



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**



**KETENCİK ETİL ESTERİNİN YAKIT
OLARAK KULLANIMINDA MOTORUN
PERFORMANS VE EMİSYONLARINA
ETKİSİ**

Hasan AKAY

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı

**Mayıs-2017
KONYA
Her Hakkı Saklıdır**

TEZ KABUL VE ONAYI

Hasan Akay tarafından hazırlanan “Ketencik Etil Esterinin Yakıt Olarak Kullanımında Motorun Performans ve Emisyonlarına Etkisi” adlı tez çalışması 13/05/2017 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan
Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

Danışman
Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN

Üye
Prof. Dr. Ali KAHRAMAN

İmza


.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Mustafa YILMAZ
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Grubu tarafından 114M838 nolu proje kapsamında yapılmıştır.

Bu tez çalışması Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Koordinatörlüğü tarafından 15201111 nolu proje kapsamında yapılmıştır.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu seminerdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this seminar document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.



Hasan Akay

13/05/2017

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****KETENCİK ETİL ESTERİNİN YAKIT OLARAK KULLANIMINDA
MOTORUN PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİ****Hasan AKAY****Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman: Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN****2017, 80 Sayfa****Jüri****Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU****Prof. Dr. Ali KAHRAMAN****Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN**

Bu çalışmada ham ketencik yağından etanol kullanımı ile elde edilen ketencik etil esteri biyodizelinin belirli oranda diesel yakıtı ile karıştırılarak, motor performans, egzoz emisyon ve yanma karakteristik değerlerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmalar, 4 silindirli 1900 cc Turboşarj beslemeli Common - Rail sistemine sahip olan 105 BG gücünde bir diesel motor ile gerçekleştirilmiş, motor dinamometresi yardımıyla motor performans ölçümleri yapılmıştır. Egzoz emisyon ölçümleri ise emisyon ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Deneyle 3 tekrar ile yapılarak sonuçların ortalaması alınmıştır. Test sonuçları; motor performans, egzoz emisyon ve yanma karakteristik değerleri bakımından detaylı olarak incelenmiş ve yorumlanmıştır. Motor performans sonuçları diesel yakıtı ile karşılaştırıldığında, ketencik etil esteri yakıtı ve yakıt karışımının motor momenti ve motor güç değerlerinde bir miktar azalma tespit edilmiş, özgül yakıt tüketimi değerlerinde ise artış tespit edilmiştir. Egzoz emisyon değerleri diesel yakıtı ile karşılaştırıldığında, ketencik etil esteri yakıtı ve yakıt karışımının CO, CO₂, HC ve duman yoğunluğu değerlerinde azalma tespit edilmiş, NO_x emisyon değerlerinde ise bir miktar artış meydana gelmiştir. Yanma karakteristik değerlerinin diesel yakıtı ile karşılaştırılması sonucunda ise, ketencik etil esteri yakıtı ve yakıt karışımının silindir içi basınç değerlerinde bir miktar düşüş tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, Common - Rail, Ketencik Etil Esteri, Motor Performans, Egzoz Emisyon, Yanma Karakteristikleri.

ABSTRACT**MS THESIS****THE EFFECTS OF CAMELINA ETHYL ESTER USE AS FUEL ON THE
ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS****Hasan AKAY****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE IN AUTOMOTIVE
ENGINEERING****Advisor: Assoc. Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN****2017, 80 Pages****Jury****Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU
Prof. Dr. Ali KAHRAMAN
Assoc. Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN**

This study is intended to determine engine performance, exhaust emission and combustion characteristics values by mixing camelina ethyl ester biodiesel, which is obtained from raw camelina oil by using ethanol, with diesel fuel proportionately. The studies were performed with a 4-cylinder, 1900 cc, turbocharger and 105 HP diesel engine with Common - Rail system and engine performance measurements were carried out by means of engine dynamometer. Exhaust emission measurements were performed with emission measuring device. Experiments were conducted three times and the averages of the results were taken. Test results were investigated and interpreted in details in terms of engine performance, exhaust emission and combustion characteristics. When the results of the engine performance were compared to diesel fuel, some reductions were detected in engine moment and engine power values of camelina ethyl ester fuel and fuel mixture but an increase was found in specific fuel consumption values. When exhaust emission values were compared to diesel fuel, a reduction was found out in CO, CO₂, HC and opacity of exhaust values of camelina ethyl ester fuel and in fuel mixture, but a small increase occurred in NO_x emission values. As a result of the comparison between combustion characteristics and diesel fuel, some reductions were discovered in in-cylinder pressure values of camelina ethyl ester fuel and in fuel mixture.

Keywords: Biodiesel, Common - Rail, Camelina Ethyl Ester, Engine Performance, Exhaust Emission, Combustion Characteristic.

ÖNSÖZ

Petrolün sonlu bir kaynak olmasından ziyade; oluşumundaki döngünün uzun yıllar sürmesi, petrol payındaki seviyelerin ilerleyen zamanlarda düşeceğini göstermektedir. Petrol payındaki seviyenin düşmesi, petrolün kullanım alanlarını kısıtlayacak ve bu durum, ülkeler için her anlamda ciddi sıkıntılar doğuracaktır. Ayrıca petrolün çevreye vermiş olduğu zararlar günümüze kadar bütün kesimler tarafından söylenmekte ve bilinmektedir. Bu durumlar taşıt yakıtlarında büyük kullanım alanına sahip olan petrolün yerine, biyoyakıtların kullanımını uzun yıllardır gündemde tutmuştur. Biyodizel, diesel motorlarda en fazla kullanım alanı bulan ve üzerinde sürekli çalışma yapılan, bazı özelliklerinin diesel yakıtına yaklaştırılmaya çalışıldığı bir biyoyakıt çeşididir. Biyodizel üretiminde alkol olarak etil alkol ya da metil alkol kullanılmaktadır. Günümüze kadar metil alkol kullanılarak üretilen biyodizel çalışmaları daha ağırlıklı olmuştur. Bu çalışmada etil alkol kullanımı ile ketencik yağından üretilen biyodizel, diesel yakıtı ile biyodizelin belirli hacimsel oranda karıştırılması sonucu elde edilen yakıt karışımı ve diesel yakıtının, motor performans, emisyon ve yanma karakteristiklerine olan etkileri incelenmiştir.

Hayatımın her anında yanımda olan Babam, Annem, Kardeşlerim ve desteğini her anlamda hissettiğim eşim Emine Akay' a sonsuz teşekkür ederim.

Üniversite eğitimim ile birlikte bilgi ve tecrübelerinden sürekli yararlandığım kıymetli hocam Sayın Prof. Dr. Mustafa Acaroğlu' na ve biyodizel çalışmalarına yardımcı olan Sayın Dr. A. Engin Özçelik hocama sonsuz teşekkür ederim.

Yüksek Lisans eğitimimin ilk yılından itibaren kendimi sürekli geliştirmemi sağlayan ve bu konuda her türlü desteğini hissettiğim kıymetli hocam Doç. Dr. Hasan Aydoğan' a sonsuz teşekkür ederim.

Hasan Akay
KONYA-2017

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ	v
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
SİMGELER	x
KISALTMALAR	xi
1. GİRİŞ	1
2. BİYODİZEL	2
2.1 Biyodizel ve Türkiye’deki Mevcut Durum	2
2.2 Biyodizel Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları	2
2.2.1 Biyodizel Kullanımının Avantajları.....	2
2.2.2 Biyodizel Kullanımının Dezavantajları	4
2.3 Biyodizel ve Dizel Yakıtı Standartları.....	5
2.4 Biyodizelin Yakıt Kalitesini Belirleyen Özellikler	9
2.5 Biyodizel Üretim Yöntemleri	14
2.5.1 Transesterifikasyon yöntemi.....	14
2.6 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Alkoller	20
2.6.1 Etanol.....	20
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	23
4. MATERYAL VE YÖNTEM	45
4.1 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Materyaller.....	45
4.1.1 Ketencik Bitkisi ve Ketencik Yağı	45
4.1.2 Etanol.....	46
4.1.3 Sodyum Hidroksit	47
4.1.4 Reaktör.....	48
4.1.5 Motor	48
4.1.6 Motor Dinamometresi.....	49
4.1.7 Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı	49
4.1.8 Yakıt Ölçüm Ünitesi	51
4.2 Yöntem	51
4.2.1 Ketencik Yağından Biyodizel Üretimi	51
4.2.2 Yakıt Karışımlarının Hazırlanması.....	52

4.2.3 Deney Düzenineğinin Hazırlanması	52
4.2.4 Deneyin Yapılması	53
5. ÖLÇÜMLER VE HESAPLAMALAR	53
5.1 Devir Sayısı	53
5.2 Moment.....	53
5.3 Efektif Güç	53
5.4 Silindir içi Basınç	53
5.5 Özgül Yakıt Tüketimi.....	53
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	54
6.1 Motor Performansı.....	54
6.1.1 Motor momenti	55
6.1.2 Motor gücü.....	56
6.1.3 Özgül yakıt tüketimi	57
6.2 Egzoz Emisyonları.....	58
6.2.1 CO Emisyonu.....	59
8.2.2 CO ₂ Emisyonu.....	60
8.2.3 HC Emisyonu.....	61
6.2.4 NO _x Emisyonu	62
8.2.5 Duman Koyuluğı.....	63
6.3 Yanma Karakteristiğı.....	64
7. SONUÇLAR.....	66
7.1 Motor Moment Değerleri (Tork Değerleri).....	66
7.2 Motor Gücü Değerleri	66
7.3 Özgül Yakıt Tüketim Değerleri.....	67
7.4 CO Emisyon Değerleri	68
7.5 CO ₂ Emisyon Değerleri	68
7.6 HC Emisyon Değerleri	69
7.7 NO _x Emisyon Değerleri.....	69
7.8 Duman Koyuluğı Değerleri	69
7.9 Silindir İçi Gaz Basınç Değerleri	70
8. ÖNERİLER	71
9. KAYNAKLAR	72
ÖZGEÇMİŞ	80

ŞEKİLLER DİZİNİ

- Şekil 2.1:** Transesterifikasyon Reaksiyon Denklemi
Şekil 2.2: Biyodizel Üretim Yöntemi Denklemi
Şekil 2.3: Reaktör
Şekil 2.4: Gliserinin Reaksiyon Kabından Alınması
Şekil 2.5: Biyodizelden Alkolün Uzaklaştırılması İşlemi
Şekil 2.6: Saf Su ile Yıkanan Biyodizel
Şekil 2.7: Üretimi Tamamlanmış Biyodizel
Şekil 2.8: Biyodizelin Üretim Akış Şeması
Şekil 4.1: Ham Ketencik Yağı ve Ketencik Etil Esteri
Şekil 4.2: C₂H₅OH - Etanol
Şekil 4.3: NaOH - Sodyum Hidroksit
Şekil 4.4: Biyodizel Üretiminde Kullanılan Reaktör
Şekil 4.5: Doblo 1.9 Multijet Motoru
Şekil 4.6: Motor Dinamometresi Kontrol Paneli
Şekil 4.7: Bosch BEA Emisyon Ölçüm Cihazı
Şekil 4.8: Hassas Terazî
Şekil 4.9: Deney Test Düzenegi
Şekil 6.1: Yakıt Türlerinin Motor Momenti Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.2: Yakıt Türlerinin Motor Gücü Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.3: Yakıt Türlerinin Özgül Yakıt Değerleri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.4: Yakıt Türlerinin CO Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.5: Yakıt Türlerinin CO₂ Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.6: Yakıt Türlerinin HC Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.7: Yakıt Türlerinin NO_x Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.8: Yakıt Türlerinin Duman Koyuluğu Değerleri Açısından Karşılaştırılması
Şekil 6.9: Silindir İçi Basınç Değerleri

ÇİZELGELER DİZİNİ

- Çizelge 2.1:** Avrupa Biyodizel Standartları
Çizelge 2.2: Amerika Biyodizel Standartları
Çizelge 2.3: Avrupa Motorin Standartları
Çizelge 2.4: Amerika Motorin Standartları
Çizelge 2.5: Etanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri
Çizelge 2.6: Üretilen YAME ve YAEE' nin Özelliklerinin Karşılaştırılması
Çizelge 4.1: Motor Teknik Özellikleri
Çizelge 4.2: Bosch BEA 350 Emisyon Ölçüm Cihazı Teknik Özellikleri
Çizelge 6.1: DY Yakıtının Motor Performans Değerleri
Çizelge 6.2: DY80 - KEE20 Yakıt Karışımının Motor Performans Değerleri
Çizelge 6.3: KEE Yakıtının Motor Performans Değerleri
Çizelge 6.4: DY Yakıtının Egzoz Emisyon Değerleri
Çizelge 6.5: DY80 - KEE20 Yakıt Karışımının Egzoz Emisyon Değerleri
Çizelge 6.6: KEE Yakıtının Egzoz Emisyon Değerleri



SİMGELER

BG	: Beygir gücü (Hp)
Md	: Döndürme momenti (Nm)
be	: Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
Ne	: Efektif güç (kW)
Pe	: Efektif basınç (MPa)
n	: Motor devri (d/d)
ρ	: Yoğunluk (kg/m ³)
μ	: Viskozite (mm ² /sn)
°C	: Santigrad derece
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
H	: Hidrojen
HC	: Hidrokarbon
NO _x	: Azot oksit
O ₂	: Oksijen
SO ₂	: Kükürtdioksit
NaOH	: Sodyum hidroksit
KOH	: Potasyum hidroksit

KISALTMALAR

AÖN	: Alt ölü nokta
AYEE	: Ayçiçek yağı etil esteri
B2	: %2 Biyodizel + %98 Diesel
B5	: %5 Biyodizel + %95 Diesel
B10	: %10 Biyodizel + %90 Diesel
B15	: %15 Biyodizel + %85 Diesel
B20	: %20 Biyodizel + %80 Diesel
B30	: %30 Biyodizel + %70 Diesel
B50	: %50 Biyodizel + %50 Diesel
B75	: %75 Biyodizel + %25 Diesel
B100	: %100 Biyodizel
DY	: Diesel yakıtı
DY80 - KEE20	: %80 Diesel yakıtı + %20 Ketencik etil esteri
KEE	: Ketencik etil esteri
KMA	: Krank mili açısı
KYME	: Kanola yağı metil esteri
PKDY	: Petrol kökenli dizel yakıtı
PME	: Pamuk yağı metil esteri
SRC	: Silicon controlled rectifiers
S.M.E	: Soya yağı etil Esteri
TTYME	: Tütün tohumu yağı metil esteri
ÜÖN	: Üst ölü nokta
YAME	: Yağ asidi metil esteri
YAEE	: Yağ asidi etil esteri
YHME	: Yabani hardal yağı metil esteri

1. GİRİŞ

Enerji kaynağı olarak genellikle petrol kökenli benzin ve motorinin kullanıldığı içten yanmalı motorlar, icadından sonra hızlı bir şekilde gelişme göstermiş, endüstride ve günlük hayatımızda önemli bir yere sahip olmuştur. İçten yanmalı motorlar deniz, kara ve hava taşımacılığının büyük bir bölümünde kullanım alanı bulmuştur. Sahip olduğu bu potansiyel ile birlikte özellikle son yıllarda gerek enerji kaynakları doğrultusunda yaşanan sorun ve sıkıntılar, gerekse bu kaynakların kullanımı neticesinde meydana gelen çevresel tehditler, kaynak kullanımını doğrultusunda yeni arayışlara yönelimi doğurmuş, alternatif kaynak arayışlarını gündeme getirmiştir (Dinçbaş, 2007).

Ülkemizde tüketilen enerjinin büyük bir bölümü, yakıt olarak içten yanmalı motorlarda kullanılmaktadır. Dolayısıyla alternatif enerji olarak biyokütleden elde edilecek sıvı yakıtlar cazip hale gelmektedir. Biyodizel yakıtları, ülkemizde rahatlıkla üretilebilecek olmaları ve diesel motorlarında yakıt olarak kullanılma potansiyelleri bulunması sebebiyle, bitkisel yağlar ve bunların türevleri olarak ön plana çıkmaktadır. Bitkisel yağlardan üretilen en önemli diesel yakıtı ise biyodizeldir (Soysal, 2008).

Rudolph Diesel ilk olarak 10 Ağustos 1893' te Almanya' nın Ausburg şehrinde kendi icadı olan motorunun denemesini gerçekleştirmiş ve 1898' te Paris Dünya Fuarı'nda yer fıstığı yağını yakıt olarak kullanan motorunu sergilemiştir. 1911 yılında "Bitkisel yağların motor yakıtı olarak kullanımının ülkelerin tarımının gelişimine ciddi bir katkısı olacağını" ifade etmiş ve 1912' de "Bitkisel yağların motorlarda kullanımı günümüzde önemsiz görünebilir, ancak bitkisel yağlar zamanla petrol ve kömür katranı kadar önem kazanacak" demiştir (Ulusoy ve ark., 2004).

Biyodizel, bitkisel ve hayvansal yağlar gibi yenilenebilir biyolojik kaynaklardan kimyasal ve biyolojik yöntemler yardımıyla elde edilen, diesel motorlarda yakıt olarak kullanılan alternatif enerji kaynağıdır. Biyodizelin yenilenebilir bir enerji kaynağı olması, zehirli atık içermemesi, üretiminin kolay olması, çevre dostu olması gibi birçok üstünlükleri vardır (Öner, 2011).

Biyodizel petrol ve türevlerini içermez, fakat saf olarak ya da her oranda petrol kökenli fosil yakıtlarla karıştırılarak yakıt olarak kullanılabilir. Biyodizel ve her orandaki fosil kökenli yakıtlarla karışımı, diesel araçlarda herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan kullanılabilir. Yapılan bu çalışmada diesel yakıtı (DY), %80 diesel yakıtı - %20 ketencik etil esteri (DY80 - KEE20) yakıt karışımı ve ketencik etil esteri (KEE) yakıtlarının, diesel motorunda performans ve emisyonlara olan etkileri incelenmiştir.

2. BİYODİZEL

2.1 Biyodizel ve Türkiye'deki Mevcut Durum

Biyodizel genellikle ülke şartlarında yağ verimi yüksek herhangi bir bitkinin yağından ve atık kızartma yağlarından üretilebilir. Biyodizel, biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki bir alternatif yakıttır. Biyodizel bitkisel yağ - katalizör - alkol kullanılarak elde edilen bir yakıttır. Biyodizel üretiminde; kanola, aspir, keten, hindistancevizi, pamuk, ketencik, bıtım, mısır, fıstık, soya, ayçiçek, zeytin, palm, hint, bezir, susam, fındık bitkilerinden elde edilen yağlar kullanılabilir. Bu bitkisel yağların birbirleri ile karışımlarında kullanılabilir. Türkiye' de biyodizel için Avrupa Birliğinin EN 14214 standardı aynen kabul edilmiştir. Amerika'da geçerli olan standart ise ASTM D6751 standardıdır (Alptekin, 2013).

2005 Yılında tesislerini kuran Biyodizel Üreticileri Ar - Ge faaliyetlerine ağırlık vermiş ve yaklaşık 90000 ton fiili üretim yapmışlardır. 2005 Yılında Biyodizel Üretim Amaçlı bitkisel yağ ithalatı 42000 ton olarak gerçekleşmiştir. 2005 yılında ülkemizde üretilen 1200 ton kanolanın tamamı Biyodizel için alınmış, geri kalan üretimde yerli pamuk ve soya kullanılmıştır (Oğuz ve Öğüt, 2006).

Ülkemizde Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun (EPDK) benzin ve motorin için yayınladığı tebliğ ile; piyasaya akaryakıt olarak arz edilen motorin türlerinin, yerli tarım ürünlerinden üretilmiş yağ asidi metil esteri (YAME) içeriğinin, 1 Ocak 2014 tarihi itibarıyla en az yüzde 1, 1 Ocak 2015 tarihi itibarıyla en az yüzde 2, 1 Ocak 2016 tarihi itibarıyla en az yüzde 3 olmasını zorunlu kılmıştır fakat yönetmelik yürürlüğe girmemiş ve ertelenmiştir (Albayrak, 2014).

Türkiye' de Samsun' da Enerji Bitkileri Araştırma Enstitüsünün kurulmuş olması da devletimizin konuya verdiği önemi göstermektedir (Acaroğlu, 2013).

2.2 Biyodizel Kullanımının Avantaj ve Dezavantajları

2.2.1 Biyodizel Kullanımının Avantajları

Biyodizelin doğrudan ve dolaylı ve dolaylı olmak üzere sağlamış olduğu pek çok avantajı bulunmaktadır. Biyodizel kullanımının avantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Diesel yakıtı gibi performans ve kararlı çalışma sağlayabilmektedir (Aydın, 2007),
- Diesel yakıtına oranla motorda daha iyi yağlayıcı özelliğe sahiptir. Özellikle düşük sülfürlü dizel yakıtlarda azalan yağlayıcılığı biyodizel kullanarak artırmak mümkündür (Çengelci, 2011),

- Biyodizelin setan sayısı, diesel yakıtının setan sayısından daha yüksek olduğu için motor daha az vuruntulu çalışmaktadır (Ejder, 2007),
- Biyodizelin parlama noktası, diesel yakıtından daha yüksektir ve bu sayede taşıma ve depolamada daha güvenlidir (Kaya, 2010),
- Alt ısı değerleri diesel yakıtının alt ısı değerine yakın değerdedir (Ejder, 2007),
- Emisyon değerleri daha az (NO_x hariç) olduğundan, sürdürülebilir gelecek, sağlıklı bir kalkınma, çevre korunması ve küresel ısınma gibi konularda diesel yakıtlara oranla daha zararsız bir yakıttır,
- Diesel yakıtı ile motorda herhangi bir değişikliğe ihtiyaç duyulmadan karışım halinde kullanılabilir (Oğuz ve Ögüt, 2006),
- Çözücü olması nedeniyle, motoru güç azaltıcı birikintilerden temizleme özelliği vardır (Ejder, 2007),
- Yenilenebilir bir kaynaktır ve yerel imkanlarla üretilir (Kaya, 2010),
- Biyodizel yapımında kullanılan hammadde çeşitliliği fazladır,
- Anti - toksit etkilidir, kanserojenik madde ve kükürt içermez (Balcı, 2009),
- Biyolojik olarak kolay ayrışabildiği ve toksik olmadığı için biyodizelin kullanımı daha güvenlidir (Dağ, 2013),
- Petrole bağımlılığı azaltması nedeniyle ekonomik ve stratejik olarak katkı sağlar,
- Küçük (evsel) ve sanayi tipi üretiminin ekonomik uygulanabilirliği, ulaşım dışında ısıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun olması, biyodizelin avantajlarından (Yaşar, 2016),
- Kırsal kesimin sosyoekonomik yapısında iyileşme sağlar ve bu sayede kırsal alandan kentlere göçün önlenmesine katkıda bulunur (Özdemir, 2011),
- Evsel ve endüstriyel bazı kullanılmış yağların değerlendirilmesine olanak sağlamaktadır. Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilir. Atık maddelerin değerlendirilmesi yeryüzündeki atık miktarını azaltır (Yaşar, 2016),
- Biyodizel üretiminin artmasıyla petrol fiyatlarındaki anormal artışlar, talebin bir kısmının veya tamamının biyodizel ile karşılanması ile önlenmiş ve bu sayede ulaşım, ısınma, tarımsal ve endüstriyel üretim maliyetlerinin kontrol altına alınmasıyla enflasyon artışı belli ölçüde kontrol altında tutulmuş olacaktır,

- Ülkemizin petrol kullanımında dışa bağımlı olduğu düşünüldüğünde, böyle bir yerli üretimin ülkemiz açısından özgürlük oluşturacağı düşünülmektedir (Utku, 2009),
- Biyoyakıt üretiminden geriye kalan organik yapıdaki atıkların hayvan yemi olarak kullanılmasıyla hayvancılığın gelişimine katkıda bulunmaktadır.

2.2.2 Biyodizel Kullanımının Dezavantajları

Biyodizel yakıt çalışmalarında üzerinde sürekli iyileştirme yapılan ve kullanımı sırasında karşılaşılan bazı olumsuzluklar bulunmaktadır. Bu olumsuz durumlardan kaynaklı olarak, biyodizel kullanımının dezavantajlarını şu şekilde sıralayabiliriz;

- Isıl değerinin diesel yakıtına yakın olması ile birlikte bir miktar düşük olması, diesel motorda yanma sonucunda bir miktar performans düşmesine yol açmaktadır (Nişancı, 2007),
- Yüksek akma ve bulutlanma noktaları sebebiyle soğuk hava şartlarından diesel yakıtına göre daha çabuk etkilenir. Bu durum biyodizelin soğuk iklim bölgelerinde kullanımını sınırlandırıcı bir faktördür (Kaya, 2010),
- Yakıt tüketimi, ısıl değeri diesel yakıtının ısıl değerinden düşük olduğu için hacim esnasında %10 - 12, ağırlık esnasında ise %5 - 6 daha fazla olmaktadır (Yaşar, 2016),
- Setan sayılarının diesel yakıtına göre düşük olması sebebiyle tutuşma gecikmeleri oluşmaktadır. Bu durum doymuş yağlardan biyodizel üretimi ile giderilebilir. Çünkü orta veya uzun zincirli doymuş hidrokarbonların setan sayıları yüksektir,
- Diesel yakıtına göre içerisinde daha fazla oksijen bulunması sebebiyle azot oksit (NO_x) emisyonları diesel yakıtına göre daha yüksektir. Bu durum ise, yanma sıcaklığı azaltılarak aşılabilir (Balcı, 2009),
- Biyodizel yakıtı yüksek oranlı doymamış yağlardan üretildiğinde, diesel yakıtından çok daha hızlı bir şekilde oksitlenmektedir. Bu durumdan dolayı, biyodizel üretiminde doymuş yağların kullanılmasına dikkat edilmelidir (Şen, 2012),
- Biyodizelin diesel yakıtına göre soğuk iklimlerde donması, yüksek viskoziteye sahip olması, ısıl enerjisinin düşük olması ve uzun süre depo edildiğinde jelleşmesi gibi özelliklerinden dolayı yakıt filtrelerinin ve enjektörlerin

tıkanmasına sebep olabilir. Fakat bu durum filtelerin ve yakıt pompasının düzenli bir şekilde bakıma alınması ile ortadan kaldırılabılır (Utku, 2009),

- Biyodizel yakıtı yağlama yağının seyrelmesine sebep olabilmektedir (Altınsoy, 2006),

2.3 Biyodizel ve Dizel Yakıtı Standartları

Üretilen esterlerin biyodizel olarak tanımlanabilmesi, diesel motorlarda sorunsuz bir şekilde ve uzun bir zaman periyodunda kullanılması için belirli standartları sağlaması gerekmektedir. Bu standartlar biyodizel için, Avrupa' da EN 14214, Amerika' da ise ASTM D6751 olarak belirlenmiştir. Motorin standartları ise Avrupa' da EN 590, Amerika' da ASTM D975 motorin standartları olarak belirlenmiştir (Alptekin, 2013).

Avrupa ve Amerika biyodizel standardı, birbirine benzer standartlardır. Birkaç özellik dışında aralarında fazla fark bulunmamaktadır. Örneğin; Avrupa biyodizel standartlarında biyodizelin setan sayısı 51 iken, Amerika biyodizel standardında ise 47, Avrupa biyodizel standardında biyodizelin içerebileceği maksimum kükürt miktarı 10 ppm iken, Amerika biyodizel standartlarında 15 - 500 ppm arasındadır.

Avrupa ve Amerikan motorin standartları incelendiğinde, motorin standart değerlerinin birbirine benzer olduğu görülebilir. Örneğin; Avrupa motorin standartlarında setan sayısı en düşük 51 iken, Amerika motorin standartlarında bu değer 40' tır. Bakır şerit korozyon özelliği için standart değer Avrupa motorin standartlarında en kötü No 1 iken, Amerika motorin standartlarında No 3' e kadar düşmektedir. Avrupa biyodizel standartları çizelge 2.1' de, Amerika biyodizel standartları çizelge 2.2' de, Avrupa motorin standartları çizelge 2.3' de ve Amerika motorin standartları ise çizelge 2.4' te verilmiştir.

Çizelge 2.1: Avrupa Biyodizel Standartları - (EN 14214) (Ölçüm, 2006)

Özellik	Birim	EN 14214 Mart 2010	Standart
Yoğunluk (15°C)	kg.m ³	860 - 900	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Viskozite (40°C)	mm ² .s ⁻¹	3,5 - 5,0	EN ISO 3104
Parlama Noktası	°C	101 min.	EN ISO 2719 EN ISO 3679
Setan Sayısı	-	51 min.	EN ISO 5165
Sülfür İçeriği	mg.kg ⁻¹	10 mak.	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Fosfor İçeriği	mg.kg ⁻¹	4 mak.	EN ISO 14107
Su İçeriği	mg.kg ⁻¹	500 mak.	EN ISO 12937
Asit Değeri	mg KOH.g ⁻¹	0,50 mak.	EN 14104
Serbest Gliserin	% (kütlesele)	0,02 mak.	EN 14105 EN 14106
Toplam Gliserin	% (kütlesele)	0,25 mak.	EN 14105
Sülfat Külü İçeriği	% (kütlesele)	0,020 mak.	ISO 3987
Metanol İçeriği	% (kütlesele)	0,20 mak.	EN 14110
Monoglisericid	% (kütlesele)	0,80 mak.	EN14105
Diglisericid	% (kütlesele)	0,20 mak.	EN 14105
Triglisericid	% (kütlesele)	0,20 mak.	EN 14105
Ester İçeriği	% (kütlesele)	96,5 min.	EN 14103
Linolenik Asit Metil Ester İçeriği	% (kütlesele)	12,0 mak.	EN 14103
Karbon Kalıntısı (%10 Danıtma Kalıntısında)	% (kütlesele)	0,30 mak.	EN ISO 10370
Çoklu Doymamış (≥ 4 Çift Bağ) Metil Ester İçeriği	% (kütlesele)	1 mak.	EN 15779
İyot Değeri	g I.100 g ⁻¹	120 mak.	EN 14111
Oksidasyon Stabilizesi (110°C)	saat	6 min.	EN 15751 EN14112
Bakır Şerit Korozyon (3 h, 50°C)	Korozyon derecesi	No 1 mak.	EN ISO 2160
Toplam Kirlilik	mg.kg ⁻¹	24 mak.	EN 12662
Gurup I Metaller (Na+K)	mg.kg ⁻¹	5 mak.	EN 14108 EN 14109 EN 14538
Gurup II Metaller (Ca+Mg)	mg.kg ⁻¹	5 mak.	EN 14538

Çizelge 2.2: Amerika Biyodizel Standartları - (ASTM D6751) (Alptekin, 2013)

Özellik	Birim	ASTM D6751 - 11b	Standart
Viskozite (40°C)	mm ² .s ⁻¹	1,9 - 6,0	D445
Parlama Noktası	°C	93 min.	D93
Alkol Kontrolü (Bir tanesi yeterlidir) Metanol İçeriği Parlama Noktası	% (kütlesele) °C	0,2 130	EN 14110 D93
Su ve Tortu	% (hacimsel)	0,05 mak.	D2709
Setan Sayısı	-	47 min.	D613
Sülfür İçeriği S 15 S500	mg.kg ⁻¹	15 mak. 500 mak.	D5453 D5453
Fosfor İçeriği	mg.kg ⁻¹	10 mak.	D4951
Asit Değeri	Mg KOH.g ⁻¹	0,50 mak.	D664
Serbest Gliserin	% (kütlesele)	0,02 mak.	D6584
Toplam Gliserin	% (kütlesele)	0,24 mak.	D6584
Sülfat Külü İçeriği	% (kütlesele)	0,020 mak.	D874
Karbon Kalıntısı (% 100 Biyodizel)	% (kütlesele)	0,050 mak.	D4530
Oksidasyon Stabilizesi (110°C)	saat	3 min.	EN 15751
Bakır Şerit Korozyon (3 h, 50°C)	Korozyon derecesi	No 3 mak.	D130
Gurup I Metaller (Na+K)	mg.kg ⁻¹	5 mak.	EN 14538
Gurup II Metaller (Ca+Mg)	mg.kg ⁻¹	5 mak.	EN 14538
Distilasyon %90 Geri Kazanım	°C	360 mak.	D1160
Bulutlanma Noktası	°C	bölgesel	D2500
Soğuk Halde Filtreleme -12°C Altındaki Kullanımda	saniye	360 mak. 200 mak.	D7501 D7501

Çizelge 2.3: Avrupa Motorin Standartları - (EN 590) (Aydoğan, 2008)

Özellik	Birim	EN 590 Haziran 2010	Standart
Setan Sayısı	-	51 min.	EN ISO 5165 EN 15195
Setan İndisi	-	46 min.	EN ISO 4264
Yoğunluk (15°C)	kg.m ³	820 - 845	EN ISO 3675 EN ISO 12185
Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar	% (kütlesele)	8 mak.	EN 12916
Kükürt	mg.kg ⁻¹	10 mak.	EN ISO 20846 EN ISO 20884
Parlama Noktası	°C	55 min.	EN 22719
Karbon Kalıntısı (%10 distilasyon kalıntısı)	% (kütlesele)	0,30 mak.	EN ISO 10370
Kül	% (kütlesele)	0,01 mak.	EN ISO 6245
Su	mg.kg	200 mak.	EN ISO 12937
Toplam Kirlilik	mg.kg	24 mak.	EN 12662
Bakır Şerit Korozyon (3 h, 50°C)	Korozyon derecesi	No 1 mak.	EN ISO 2160
Oksidasyon Kararlılığı	g.m ⁻³ saat	25 mak. 20 min.	EN ISO 12205 EN 15751
Yanma Özelliği, düzeltilmiş aşınma izi çapı (wsd 1,4), 60°C' de	µm	460 mak.	EN ISO 12156
Viskozite (40°C)	mm ² .s ⁻¹	2,0 - 4,5	EN ISO 3104
Distilasyon 250°C' de elde edilen 350°C' de elde edilen %95' in elde edildiği sıcaklık	% (hacimsel) % (hacimsel) °C	65 mak. 85 min 360 mak.	EN ISO3405
Yağ Asidi Metil Esteri	% (hacimsel)	7 mak.	EN 14078
Soğuk Filtre Tıkama Nok. Yaz Kış	°C	-15 +5	EN 116

Çizelge 2.4: Amerika Motorin Standartları - (ASTM D975) (Alptekin, 2013)

Özellik	Birim	ASTM D975 - 11	Standart
Viskozite (40°C)	mm ² .s ⁻¹	1,9 - 4,1	D445
Parlama Noktası	°C	52 min.	D93
Su ve Tortu	% (hacimsel)	0,05 mak.	D2709
Kül İçeriği	% (kütlesele)	0,01 mak.	D482
Setan Sayısı	-	40 min.	D613
(Bir tanesinin uyması yeterlidir) Setan İndeksi Aromatiklik	- % (hacimsel)	40 min. 35 mak.	D976 D1319
Sülfür İçeriği S 15 S500	mg.kg ⁻¹	15 mak. 500 mak.	D5453 D5453
Asit Değeri	mg KOH.g ⁻¹	0,3 mak.	D664
Karbon Kalıntısı (%10 Danıtma Kalıntısında)	% (kütlesele)	0,35 mak.	D524
Bakır Şerit Korozyon (3 h, 50°C)	Korozyon derecesi	No 1 mak.	EN ISO 2160
Bakır Şerit Korozyon (3 h, 50°C)	Korozyon derecesi	No 3 mak.	D130
Distilasyon %90 Geri Kazanım	°C	282 - 338	D86
Bulutlanma Noktası	°C	rapor	D2500
Yağlayıcılık (HFRR 60°C)	µm	520 mak.	D6079
İletkenlik	İletkenlik birimi (Ölçüm)	25 min.	D2624

2.4 Biyodizelin Yakıt Kalitesini Belirleyen Özellikler

Biyodizel yakıtında olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir;

Yoğunluk: Bitkisel kökenli yağlardan elde edilen biyodizel yakıtlarının yoğunlukları diesel yakıtlarına yakın olmakla birlikte biraz daha fazladır. Çeşitli yakıt ve yağları birbirinden kolay ve çabuk ayırabilecek özelliklerden birisidir. Ham petrolden üretilen yakıtların ve yağların yoğunluklarının tayin edilmesi bunların tanınması yönünden

önemli bir özelliktir. Yoğunluk sıcaklıkla az da olsa değişir, teknik ölçümlerde ölçü sıcaklığı 20°C belirlenmiş olsada ticarete çoğu zaman 15°C ile hesaplanır (Gökmen, 2015).

Viskozite: Sıvıların akmaya karşı göstermiş oldukları direncin ölçüsüdür. Dinamik viskozite ile kinematik viskozite birbirlerinden farklıdır. Dinamik viskozite bir sıvıya uygulanan kayma gerilmesi ile sıvının kayma hızının arasındaki orandır. Dinamik viskozite bazen dinamik viskozite katsayısı veya sadece viskozite olarak adlandırılır. Bu sebeple, dinamik viskozite bir sıvının akmaya ya da deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür. Kinematik viskozite ise, bir akışkanın yerçekimi etkisi altında akmaya karşı gösterdiği dirençtir (Acaroğlu, 2013).

Soğukta akış özelliği: Diesel motor yakıtı için yapılan önemli testlerden birisi de soğukta filtre tıkanma noktasıdır. Bu özellik bilhassa soğuk hava şartları altında diesel motorlar için hayati bir öneme sahiptir. Bu özellik IP309/80, DIN EN 116' da belirtilen standart yöntemlerle belirlenmektedir. Soğukta filtre tıkanma noktası, DIN normunda maksimum olarak 15 Nisan - 30 Eylül arasında 0°C, 1 Ekim - 15 Kasım arasında -10°C, 16 Kasım - 28 Şubat arasında -20°C, 1 Mart - 14 Nisan içinde -10°C olarak verilmektedir. Bu durum yakıtların soğukta kullanımında problem çıkartmaktadır. Diesel yakıtı için soğukta filtre tıkanması veya akma noktası değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Biyodizel soğukta filtre tıkanması ve akma noktası diesel yakıtına benzer şekilde belirlenebilmektedir (Utku, 2009).

Setan sayısı: Bir yakıtın kendi kendine tutuşma kabiliyetini gösteren ölçüdür. Setan sayısı diesel motorlarında yanmanın seyrine etki eden en önemli parametrelerden biridir. Yakıtın vurutuya karşı direncini gösterir. Oktan sayısı gibi ölçülebilen bir özelliktir. Setan sayısı yüksek olan yakıtlarda tutuşma gecikmesi periyodu kısalmış ve sonuçta yanma düzenli bir şekilde devam eder. Setan sayısı düşük olan yakıtlarda tutuşma gecikmesi safhası uzar. Dolayısıyla bu safhada püskürtülen yakıt miktarı da artar. Yanmanın başlaması ile birlikte bu safhada püskürtülen yakıtın tamamı bir anda yanmaya başlar. Sonuç olarak silindir içerisinde ani bir basınç artışı meydana gelir. Bu ani basınç artışı motor parçalarına etki ederek motorun gürültülü çalışmasına ve yanmanın kötüleşmesine sebebiyet vermektedir. Bu duruma diesel vurutusu adı verilmektedir. Sonuçta vurutulu çalışan bir motorda; güç kaybı, ilk harekette zorlanma,

karbon birikintisi, motorun geç ısınması, fazla yakıt tüketimi gibi aksaklıklar meydana gelebilmektedir (Aydın, 2007).

İyot sayısı: İyot sayısı yağların doymamışlığının bir ölçüsüdür. Bu özellik yakıt oksidasyonu yaslanma ürünlerinin çeşidini ve enjektörlerde oluşan birikimleri etkilemektedir. Yağ çeşidi iyot sayısını etkileyen önemli bir parametredir (Güler, 2008).

Parlama noktası: Sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer oluşturduğu en düşük sıcaklığa parlama noktası adı verilmektedir. Biyodizelin diesel yakıtı karşısındaki başlıca üstün özelliklerinden birisi de parlama noktasının yüksek olmasıdır. Yüksek parlama noktası yakıtın depolama, taşıma kolaylığı ve güvenliğini beraberinde getirmektedir (Öztürk, 2007).

Yakıtın ısı değeri: Kalori değeri olarakta söylenen bu değer çok önemli bir faktördür. Motorun silindirlerinde yandığı zaman, motorun geliştirebileceği güç miktarı, yakıtın verebileceği kalorik enerjiye bağlıdır. Genel olarak bitkisel yağlardan elde edilen biyodizellerin ısı değeri petrol türevi diesel yakıtından daha düşüktür. Bu nedenle biyodizel kullanımında aynı gücü elde edebilmek için tüketilen yakıt miktarı daha fazla olmaktadır. Dolayısıyla özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Biyodizel yakıtlarının ısı değerinin diesel yakıtına nazaran daha düşük olması ayrıca motorun termik veriminin düşüş göstermesine sebebiyet vermektedir (Aydın, 2007).

Yanma noktası: Açık potada alev alma noktasından sonra sıcaklık daha da yükselirse çıkan gazlar homojen bir alevle yanarlar, bu sıcaklığa yanma noktası denmektedir. Bu nokta alev çekildiği halde yanmanın devam ettiği noktadır. Yanma noktası genellikle parlama (alevlenme) noktasından 30 - 40°C daha yüksektir (Gökmen, 2015).

Donma derecesi: Yakıtın soğuk havalarda kullanılma kabiliyetidir. Belli bir sıcaklığa kadar soğuyan yakıt molekülleri kristalleşir ve sıcaklık daha fazla düşünce donar. Kristalleşmiş yakıt, yakıt sistemini tıkayarak yakıtın akışına engel olur. Bu nedenle yakıtların donma noktası bölgenin dış hava sıcaklığından 5-10 °C daha düşük olmalıdır (Özdemir, 2011).

Bulutlanma ve akma noktası: Bulutlanma noktası, soğuk depolama şartlarında ilk bulutunun gözlemlendiği sıcaklıktır. Akma noktası, soğuk depolama şartlarında yakıtın akıcılığını devam ettirebildiği en düşük sıcaklıktır. Doymuş esterlere göre doymamış esterlerin moleküller arası etkileşimleri daha zayıf olduğundan daha düşük sıcaklıklarda kristallenir. Bütün biyodizel yakıtların bulutlanma ve akma noktaları diesel yakıtına göre 20-25°C daha yüksektir (Şen, 2012).

Kendiliğinden tutuşma noktası: Sıcaklık artırılırsa belli bir zamanda karışım kendi kendine tutuşur. Bu sıcaklığa da kendiliğinden tutuşma noktası denir. Benzin için 475 - 530°C iken dizel yakıtı için ise 170 - 350°C' dir (Acaroğlu, 2013).

Yakıtlardaki su miktarı: Yakıtların içerisinde su bulunması, yanmanın düzenli olmaması ve ısıl değerin düşük olması sonucunu ortaya çıkarmaktadır. Eğer yakıtta su varsa soğuğa dayanıklılık azalır. Bitkisel yağlar temelde su içermezler ancak bitkisel yağın üretimi ve depolanması esnasında karşılaşılabilir. Yakıtların belli oranda su içermeleri motor için dezavantaj değildir. Su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NO_x emisyonlarını azaltabilir (Altınsoy, 2006).

Tortu maddeleri: Su ve tortu maddeleri birlikte değerlendirilir. Buradaki tortu taş, toprak, kum v.b. maddelerden ibarettir. Birde pis atık yağ denilen tortu maddesi vardır. Bu maddeler yakıt ve yağların bünyesinde bulunan hidrokarbonların oksidasyonu sonucu oluşan kimyasal bileşiklerdir. Bu tortular organik yapıda olan tortulardır.

Karbon artığı: Oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simule edilerek DIN EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerinde veya yanma odasında karbon birikmesine sebep olmaktadır. Denemeler, biyodizelin pratikte yok denecek kadar az karbon artığı bıraktığı ve maksimum değerin kütleinin %0,4' ü kadar olduğunu göstermiştir (Nişancı, 2007).

Kükürt miktarı: Düşük sıcaklıkta ve kesintili çalışmalarda yüksek kükürt miktarı diesel motorlarda sorun yaratmaktadır. Yüksek nem yoğunlaşmasının meydana geldiği durumlarda soğuk korozyon ve motor aşınması olur. Yakıtın kükürt içermesi durumunda özellikle egzoz borularında ve susturucuda kükürt birikmesi olur. Bu

durumda kükürt, sülfirik aside dönüşerek egzoz çürümesine neden olur (Gökmen, 2015).

Kül ve tuz miktarı: Bazı ağır yakıt ve yağların içerisinde bir miktar katı pislik veya maddeler bulunur, bunların bir kısmı yanıcıdır. Bu yönden motor için bir sakınca oluşturmazlar, bir kısmı ise yanıcı değildir. Bunlara kül denir. Silindir içerisinde istenmeyen bir bakiye olarak kalırlar ve aynı zamanda silindirlere aşındırıcı etkileri vardır.

Yakıtlarda yağ: Motor yakıtı için önemli bir noktada yakıtın yağsız olmasıdır. Diesel yakıtlarda sülfür miktarının düşük olmasından dolayı yakıt yağlayıcılığı çok zayıftır. Bu durum enjeksiyon pompalarını ve motor ömrünü kısıtlamaktadır. Yakıtın yağlayıcılığı ne kadar iyi olur ise motor ömrü de o kadar uzun olur. Biyodizel yağlayıcılığı bakımından diesel yakıtına oranla çok daha iyidir (Aydın, 2014).

Süzülebilme: Filtre tıkanma noktası yeteneği, yakıtların süzülebilme yeteneğinin saptanabilmesi için 100 cm³ yakıtın 0,5 atm basınçta 6 mm çaplı ve 1mm dokuma aralıklı 10 adet yuvarlak delikli bakır süzgeçten geçebilmesi için gerekli süre ölçülür. Bu sürenin iki katı ölçü olarak alınır. Sıcaklık yaz mevsimi dizel yakıtları için -5°C ve kış mevsimi dizel yakıtları için -13°C kabul edilmiştir. Bu sıcaklıkta 30 veya 60 saniye süzülme olmalıdır (Acaroğlu, 2013).

Koku ve renk: Bir yakıt sert ve yakıcı değil, tersine olabildiğince saf ve aromatik kokmalıdır. Yakıtların rengi esas olarak kaynağına ve bir takım fiziksel özelliğine bağlıdır. Koyu renkli yakıtlar daha çok cracking ürünü içerirler ve oktan sayıları yüksektir. Daha açık renkli yakıtların karbon oranları genellikle daha azdır (Gökmen, 2015).

Işığa dayanıklılık: Işık uzun zamanda etki ederek yakıtların görünüşünü değiştirir. Benzinler özellikle cracking benzinleri ve benzoller sarı renk alırlar bu arada reçineye benzeyen ayrılmalar gösterirler. Biyodizelde ise ışığın oksidasyona etkisi söz konusudur.

Depo edilme dayanıklılığı: Diesel yakıtlarının bekletilmesi sonucu yakıtın iletilmesini engelleyen ayrılmalar meydana gelebilir. Biyodizelde depolama şartları ve depo malzemesinin yakıt özelliğine etkisi önemlidir. Biyodizel diesel yakıtının depolandığı koşullarda ve yerlerde depolanabilir. Biyodizel taşıma ve depolama açısından güvenlidir. Dizel yakıtının taşınması sırasında güvenliğini arttırmak amacıyla içerisinde belli oranlarda biyodizel karıştırılması uygulamaları yapılmaktadır (Rasimoğlu, 2011).

2.5 Biyodizel Üretim Yöntemleri

Bitkisel yağların enerji içerikleri, fosil kökenli dizel yakıtları ile hemen hemen aynıdır. Ancak diesel yakıtına göre viskozitesi 10-20 kat daha fazladır. Bu yüksek viskozite; enjektörlerde tıkanma, soğuk havalarda motorun ilk çalıştırılmasında problem ve motorun ömrünün kısaltması gibi olumsuzluklar oluşturmaktadır. Bu sebeple, motorun bitkisel yağa uygun hale getirilmesi ya da yakıtın motora uygun hale getirilmesi gerekmektedir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Bu nedenle bitkisel yağların öncelikle yüksek viskozite problemi çözümlenmelidir. Bu amaçla uygulanan yöntemler şunlardır;

- Seyreltme
- Mikroemülsiyon oluşturma
- Piroliz
- Transesterifikasyon
- Süper kritik yöntem

Bu tez çalışmasında biyodizel üretiminde transesterifikasyon yöntemi kullanılmıştır.

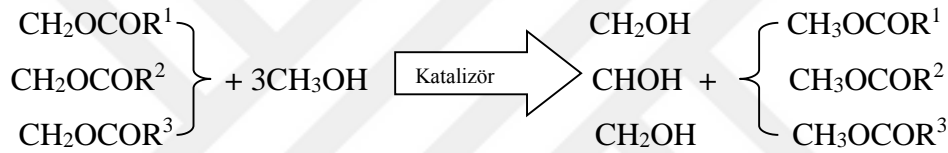
2.5.1 Transesterifikasyon yöntemi

Bitkisel yağ - katalizör - alkol reaksiyonunda bu giren malzemelerden biyodizel elde etmeye kimyasal olarak transesterifikasyon denir. Günümüzde biyodizel üretiminde en fazla tercih edilen yöntem katalizör eşliğinde transesterifikasyon yöntemidir. Bunun başlıca sebepleri;

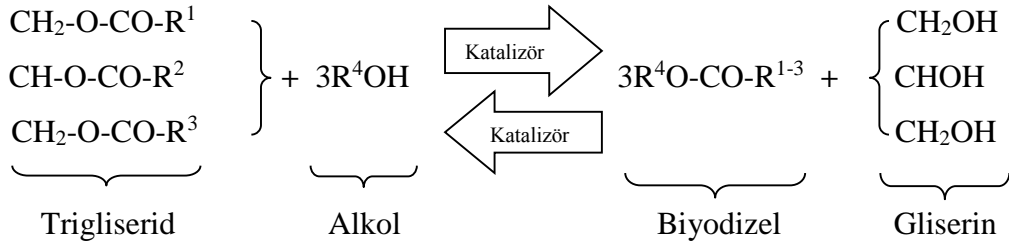
- Düşük basınç ve düşük sıcaklık da gerçekleşmesi
- Minimum reaksiyon zamanında yüksek dönüşüm (%98) sağlaması
- Ara bileşenler olmadan direk biyodizel üretilebilmesi
- Zehirli hiçbir maddeye yapım aşamasında ihtiyaç duyulmaması.

Bitkisel yağlardan biyodizel elde etme işlemi transesterifikasyon olarak adlandırılır. Transesterifikasyon, bir tür esterin başka tür bir estere dönüştürülmesi işlemidir. Ester başka bir molekülle bağ yapabilen bir hidrokarbon zinciridir. Tek bir bitkisel yağ molekülü, bir gliserin molekülüne tutunmuş üç esterden oluşmaktadır. Bitkisel yağlar aynı zamanda trigliserid olarak da adlandırılır. Ayrıca gliserol ester diye de adlandırılmaktadır. Bitkisel yağ molekülünün yaklaşık %20' si gliserindir. Gliserin, gliserol ve gliserid olarak da adlandırılır. Bitkisel yağ bünyesindeki gliserin yağın kalın (yüksek viskozite) ve yapışkan olmasına neden olur. Transesterifikasyon esnasında, bitkisel yağ bünyesindeki gliserin uzaklaştırılarak yağın incilmesi yani viskozitesi düşmesi sağlanır.

Transesterifikasyon reaksiyon denklemi şekil 2.1' de, biyodizel üretim yöntemi denklemi ise şekil 2.2' de gösterilmektedir.



Şekil 2.1: Transesterifikasyon Reaksiyon Denklemi



Şekil 2.2: Biyodizel Üretim Yöntemi Denklemi

Transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmektedir (Arslan, 2015).

Alkol ve katalizörün karıştırılması: Genel olarak kullanılan katalizörler tipik olarak sodyum hidroksit (kostik soda) veya potasyum hidroksittir. Katalizör standart bir karıştırıcı kullanılarak alkol içerisinde çözülür.

Reaksiyon: Alkol/katalizör karışımı kapalı reaksiyon kabı içerisine doldurulur ve bitkisel veya hayvansal yağ ilave edilir. Daha sonra alkol kaybını önlemek amacıyla

sistem tamamen atmosfere kapatılır. Reaksiyon karışımı, reaksiyonu hızlandırmak amacıyla belli bir sıcaklıkta tutulur ve reaksiyon gerçekleşir. Önerilen reaksiyon süresi 1 ile 8 saat arasında değişmektedir ve bazı sistemler reaksiyonun oda sıcaklığında olmasını gerektirir. Hayvansal veya bitkisel yağların kendi esterlerine tamamen dönüştürülmesinden emin olunmasını sağlamak için normal olarak fazla alkol kullanılır. Beslemedeki hayvansal veya bitkisel yağların içerisindeki su ve serbest yağ asitlerinin miktarının izlenmesi konusunda dikkatli olunmalıdır. Serbest yağ asidi veya su seviyesinin yüksek olması sabun oluşumu ve gliserin yan ürününün alt akım olarak ayrılması problemlerine neden olabilir. Reaksiyon sonrasında reaktör soğumaya ve çökmeye bırakılır. Eğer sistemde separatör (ayırıştırıcı) varsa, bekletmeden separatörler ayırıştırılır ve dinlenme tanklarına alınır (Üstün, 2006).

Bitkisel yağ, alkol ve katalizörü tepkimeye sokmak için reaktör kullanılmaktadır. Reaktör şekil 2.3' te verilmiştir.



Şekil 2.3: Reaktör

Ayırma: Reaksiyon tamamlandıktan sonra iki ana ürün gliserin ve biyodizeldir. Her bir reaksiyonda kullanılan miktardan arta kalan, önemli miktarda alkol (etanol - metanol) içerir. Gerek görülürse bazen reaksiyon karışımı bu basamakta nötralize edilir. Gliserin fazının yoğunluğu, biyodizel fazınınkinden çok daha fazla olduğundan, bu iki faz gravite ile ayrılabilir ve gliserin fazı çöktürme kabının dibinden kolayca çekilebilir. Bazı durumlarda bu iki malzemeyi daha hızlı ayırmak amacıyla santrifüj kullanılır (Özdemir, 2011).

Gliserinin reaktör tabanından alınarak biyodizelden ayrılması işlemi şekil 2.4' te verilmiştir.



Şekil 2.4: Gliserinin Reaksiyon Kabından Alınması

Alkolün uzaklaştırılması: Gliserin ve biyodizelin fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol bir flaş buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötrale edilir. Gliserin ve ester fazları ayrılır. Her iki durumda da alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır. Geri kazanılan alkol içerisinde su bulunmamalıdır (Güler, 2008).

Biyodizelin manyetik karıştırıcı ile ısıtılarak alkolün uzaklaştırılması işlemi şekil 2.5' te verilmiştir.



Şekil 2.5: Biyodizelden Alkolün Uzaklaştırılması İşlemi (manyetik karıştırıcı)

Gliserin nötralizasyonu: Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör ve bir asit ile nötrale edilmiş sabunlar içerir ve ham gliserin olarak depolanmak üzere depolama tankına gönderilir. Bazı durumlarda bu fazın geri kazanılması sırasında oluşan tuz, gübre olarak kullanılmak üzere geri kazanılır. Pek çok durumda tuz gliserin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak satışa hazır olan % 80 - 88 saflıkta gliserin

elde etmek amacıyla uzaklaştırılır. Daha sofistike işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar distillenir ve kozmetik ve ilaç sektörüne kullanılabilir (Arslan, 2015).

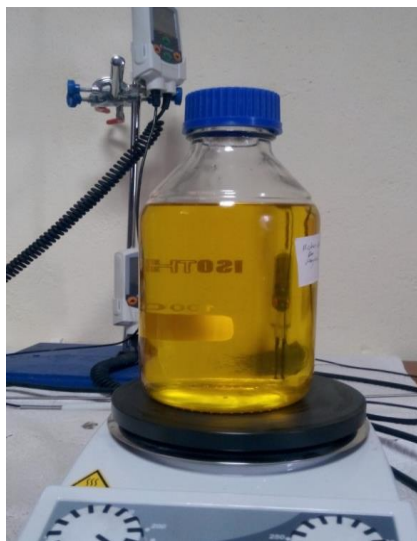
Metil Ester - Etil Ester yıkama işlemi: Gliserinden ayrıldıktan sonra biyodizel kalıntı katalizör ve sabunları uzaklaştırmak amacıyla ılık suyla yavaşça yıkanır, suyu uzaklaştırılır ve depolamaya gönderilir. Bazı proseslerde bu basamak gereksizdir. Bu normal olarak, açık amber - sarı renkte, petrodizele yakın viskoziteli bir sıvı veren üretim prosesinin sonudur. Bazı sistemlerde de biyodizel distillenerek safsızlıkların uzaklaştırılması sağlanır (Üstün, 2006).

Saf su ile yıkanmış biyodizel şekil 2.6' da, yıkama işleminden sonra üretimi tamamlanmış biyodizel ise şekil 2.7' de gösterilmektedir.

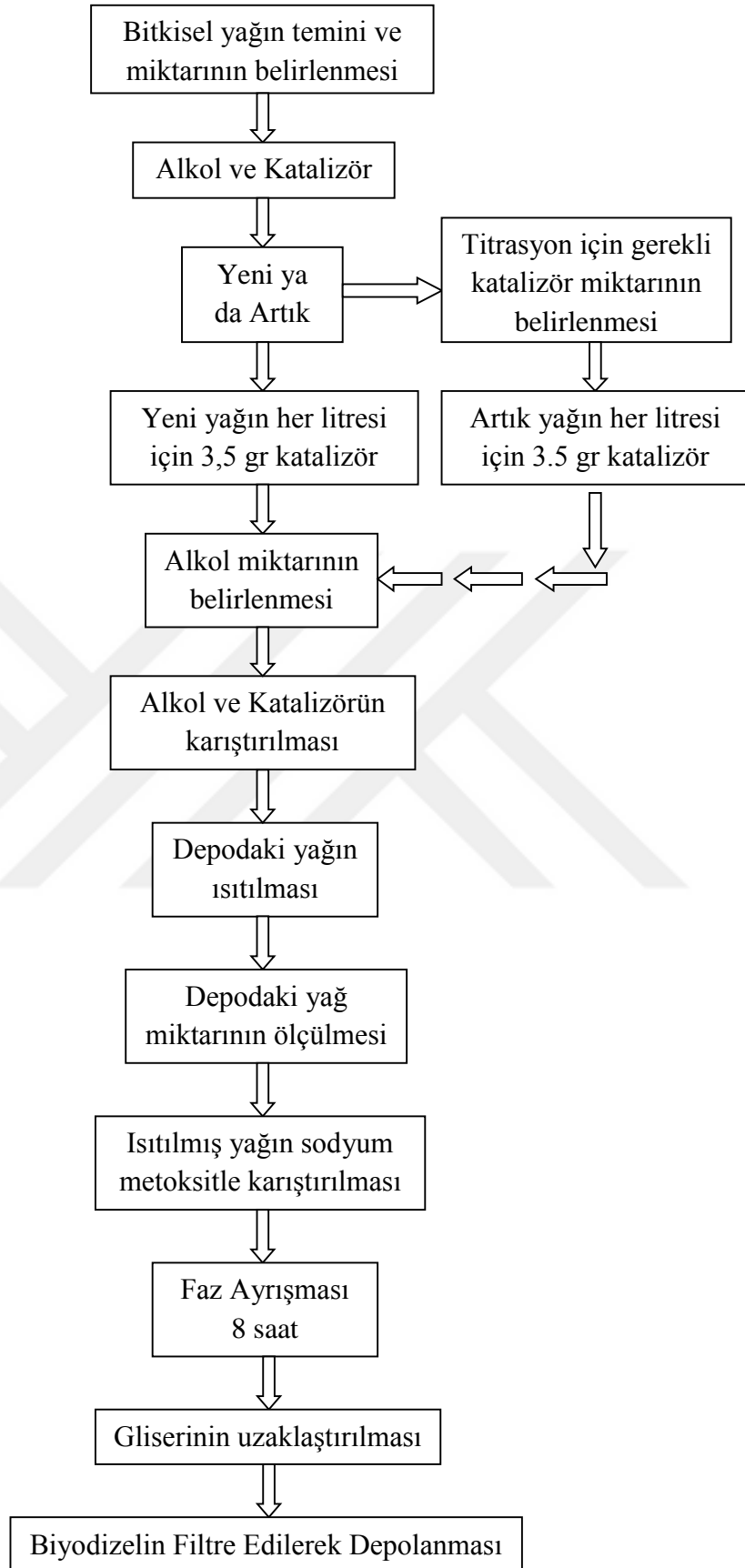
Biyodizel üretimini gösteren akış şeması şekil 2.8' de verilmiştir.



Şekil 2.6: Saf Su ile Yıkanan Biyodizel



Şekil 2.7: Üretimi Tamamlanmış Biyodizel



Şekil 2.8: Biyodizelin Üretim Akış Şeması

2.6 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Alkoller

Biyodizel üretiminde alkol olarak etanol ya da metanol kullanılmaktadır. Bu tez çalışmasında alkol olarak etanol kullanılmıştır.

2.6.1 Etanol

Etanol, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan sıvı alkoldür. Başka bir ifade ile etanol, 78,4°C kaynayabilen, -100°C' a kadar sıvı olarak kalan renksiz bir yakıttır. Yoğunluğu 0,794 kg/lt, alt ısı değeri ise yaklaşık 27350 kJ/kg' dır. Etanol, içerisinde etil alkol bulunan, şeker, şekeri çevrilebilen selüloz veya nişasta gibi maddelerin fermantasyonu sonucu elde edilen bir alkol türüdür. Etanol patates, tahıllar, şeker kamışı ve şeker pancarı gibi tarım ürünlerinden elde edilir (Kaya, 2010).

Etanol oktan sayısının yüksek oluşu nedeniyle, yüksek oktanlı yakıtların (benzin) yerine geçmeye en uygun alternatif yenilenebilir yakıtlardandır. Bununla birlikte, dizel yakıtı göre daha küçük moleküler yapıya sahip olması ve yapısında oksijen bulundurması, dizel yakıtında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metaller içermemesinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etki yapmaktadır (Usta ve ark., 2005).

1970' lerden beri alkollerin (metanol ve etanol) dizel motorlarda kullanımı üzerine çalışmalar devam etmektedir. İlk çalışmalar is ve partikül madde azaltımı üzerine odaklanmıştır. Alkollerin dizel yakıtı eklenmesi ile dizel yakıtın özelliklerinde hem kimyasal hem de fiziksel bazı değişiklikler olmaktadır. Özellikle setan sayısı, viskozite ve alt ısı değeri düşmektedir.

Etanol enzimler yardımı ile karbonhidratların (şeker ve nişasta) katalizlenerek fermantasyonu ile elde edilebilen yenilenebilir bir yakıttır. Fermantasyonda seçilecek karbonhidratlar genellikle mısırdan ve şeker rafinasyonu artığı melastan (şeker pancarı, şeker kamışı), diğer yandan tarımsal ürünlerden patates, pirinç, çavdar ve değişik meyveler kullanılarak bunların yanında kağıt endüstrisi artığı olan selülozdan da üretilmektedir. Etanolün yenilenebilir bir yakıt olması ve dizel yakıt ile daha iyi karışabilme özelliğinin bulunmasından dolayı dizel motorlarda kullanımı son yıllarda ön plana çıkmıştır. Etanol - dizel yakıtı karışımları %20 oranlarına kadar motor üzerinde köklü değişikliklere ihtiyaç duyulmadan kullanılabilir (Usta ve ark., 2005).

Etanol; şeker kamışı, şeker pancarı, gine mısırı, dallı darı, arpa, kenevir, Hibiscus cannabinus, (tatlı) patates, manyok, ayçiçeği, meyveler, melas, kesik süt,

mısır, mısır koçanı, hububat, buğday, tahta, kağıt, saman, pamuk, diğer biyokatılar ile çeşitli selüloz atıkları gibi pek çok farklı besin kaynağından elde edilebilir. Şeker kamışından etanol üretmek, mısıra göre daha verimlidir. Artan etanol tüketiminin sonucu olarak, şeker kamışı ve mısır gibi besin kaynaklarına olan talep de artmıştır. Endüstriyel amaçlı etanol, petrol ürünlerinden, çoğunlukla etilenin, sülfirik asitle katalitik hidrasyonundan elde edilmektedir. Bu proses, alkollü içeceklerle alakalı, geleneksel fermentasyon yönteminden daha ekonomiktir. Aynı zamanda, eten ya da asetilen aracılığıyla, kalsiyum karbit, kömür, doğal gaz ve diğer kaynaklardan da elde edilebilir (Ejder, 2007).

Güncel tekniklerle etil alkol üretimi pahalıdır ve genellikle gıda kaynaklarına dayanmaktadır. Ucuz alkol üretimi için yeni ve ucuz yöntemler geliştirilmelidir (Alakel, 2008).

Çizelge 2.5' te etanolün (etil alkol) fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.5: Etanolün Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri (Alakel, 2008)

Özellik	Etanol (C ₂ H ₅ OH)
Yoğunluk 15°C (kg/m ³)	788
Viskozite 40°C (mm ² /sn)	0,67
Kükürt Miktarı (% kütlese)	0
Setan Sayısı	5 - 15
C/H Oranı	0,333
Moleküler Kütle	46,07
Özgül Kütle Sıvı (kg/dm ³)	0,79
Isıl Değeri (MJ/kg)	26,9
Stokiyometrik Karışım İçin Hava/Yakıt (Kütlese)	8,96
Hava/Yakıt (Hacimsel)	14,3
Buharlaştırma Isısı (MJ/kg)	0,856
Tutuşma Sınırları (% hacim)	3,5 - 19
Adyabatik Alev Sıcaklığı (°C)	1924
Kaynama Noktası (°C)	78,7
Donma Noktası (°C)	-117,7
Oktan Sayısı (Hoekman ve ark.)	106
Oktan Sayısı (MOS)	89

Üretiminde metanol (metil alkol) kullanılarak üretilen biyodizel yağ asidi metil esteri (YAME), üretiminde etanol (etil alkol) kullanılarak üretilen biyodizel ise yağ asidi etil esteri (YAEE) olarak tanımlanmaktadır. Farklı bitkisel yağlardan üretilmiş olan yağ asidi metil esteri (YAME) ve yağ asidi etil esteri (YAEE) biyodizellerinin bazı özelliklerinin karşılaştırılması çizelge 2.6' da verilmiştir.

Çizelge 2.6: Üretilen YAME ve YAEE' nin Özelliklerinin Karşılaştırılması (Dinçbaş, 2007)

Özellik	Kranja Yağı		Ketencik Yağı		Soya Yağı		Prinç Kepeği Yağı	
	YAME	YAEE	YAME	YAEE	YAME	YAEE	YAME	YAEE
Yoğunluk 15°C, g/cm ³	0,88	0,88	–	–	–	–	–	–
Viskozite 40°C	3,99	4,57	4,15	4,48	4,12	4,41	5,54	5,09
Parlama Noktası, °C	160	178	–	–	–	–	153,5	156,5
İyot Değeri, g12/100gr	86,5	86,5	151	144	134	127	–	–
Oksidasyon Stabilizesi, h	–	–	2,5	2,49	5	6	6,87	7,79
Bulutlanma Noktası, °C	12	10	3	2	0	0	5,35	5,10
Akma Noktası, °C	5	4	- 4	- 4	-3	- 4	–	–

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Açıkalm (2013) tarafından yapılan çalışmada, diesel ve soya yağı metil esteri (SME) karışımlarından oluşan SME 20, SME 40 ve SME 100 yakıtları ile 5 farklı püskürtme avansı (üst ölü noktadan önce 8°, 10°, 12°, 16° ve 20° krank mili açısı) ve 3 farklı EGR oranı (%5, %10 ve %15) değerleri kullanılmıştır. Standart püskürtme avansı olan 12° için diesel yakıtı kıyasla SME 20, SME 40 ve SME 100 yakıtlarında sırası ile güçte, momentte, Bosch duman koyuluğunda, partikül madde emisyonunda (PM) azalma, özgül yakıt tüketiminde ve azot oksit (NO_x) emisyonunda artma gözlemlenmiştir. Püskürtme avansı açısından incelendiğinde; tüm yakıtlar için püskürtme rötara alındığında (üst ölü noktaya yakın) güç, moment ve NO_x emisyonunda azalma, özgül yakıt tüketimi, duman koyuluğu ve PM emisyonlarında ise artış meydana gelmektedir. Püskürtme avansa alındığı (üst ölü noktadan uzak) zaman ise güç, moment ve NO_x emisyonunda artma, özgül yakıt tüketimi, duman koyuluğu ve PM emisyonlarında ise azalma olduğu belirlenmiştir.

Afşar (2015) tarafından yapılan çalışmada, atık yağlardan elde edilen biyodizelin bir diesel motorda alternatif yakıt olarak kullanılmasının yanma karakteristikleri, performans ve emisyonlara etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deneysel olarak dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli bir motor kullanılmıştır. Test motoru, diesel yakıtı ve saf biyodizel yakıtları ile sabit hızda ve farklı yüklerde test edilmiştir. Test sonuçlarına göre, biyodizel kullanımı ile silindir basıncı, basınç artış hızı, ısı açığa çıkış oranı ve ortalama yanma sıcaklığının azaldığı, toplam yanma süresinin ise uzadığı belirlenmiştir. Biyodizel ile çalışmada, diesel yakıtına göre fren özgül yakıt tüketiminde %3 artış, fren özgül enerji tüketiminde ise %5 azalma elde edilmiştir. Ayrıca, NO_x, CO ve is emisyonlarında diesel yakıtına göre sırasıyla %17, %33 ve %31 oranlarında azalma, HC emisyonunda ise %24 oranında artış tespit edilmiştir.

Agarwal (2007) tarafından yapılan çalışmada, içten yanmalı motorlar için etanol ve biyodizel yakıtlarının sera gazı emisyonları, yakıt özellikleri, erişilebilirlik, ekonomiklik, motor performansı ve emisyonlar gibi özellikleri incelenmiştir. Bu çalışmada etanolün, biyolojik tabanlı yenilenebilir özelliğinden dolayı alternatif olabileceği ve partikül madde emisyonlarını azalttığı için kullanım potansiyelinin olduğu belirtilmiştir. Bu açıdan etanol karışimli diesel ve benzin yakıtları hakkında inceleme yapılmıştır. Biyodizelin ise diesel yakıtı ile karışabilirliği, emisyonları azaltması ve motor için neredeyse hiç modifikasyon gerektirmemesi açısından

kullanılabilirliğini, yanma analizini ve uzun dönemdeki ekonomik fizibilitesini yapmıştır.

Akdere (2006) tarafından yapılan çalışmada, soya yağı metil esteri (SME)' nin dört zamanlı, dört silindirli, direkt püskürtmeli ve turboşarjlı bir dizel motorunda kullanım imkanı deneysel olarak araştırılmıştır. Diesel yakıtı ve SME deney motorunun orjinal püskürtme avansı (15°)' de test edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. Moment ve güç değerlerinde ortalama olarak sırasıyla %2,04 - %1,98 düşüş, özgül yakıt tüketiminde %13,07 artış ve duman koyuluğu değerlerinde ise yaklaşık %50 oranında düşüş tespit edilmiştir.

Alakel (2008) tarafından yapılan çalışmada, bitkisel soya yağı metil esterinden elde edilmiş biyodizel, diesel yakıtı ve sırası ile % 5, %10, %15 ve %20 oranında etanolün hacimsel olarak karışımları oluşturulmuştur. Yakıt karışımlarının motor devrine göre efektif torkunun %5, %10 ve %15 etanol içeren karışımlarda diesel yakıtının tork değerine çok yakın çıktığı tespit edilmiştir. Hatta bazı zaman kısmen de olsa bir miktar artış olduğu tespit edilmiştir. Etanol miktarı %20 olan karışımlarda motor torkundaki azalma bariz bir şekilde görülmeye başlanmıştır. Efektif güç, bütün karışımlarda diesel yakıtının güç değerine göre çok az düşse de yakın çıktığı tespit edilmiştir. Karışımlar içerisindeki diesele göre düşük alt ısı değere sahip olan soya biyodizeli ve eklenen etanol oranı arttıkça özgül yakıt tüketimi ve toplam yakıt tüketim miktarının arttığı görülmüştür. Aynı motor devri ve sabit orandaki etanol miktarı dikkate alındığında, karışımlarda ortalama %5 ile %10,5 arasında fren termik verimliliğinin arttığı tespit edilmiştir. Bütün veriler göz önüne alındığında hazırlanan yakıtlar içerisinde en iyi sonuçlar %75 diesel, % 15 biyodizel ve % 10 etanol içeren 6 no' lu karışım olduğu sonucuna varılmıştır.

Albayrak (2014) tarafından yapılan çalışmada, transesterifikasyon yöntemi ile kanola yağı metil esteri (KYME) üretilmiştir. Üretilen KYME standart diesel yakıtı ile hacimsel olarak %20, %40 ve %60 oranlarında karıştırılarak KYME20, KYME40, KYME60 yakıtları elde edilmiştir. Elde edilen yakıtların, tam yükte ve farklı devirlerde (1400 d/d, 2000 d/d, 2600 d/d, 3200 d/d) tek silindirli dizel bir motorun performansına, egzoz emisyonlarına ve titreşimine olan etkileri araştırılmıştır. KYME ve standart diesel yakıt karışım oranı arttıkça, güç, tork, CO ve duman yoğunluğunda düşme, özgül yakıt tüketimi, HC ve NO_x emisyonlarında ise artma görülmüştür. Maksimum motor titreşim genliği KYME60 ile elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, KYME' nin diesel

yakıtına yakın özellikler gösterdiğini ve alternatif diesel yakıtı olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Alpgiray (2006) tarafından yapılan çalışmada, kanola yağından elde edilen biyodizelin tek silindirli bir diesel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkileri incelenmiştir. Direkt püskürtmeli, doğal emişli ve 4 zamanlı bir diesel motor kullanılmıştır. Araştırma çalışmaları iki ana bölümden oluşmuştur. Birinci bölümde kanola yağı diesel yakıtına hacimsel olarak %20, %40, %60, %80 oranlarında karıştırılarak seyreltilmiş, daha sonra emisyon ve motor denemeleri yapılmıştır. İkinci bölümde ise, %100 kanola yağından elde edilen yakıt ile motor denemeleri gerçekleştirilmiştir. Denemelerde devir sayılarına bağlı olarak, dönme momenti, emisyon değerleri ve yakıt tüketim değerleri ölçülmüş, özgül yakıt tüketimleri ve motor performans değerleri hesaplanmıştır. Kanola yağı kullanımı ile motor momenti ve gücünde diesel yakıtına kıyasla az da olsa düşüşlerin meydana geldiği belirlenmiştir. Kanola yağı ile yapılan testlerde duman koyuluğunun diesel yakıtına oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Karışımli ve metil ester yakıtların CO₂ ve CO değerlerinin diesel yakıtından daha düşük çıktığı, karışımların içerisine katılan yağ oranına bağlı olarak egzoz gazı içerisinde bulunan O₂ miktarının, fazla olmamakla beraber bir miktar arttığı gözlenmiştir.

Alptekin (2013) tarafından yapılan çalışmada, gıda olarak tüketilmesi mümkün olmayan ürünlerin ısı işlemi ile yağından alınması sonucu elde edilen atık tavuk ve deri yağından hayvansal yağ kökenli biyodizel üretilmiştir. Motor testleri sabit devir (1400 d/d) ve dört farklı motor yükünde (150 Nm, 300 Nm, 450 Nm ve 600 Nm) yapılmıştır. Motor testleri sonucunda, biyodizellerin ve etanol karışımlarının özgül yakıt tüketimi değerlerinin petrol kökenli diesel yakıtına (PKDY) göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir. PKDY' nin efektif veriminin biyodizellere göre düşük motor yüklerinde daha yüksek iken, yüksek yüklerde bir miktar daha düşük olduğu tespit edilmiştir. PKDY' nin maksimum silindir gaz basıncı değerlerinin, biyodizellere kıyasla genel olarak bir miktar daha düşük olduğu görülmüştür. Biyodizellerde yanma başlangıçları PKDY'e kıyasla daha erken krank açılarındaki gerçekleşirken, yakıt karışımındaki etanol miktarının artması ile yanma başlangıçları daha geç krank açılarındaki meydana gelmiştir. Emisyon sonuçlarına bakıldığında, biyodizellerin PKDY' e kıyasla daha düşük HC ve CO emisyonu fakat daha yüksek CO_x ve NO_x emisyonu ürettiği belirlenmiştir. Etanol içeren karışımlarda ise B20 yakıtlarına kıyasla HC emisyonu artmış ve CO_x emisyonu

azalmıştır. Düşük yüklerde CO emisyonu artıp NO_x emisyonu azalırken, yüksek yüklerde ise CO emisyonu azalıp NO_x emisyonu artmıştır.

Aydın (2007) tarafından yapılan çalışmada, genellikle değişik oranlardaki biyodizel - diesel yakıtı karışımlarının motor performans ve egzoz emisyonlarına etkileri araştırılmıştır. Motor performansı karakteristikleri belirlenirken biyodizel karışımlarının motor gücü, motor momenti, ısıl verim, hacimsel verim, özgül yakıt tüketimi vb. parametreler üzerindeki etkisi deneysel olarak araştırılmış ve değişen bu parametrelerin her birinin motorun farklı çalışma koşullarında deney sonuçları üzerindeki etkisi belirlenmiştir. Farklı çalışma koşullarında, biyodizel ve değişik oranlardaki biyodizel - diesel yakıtı karışımları ile yapılan çalışmalarda, egzoz emisyonu karakteristikleri belirlenirken CO, NO_x, SO₂ ve O₂ emisyonlarının değişimi gözlemlenmiştir. Çalışmalarda ortak amaç en uygun biyodizel - diesel yakıtı karışım oranı ve en iyi çalışma koşullarını tespit etmek olmuştur. Biyodizelin, diesel yakıt kullanan motorlarda herhangi bir teknik değişiklik yapılmaksızın veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilirliği araştırılmıştır.

Balcı (2009) tarafından yapılan çalışmada, Konya bölgesinde yetişen ortalama %38,74 oranında yağ içeren menengiç ağacının meyvelerinden elde edilen yağa transesterifikasyon yöntemi uygulanarak biyodizel üretilmiş ve üretilen biyodizel ile karışım (hacimsel olarak motorinle B50, B20, B5, B2 oranlarında karıştırılmış) yakıtlarının yakıt özellikleri incelenmiştir. Biyodizel üretimi ve analizi için Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyodizel Laboratuvarı kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, üretilen biyodizel ve karışım yakıtlarının, yakıt özelliklerinin birkaç değer haricinde standart sınırlar içerisinde olduğu gözlemlenmiştir. İncelemeler neticesinde B50 yakıtının yoğunluğu ve su muhtevası değerleri standart değerden sırasıyla %1,4 ve %45,68 oranında yüksek çıkmıştır. B100 yakıtının parlama noktası değeri de standartta verilen değerden %0,5 oranında düşük çıkmıştır. Bu değerler diesel yakıtı ile kıyaslandığında özellikle yaz mevsiminde rahatlıkla kullanılabilirdiği sonucuna varılmıştır.

Bayındırlı (2008) tarafından yapılan çalışmada, pamuk yağından NaOH sodyum hidroksit) ve KOH (potasyum hidroksit) gibi farklı katalizör kullanılarak üretilmiş olan B2, B5, B10, B15, B20, B30, B50, B75 ve B100 metil esteri karışımlarının diesel motorlarda CO, HC, CO₂, NO_x emisyonlarına etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Özellikle NO_x emisyonlarının metil ester biyodizeli karışımı ve farklı katalizör kullanımında nasıl değiştiği gözlemlenmiştir.

Bayraktar (2008) tarafından yapılan çalışmada, değişik oranlarda metanol karışımları içeren diesel - metanol - dodecanol karışımlarının diesel motorlar üzerine olan etkisi araştırılmıştır. Metanol konsantrasyonu %2,5 - %15 arasında değişkenlik göstermiş ve %2,5 oranındaki periyotlar ile artmıştır. Fazların ayrışması probleminin çözülmesi için her karışıma %1 oranında dodecanol ilave edilmiştir. Motor değişik sıkıştırma oranlarında (19, 21, 23 ve 25) ve motor devri 1000 d/d ile 1600 d/d olarak herbir sıkıştırma oranında test yapılmıştır. Performans parametreleri tork, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verimlilik her bir karışım ve değişik koşullar için deneysel verilere bağlı olarak hesaplanmıştır. %10 metanol içeren karışımın uygulanabilir olduğu ve motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabilceği, aynı zamanda performans değerlerinde de %7 civarında artış olduğu tespit edilmiştir.

Biktashev ve ark., (2011) tarafından yapılan çalışmada, koza ve palm yağının süperkritik metanol ve etanol ile transesterifikasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalar deneysel bir düzende, toplu ve sürekli bir sistemde gerçekleştirilmiştir. Biyodizel üretiminde reaksiyon koşullarının etkileri (sıcaklık, basınç, yağ/alkol oranı, reaksiyon süresi) çalışılmıştır. Başlangıç aşamalarında ultrasonik ayrıştırmanın etkileri transesterifikasyon aşamalarından önceki aşamalar için çalışılmış ve dönüşüm alanında etkinin ciddi bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Optimal teknolojik koşullarda 20 - 30 MPa basınç, 573 - 623 K sıcaklık için sağlanmıştır. Yapılan çalışma göstermiştir ki, aynı sıcaklıklardaki dönüşümlerde etanol metanoldan fazla olmuştur.

Büyükkaya (2010) tarafından yapılan çalışmada, kolza yağı kullanılan bir diesel motorda performans ve emisyon değerleri deneysel olarak incelemiştir. Testler kolza yağı ve bu yağın standart diesel ile %5, %20 ve %70 oranlarındaki karışımlarıyla yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde, motorda herhangi bir modifikasyon yapılmadan performans ve emisyon açısından sadece düşük orandaki karışımlar tam ölçekli kullanımlar için uygun bulunmuştur. %20 karışım en iyi ısıl verimi verirken, yakıt katkıları yakıt tüketimine olumsuz etki (%11' e kadar artış) yapmıştır. Ayrıca NO_x (azotoksitler) emisyonları da biyodizel uygulamasıyla birlikte artış göstermiştir. Yanma analizleri incelendiğinde, yakıt katkılarında daha kısa tutuşma gecikmesi gözlenmiştir. Ancak yanma karakteristikleri bakımından kolza yağı karışımlarındaki değerler standart dizelere yakın çıkmıştır.

Cheung ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmada, Euro 5 diesel, biyodizel ve metanol - biyodizel karışımları ile ilgili deney yapmışlardır. Karışım %5, %10 ve %15 metanol içermektedir. Farklı yakıtların motor performansı ve emisyonunu belirlemek

için deney 5 farklı motor yükünde 1800 d/d' da yapılmıştır. Sonuçlara göre fren özgül yakıt sarfiyatı ve fren ısı verimi biyodizel ve karışım yakıtlarda artmaktadır. Karışım yakıtlarda CO ve HC emisyonu biyodizel yakıtlara göre daha fazla olmuş, diesel motorlarda ise CO emisyonunun fazla HC emisyonunun ise daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Çat (2012) tarafından yapılan çalışmada, atık yağlardan ve bitkisel yağlardan üretilen biyodizelin dört zamanlı, tek silindri, direkt püskürtmeli diesel motorda, performans ve emisyonlara etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Testler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak motor; diesel yakıtı, B50 (%50 diesel + %50 biyodizel) ve B100 yakıtları ile farklı yüklerde ve sabit bir hızda (2800 d/d) test edilmiştir. Test sonuçları, biyodizel kullanımının önemli bir performans kaybı olmadan CO, HC ve is emisyonlarını azalttığını göstermiştir. İkinci aşamada motor; diesel yakıtı, B50 ve B100 yakıtı ile değişik püskürtme basınçlarında (180, 200, 220, 240 bar) tam yükte karşılaştırma için test edilmiştir. B0 yakıtı için, performans ve emisyon bakımından en uygun püskürtme basıncı 200 bar iken, B50 ve B100 yakıtları için 220 bar olduğu tespit edilmiştir. B100 yakıtı ile 220 bar püskürtme basıncında, diesel yakıtına göre özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %8 oranında artış kaydedilmiştir. Ayrıca HC, CO ve is emisyonlarında diesel yakıtına göre sırasıyla %28, %18 ve %18 oranlarında azalma, NO_x emisyonunda ise %22 oranında artış tespit edilmiştir.

Çengelci (2011) tarafından yapılan çalışmada, gıda olarak kullanılmayan hayvansal yağlardan biyodizel yakıtı üretilmiştir. %100 biyodizel ve %20, %50 oranındaki biyodizel diesel yakıtı ile karıştırılıp, farklı devir aralıklarında ve tam yükte motor dinamometresi ile ölçülmüştür. Bu yakıtların egzoz emisyon cihazı ile emisyon ölçümleri yapılmıştır. Deney sonuçları diesel yakıtların motor performans ve emisyon değerleri ile karşılaştırılmıştır. Deneyler sonucunda; farklı karışım oranlarında motor performans karakteristikleri açısından motor momenti ve efektif güç değerinde azalma, özgül yakıt tüketiminde ise artış gözlenmiştir. Farklı karışım oranlarında CO emisyonunda azalma NO_x emisyonunda ise artış tespit edilmiştir.

Dağ (2013) tarafından yapılan çalışmada, tam yük şartlarında çalıştırılan tek silindri dizel motorunda su/biyodizel karışımlarının motor performansına, egzoz sıcaklığına ve emisyonlarına olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmada referans yakıt olarak biyodizel ve içerisinde hacimsel olarak %3,5, %5, %10 ve %12 oranında su bulunan su/biyodizel emisyonları kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar; yakıt içerisindeki su oranının artışıyla motor torkunda azalma, motor gücünde azalma ve özgül yakıt

tüketiminde artma olduğu, CO ve HC emisyonlarının karışım içerisindeki su oranının artmasıyla arttığını, NO_x ve is oluşumunun ise azaldığını göstermiştir.

Dinçbaş (2007) tarafından yapılan çalışmada, soya yağı metil esterinin (SME) uzun süreli kullanımının diesel motoru üzerindeki etkisi, dört zamanlı, dört silindri, direkt püskürtmeli ve turbo şarjlı bir diesel motor kullanılarak araştırılmıştır. SME ve diesel yakıtı, deney motorunun orijinal püskürtme avansında (15°) test edilmiş ve sonuçları karşılaştırılmıştır. SME kullanımı neticesinde ortalama olarak moment değerinde %2,04 düşüş, güç değerinde %1,98 düşüş ve özgül yakıt tüketiminde ise %13,07 artış tespit edilmiştir. Değişik püskürtme avanslarında SME kullanılarak aynı testler tekrar yapılmış ve SME ile diesel yakıtı kullanılarak 15° de yapılan test sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Test motoru, SME ve diesel yakıtı ile Türk Standardı (TS) 1231' e göre ayrı ayrı yüz (100)' er saatlik dayanma deneyine tabii tutulmuştur. Testler sonucunda motorun, yakıtın yanmasıyla ilgili olan parçaları sökümü ve incelenmiştir. SME kullanımı sonunda yapılan inceleme neticesinde; yakıt filtresinin tıkanması, yanma odası cidarlarında ve enjektör üzerinde oluşan yapışkan özellikte kurum fazlalığı, enjektör iç parçasında oluşan izler ve silindir sürtünme yüzeylerinin çok temiz kalması ise dikkat çekici bulgular olmuştur.

Ejder (2007) tarafından yapılan çalışmada, gelecekte fosil kaynaklı yakıtlara alternatif olarak kullanılması düşünülen etanol ve biyodizel yakıtlarının, direkt püskürtme sistemine sahip olan diesel traktör motorunda, farklı karışım oranlarında test edilmesi suretiyle, performans karakteristiklerinin değişimleri elde edilmiştir. Mevcut biyodizel - diesel ve etanol - diesel yakıtlarının farklı oranlarda birbirlerine karıştırılması suretiyle test motorunun motor momentini, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve toplam verim olarak sınıflandırılan performans karakteristiklerine ulaşılmıştır. Deney motorunun yüklenmesi Schenk 130kW marka ve elektromanyetik bir fren ile yapılmıştır. Alternatif yakıt deneylerinde önce motor, referans dizel yakıt ile test edilmiş ve elde edilen bu performans karakteristikleri motorun alternatif yakıt deneylerinde referans oluşturmuştur. Her bir yakıt karışımı için yapılan deney sonuçları referans karakteristikleri ile karşılaştırılmış ve sonuçlar grafikleme yöntemi ile sunulmuştur.

Eliçin ve Erdoğan (2007) yapılan çalışmada, tek silindri, 5,5 kW gücünde, doğrudan püskürtmeli, hava soğutmalı, Lombardini LDA 450 model diesel bir motorda, fındık yağı - diesel yakıtı (%10/90, %20/80, %30/70, %40/60, %50/50) karışımları ve fındık yağı metil esteri, fındık yağı etil esterlerinin moment, güç, saatlik yakıt tüketimi, özgül yakıt tüketimi ve emisyon denemelerini yaptıklarını, en yüksek momentin diesel

yakıtı kullanımını sonucunda elde edildiğini, fındık yağı karışımlarında ise her %10' luk fındık yağı artışına karşılık %5' lik bir azalma, fındık yağı metil ve etil esterleri arasında fark olmadığını, diesel yakıtından %5 daha az bir momente sahip olduğunu, güçte yağ karışımlarında her %10' luk artışa karşılık %3 düşüş olduğunu, esterler arası fark bulunmadığını, diesel yakıttan %6 daha az güç elde edildiğini, her %10' luk fındık yağı artışına karşılık saatlik yakıt tüketiminde %5' lik, fındık yağı etil esterinde %11' lik fındık yağı metil esterinde %6' lık artış olduğunu, her %10' luk fındık yağı artışına karşılık özgül yakıt tüketiminde %3, fındık yağı etil esterinde %14, fındık yağı metil esterinde ise %12' lik artış olduğunu, CO değerleri devir sayısı ve yağ oranı arttıkça azalmakta olduğunu metil ve etil esterlerde dizel yakıtından az olduğunu, yağ oranının artmasıyla duman yoğunluğunda artış olduğunu, NO_x değerlerinin yağ karışımlarında düşük esterlerde biraz fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Er (2009) tarafından yapılan çalışmada, yeni nesil yakıt enjeksiyon sistemine sahip (common-rail) bir diesel taşıtında alternatif yakıt olarak ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esteri (PME) kullanılarak taşıt performansı üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Pamuk yağı metil esteri ile euro diesel % 2, %5, %10, %20 ve %100 olmak üzere farklı oranlarda karıştırılarak taşıt performansı üzerine etkileri araştırılmıştır. Taşıt performansını belirlemek amacıyla taşıt, farklı vites durumlarında ve farklı devirlerde çalıştırılarak tekerlek gücü ve yakıt tüketimi ölçülerek tekerlek tahrik kuvveti hesaplanmıştır.

Erman (2012) tarafından yapılan çalışmada, ANTOR marka 3 LD 510 model tek silindirli bir diesel motor devreye alınmıştır. Öncelikli olarak euro diesel yakıt kullandığı çalışma koşulları için motorun performans ve emisyon testleri gerçekleştirilmiştir. Albiyobir firması tarafından atık kızartma yağının esterlenmesi ile elde edilen biyodizel yakıtının motor performans ve egzoz emisyon testleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; saf diesel yakıtı oranla atık kızartma yağından elde edilen biyodizel yakıtının daha düşük seviyede HC ve CO emisyonu yaydığı ancak daha yüksek egzoz sıcaklığı ve daha yüksek NO_x emisyonu yaydığı tespit edilmiştir. Atık kızartma yağından elde edilen biyodizel kullanımı ile motor performans değerleri diesel yakıtına oranla azalmaktadır. Atık kızartma yağından elde edilen biyodizel yakıtına uygun ön ısıtma sıcaklığı uygulamalarının motor performans ve egzoz emisyon değerleri üzerinde olumlu etkiler yarattığı görülmüştür.

Eryılmaz (2009) tarafından yapılan çalışmada, yağdan transesterifikasyon yöntemi ile yabani hardal yağı metil esteri (YHME) üretimi gerçekleştirilmiştir. Elde

edilen B100 formundaki biyodizeli hacimsel olarak %20 ve %2 oranında motorinle karıştırarak, B20 ve B2 formunda yakıtlar elde edilmiştir. B100, B20 ve B2 yakıtları kullanıldığı zaman motorinle mukayese edildiğinde, bütün yakıtlarda maksimum moment 1200 d/d' de gerçekleşmiş, B100' de %2,39, B20' de %0,81 artış görülmüş, B2' de ise değişim olmamıştır. Maksimum güç ise bütün yakıtlarda 2500 d/d' de, motorine göre B100' de %5,64, B20' de %2,64 artış görülmüş, B2' de ise değişim olmamıştır. Maksimum güçte B100 kullanılmasıyla, özgül yakıt tüketiminde motorine göre %2,86 artış görülmüş, B20 ve B2 yakıtlarında ise sırasıyla %1,80 ve %2,84 azalma görülmüştür. Motorin, B100, B20 ve B2 yakıtları ile yapılan denemelerde en yüksek toplam verim sırasıyla 1300 d/d' de %34,348, 2000 d/d' de %36,103, 1200 d/d' de 36,911 ve 1200 d/d' de %34,565 olarak belirlenmiştir. Duman yoğunluğu bütün devir sayılarında motorine göre karışım oranları arttıkça daha fazla azalma göstermiştir.

Gök (2008) tarafından yapılan çalışmada, farklı bitkisel yağların etil esterleri üretilmiş ve üretilen etil esterler (ayçiçek yağı etil esteri, soya yağı etil esteri, mısırözü yağı etil esteri ve haşhaş yağı etil esteri) diesel yakıtı ile farklı oranlarla karıştırılarak motor performans değerleri tek silindirli dizel bir motorda test edilmiştir. Deneyler sonucunda; farklı karışım oranlarında motor performans karakteristikleri açısından motor momentini ve efektif güç değerlerinde bir azalma, özgül yakıt tüketiminde ise bir artış gözlenmiştir. Farklı karışım oranlarında CO₂, CO, HC, NO_x ve is emisyonlarında ise bir azalma tespit edilmiştir.

Güçvardar (2006) tarafından yapılan çalışmada, diesel yakıtının içersine, %2, %5 ve %10 oranlarında soya yağından yapılmış biyomotorin içerecek şekilde karışımlar hazırlanarak hem diesel yakıtı ile hem de hazırlanan diesel - biyomotorin karışımları ile bir diesel motorunda test edilmiştir. Daha önce tek silindirli veya dört silindirli fakat düşük silindir hacmine sahip diesel motorları kullanılarak biyodizelin diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kullanımı ile ilgili performans ve egzoz emisyon değerlerinin incelendiği çalışmalar yapılmıştır. Bu çalışmada ise 6 silindir sayısına sahip 7,3 litre motor hacminde bir diesel motorunda biyodizelin tam yük - değişik devir ve sabit yük - değişik devirlerde tork ve güç değerleri, egzoz emisyon değerleri ve yakıt tüketim değerleri incelenerek diesel motorları için alternatif yakıt olabirirliğı araştırılmıştır. Yapılan testler sonucunda, diesel yakıtı ve diesel - biyomotorin karışımları ile çalıştırılan yüksek silindir hacmine sahip diesel motorda ölçtüğümüz güç, tork ve egzoz emisyon değerlerinin birbirlerine yakın seviyelerde olması nedeniyle soya yağından yapılmış biyomotorinin alternatif bir yakıt olabirirliğı belirlenmiştir.

Hoekman ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, yaygın olarak üretilen 12 adet biyodizel türünün yağ asidi profilleri incelenmiştir. Hammaddelerde kayda değer derecede farklılıklar açığa çıkmıştır. Örneğin; hindistan cevizi, palm ve don yağ yüksek derecede doymuş yağ asidi içermektedir. Buna karşın doymamış yağ asidi içeren hammaddelerden de biyodizel üretimi yapılmaktadır. Biyodizelin kimyasal ve fiziksel özellikleri yağ asidi profilleri ile açıklanabilmektedir. Burada ele alınan 12 adet biyodizel türü, bir takım yakıt özellikleri, viskozite, setan ve iyot sayısı düşük sıcaklık performansları ve özgül ağırlıkları bakımından değerlendirilmiştir.

İlkılıç ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, aspir tohumundan transesterifikasyon yöntemiyle elde edilen aspir yağı biyodizelini imal etmişlerdir. Üretilen bu biyodizel, hacimsel olarak %5, %20 ve %50 oranlarında saf diesel ile karıştırılmıştır. Karışımların, saf biyodizelin ve saf dieselin bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri belirlenmiştir. Performans ve emisyon testleri tek silindirli bir diesel motorda gerçekleştirilmiştir. Karışım oranı arttıkça biyodizelin düşük ısı değerinden kaynaklı olarak %11' e varan performans (güç ve tork) azalması gözlenmiştir. Özgül yakıt tüketimleri ise en yüksek karışım oranında %7,5 civarında bir artış göstermiştir. Emisyon testleri incelendiğinde; partikül, is ve CO emisyonlarında kabul edilebilir oranlarda azalma sağlarken, NO_x ve HC emisyonlarında ise bir miktar artış gözlenmiştir.

İleri (2012) tarafından yapılan çalışmada, biyodizele antioksidan eklenmesinin NO_x emisyonuna ve motor performansına etkileri incelenmiştir. Biyodizel hammaddesi olarak, Avrupa' da en sık kullanılan kanola yağından transesterifikasyon yöntemiyle kanola yağı metil esteri üretilmiş ve diesel yakıtıyla hacimsel olarak %20 oranında karıştırılarak B20 yakıtı elde edilmiştir. B20 yakıtına kütleli olarak 500, 750 ve 1000 ppm konsantrasyonlarda katkı maddeleri eklenmiştir. Deney yakıtları kullanılarak dört silindirli, dört zamanlı, turboşarjlı, direkt püskürtmeli bir diesel motorda motor performans ve egzoz emisyonlarının belirlenmesi için tam yük değişik devir testi yapılmıştır. Testler 1600, 2000, 2500, 3000, 3500, 4000 ve 4400 d/d' de gerçekleştirilmiştir. Elde edilen test sonuçlarına göre; katkı maddelerinin moment, efektif güç, egzoz gaz sıcaklığı ve ortalama efektif basınç değeri üzerinde düşük bir etkisi olduğu, fakat özgül yakıt tüketimi, NO_x, CO, CO₂ ve HC emisyonlarının azaltılması açısından oldukça önemli etkiye sahip oldukları belirlenmiştir.

Karabaş (2009) tarafından yapılan çalışmada, ilk olarak tütün tohumundan, solventekstraksiyon yönteminin kullanıldığı parametrik çalışmalarla tütün tohumu yağı

(TTY) elde edilmiştir. Üretilen TTYME' i diesel yakıtı ile kütsel olarak %10, %20, %50 ve %100 oranlarında karıştırılarak tek silindirli, direkt püskürtmeli, dört stroklu, doğal emişli bir diesel motorda tam yük testlerine tabi tutulmuştur. Yapılan deneylerle motor performans ve emisyon değerleri belirlenmiştir. Standart diesel yakıtıyla yapılan karşılaştırmalı deneyler sonucunda TTYME' nin moment ve efektif güç değerleri diesel yakıtla çalışma durumuna göre bir miktar yüksek bulunurken efektif verimde düşüş ve özgül yakıt sarfiyatında artış tespit edilmiştir. Emisyonlar açısından ise HC, CO ve duman koyuluğu emisyonları diesel yakıtıyla çalışmaya göre daha düşük bulunurken NO_x emisyonları yüksek bulunmuştur. Çalışmanın her aşamasında parametrik çalışmaların sonunda istatistiksel analizler yapılmıştır.

Kaya (2010) tarafından yapılan çalışmada, biyodizel - diesel yakıt karışımları kullanılan tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir diesel motorda, püskürtme basıncının motor performansına, gücüne ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler, dört farklı püskürtme basıncı (180, 200, 220 ve 240 bar), sabit motor devri (2200 d/d) ve dört farklı motor yükünde (5, 10, 15 ve 20 Nm) gerçekleştirilmiştir. Deneylerde %0, %5, %20, %50 ve %100 oranında kanola yağı metil esterinden üretilmiş biyodizel - diesel yakıt karışımları kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre; her bir püskürtme basıncı değeri için karışım içerisindeki biyodizel miktarının artması ile özgül yakıt tüketimi, karbon dioksit ve azot oksit emisyonlarında artma efektif verim, karbon monoksit, hidrokarbon ve is emisyonlarında ise azalma tespit edilmiştir. Püskürtme basıncının motorun standart değerinin üzerine çıkarılması ya da azaltılması durumunda özgül yakıt tüketiminde artma, efektif verim de ise azalma olmaktadır. Püskürtme basıncının artırılması ile azot oksit emisyonlarında artma karbon dioksit, karbonmonoksit, hidrokarbon ve is emisyonlarında ise azalma olmuştur.

Keven (2005) tarafından yapılan çalışmada, ham findık yağından elde edilen findık yağı etil esteri ile diesel yakıtı %25, %50, %75 oranında karıştırılarak elde edilen yakıtlar; moment, efektif motor gücü, egzoz gazı sıcaklığı, NO_x, CO₂ ve CO değerleri diesel yakıtının değerleri ile karşılaştırılmıştır. Sonuç olarak %25, %50 findık yağı metil esteri karışımlarında motor momenti ve gücünde motorine göre artış görülmüştür. %75 oranında motorin ile karıştırılmış ve %100 findık yağı metil esteri kullanımında ise motorun düzensiz çalışmasından dolayı ölçümler yapılamamıştır. NO_x, CO₂ ve CO değerleri ise %25 ve %50 karışım oranlarında motorine göre oldukça yüksek çıkmıştır.

Kızıllıkan (2008) tarafından yapılan çalışmada, kanola ve soyadan elde edilmiş bir biyodizel (hacimsel olarak %20 soya, %80 kanola içermektedir) yakıt kullanılmıştır.

Biyodizel yakıtın diesel ile hacimsel olarak 15/85 (B15) oranında oluşturduğu karışım normal diesel ile karşılaştırılmıştır. Deney; sıkıştırma oranı değiştirilebilir, tek silindirli, su soğutmalı Farryman 1977 tipi CFR Diesel motorunda yapılmıştır. Deney sonucunda elde edilen sonuçlar performans ve emisyon sonuçları olarak gruplandırılmıştır. Performans sonuçlarında $\epsilon=17,13$ haricinde hemen tüm sıkıştırma oranlarında ve tüm yüklerde B15 yakıtı daha iyi güç, moment ve özgül yakıt sarfiyatı değerleri vermiştir. Ancak hem B15 hem de diesel'in performansları artan sıkıştırma oranıyla birlikte azalmaktadır. Her iki yakıt içinde en iyi performans değerleri $\epsilon=17,13'$ te elde edilmiştir. B15' in HC emisyonu değerleri tüm sıkıştırma oranlarında dieसेle kıyasla daha iyidir. NO_x emisyonu miktarı ise $\epsilon=17,13$ hariç tüm sıkıştırma oranlarında dieसेle kıyasla daha kötüdür. CO ve CO_2 emisyonları için kesin bir şey söylenememektedir. Her iki yakıt için de sıkıştırma oranı arttıkça CO ve HC emisyonları artmış, NO_x emisyonu miktarı ise azalmıştır.

Koyun (2009) tarafından yapılan çalışmada, yeni nesil yakıt enjeksiyon sistemine sahip (common-rail) bir diesel taşıtında alternatif yakıt olarak ham pamuk yağı ve pamuk yağı metil esteri kullanılarak egzoz emisyonları üzerine etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Pamuk yağı metil esteri ile eurodiesel %2, %5, %10, %20 ve %100 olmak üzere farklı oranlarda karıştırılarak egzoz emisyonlarının (CO, HC, CO_2 , NO_x ve partikül madde) değişimi araştırılmıştır. Özellikle biyodizel kullanımı sonucunda artan NO_x emisyonunun pamuk yağı metil esteri ile eurodiesel'in farklı oranlarda karışımlarındaki değişimi üzerinde ayrıntılı olarak durulmuştur.

Nikhom ve Tongurai (2014) tarafından yapılan çalışmada, palm yağından elde edilen etil ester biyodizelinin sürekli de - gliserolizasyon prosesinin atmosferik çekim seperatörü ile yapılması incelenmiştir. Bu çalışmada katalizör olarak $KOCH_3$ seçilmiş ve $60^\circ C$ sıcaklık, reaksiyon süresi boyunca korunmuştur. İncelenen anahtar değişkenler yağ/etanol molar oranı $KOCH_3$ konsantrasyonu ve tutunma süresidir. Sonuçlar göstermiştir ki, etil ester üretimi sürekli proseste iyi sonuçlar vermektedir.

Nişancı (2007) tarafından yapılan çalışmada, gelecekte fosil kaynaklı yakıtlara alternatif olarak kullanılması düşünülen biyodizel, direk püskürtme sistemine sahip bir diesel motorda farklı karışım oranlarında test edilmiştir. %20 soya + %20 aycecek + %60 kanoladan elde edilmiş biyodizel ile %30 kanola + %70 soyadan elde edilmiş biyodizelin test edilmesi suretiyle, test motorunun motor momenti, motor gücü, özgül yakıt tüketimi olarak sınıflandırılan performans karakteristiklerine ulaşılmıştır. Deney motorunun egzoz çıkış borusundan gaz analiz cihazı propları ile egzoz emisyon

değerleri alınmıştır. Ayrıca silindir içi basınç değişiklikleri de ölçülmüştür. Deneylerden önce motor, referans diesel yakıt ile test edilmiş ve elde edilen performans ve egzoz karakteristikleri motorun alternatif yakıt deneylerinde referans oluşturmuştur. Her iki yakıt karışımı ile yapılan deneylerden elde edilen sonuçlar referans karakteristiklerle karşılaştırılmış ve sonuçlar grafiklerle sunulmuştur.

Örnek (2007) tarafından yapılan çalışmada; kanola, soya, pamuk ve atık ayçiçek yağından katalizör olarak sodyum hidroksit ve alkol olarak metanol kullanılarak laboratuvar şartlarında biyodizeller üretilmiştir. Üretilen biyodizeller oda sıcaklığında düşük kükürtlü diesel yakıt No.2 ile hacimsel olarak %5 oranında karıştırılmıştır. Karışımlar ve diesel yakıt No.2 ön yanma odalı, turbo diesel bir motorda tam yükte ve farklı motor dönme sayılarında test edilmiştir. Diesel yakıtta biyodizel karıştırılmasının egzoz emisyonlarına (CO, SO₂, NO_x, is ve O₂) etkileri ortaya konmuştur. Diesel yakıtta %5 oranında biyodizel ilavesi ile birlikte CO ve is emisyonlarının azaldığı, SO₂ ve NO_x emisyonlarında dikkate değer bir değişiklik olmadığı gözlemlenmiştir. Emisyon incelemelerine ek olarak, %5 oranında farklı biyodizel yakıtların diesel yakıtta ilavesi ile motor torkunda, gücünde, egzoz gazı sıcaklığı ve yağlama yağı sıcaklığında dikkate değer bir değişime sebep olmadığı tespit edilmiştir. Sadece özgül yakıt tüketimi az bir miktar artmıştır.

Özcanlı (2009) tarafından yapılan çalışmada, hint (*ricinus communis*) yağı, menengiç (*pistacia terebinthus*) yağı ve atık tavuk yağı biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılmıştır. Biyodizel üretimine ek olarak, motor performans ve egzoz emisyon çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Yapılan deney sonuçları incelendiğinde biyodizel oranının artmasına bağlı olarak motor güç ve moment değerlerinde azalma tespit edilirken özgül yakıt tüketimi değerlerinde artış tespit edilmiştir. Biyodizel oranının artmasına bağlı olarak CO, CO₂ emisyon değerlerinde azalma meydana gelirken NO_x değerlerinde ise artış tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışmanın amacı hint yağı, menengiç yağı ve atık tavuk yağının potansiyel biyodizel kaynağı olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır.

Özdemir (2011) tarafından yapılan çalışmada, etanol ve biyodizel karışımlarının doğrudan püskürtmeli bir dizel motorun, performans ve emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Karışım yakıtlarından elde edilen test sonuçları diesel yakıtından elde edilen sonuçlarla karşılaştırmalı olarak verilmiştir. Test sonuçlarına göre kullanılan alternatif yakıt karışımları, CO ve HC emisyonlarını azaltırken NO_x emisyonlarını ve özgül yakıt tüketimini arttırdığı görülmüştür. Sonuç olarak, motor tasarım ve yakıt

sisteminde herhangi bir değişiklik yapılmaksızın bu alternatif yakıt karışımları ile performans ve emisyonlarda sağlanan iyileşmelerin ümit verici olduğu kanaatine varılmıştır.

Özer (2015) tarafından yapılan çalışmada, zeytinyağı üretimi sırasında kalan küspeden elde edilen pirina yağının, atık bir alkol karışımı olan fuzel yağı eşliğinde üretilmesi ve diesel bir motorda kullanımının etkileri incelenmiştir. Biyodizel - diesel yakıtı karışımları ve motor hızına bağlı yapılan deney sonuçları incelendiğinde; diesel yakıtına ilave edilen biyodizel miktarının artması ile birlikte motor gücü ve motor momentinde azalma, özgül yakıt tüketiminde ise bir miktar artış tespit edilmiştir. NO_x emisyonunda diesel yakıtına göre azalma, HC, CO ve is emisyonlarında ise bir miktar artış olduğu görülmüştür. Biyodizel - diesel yakıtı karışımları ve motor yüküne bağlı yapılan deney sonuçları incelendiğinde; NO_x ve CO emisyonlarında her bir biyodizel oranında kısmi yüklerde düşüş, yaklaşık tam yükte ise diesel yakıtına göre artış, is emisyonlarında ise B25 yakıt oranı hariç düşük ve orta yüklerde düşüşün olduğu görülmüştür. Ayrıca, diesel yakıtına biyodizel ilavesi ile birlikte maksimum silindir basıncı azalmış ve maksimum basıncın olduğu °KMA değeri ÜÖN' ya doğru yaklaşmıştır. Basıncı artış oranında hızlı bir artışın olduğu tespit edilmiştir.

Önsezen (2007) tarafından yapılan çalışmada, palmye yağı kökenli atık kızartma yağından elde edilen biyodizel, dört silindirli, doğal emişli, indirekt püskürtmeli (EDP) bir diesel motorda alternatif diesel yakıtı olarak kullanılmıştır. Elde edilen motor test sonuçları, petrol kökenli diesel yakıtı (PKDY) ile yapılan ölçüm değerleri referans alınarak karşılaştırılmıştır. Motor performans, yanma, püskürtme ve egzoz emisyon karakterlerini belirlemek amacıyla, motor tam yük, 60, 40, 20 Nm sabit yük ve değişik devir testlerine tabi tutulmuştur. Deneyler sonucunda, biyodizel ve karışımları özgül yakıt tüketiminde artış gösterirken, motor performansında ise PKDY' a göre hafif bir düşme olmuştur. Genelde biyodizel ve karışımlarının kullanılması ile silindir gaz basıncının PKDY' a göre daha yüksek olduğu ve üst ölü noktaya biraz daha yaklaştığı ortaya çıkmıştır. Bütün test şartlarında, test motorunda biyodizel kullanıldığı zaman, tutuşma gecikmesi kısalmış ve püskürtme başlangıcı PKDY' a göre daha erken olmuştur. Deneylerde, her bir yakıt için karbonmonoksit (CO), karbondioksit (CO_2), yanmamış hidrokarbon (HC), azot oksit (NO_x) ve duman koyuluğu değerleri ölçülmüştür. Emisyon testleri sonucunda, biyodizelin oksijen içeriği, HC, CO ve duman koyuluğu emisyonlarında önemli azalmalar sağladığı belirlenmiştir. Fakat test

motorunda biyodizel ve karışımlarının kullanımı ile NO_x emisyonunda artış görülmüştür.

Önsezen ve Çanakçı (2009) tarafından yapılan çalışmada, atık palmiyeden elde edilen biyodizel ve kanola yağından elde edilen biyodizelin performans, yanma ve püskürtme karakteristikleri diesel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Performans, yanma ve püskürtme karakteristiklerini belirlemek için, 6 silindirli, doğal emişli ve direkt püskürtmeli bir diesel motorda, 1000d/d, 1500d/d, 2000 d/d sabit motor hızlarında tam yük testleri gerçekleştirilmiştir. Test motorunda, atık palmiyeden elde edilen biyodizel, kanola yağından elde edilen biyodizele göre motor gücünde ve ısıl verimde ortalama %2 oranında azalma meydana gelirken, özgül yakıt tüketiminde ortalama %6 oranında artış olmuştur. Atık biyodizellerin ve dizelin silindir gaz basıncı, ısı dağılımı ve yakıt hattı basınç grafikleri incelendiğinde, motorda meydana gelen mekanik yüklemeler açısından, yakıtların yanma grafiklerinin birbirlerine benzer olduğu görülmüştür. Bununla beraber, atık biyodizel kullanımı, diesel yakıtına göre ön yanma safhasının daha erken başladığı, tutuşma gecikmesinin daha kısaldığı ve maksimum silindir gaz basıncı bölgesinin üst ölü noktaya (ÜÖN) biraz daha yaklaştığı belirlenmiştir. Ayrıca atık biyodizel kullanımı ile diesel yakıtına göre, yakıt sevk başlangıcının daha erken başladığı da tespit edilmiştir. Atık biyodizelin kullanımı ile değişen püskürtme ve yanma karakterleri ve atık biyodizelin yakıt özellikleri; hidrokarbon, karbon monoksit (CO) ve duman koyuluğu emisyonlarında azalma meydana getirirken, NO_x emisyonlarında ise kısmen artışa neden olmuştur.

Öztürk (2007) tarafından yapılan çalışmada, diesel motorda kullanılan diesel yakıtı, kanola ve soya biyodizelinin devre bağlı güç ve tork değerleri ölçülmüştür. Bu hesaplamalar sonucunda şu bilgiler elde edilmiştir. Biyodizel yakıtların güç ve tork eğrileri birbirlerine yakın olmakla birlikte diesel yakıtın altında kalmışlardır. Özellikle yüksek devirlere çıktığında bu fark daha fazla gözle çarpmaktadır. Özgül yakıt sarfiyatı ise biyodizelerde diesel yakıtına göre daha fazladır. Bu fark her ne kadar 1500-3000 d/d arasında diesel yakıtı lehine olsa da 1500 d/d' nin altındaki ve 3000 d/d' nin üzerindeki devirlerde fark gittikçe kapanmaktadır.

Öztürk (2008) tarafından yapılan çalışmada, diesel yakıtı, karışım ve kanola yağı metil esterinin devre bağlı maksimum moment eğrileri ve ölçülen moment değerlerinin yakıt türüne göre değişimleri elde edilmiştir. Yapılan deneylerde diesel yakıtına göre, %50 diesel yakıtı + %50 kanola yağı metil esteri karışımı kullanıldığında ve kanola yağı metil esteri kullanıldığında yakıt tüketiminin bir miktar arttığı tespit edilmiştir. Kanola

yağı metil esteri karışımı ve kanola yağı metil esteri kullanıldığında elde edilen moment değerlerinin bir miktar düşük olmakla birlikte diesel yakıtı kullanıldığında elde edilen moment değerlerine yakın değerler elde edilmiştir. Yapılan deneylerde; diesel yakıtı, %50 dizel yakıtı + %50 kanola yağı metil esteri karışımı ve kanola yağı metil esteri kullanıldığında tespit edilen güç değerlerinin birbirlerine çok yakın olduğu görülmüştür. Diesel yakıtı, %50 diesel yakıtı + %50 kanola yağı metil esteri karışımı ve kanola yağı metil esterinin motor devrine bağlı saatlik yakıt tüketimi değişimleri de ölçülmüştür. Ölçüm yapılan bütün devir sayılarında % 50 diesel yakıtı + % 50 kanola yağı metil esteri karışımı yakıt tüketiminin ve kanola yağı metil esterinin saatlik yakıt tüketiminin diesel yakıtının saatlik yakıt tüketiminden yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Puhan ve ark. (2005) tarafından yapılan çalışmada, sülfürik asit katalizör olarak kullanılarak transesterifikasyon yoluyla mahua (Hindistan' a özgü bir ağaç) yağı etil esteri üretilmiş ve 4 zamanlı direkt püskürtmeli diesel motorunda 1500 d/d sabit hızında farklı efektif basınçlarda test edilmiştir. Sonuçlar mahua yağı etil esteri termal verimliliğinin dieselin termal verimliliği ile kıyaslanabilir olduğunu göstermiş ve diesel için bu değer %26,36 iken mahua yağı etil esteri için %26,42 çıkmıştır. CO emisyonları, hidrokarbonlar, nitrojen oksitleri ve Bosch duman koyuluğu değerleri diesel yakıtı ile kıyaslandığında mahua yağı etil esteri için emisyonlar azalmıştır. Bu çalışmaya dayanılarak mahua yağı etil esteri diesele alternatif olarak kullanılabilirliği belirtilmiştir.

Qi ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, dietil ester ve etanolün biyodizel ve diesel karışımlarına ilavesinin performans, emisyon ve yanma karakteristiklerini diesel motorlar için incelemiştir. Test yakıtları B30 (%30 biyodizel - %70 diesel), BE-1 (%5 dietil ester - %25 biyodizel - %70 diesel), BE-2 (%5 etanol - %25 biyodizel - %70 diesel) olarak kullanılmış ve adlandırılmıştır. Sonuçlara göre, yakıtlar kıyaslandığında yüksek motor yüklerinde BE-1 yakıtı için oldukça düşük fren özgül yakıt tüketimi gözlemlenmiştir. Yüksek motor yüklerinde duman koyuluğu değerlerinde iki karışımda (BE-1, BE-2) çok ciddi azalma olduğu görülmüştür. NO_x emisyonları BE-2 karışımında biraz daha yüksektir. HC emisyonları BE-1 ve BE-2 karışımında daha yüksek olmasına rağmen CO emisyonlarında ise daha düşük olmuştur. BE-1 karışımı, BE-2 ve B30 karışımından motor performansı ve yanma karakteristikleri olarak daha yüksek performans göstermiştir.

Rajasekar ve Selvi (2014) tarafından yapılan çalışmada, biyodizel - diesel karışımları ve sadece biyodizel yakıtlarının yanma karakteristikleri, diesel motorlar için

detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yanma parametreleri; silindir basıncı, maksimum basınç, basınç artış oranı, yanma başlangıcı, ateşleme gecikmesi, yanma süresi, kütle fraksiyon yanması, ısı salınım oranı ve toplam ısı salınım oranı, biyodizel karışımları ve diesel yakıtı için incelenmiştir. Biyodizel ateşlemesi, diesel yakıtına nazaran 1 - 2° krank açısı daha erkendir. Her iki yakıt için toplam ısı salınım oranları yakındır. Genelde biyodizel karışımlarının ve saf biyodizel yakıtının yanma karakteristikleri diesel yakıtlarla benzer karakteristik özellikler göstermiştir.

Reşitoğlu (2010) tarafından yapılan çalışmada, deneylerin yapıldığı test motorunda, biyodizel - diesel karışımlarının kullanımı ile motor tork değerlerinde hafif bir düşme meydana gelmiştir. Maksimum tork 1800 d/d' da diesel yakıtı için 42,81 Nm, B10 için 42,75 Nm, B20 için 42,58 Nm, B30 için 42,23 Nm ve B40 için 41,93 Nm olarak ölçülmüştür. Karışım içerisindeki biyodizelin artan yüzdesi ile birlikte tork değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Diesel yakıtına nazaran tork değerindeki maksimum düşüş 2600 d/d' da %4,66 oranla B40 yakıtında gerçekleşmiştir. Karışım yakıtlarının tork değerlerinde oluşan düşük oranların nedeni biyodizelin ısısal değerinin diesel yakıtına göre %12,97 oranında daha düşük olmasıdır. Tam yük şartlarında gerçekleştirilen motor performans deneylerinde güç değerleri, karışımda artan biyodizel yüzdesi ile azalma göstermiştir. Tüm yakıtlar için maksimum güç değerleri 2400 d/d' da, diesel yakıtı için 13,51 BG, B10 için 13,37 BG, B20 için 13,22 BG, B30 için 13,13 BG ve B40 için 12,74 BG olarak ölçülmüştür. Maksimum tork devri olan 1800 d/d' da elde edilen güç değerleri ise diesel yakıtı ile 11,16 BG, B10 ile 11,09 BG, B20 ile 10,83 BG, B30 ile 10,79 BG ve B40 ile 10,59 BG olarak ölçülmüştür. Diesel yakıtına nazaran güç değerindeki maksimum düşüş 2200 d/d' da %5,82 oranla B40 yakıtında gerçekleşmiştir. 2400 d/d' nin üzerindeki devirlerde motor gücünde düşüş eğilimi gözlenmiştir. Karışım yakıtların özgül yakıt tüketimi değerleri diesel yakıtı değerine göre artış göstermektedir. En düşük özgül yakıt tüketimi değerleri 2200 d/d' da ölçülmüştür. 2200 d/d' daki motor testlerinde özgül yakıt tüketimi, diesel yakıtı için 203 g/BGh, B10 için 204,53 g/BGh, B20 için 206,9 g/BGh, B30 için 207,65 g/BGh ve B40 için 209,09 g/BGh olarak ölçülmüştür. Karışım yakıtlarının özgül yakıt tüketimi, tüm motor devirlerinde diesel yakıtına göre daha yüksektir.

Rodriguez ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmada, palm yağı ve kolza yağı biyodizelinin motor test sonuçları incelenmiştir. Analizler, ateşleme gecikmesi ve bunun için bir öngörücü kolerasyon tanımlamasına odaklanmıştır. Deneylerde her iki yakıt için ateşleme süresinde enjeksiyon basıncında hiçbir önemli fark olmadığı gözlemlenmiştir.

Palm ve kolza yağı biyodizeli fosil kökenli yakıtlara göre yüksek setan sayılarına sahip oldukları için daha kısa ateşleme gecikmesi sağladığını tespit etmişlerdir.

Sanjid ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışmada, farklı kimyasal özellikleri olan palm ve ketencik karışımlarının ASTM standartlarına göre kabul edilebilirliğini incelemişlerdir. Bu çalışmada fren özgül yakıt tüketimi, motor gücü, egzoz ve gürültü emisyonları tek silindirli bir diesel motorda 1400 - 2000 d/d arasındaki devirlerde test edilmiştir. Karışım değerleri ile diesel yakıtı kıyaslanmıştır.

Santana ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada, süperkritik koşullarda biyodizel üretiminin transesterifikasyon kinetiklerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Deneyler 1:25 molar oranda etanol, 150 - 250°C arası sıcaklık, 2 - 10 dakika arası reaksiyon süresi ve 200 bar basınçlı sürekli reaktör ile gerçekleştirilmiştir. Biyodizel ürünleri gaz kromatografi cihazı ile incelenmiştir. Metanol ve etanolün sıcaklık ve reaksiyon süreleri biyodizelle eşleştirilmiştir. Bu çalışmada optimum biyodizel yakıtı, etanol ile 6 dakika minimum reaksiyon süresinde süperkritik koşullarda elde edilmiştir.

Sayin (2010) tarafından yapılan çalışmada, metanol ve etanol diesel yakıtlarının performans ve egzoz emisyonlarına olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Tek silindirli, 4 stroklu, doğal emişli bir diesel motoru kullanılmıştır. Testler 1000 d/d ile 1800 d/d arasında, motor torku 30 Nm' de sabit tutularak yapılmıştır. Sonuçlar; fren özgül yakıt tüketimi ve nitrojen oksit emisyonlarının arttığını, fren termal verimliliği, duman koyuluğu, CO emisyonu ve toplam hidrokarbonların metanol diesel ve etanol diesel yakıtında azaldığını göstermiştir.

Sekmen (2007) tarafından yapılan çalışmada, karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin bir diesel motorda yakıt olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Testler değişik motor devirlerinde ve değişik karışım oranlarında gerçekleştirilmiştir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin ısı değerinin düşük olmasından dolayı moment ve efektif güçte azalma, özgül yakıt tüketiminde artma gözlemlenmiştir. Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esteri karışımları motorda kullanıldığında, egzoz gaz sıcaklıkları diesel yakıtına göre biraz daha yüksek olarak ölçülmüştür. CO ve HC emisyonları ile duman koyuluğunda azalma elde edilirken, silindir sıcaklıklarının artması ve biyodizelin oksijen içeriği nedeniyle NO_x emisyonlarında artış gözlemlenmiştir.

Soysal (2008) tarafından yapılan çalışmada, diesel yakıtına biyodizel katılmasının motor performansı üzerindeki etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Yakıt karışımları, belirli miktardaki diesel yakıtına hacimsel olarak %5, %10, %20 ve %50

oranlarında biyodizel katılmasıyla elde edilmiştir. Çalışmada karşılaştırma yapabilmek amacıyla saf dizel ve biyodizel yakıtları da kullanılmıştır. Deneysel farklı motor hızlarında ve çeşitli sıkıştırma oranlarında gerçekleştirilmiştir. Deneysel süresince motor tam gaz (1/1 gaz) konumunda çalıştırılmıştır. Elde edilen deneysel sonuçlar, biyodizel ve biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanılması durumunda, saf dizel yakıtına göre döndürme momenti, efektif güç ve ortalama efektif basınç değerlerinde azalma olduğunu, özgül yakıt tüketiminde ise artma olduğunu göstermiştir. Düşük sıkıştırma oranlarında, yani $\epsilon=17$ olması durumunda, B05, B10 ve B20 yakıt karışımları B50 ve B100 yakıtlarıyla karşılaştırıldığında bütün motor karakteristikleri için daha iyi sonuçlar vermiştir. Yüksek sıkıştırma oranlarında, yani $\epsilon=21$ olması durumunda ise B50 ve B100 yakıtlarının B05, B10 ve B20 yakıt karışımlarına göre daha iyi sonuçlar verdikleri görülmüştür.

Şahin (2013) tarafından yapılan çalışmada, keten tohumu yağından elde edilen biyodizel (B100) ve B2, B5, B20, B50 oranlarında motorinle karıştırılmıştır. Karışımlar sonucunda elde edilen B2, B5, B20, B50, B100 ve motorin yakıtlarının kinematik viskozitesi, yoğunluğu, su miktarı, ısı değeri, parlama noktası, bulutlanma, donma ve akma noktaları, bakır çubuk korozyonu testi ve CFPP (soğukta filtre tıkanma noktası) testi yapılmıştır. Çalışma sonucunda, keten tohumundan elde edilen biyodizel ve karışımların fiziksel özellikleri ve dizel motorlarda kullanılması ile elde edilen motor performans değerleri standart dizel yakıtı ile benzer özellikler göstermiştir. Deneysel yakıtlardan elde edilen maksimum tork değerlerine bakıldığında en yüksek değer, motorin ile 1000 d/d' da yaklaşık 59,6 Nm iken, B100 yakıtı ile 1200 d/d' da yaklaşık 53,8 Nm' dir. Maksimum güç değerlerine bakıldığında, en yüksek değer motorin ile 2100 d/d' da yaklaşık 10.96 kW iken, B100 yakıtı ile 2000 d/d' da yaklaşık 10.23 kW' dir. Minimum özgül yakıt tüketimi değerlerine bakıldığında ise en düşük değer, motorin ile 1000 d/d' da yaklaşık 231,36 g/kWh iken, B100 yakıtı ile 1200 d/d' da yaklaşık 296,73 g/kWh olarak ölçülmüştür.

Şanlı (2005) tarafından yapılan çalışmada, ayçiçek, mısır özü, soya, kanola, fındık ve pamuk yağlarından, alkol olarak çeşitli oranlarda metanol, etanol, 2 - propanol ve 1 - bütanol, katalizör olarak ise potasyum hidroksit, sodyum hidroksit ve sülfürik asit kullanılarak transesterifikasyon reaksiyonları ile alternatif bir dizel yakıtı olan biyodizel üretilmiştir. Yakıtlar üretildikten sonra ürün eldesi ile kinematik viskozite, yoğunluk, toplam - serbest gliserol ve donma noktası gibi yakıt özellikleri belirlenerek, grafik ortamında karşılaştırılmıştır. Yapılan deneysel sonucunda, biyodizel

üretiminde kullanılabilir en uygun alkolün metanol olduğu anlaşılmıştır. Diğer alkoller ise asit katalizör ile en az 48 saat gibi uzun reaksiyon süresinde kullanılmalıdır. Üretilen biyodizel yakıtlarının donma noktaları soğuk bölgeler için kabul edilemeyecek kadar yüksektir. Bu problemin bölgesel olarak çözülmesinden sonra biyodizelin alternatif diesel motor yakıtı olarak kullanılabilmesinin önünde hiçbir engel görülmemiştir.

Şen (2012) tarafından yapılan çalışmada, atık balık yağı kökenli biyodizel ve petrol kökenli diesel yakıtı ile karışımlarının, dört zamanlı, tek silindirli bir diesel motorda performans ve emisyon karakteristikleri analiz edilmiştir. Biyodizel ve karışımlarının performans ve emisyon karakterlerini belirlemek amacıyla, motor tam yük ve değişik devir testlerine tabi tutulmuştur. Analiz sonucunda, karışımdaki biyodizel oranı arttıkça diesel yakıtı göre özgül yakıt tüketiminde artış, motorun döndürme momentinde ise azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Emisyon analizi sonucunda CO, HC ve is emisyonlarında azalma elde edilirken, NO_x emisyonlarında ise artış belirlenmiştir.

Şimşek (2010) tarafından yapılan çalışmada, soya yağı metil esteri (SME)'nin dört zamanlı, tek silindirli, direkt püskürtmeli bir diesel motorda performans ve emisyonlara etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Testler iki aşamada gerçekleştirilmiştir. İlk olarak motor; diesel yakıtı, B25, B50, B75 ve B100 yakıtları ile tam yük - sabit bir hızda test edilmiştir. Test sonuçlarına göre performans bakımından en uygun yakıtın B25 olduğu belirlenmiştir. İkinci aşamada motor, diesel yakıtı ile orijinal püskürtme basıncında ve B25 yakıtı ile değişik püskürtme basınçlarında (160, 180, 200, 220, 240 bar) değişik yüklerde karşılaştırma için test edilmiştir. B25 ile yapılan testler sonucunda, performans ve emisyon bakımından en uygun püskürtme basıncının 220 bar olduğu tespit edilmiştir. B25 yakıtı ile 220 bar püskürtme basıncında, diesel yakıtı göre önemli bir güç kaybı olmadan (~%1) özgül yakıt tüketiminde yaklaşık %2 oranında artış kaydedilmiştir. Ayrıca, HC, CO ve is emisyonlarında diesel yakıtına göre sırasıyla %33, %9 ve %20 oranlarında azalma, NO_x emisyonunda ise %12 oranında artış tespit edilmiştir.

Tillem (2005) tarafından yapılan çalışmada, biyodizel hammaddesi olarak ham kanola yağı, nötr pamuk yağı ve atık kızartma yağı kullanılmış, biyodizel üretim yöntemi olarak alkali katalizörler ile transesterifikasyon metodu izlenmiştir. Transesterifikasyon reaksiyonunda, alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Üretilen biyodizeller, diesel yakıtı içerisine %20 hacimsel

oranda karıştırılmıştır. Biyodizel - diesel karışımları, dört zamanlı, dört silindirli, ön yanma odalı turbo - diesel bir motorda, tam yükte, performans ve emisyon değerleri bakımından test edilmiştir. Deney sonuçları, farklı çalışma şartlarında performans ve emisyon değerleri göz önüne alınarak, üretilen biyodizel yakıtların diesel yakıtına kısmi oranda karıştırılması suretiyle diesel motorda herhangi bir değişiklik veya yakıt ön ısıtması gerektirmeden kullanılabilirliğini göstermiştir.

Utku (2009) tarafından yapılan çalışmada, diesel motorlarında alternatif yakıt olarak kanola, soya, ayçiçeği, şeker kamışı gibi bitkilerden elde edilen yağ ve esterleri kullanılmaktadır. Bu çalışmada ilk olarak kanola yağından biyodizel elde edilmiştir. Analiz laboratuvarında (viskozite, yoğunluk, akma - donma, kükürt, setan sayısı, setan indeksi) yakıt analizi gerçekleştirilmiştir. Deneyler sonucunda yakıt karışımlarında biyodizel yakıtına göre moment ve güçte artma, özgül yakıt tüketiminde ise azalma elde edilmiştir. Diesel yakıtı ile elde edilen moment ve güç değerlerinin diğer yakıtlardan daha fazla olduğunu belirtmiştir. Sonuçlar, performans bakımından diesel yakıtı yerine biyodizel ve değişik yakıt karışımlarının kullanılabilirliğini göstermektedir.

Yamık (2002) tarafından yapılan çalışmada, tek silindirli bir diesel motorda diesel yakıtı, ayçiçek yağı metil ester ve etil esterinin tam yük, değişik devir ve sabit devir değişik yük deneyleri yapılmış, deneyler sonucunda her yakıt için performans haritaları çıkarılmış, tam yük değişik devir deneylerinde etil ester performansı diesel yakıtı ve metil estere göre daha düşük değerlerde ölçmüşlerdir. Emisyonlar bakımından etil ester emisyon değerleri metil esterinkine yakın değerlerde tespit edilmiş, ayçiçek yağı metil esterinin ısı değer ve özgül yakıt tüketiminin diesel yakıtına benzer değerler verdiği saptanmıştır. Her yakıt için maksimum momentin meydana geldiği optimum avans değerleri tespit edilmiştir. Deneyler sonucunda metil ester performans bakımından diesel yakıtına alternatif olabileceği saptanmıştır. Etil ester motor gücü ve momentinin ise diesel yakıtına yakın olduğu belirlenmiş buna karşılık özgül yakıt tüketimlerinin yüksek olduğu görülmüştür. Özellikle özgül enerji tüketimi ve özgül enerji maliyetlerinin etil esterde diğer yakıtlara göre yüksek olduğu hesaplanmıştır. Yapılan deneyler sonucunda bitkisel yağ metil esterlerinin diesel yakıtına alternatif olabileceği görülmüştür.

Yaşar (2016) tarafından yapılan çalışmada, yosun yağından transesterifikasyon reaksiyonu ile biyodizel üretimi ve diesel motorlarda kullanılabilirliği araştırılmıştır. Üretilen biyodizelin viskozite, yoğunluk, parlama noktası, setan sayısı, asit değeri, kükürt ve su içeriği gibi özelliklerin belirtilen standartlar ile uyumlu olduğu

görülmüştür. Ayrıca üretilen biyodizelin standart yakıt özelliklerine sahip olmasının yanında yüksek setan sayısı (57,3) ve iyi soğuk filtre tıkanma noktası (-10°C) gibi özellikleri onu önemli bir alternatif diesel motor yakıtı yapmaktadır. Deneyler sonucunda, biyodizel ve karışım yakıtın özgül yakıt tüketiminde artış, efektif verimde ise diesel yakıtına göre hafif bir düşme olduğu gözlemlenmiştir. Biyodizel ve karışım yakıtın kullanılması ile diesel yakıtına göre biraz daha yüksek silindir gaz basıncı ve maksimum ısı salınımı elde edilmiştir. Emisyon testleri sonucunda, biyodizelin yanmamış hidrokarbon emisyonları ve duman koyuluğu değerlerinde önemli azalmalar sağladığı belirlenmiştir. Buna karşın NO_x emisyonlarında artış görülmüştür.

Yiğit (2009) tarafından yapılan çalışmada, diesel yakıtı olarak kullanılan kanola yağı metil esterinin (KME) tek silindirli bir diesel motorda, çeşitli oranlarda diesel yakıtı ile kanola yağı metil esterinin karıştırılarak emisyon karakteristiklerine ve motor performansına olan etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Sonuç olarak; kanola yağı metil esteri kullanımı ile motor performans ve egzoz emisyonları bakımından diesel yakıtına yakın değerler elde edilmesi ve değişen motor devir sayısına bağlı olarak diesel yakıtına benzer özellikler göstermesi, kanola yağı metil esterinin diesel motorlarda alternatif diesel yakıtı olarak kullanılabilceğini göstermiştir.

Yılmaz (2012) tarafından yapılan çalışmada, standart diesel yakıtı, %45 biyodizel - %10 metanol - %45 diesel, %40 biyodizel - %20 metanol - %40 diesel, %45 biyodizel - %10 etanol - %45 diesel ve %40 diesel - %20 etanol - %40 diesel karışımları sıkıştırma ateşlemeli motorda aynı koşullar altında test edilmiştir. Motorun performans ve emisyon karakteristikleri iki farklı karışım içinde kıyaslanmıştır. Elde edilen verilere göre alkol konsantrasyonları arttığında CO ve HC emisyonları artarken, NO_x emisyonları azalmıştır.

Yurduseven (2010) tarafından yapılan çalışmada, biyodizel olarak alabalık yağından elde edilen alabalık yağ metil esteri kullanılmıştır. Alkol olarak metil alkol, katalizör olarak sodyum hidroksit kullanılmıştır. Üretilen biyodizel, diesel yakıtı içerisine %10, %20, %40, %50 hacimsel oranda karıştırılmıştır. Biyodizel - diesel karışımları, dört zamanlı, 1 silindirli, indirekt püskürtmeli, hava soğutmalı diesel bir motorda, tam yükte performans ve değişken yüklerde sürüm değerleri bakımından test edilmiş ve diesel yakıtla karşılaştırılmıştır. Deney sonuçları, farklı çalışma şartlarında performans ve emisyon değerleri göz önüne alınarak, üretilen biyodizel yakıtının diesel yakıtına kısmi oranda karıştırılması suretiyle diesel motorda herhangi bir değişiklik veya yakıt ön ısıtması gerektirmeden kullanılabilirliğini göstermektedir.

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1 Biyodizel Üretiminde Kullanılan Materyaller

4.1.1 Ketencik Bitkisi ve Ketencik Yağı

Yalancı keten, Alman susamı, Sibiryaya yağlı tohumu gibi isimlerle de tanınan ketencik bitkisi Kuzey Avrupa ve orta Asya'nın doğal bir bitkisi olup, bu bölgelerde yaklaşık 3000 yıldan beri tarımının yapıldığı ve insan beslenmesinde kullanıldığı bildirilmektedir (Katar ve ark., 2012).

Brassicaceae familyasına ait olan ketencik bitkisinin; *C.sativa*, *C. laxa*, *C. rumelica*, *C. microcarpa*, *C.hispida* ve *C. anomalatürleri* yaygın olarak bilinmektedir. Bu türler içerisinde ekonomik önemi olan tek tür *Camelinasativa*'dir (Kurt ve Seyis, 2008).

Yazlık ve tek yıllık bir yağ bitkisi olan Ketencik (*Camelinasativa* (L.) Crantz) bitkisi yazlık olmakla birlikte sert kışlara dayanıklı tipleri de olan bir kültür bitkisidir. Ketencik bitkisinin 1940'lı yılların başına kadar Doğu Avrupa ve Rusya'da yaygın bir şekilde üretiminin yapıldığı ve daha sonraki yıllarda da yerini kanolaya bıraktığı belirtilmektedir (Katar ve ark., 2012).

Yemeklik yağların besleyiciliğini arttıran ve aynı zamanda raf ömrünü de uzatan tokoferoller bakımından zengin olan ketencik yağında 700 mg/kg tokoferol bulunduğu bildirilmektedir (Kurt ve Seyis, 2008).

Bunun yanı sıra ketencik yağının önemli bir özelliği de içerisinde bulunan linolenik asit oranının (%38) yüksek olmasıdır. Linolenik asit Omega-3 yağ asitlerinden birisi olup, bu yağ asidi sadece balık yağı ve ketende bulunan kaliteli bir yağ asididir. Bu nedenle Omega-3 yağ asidi bakımından zengin yemeklik yağ talebini karşılama bakımından ketencik önemli bir yağ bitkisi olma potansiyeline sahiptir (Katar ve ark., 2012).

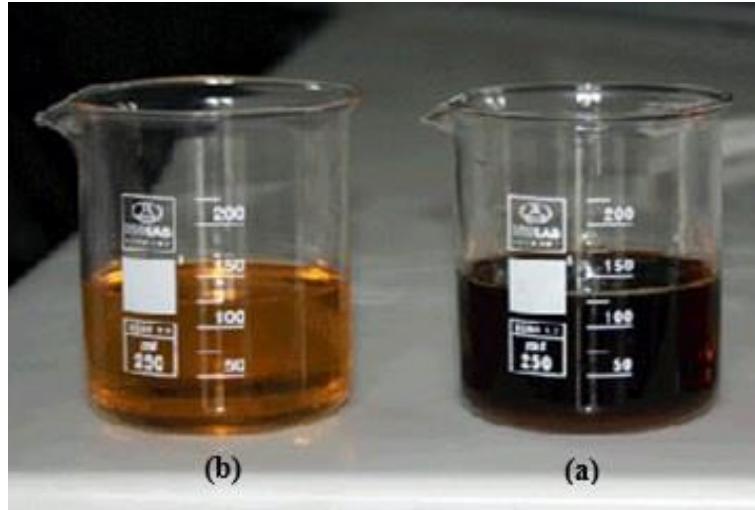
Ketencik yağının metil esterinin yüksek iyot değerine sahip olması yağın bozulmadan daha uzun süre sanayide makine yağlamada kullanılmasına imkan tanımaktadır (Katar ve ark., 2012).

Yazlık çeşitlerin tohumları %42, kışlık çeşitlerin tohumları ise %45 oranında yağ ihtiva eder. Ketencik yağındaki yağ asitlerinin %90'ından fazlasını doymamış yağ asitleri oluşturmaktadır. Doymamış yağ asitlerinin önemli bir kısmını ise (yaklaşık %58) çoklu doymamış yağ asitleri oluşturmakta olup, %35-45'ini linolenik asit (C18:3n-3; Omega-3 yağ asidi) ve %15-20'ini linoleik asit (C18:2n-6; Omega-6 yağ asidi) oluşturmaktadır. Tekli doymamış yağ asitlerinin oranı yaklaşık %36 olup bu yağ asitleri öncelikle oleik asit (C18:1n-9) ve eicosenoik asit (C20:1n-9)'ten oluşmaktadır.

Doymuş yağ asitlerinin oranı ise % 6 civarındadır. Ketencik yağı düşük doymuş yağ asidi oranı ile yüksek kalitede yemeklik yağ sınıfına girmekle beraber raf ömrünü kısaltan, yanmaya karşı hassasiyeti artıran yüksek oranda çoklu doymamış yağ asitlerini ihtiva etmektedir. Iodine sayısı (144) itibariyle de kuruyan yağ sınıfına girmektedir. Ketencik yağı, yerfıstığı ve kolzadan daha az, keten, soya fasulyesi, ayçiçeği ve pamuktan daha fazla tekli doymamış yağ asidi ihtiva etmektedir. Diğer taraftan ketencik yağı ketenden daha az, pamuk, yerfıstığı ve kolzadan daha fazla, soya fasulyesi ve ayçiçeğine yakın oranda çoklu doymamış yağ asidi ihtiva etmektedir (Kurt ve Seyis, 2008).

Ketencik yağının doymuş ve doymamış yağ asitleri kompozisyonu ayçiçeğine benzer, fakat ayçiçeğinden önemli derecede daha yüksek oranda Omega-3 ihtiva eder. Ketencik türlerine bağlı olarak değişmekle birlikte yağda yüksek eicosenoik asit oranına sahiptir. Fakat bunun potansiyel değeri veya dezavantajı, şimdilik, kesin olarak ortaya konmamıştır. Ketencik çeşitlerinin çoğu %2-4 erusik asit (C22:1n-9) içermekte olup, bu oran kolzada kaliteli yemeklik yağ için kabul edilen maksimum %2 sınırından daha yüksektir. Bununla birlikte %0 erusik asit ihtiva eden ketencik çeşitleri de son yıllarda geliştirilmiştir (Kurt ve Seyis, 2008).

Ham ketencik yağı ve ketencik etil esteri şekil 4.1' de gösterilmiştir.



Şekil 4.1: Ham Ketencik Yağı (a) ve Ketencik Etil Esteri (b)

4.1.2 Etanol

Bu tez çalışmasında biyodizel üretiminde etanol (etil alkol) kullanılmıştır. Etanol ile ilgili detaylı bilgiler bölüm 2.6.1' de verilmiştir.



Şekil 4.2: C₂H₅OH - Etanol

4.1.3 Sodyum Hidroksit

Trigliseridleri ayrıştırmak veya bitkisel yağı parçalamak için reaksiyonda bir katalizör yer alır. Katalizör diğer maddeler arasındaki reaksiyonu hızlandırmak için kullanılan bir maddedir. Biyodizel reaksiyonu için sodyum hidroksit (NaOH) veya potasyum hidroksit (KOH) sık olarak kullanılan bazı katalizör çeşitleridir. Katalizör olarak asidik bir katalizörde kullanılabilir fakat reaksiyonda bazı katalizörlere oranla daha fazla kullanılması gerekmektedir. Sodyum hidroksit beyaz renkli bir kimyasal madde olup aynı zamanda kostik soda olarak da adlandırılır. Sodyum hidroksidin bulunmadığı durumlarda yerine potasyum hidroksit katalizör olarak kullanılabilir. Her iki katalizör toz, taneli veya tablet şeklinde olabilir. Sodyum hidroksit veya potasyum hidroksit deriye ve göze hasar verebilir. Ağız veya solunum yoluyla alındığında akciğerlere zarar verebilir. Biyodizel için kullanılan katalizör trigliseridleri kırarak esterlerin açığa çıkmasına yardımcı olur. Esterler açığa çıktıklarında alkol ile birleşirler, katalizör ise gliserin ile birleşerek reaksiyon kabının dibine çöker (Acaroğlu, 2013).

Bu tez çalışmasında kullanılan katalizör çeşidi sodyum hidroksittir. Sodyum hidroksit ile ilgili detaylı görsel şekil 4.3' te verilmiştir.



Şekil 4.3: NaOH - Sodyum Hidroksit

4.1.4 Reaktör

Ketencik yağı - alkol (etanol) - katalizör karışımını tepkimeye sokmak için mekanik karıştırıcılı reaktör kullanılmıştır. Bu tez çalışmasında biyodizel üretiminde kullanılan reaktör şekil 4.4' te verilmiştir.



Şekil 4.4: Biyodizel Üretiminde Kullanılan Reaktör

4.1.5 Motor

Üretilen ketencik etil esterinin test edilmesi için 1.9 Doblo Multijet motoru kullanılmıştır. Tez çalışmasında kullanılan motorun teknik özellikleri çizelge 4.1' de görseli ise şekil 4.5' te verilmiştir.

Çizelge 4.1: Motor Teknik Özellikleri

Motor Özellikleri	1.9 Multijet
Silindir adedi ve yerleşimi	4, tek sıra, önde enlemesine
Silindir hacmi (cc)	1910
Sıkıştırma oranı	18.5:1
Yakıt	Motorin
Yakıt besleme	Elektronik kontrollü common rail tipi multijet direkt enjeksiyon, turbo ve intercooler
Ateşleme	Sıkışmalı
Çap × Strok	82 × 90,4



Şekil 4.5: Doblo 1.9 Multijet Motoru

4.1.6 Motor Dinamometresi

Motor dinamometresi ile motora farklı devirlerde yükleme yapılarak, motordaki moment, güç ve yağ sıcaklığı değerleri ölçülmüştür. Bu tez çalışmasında kullanılan motor dinamometresi şekil 4.6' da verilmiştir.



Şekil 4.6: Motor Dinamometresi Kontrol Paneli

4.1.7 Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı

Yapılan tez çalışmasında egzoz emisyonları ölçümü için Bosch BEA 350 model emisyon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Kullanılan emisyon ölçüm cihazı şekil 4.7' de, teknik özellikleri ise çizelge 4.2' de verilmiştir.



Şekil 4.7: Bosch BEA Emisyon Ölçüm Cihazı

Çizelge 4.2: Bosch BEA 350 Emisyon Ölçüm Cihazı Teknik Özellikleri

Dizel Duman Ölçüm Seti		
	Ölçme Aralığı	Hassaslık
Oposite Gradyanı	0-100 %	0.1 %
Absorsyon Katsayısı	0-9.99 d/d	0.01 d/d
Yağ Sıcaklığı		
	Ölçme Aralığı	
Sıcaklık	-20 - +150°C	
Dizel Motor Devir Sayısı (d/d)		
	Ölçme Aralığı	Hassaslık
BDM (B+/B-)	600-6000 d/d	10 d/d
Maşa	250-7200 d/d	10 d/d
OT-Sensörü	100-7200 d/d	10 d/d
TD/TN Sinyali	100-7200 d/d	10 d/d
Teknik Veriler		
Ölçüler	Sistem taşıyıcılı tüm BEA kombinasyonları için (en×yükseklik×derinlik mm) 750×1370×700 Gösterge kontrol ünitesi (en×yükseklik×derinlik mm) 470×260×480	
Ağırlık	BEA 350 (sistem taşıyıcı dahil) = 67 kg	
Opt. Çalışma Sıcaklığı	+5°C - +40°C	
Çalışma Sıcaklığı	+5°C - +45°C	
Depolama	-25°C - +60°C	
Şebeke Cereyanı	230V, 50Hz	

4.1.8 Yakıt Ölçüm Ünitesi

0,1 gr hassasiyetli ölçüm yapabilen hassas terazide motorun tükettiği yakıt miktarı kütleli olarak tespit edilmiştir. Herhangi bir zaman diliminde yakıt deposundaki yakıtın ağırlığı hassas terazi ile ve bir kronometre yardımı ile ölçülmüştür. Kronometre yardımı ile belirli bir zaman aralığında hassas terazide ölçülen yakıt miktarı kaydedilmiş ve birim zamanda tüketilen yakıt miktarı hesaplanmıştır. Hesaplanan kütleli yakıt debisi motor gücüne oranlanarak özgül yakıt tüketimi bulunmuştur. Kütleli yakıt debisini ölçmek için kullanılan hassas terazi şekil 4.8' de verilmiştir.



Şekil 4.8: Hassas Terazi

4.2 Yöntem

Yapılan tez çalışmasında uygulanan yöntem aşamaları şu şekildedir;

- Ketencik yağından biyodizel üretilmesi
- Yakıt karışımlarının hazırlanması
- Deney düzeneğinin hazırlanması
- Deneyin yapılması

4.2.1 Ketencik Yağından Biyodizel Üretimi

Bu aşamada ketencik yağı-alkol (etanol) ve katalizör belli oranlarda birbirleri ile ölçülendirilmiş, manyetik karıştırıcıda (reaktör) tepkimeye sokulmuştur. Tepkime sonucunda reaktörden gliserin alınmış ve alkol (etanol) üretilen biyodizelden uzaklaştırılarak ketencik etil ester üretimi tamamlanmıştır. Ketencik etil esteri üretiminde aşağıdaki aşamalar uygulanmıştır;

- 15 litre bitkisel yağ (ketencik yağı) ölçü kapları yardımı ile hazırlanmıştır,
- 15 litre bitkisel yağ (ketencik yağı) için 4,5 litre etil alkol ölçü kapları yardımı ile hazırlanmıştır,

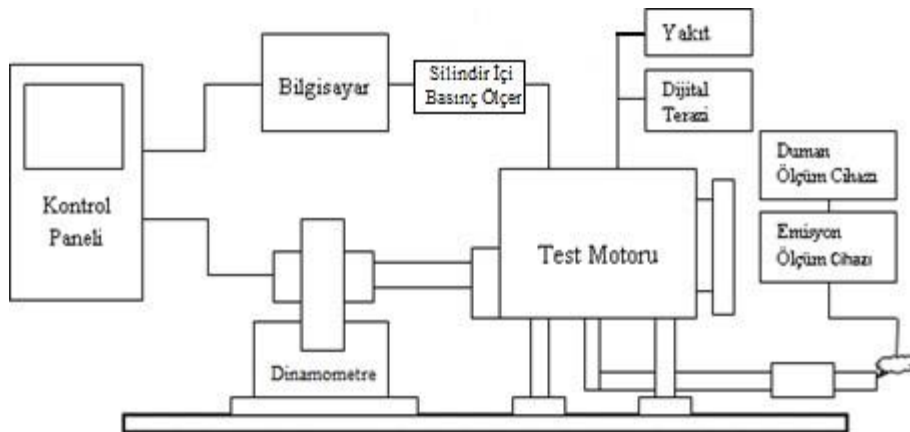
- 15 litre bitkisel yağ (ketencik yağı) ve 4,5 litre etil alkol için 63 gr katalizör (sodyum hidroksit) hassas terazi yardımı ile hazırlanmıştır,
- Bitkisel yağ (ketencik yağı), etil alkol ve katalizör (sodyum hidroksit) karışımı reaksiyon kabında tepkimeye alınmıştır,
- Ortalama 70°C’ de 55 dakika tepkime işlemi gerçekleştirilmiştir,
- Tepkimeden sonra gliserinin çökmesi beklenmiş ve reaksiyon kabından gliserin alınmıştır,
- Biyodizel (ketencik etil esteri) üretim işlemi tamamlanmıştır.

4.2.2 Yakıt Karışımlarının Hazırlanması

Ketencik etil esteri üretim aşamasından sonra yakıt oranları planlandığı üzere ölçülü olarak ayarlanmış ve karışımları yapılmıştır. Yakıt karışım oranları hacimsel olarak; dizel yakıtı (DY), %80 dizel yakıtı + %20 ketencik etil esteri (DY80 - KEE20) ve ketencik etil esteri (KEE) olacak şekilde ayarlanmıştır.

4.2.3 Deney Düzenliğinin Hazırlanması

Üretilen ketencik etilesterinin motorda deneyini yapabilmek için; motor dinamometresi ve egzoz emisyon ölçüm cihazının (Bosch BAE 350) 1.9 Multijet Doblo motoruna bağlantısı yapılmıştır. Hazırlanmış olan yakıt karışımlarının tüketim değerlerinin hesaplanabilmesi için hassas terazi yakıtın altında ölçüm için hazır bulundurulmuştur. Tez çalışması için hazırlanan ve kullanılan deney test düzeneği şekil 4.9’ da verilmiştir.



Şekil 4.9: Deney Test Düzeneği

4.2.4 Deneyin Yapılması

Ketencik etil esteri üretimi, yakıt karışımlarının hazırlanması ve deney düzeneğinin hazırlanması işlemlerinden sonra deneyin yapılması işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu aşamada motor dinamometresi ile DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtları için motora farklı devirlerde yükleme yapılmış (1000 d/d, 1500 d/d, 2000 d/d, 2500 d/d, 3000 d/d, 3500 d/d, 4000 d/d) ve güç, moment, yağ sıcaklığı, motora alınan hava miktarı, yakıt tüketim değeri, egzoz emisyonları ve partikül madde miktarları ölçülmüştür. Motor ilk olarak her yakıt karışımı deneyinden önce diesel yakıt ile çalıştırılmış, çalışma sıcaklığına getirilmiş ve her yakıt değişiminden sonra da yakıt filtresi temizlenerek deney işlemleri gerçekleştirilmiştir.

5. ÖLÇÜMLER VE HESAPLAMALAR

5.1 Devir Sayısı

Motorun devir sayısı n olmak üzere, deney düzeneğinde motora bağlı bulunan motor dinamometresi yardımı ile d/d cinsinden ölçülmüştür.

5.2 Moment

Md döndürme momenti olarak, deney düzeneğinde motora bağlı bulunan motor dinamometresi yardımı ile Nm cinsinden ölçülmüştür.

5.3 Efektif Güç

N_e efektif güç olmak üzere, deney düzeneğinde motora bağlı bulunan motor dinamometresi yardımı ile kW cinsinden ölçülmüştür.

5.4 Silindir içi Basınç

Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakültesi atölyesinde bulunan AVL marka silindir içi basınç sensörü ile ölçümler gerçekleştirilmiştir.

5.5 Özgül Yakıt Tüketimi

Toplam yakıt tüketimi ve efektif güç belirlendiğine göre özgül yakıt tüketimi, aşağıdaki bağıntıdan hesaplanabilir.

$$b_e [kg \text{ yakıt}/kW \text{ saat}] = B[kg \text{ yakıt}/\text{saat}] / N_e[kW] \quad (7.1)$$

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada test sonuçları motor momentı, motor gücü, özgül yakıt tüketimi, CO emisyonu, NO_x emisyonu, HC miktarı ve duman koyuluğu değerleri bakımından değerlendirilmiş ve diesel yakıtı ile karşılaştırılmıştır. Bu değerler grafiksel olarak incelenmiş ve açıklanmıştır.

6.1 Motor Performansı

DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının ölçülen motor performans değerleri çizelge 6.1, 6.2 ve 6.3' de verilmiştir.

Çizelge 6.1: DY Yakıtının Motor Performans Değerleri

Devir (d/d)	Moment (Nm)	Güç (kW)	be (g/kWh)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)
1000	93,46	10,26	308,13	97,6
1500	120,68	18,78	257,2	101,6
2000	167,68	35,25	245,1	105,2
2500	146,27	38,5	243,69	113,3
3000	127,01	40,88	226,44	120,3
3500	66,36	34,12	283,3	126,1
4000	37,69	14,79	436,36	128,3

Çizelge 6.2: DY80 - KEE20 Yakıt Karışımının Motor Performans Değerleri

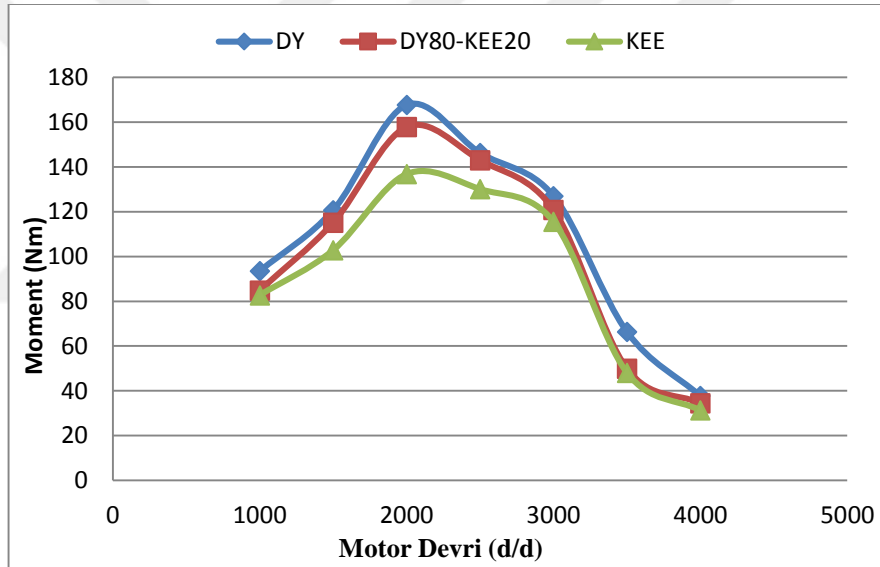
Devir (d/d)	Moment (Nm)	Güç (kW)	be (g/kWh)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)
1000	84,83	9,35	308,16	111,2
1500	115,15	18,63	268,69	111,6
2000	157,84	34,64	264,61	112,9
2500	143,03	38,37	259,52	116,2
3000	120,87	36,26	251,16	124,7
3500	49,93	18,21	371,49	130,1
4000	34,43	13,31	464,33	131,7

Çizelge 6.3: KEE Yakıtının Motor Performans Değerleri

Devir (d/d)	Moment (Nm)	Güç (kW)	be (g/kWh)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)
1000	82,73	9,15	313,82	110,8
1500	102,85	16,62	270,75	110
2000	136,83	28,76	274,49	110,4
2500	130,12	34,26	283,35	113,4
3000	115,59	36,05	269,15	121,1
3500	48,12	18,06	393,22	125,8
4000	31,26	12,36	480,2	128,8

6.1.1 Motor momenti

Motor devir sayısına bağlı olarak DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor moment değişimleri Şekil 6.1' de gösterilmiştir.



Şekil 6.1: Yakıt Türlerinin Motor Momenti Açısından Karşılaştırılması

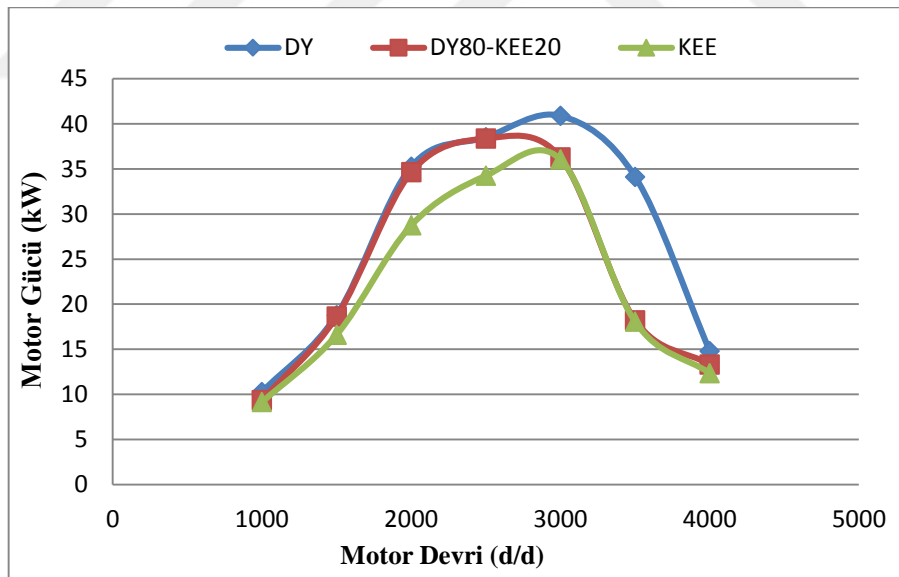
Grafikte de görüldüğü üzere 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 93,46 - 120,68 - 167,68 - 146,27 - 127,01 - 66,36 - 37,69 Nm moment değerleri elde edilirken, DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 84,83 - 115,15 - 157,84 - 143,03 - 120,87 - 49,93 - 34,43 Nm moment değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 82,73 - 102,85 - 136,83 - 130,12 - 115,59 - 48,12 - 31,26 Nm moment değerleri elde edilmiştir. Motor moment değerleri incelendiğinde, bütün yakıt türlerinde maksimum motor momentini 1750 - 2250 d/d arasında oluşmaktadır. Moment değişimleri incelendiğinde en yüksek moment değerine DY yakıtı kullanıldığında ulaşılmıştır. Maksimum momentin elde edildiği 2000 d/d' da DY yakıtı

kullanılarak 167,68 Nm elde edilirken aynı devirde DY80 - KEE20 yakıtı karışımı 157,84 Nm, KEE yakıtı ise 136,83 Nm moment geliştirmiştir. Yakıt türlerinin geliştirmiş olduğu moment değerleri incelendiğinde, DY80 - KEE20 yakıt karışımının özellikle 1000 - 3500 d/d aralığında DY yakıtına daha yakın olduğu tespit edilmiştir. Grafik geneline bakıldığında DY80 - KEE20 yakıt karışımının, DY yakıtına daha yakın moment değerleri gösterdiği dikkate alındığında KEE yakıtına göre bir adım öne geçmiştir. KEE ve DY80 - KEE20 yakıt karışımı için elde edilen motor moment değerlerinin bir miktar düşük olması, KEE yakıtının yüksek viskoziteye sahip olması ve ısıl değerinin düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Özçelik ve ark., 2015).

Yakıtın yüksek viskoziteye sahip olması, yakıtın enjektörlerden püskürtülmesini güçleştirmekte ve iyi derecede atomizasyon sağlanmasını önlemektedir. Motor moment değerleri incelendiğinde, Shojaeefard ve ark. (2013) tarafından yapılan çalışmanın motor moment değerlerine benzediği görülmektedir.

6.1.2 Motor gücü

Motor devir sayısına bağlı olarak DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor güç değeri değişimleri Şekil 6.2' de gösterilmiştir.



Şekil 6.2: Yakıt Türlerinin Motor Gücü Açısından Karşılaştırılması

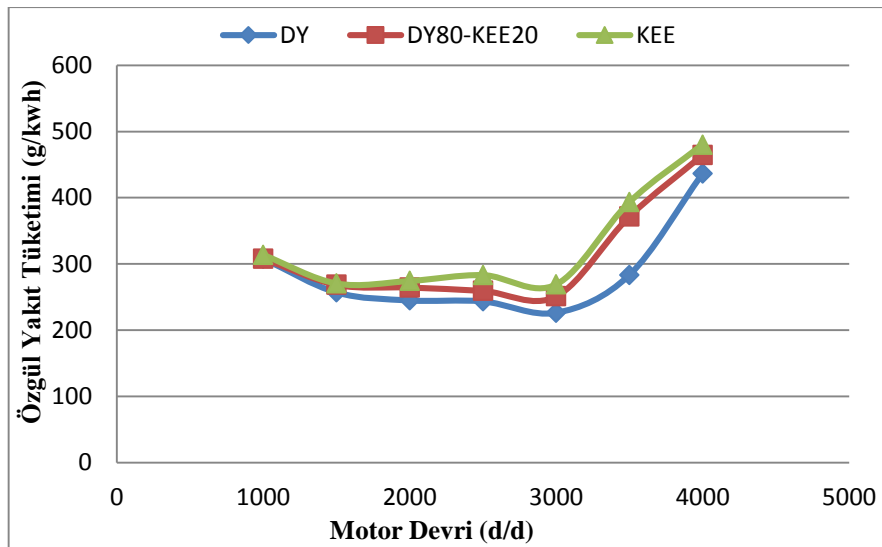
Motor güç değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 10,26 - 18,78 - 35,25 - 38,5 - 40,88 - 34,12 - 14,79 kW güç değerleri elde edilirken, DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 9,35 - 18,63 - 34,64 - 38,37 - 36,26 - 18,21 - 13,31 kW güç değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 9,15 - 16,62 - 28,76 - 34,26 - 36,05 - 18,06 - 12,36 kW güç değerleri elde

edilmiştir. Bu grafikte motor gücü değerlerinin DY yakıtı ve KEE yakıtında 2750 - 3250 d/d aralığında maksimum değere ulaştığı görülmüştür. DY80 - KEE20 yakıt karışımında ise maksimum motor gücü 2250 - 2750 d/d aralığında gelişmiştir. DY yakıtının maksimum motor gücü 3000 d/d' da 40,88 kW olarak gelişmiş, aynı devirde KEE yakıtı maksimum momentini 36,25 kW olarak geliştirmiştir. DY80 - KEE20 yakıt karışımı ise maksimum motor gücü değerine 2500 d/d' da 38,37 kW olarak ulaşmıştır. 3000 d/d' dan sonra diğer yakıtların motor gücü değerleri ile DY yakıtının motor gücü değerleri arasındaki farkın açıldığı tespit edilmiştir. Yakıtlardaki KEE yakıt oranına bağlı olarak motor gücündeki düşüşün nedeni, KEE yakıtının yüksek yoğunluk ve viskozitesinden kaynaklandığı düşünülebilir (Özçelik ve ark., 2015).

Yüksek viskozite ve yoğunluk, yakıtın enjektörden istenilen şekilde atomize olarak püskürtülememesine neden olmaktadır. Bu durum ise yanmayı etkileyen tutuşma gecikmesinin süresini uzatmakta ve yanmanın kötüleşmesine sebep olmaktadır. KEE yakıtının ısı değerinin DY yakıtına göre daha düşük olmasının da motor gücündeki değerlerin düşmesine sebep olduğu düşünülebilir. Elde edilen motor güç değerlerine bakıldığında, Sanjıd ve ark. (2014) tarafından yapılan çalışma ile Sayın ve Kahraman (2016) tarafından yapılan çalışmanın motor gücü değerlerine benzerlik göstermektedir.

6.1.3 Özgül yakıt tüketimi

Motor devir sayısına bağlı olarak DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının özgül yakıt tüketim değişimleri Şekil 6.3' de gösterilmiştir.



Şekil 6.3: Yakıt Türlerinin Özgül Yakıt Değerleri Açısından Karşılaştırılması

Özgül yakıt tüketimi değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 308,13 - 257,2 - 245,1 - 243,69 - 226,44 - 283,3 - 436,36 g/kWh özgül yakıt tüketim değerleri elde edilirken, DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 308,16 - 268,69 - 264,61 - 259,52 - 251,16 - 371,49 - 464,33 g/kWh özgül yakıt tüketim değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 313,82 - 270,75 - 274,49 - 283,35 - 269,15 - 393,22 - 480,2 g/kWh özgül yakıt tüketim değerleri elde edilmiştir. Bu grafikte en düşük özgül yakıt tüketimi değerine DY yakıtında 3000 d/d' da 226,44 g/kWh olarak ulaşılmıştır. Diğer yakıt türleri için 3000 d/d' da DY80 - KEE20 yakıt karışımında 251,16 g/kWh, KEE yakıtının ise 269,15 g/kWh özgül yakıt tüketim değerine ulaştığı tespit edilmiştir. Grafiği incelediğimizde en düşük özgül yakıt tüketimi değerlerine DY yakıtında ve DY80 - KEE20 yakıt karışımında ulaşıldığı görülmüştür. KEE yakıtının özgül yakıt tüketim değerlerine baktığımız zaman beklenen değer biraz üzerinde kalmıştır. En düşük özgül yakıt tüketimini 1. değer olarak 3000 d/d' da 226,44 g/kWh olarak DY yakıtı vermiştir. Özgül yakıt tüketiminin KEE yakıt oranına bağlı olarak artmasının nedeni, KEE yakıtının yoğunluğunun yüksek olması ve KEE yakıtının ısı değerinin DY yakıtının ısı değerinden düşük olmasıdır (Özçelik ve ark., 2015).

Belirtilen nedenlerden dolayı aynı miktarda enerji elde etmek için motorun daha fazla KEE karışımli yakıt kullanması gerekmektedir. Elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri incelendiğinde, Nidal ve Khaled (2015) tarafından yapılan çalışmanın özgül yakıt tüketimi değerlerine benzediği görülmektedir.

6.2 Egzoz Emisyonları

DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının ölçülen egzoz emisyon değerleri çizelge 6.4, 6.5 ve 6.6' da verilmiştir.

Çizelge 6.4: DY Yakıtının Egzoz Emisyon Değerleri

Devir (d/d)	CO (%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppmvol)	NO _x (ppmvol)	Duman Koyuluğu (pusluluk/m)
1000	1,397	7,41	16	427,5	5,74
1500	0,306	8,93	14	660,5	0,89
2000	0,117	9,9	13	792,5	0,3
2500	0,045	9,79	13	868	0,12
3000	0,017	9,14	14	949,5	0,11
3500	0,011	6,42	18	612,5	0,11
4000	0,014	5,29	20	498	0,05

Çizelge 6.5: DY80 - KEE20 Yakıt Karışımının Egzoz Emisyon Değerleri

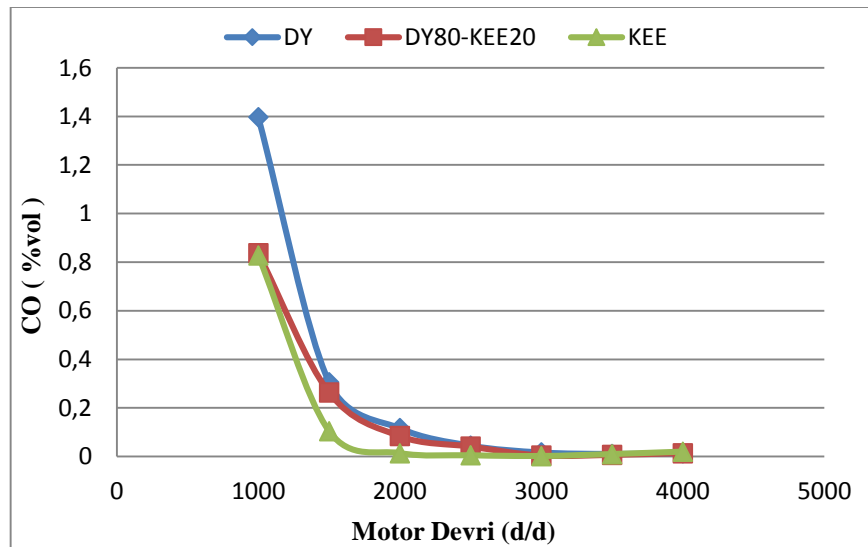
Devir (d/d)	CO (%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppmvol)	NO _x (ppmvol)	Duman Koyuluğu (pusluluk/m)
1000	0,837	7,36	11	733,3	6,18
1500	0,264	8,87	11	732,5	1,08
2000	0,084	9,84	12	825	0,22
2500	0,041	9,74	12	901	0,07
3000	0,004	8,37	13	951	0,05
3500	0,007	5,68	15	617,5	0,05
4000	0,014	4,95	19	501,25	0,05

Çizelge 6.6: KEE Yakıtının Egzoz Emisyon Değerleri

Devir (d/d)	CO (%vol)	CO ₂ (%vol)	HC (ppmvol)	NO _x (ppmvol)	Duman Koyuluğu (pusluluk/m)
1000	0,828	7,31	10	738,5	1,73
1500	0,105	8,57	10	750,5	0,51
2000	0,014	9,1	9	878,5	0,07
2500	0,005	9,06	10	915,15	0,05
3000	0,002	8,24	10	1005	0,04
3500	0,01	5,24	9	624	0,04
4000	0,02	4,85	10	506,5	0,01

6.2.1 CO Emisyonu

Karbonmonoksit (CO), tam yanmada olmayan ve istenmeyen bir üründür. Bu nedenle yanma sonunda az olması istenmektedir. Şekil 6.4' te DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak CO emisyon değişimleri %vol olarak gösterilmiştir.

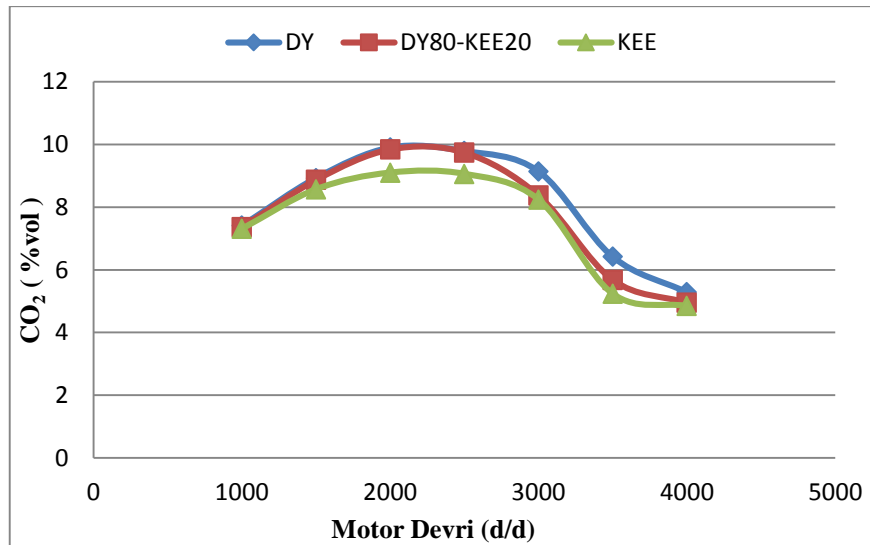


Şekil 6.4: Yakıt Türlerinin CO Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması

CO emisyon değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 1,397 - 0,306 - 0,117 - 0,045 - 0,017 - 0,011 - 0,014 %vol CO emisyon değerleri elde edilirken DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 0,837 - 0,264 - 0,084 - 0,041 - 0,004 - 0,007 - 0,014 %vol CO emisyon değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 0,828 - 0,105 - 0,014 - 0,005 - 0,002 - 0,01 - 0,02 %vol CO emisyon değerleri elde edilmiştir. Grafiğe bakıldığında en yüksek CO emisyon değerinin DY yakıtında elde edildiği görülmüştür. DY yakıtı ile 1000 d/d' da %vol 1,397 CO emisyon değeri elde edilirken, aynı devirde DY80 - KEE20 yakıt karışımı %vol 0,837, KEE yakıtının %vol 0,828 CO emisyon değerine ulaştığı görülmüştür. Bu değerlere bakıldığında DY yakıtına ilave edilen KEE yakıt oranı arttıkça ve özellikle KEE yakıtında, CO emisyonları da belli oranda düşüş göstermiştir. CO emisyonlarında meydana gelen bu düşüşlerin nedeni, biyodizelin yüksek oksijen ihtive etmesidir. Bu nedenle KEE yakıtı ve karışımının içeriğinde oksijen olması nedeniyle daha iyi bir yanma sağlamak ve CO emisyonunun DY yakıtına oranla daha az olmasına neden olmaktadır. Elde edilen CO emisyon değerleri Hanumantha ve ark. (2009) tarafından yapılan çalışmanın CO emisyon değerlerine benzerlik göstermektedir.

8.2.2 CO₂ Emisyonu

Karbondioksit (CO₂), tam yanma sonucu açığa çıkan bir gazdır. CO₂' nin fazla olması yanmanın iyi olduğunun işaretidir. Şekil 6.5' te DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak CO₂ emisyon değişimleri %vol olarak gösterilmiştir.

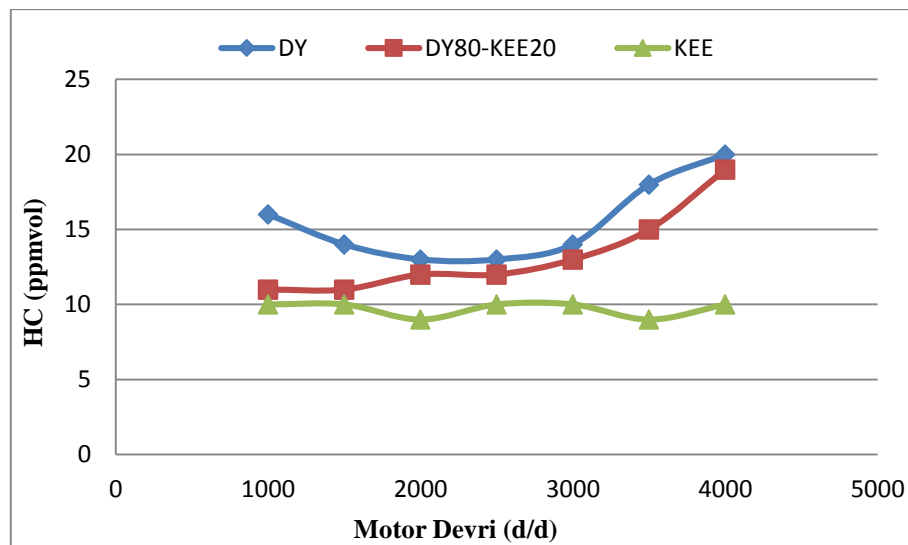


Şekil 6.5: Yakıt Türlerinin CO₂ Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması

CO₂ emisyon değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 7,41 - 8,93 - 9,9 - 9,79 - 9,14 - 6,42 - 5,29 %vol CO₂ emisyon değerleri elde edilirken DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 7,36 - 8,87 - 9,84 - 9,74 - 8,37 - 5,68 - 4,95 %vol CO₂ emisyon değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 7,31 - 8,57 - 9,1 - 9,06 - 8,24 - 5,24 - 4,85 %vol CO₂ emisyon değerleri elde edilmiştir. Yakıt türlerinin geliştirmiş olduğu CO₂ emisyonundaki değişimler incelendiğinde en yüksek CO₂ emisyon değerine DY yakıtında ulaşıldığı tespit edilmiştir. DY yakıtı kullanıldığında 2000 d/d' da %vol 9,9 CO₂ emisyon değeri elde edilmiştir. Yine aynı devirde DY80 - KEE20 yakıt karışımında %vol 9,84, KEE yakıtında ise %vol 9,1 CO₂ emisyon değerleri elde edilmiştir. Görüldüğü üzere KEE oranı arttıkça CO₂ emisyonlarında azalma meydana gelmektedir. CO₂ emisyonundaki bu azalmanın sebebi ketencik yağından biyodizel üretimi sırasında ketencik yağının fermantasyonunda karbon bağlarını parçalamak için etanol kullanılmasıdır. Tepkimede kullanılan etanol ve KEE içerisinde oksijen miktarının fazla olması, KEE ve karışımının yanma hızını artırarak yanmanın iyileşmesini sağlamasıdır. Elde edilen CO₂ değerleri, Wang ve ark. (2011) tarafından yapılan çalışmanın CO₂ değerleri ile benzerlik göstermektedir.

8.2.3 HC Emisyonu

Hidrokarbon yanmamış yakıt demektir. Bu nedenle HC emisyonu miktarının az olması istenmektedir. Şekil 6.6' da DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak HC emisyon değişimleri ppmvol olarak gösterilmiştir.

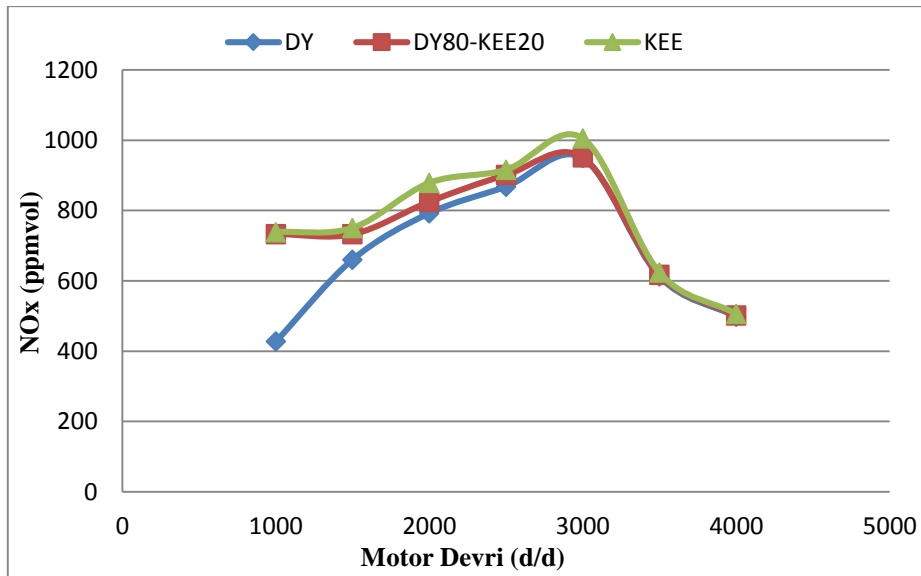


Şekil 6.6: Yakıt Türlerinin HC Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması

HC emisyon değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 16 - 14 - 13 - 13 - 14 - 18 - 20 ppmvol HC emisyon değerleri elde edilirken DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 11 - 11 - 12 - 12 - 13 - 15 - 19 ppmvol HC emisyon değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 10 - 10 - 9 - 10 - 10 - 9 - 10 ppmvol HC emisyon değerleri elde edilmiştir. Şekildeki yakıt eğrilerinden de görüleceği gibi en yüksek HC emisyon DY yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. DY yakıtı ile 4000 d/d' da 20 ppmvol HC emisyon değeri elde edilirken, aynı devirde DY80 - KEE20 yakıt karışımında 19 ppmvol, KEE yakıtında ise 10 ppmvol HC emisyon değeri elde edilmiştir. Bu değerler incelendiğinde KEE oranı arttıkça HC emisyonları da belli oranlarda düşüş göstermiştir. Ketencik yağının kimyasal yapısındaki oksijen miktarının fazla olması HC emisyonlarındaki azalmanın en önemli etkenidir. HC' nin oksijen ile reaksiyonu sonucunda yeterli sayıda oksijen, bazı HC bileşiklerinin de reaksiyonu tamamlayabilmesini sağlamak ve böylece HC emisyonları azalmaktadır. Elde edilen HC emisyon değerleri incelendiğinde, Sivalakshmi ve Balusamy (2014) tarafından yapılan çalışmanın HC emisyon değerlerine benzediği görülmektedir.

6.2.4 NO_x Emisyonu

Azot oksit (NO_x), azot ve oksijenin yüksek basınç ve sıcaklıkta reaksiyona girmesi sonucu oluşan zehirli bir gazdır. Yanma sonucunda NO_x emisyonunun az olması istenmektedir. Şekil 6.7' de DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak NO_x emisyon değişimleri ppmvol olarak gösterilmiştir.

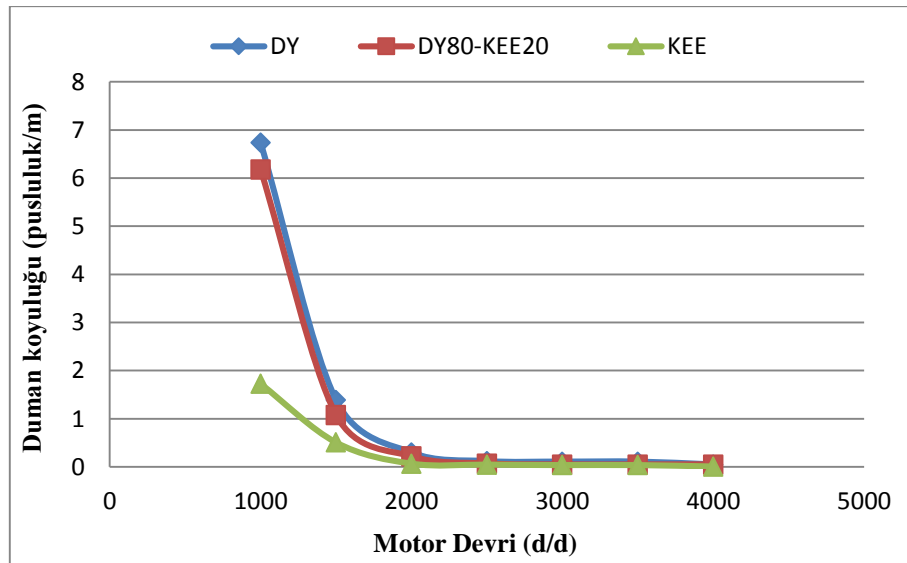


Şekil 6.7: Yakıt Türlerinin NO_x Emisyon Değeri Açısından Karşılaştırılması

NO_x emisyon değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 427,5 - 660,5 - 792,5 - 868 - 949,5 - 612,5 - 498 ppmvol NO_x emisyon değerleri elde edilirken DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 733,3 - 732,5 - 825 - 901 - 951 - 617,5 - 501,25 ppmvol NO_x emisyon değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 738,5 - 750,5 - 878,5 - 915,15 - 1005 - 624 - 506,5 ppmvol NO_x emisyon değerleri elde edilmiştir. Şekildeki yakıt eğrilerinden görüldüğü üzere tüm yakıt türleri için en yüksek NO_x değerleri KEE yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir. KEE yakıtı ile 3000 d/d' da 1005 ppmvol NO_x emisyon değeri elde edilirken, DY80 - KEE20 yakıt karışımı 951 ppmvol, DY yakıtında ise 949,5 ppmvol NO_x emisyon değeri elde edilmiştir. Bu değerlerden de anlaşılacağı gibi KEE oranı arttıkça genel olarak NO_x emisyon değerlerinde belli oranlarda artışlar meydana gelmektedir. Bunun sebebi biyodizel yakıtının içerisinde oksijen bulunmasıdır. Oksijen miktarının fazla olması yanma sonu sıcaklığının daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Bu durumda NO_x miktarını artırmaktadır. Elde edilen NO_x değerleri, Kumar ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmanın NO_x değerleri ile benzerlik göstermektedir.

8.2.5 Duman Koyuluğu

Yanma sonucu ortaya çıkan dumanın şeffaf olması istenmektedir. Bu nedenle yanma sonucunda duman koyuluğu değerinin az olması istenmektedir. Şekil 6.8' de DY, DY80 - KEE20 ve KEE yakıtlarının motor devir sayısına bağlı olarak duman koyuluğunun (k faktör) pusluluk/ m olarak değişim grafiği verilmiştir.



Şekil 6.8: Yakıt Türlerinin Duman Koyuluğu Değerleri Açısından Karşılaştırılması

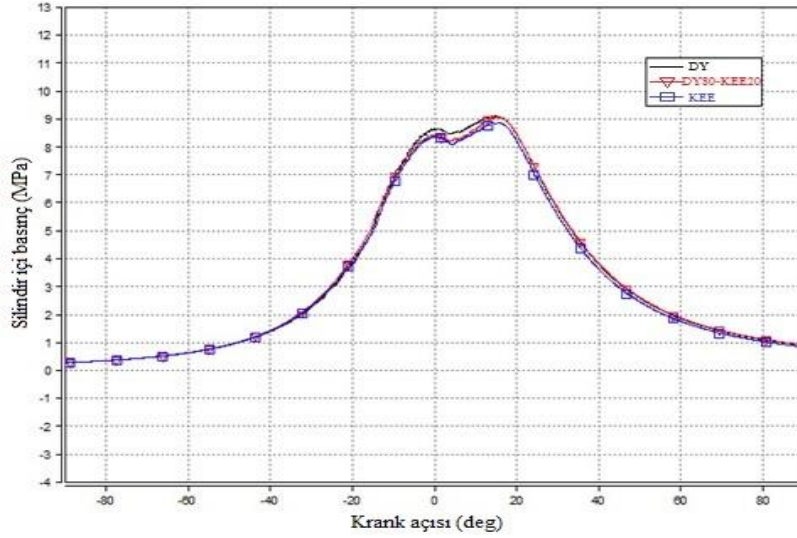
Duman koyuluğu değerlerine baktığımızda 1000 - 1500 - 2000 - 2500 - 3000 - 3500 - 4000 d/d' da DY yakıtında sırasıyla 6,74 - 1,39 - 0,3 - 0,12 - 0,11 - 0,11 - 0,05 pusluluk/m duman koyuluğu değerleri elde edilirken DY80 - KEE20 yakıt karışımında sırasıyla 6,18 - 1,08 - 0,22 - 0,07 - 0,05 - 0,05 - 0,05 pusluluk/m duman koyuluğu değerleri elde edilmiş ve KEE yakıtında ise sırası ile 1,73 - 0,51 - 0,07 - 0,05 - 0,04 - 0,04 - 0,01 pusluluk/m duman koyuluğu değerleri elde edilmiştir. Şekilden de açıkça görüleceği gibi tüm yakıt türleri için motor devir sayısı arttıkça duman koyuluğu değerlerinde belli oranda azalma görülmüştür. Tüm yakıt türleri için en düşük duman koyuluğu değerleri 4000 d/d' da gerçekleşmiştir. 4000 d/d' da DY yakıtı 0,05/m, DY80 - KEE20 yakıt karışımı 0,05/m, KEE yakıtında ise 0,01/m duman koyuluğu değeri elde edilmiştir. Grafikten de görüldüğü gibi 2000 d/d' dan sonra büyük yakıtların duman koyuluğu değerleri birbirine yakın olmuş olup, KEE ve DY80 - KEE20 yakıt karışımının, DY yakıtından daha düşük emisyon değerleri sağladığı görülmüştür. Genel olarak KEE oranı arttıkça duman koyuluğu değerlerinde de azalma meydana gelmektedir. Duman yoğunluğunda meydana gelen bu azalmaların sebebi, biyodizelin içerisindeki oksijen olmasından dolayı yanmanın daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır. Elde edilen duman koyuluğu değerlerine bakıldığında, Pushparaj ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmanın duman koyuluğu değerlerine benzediği görülmektedir.

6.3 Yanma Karakteristiği

Yanma odasında gerçekleşen olayları ve yanma sürecini anlamak için silindir içi basınçlarının ölçülmesi ve analiz edilmesi gerekmektedir. İçten yanmalı motorlar, iş yapmak için motor silindirleri içerisinde basınç oluştururlar. Bu sebeple, yüksek yanma sonu basıncı istenen bir durumdur. Ancak, aşırı yüksek ve değişken silindir içi basınçların motor yataklarının kropaj yapmasına ve krank milinin ekstenel yönde burkulmasına neden olacağından bu durumdan kaçınılmalıdır. Krank mili açısı ile silindir içi basınçlarının değişimi arasındaki ilişki motor performansı ile ilgili bilgiler verir. İçten yanmalı motorlarda tutuşma gecikmesi, maksimum basıncın değeri, maksimum basıncın olduğu yer, silindir içi basınçların artış hızı, vuruşu, yanma süresi gibi bilgilere ulaşmak için silindir içi basınçların ölçülerek değerlendirilmesi gerekmektedir.

Yanma karakteristiği olarak silindir içi gaz basıncı incelenmiştir. İçten yanmalı bir motorda herhangi bir yakıtın yanması sonucunda silindir içerisinde meydana gelen

mekanik yüklemelerin krank açısına göre dağılımı silindir gaz basıncı eğrileri ile ifade edilmektedir. Deney motorunun silindir içi gaz basınçları çevrimlerde en fazla kullanılan maksimum tork değerinin elde edildiği 2000 d/d' da ölçülmüştür. Şekil 6.9' da farklı motor devirlerine ait silindir gaz basınç değerlerinin krank açısına göre değişimi verilmiştir.



Şekil 6.9: Silindir İçi Basınç Değerleri

Silindir içi basınç ölçümünde basınç değerleri krank milinin her 0,5 derecesinde, 120 çevrim boyunca kayıt edilmiş ve ortalamaları alınmıştır. Bütün yakıt türlerinde en yüksek silindir içi gaz basınç değerlerine 2000 d/d' da ulaşılmıştır. Motorun DY yakıtı kullandığı çalışma rejimi içerisinde elde edilen en yüksek silindir içi gaz basınç değeri 9 MPa, motorun DY80 - KEE20 yakıt karışımı kullandığı çalışma rejimi içerisinde elde edilen en yüksek silindir içi gaz basınç değeri 8,9 MPa ve motorun KEE yakıtı kullandığı çalışma rejimi içerisinde elde edilen en yüksek silindir içi gaz basınç değeri ise 8,8 MPa olarak ölçülmüştür. Şekil incelendiğinde 2000 d/d' da silindir içi gaz basınçlarının bütün yakıt türlerinde bir birine oldukça benzediği görülmektedir. Genel anlamda 2000 d/d' da en yüksek basınç değeri 9 MPa olarak DY yakıtında, DY yakıtından sonra en yüksek basınç değeri ise KEE yakıtında 8,8 MPa olmuştur. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde KEE oranının artmasına bağlı olarak silindir içi gaz basınç değeri az da olsa azalmaktadır. Bu durum, alt ısıl değeri DY yakıtına göre daha düşük olan ketencik etil esteri KEE yakıtının, yanma sırasında açığa çıkan enerjisinin daha düşük olması ile açıklanabilir. Elde edilen silindir içi basınç değerleri, Gunasekaran ve Gobolakichenin (2016) ile Özçelik ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmaların silindir içi basınç değerleri ile benzerlik göstermektedir.

7. SONUÇLAR

7.1 Motor Moment Değerleri (Tork Değerleri)

- Bütün yakıt türlerinde maksimum motor momenti 1750 - 2250 d/d arasında olmaktadır.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, en yüksek moment değerine DY yakıtı kullanıldığında ulaşılmıştır.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, DY yakıtının moment değeri 2000 d/d' da 167,68 Nm olarak ölçülmüştür.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, en yüksek 2. motor moment değeri DY80 - KEE20 yakıt karışımında görülmüştür.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, DY80 - KEE20 yakıt karışımının moment değeri 2000 d/d' da 157,84 Nm olarak ölçülmüştür.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, en düşük motor moment değerine KEE yakıtında ulaşılmıştır.
- Maksimum motor momentinin elde edildiği devir aralığında, KEE yakıtının moment değeri 2000 d/d' da 136,83 Nm olarak ölçülmüştür.
- Bu parametreler dikkate alındığı zaman DY80 - KEE20 yakıt karışımının DY yakıtının tork değerlerine daha yakın olduğu tespit edilmiştir. 2000 d/d' da DY yakıtında 167,68 Nm iken, DY80 - KEE20 yakıt karışımının moment değeri 157,84 Nm olarak ölçülmüştür.
- DY yakıtına göre DY80 - KEE20 yakıt karışımının motor momentinin belli oranda düşmesinin temel nedeni; KEE yakıtının alt ısıl değerinin DY yakıtına göre düşük olması ve viskozitesinin yüksek olmasından dolayı da yakıtın enjektörlerden püskürtülmesini zorlaştırarak istenilen atomizasyonu sağlayamamasıdır.

7.2 Motor Gücü Değerleri

- Motor gücü değerleri DY yakıtı ve KEE yakıtı için 2750 - 3250 d/d aralığında maksimum değere ulaşmıştır.
- En yüksek motor gücü değeri DY yakıtında ölçülmüştür.
- DY yakıtının maksimum motor gücü 3000 d/d' da 40,88 kW olarak ölçülmüştür.
- DY yakıtından sonra en yüksek motor gücü değeri DY80 - KEE20 yakıt karışımında ölçülmüştür.

- DY80 - KEE20 yakıt karışımı 2250 - 2750 d/d aralığında maksimum değerine ulaşmıştır.
- DY80 - KEE20 yakıt karışımının maksimum motor gücü 2500 d/d' da 38,37 kW olarak gelişmiştir.
- DY ve DY80 - KEE20 yakıtlarından sonra en yüksek motor gücü değeri ise KEE yakıtında ölçülmüştür.
- KEE yakıtının maksimum motor gücü değeri 3000 d/d' da ölçülmüştür.
- 3000 d/d' da KEE yakıtının motor gücü 36,05 kW olarak gelişmiştir.
- 3000 d/d' dan sonra DY yakıtı ile diğer yakıtlar arasındaki farkın belli oranda arttığı tespit edilmiştir.
- Maksimum motor gücü değerlerine baktığımız zaman DY yakıtından sonra en yüksek motor gücü değeri DY80 - KEE20 yakıt karışımında olmuştur.
- DY yakıtına göre DY80 - KEE20 yakıt karışımının motor gücünün belli oranda düşmesi; KEE yakıtının yoğunluk ve viskozitesinin yüksek olmasından kaynaklanabilir. Yüksek viskozite ve yoğunluk, yakıtın enjektörden istenilen şekilde atomize olarak püskürtülememesine neden olabilir. Bu durum ise yanmayı etkileyen tutuşma gecikmesinin süresini uzatmakta ve yanmanın kötüleşmesine sebep olmaktadır. KEE yakıtının ısıl değerinin DY yakıtına göre daha düşük olmasının da motor gücündeki değerlerin düşmesine sebep olduğu düşünülebilir.

7.3 Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

- Özgül yakıt tüketim değerleri incelendiğinde, bütün yakıtların 3000d/d' da minimum özgül yakıt tüketimi sağladığı tespit edilmiştir.
- En düşük özgül yakıt tüketimi değeri DY yakıtında 226,44 g/kWh olarak ölçülmüştür.
- DY yakıtından sonra en düşük özgül yakıt tüketimi değerini DY80 - KEE20 yakıt karışımı sağlamıştır.
- DY80 - KEE20 yakıt karışımında en düşük özgül yakıt tüketimi değeri 251,16 g/kWh olarak ölçülmüştür.
- Özgül yakıt tüketim değerlerinin geneline baktığımız zaman, KEE yakıtı ve karışımlarının özgül yakıt tüketim değerleri, DY yakıtından fazla çıkmıştır. Bunun temel nedeni ise; KEE yakıtının DY yakıtına göre daha düşük bir ısıl

değere sahip olması nedeni ile aynı gücü sağlayabilmek için daha fazla yakıt miktarı tüketmesinden kaynaklanmaktadır.

- Sonuç olarak özgül yakıt tüketim değerlerine bakıldığında DY80 - KEE20 yakıt karışımının, DY yakıtının özgül yakıt tüketim değerlerine daha yakın olduğu tespit edilmiştir.

7.4 CO Emisyon Değerleri

- En yüksek CO emisyon değerinin DY yakıtında elde edildiği görülmüştür.
- En yüksek CO emisyon değeri DY yakıtı ile 1000 d/d' da %vol 1,397 CO emisyon değeri elde edilmiştir.
- Emisyon değerleri bütün devirler için incelendiğinde genel olarak; DY80 - KEE20 yakıt karışımı ve KEE yakıtının emisyon değerleri, DY yakıtının emisyon değerinden düşük çıkmıştır.
- En düşük CO emisyon değerlerine ise KEE yakıtında ulaşılmıştır.
- KEE oranı arttıkça CO emisyonunun düşmesi, KEE yakıtında oksijen bulunmasından kaynaklanmaktadır.

7.5 CO₂ Emisyon Değerleri

- En yüksek CO₂ emisyon değerine DY yakıtı kullanıldığında ulaşıldığı tespit edilmiştir.
- DY yakıtı kullanıldığında 2000 d/d' da %vol 9,9 CO₂ emisyon değeri elde edilmiştir.
- Emisyon değerleri bütün devirler için incelendiğinde; DY80 - KEE20 yakıt karışımı ve KEE yakıtının emisyon değerleri, DY yakıtının emisyon değerinden düşük çıkmıştır.
- KEE oranının artmasına bağlı olarak CO₂ emisyonunun düşmesinin temel nedeni; KEE içerisinde oksijen miktarının fazla olmasından dolayı oksijenin yanma hızını artırarak yanmanın iyileşmesini sağlamasıdır.

7.6 HC Emisyon Değerleri

- En yüksek HC emisyon değeri DY yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir.
- DY yakıtı ile 4000 d/d' da 20 ppmvol HC emisyon değeri elde edilmiştir.
- Emisyon değerleri bütün devirler için incelendiğinde; DY80 - KEE20 yakıt karışımı ve KEE yakıtının emisyon değerleri, DY yakıtının emisyon değerinden düşük çıkmıştır.
- HC emisyon değeri yakıtlardaki KEE oranının artmasına bağlı olarak belli oranda düşmüştür.
- KEE oranının artması ile HC emisyonlarının azalmasının temel nedeni; ketencik yağının kimyasal yapısında oksijen bulunmasından dolayı oksijenin, bazı HC bileşiklerinin de reaksiyonu tamamlayabilmesini sağlamasıdır.

7.7 NO_x Emisyon Değerleri

- En yüksek NO_x değerleri KEE yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir.
- KEE yakıtı ile 3000 d/d' da 1005 ppmvol NO_x emisyon değeri elde edilmiştir.
- Emisyon değerleri bütün değerler için incelendiğinde genel olarak; DY80 - KEE20 yakıt karışımı ve KEE yakıtının emisyon değerleri, DY yakıtının NO_x emisyon değerinden yüksek çıkmıştır.
- Meydana gelen bu artışların sebebi; KEE yakıtı ve karışımındaki oksijen miktarının yüksek olmasından dolayı oksijenin, NO_x emisyonu değerlerini artırmasından kaynaklanmaktadır.

7.8 Duman Koyuluğu Değerleri

- Tüm yakıt türleri için motor devir sayısı arttıkça duman koyuluğu değerlerinde belli oranda azalma görülmüştür.
- Tüm yakıt türleri için en düşük duman koyuluğu değerleri 4000 d/d' da gerçekleşmiştir.
- KEE oranı arttıkça duman koyuluğu değerlerinde azalma meydana gelmiştir.
- KEE oranı arttıkça duman koyuluğu değerlerinin düşmesinin temel sebebi; KEE içerisindeki oksijen ihtivasının fazla olmasından dolayı yanmanın daha iyi olmasından kaynaklanmaktadır.

7.9 Silindir İçi Gaz Basınç Değerleri

- Bütün yakıt türleri için en yüksek silindir içi gaz basınç değerlerine, maksimum torkun elde edildiği 2000 d/d' da ulaşılmıştır.
- Maksimum torkun elde edildiği devirde en yüksek silindir içi gaz basınç değeri DY yakıtı kullanıldığında elde edilmiştir.
- 2000 d/d' da DY yakıtı silindir içi gaz basınç değeri 9 Mpa olarak ölçülmüştür.
- Maksimum torkun elde edildiği devirde diğer en yüksek silindir içi gaz basınç DY80 - KEE20 yakıt karışımında elde edilmiştir.
- 2000 d/d' da DY80 - KEE20 yakıt karışımı silindir içi gaz basınç değeri 8,9 MPa olarak ölçülmüştür.
- Maksimum torkun elde edildiği devirde en düşük silindir içi gaz basınç değeri KEE yakıtında elde edilmiştir.
- 2000 d/d' da KEE yakıtı silindir içi gaz basınç değeri 8,8 MPa olarak ölçülmüştür.
- Maksimum torkun elde edildiği 2000 d/d' da bütün yakıt türlerindeki silindir içi gaz basınç değerlerinin birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir.
- Sonuçlar incelendiğinde KEE oranının artmasına bağlı olarak silindir içi basınç değeri az da olsa azalmaktadır.
- Bu durum, alt ısı değeri DY yakıtına göre daha düşük olan KEE yakıtı ve karışımının yanma sırasında açığa çıkan enerjisinin daha düşük olması ile açıklanabilir.

Elde edilen motor performans, egzoz emisyon ve yanma karakteristik değerleri incelendiğinde; DY yakıtına en yakın sonuçları sağlaması açısından, DY80 - KEE20 yakıtının DY yakıtına göre en uygun yakıt karışımı olduğu sonucuna varılmıştır.

8. ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlara göre farklı biyodizel yakıtları ve biyodizel - diesel yakıtı karışımlarının özellikle diesel motorlarda kullanılabilmesi için;

- Bundan sonra yapılacak çalışmalarda biyodizelin motor performansı, egzoz emisyonları ve motor parçalarına etkilerinin daha verimli bir şekilde tespit edilebilmesi için uzun süreli motor ömür testleri yapılmalıdır.
- Isıl değeri diesel yakıtına daha yakın olan, biyodizel yakıtları ve biyodizel - diesel yakıtı karışımları seçilmelidir.
- Yanmanın tam olabilmesi için parlama noktası uygun olan biyodizel yakıtları ve biyodizel - diesel yakıtı karışımları seçilmelidir.
- Biyodizelin soğukta filtre tıkanma noktası, bulutlanma ve akma noktaları gibi soğuk akış özelliklerinin iyileştirilmesiyle soğuk iklim koşullarına daha uyumlu yakıtlar elde edileceği göz önüne alınarak bu konuya yönelik daha fazla çalışma yapılmalıdır.
- Transesterifikasyon yöntemi haricinde kullanılan diğer biyodizel üretim yöntemleri ile ketencik tohumu yağından biyodizel üretilip diesel motorlarda kullanılması incelenebilir.
- Biyodizel yakıtı ile yapılan çalışmalarda, biyodizel içinde bulunan oksijenin NO_x emisyonunun yükselmesinde etkili olduğu bilinmektedir. Motor hava giriş sıcaklığının düşürülmesiyle (BlueMotion teknolojisi, EGR sistemi, SCR teknolojisi, üç yollu katalitik konvertör kullanılması v.b yöntemler ile) NO_x emisyonları azaltılabilir.
- Bitkisel yağların viskozitelerini düşürmek, ısıl değerlerini artırmak için alternatif katkı maddeleri üzerinde çalışmalar yapılmalıdır.
- Motor performans ve emisyon testlerine tabi tutulan ketencik yağından üretilmiş KEE' nin, DY yakıtıyla değişik oranlardaki (B5, B10, B30, B40, B50, B60, B70, B80, B90 v.b) karışımlarında test edilmelidir.

9. KAYNAKLAR

Acaroğlu, M., 2013, Alternatif Enerji Kaynakları, *Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. ve Ltd. şti.*, Ankara, 359-373.

Açıkalın, H., 2013, Biyodizel Kullanılan Bir Dizel Motorunda Püskürtme Avansı ve EGR Oranlarının Motor Performansı ve Emisyona Etkisinin Teorik İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-5.

Afşar, M., 2015, Bir Dizel Motorda Atık Biyodizel Kullanımının Yanma Karakteristiklerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-11.

Agarwal, A. K., 2007, Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines, *Progress in energy and combustion science*, 33, 233-271.

Akdere, Y., 2006, Soya Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarda Yakıt Olarak Kullanımının Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir, 1-5.

Alakel, H., 2008, Bir Dizel Motorda Biyodizel, Dizel ve Etanolün Motor Performansına Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay, 1-21.

Albayrak, S., 2014, Biyodizelin Tek Silindirli Bir Dizel Motorun Performans, Emisyon ve Titreşimlerine Olan Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Düzce Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Düzce, 1-12.

Alpgiray, B., 2006, Kanola yağının dizel motorunun performansına ve emisyon karakteristiklerine etkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-74.

Alptekin, E., 2013, Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Bir Dizel Motorda Kullanımının İncelenmesi, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1-9.

Alptekin, E., Çanakçı, M., 2006, Biyodizel ve Türkiye'deki durumu, *Mühendis ve Makine*, 561, 57-64.

Altınsoy, A. S., 2006, Biyodizel Üretimi, Motorlarda Kullanımı ve Türkiye' deki Kaynakların İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-38.

Arslan, M., 2015, Labaratuvar Ölçekli Biyodizel Üretim Tesisinin Projelendirilerek İmal Edilmesi ve Yabani Zeytinden (Oleaoleaster) Üretilecek Biyodizelin Yakıt Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bursa, 1-31.

Aydın, F., 2014, E-5 Motorin Yakıtlarının Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Kullanımının Motor Performansına, Emisyonlara ve Yağlama Yağlarına Etkileri, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-43.

Aydın, H., 2007, Pamuk Yağı Biyodizelinin Bir Dizel Motorunda Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Diyarbakır, 1-5.

Aydoğan, B., 2008, Biyodizel Kullanılan Dizel Motorlarda NO_x Emisyonlarının ve NO_x Emisyonlarının Azaltma Yöntemlerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-15.

Balcı, B. A., 2009, Menengiç Yağından Elde Edilen Biyodizelin ve Karışımlarının Yakıt Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-22.

Bayındırlı, C., 2008, Pamuk Yağı Metil Esteri Karışımlarının Motor Emisyonlarına Etkisinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-5.

Bayraktar, H., 2008, An experimental study on the performance parameters of an experimental CI engine fueled with diesel–methanol–dodecanol blends, *Fuel*, 87, 158-164.

Biktashev, S. A., Usmanov, R. A., Gabitov, R. R., Gazizov, R. A., Gumerov, F. M., Gabitov, F. R., Abdulagatov, I. M., Yarullin, R. S., Yakushev, I. A., 2011, Transesterification of rapeseed and palm oils in supercritical methanol and ethanol, *Biomass and Bioenergy*, 35, 2999-3011.

Buyukkaya, E., 2010, Effects of biodiesel on a DI diesel engine performance, emission and combustion characteristics, *Fuel*, 89, 3099-3105.

Cheung, C. S., Zhu, L., Huang, Z., 2009, Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel and biodiesel blended with methanol, *Atmospheric Environment*, 43, 4865-4872.

Çat, S., 2012, Dizel Motorda Atık Biyodizel Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-10.

Çengelci, E., 2011, Hayvansal Yağlardan Elde Edilen Biyodizelin Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon, 1-9.

Dağ, C., 2013, Biyodizel Su Karışımlarının Dizel Motor Performans ve Emisyonu Üzerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans TEzi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-6.

Dinçbaş, A., 2007, Biyodizel Kullanımının Dizel Motoru Üzerindeki Etkilerinin Uzun Süreli Testlerle ve Motorinle Karşılaştırmalı Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-5.

Ejder, B. S., 2007, Etanol - Dizel, Biyodizel - Dizel Yakıt Karışımlarının Kullanımının Motor Performansına Etkilerinin Deneysel Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-89.

Eliçin, A. K., Erdoğan, D., 2007, Fındık Yağı Metil ve Etil Esteri ile Dizel Yakıtı Karışımlarının Küçük Güçlü Bir Dizel Motorda Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Belirlenmesi, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 13, 137-146.

Er, H., 2009, Pamuk Yağı Metil Esterinin Yakıt Olarak Bir Dizel Taşıtımda Kullanımı ve Taşııt Performansına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-14.

Erman, C., 2012, Tek Silindirli Bir Dizel Motorda Ön Isıtmalı Biyodizel Yakıt Kullanımının Motor Performansı , Egzoz Emisyonları ve Silindir - İçi Yanma Üzerine Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 1-23.

Eryılmaz, T., 2009, Hardal Yağı Biyodizelinde Farklı Karışım Oranlarının Dizel Motorlarda Performansa Etkisi, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-35.

Gök, C., 2008, Biyodizel Olarak Çeşitli Bitkisel Yağların Etil Ester Metoduyla Üretilerek Karakteristiklerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyonkarahisar, 1-37.

Gökmen, S. M., 2015, Katkılı Palm Metil Ester + Dizel ve Biyoetanol Karışımlarının Yakıt Özellikleri ve Motor Performans Değerlerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-14.

Gunasekaran, A., Gobalakichenin, D., 2016, Performance and Combustion Analysis of Mahua Biodiesel on a Single Cylinder Compression Ignition Engine Using Electronic Fuel Injection System, *Thermal Science*, 20, 1045-1052.

Güçvardar, E., 2006, Soya Yağı Metil Esterden Elde Edilen Biyodizelin Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-53.

Güler, K., 2008, Biyodizel Teknolojisi, Sistem Tasarımı ve Deneysel Olarak Biyodizel Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Isparta, 1-32.

Hanumantha, Y. v. R., Voleti, R. S., Raju, A. S., Reddy, P. N., 2009, Experimental investigations on jatropha biodiesel and additive in diesel engine, *Indian Journal of Science and Technology*, 2, 25-31.

Hoekman, S. K., Broch, A., Robbins, C., Cenicerros, E., Natarajan, M., 2012, Review of biodiesel composition, properties, and specifications, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 143-169.

İleri, E., 2012, Biyodizele Antioksan Eklenmesinin NOx Emisyonuna Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Doktora Tezi, *Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İzmir, 1-7.

İlkılıç, C., Aydın, S., Behcet, R., Aydın, H., 2011, Biodiesel from safflower oil and its application in a diesel engine, *Fuel processing technology*, 92, 356-362.

Karabaş, H., 2009, Tütün Tohumu Yağı Metil Esterinin Dizel Motorlarında Yakıt Olarak Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-6.

Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., 2012, Ankara ekolojik şartlarında farklı ekim zamanlarının ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisinin verim ve verim unsurları üzerine etkisi, *Journal of the Faculty of Agriculture*, 43,

Kaya, M., 2010, Biyodizel - Dizel Karışımı Kullanılan Bir Dizel Motorda Püskürtme Basıncının Performans ve Emisyonlara Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-23.

Keven, A., 2005, Dizel Motorunda Fındık Yağı Esterinin Alternatif Yakıt Olarak Kullanılabilirliği, Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Elazığ, 4-29.

Kızılkıran, V., 2008, İçten Yanmalı Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Motor Performansına ve Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-12.

Koyun, S., 2009, Pamuk Yağı Metil Esterinin Yakıt Olarak Bir Dizel Taşıtımda Kullanımının Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-13.

Kumar, S., Chaube, A., Jain, S. K., 2012, Experimental evaluation of CI engine performance using diesel blended with *Jatropha* biodiesel, *Intl J Energ Environ*, 3, 471-484.

Kurt, O., Seyis, F., 2008, Alternatif Yağ Bitkisi: Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz), *OMU. Zir. Fak. Dergisi*, 23, 116-120.

Nidal, A. H., Khaled, A., 2015, A comparative study of almond biodiesel-diesel blends for diesel engine in terms of performance and emissions, *BioMed research international*, 2015,

Nikhom, R., Tongurai, C., 2014, Production development of ethyl ester biodiesel from palm oil using a continuous deglycerolisation process, *Fuel*, 117, 926-931.

Nişancı, S., 2007, Biyodizel Yakıt Karışımlarının Performans ve Emisyon Üzerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-20.

Oğuz, H., Öğüt, H., 2006, Biyodizel Üçüncü Milenyum Yakıtı, *Nobel Yayın Dağıtım*, Ankara, 54-128.

Ölçüm, T., 2006, Biyodizel Teknolojisi, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 5-52.

Öner, Z., 2011, Biyodizel Üretiminde Adsorban Maddelerin Rolünün İncelenmesi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 1-24.

Önsezen, A. N., 2007, Atık Palmiye Yağından Üretilen Biyodizelin Motor Performans ve Emisyon Karakterleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Doktora Tezi, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1-6.

Önsezen, A. N., Çanakçı, M., 2009, Atık Palmiye ve Kanola Yağı Metil Esterinin Kullanıldığı Direkt Püskürtmeli Bir Dizel Motorda Performans ve Yanma, *Gazi Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24,

Örnek, S. S., 2007, Dizel Motorlarda Biyodizel Kullanımının Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-16.

Özcanlı, M., 2009, Dizel Motorlarda Performans ve Emisyonların İyileştirilmesi İçin Katkıların ve Biyodizel Üretim Proseslerinin Geliştirilmesi, Doktora Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 1-20.

Özçelik, A. E., Aydoğan, H., Acaroğlu, M., 2015, Determining the performance, emission and combustion properties of camelina biodiesel blends, *Energy Conversion and Management*, 96, 47-57.

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, 1-6.

Özer, S., 2015, Pirina Yağından Fuzel Yağı ile Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Etkisi, Doktora Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-15.

Öztürk, G. M., 2008, Dizel Motorlarda Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Kullanılmasının Motor Performansı ve Egzoz Emisyonlarına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale, 1-35.

Öztürk, Ö., 2007, Dizel Motorlarda Karışımsız Olarak Kullanılan Biyodizellerin Motor Performansına Olan Etkilerinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, 1-58.

Peterson, C. L., Reece, D. L., Hammond, B., Thompson, J. C., Beck, S., 1995, Commercialization of Idaho biodiesel (HySEE) from ethanol and waste vegetable oil, *Annual ASAE Meeting. Paper*, Chicago, 49085-9659.

Puhan, S., Vedaraman, N., Sankaranarayanan, G., Ram, B. V. B., 2005, Performance and emission study of Mahua oil (*Madhuca indica* oil) ethyl ester in a 4-stroke natural aspirated direct injection diesel engine, *Renewable energy*, 30, 1269-1278.

Pushparaj, T., Ramabalan, S., Arul Mozhi Selvan, V., 2015, Performance Evaluation and Exhaust Emission of a Diesel Engine Fueled with CNSL Biodiesel, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 37, 2013-2019.

Qi, D. H., Chen, H., Geng, L. M., Bian, Y. Z., 2011, Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodiesel-diesel blended fuel engine, *Renewable Energy*, 36, 1252-1258.

Rajasekar, E., Selvi, S., 2014, Review of combustion characteristics of CI engines fueled with biodiesel, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 390-399.

Rasimoğlu, N., 2011, Biyodizelin Soğuk Akış Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erzurum, 1-30.

Reşitoğlu, A. İ., 2010, Atık Yağlardan Üretilmiş Biyodizelin Dizel Motor Performans ve Emisyonuna Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Mersin, 62-65.

Rodríguez, R. P., Sierens, R., Verhelst, S., 2011, Ignition delay in a palm oil and rapeseed oil biodiesel fuelled engine and predictive correlations for the ignition delay period, *Fuel*, 90, 766-772.

Sanjid, A., Kalam, M. A., Masjuki, H. H., Rahman, S. M. A., Abedin, M. J., 2014, Combustion, performance and emission characteristics of a DI diesel engine fueled with Brassica juncea methyl ester and its blends, *RSC Advances*, 4, 36973-36982.

Sanjid, A., Masjuki, H. H., Kalam, M. A., Rahman, S. M. A., Abedin, M. J., Reza, M. I., Sajjad, H., 2014, Experimental investigation of palm-jatropha combined blend properties, performance, exhaust emission and noise in an unmodified diesel engine, *Procedia Engineering*, 90, 397-402.

Santana, A., Maçaira, J., Larrayoz, M. A., 2012, Continuous production of biodiesel using supercritical fluids: a comparative study between methanol and ethanol, *Fuel Processing Technology*, 102, 110-115.

Sayin, B., Kahraman, A., 2016, Energy and Exergy Analyses of a Diesel Engine Fuelled with Biodiesel-Diesel Blends Containing 5% Bioethanol, *Entropy*, 18, 387.

Sayin, C., 2010, Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends, *Fuel*, 89, 3410-3415.

Sekmen, Y., 2007, Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin dizel motorda yakıt olarak kullanılması, *Teknoloji*, 10, 295-302.

Shojaeefard, M. H., Etgahni, M. M., Meisami, F., Barari, A., 2013, Experimental investigation on performance and exhaust emissions of castor oil biodiesel from a diesel engine, *Environmental technology*, 34, 2019-2026.

Sivalakshmi, S., Balusamy, T., 2014, The performance, combustion, and emission characteristics of neem oil methyl ester and its diesel blends in a diesel engine, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 36, 142-149.

Soysal, C., 2008, Dizel Motorlarda Biyodizel - Dizel Yakıtı Karışımlarının Kullanılmasının Motor Performansına Etkisinin Deneysel Olarak İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Trabzon, 1-23.

Şahin, S., 2013, Keten Yağı Biyodizelinin ve Motorinle Karışımlarının Motor Performansına ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 1-15.

Şanlı, H., 2005, Farklı Alkol ve Katalizör Kullanımının Biyodizel Üretimindeki Etkileri, Yüksek Lisans, *Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli, 1-6.

Şen, S., 2012, Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi ve Dizel Motor Performans ve Emisyonlarına Olan Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-18.

Şimşek, D., 2010, Soya Yağı Metil Esterinin Değişik Püskürtme Basınçlarında Dizel Motor Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin Deneysel Olarak Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-9.

Tillem, İ., 2005, Dizel Motorlar İçin Alternatif Yakıt Olarak Biyodizel Üretimi ve Kullanımı, Yüksek Lisans Tezi, *Pamukkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Denizli, 1-11.

Ulusoy, Y., Tekin, Y., Cetinkaya, M., Karaosmanoglu, F., 2004, The engine tests of biodiesel from used frying oil, *Energy Sources*, 26, 917-932.

Usta, N., Özer, C., Öztürk, E., 2005, Alternatif Dizel Motor Yakıtı Olarak biyodizel ve Etanolün Karşılaştırılması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11, 325-334.

Utku, S., 2009, Biyodizel ve Motorin Karışımlarının Yakıt Kalitesi Özelliklerinin İyileştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-14.

Üstün, S., 2006, Hayvansal Yağlardan Biyodizel Elde Edilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya, 15-73.

Wang, X. G., Zheng, B., Huang, Z. H., Zhang, N., Zhang, Y. J., Hu, E. J., 2011, Performance and emissions of a turbocharged, high-pressure common rail diesel engine operating on biodiesel/diesel blends, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 225, 127-139.

Yamık, H., 2002, Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Yağ Esterlerinin Kullanılma İmkanlarının Araştırılması, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, 5-48.

Yaşar, F., 2016, Yosun Yağından Biyodizel Üretimi ve Bir Dizel Motorunda Alternatif Yakıt Olarak Kullanılması, Doktora Tezi, *Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman, 1-62.

Yiğit, A., 2009, Dizel Motorlarda Kanola Yağı Metil Esteri Kullanımının Performans ve Emisyonlara Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, 1-79.

Yılmaz, N., 2012, Comparative analysis of biodiesel–ethanol–diesel and biodiesel–methanol–diesel blends in a diesel engine, *Energy*, 40, 210-213.

Yurduseven, S., 2010, Alabalık Yağı Metil Esterinin Bir Dizel Motorunun Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 1-14.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hasan Akay
Uyruğu : T.C
Doğum Yeri ve Tarihi : Konya-Karatay / 12.05.1991
Telefon : 05057840170
Faks :
e-mail : Akayhasan42@gmail.com

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Adil Karaağaç A.T.L, Selçuklu, Konya	2009
Üniversite	: Teknik Eğitim Fakültesi, Selçuklu, Konya	2013
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2014-...	Konya OSGB	İş Güvenliği Uzmanı

TEZDEN ÜRETİLMİŞ YAYINLAR

Akay, H., Aydoğan, H., 2016, Effect On Exhaust Emmissions Of Engine With Turbocharged On Use As Fuel of Camelina Sativa Ethyl Ester, *5th International Fuels, Combustion And Fire Conference In Engineering*, İstanbul, 9.