikliğe uğraması, ayrıca toz, kir, yakıt, su, metalik parça gibi metal partiküllerin motor yağlama yağına karışmasıyla oluşan dış etkenler motor yağlarının eskiyerek koruyucu etkilerini yitirmelerine sebep olur. Motor yağlama yağı analizi, motor ve alt sistemlerine ait kısımların şimdiki ve gelecekteki durumları hakkında fikir sahibi olmamızı sağlar. Ayrıca, yağın içindeki çeşitli madde oranlarının değişimini incelemek, motorun ömrünün tespiti, optimum çalışmasının devamının sağlanması, doğabilecek arızalar için maliyetin düşürülmesi ve böylece zamandan tasarruf edilmesi açısından önemlidir (Özçelik, 2011).

Motor yağlama yağının ICP yağ analizleri sonuçları incelendiğinde motordaki aşınmaların en önemli göstergelerinden olan yağlama yağı içerisindeki aşınma ürünlerinden demir, bakır, alüminyum, kurşun ve krom miktarlarının motor çalışma süresi arttıkça motor yağlama yağındaki demir miktarının da arttığı görülmüştür.

Motorin - biyodizel - biyoetanol yakıt karışımları kullanımında motor yağlama yağının içerisindeki aşınma ürünlerinden olan demir (Fe) elementi değerleri incelendiğinde, M_{100} yakıtına göre $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %33.24 ve %76.03 azalış, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise sırasıyla %13.40 ve %37.16 artış tespit edilmiştir. Dolayısıyla $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_{2.5}B5M_{92.5}$ yakıt karışımları kullanımında motor yağ değişim periyodu da artacaktır.

Aşınma ürünlerinden olan bakır (Cu) elementi değerleri incelendiğinde M_{100} yakıtına göre $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %46.43, %20.44 ve %27.93 azaldığı ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %53.27 arttığı tespit edilmiştir.

Aşınma ürünlerinden olan alüminyum (Al) elementi değerleri incelendiğinde M_{100} yakıtına göre $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında sırasıyla %23.80 ve %53.72 arttığı, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında ise kayda değer bir değişim olmadığı tespit edilmiştir.

Aşınma ürünlerinden olan kurşun (Pb) elementi değerleri incelendiğinde M_{100} yakıtına göre $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$, $E_5B_5M_{90}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %63.95, % 68.36 ve %90.81 azaldığı, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ yakıt karışımında ise %2.40 arttığı tespit edilmiştir.

Aşınma ürünlerinden olan krom (Cr) elementi değerleri incelendiğinde M_{100} yakıtına göre $E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ ve $E_5B_5M_{90}$ yakıt karışımlarında sırasıyla %4.77 ve %59.07 arttığı, $E_5B_{2.5}M_{92.5}$ ve $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıt karışımında ise sırasıyla %66.86 ve %85.63 azaldığı tespit edilmiştir.

Yapılan deneyler sonucunda en uygun motor yakıt karışımının performans açısından değerlendirildiğinde M_{100} yakıtı olduğu, egzoz emisyonları açısından değerlendirildiğinde $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı olduğu ve yağlama yağı açısından değerlendirildiğinde de $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı olduğu tespit edilmiştir.

Bunun sebebi çizelge 3.5'de de görüldüğü gibi $E_{2.5}B_5M_{92.5}$ yakıtı setan sayısının diğer karışımlara göre daha yüksek olmasıdır. Setan sayısının yüksekliği ile motor sessiz çalışmakta, motorun kolay ilk harekete geçirilmesinde ve yanma veriminin artması yönünde de etkili olmaktadır.

Bu çalışmadaki kazanımlarımız;

- E-B Motorin yakıtı ile egzoz emisyonlarınınmotorine göre azaltılması,
- Viskozitesi yüksek olan biyodizelin, biyoetanol ve motorinle karıştırılarak viskozitesinin azaltılması ve dizel motorlarda kullanılabilirliğinin artırılması,
- Karışım sayesinde motorinin setan sayısının yükseltilmesi,
- E-B Motorin yakıtının oksijenli bir yakıt olması nedeniyle motorinin yanma verimini iyileştirmesi,
- E-B Motorin yakıtı ile yağlama yağındaki aşınma elementlerinin azaltılması, olarak belirtilebilir.

Bu konuda çalışmaların ve sonuçların daha tutarlı ve somut hale gelmesi için:

- Biyodizel – biyoetanol - dizel yakıtı karışımları, farklı yakıt sistemlerine sahip dizel motorlar ve farklı yakıt pompaları üzerinde denenmelidir.
- Karışım içerisindeki biyodizel ve biyoetanol oranları daha da artırılarak performans, emisyonlar ve yağlama yağına etkiler ortaya konmalıdır.
- Farklı yağ bitkilerinden standartlara uygun elde edilen biyodizel, biyoetanol ve dizel yakıtı karışımlarının özellikleri kendi aralarında motorda kullanım açısından değerlendirilmelidir.
- Biyodizel – biyoetanol - dizel yakıtı karışımlarının, malzeme uyumu açısından motora etkisi belirtilmelidir.

KAYNAKLAR

Alakel, H., 2008, Bir Dizel Motorda Biyodizel, Dizel Ve Etanolün Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Mersin, 64-72.

Al Ghouti M.A. and Al Atoum L., 2009, Virgin And Recycled Engine Oil Differentiation: A Spectroscopic Study, *Journal Of Environmental Management*, 90,187-195.

Anonim, 2009, Süper Star Dizel Motorları Kullanma ve Bakım Klavuzu, İstanbul.

Anonim, 2012, Konya Şeker Sanayi ve Ticaret A.Ş. Çumra Şeker Biyoetanol Fabrikası Üretim Prosesi Kitapçığı, Konya.

Anonim, 2013 a, Hidrolik Dinamometre [online], http://netfren.com/, Ziyaret Tarihi: [11.07.2013].

Anonim, 2013 b, Egzoz Emisyon Cihazı [online], http://www.ozenelektronik.com.tr/, Ziyaret Tarihi: [16.07.2013].

Anonim, 2013 c, Türkiye Petrolleri A.O. Genel Müdürlüğü [online], www.enerji.gov.tr/yayinlar_raporlar/Sektor_Raporu_TPAO_2012.pdf, Ziyaret Tarihi: [25.11.2013]

Anonim, 2013 d, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [online], http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyoetanol.aspx, Ziyaret Tarihi: [05.12.2013]

Anonim, 2013 e, World Fuel Ethanol Production [online], http://www.earth-policy.org/search?q=bioethanol, Ziyaret Tarihi: [05.12.2013].

Anonim, 2013 f, T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü [online], http://www.eie.gov.tr/yenilenebilir/biyodizel.aspx, Ziyaret Tarihi: [12.12.2013].

Anonim, 2014 a, World Fuel Ethanol Production [online], http://www.earth-policy.org/search?q=biodiesel, Ziyaret Tarihi: [15.01.2014].

Anonim, 2014 b, Alternatif Enerji ve Biyodizel Üreticileri Birliği [online], http://www.albiyobir.org.tr/dunyada_b.htm, Ziyaret Tarihi: [16.01.2014].

Anonim, 2014 c, Endüstriyel Sıvı Yağlayıcılar-ISO Viskozite Sınıflaması, TS4427-ISO3448, Türk Standartları Enstitüsü Kurumu, Ankara.

Anonim, 2014 d, Resmi Gazete, [online], http://www.resmigazete.gov.tr/main.aspx?home=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2013/06/20130625.htm&main=http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/20, Ziyaret Tarihi: [25.01.2014]

Anonim, 2014 e, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü [online], http://www.ttae.gov.tr/index.php/urun-cesitleri/aspir/linas, Ziyaret Tarihi: [04.02.2014].

Anonim, 2014 f, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü [online], http://www.bahridagdas.gov.tr/duyuru_Yeni-Kislik-Aspir-Cesidimiz-AYAZ-Uretim-Izni-Almistir_19_tr.html, Ziyaret Tarihi: [04.02.2014].

Ar, F.F., 2011, Biyoyakıtlar ve Sektördeki Sorunlar, *VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu*, MMO Yayın No:E/2011/565, Kayseri, 31-40.

Atkins, R. D., 2009, An Introduction To Engine Testing and Development, *SAE International,* ISBN 978-0-7680-2099-1, SAE Order No. R-344, Printed In The United States Of America, 289.

Avcı, A., 2009, Bir Kargo Firmasına Ait 6 Adet Dizel Aracın Optimum Yağ Değişim Süreçlerinin Ekonomik Etüdü, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-32.

Aydın, S., 2010, Aspir Yağından Biyo-Yakıt Üretimi ve Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 57-61.

Aydoğan, H., 2011, Biyoetanol - Dizel Yakıtı Karışımlarının (E-Dizel) Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya, 42.

Balat, B., Balat, H. and Öz, C., 2008, Progress In Bioethanol Processing, *Progress In Energy And Combustion Science,* 34, 551-573.

Balcı M., 1997, Motor Yağ Kullanım Süresinin, Yağ Viskozitesi Değişimine ve Motor Performansına Etkisi, *Yanma Sempozyumu*, Bursa.

Barabas, I., Todorut, A. and Baldean, D., 2010, Performance and Emission Characteristics Of An CI Engine Fueled With Diesel–Biodiesel–Bioethanol Blends, Fuel, 89, 3827–3832.

Baydan, H. E., 2008, Biyoetanol, Metil Ester ve Dizel Yakıt Karışımlarının Dizel Motorlarda Kullanımının Motor Performansına Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 55-59.

Bayrakçı, A. G., 2009, Değişik Biyokütle Kaynaklarından Biyoetanolün Elde Edilmesi Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 5-6.

Boldaji, M. T., Ebrahimzadeh, R., Kheiralipour, K. and Borghei, A.M., 2011, Effect Of Some BED Blends On The Equivalence Ratio, Exhaust Oxygen Fraction and Water and Oil Temperature Of A Diesel Engine, *Biomass And Bioenergy*, 35, 4099-4106.

Braithwaite, E. R., Greene, A. B. and Train, B. M., 1999, The Influence Of MoS_2 On The Mechanism Of Piston-Ring Wear During The Running-In Process, *Industrial Lubrication and Tribology*, 51, 274-286.

Bulut, B., 2006, Tarıma Dayalı Alternatif Yakıt Kaynaklarından Biyoetanol ve Türkiye İçin En Uygun Biyoetanol Hammaddesi Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 12-50.

Candan, F., 2012, Dizel Metanol ve Katkı Maddelerinin Dizel Motor Performansı ve Emisyona Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 64-67.

Caneca, A.R., Pimentel, M.F., Harrop Galvao, R.K., Matta, C.E., Carvalho, F.R., Raimundo, I.M., Pasquini, C. and Rohwedder, J.R., 2006, Assessment Of Infrared Spectroscopy and Multivariate Techniques For Monitoring The Service Condition Of Diesel-Engine Lubricating Oils, *Talanta*, 70,344-352.

Çelikten, İ., Mutlu, E. ve Solmaz, H., 2012, Variation Of Performance and Emission Characteristics Of A Diesel Engine Fueled With Diesel, Rapeseed Oil and Hazelnut Oil Methyl Ester Blends, *Renewable Energy*, 48, 122-126.

Çetinkaya, M., Ulusoy, Y., Tekin, Y. and Karaosmanoğlu, F., 2005, Engine and Winter Road Test Performances Of Used Cooking Oil Originated Biodiesel, *Energy Conversion And Management*, 46, 1279-1291.

Dong, L., Shu, G. and Liang, X., 2013, Effect Of Lubricating Oil On The Particle Size Distribution and Total Number Concentration In A Diesel Engine, *Fuel Processing Technology*, 109, 78-83.

Dorado, M.P., Ballesteros, E., Arnal, J.M., Gomez, J. and Lopez, F.J., 2003, Exhaust Emissions From A Diesel Engine Fueled With Transesterified Waste Olive Oil, *Fuel,* 82, 1311-1315.

Ejder, S.B., 2007, Etanol-Dizel, Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarının Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 101-115.

Ergeneman, M., Mutlu, M., Kutlar, O.A. ve Arslan, H., 1998, Taşıtlardan Kaynaklanan Egzoz Kirleticileri, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 13-14.

Ertuğrul, E., 2008, Dizel Motorlarında Yağ Tüketimini Etkileyen Parametrelerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 3-9.

Eryılmaz, T., 2009, Hardal Yağı Biyodizelin Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 89-90.

Gebarin, S.K. and Fitch, J., 2004, "Determining Proper Oil and Fitler Change Intervals Can Onboard Automotive Sensors Help", Noria Corporation.

Gilles, T., 2011, Automotive Engines, Diagnosis, Repair and Rebuilding, *Delmar*, NewYork, United States of America, 6 th Edition, 366-375.

Gökalp, B., Saraç, H.İ. ve Çelik, C., 2007, Yağ Analiz Programı İle Aşınmaya Bağlı Hasar Analizi, *8. Uluslar Arası Kırılma Konferansı*, İstanbul.

Guido, C., Beatrice, C. and Napolitano, P., 2013, Application Of Bioethanol/RME/Diesel Blend In A Euro 5 Automotive Diesel Engine: Potentiality Of Closed Loop Combustion Control Technology, *Applied Energy,* 102, 13-23.

Gümüş, M., 2008, Evaluation Of Hazelnut Kernel Oil Of Turkish Origin As Alternative Fuel In Diesel Engines, *Renewable Energy,* 33, 2448-2457.

Gümüş, M. and Kaşifoğlu, S., 2010, Performance and Emission Evaluation Of A Compression Ignition Engine Using A Biodiesel (Apricot Seed Kernel Oil Methyl Ester) And Its Blends With Diesel Fuel, *Biomass and Bioenergy*, 34, 134-139

Hacıkadiroğlu, H., 2007, Bitkisel Yağ Esterleri – Motorin Karışımının Motor Performansı ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 11.

Hamrock, B.J., 1994, Fundamentals Of Fluid Film Lubrication, *MC Graw Hill Book Company*, NewYork, 32-48.

Hansen, A. C., Zhang, Q. and Lyne, P. W. L., 2005, Ethanol-Diesel Fuel Blends – A Review, *Bioresource Technology,* 96, (3): 277-285.

Hazar, H., 2010, Cotton Methyl Ester Usage In A Diesel Engine Equipped With Insulated Combustion Chamber, *Applied Energy*, 87, 134-140.

Huang, J., Wanga, Y., Li, S., Roskilly, A.P., Yu, H. and Li, H., 2009, Experimental Investigation On The Performance and Emissions Of A Diesel Engine Fuelled With Ethanol–Diesel Blends, *Applied Thermal Engineering,* 29, 2484–2490.

Huzayyin, A.S., Bawady, A.H., Rady, M.A. and Dawood, A., 2004, Experimental Evaluation Of Diesel Engine Performance And Emission Using Blends Of Jojoba Oil and Diesel Fuel, *Energy Conversion And Management*, 45, 2093-2112.

İlkılıç, C., Aydın, S., Behçet, R. and Aydın, H., 2011, Biodiesel From Safflower Oil And Its Application In A Diesel Engine, *Fuel Processing Technology*, 92, 356–362.

İşler, A., 2007, Kanola Yağı Etil Esteri ve E-Dizel**,** Yüksek lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 20-29.

İşler, A., 2012, Aspir Yağı Etil Esteri ve Yaşam Döngüsü Değerlendirmesi**,** Doktora Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* İstanbul, 1-2.

Jitputti, J., Kitiyanan, B., Rangsunvigit, P., Bunyakiat, K., Attanatho, L. and P., Jenvanitpanjakul, 2006, Transesterification Of Crude Palm Kernel Oil and Crude Coconut Oil By Different Solid Catalysts, *Chemical Engineering Journal*, Volume 116, Issue 1, Pages 61-66.

Kalam, M. A., Husnawan, M. and Masjuki, H. H., 2003, Exhaust Emission and Combustion Evaluation Of Coconut Oil-Powered Indirect Injection Diesel Engine, *Renewable Energy,* 28, 2405-2415.

Kaleli, H. and Yavaşlıol, İ., 1997, Oil Ageing-Drain Period In A Petrol Engine, *Industrial Lubrication And Tribology*, 49, 120-126.

Kara, F., 2007, Hatz E-673 Marka Yükleme Düzenekli Dizel Motorunda (Megapower Mp-3 System) Biyodizel'in Kullanılması, Performans Testleri ve Motorine Göre Kıyaslayarak Yağlama Yağına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Deniz Harp Okulu Deniz Bilimleri ve Mühendisliği Enstitüsü,* İstanbul, 1-81.

Karaosmanoğlu, F., 2002, Türkiye İçin Çevre Dostu - Yenilenebilir Bir Yakıt Adayı Biyomotorin, *Ekojenerasyon Dünyası - Kojenerasyon Dergisi*, İstanbul, 10 (1), 50-56.

Karthikeyan, B. and Srithar, K., 2011, Performance Characteristics Of A Glowplug Assisted Low Heat Rejection Diesel Engine Using Ethanol, *Applied Energy,* 88, 323–329.

Katmer, E., Derici, O., Çelikoğlu, F., Erbahadır, M. A. ve Balcı, A., 2005, Ülkemizde Üretilen Aspir Bitkisinden Elde Edilen Yemeklik Yağın Kalite Özelliklerinin ve Depolama Şartlarının Belirlenmesi, *Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü Gıda Kontrol ve Merkez Araştırma Enstitüsü. Proje Kod No: TAGEM/GY/02/11/08/069, Genel Yayın No:127,* Bursa.

Kılıç, E., 1998, Bazı Motor Yağlarının Tarım Traktörlerinde Optimum Kullanım Süreleri Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Tekirdağ, 12-67.

Kim, H. and Choi, B., 2010, The Effect Of Biodiesel And Bioethanol Blended Diesel Fuel On Nanoparticles and Exhaust Emissions From CRDI Diesel Engine, *Renewable Energy,* 35, 157-163.

Kim, Y., Kim, N.Y., Park, S.Y., Lee, D.K. and Lee, J.H., 2013, Classification and Individualization Of Used Engine Oils Using Elemental Composition and Discriminant Analysis, *Forensic Science International,*7062, 1-10.

Knothe, G., 2001, Historical Perspective On Vegetable Oil-Based Diesel Fuels, *Inform,* 12 (11), 1103-1107.

Koçtürk, D., 2011, Farklı Özelliklerdeki Etanol-Benzin Karışımı Yakıtların Buji ile Ateşlemeli Motorlarda Kullanılmasının Çevresel ve Ekonomik Yönden Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-54.

Kolsarıcı, Ö., Gür, A., Başalma, D., Kaya, M.D. ve İsler, N., 2005, Yağlı Tohumlu Bitkiler Üretimi, *TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi,* Ankara.

Köse, H., 2012, Hidrojenin Çift Yakıt Modunda İlavesinin Motor Performans ve Emisyon Üzerine Etkisinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 63-70.

Küleri, K.A., 2011, Fakir Yanmalı Buji Ateşlemeli Motorlarda Hidrojen İlavesinin Çevrimsel Farklar ve Egzoz Emisyonları Üzerindeki Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kayseri, 45-55

Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A. and Jai-In, S., 2007, Solubility Of A Diesel–Biodiesel–Ethanol Blend, Its Fuel Properties, And Its Emission Characteristics From Diesel Engine, *Fuel*, 86, 1053-1061.

Lapuerta, M., Armas, O. and Garcia-Contreras, R., 2007, Stability Of Diesel–Bioethanol Blends For Use In Diesel Engines, *Fuel*, 86, 1351-1357.

Lee, Y.C., Oh, S.W., Chang, J. and Kim, I,H., 2004, Chemical Composition and Oxidative Stability Of Safflower Oil Prepared From Safflower Seed Roasted With Different Temperatures, *Food Chemistry,* 84, 1-6.

Margaroni, D. 1999, Extended Drain Intervals For Crankcase Lubricants, *Industrial Lubrication And Tribology*, 51, 69-76

Misra, R.D. and Murthy, M.S., 2011, Blending Of Additives With Biodiesels To Improve The Cold Flow Properties, Combustion and Emission Performance In A Compression Ignition Engine: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Review,* 15, 2413-2422.

Murugesan, A., Umarani, C., Subramanian, R. and Nedunchezhian, N., 2009, Bio-Diesel As An Alternative Fuel For Diesel Engines - A Review, *Renewable and Sustainable Energy Review*s, 13, 653-662.

Müjdeci, S., 2009, İçten Yanmalı Motorda Ticari Yağ Katkı Maddelerinin Sürtünme, Aşınma ve Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması, Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-41.

Nematizade, P., Ghobadian, B., Ommi F., Najafi, G. and Abbaszadeh, A., 2013, Investigation Of Some Of The Properties Of Fossil and Biofuels Blends To Use In SI Engines, *International Journal Of Automotive Engineering And Technologies*, 2(4), 92-103.

Niyet, M., 2009, Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Motor Aşınmasına Olan Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kütahya, 15-16.

Oğuz, H., Eryılmaz, T., Öğüt, H., Demir, F. and Ciniviz, M., 2009, A Research On The Direct Utilization Of Standart Vegetable Oils As A Fuel In The Diesel Engine, *Journal of Agricultural Machinery Science*, 5 (1), 15-20.

Oğuz, H., Sarıtaş, İ. and Baydan, H. E., 2010, Prediction Of Diesel Engine Performance Using Biofuels With Artificial Neural Network, *Expert Systems With Applications*, 37, 6579-6586.

Oğuz, H., Düzcükoğlu, H. and Ekinci, Ş., 2011, The Investigation Of Lubrication Properties Performance Of Euro Diesel and Biodiesel, *Tribology Transactions*, 54(3), 449-456.

Öğüt, H., Eryılmaz, T., Akınerdem, F. ve Oğuz, H., 2005, Tarımsal Kaynaklı Biyoyakıtlar (Biyoetanol ve Biyodizel), *Konya Ticaret Borsası Dergisi*, Konya, 8(19), 26-29

Öğüt, H. ve Oğuz, H., 2006, Üçüncü Milenyumun Yakıtı Biyodizel , *Nobel Yayın Dağıtım*, 2. Baskı, ISBN 975-591-730-6, Konya.

Öğüt, H., Eryılmaz, T. ve Oğuz, H., 2007 a, Bazı Aspir (carthamus tinctorius l.) Çeşitlerinden Üretilen Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, *1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler Ve Biyodizel Sempozyumu*, Samsun.

Öğüt, H., Oğuz, H., Eryılmaz, T. ve Mengeş, H.O., 2007 b, Standartlara Uygun Bitkisel Yağların Tarım Traktörlerinde Doğrudan Yakıt Olarak Kullanımının Araştırılması, *Biyoyakıtlar Ve Biyoyakıt Teknolojileri Sempozyumu*, Ankara.

Öğüt, H. ve Afacan, T., 2009, Enerji Tarımı, Biyoyakıtlar ve Konya, *Konya'da Tarım ve Tarımsal Sanayi Sorunlarının Tespiti Sempozyumu*, Konya.

Öğüt, H., Oğuz, H., Eryılmaz, T., Demir, F. and Ciniviz, M., 2010, The Research Of Diesel Engine Performance Using Neutralized Safflower Oil As Fuel, *2nd International Symposium on Sustainable Development*, Sarajevo.

Öğüt, H. ve Oğuz, H., 2011, Konya'da Tarıma Dayalı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Potansiyeli, *I. Konya Kent Sempozyumu,* Konya.

Öğüt, H., Oğuz, H., Bacak, S., Mengeş, H.O., Köse, A. and Eryılmaz, T., 2012, Investigation Of The Characteristics Of Biodiesel From Balcı Species Of Safflower, *Journal Of Agricultural Machinery Science*, 8 (3), 297-300.

Özçelik, A. E., 2011, Aspir Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Yağlama Yağına Etkilerinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 69-90.

Özdemir, M., 2011, Bir Dizel Motorda Biyodizel ve Etanol Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlara Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,* Karabük, 103-105.

Pamir, N., 2003, Dünya'da ve Türkiye'de Enerji, Türkiye'nin Enerji Kaynakları ve Enerji Politikaları, *Metalurji Dergisi*, 134, 2-4.

Priest, M. and Taylor, C.M., 2000, Automobile Engine Tribology-Approaching The Surface, *Elsevier,* 241, 193–203.

Raheman, H. and Phadatare, A. G., 2004, Diesel Engine Emissions and Performance From Blends Of Karanja Methyl Ester and Diesel, *Biomass And Bioenergy*, 27, 393-397.

Reşitoğlu, İ. A., 2010, Atık Yağlardan Üretilmiş Biyodizelin Dizel Motor Performans ve Emisyonuna Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 55-58.

Ryu, K., 2010, The Characteristics Of Performance and Exhaust Emissions Of A Diesel Engine Using A Biodiesel With Antioxidants, *Bioresource Technology,* 101, 78-82.

Smith, P. C., Ngothai, Q., Nguyen D. and O'Neil B. K., 2010, Improving The Low-Temperature Properties Of Biodiesel: Methods and Consequences, *Renewable Energy*, 35, 1145-1151.

Smith, T. R., Kersey, V. and Bidwell, T., 2001, The Effect Of Engine Age, Engine Oil Age and Drain Interval On Vehicle Tailpipe Emission and Fuel Efficiency, *Society Of Automotive Engineers,*110,1838-1861.

Taylor, C. M., 1998, Automobile Engine Tribology-Design Considerations For Efficiency and Durability, , *Elsevier*, 221, 1–8.

Taylor, G., 2008, Biofuels and Biorefinery Concept, *Energy Policy*, 36**,** 4406 - 4409.

Totten, G. E., Westbrook, S.R. and Rajesh, J., 2003, Fuels and Lubricants Handbook: Technology, Properties, Performance and Testing, *ASTM International,* U.S.A., 115-249.

Türkay, S., 2005, Biyodizel Üretim Teknolojileri, Türkiye'de Biyodizel Üretimindeki Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler Çalıştayı, *Tübitak Mam Enerji Enstitüsü*, Ankara.

Utlu, Z., 2003, Türkiye'nin 2023 Yılı Enerji ve Ekserji Kulanım Verimliliğinin Belirlenmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 10.

Varatharajan, K. and Cheralathan, M., 2012, Influence Of Fuel Properties and Composition On NO_x Emissions From Biodiesel Powered Diesel Engines: A Review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 3702-3710.

Vipper, A., Zadko, I., Karaulov, A. and Ermolaev, M., 2001, Antifriction Action Of Engine Oil Additives, *Lubrication Science*, 14, 43-56.

Yamık, H., 2002, Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü,* Ankara, 12.

EKLER

EK-1 Motor performans ve egzoz emisyonları değerleri

Deney Yöntemi	Motor Performans Deneyi														
Deney Yağı	Aspir Yağı Metil Esteri														
Deney Tipi	**M_{100}** (% 100 Motorin)														
Tekrar Sayısı	Ortalama														
Devir Sayısı	min^{-1}	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000
Motor Momenti	Nm	12,29	18,63	44,03	48,44	48,21	49,22	53,36	52,95	54,01	53,62	54,13	54,21	54,96	55,09	54,5
Efektif Güç	kW	3,05	4,43	10,10	10,64	10,09	9,81	10,09	9,41	9,05	8,41	7,93	7,39	6,87	6,34	5,70
Özgül Yakıt Tüketimi	g/kWh	496,01	421,43	370,52	343,59	361	345,76	353,64	334,13	325,47	315,45	299,76	313,11	314,08	310,85	319,87
Egzoz Emisyonları																
CO	% vol	0,02	0,03	0,33	0,39	0,30	0,59	0,34	0,28	0,33	0,32	0,36	0,96	1,57	2,15	2,76
CO_2	% vol	1,27	1,24	1,98	1,91	1,57	2,86	1,69	1,55	1,79	1,70	1,89	3,93	6,86	8,12	9,41
HC	Ppmvol	7	4	9	7	4	1	2	6	3	3	5	11	17	27	40
O_2	% vol	19,09	19,07	17,34	17,45	18,24	15,74	18,28	18,42	17,99	17,76	17,61	12,70	8,01	3,58	1,25
SO_2	Ppm	8	20	28	30	29	34	39	36	34	30	21	36	45	73	91
NO_X	Ppm	12	6	10	11	8	19	9	12	16	16	18	28	54	76	84

Deney Yöntemi	Motor Performans Deneyi															
Deney Yağı	Aspir Yağı Metil Esteri															
Deney Tipi	**$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$** (% 95 Motorin + % 2,5 Aspir Biyodizeli + % 2,5Biyoetanol)															
Tekrar Sayısı	Ortalama															
Devir Sayısı	min^{-1}	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000
Motor Momenti	Nm	12,76	16,25	42,48	48,04	48,97	52	52,23	54,11	54,71	54,31	54,56	54,78	55,65	55,91	55,7
Efektif Güç	kW	3,20	3,88	9,80	10,60	10,41	10,39	10,11	10,11	9,20	8,55	7,91	7,42	6,96	6,43	5,87
Özgül Yakıt Tüketimi	g/kWh	419,13	387,44	384,95	362	353,70	334,57	332,15	318,10	308,75	306,76	303,19	301,18	305,31	311,12	319,98
Egzoz Emisyonları																
CO	% vol	0,102	0,04	0,22	0,36	0,58	0,60	0,61	0,46	0,58	0,61	0,60	0,81	1,18	2,38	2,64
CO_2	% vol	1,02	1,77	2,32	2,51	2,87	2,96	2,94	2,53	2,90	3,01	3,35	4,28	5,97	9,16	9,93
HC	Ppmvol	3	4	4	10	11	13	12	14	20	22	25	27	30	38	54
O_2	% vol	20,85	18,51	17,27	17,95	15,90	15,86	15,70	16,66	16,08	15,67	14,89	12,85	8,69	3,97	1,12
SO_2	Ppm	1	17	18	19	21	24	27	29	25	26	17	26	33	65	75
NO_X	Ppm	2	4	11	15	24	21	20	18	25	26	35	42	67	101	128

Deney Yöntemi	Motor Performans Deneyi															
Deney Yağı	Aspir Yağı Metil Esteri															
Deney Tipi	**$E_5B_5M_{90}$** (% 90 Motorin + % 5 Aspir Biyodizeli + % 5 Biyoetanol)															
Tekrar Sayısı	Ortalama															
Devir Sayısı	min^{-1}	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000
Motor Momenti	Nm	11,92	15,24	31,3	47,96	49,19	51,08	52,24	53,9	54,24	54,78	54,67	54,21	54,96	55,06	54,61
Efektif Güç	kW	2,97	3,65	7,15	10,52	10,41	10,21	9,94	9,57	9,08	8,64	8,08	7,38	6,91	6,36	5,71
Özgül Yakıt Tüketimi	g/kWh	452,62	427,13	357,93	357,31	347,31	336,24	320,27	319,67	305,33	301,12	301,76	308,65	307,58	312,46	313,17
Egzoz Emisyonları																
CO	% vol	0,04	0,04	0,02	0,33	0,50	0,56	0,63	0,36	0,37	0,44	0,55	0,69	1,34	2,12	2,59
CO_2	% vol	1,54	1,60	1,54	2,23	3,76	3,59	3,78	2,75	2,83	2,92	3,53	4,52	6,94	9,90	10,97
HC	Ppmvol	20	15	14	11	16	14	12	10	11	9	16	21	27	34	46
O_2	% vol	18,53	18,70	18,50	17,46	14,83	14,41	14,69	16,28	16,16	15,85	14,75	12,32	8,68	3,68	1,22
SO_2	Ppm	7	12	10	17	14	18	16	17	18	21	18	26	33	54	69
NO_X	Ppm	9	8	9	14	22	24	27	21	23	29	35	58	70	105	137

Deney Yöntemi	Motor Performans Deneyi															
Deney Yağı	Aspir Yağı Metil Esteri															
Deney Tipi	**$E_5B_{2.5}M_{92.5}$** (% 92,5 Motorin + % 2,5 Aspir Biyodizeli + % 5 Biyoetanol)															
Tekrar Sayısı	Ortalama															
Devir Sayısı	min^{-1}	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000
Motor Momenti	Nm	10,27	16,31	44,35	48,13	49,96	49,61	51,4	52,45	52,4	52,71	54,44	56,33	56,12	56,2	55,43
Efektif Güç	kW	2,55	3,91	10,18	10,61	10,47	9,86	9,72	9,22	8,78	8,28	8,05	7,66	7,08	6,48	5,80
Özgül Yakıt Tüketimi	g/kWh	482,26	388,31	360,75	357,24	340,54	333,56	323,79	320,96	320,52	319,53	308,37	317,67	321,85	347,98	335,47
Egzoz Emisyonları																
CO	% vol	0,01	0,01	0,15	0,34	0,28	0,18	0,20	0,19	0,23	0,24	0,25	0,86	1,31	2,07	2,37
CO_2	% vol	1,23	1,27	1,08	2,17	1,65	1,58	1,59	1,59	1,57	1,61	1,86	3,42	6,39	8,27	9,15
HC	Ppmvol	8	5	6	9	7	5	4	3	3	3	4	12	19	28	40
O_2	% vol	19,17	19,01	18,98	16,08	18,46	18,44	18,66	18,49	18,53	18,10	17,80	12,46	8,48	3,24	1,86
SO_2	Ppm	1	1	19	24	16	13	11	11	12	12	18	21	34	58	69
NO_X	Ppm	10	9	8	12	6	7	8	10	14	18	22	44	72	80	99

Deney Yöntemi	Motor Performans Deneyi															
Deney Yağı	Aspir Yağı Metil Esteri															
Deney Tipi	**$E_{2.5}B_5M_{92.5}$** (% 92,5 Motorin + % 5 Aspir Biyodizeli + % 2,5 Biyoetanol)															
Tekrar Sayısı	Ortalama															
Devir Sayısı	min^{-1}	2400	2300	2200	2100	2000	1900	1800	1700	1600	1500	1400	1300	1200	1100	1000
Motor Momenti	Nm	16,42	39,54	46,07	47,65	49,22	50,78	52,09	52,24	53,13	53,32	53,28	53,65	54,47	55,42	55,13
Efektif Güç	kW	4,13	9,42	10,58	10,47	10,34	10,10	9,79	9,29	8,88	8,37	7,79	7,31	6,84	6,37	5,76
Özgül Yakıt Tüketimi	g/kWh	490,29	400,73	396,05	379,59	361,54	350,28	323,68	325,89	321,13	320,49	322,97	321,89	320,43	317,87	330,73
Egzoz Emisyonları																
CO	% vol	0,02	0,02	0,18	0,19	0,23	0,10	0,13	0,10	0,59	0,50	0,55	1,13	1,21	1,64	2,62
CO_2	% vol	1,42	2,06	1,03	1,93	1,39	0,58	0,71	0,57	2,79	2,58	2,86	5,02	5,70	8,23	9,46
HC	Ppmvol	8	7	5	8	6	3	4	2	18	17	18	21	22	29	40
O_2	% vol	18,82	17,77	19,40	18,63	18,88	20,08	20,31	20,51	16,28	16,19	15,32	11,90	10,15	3,96	1,63
SO_2	Ppm	1	6	14	14	15	10	11	7	9	10	11	8	15	24	49
NO_X	Ppm	8	8	4	13	7	6	9	12	22	25	30	48	58	81	116

EK-2 Motor yağlama yağı özellikleri

Numune	Yoğunluk 15^0C (kg/m^3)	Kinematik Viskozite 40^0C (mm^2/s)	Kinematik Viskozite 100^0C (mm^2/s)	Su Miktarı (ppm)	Bakır Çubuk Korozyon
Petrol Ofisi – 0 h	894,2	171,73	19,18	1844,7	1a
M_{100} – 20 h	894,0	169,71	19,25	1935,4	1a
M_{100} – 40 h	894,5	171,89	19,56	1882,6	1a
M_{100} – 60 h	894,8	173,55	19,73	1833,3	1a
M_{100} – 80 h	895,3	175,69	19,77	1909,8	1a
M_{100} – 100 h	895,8	177,65	19,93	1801,8	1a
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 20 h	894,2	169,28	18,92	1753,6	1a
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 40 h	894,8	169,96	19,15	1787,8	1a
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 60 h	895,1	170,86	19,62	1694,5	1a
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 80 h	895,8	172,71	19,65	1800,8	1a
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 100h	896,6	177,08	19,69	1752,9	1a
$E_5B_5M_{90}$ – 20 h	893,7	168,11	18,94	1911,2	1a
$E_5B_5M_{90}$ – 40 h	894,1	171,57	19,48	1808,7	1a
$E_5B_5M_{90}$ – 60 h	894,4	172,68	19,65	1830,2	1a
$E_5B_5M_{90}$ – 80 h	894,8	173,13	19,75	1825,7	1a
$E_5B_5M_{90}$ – 100h	895,1	174,21	19,98	1765,8	1a
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 20 h	893,7	168,55	19,28	1991,9	1a
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 40 h	894,1	171,03	19,96	1979,5	1a
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 60 h	894,5	174,92	19,99	1893,8	1a
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 80 h	894,6	178,11	20,01	1915,5	1a
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 100h	894,9	179,15	20,16	1801,1	1a
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 20 h	894,3	170,28	19,24	1987,2	1a
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 40 h	894,9	174,82	19,53	1954,6	1a
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 60 h	895,1	175,45	19,56	1914,8	1a
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 80 h	895,6	178,77	19,64	1947,3	1a
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 100h	896,2	179,11	19,87	1807,4	1a

EK-3 Motor yağlama yağı içindeki aşınma elementi değerleri

Numune	Fe (ppb)	Cu (ppb)	Al (ppb)	Pb (ppb)	Cr (ppb)
M_{100} – 20 h	13225,61	475,05	3079,56	1955,96	225,17
M_{100} – 40 h	13531,42	546,79	3792,17	1963,95	279,27
M_{100} – 60 h	16365,31	912,87	4937,71	2336,42	335,77
M_{100} – 80 h	16992,98	994,56	5303,97	2357,64	340,52
M_{100} – 100 h	17983,54	1194,21	5695,52	2784,57	451,75
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 20 h	13907,71	715,94	2552,21	1986,05	213,07
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 40 h	14717,56	811,61	3486,27	1997,06	261,77
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 60 h	16684,73	1032,93	4229,27	2306,97	305,47
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 80 h	14881,11	1145,04	4994,66	2174,25	353,35
$E_{2.5}B_{2.5}M_{95}$ – 100h	17248,22	1296,54	5236,33	2289,48	437,69
$E_5B_5M_{90}$ – 20 h	12327,73	426,31	2782,52	1875,71	169,04
$E_5B_5M_{90}$ – 40 h	13745,59	495,41	4806,85	1863,76	228,68
$E_5B_5M_{90}$ – 60 h	16163,64	846,44	4818,44	1946,42	269,29
$E_5B_5M_{90}$ – 80 h	16268,07	870,15	4923,03	2046,72	320,84
$E_5B_5M_{90}$ – 100h	17356,67	939,73	5172,28	2127,21	439,62
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 20 h	13184,19	318,65	2776,37	1806,31	275,01
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 40 h	14201,34	387,46	3389,95	1788,92	207,12
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 60 h	17568,93	707,58	5567,03	2416,61	300,64
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 80 h	17607,11	947,13	5944,96	2385,37	267,27
$E_5B_{2.5}M_{92.5}$ – 100h	19689,51	1058,03	6401,52	2590,03	366,71
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 20 h	13478,77	423,24	3207,51	2052,71	142,95
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 40 h	11457,91	491,42	4488,88	2003,76	120,21
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 60 h	15043,49	962,79	5136,33	2274,05	166,93
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 80 h	12534,51	814,68	5450,41	2025,51	140,66
$E_{2.5}B_5M_{92.5}$ – 100h	14641,41	884,96	5970,51	2132,71	163,61

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Fatih AYDIN
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya 01.01.1978
Telefon : 0332 223 23 90
Faks : 0332 241 01 85
e-mail : faydin@selcuk.edu.tr

EĞİTİM

Derece		Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	Meram Endüstri Meslek Lisesi, Meram, KONYA	1994
Üniversite	:	Gazi Üniversitesi, Teknik Okullar, ANKARA	1999
Yüksek Lisans	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2006
Doktora	:	Selçuk Üniversitesi, Selçuklu, KONYA	2014

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
1999 - 2000	Aksaray Teknik ve E.M.L.	Motor Öğretmeni
2000 - 2005	Niğde Üniversitesi Aksaray M.Y.O.	Öğretim Görevlisi
2005 - 2007	Selçuk Üniversitesi Çumra M.Y.O.	Öğretim Görevlisi
2007 - 2012	Selçuk Üniversitesi Teknik EğitimFak.	Öğretim Görevlisi
2012 -	Selçuk Üniversitesi Teknik Bil. M.Y.O.	Öğretim Görevlisi

UZMANLIK ALANI

Biyoyakıtlar, Alternatif Enerji Kaynakları, Motor Yağlama Yağı, Otomotiv.

YABANCI DİLLER

İngilizce

YAYINLAR

Aydın, F. ve Acaroğlu, M., 2006, Otomotivlerde Kullanılan Alternatif Yakıtların Çevreye Etkisinin İncelenmesi, *3. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu*, Muğla.

Aydın, F. ve Acaroğlu, M., 2006, Otomotivlerde Sıralı Gaz Fazı LPG Enjeksiyon Sistemleri ve Özelliklerinin İncelenmesi, *Makine İhtisas Dergisi*, 40, 46-54.

Aydın, F., 2008, Buji İle Ateşlemeli Motosiklet Motorlarında LPG Kullanımının İncelenmesi, *Makine İhtisas Dergisi*, 58, 32-35.

Aydın, F., 2008, Taşıtlardan Kaynaklanan Hava Kirliliği, *Ulusal Hava Kalitesi Sempozyumu,* Konya.

Aydın, F. ve Acaroğlu, M., 2008, Sıralı Gaz Fazı LPG Enjeksiyon Sisteminde Taşıt Gücünün İncelenmesi, *4. Ulusal Ege Enerji Sempozyumu*, İzmir (Yüksek Lisans Tezinden yapılmıştır).

Aydın, F. ve Acaroğlu, M., 2009, İçten Yanmalı Motorlarda Lpg ve Doğalgaz Sistemlerinin Karşılaştırılması, *5. Uluslar Arası İleri Teknolojiler Sempozyumu*, Karabük.

Ünaldı, M. ve Aydın, F., 2010, Otomobillerde Yeni Aktif Güvenlik Sistemi: Adaptif Far Sistemi, E-Journal of New World Sciences Academy, 5(3), 288-298.

Aydın, F. and Acaroğlu, M., 2010, Sequential LPG Systems And Installation Failures In Gasoline Vehicles, *The 11th Internatıonal Congress On Automotıve And Transport Enıineering*, Brasov, Romania.

Özuluyol, A., Aydın, F. and Acaroğlu, **M., 2010,** The Influence of Oxidation Additives to the Fuel Properties in Cottonseed Oil Mthyl Ester, *The 11th Internatıonal Congress On Automotıve And Transport Enıineering*, Brasov, Romania.

Aydın, F. and Boru, F., 2011, Selective Catalytic Reduction System Used In Diesel Engines, *11th International Conference On Management Of Innovative Technologies & 2nd International Conference On Sustainable Life In Manufacturing*, Fiesa, Slovenia.

Taşyürek, M., ve Aydın, F., 2011, Otomobillerde Yeni Direksiyon Sistemi: Elektro Hidrolik Direksiyon Sistemi, *Makine İhtisas Dergisi*, 83, 8-11.

Aydın, F., and Acaroğlu, M., 2012, Investigating The Effect Of Sequent Gas Phase LPG Injection System On Vehicle Performance And Exhaust Emissions, *Energy Education Science And Technology Part A: Energy Science And Research,* Special Issue: 553-560. (Yüksek Lisans Tezinden yapılmıştır).

Öğüt, H., Oğuz, H. and Aydın, F., 2013, The Effect Of Engine Performance Of Different Injector Pressure At Safflower Oil Biodiesel Fuel, *Journal of Agricultural Machinery Science*, 9 (2), 93-97.