



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

**PALM METİL ESTER – DIESEL -  
BİYOETANOL KARIŞIMLARININ VE YAKIT  
SİSTEMİ AYARLARININ MOTOR  
PERFORMANSINA ETKİSİNİN  
ARAŞTIRILMASI**

**Mehmet Selman GÖKMEN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Ekim - 2015**  
**KONYA**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Mehmet Selman Gökmen tarafından hazırlanan “**Palm Metil Ester – Diesel - Biyoetanol Karışımlarının ve Yakıt Sistemi Ayarlarının Motor Performansına Etkisinin Araştırılması**” adlı tez çalışması **23/10/2015** tarihinde aşağıdaki jüri tarafından **oy birliği ile** Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Doç. Dr. Hidayet OĞUZ

#### Danışman

Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU

#### Üye

Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN

### İmza

  
.....

  
.....

  
.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

  
Prof. Dr. Aşır Genç  
FBE Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki 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 atıf yapıldığını bildiririm.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this 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.

  
imza

Mehmet Selman GÖKMEN

Tarih:23/10/2015

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# PALM METİL ESTER – DIESEL - BİYOETANOL KARIŞIMLARININ VE YAKIT SİSTEMİ AYARLARININ MOTOR PERFORMANSINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

**Mehmet Selman GÖKMEN**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü  
Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**

**2015, 111 Sayfa**

**Jüri**

**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**

**Doç. Dr. Hidayet OĞUZ**

**Doç. Dr. Hasan AYDOĞAN**

Bu çalışmada Ham Palm yağından elde edilen palm metil esterinin belirli oranlarda Dizel, Biyoetanol, Etanol ve Katkı maddesi ile karıştırılarak hem yakıtların hem de motor ayarları ve yakıt sistemi ayarlarının motor performansı üzerine etkileri belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Yapılan çalışmalar 4 silindirli 1900 cc Turboşarj beslemeli Common-Rail sistemine sahip olan 105 BG gücünde bir dizel motor ile gerçekleştirilmiştir. Daha sonra motor ayarları ve yakıt sistemi yeniden bakıma alınarak kalibre edilmiştir. Motor dinamometresi kullanılarak motor performans ölçümleri yapılmıştır. Elde edilen veriler istatistiksel olarak incelenmiştir ve 3 tekrar ile yapılarak sonuçların ortalamaları alınmıştır. Sonuçlar detaylı olarak incelenip istatistiksel analizleri yapılmış ve ek olarak verilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyodizel, Biyoetanol, Beraid, Metil Ester, Palm

**ABSTRACT**

**MS THESIS**

**RESEARCH OF EFFECTS ON ENGINE PERFORMANCE OF PALM METHYL  
ESTER - DIESEL - BIOETHANOL BLENDS'S AND FUEL SYSTEM  
ADJUSTING**

**Mehmet Selman GÖKMEN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
SELÇUK UNIVERSITY  
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN AUTOMOTIVE ENGINEERING**

**Advisor: Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU**

**2015, 111 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Mustafa ACAROĞLU  
Assoc. Prof. Dr. Hidayet OĞUZ  
Assoc. Prof. Dr. Hasan AYDOĞAN**

In this study, blends of palm methyl ester (acquired crude palm oil) with Diesel, Bioethanol, Ethanol and Fuel additive mixing certain volumetric ratios. Goal of this study is research of effects on engine performance both fuels and engine system adjusting and fuel system adjusting. Experiments performed with 1900 cc 4 cylinders and 4 stroke 105 HP diesel engine and it equipped with common-rail system. Hydraulic Engine dynamometer used for performance measurements. Results performed 3 times and average values evaluated. Results are evaluated and statistical analyses are attached

**Keywords:** Biodiesel, Bioethanol, Beraid, Methyl Ester, Palm

## ÖNSÖZ

Günümüzde alternatif yakıtlar ile ilgili çalışmalar petrol kökenli yakıtların giderek tükenmesi aynı zamanda yüksek karbon emisyonları nedeni ile ekolojik dengeleri koruyabilmek adına tüm dünya genelinde gerek çevresel ve bilimsel gerekse teknolojik ve ekonomik açıdan odak noktası olmuştur. Öyle ki, bu konu üzerinde çalışılması için enstitüler kurulmuş, istihdam alanları oluşturulmuş ve bilimsel çalışmalar hükümetler tarafından desteklenmiştir. Bu çalışmada Palm metil ester-diesel-biyoetanol karışımlarının ve yakıt sistemi ayarlarının motor performansına etkisi araştırılmıştır.

Yoğun hayat temposunda her an yanımda olan Babam, Annem, Kardeşim ve Eşime sonsuz teşekkür ederim.

Çalışmalarım boyunca tecrübelerinden sürekli istifade ettiğim kıymetli hocalarım Sayın Doç. Dr. Hasan Aydoğan ve Sayın Dr. A.Engin Özçelik'e sonsuz teşekkür ederim.

Üniversite hayatımın ilk yıllarından itibaren bana her an yol gösteren ve zor zamanlarda pes etmemeyi öğreten kıymetli hocam Prof. Dr. Mustafa Acaroğlu'na sonsuz teşekkür ederim.

Mehmet Selman Gökmen  
KONYA-2015

# İÇİNDEKİLER

<b>ABSTRACT</b> .....	<b>viii</b>
<b>ÖNSÖZ</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>x</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
1.1 Biyodizel yakıtı ve tarihçesi .....	1
1.2 Biyodizel üretimi .....	3
1.3 Biyodizel yakıtı ile ilgili yakıt özelliklerinin tanımlanması .....	4
1.4 Biyodizel üretiminde başlıca kullanılan yağ ve kimyasallar .....	8
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI</b> .....	<b>14</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>37</b>
3.1 Materyal .....	37
3.2 Yöntem.....	37
3.2.1 Palm yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması .....	38
3.2.2 Karışım oranlarının ve yakıt karışımlarının tesbit edilmesi.....	38
3.2.3 Palm biyodizelinin elde edilmesi .....	39
3.2.4 Karışımların Hazırlanması .....	39
3.2.5 Viskozite ve yoğunluk ölçümü .....	39
3.2.6 Motor test düzeneği .....	42
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA</b> .....	<b>44</b>
4.1 K1 (Yakıt sistemi bakımından önce) .....	45
4.2 K2 (Yakıt sistemi bakımından önce) .....	47
4.3 K3 Karışımı (Yakıt sistemi bakımından önce) .....	50
4.4 %100 Dizel yakıtı (Yakıt sistemi bakımından önce) .....	52
4.5 K1 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra) .....	55
4.6 K2 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra) .....	57
4.7 K3 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra) .....	59
4.8 % 100 Dizel Yakıtı (Yakıt sisteminin bakımından sonra) .....	61
4.5 Tartışma .....	63
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER</b> .....	<b>68</b>
5.1 Sonuçlar .....	68
5.2 Öneriler .....	71
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>72</b>

<b>EK-1.....</b>	<b>81</b>
<b>EK-2 (REGRESYON ANALİZLERİ).....</b>	<b>83</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>99</b>



## KISALTMALAR

PME	Palm Metil Ester
BE	Biyoetanol
E	Etanol
K	Katkı Maddesi (Beraid)
D	Dizel Yakıtı
HP	Beygir Gücü
BG	Beygir Gücü
cSt	Centistokes
Şahit Yakıt – Dizel	%100 D
K3	%88 D + %5 PME + %5 BE + %1 K + %1 E
K2	%86 D + %7 PME + %5 BE + %1 K + %1 E
K1	%83 D + %10 PME + %5 BE + %1 K + %1 E

## ŞEKİL LİSTESİ

- Şekil 1.1: Denemelerde kullanılan etanol
- Şekil 1.2 : Metanolün araçta kullanımı
- Şekil 1.3 : Deneyleerde kullanılan NaOH
- Şekil 1.4 : Potasyum Hidroksit KOH
- Şekil 3.1 : Yoğunluk Ölçüm Cihazı
- Şekil 3.2 : Viskozite Ölçüm Cihazı
- Şekil 3.3 : Viskozite Ölçüm Referans Sıvısı
- Şekil 3.4 : BT-190 Hidrolik Dinamometre Eğrileri
- Şekil 4.1: Motor Test Düzeneği
- Şekil 4.2 : K1 Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.3 : K1 Karışımı Motor Momenti Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.4 : K1 Karışımı Motor Gücü Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.5 : K1 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.6 : K1 Karışımı Moment/Güç değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.7 : K2 E Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.8 : K2 Karışımı Motor Momenti Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.9 : K2 Karışımı Motor Gücü Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.10 : K2 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.11 : K2 Karışımı Moment/Güç değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.12 : K3 Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.13 : K3 Karışımı Motor Momenti Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.14 : K3 Karışımı Motor Gücü Değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.15 : K3 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.16 : K3 Karışımı Moment/Güç değerleri (Yakıt sistemi bakımından önce)
- Şekil 4.17 : %100 Dizel Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri (Yakıt SBÖ)
- Şekil 4.18 : %100 Dizel Motor Momenti Değerleri (Yakıt SBÖ)
- Şekil 4.19 : %100 Dizel Motor Gücü Değerleri (Yakıt SBÖ)
- Şekil 4.20 : %100 Dizel Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri (Yakıt SBÖ)
- Şekil 4.21 : %100 Dizel Moment/Güç değerleri (Yakıt SBÖ)
- Şekil 4.22 : K1 yakıtı Moment değerleri
- Şekil 4.23 : K1 yakıtı Güç değerleri
- Şekil 4.24 : K1 yakıtı soğutma suyu sıcaklığı değerleri
- Şekil 4.25 : K1 yakıtı özgül yakıt tüketimi değerleri
- Şekil 4.26 : K1 yakıtı Moment/Güç değerleri
- Şekil 4.27 : K2 Karışımı Moment değerleri
- Şekil 4.28 : K2 Karışımı Güç değerleri
- Şekil 4.29 : K2 Karışımı soğutma suyu sıcaklığı değerleri
- Şekil 4.30 : K2 Karışımı özgül yakıt tüketimi değerleri

- Şekil 4.31: K2 Karışımı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.32 : K3 Karışımı Moment değerleri  
Şekil 4.33 : K3 Karışımı Güç değerleri  
Şekil 4.34 : K3 Karışımı soğutma suyu sıcaklığı değerleri  
Şekil 4.35 : K3 Karışımı özgül yakıt tüketimi değerleri  
Şekil 4.36 : K3 Karışımı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.37 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.38 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.39 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.40 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.41 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri  
Şekil 4.42: Bakım Öncesi Tüm Karışımların Motor Momentleri Açısından Kıyaslanması  
Şekil 4.43 : Bakım Öncesi Tüm Karışımların Motor Gücü Açısından Kıyaslanması  
Şekil 4.44 : Bakım Öncesi Tüm Karışımların Min. Özgül Yakıt Tüketimi Açısından Kıyaslanması  
Şekil 4.45: Bakım Sonrası Tüm Karışımların Motor Momentleri Açısından Kıyaslanması  
Şekil 4.46 : Bakım Sonrası Tüm Karışımların Motor Gücü Açısından Kıyaslanması  
Şekil 4.47 : Bakım sonrası Tüm Karışımların Min. Özgül Yakıt Tüketimi Açısından Kıyaslanması

## **TABLO LİSTESİ**

Tablo 1 : Bazı Bitkisel yağların yakıt karakteristikleri

Tablo 2 : Test Motoru Özellikleri

Tablo 3 : Hidrolik Dinamometre Özellikleri

Tablo 4 : K1 Karışımı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından önce)

Tablo 5 : K2 Karışımı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından önce)

Tablo 6 : K3 Karışımı Karışımı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından önce)

Tablo 7 : %100 Dizel yakıtı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından önce)

Tablo 8 : K1 yakıtı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından sonra)

Tablo 9 : K2 yakıtı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından sonra)

Tablo 10 : K3 yakıtı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından sonra)

Tablo 11 : % 100 Dizel yakıtı Test Sonuçları (Yakıt sistemi bakımından sonra)

## 1. GİRİŞ

Günümüzde petrol kökenli yakıtların gerek NO<sub>x</sub> oluşumları gerekse kimyasal özellikleri açısından çevreye vermiş oldukları zararlar bilinmektedir. Özellikle sanayi devriminden itibaren başlayan ve gelişimini hala sürdürmekte olan içten yanmalı motorlar ile dıştan yanmalı motorların insanların yaygın olarak kullanımına olanak tanınması ile birlikte petrol kökenli yakıtlar hem daha çok tüketilen bir enerji kaynağı hemde neredeyse en önemli kirletici halini almıştır.

Bu sebepten bilim insanları alternatif enerji kaynaklarına yönelerek sera gazı etkisinin azaltılması, alternatif yakıtlar, yenilenebilir enerji kaynakları alanlarında çalışmalar yapmışlar ve halende çalışmaya devam etmektedirler. Bu çalışmada ise fosil kaynaklı diesel yakıtına alternatif olarak biyodizel yakıtlar ile ilgili bir araştırma ve özellikler Palm yağı ile biyodizel eldesi ve motor performansına olan etkileri incelenmiştir.

Bu çalışmada biyodizel yakıtının tarihçesinden başlayarak palm biyodizel yakıtının motor performansına olan etkileri farklı karışım oranlarında denenerak sunulmuştur. Bu çalışmada motor performans değerlerinin ölçülmesinde Motor dinamometresi, Fiat 1.9 Multijet Diesel motoru, AVL basınç sensör düzeneği ve yazılımı kullanılmıştır. Deney ile ilgili detaylı bilgiler Metod – Yöntem başlığı altında detaylı olarak incelenecektir.

Tezde biyodizel kelimesi kullanılmıştır, bunun sebebi ise TBMM tarafından 4.12.2003 tarihinde yayınlanan yönetmelikte ve TS EN 14214 ve TS EN 14213 numaralı standartlarda “biyodizel” ifadesinin kullanılmış olmasıdır. (Öğüt ve ark, 2006)

### 1.1 Biyodizel yakıtı ve tarihçesi

Biyodizel yakıtı, bilindiği gibi organik bazlı yağların alkoller tepkimeye girmesi sağlanarak diesel yakıtı elde edilmesi esasına dayanmaktadır. Biyodizel yağlı bitki tohumlarının etanol veya metanol ile bir reaksiyon oluşturularak kısa bağlı bir tepkimeye girmesi sonucu elde edilen bir üründür, atık kızartma yağları hatta doymuş hayvansal yağlar bile biyodizel yakıtı olarak kullanılabilir. Biyodizel yakıtı eldesinin mantığı yağın içerisindeki gliserin maddesinin alınmasıdır. Yağın içerisinde gliserin transesterifikasyon metodu ile ayrıştırıldıktan sonra yağ gliserin ve metil ester olarak iki faz halinde ayrışır, metil ester biyodizel yakıtının kimyasal ismidir. Gliserin

ise dinamit yapımından şeker hastalığının tedavisine kadar geniş bir kullanım alanına sahip olan, hafifçe tatlı, zehirli olmayan organik bir alkol türüdür ve kimyasal formülü  $C_3H_8O_3$  tür.

Rudolf Diesel'in yer fıstığı yağı ile diesel motoru 1900 yıllarında çalıştırması ardından bitki kaynaklı yağların yakıt olarak kullanılabilceği gerçeği ortaya çıkmıştır. Zamanla mevcut fosil kaynaklı diesel yakıtlarının elde edilmesi ve sonlu olması nedeni ile alternatif yakıtı verilen değer hızla artmaya başlamış hatta ilk biyodizel yakıtı ile ilgili araştırma merkezi ise Amerikada Ulusal SoyDiesel Geliştirme Kuruluşu adı ile 1992 yılında kurulmuştur.

Günümüzde İtalya, Almanya, Brezilya başta olmak üzere tüm Avrupa ve amerikada biyodizel üretim ve tüketimi hızla çoğalmaktadır. 2005 yılında Almanyadaki biyodizel üretimi 2 milyon ton seviyesine ulaşmıştır. Aynı zamanda küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve olan Kyoto Protokolüne göre anlaşmayı imzalayan ve onaylayan ülkelerde 2010 yılında %10 oranında diesel yakıtında biyodizel kullanılması mecbur olmuştur. Birçok ülkede biyodizel yasal olarak vergiden muaftır. (Acaroğlu, 2013)

Biyodizel, petrodizele göre giderek kabul görmektedir, bunun başlıca sebepleri ise;

- Yenilenebilir bir enerji kaynağıdır
  - Biyolojik olarak ayrıştırılabilir ve organiktir
  - Emisyonlarında karbonmonoksit, partikül madde, yanmamış hidrokarbon daha azdır ve aromatik bileşikler ile kükürt neredeyse hiç yoktur
  - Parlama noktası normal motorin yakıtına göre daha yüksektir bu özellik sayesinde taşıma ve kullanımda güvenlidir
  - Yanma verimi yüksektir bunun sebebi ise oksijen içeriğinin yüksek olmasıdır.
- Biyodizel yakıtının bazı dezavantajları da vardır, bunlardanda bahsetmemiz gerekirse eğer,
- Isıl değeri Petrol dizel yakıtına göre daha düşüktür
  - Soğuk hava şartlarında petrol dizel yakıtına göre daha kötüdür ve soğuk hava koşullarından daha çabuk etkilenir
  - Azot oksit emisyonları petrol dizele göre daha yüksektir. Zhang 2002 de yapmış olduğu çalışmada bu sorunun yanma sıcaklığını azaltarak önüne geçilebileceğini göstermiştir.

- Saf biyodizel kullanımında biyodizel orta sınıf bir çözücü olduğu için gerekli motor ve donanım değişikliklerinin yapılması gerekmektedir. (Öğüt ve Oğuz,2006)

## 1.2 Biyodizel üretimi

Biyodizel üretiminde temelde iki adet reaksiyon vardır, bu reaksiyonlardan birincisi trigliserid ile metanol arasında katalizör eşliğindeki reaksiyondur ve Metil Ester bu şekilde üretilir. Reaksiyonun çıktıları biyodizel ve gliserindir. İkinci reaksiyon ise serbest yağ asidi ile sodyum metoksit arasındaki reaksiyondur ve bu reaksiyondada gliserin ve metanol üretilir.

Bitkisel yağdan biyodizel üretimi, kimyada transesterifikasyon olarak bilinir. Transesterifikasyon, esterin tipler arasındaki dönüşümünü ifade eder, Ester ise hidrokarbon zincirinin başka moleküler bağlanmış halidir. Bitkisel yağlar trigliserid olarak adlandırılırlar. Gliserin trigliseridleri düşük akışkanlıkta ve yapışkan yapar ve buda yakıtlar için istenmeyen bir özelliktir, yakıt olması planlanan yağdan gliserinin ayırt edilmesi zorunluluğuda bu sebeple ortaya çıkmaktadır. Kısaca özetleyecek olursak, transesterifikasyon işleminde yağdaki gliserin ile alkol yer değiştir, bu yer değiştirme sonucunda ise gliserin ve metil ester ayrışır. Gliserin ağır bir madde olduğu için dibe çöker ve metil esterde üste çıkar.

Biyodizel üretiminde Metanol ve Etanol olmak üzere iki çeşit alkol kullanılmaktadır ve bunun sebebi ise metil alkol etil alkole göre daha dengeli bir reaksiyon sağladığı için ve bitkisel yağın içerisindeki sudan etil alkole göre daha az etkilendiği içindir. Burada en önemli olan ise alkolün saflığıdır. Biyodizel üretiminde alkolün mutlaka %100 saflıkta olması gerekmektedir. Bunun sebebi ise kimyasal olarak bir tepkime oluşacağı için hesapladığımız değerlerin tam olması ve verimli bir reaksiyon ile üretim elde edebilmemizdir.

Bitkisel yağların çözülmesini sağlamak için ise bir takım katalizörler kullanılmaktadır bunlardan en yaygın olarak kullanılanları NaOH (Sodyum Hidroksit) ve KOH (Potasyum Hidroksittir). Katalizör olarak NaOH ve KOH kullanılmasının sebepleri ise bu katalizörlerin tanecik yapılarının iri olması ve tepkimeye girdikleri zaman gliserine iyi tutunmalarıdır.(Öğüt ve Oğuz, 2006)

Biyodizel yakıtının üretim aşamaları ön işlem, reaksiyon, ayırma ve yıkama olarak 3 grupta incelenebilir. Bunlardan ön işlem aşamasında yakıt üretilecek olan

hammaddeyi (bitkisel, hayvansal ya da atık yağ) temizleme ve biyodizel üretimine hazır hale getirme aşamasıdır. Burada filtreleme işlemi ile yakıtın içerisindeki yabancı maddeler ayrıştırılır, yıkama işlemi ile sıvı haldeki yabancı maddelerin ayrıştırılması yapılır ve kurulama işlemi ile de yakıt üretimine hazır hale gelmesi sağlanır. (Acaroğlu ve ark, 2010)

Reaksiyon aşamasında, üretime hazır haldeki hammadde ile üretimi sağlamak için gerekli reaksiyon koşulları altında katalizör ve alkolün tepkimeye girerek faz ayrışmalarının oluşumunun sağlanması hedeflenir. Reaksiyon aşamasında tamamlandıktan sonra Ayırma ve Yıkama aşamasına geçilir. Reaksiyon bitip gerekli ayrışmalar tamamlandıktan sonra gliserin ve metil ester birbirlerinden ayrılır. Metil ester yakıt olarak kullanılırken gliserin ise kimya sanayinde kendisine kullanım alanı bulabilmektedir.

### 1.3 Biyodizel yakıtı ile ilgili yakıt özelliklerinin tanımlanması

Bir yakıtta olması gereken özellikler şu şekilde sıralanabilir,

*Yoğunluk*, çeşitli yakıt ve yağları birbirinden kolay ve çabuk ayırabilecek özelliklerden biridir. Ham petrolden üretilen yakıtların ve yağların yoğunluklarının tayin edilmesi bunların tanınması yönünden önemli bir özelliktir. Yoğunluk sıcaklıkla azda olsa değişir, teknik ölçümlerde ölçü sıcaklığı 20°C belirlenmiş olsada ticarete çoğu zaman 15°C ile hesaplanır. Ölçmeler başka sıcaklıklarda yapılmışsa, değerler düzeltilmelidir, genel olarak bunun için şu formül kullanılır (Acaroğlu, 2013).

$$d_{15} = d_t + 0,0001(t - 15)(15 - 10.d_t)$$

Burada;

t= ölçüm esnasındaki yakıtın sıcaklığı

d<sub>t</sub>= Ölçülen Yoğunluk

d<sub>15</sub>= 15°C ye indirgenen yoğundur.

*Viskozite*, sıvıların akmaya karşı olan direncinin ölçüsüdür. 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, bir akışkanın yer çekimi etkisi altında akmaya karşı gösterdiği dirençtir (Acaroğlu, 2013).

*Soğukta Akış Özelliği*, dizel motor yakıt için yapılan önemli testlerden birisi soğukta filtre tıkanma noktasıdır. Bu özellik bilhassa soğuk şartlar altında dizel motorlar için hayati 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. Dizel yakıtı için soğukta filtre tıkanması veya akma noktası değişik yöntemlerle belirlenebilmektedir. Biyodizelin soğukta filtre tıkanması ve akma noktası diesel yakıtına benzer şekilde belirlenebilmektedir. (Öğüt ve Oğuz, 2006).

*Setan Sayısı*, yakıtın kendiliğinden tutuşabilirliğinin bir ölçüsüdür, motor performansı ve egzoz gazı emisyonları ile yayılan gürültü seviyesi için önemli bir karakteristik özelliktir. Setan sayısı, yakıtın yanma kalitesini gösteren ve değişiklik yapılmış CFR motorunda ölçülebilen bir özelliktir. Oktan sayısının ölçüldüğü CFR motoruna göre setan sayısının ölçüldüğü CFR motorundaki değişiklik kolayca sökülüp takılabilen yanma odası üst kapağıdır. Setan sayısı tayininde setan ve alfa-metilnaftalin gibi iki ayrı sıvı farklı oranlarda karıştırılarak referans yakırlar hazırlanır ve standartlarda belirtilen şekilde ölçüm gerçekleşir.

*Oktan Sayısı*, yakıtların en önemli özelliklerinden biride vuruntu direncidir. Oktan sayısının fazla olması yakıtın kendi kendine tutuşmasını engellemekte ve motor üzerinde istenmeyen gerilimleri ortadan kaldırmaktadır.

*İyot sayısı*, bitkisel yağların özelliği ve çift bağ sayısına göre değişmektedir. Yüksek iyot sayılı yakıtlar enjektör deliklerinde tıkanmalara veya yanma odasında hasar meydana gelmesine sebep olabilir. DIN 53241-1'e göre limit değer 100-120 g/100 olarak belirlenmektedir.

*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. Yakıtların kalori değerlerini ifade edebilmek için genel olarak kullanılan birim kcal'dir.

*Parlama noktası*, sıvı buharının parlayabilir bir atmosfer oluşturduğu en düşük sıcaklıktır. Parlama noktasının yüksek olması yakıtın depolama, taşıma kolaylığı ve güvenliğini beraberinde getirmektedir.

*Yanma noktası*, açık potada alev alma noktasından sonra sıcaklık dahada 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.

*Kendiliğinden tutuşma noktası*, sıcaklık artırılırsa belirli bir zamanda karışım kendi kendine tutuşur bu sıcaklık kendiliğinden tutuşma noktasıdır. Benzin için 475-530 °C iken dizel yakıt için ise 170-350 °C dir.

*Bulutlanma ve akma noktası*, bir sıvı yakıt soğutulduğunda belli bir sıcaklıkta yakıt molekülleri daha büyük sıvı kristalleri oluşturur. Soğutmaya devam edildiği takdirde daha fazla sıvı kristali oluşur ve tüm yakıt katılaşana kadar kristaller yığılır. Kristallerin görülmeye başladığı sıcaklığa “ bulutlanma-dumanlanma noktası” denir. Akma noktası ise yakıtın akmasının durduğu en yüksek sıcaklıktır.

*Donma derecesi*, yakıtın tanınmasına yardımcı olduğu gibi işe yararlılık derecesini ve karışık olup olmadığını anlamayada yarar. (Acaroğlu, 2013).

*Yakıtlardaki su miktarı*, yakıtların içerisinde su bulunması patlama veya yanmanın düzenli olmaması ve ısıl değerin düşük olması sonucunu ortaya çıkarır. Eğer yakıtta su varsa soğuğa dayanıklılık azalır, bitkisel yağlar temelde su içermezler ancak bitkisel yağların üretimi ve depolanması esnasında karışabilmektedir. Yakıtların belli oranda su içermeleri motor için bir dezavantaj değildir, su/yakıt emülsiyon oranının uygun olması durumunda yanma sıcaklığını ve NOx emisyonlarını azaltabilir.

*Karbon artığı*, oksijensiz ortamda bir yüzeyde yakıtın yanması simüle edilerek DIN EN ISO 10370 test metoduna göre karbon artığı belirlenmektedir. Karbon artığı enjektör deliklerine veya yanma odasında karbon birikmesine sebep olmaktadır. Denemeler; biyomotorinin pratikte yok denecek kadar az karbon artığı bıraktığı ve maksimum değerin kütleinin %0,4 ü olduğunu göstermiştir. (Acaroğlu, 2013).

*Tortu maddeleri*, su ve tortu maddeleri birlikte değerlendirilir, buradaki tortu taş toprak kum v.b. maddelerden ibarettir. Birde sludge(pis atık yağ) denilen tortu maddesi vardır ki, bunlar yakıt ve yağların bünyesinde bulunan hidrokarbonların oksidasyonu sonucu oluşan kimyasal bileşiklerdir ve organik yapıda olan tortulardır.

*Gom miktarı ve reçine oluşumu*, genel olarak benzinlerde 15mg/100cm<sup>3</sup> reçine miktarına izin verilir yapışkan madde sorununu azaltmak amacı ile benzine uçucu olmayan bazı özel yağlar ve katıklar eklenir. (Öğüt ve Oğuz, 2006).

*Kükürt miktarı*, Düşük sıcaklıkta ve kesintili çalışmalarda yüksek kükürt miktarı dizel 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 ise sülfirik aside dönüşerek egzoz çürümesine neden olur.

*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 değildirler, bunlara kül denir ve silindir içerisinde istenmeyen bir bakiye olarak kalırlar ve aynı zamanda silindirlere aşındırıcı etkileri vardır.

*Süzülebilme*, filtre tıkama noktası yeteneği, yatıkların süzülebilme yeteneğinin saptanması için 100 cm<sup>3</sup> yakıtın 0,5 atm basınçta 6 mm çaplı ve 0,1 mm 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) saniyede süzülme olmalıdır. (Acaroğlu, 2013).

*Yakıtlarda yağ*, motor yakıtı için önemli bir noktada yakıtın yağsız olmasıdır. Hafif bir yakıtın içerisinde yağ olup olmadığının belirlenmesi için temiz beyaz bir kağıt üzerine birkaç damla yakıt dökülerek uçmaya bırakılır yakıt uçtuktan sonra yakıtın yayıldığı alanın kenarında yağ izi görülmez ise yakıt yağsızdır. (Acaroğlu, 2013).

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. (Öğüt ve Oğuz, 2006).

*Işığa dayanıklılık*, ışık uzun zamanda etki ederek yakıtların görünüşünü değiştirir. Benzinler özellikle cracking benzinleri ve benzoller sarı renk alırlar bu arada reçineye benzeyen ayrılmalara gösterirler biyomotorinde ise ışığın oksidasyona etkisi söz konusudur.

*Depo edilme dayanıklılığı*, bazı benzin motoru yakıtları uzun süre depo edilmekle değişmelere maruz kalırlar ve böylece vuruntu direnci azalır, cüruf yapma eğilimi çoğalır. Dizel yakıtlarında böyle değişmelerin pratik olarak değeri yoktur. Ancak dizel yakıtlarının bekletilmesi sonucu yakıtın iletilmesini engelleyen ayrılmalara meydana gelebilir. Biyomotorinde depolama şartları ve depo malzemesinin yakıt özelliğine etkisi önemlidir. (Acaroğlu, 2013).

#### 1.4 Biyodizel üretiminde başlıca kullanılan yağ ve kimyasallar

Biyodizel üretiminde kullanılmakta olan başlıca yağların karakteristik özellikleri Tablo 1’de verilmiştir.

**Tablo 1 : Bazı Bitkisel yağların yakıt karakteristikleri**

BİTKİSEL YAĞLAR	Viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	Setan Sayısı	Isıl değeri (kJ/kg)	Dumanlanma nok. (°C)	Alevlenme nok.(°C)	Yoğunluk (kg/l)	Karbon artıkları (%)	Kükürt (%)	Akma nok. (°C)
Hint yağı	29.7	-	37274		260	0.9537	0.22	0.01	-31.7
Mısır yağı	34.9	37.6	39500	-1.1	277	0.9095	0.24	0.01	-40.0
Pamuk yağı	33.5	41.8	39468	1.7	234	0.9148	0.24	0.01	-15.0
Bezir yağı	27.2	34.6	39307	1.7	241	0.9236	0.22	0.01	-15.0
Yerfıstığı yağı	39.2	41.8	39782	12.8	271	0.9026	0.24	0.01	-6.7
Kolza yağı	37.0	37.6	39709	-3.9	246	0.9115	0.30	0.01	-31.7
Aspir yağı	31.3	41.3	39519	18.3	260	0.9144	0.25	0.01	-6.7
Susam yağı	35.5	40.2	39349	-3.9	260	0.9133	0.25	0.01	-9.4
Soya yağı	32.6	37.9	39623	-3.9	254	0.9138	0.27	0.01	-12.2
Ayçiçek yağı	33.9	37.1	39575	7.2	274	0.9161	0.23	0.01	-15.0

Bitkisel yağların karbon ve hidrojen değerleri dizel yakıtına yakın, oksijen değeri ise daha yüksektir. Isıl değerleri ise dizel yakıtının ısıl değerinden yaklaşık %10 - 15 kadar daha azdır. Araştırma ve uygulamalar kimyasal yapı olarak uzun dallanmış ve tek-çift bağlı yağ asitlerini içeren yağların uygun dizel alternatifi olduğunu ve artan doymamışlık derecesinin setan sayısını olumsuz yönde etkilediğini ortaya koymuştur. Bu durum oleik asitçe zengin yağları ön plana çıkarmaktadır. Bitkisel yağların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanısıra bunlardan kaynaklanan yakıt özellikleri dahada önemlidir. Günümüze kadar yapılan birçok araştırmada bitkisel yağların yakıt özellikleri belirlenmiş ve dizel yakıtı ile mukayese edilerek verilen sınır değerlere ne ölçüde uyum sağladığı tesbit edilmiştir. Bitkisel yağların yakıt olarak kullanılmasında ön yanma odalı motorlar direk püskürtmeli motorlardan daha etkili olmaktadır. Bitkisel yağların viskoziteleri oldukça yüksektir. Çalışmaların büyük bölümü bu yüksek viskozitenin çeşitli yöntemlerle azaltılması yönünde olmaktadır. (Fazal ve ark, 2013; Acaroğlu, 2013).

Bitkisel yağların metil ve etil esterlerinin hem ön yanma odalı hemde direk püskürtmeli motorlarda kullanılması daha uygundur. Temiz ve nitelikli bitkisel yağların ısı değerleri dizel yakıtın ısı değeri kadar yeterlidir. Mikroemülsiyonlar viskoziteyi dizel yakıtının viskozitesine yakın değerlere kadar azaltabilir (1,9 -4,0 mm<sup>2</sup>/s). Fakat emülsiyonlaştırma kimyası oldukça pahalıdır. Mikroemülsiyon oluşturma yöntemi, metanol veya etanol gibi kısa zincirli alkoller ile bitkisel yağın mikroemülsiyon haline getirilme işlemidir. Böylece viskozite değerleri düşmektedir. Bu yöntemin sakıncası alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyon setan sayısının düşük olması ve düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesidir. Emülsiyon, birbiri içinde çözünmeyen iki sıvının karışımı olarak tanımlanabilir. Burada bir dağılan birde dağıtılan faz vardır. Emülsiyon oluşturma sürecine ise emülsifikasyon denir. (Özçelik ve ark, 2015)

Keten tohum yağı motor testlerinde birçok problemlere sebep olduğundan dolayı dizel yakıtı alternatif olmaktan çıkartılmıştır. Dizel yakıt olarak kullanılacak bütün soya yağları zamksız olmalı ve Ayçiçek yağlarında mumsuz olmalıdır. Karışım veya ester yakıtlar dizel yakıtına ikame olarak geniş kapasitelere sahiptirler. Bitkisel yağların birçoğunun setan sayısı ASTM alt sınırının üstündedir.

Biyodizel üretiminde kullanılan alkoller etanol ve metanol katalizörler ise NaOH ve KOH olduğunu daha önce söylemiştik. Bu kimyasalları detaylandırarak olursak eğer (ASTM D4052);

*Etanol*, Saf etanol berrak, renksiz, karakteristik kokulu bir sıvıdır. 78,4°C'de kaynar ve -114,5°C' de donar. Sıcaklıkla hacim büyümesi nispeten muntazam olduğundan, hava sıcaklığını ölçen termometrelerde termometre sıvısı olarak kullanılır. Sıvı seviyesinin rahat görülmesi için bir boya maddesi konur. Özgül ağırlığı 20°C'de 0,789 g/cm<sup>3</sup> tür. Etanol, aynı miktarda su ile karışık olduğunda bile soluk, mavimsi bir alevle yanar. Etanolün yanma enerjisi 1 gram başına 7,09 kcal verecek şekildedir. (Çelik ve ark, 2008)

Su, eter ve asetonda her nispette karışır. Suyla karışınca bir hacim küçülmesi olur. Mesela, 52 hacim alkol ve 48 hacim su karıştırıldığında 100 hacimlik değil de, 96,3 hacimlik bir çözelti meydana gelir. Alkolik fermantasyonda şekerler başlıca olarak monosakkaritler (glikoz ve früktoz) kompleks enzim ihtiva eden maya mevcudiyetinde, etanol ve karbondioksit verecek şekilde bozunurlar. Tamamen parçalanmada 100 g früktozdan 51,1 g etil alkol ve 48,9 gr karbondioksit meydana gelmelidir. Bu randımana

gerçekte erişilemez. Çünkü maya hücreleri diğer metabolizma olayları için aynı şekilde monosakkaritleri harcamaktadırlar. Optimum mayalanma şartları maya hücrelerinin yaşama şartları ile belirlenir. Böyle gıda eriyiğindeki belirli protein ve mineral madde miktarı maya gelişmesini teşvik eder. Optimum mayalanma sıcaklığı maya çeşitine göre, 20°C ile 30°C arasındadır. (Acaroğlu ve ark, 2010)

Alkol fermantasyonu etil alkol miktarı % 10-18 arasında olduğu zaman durmaktadır. Çünkü etil alkol metabolizmanın artık ürünü olarak büyük konsantrasyonlarda mikroorganizmaların hayati faaliyetlerini önlemektedir. Endüstride alkolik fermantasyonda başlama maddesi olarak saf glikoz kullanılmaz. Bunun yerine melas (şeker rafinasyonu artığı) veya nişastalı ürünler (patates, çavdar, buğday, arpa) kullanılır. Aşağıda Şekil 1.1 de denemelerde kullanılan etanol gösterilmiştir. (Örs, 2007)



**Şekil 1.1: Denemelerde kullanılan etanol**

*Metanol*, Saf metanol 1 atm'de 64,6 derecede kaynayan akışkan bir sıvı olup, parlak olmayan mavimsi bir alevle yanar. Bütün organik çözücülerde her oranda çözünür. Çok az miktardaki metanol dahi canlı organizma için zehirdir. Kalıcı yaralar, bozukluklar meydana getirir. 25 gram metanol içilirse insanlarda körlüğe neden olur. Metanol ilk defa 1661'de odunun kuru damıtılması (havasız ortamda yüksek ısı

verilmesi) ile elde edildi. Damıtma ürününde % 1,5-3 metanol, % 10 asetik asit, % 0,5 aseton ve başkaları bulunmaktadır. Endüstride, karbonmonoksit ile hidrojenin reaksiyonundan elde edilir. Bu metodla saf metanol elde edilirse de sıcaklığın 30-40 derece yükselmesi halinde n-propanol ve izobutanol teşekkül edebilir. Fraksiyonlu destilasyonla sulu çözeltisinden % 99'luk bir saflıkta elde edilir. Metanol kendi başına benzinli motorlarda yakıt olarakta kullanılmaktadır. Şekil 1.2 de metanolün araçta kullanımına örnek olarak daimler-chrysler firmasının bir örneğini görülmektedir.



Şekil 1.2 : Metanolün araçta kullanımı

$NaOH$  (Sodyum Hidroksit), beyaz renkte nem çekici bir maddedir.  $NaOH$  formülüyle gösterilir. Suda kolaylıkla çözünür ve yumuşak kaygan ve sabun hissi veren bir çözelti oluşturur. İnsan dokusuna kaşıntıverici bir etkisi vardır. Sodyum hidroksit (kostik soda veya sud kostik te denir), laboratuvarda  $CO_2$  gibi asidik gazları yakalamak için kullanılır. Endüstride birçok kimyasal maddenin yapımında, yapay ipek, sabun, kâğıt, boya, deterjan endüstrisinde ve petrol rafinelerinde kullanılır. Şekil 1.3 de deneylerde kullanılan sodyum hidroksit görülmektedir.

Ayrıca serigrafide pozitif20 ile beraber kullanılır. Bir bazdır. Su ile tepkimeye girdiğinde yaklaşık 5 dakika içinde sıcaklığı 50 Santigrat dereceye çıkar ve yaklaşık 15 dakika sıcak kalır. (Buasri ve ark, 2014)





Şekil 1.3 : Deneyleerde kullanılan NaOH

*KOH (Potasyum Hidroksit)*, Potasyum hidroksit ya da potasyum hidrat bir kimyasal bileşiktir. Akkor derecede uçucu olan, 360 °C'de eriyen, suda ısı açığa çıkararak çözünen, beyaz renkte katı bir maddedir. Alkalik bir baz olan potasyum hidroksidin geniş bir kullanım alanı vardır. Şekil 1.4 'de Potasyum Hidroksit gösterilmiştir.



Şekil 1.4 : Potasyum Hidroksit KOH



Katkı Maddesi, Beraid ED 10 katkı maddesi olarak kullanılmıştır. Bu katkı maddesinin tercih edilme sebebi ise düşük sıcaklıklarda diesel yakıtı ve etanol ile olan karışımda herhangi bir ısıtma ya da benzeri bir işlem gerektirmeden karışabilmesidir. Aynı zamanda beraid ED10 yakıt karışımına stabilizasyon, yağlayıcılık, korozyon dayanımı ve düşük sıcaklıklarda yakıt stabilizasyonunu koruma özelliğine sahiptir. Akzo Nobel firmasının önerileri dikkate alınarak beraid ED10 max. %2 oranını geçmeyecek şekilde kullanılmalıdır. Bu çalışmada %1 oranında kullanılmıştır.

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Kaynak araştırması yazıların soyadı sırasına göre alfabetik olarak verilmiştir.

Abdul-Manan ve ark. 2014 te yaptıkları “A detailed survey of the palm and biodiesel industry landscape in Malaysia “ isimli çalışmada Malezya için palm biyodizelinin öneminden ve endüstriyel kullanımından bahsetmişlerdir. Malezyanın anahtar gelir kaynağı olan palm endüstrisi 2009 yılında ülke market gelirlerinin %8 ini oluşturmuştur. 1980’lerin başından beri palm biyodizeline olan ilgi sürmüştü ve 2006 yılında Malezya hükümeti tarafından ilk ulusal biyodizel politikası palm biyodizeli üzerine fosil tabanlı yakıtlara olan bağımlılığı azaltmak adına oluşturulmuştur. Ocak 2013 te, biyodizel uygulaması (%5 konsantrasyon) sadece Klang Vallay bölgesinde uygulanmaktadır. 2014 yılında daha yüksek karışımlar için planlar yapılmaktadır.

Abedin ve ark. 2014’de yaptıkları çalışmada jatropa biyodizelinin ve palm biyodizelinin motorlarda kullanımını test etmişler ve sonuçlarını irdelenmişlerdir.

Acevedo ve ark. 2015 te yaptıkları “Analysis of operating costs for producing biodiesel from palm oil at pilot-scale in Colombia” isimli çalışmada günlük 20.000 lt lik kapasitesi olan bir tesiste palm biyodizelinin üretim maliyetinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Üretim alanında hammadde olarak ham palm yağı ve metanol 1:10 molar oranda kullanılmaktadır. Proses asit esterifikasyonu, baz transesterifikasyonu ve absorbe edici toz ile kuru yıkama aşamasından oluşmaktadır. Üretim maliyetleri olarak hammadde analizi, kaynaklar, iş gücü, elektrik, kalite ve muhafaza olarak \$0,99/L olarak 2013 yılı için belirlenmiştir. Toplam üretim maliyetinin yaklaşık %72,6 sı hammadde maliyetidir. Yapılan hassas analizlere göre palm yağından biyodizel eldesi gayet ekonomik ve gliserin ve sunni gübre gibi yan ürünler sayesinde avantajlı olduğu görülmüştür.

Agarwal 2007’de yaptığı “Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines” isimli çalışmada içten yanmalı motorlar için etanol ve biyodizel yakıtlarının sera gazı emisyonları, yakıt özellikleri, erişilebilirlik, ekonomiklik, motor performansı, emisyonlar gibi özelliklerinin incelemiştir. Bu çalışmada etanolün biyolojik tabanlı yenilenebilir özelliğinden dolayı alternatif olabileceği ve PM emisyonlarını azalttığı için kullanım potansiyeli olduğunu belirtmiştir. Bu açıdan, etanol karışımı dizel ve benzin yakıtları hakkında inceleme yapmıştır. Biyodizelin ise dizel yakıtı ile karışabilirliği, emisyonları azaltması ve motor için neredeyse hiç modifikasyon gerektirmemesi açısından kullanılabilirliğini yanma analizini ve uzun dönemdeki ekonomik fizibilitesini yapmıştır.

Agarwal ve ark. 2015 te yaptıkları “Particulate emissions from biodiesel fuelled CI engines “ isimli çalışmada taşıma sektöründe sıkıştırma ateşlemeli motorların özellikle istasyonlu uygulamalar için (tren v.b.) en önemli güç kaynağı olduğundan bahsetmiştir. Bu çalışmada biyodizel karışımlarının ve biyodizelin fiziksel özellikleri ve kimyasal özellikleri, çevresel özellikleri ve insan sağlığına olan etkileri hakkındaki literatür taramaları ve özetleri değerlendirilmiştir. Partikül madde emisyonları değişik motor parametreleri (turboşarj giriş havası basıncı gibi), yüksek basınçlı yakıt enjektörleri, ikili enjeksiyonlar, EGR sistemi ve emisyon sistemi ekipmanlarının biyodizel kullanımındaki kombinasyonları değerlendirilmiş ve bu makalede yer verilmiştir.

Aghel ve ark. 2014 te yaptıkları “Using a wire coil insert for biodiesel production enhancement in a microreactor ” isimli çalışmada, tek kanallı bobinin mikroreaktördeki sürekli biyodizel üretimi boyuncaki karıştırmayı artırması çalışılmıştır. Bunun hedefi, soya yağının hammadde olarak ve potasyum hidroksitin katalizör olarak homojen olmasını sağlamak. Geometrik ve uygulama koşullarındaki değişken parametrelerin biyodizel üretimi üzerindeki performansına etkisi denenmiştir. Biyodizel üretim prosesinin istatistiksel analizi RSM (Response Surface Method) ve Box-Behnken metodu kullanılmıştır. İki reaktör çeşidinin kıyaslanması (Tek kanallı bobinli ve normal) transesterifikasyon aşamasında karıştırmada ciddi bir artış göstermiştir. Farklı tek kanallı bobin boylarının ve hatvelerinin metil ester dönüşümlerindeki etkileri açığa çıkartılmıştır.

Alamu ve ark 2008 yılında yaptıkları “Effect of ethanol-palm kernel oil ratio on alkali-catalyzed biodiesel yield” isimli çalışmalarında Palm çekirdek yağının yenilenebilir enerji kaynağı olarak biyodizel üretiminde kullanılabileceğinden bahsetmiştir. Etanollü Palm çekirdek yağının palm çekirdek yağı biyodizeline oranı optimum hammadde oranına bağlı kalacak düzeyde incelenmiştir. Deneyler 0.1, 0.125, 0.15, 0.175, 0.2, 0.225 ve 0.25 oranında 60 ° C sıcaklıkta transesterifikasyon şartlarında, 120 dakika reaksiyon süresinde ve %1 lik KOH katalizör konsantrasyonunda gerçekleşmiştir. Standart palm çekirdek yağı testleri biyodizel tanımlamasına uygundur.

Alves ve ark. 2013 yılında yaptıkları “Palm and soybean biodiesel compatibility with fuel system elastomers” isimli çalışmalarında yakıt sistemindeki Kauçuk ve Florokarbon elastomer malzemelere olan etkilerini araştırmışlardır. Basınç testleri palm ve soya biyodizeli ile yapılmıştır. Sistemin piston silindir mekanizması SAE 1045 çeliğidir. Akış basıncı 200 bar ve test süresi 5 saat. Sonuçlar kauçuğun kütesinin tüm

biyodizeller ile azaldığını göstermiştir. Florokarbonların daha iyi bir direnç gösterdiği açığa çıkmış ve elastomer malzemelerde çok küçük modifiyeler yapılması gerektiği açığa çıkmıştır.

An ve ark. 2015 yılında yaptıkları “Numerical modeling on a diesel engine fueled by biodiesel-methanol blends” isimli çalışmada biyodizel metanol karışımlarının performans, yanma ve emisyon karakteristiklerinin modellemiştir. 3D CFD simülasyonları KIVA4 kodu CHEMKIN II ile birleştirilerek biyodizel ve karışımı olan yakıtların %5, %10 ve %15 lik metanol hacminde %10, %50 ve %100 yüklerde motor sabit 2400 devirde iken çalışılmıştır. Simülasyon sonuçları göstermiştir ki , %10 yük durumunda ve %5 lik metanol karışımında silindir basıncında somut gelişme vardır. Oysaki %50 ve %100 yük altında sadece karşılanabilir silindir basınç çizgileri görülmektedir. Performans karakteristiklerine bakılarak, tüm yük koşullarında termal verimliliğin etanol karışımlarında arttığı gösterilmiştir ve CO ve is oluşumu ise belirtilen koşullarda azalmıştır.

Atabani ve ark. 2013 yılında yaptıkları “A comparative evaluation of physical and chemical properties of biodiesel synthesized from edible and non-edible oils and study on the effect of biodiesel blending” isimli çalışmada güney batı asyada bulunan yemeklik ve yemeklik olmayan yağların biyodizel üretiminde kullanımını incelemiştir. Bu yağlar, Jatropha, Kanola, Palm, Hindistan cevizi, Soya, Sterculia foetida, Moringa oleifera, Croton megalocarpus yağlarıdır. Bu biyodizellerin fizikokimyasal özellikleri incelenmiştir.

Atmanlı ve ark. 2015 yılında yaptıkları “Numerical modeling on a diesel engine fueled by biodiesel-methanol blends” isimli çalışmada dizel yakıtı-bitkisel yağ mikroemülsiyonunu oluşturmak için ortak çözücü bileşeni olarak n-bütanol ve bitkisel yağ bileşeni olarak nötr kanola, soya, ayçiçeği, mısır, zeytin, fındık ve pamuk yağı kullanılmıştır. Üçlü karışımlardaki biyoyakıt kullanım oranını artırmak için bileşenlerin karışım oranı %70 dizel, %20 bitkisel yağ ve %10 n-bütanol olarak belirlenmiştir. Splash blending metodu kullanılarak 7 farklı yakıt karışımı hazırlanmıştır. Deney yakıtlarının dört silindirli, dört zamanlı, turboşarjlı, direkt püskürtmeli bir dizel motorunda motor karakteristiklerinin belirlenmesi için tam yük değişik devir testi uygulanmıştır. Deney yakıtları oda sıcaklığında 60 gün süreyle bekletilmiş ve hiçbir deney yakıtında faz ayrışması oluşmamıştır. Deney yakıtlarının yakıt özellikleri incelenmiş ve standartlarda belirtilen sınır değerleri içerisinde olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonucunda elde edilen deney sonuçları dizel yakıtının değerleriyle

karşılaştırılmış ve bu sonuçlara göre moment, efektif güç, ısıl verim, ortalama efektif basınç ve egzoz gaz sıcaklık değerlerinde azalma, özgül yakıt tüketim değerlerinde ise artış meydana geldiği tespit edilmiştir.

Bayraktar 2008 yılında yaptığı “An experimental study on the performance parameters of an experimental CI engine fueled with diesel–methanol–dodecanol blends” isimli çalışmada değişik oranlarda metanol karışımları içeren dizel-metanol ve dodecanol karışımlarının dizel motorlar üzerine olan etkisini araştırmıştır. Metanol konsantrasyonu %2.5 ile %15 arasında değişkenlik göstermiştir 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 ile 1600 olarak herbir sıkıştırma oranında test yapılmıştır. Performans parametreleri tork, efektif güç, özgül yakıt tüketimi, efektif verimlilik herbir karışım ve değişik koşullar için deneysel verilere bağlı kalarak hesaplanmıştır. %10 metanol içeren karışımın uygulanabilir olduğu ve motorda herhangi bir değişiklik yapılmadan kullanılabileceği aynı zamanda performans değerlerinde %7 civarında artış olduğu gözlenmiştir.

Bazargan ve ark 2015 yılında yaptıkları “A calcium oxide-based catalyst derived from palm kernel shell gasification residues for biodiesel production” isimli çalışmada palm çekirdek kabuk (PKS) artıklarının ısıl işlemini ve gazlaştırmasını ve kalsiyum oksit üretiminde hammadde olarak kullanımını incelemiştir. Üretilen katalizörler SEM-EDX, XRF, XRD, CHNS, TGA ve BET analizlerine tabi tutulmuştur. İlave olarak üretilen katalizörün temel dayanıklılığı ve bazlılık oranı tanımlanmıştır. Katalitik özelliği metanol ile ayçiçeği yağı biyodizeli eldesinde görülmüştür. Sonuçlara göre kalsiyum karbonat içerikli PKS biyokarakteristiği kalsiyum oksit katalizörü üretimini desteklemektedir.

Benjumea ve ark. 2008 yılında yaptıkları “ Basic properties of palm oil biodiesel–diesel blends“ isimli çalışmada birtakım palm biyodizeli ve dizel yakıt karışımlarının ASTM standartlarına göre temel özelliklerini ölçmüştür. Bu özelliklerin önceden tahmin edilmesi için karıştırma kuralları karışımdaki biyodizelin hacim fraksiyonunun bir fonksiyonu olarak değerlendirilmiştir. Kay’ın karıştırma kuralı yoğunluğun, ısıtma değerinin, distilasyon eğrisinin 3 farklı noktasının, bulutlanma noktasının ve hesaplanan setan indeksinin tahmininde kullanılırken Arrhenius karışım kuralı ise viskozitenin ölçümünde kullanılmıştır. AAD (Absolute average Deviations) değerleri düşük ve karışımlarda uygun şekilde elde edilmiştir. Sonuçta elde edilen setan

sayısı ASTM standartlarındaki setan sayısından yüksek çıkmıştır ve bunun sebebidir distilasyon eğrisindeki kısmen karakteristik değerlere bağlanmıştır.

Benjumea ve ark. 2009 yılında yaptıkları “Effect of altitude and palm oil biodiesel fuelling on the performance and combustion characteristics of a HSDI diesel engine” isimli çalışmada palm biyodizeli kullanılmış bir turboşarj motor ve No.2 dizel yakıtın yanma ekserji analizleri yapılmıştır. Testler sabit koşullar altında gerçekleştirilmiştir ve deniz yüksekliğinden 500m ve 2400 m de yapılmıştır. biyodizel ve yükseklik enjeksiyon zamanlarına olumlu etki etmiştir. Ön yanma aşamasına ise yükseklik olumlu etki yaparken biyodizel olumsuz etkide bulunmuştur. Sonuçlar göstermiştir ki, palm biyodizeli yüksek mesafelerde iyi performans göstermektedir.

Biktashev ve ark. 2011 yılında yaptıkları “Transesterification of rapeseed and palm oils in supercritical methanol and ethanol” isimli çalışmalarında kolza ve palm yağının süperkritik metanol ve etanol ile transesterifikasyonunu gerçekleştirmişlerdir. Çalışmalar deneysel bir düzende, toplu ve sürekli bir sistemde gerçekleştirilmiştir. Biyodizel üretimine reaksiyon koşullarının etkileri (sıcaklık, basınç, yağ/alkol oranı, reaksiyon süresi) çalışılmıştır. Başlangıç aşamalarında ultrasonik ayrıştırmanın etkileri transesterifikasyon aşamalarından önceki aşamalar için çalışılmıştır ve dönüşüm alanında etkinin ciddi bir şekilde arttığı gözlemlenmiştir. Optimal teknolojik koşullar şöyleki : 20-30 MPa basınç, 573-623 K sıcaklık için sağlanmıştır. Çalışma göstermiştir ki, aynı sıcaklıktaki dönüşümlerde etanol metanolden daha fazladır.

Cesar ve ark. 2013 yılında yaptıkları “Brazilian biodiesel: The case of the palm’s social projects” adlı çalışmada Brezilyanın biyodizel programı hakkında ve Brezilyanın 5 yıllık biyodizel planı hakkında çalışmışlardır. Bu çalışmada aile çiftçiliği ve biyodizel üretimi ile agropalma tarafından geliştirilen detaylı modelden bahsedilmiştir. Palm yağı ile ilgili düzenlemelerde vurgulanmıştır.

Chen ve ark 2014 yılında yaptıkları çalışmada CaO–SiO<sub>2</sub> katalizörü başarılı bir şekilde biyobenzetim süreci yaklaşımı ile yumurta kabukları ve Na<sub>2</sub> SiO<sub>3</sub> hammaddeleri kullanılarak sentezlenmiştir. Bu sentezleme ürünü sonunda palm yağının transesterifikasyonunda kullanılmıştır. Sonuç olarak burada ele alınmış silikatlaştırma prosesi geniş çaptaki katı tabanlı esterifikasyon ve transesterifikasyon işlemlerinde kullanım bulabilirler.

Cheng ve ark 2015 yılında yaptıkları “Development and validation of a generic reduced chemical kinetic mechanism for CFD spray combustion modelling of biodiesel fuels” isimli çalışmada metil decanoate ve n-heptane bileşikleriyle indirgenmiş

biyodizel kinetik mekanizmalarının hindistancevizi, palm, kolza ve soya için metil esterlerinin yeniden yapılandırılmasını çalışmışlardır. İndirgenmiş biyodizel mekanizmaları 92 türde ve 360 temel reaksiyonda DRG (directed relation graph) teknikleri kullanılarak gerçekleştirilmiş ve izomer kitle ve sıcaklık hassaslık analizi yapılmıştır. İndirgenmiş biyodizel mekanizması değişik şok koşulları altında deneysel koşullarda gerçekleşmiş ve herbir 0D (zero-dimensional) için otomatik ateşleme CHEMKIN-PRO ile sağlanmıştır.

Cheung ve ark. 2009 yılında yaptıkları “Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel and biodiesel blended with methanol” isimli çalışmalarında Euro V dizel, 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 motor yükünde sabit 1800 devirde yapılmıştır. Sonuçlara göre fren özgül yakıt sarfiyatı ve fren ısı verimi biodizel ve karışım yakıtlarda artmaktadır. Karışım yakıtlarda CO ve HC emiyonu biodizel yakıtlara göre daha fazla olduğu, dizel motorlara göre ise CO emisyonun fazla HC emisyonun daha az olduğu gözlemlenmiştir.

Chew ve ark 2013 yılında yaptıkları “Corrosion of magnesium and aluminum in palm biodiesel: A comparative evaluation” isimli çalışmada alüminyum ve magnezyun gibi düşük ağırlıklı malzemelerin daldırma testleri ile palm biyodizelinden nasıl etkilendiklerini korozyon açısından incelemiştir. Yapılan çalışmalar oda sıcaklığında herbir metal için 1440 saat yapılmıştır. Numune karakterizasyonu kütle kayıp ölçümü, SEM (Scanning Electron Microscope), XRD (X-Ray diffraction), TAN (Total Acid Number) and FTIR (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) kullanılarak yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki magnezyum yüzey jelimsi bir tabakaya dönüşürken alüminyum daha dayanıklı ve temiz kalmıştır.

Cho ve ark 2012 yılında yaptıkları “A single step non-catalytic esterification of palm fatty acid distillate (PFAD) for biodiesel production” isimli çalışmada palm yağı distilesinde tek aşamalı non-katalitik metodun kullanımına çalışmışlardır. Bu metod ile, esterifikasyon reaksiyonu tek aşamada susuz reaksiyon koşullarında ve asit değerinin 0.5 mg(KOH/g) değerinin altında başarılmıştır. Reaksiyon 180 dakikada 250 °C sıcaklığın üzerinde suyun buharlaşma noktasının üzerinde kalınarak ve 0.85 -1.2 Mpa basınçta herhangi bir ilave katalizör olmadan tamamlanmıştır. Sıcaklığın etkisin, metanol doygunluk oranı ve basınçta bağlı olarak yarı doygunluktaki reaksiyonda

incelendi ve optimal değerler 0.85 MPa basınç, 2.4g/dakika oran ile 290 °C sıcaklık olarak saptandı.

Cho ve ark 2013 yılında yaptıkları “Life-cycle greenhouse gas emissions and energy balances of a biodiesel production from palm fatty acid distillate (PFAD)” isimli çalışmada Sera gazı emisyonları ve net enerji oranlarını palm yağı distilesi ile palm biyodizeli üretiminde rafineri prosesi açısından incelemiştir. Palm biyodizeli üretiminde dizel yakıt üretimine oranla %86.5 daha az sera gazı emisyonu olmaktadır. Bu çalışmada net enerji oranı 3.23 olarak belirlenmiştir ki bunun anlamı palm biyodizeli için gerekli enerji miktarı petro dizel üretimi için gerekli enerji miktarından 3.23 kat daha büyüktür.

Debnath ve ark. 2013 yılında yaptıkları “Thermodynamic analysis of a variable compression ratio diesel engine running with palm oil methyl ester” isimli çalışmada palm biyodizeli ile çalışan bir motorda sıkıştırma oranının ve enjeksiyon süresinin enerji ve ekserji potansiyelinin motor üzerine etkilerini açığa çıkartmışlardır. Deneyle tek silindirik, doğrudan enjeksiyonlu, su soğutmalı değişken sıkıştırma oranına sahip olan bir dizel motorda tam yük durumunda 1500 devirde gerçekleşmiştir ve fren efektif basıncı 4.24 bardır. Çalışma 4 farklı sıkıştırma oranı 16,17,17.5 ve 18 ile 3 farklı enjeksiyon süresinde üst ölü noktaya 20°, 23°, 28° kala yapılmıştır. Burada 17.5 sıkıştırma oranı ve 23° değeri standarttır. Enerji analizi shaft gücü, yakıt giriş enerjisi, soğutma ve egzoz sistemi ile atılan ısı, birim zamandaki hesaplanmamış kayıplara göre yapılmıştır. Bunların yanısıra değişken enjeksiyon zamanlaması ve sıkıştırma oranındaki basınç, ısı salınım oranı, fren termal verimliliği ve egzoz gazı sıcaklığında çalışılmıştır.

Debnath ve ark. 2013 yılında yaptıkları “Adjusting the operating characteristics to improve the performance of an emulsified palm oil methyl ester run diesel engine” isimli çalışmada emülsiyon biyodizel yakıtının performans, yanma ve emisyon karakteristiklerini artırılmış sıkıştırma oranı ve geciktirilmiş enjeksiyon zamanlamasından faydalanarak açıklamaya çalışmıştır. Bunun sebebi, sıkıştırma oranı, enjeksiyon zamanlaması kombinasyonunda daha sıcak bir yere enjekte edilmektedir ve mekanik olarak silindir içerisinde oluşturulmuştur. Amaç daha hızlı yanma, düşük enjeksiyon gecikmesi, geliştirilmiş performans ve emisyon karakteristikleri sağlamaktır. Emülsiyon değişken sıkıştırma oranı ve enjeksiyon zamanlaması ile test edilmiştir.

Fazal ve ark 2011 yılında yaptıkları “Effect of different corrosion inhibitors on the corrosion of cast iron in palm biodiesel” isimli çalışmada EDA(ethylenediamine),



nBA (n-butylamine), TBA(tert-butylamine) dökme demirdeki korozyon karşıtı davranışlarını incelemiştir. Statik daldırma testleri biyodizelde 100 ppm de ve farklı korozyon oda sıcaklığında 1200 saatte yapılmıştır. Test sonunda korozyon karakteristiği kütle kaybı ve aşınmış metal yüzey değişimleri ile irdelenmiştir. Yakıtlar TAN ve FTIR analizlerine maruz tutulmuştur ve yüzey morfolojisi SEM ile irdelenmiştir. Oksit katmanlar XRD ile irdelenmiştir.

Fazal ve ark 2013 yılında yaptıkları “Corrosion mechanism of copper in palm biodiesel” isimli çalışmada bakırın korozyon mekanizmasının elektron mikroskobu (SEM), enerji ayırıcı spektroskopisi (EDS), X-Ray difraksiyon (XRD) ve X-Ray fotoelektron spektroskopisi (XPS) ile taramasını yapmışlardır. Biyodizelin yapısal farklılığının bakır ile açığa çıkarılması gösterilmiştir. Bakırın korozyon tabakası  $Cu_2O$ ,  $CuO$ ,  $Cu(OH)_2$  ve  $CuCO_3$  içerdiği saptanmıştır.  $O_2$ ,  $H_2O$ ,  $CO_2$  ve  $RCOO$  yapılarının ise biyodizel korozyonunda radikal olduğu gözlemlenmiştir.

Fazal ve ark 2013 yılında yaptıkları “Investigation of friction and wear characteristics of palm biodiesel” isimli çalışmada palm biyodizelinin sürtünme ve aşınma özellikleri farklı biyodizel içerikleri için 4 tekerli aşınma cihazında çalışılmıştır. Çalışılan yakıtlar B100, B10, B20 ve B50 yakıtlarıdır. Testler  $75^\circ C$  sıcaklıkta ve 40 kg yükte 4 farklı hızda (600-900-1200-1500 rpm) yapılmıştır. Aşınan yüzeyler SEM tarafından incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki biyodizel konsantrasyonunun artması ile B100 biyodizeli Dizel yakıtı göre %20 daha düşük aşınma sağlamıştır.

Fazal ve ark 2014 yılında yaptıkları “A critical review on the tribological compatibility of automotive materials in palm biodiesel” isimli çalışmada palm biyodizelinin tribolojik özelliklerinin piston, silindir duvarı, segmanlar, bağlantı pimleri v.b. parçaların üzerindeki etkilerini incelemiştir. Materyallerin üzerindeki aşınma ve korozyon etkilerini biyodizelin etkilediği parametreler vurgulanmıştır. Bu faktörler oto-oksidasyon, nem absorpsiyonu, yakıt özellikleri değişimi viskozite ve yoğunluk gibi parametrelerdir.

Fazal ve ark. 2011 yılında yaptıkları “Effect of temperature on the corrosion behavior of mild steel upon exposure to palm biodiesel” isimli çalışmada palm biyodizelinin 3 farklı sıcaklıkta yumuşak çelik üzerinde göstermiş olduğu korozyon davranışını hedeflemiştir. Statik batırma testleri B0, B50, B100 biyodizelleri için 1200 saat olarak yapılmıştır. Test sonucunda korozyon karakteristikleri kütle kaybı ölçülmüş ve metal yüzeydeki değişiklikleri incelenmiştir. Yakıtlar TAN analiz cihazı ile analiz edilmiştir ve Fourier dönüşüm kızılötesi spektroskopisi ile asitlik ve oksidatiflik

incelenmiştir. Yüzey morfolojisi optik mikroskop ile incelenmiştir ve elektron mikroskobu ile taranmıştır. Korozyon XRD ile taranmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki yumuşak çelik korozyonu sıcaklık ile artmaktadır.

Gulzar ve ark 2015 yılında yaptıkları “Oil filter modification for biodiesel-fueled engine: A pathway to lubricant sustainability and exhaust emissions reduction” isimli çalışmalarında palm biyodizelin yağ filtresi üzerine olan etkisini iki test ile incelemişlerdir. Strong-Base filtresindeki akış özellikleri, piston-silindir aşınma kayıpları, motor performans ve egzoz emisyon değerleri incelenmiştir. Uzun süreli test sonuçları göstermiştir ki, strong-base filtre yağlayıcının fiziksel ve tribolojik karakteristiğini geliştirmiştir. Motor performans ve emisyon testleri göstermiştir ki, strong-base filtre %2.78 oranında CO emisyonunu ve %7.18 oranında HC emisyonunu, %3.3 oranında ise is oluşumunu azaltmıştır.

Hameed ve ark 2009 yılında yaptıkları “Production of biodiesel from palm oil (*Elaeis guineensis*) using heterogeneous catalyst: An optimized process” isimli çalışmada KF/ZnO katalizörlü Palm biyodizeli üretiminin RSM (Response Surface Methodology) nin CCD(Central Composite Design) temelli olarak optimizesinin metanol/yağ, reaksiyon süresi, katalizör miktarı açısından çalışmışlardır. Varyans (ANOVA) analizi deneysel tasarımdaki en etkili faktördür. Biyodizel için optimum koşullar şu şekilde bulunmuştur: Metanol/yağ oranı 11.43, reaksiyon süresi 9.72 katalizör miktarı yüzdesi %5.52.

Haseeb ve ark 2010 yılında yaptıkları “Compatibility of elastomers in palm biodiesel” isimli çalışmada palm biyodizelinin doğal kauçuk, polikloropen ve fluoro-viton malzeme ile etkileşimlerindeki davranışlarını incelemiştir. Sabit batırma testi B0, B10, B100 biyodizelleri için oda sıcaklığında 25°C ve 50°C de 500 saat için gerçekleştirilmiştir. Batırma testinin sonunda kütle, hacim, sertlik kopma dayanımı ve uzama özellikleri incelenmiştir. Yüzeyler Elektron Mikroskopisi ile incelenmiştir. Fourier Dönüşüm Infrared Spektroskopisi (FTIR) ile kimyasal ve yapısal değişimleri incelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki , NBR ve Fluoro-viton malzeme biyodizele karşı güzel direnç göstermiştir.

Haseeb ve ark 2010 yılında yaptıkları “Effect of temperature on tribological properties of palm biodiesel” isimli çalışmalarında sıcaklığın biyodizelin tribolojik özelliklerine olan etkilerini 4 toplu aşınma cihazı kullanarak incelemişlerdir. Testler 30, 45, 60 ve 75 °C sıcaklıklarda 40 kg yükte 1 saat sürede ve 1200 rpm hızda yapılmıştır. Herbir sıcaklık için tribolojik özellikler referans dizel yakıtı ve B10, B20, B30 biyodizel

yakıtı için tekrarlanmıştır. Aşınma testi boyunca sürtünme torku on-line olarak kaydedilmiştir. Aşınma optik mikroskopi ile irdelenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki sürtünme ve aşınma artan sıcaklık ile artmaktadır.

Haseeb ve ark 2011 yılında yaptıkları “Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel” isimli çalışmalarında farklı elastomerlerin fiziksel özelliklerini dizel ve palm biyodizeline maruz bırakarak değerlendirmiştir. Statik test B0, B10, B20, B50, B100 biyodizelleri 25°C de 1000 saat test edilmiştir. Farklı fiziksel özellikler ağırlık değişimi, hacim değişimi, sertlik ve çekme dayanımı her 250 saatte ölçülmüştür. Gaz kromatografi kütle spektroskopisi ile yapısal değişiklikler incelenmiştir.

Hayyan ve ark 2013 yılında yaptıkları “A novel phosphonium-based deep eutectic catalyst for biodiesel production from industrial low grade crude palm oil” isimli çalışmalarında ham palm yağından biyodizel üretiminin fosfonyum temelli derin ötektik çözünme ile ve alkali katalizörler kullanılarak üretilebilirliğinin mümkün olduğunu göstermişlerdir. Ham yağın ön ısıtması fosfonyum kullanılarak yapılmıştır. Fosfonyum farklı dozlarda kullanılmıştır ve serbest yağ asitlerinin alkali transesterifikasyonlarını azaltmak içinde gerekli düzeyde metanol kullanılmıştır. Üretilen biyodizel uluslararası standartları sağlayacak düzeydedir. (ASTM D6751 ve EN14214). Sistemde kullanılan fosfonyum 4 biyodizel üretimi çevrimi boyunca kullanılabilir. Bu çalışma ile endüstriyel uygulamalar ve pekçok kimyasal reaksiyonlarda kullanılacak güçlü asit tepkimlerine dayanan yeni bir alan açığa çıkmıştır.

Hoekman ve ark 2012 yılında yaptıkları “Review of biodiesel composition, properties, and specifications” isimli çalışmada 12 yaygın kullanılan biyodizel için yağ asidi profilleri incelenmiştir. Hammaddelerde kaydadeğer derecede farklılıklar açığa çıkmıştır. Örneğin, Hindistan cevizi, palm ve don yağ yüksek derecede doymuş yağ asidi içermektedir buna karşın doymamış yağ asidi içeren hammaddelerde biyodizel üretimi yapılmaktadır. Biyodizelin kimyasal ve fiziksel özellikleri yağ asidi profilleri ile açıklanabilmektedir. Burada ele alınan 12 biyodizel türü, bir takım yakıt özellikleri, viskozite, setan ve iyot sayısı düşük sıcaklık performansları ve özgül ağırlık bakımından değerlendirilmiştir.

Imtenan ve ark 2014 yılında yaptıkları “Impact of oxygenated additives to palm and jatropha biodiesel blends in the context of performance and emissions characteristics of a light-duty diesel engine” isimli çalışmalarında 4 silindirli dizel bir

motorda P20 ve J20 karışımlarının etanol, n-butanol ve dietil eter ilaveleri ile performans ve emisyon karakteristikleri açısından irdelemiştir. Testler farklı hızlarda (1200 – 1400 rpm) de sabit yük koşullarında gerçekleşmiştir. Katkı maddelerinin kullanımı önemli derecede fren ısı verimini ve fren gücünü geliştirmiştir. P20 ile kıyasla dietil eterin katkı olarak kullanımı fren termal verimliliğini %4.10 oranında artırmıştır. Deneyle açığa çıkarmıştır ki, palm ve jatropha biyodizel karışımlarına üç maddenin ilave edilebilir.

Imtenan ve ark 2014 yılında yaptıkları “Effect of n-butanol and diethyl ether as oxygenated additives on combustion–emission–performance characteristics of a multiple cylinder diesel engine fuelled with diesel–jatropha biodiesel blend” isimli çalışmalarında, jatropha biyodizel-dizel karışımlarının %5-10 oranında n-butanol ve dietil eter ilavesi ile geliştirilmesine odaklanmışlardır. Motor testleri değişken hızlarda 1000 rpm ile 3000 rpm arası, sabit 80 Nm torku olan 4 silindirli bir turboşarjlı motorda yapılmıştır. Motor performans parametreleri fren özgül yakıt tüketimi, fren özgül enerji tüketimi, fren ısı verimi ve motor emisyonları ölçülmüştür. Karışımların performans ve egzoz emisyonları değerlendirilmiştir. Tüm test yakıtlarında silindir basınç diyagramı çıkartılmıştır ve ısı salınım analizi farklı çalışma koşullarında yanma mekanizmasının ve motor performansı ile bunların doğrulanması açısından yapılmıştır, emisyon karakteristikleri ise konunun daha detaylı olarak irdelenmesi için incelenmiştir.

Jairurob ve ark. 2013 de yaptıkları “Reactive extraction of after-stripping sterilized palm fruit to biodiesel” isimli çalışmada Palm meyvesinden yerinde yapım metodu ve transesterifikasyon metodu ile biyodizel eldesi ele alınmıştır. Reaksiyon parametreleri katalizör (%1-4 KOH), reaksiyon süresini(8-11 h) ve metanol ve yağ arasındaki mol oranını (147:1 – 225:1) şeklindedir. Optimum biyodizel %97.25 verimle şu koşullarda elde edilmiştir. Katalizör %3,85 KOH, reaksiyon periyodu 9 saat 36 dk, metanol/yağ mol oranı 225:1 ve reaksiyon sıcaklığı 60°C. Biyodizel Palm Taze Meyve Demeti (FFB) 272 ve 175 g olarak tek aşamalı reaktif çıkartma metodunda kg başına tekabül etmiştir.

Jena ve Misra 2014 yılında yaptıkları çalışmada deneysel veriler kullanılarak ısı salınım analizleri normal emişli dizel motoruna palm biyodizeli, karanja biyodizeli ve normal dizel yakıtı ayrı ayrı püskürtülmüştür. Motorun %85 yük koşulunda enerjistik ve ekserjistik performans parametreleri herbir yakıt için değerlendirilmiştir. Çalışmanın hedefi yakıt oksijenin enerji ve ekserji üzerine olan etkilerinin sıkıştırma ateşlemeli motorlardaki etkilerini incelemektir. Çeşitli ekserji kayıpları, ekserji bozunması ve

oranları soğutma suyuna olan ısı transferi, radyasyon, egzoz gazı, sürtünme ve bir takım sayılamayan enerji kayıpları gözlemlenmiştir. Ekserji kayıplarının dışında, yanmadan kaynaklanan ekserji bozunması sistem verimliliğinde majör rol oynamıştır. Daha iyi bir yanma için yakıttaki O<sub>2</sub> içeriğinin artması gerekmektedir.

Kalinci ve ark. 2011 yılında yaptıkları çalışmada palm yağında içinde bulunduğu çeşitli biyokütle ürünlerinden gazifikasyon yöntemi ile hidrojen üretiminin ekserjik performansının değerlendirilmesi yapılmıştır. Palm yağı biyodizeli hakkında iki farklı deneysel veri literatürden elde edilmiştir. Spesifik ekserjiler kabuk, dal ve boş meyve demetleri için hesaplanmıştır. Sonuç olarak, performans sonuçları 6 farklı biyokütle yakıtı ile kıyaslanmıştır.

Kannan ve ark 2011 yılında yaptıkları “Effect of metal based additive on performance emission and combustion characteristics of diesel engine fuelled with biodiesel” isimli çalışmada atık yemeklik yağdan elde edilen biyodizelde FeCl<sub>3</sub> elementinin yakıt yakma katalizörü FBC olarak kullanımını irdelemiştir. Metal esaslı katkı biyodizel yakıtına 20mol/L oranında ilave edilmiştir. Deneysel ferrik klorit ilaveli biyodizelin performans, emisyon ve yanma karakteristiklerini direk enjeksiyonlu dizel motorunda sabit 1500 rpm hızda farklı uygulama koşullarında yapılmıştır. Sonuçlar açığa çıkarmıştır ki, FBC ilaveli biyodizel fren özgül yakıt tüketimini %8.6 oranında azaltmıştır. FBC ilaveli biyodizel dizel yakıtına kıyasla düşük NO emisyonları ve çok daha az miktarda yüksek CO<sub>2</sub> emisyonları göstermiştir. CO, THC(total hydrocarbon) ve duman emisyonları FBC ilaveli biyodizelde FBC ilavesiz biyodizele kıyasla sırasıyla %52,6, %26,6, %6,9 oranında azalmıştır. Yüksek silindir gaz basıncı, düşük ısı salınımı ve daha kısa ateşleme gecikmesi FBC ilaveli biyodizelde görülmüştür.

Lin ve ark 2014 yılında yaptıkları “Rapid palm-biodiesel production assisted by a microwave system and sodium methoxide catalyst” isimli çalışmada sodyum metoksit katalizörünün mikrodalga ısıtma sistemi ile palm metil esteri türlerinin geliştirilmesi ve hem reaksiyon süresi hemde enerji tüketiminin azaltılmasını amaçlamışlardır. Deneysel sonuçlar göstermiştir ki palm metil ester türleri katalizör miktarı, reaksiyon süresi metanol/yağ molar oranı, reaksiyon gücü ve bazı seviyelerde azalmaktadır. Sonuç olarak %99.7 lik biyodizel 0.75 wt% CH<sub>3</sub>ONa katalizör miktarında metanol/yağ molar oranı 6 ve 3 dk. Reaksiyon süresinde mikrodalga gücü 750 W iken elde edilmiştir.

Lin ve ark. 2010 yılında yaptıkları “Burning characteristics of palm-oil biodiesel under long-term storage conditions” isimli çalışmada palm biyodizelinin oksidatif değerleri ve yanma karakteristikleri deneysel olarak incelenmiştir. Biyodizel, monoalkil

esterler ile uzun zincirli yağ asidi ile karıştırıldığında genellikle petrodizelden daha oksidatif bir stabilite göstermiştir. Palm biyodizeli sabit sıcaklıkta 60° ya da 20° de su banyosunda 3000 h boyunca sürekli olarak yıkanmıştır. Yanma üzerindeki antioksidan karakteristikleri gözlemlenmiştir. Bu çalışmada palm biyodizelinin oksidasyon kararlılığı vasat bulunmuştur ve yanma sonrasındaki karbon emisyonları oksidasyona bağlı olarak yüksek bulunmuştur.

Malvade ve ark 2013 yılında yaptıkları “Production of palm fatty acid distillate biodiesel and effects of its blends on performance of single cylinder diesel engine” isimli çalışmada, 38600 MJ/kg ısı değere sahip 879 kg/m<sup>3</sup> yoğunlukta, parlama noktası 147°C, viskozite 3.96 mm<sup>2</sup>/s ve setan sayısı 49 olan bir palm biyodizelinin tek silindirli 4 stroklu su soğutmalı bir dizel motorda dizel yakıtı ile kıyaslamışlardır. Fren termal verimliliği %50 oranında biyodizelde daha fazladır. Spesifik yakıt tüketimi biyodizelde çok daha az derecede fazladır. Güç sağlama miktarı ise dizelde daha yüksektir.

Moser 2012 yılında yaptığı “Efficacy of specific gravity as a tool for prediction of biodiesel-petroleum diesel blend ratio” isimli çalışmada hacimsel biyodizel/petrodizel karışım oranlarının spesifik yoğunluk verileri ile tahmini konu alınmıştır. Yağ asidi metil esteri soya, palm ve kolzadan elde edilip 3 ultra düşük sülfür içerikli yakıt ve 15.6 spesifik yoğunluk değerinde ölçülmüştür.

Na-Ranong ve ark 2014 yılında yaptıkları “Precipitation above cloud point in palm oil based biodiesel during production and storage” isimli çalışmada palm biyodizeli içerisindeki beyaz katı maddenin çökeltisinin içerisinde minör derecede kirleticiler vardır ve EN-14214 ile sınırlandırılmıştır. Bu çökelmeye sebep olan kirleticilerin tanımlanması için bulutlanma noktası civarındaki sıcaklık ve oda sıcaklığında karakterize edilmiş gaz kromatograf- alev iyonizasyon dedektörü, kütle spektrometresi, ve fourier dönüşüm kızılötesi sistemi kullanılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki bileşiklerin çökmesine steril glikozlar sebep olmaktadır. Çökelleme sürelerinde aynı zamanda mono – di ve tri gliseridlerinde etkisiz olduğu saptanmıştır.

Nikhom ve ark 2014 yılında yaptıkları “Production development of ethyl ester biodiesel from palm oil using a continuous deglycerolisation process” isimli çalışmada palm yağından elde edilen etil ester biyodizelinin sürekli de-gliserolizasyon prosesinin atmosferik çekim seperatörü ile yapılması incelenmiştir. Bu çalışmada katalizör olarak KOCH<sub>3</sub> seçilmiştir ve 60° C sıcaklık reaksiyon süresi boyunca korunmuştur. İncelenen anahtar değişkenler yağ/etanol molar oranı, KOCH<sub>3</sub> konsantrasyonu ve tutunma

süresidir. Sonuçlar göstermiştir ki Etil ester üretimi sürekli proseste iyi sonuçlar vermektedir. Bu şartlar altında ester içeriği ve verim %98 ve %93.1 şeklindedir.

Ong ve ark 2012 yılında yaptıkları “Life cycle cost and sensitivity analysis of palm biodiesel production” isimli çalışmada ikinci büyük palm biyodizeli üreticisi olan malezyadaki biyodizel üretiminin tekno-ekonomik koşullar ve hassaslığının analizini yapmışlardır. Çalışmalarında buldukları en önemli değerlerden birisi ise biyodizel fiyatlarının finansal ve devlet desteği açısından açından dizel yakıtı ile kıyaslanabilir. Sonuç olarak, teknik açıdan ve teknik olmayan kısıtlamalar açısından ilave bir araştırma ilgili biyodizeli tamamen irdelemek için gereklidir.

Plata ve ark 2015 yılında yaptıkları “Influence of minor components on precipitate formation and filterability of palm oil biodiesel” isimli çalışmada serbest steril glukozitlerin, monogliseritlerin ve çökelti oluşumundaki nem içeriğinin ve palm biyodizelinin filtre edilebilirliğini incelemişlerdir. Distile edilmiş palm biyodizel karışımları 3 faktöre bağlı kalınacak şekilde hazırlanmıştır bunlar beş aşamalı karışım hazırlanması, soğukta filtreleme süresi ve çökelti miktarıdır. Soğukta filtreleme noktası sadece serbest steril glukozitlerden , monogliseritlerden ve nemden etkilenmektedir. Serbest steril glukozitlerin artması düşük nemde çökeltiyide artırmaktadır aksine monogliseritler artarsa çökelti miktarı azalmaktadır.

Qi ve ark. 2011 yılında yaptıkları “Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodiesel-diesel blended fuel engine” isimli çalışmalarında dietil eterin ve etanolün biyodizel ve dizel karışımlarına ilavesinin performans, emisyon ve yanma karakteristiklerini dizel motorlar için incelemişlerdir. Test yakıtları B30(%30 biyodizel, %70 dizel), BE-1(%5 dietil ester, %25 biyodizel ve %70 dizel), BE-2(%5 etanol, %25 biyodizel ve %70 dizel) olarak kullanılmıştır. Sonuçlara göre, B30 ile kıyasla yüksek motor yüklerinde Oldukça düşük Fren özgül yakıt tüketimi BE-1 için gözlenmiştir. Yüksek motor yüklerinde Duman olarakta çok ciddi derecede iki karışımdada (BE-1 BE-2) azalma olduğu görülmüştür. NOx emisyonları BE-2 karışımında biraz daha yüksektir. HC emisyonları ise BE-1 ve BE-2 karışımında daha yüksek olmasına rağmen CO emisyonları daha düşüktür. BE-1 Karışımı BE-2 karışımından ve B30 dan motor performansı ve yanma karakteristikleri olarak daha yüksek performans göstermiştir.

Qi ve ark. 2010 yılında yaptıkları “Performance and combustion characteristics of biodiesel–diesel–methanol blend fuelled engine” adlı çalışmada değişken koşullardaki metanol karışımly biyodizel dizel karışımlarının performans, emisyon ve

yanma karakteristiklerine direk enjeksiyonlu dizel motorlardaki etkilerini incelemiştir. BD50 (%50 biyodizel ve %50 dizel karışımı) yakıt olarak kullanılmıştır. Metanol daha sonra %5 ve %10 hacimde eklenmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki yanma BDM5 ve BDM10 karışımlarında BD50 karışımlarından düşük yüklerde daha geç başlamıştır fakat yüksek yüklerde durum değişebilmektedir. Yüksek motor yüklerinde 1800 rpm de silindir basıncı ve basınç artışı BDM5 ve BDM10 da BDM50 den daha azdır ve ısı salınımı neredeyse aynıdır. CO emisyonları oldukça düşük ve NOx ile HC emisyonları BD50 yakıtı ile neredeyse tüm koşullarda aynıdır.

Qi ve ark. 2011 yılında yaptıkları “Effect of EGR and injection timing on combustion and emission characteristics of split injection strategy DI-diesel engine fueled with biodiesel” isimli çalışmada enjeksiyon süresinin ve EGR oranının yanma ve emisyon değerlerine olan etkileri Ford Lion V6 aracı için biyodizel yakıtı kullanılarak test edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki, EGR oranının artması ile Fren özgül yakıt tüketimi ve is oluşumu dahada artmış ve NOx emisyonları azalmıştır. Yüksek EGR oranı altında silindir basıncı düşüktür, düşük motor yüklerine kıyasla yüksek motor yüklerinde ısı salınımı ise daha yüksektir. Fren özgül yakıt tüketimi enjeksiyon süresinin geciktirilmesi ile artmıştır ve NOx emisyonları ciddi bir şekilde azalmıştır.

Rajasekar ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Review of combustion characteristics of CI engines fueled with biodiesel” isimli çalışmalarında biyodizel-dizel karışımları ve sadece biyodizel yakıtlarının yanma karakteristikleri dizel motorlar için detaylı bir şekilde incelenmiştir. Yanma parametreleri silindir basıncı, maksimum basın., basınç artış oranı, yanma başlangıcı, ateşleme gecikmesi, yanma süresi, kütle fraksiyon yanması, ısı salınım oranı ve toplam ısı salınımı oranı biyodizel karışımları ve dizel yakıtı için incelenmiştir. Silindir basınç oranı biyodizel ve dizel karışımları için önemli değildir %1 lik derecede. Biyodizel ateşlemesi dizele nazaran 1-2 ° krank açısı daha erkendir. Her iki yakıt için toplam ısı salınım oranları yakındır. Genelde, biyodizel karışımlarının yanma karakteristikleri ve saf biyodizel dizel yakıtlarla benzer karakteristik özellikleri göstermektedir. Sonuçlar bu makalede gösterilmiştir.

Rashedul ve ark 2014 yılında yaptıkları “The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine” isimli çalışmalarında biyodizel yakıtının kullanımının yetersizlikleri ve bu yetersizliklerin yakıt katkıları ile giderilmesi ve yakıt özelliklerinin değerlendirilmiştir. Biyodizel yakıtının pek çok avantajının yanı sıra önemli dezavantajları da vardır bunlar düşük ısı değeri, yüksek yoğunluk ve viskozite, yüksek yakıt tüketimi ve yüksek NOx



emisyonlarıdır ki bunlarda uygulamanın kısıtlamasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada yakıt ilaeleri arka plandaki bu olumsuzlukları minimize etmek için vazgeçilmez birer araç olmaları fakat bazı bölgelerdeki standartların geliştirilmesi ve düzenlenmesine gerek olduğu vurgulanmıştır. Yakıt katkılarının kullanımı yakıt ekonomisi ve emisyonlara doğrudan ya da dolaylı olarak katkı sağlayabilirler. Onların kullanımı araç performansını istenen düzeyde ya da buna yakın değerlerde tutabilir. Katkılar yakıtlarda çok değişik amaçlarda kullanılabilirler, örneğin metal içerikli katkılar oksijence zenginleştirilmiş katkılar, setan artırıcı katkılar kayganlaştırıcılık özelliğini geliştiren katkılar ve soğuk akış geliştiriciler gibi katkı maddeleri istenen özelliğe katkı sağlamaktadırlar. Bu çalışmada biyodizel katkı maddelerinin motor performansı, emisyonlar ile ilgili faktörlere olan etkileri ile ilgili literatür taraması yapılmış ve analiz edilmiştir.

Rincon ve ark. 2015 yılında yaptıkları “Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based on techno-economical and environmental criteria” isimli çalışmalarında son yıllarda dünya genelinde yasal çerçevede biyoyakıtlar ile ilgili ve biyoyakıt ile ilgili çalışmalar ve düzenlemeler yapılmaktadır. Biyodizel ise Avrupa ülkelerinde çokça üretilen fakat Latin Amerika ülkelerinin zirai potansiyeline göre biyodizel üretimine karşı ciddi bir çaba olduğu görülmektedir. Örneğin Kolombiya palm biyodizeli esas biyoyakıt olarak açığa çıkmıştır. Yasalar, kanunlar ve düzenlemeler biyodizel kullanımına göre geliştirilmektedir. Bu çalışmada biyodizel tedarik zincirinin optimal koşulları tekno-ekonomik ve çevresel analizler ile yapılmıştır. Lojistik sınırlamalar kullanılarak çevresel değerlendirmeler ve tüketim minimize edilmiş, optimum dağıtım koşulları saptanmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki kuzey bölgelerin yanısıra orta bölgeler en çok biyodizelin yaygın olduğu bölgelerdir .

Rizwanul Fattah ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Effect of antioxidant on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm biodiesel blends” isimli çalışmada palm biyodizeline yapılan antioksidan katkısının motor performansı ve emisyon karakteristiklerine olan etkisini incelemiştir. Palm biyodizelini potasyum hidroksit kullanarak transesterifikasyon metodu ile elde etmişlerdir. 2 adet monopenolik antioksidan BHA ve BHT kullanılmıştır. Antioksidan ilavesi oksidasyon kararlılığını herhangi bir önemli negatif fizikokimyasal etki olmadan artırmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki , dizel yakıtına kıyasla B20 biyodizeli ve antioksidan takviyeli B20 0.68 – 1.02 % olarak daha düşük fren gücü ve 4.03 – 4.71 % olarak daha düşük

özgül yakıt tüketimi sağlamıştır . B20 biyodizeli dizel motorlardan herhangi bir modifiye işlemi yapılmadan kullanılabilir.

Rocha ve ark. 2014 yılında yaptıkları çalışmada biyodizel prosesi hakkında bilgi vermiştir ve palm biyodizeli sistemlerinin etanol ve gliserin ile atmosferik basınçta 298.15 ve 323.15 K sıcaklıkta sıvı-sıvı faz ayrışmalarının deneysel açıklamasını ve termodinamik olarak modellenmesini hedef edinmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki biyodizel üretim prosesinde yıkama transesterifikasyon reaksiyonunun sonunda ester bakımından daha zengin koşullar oluşturmaktadır. Deneysel veri Termodinamik modelleme NRTL modeli ile yapılmıştır ve güzel bir korelasyon sağlamıştır

Rodriguez ve ark 2011 yılında yaptıkları “Ignition delay in a palm oil and rapeseed oil biodiesel fuelled engine and predictive correlations for the ignition delay period” isimli çalışmada palm yağı ve kolza yağı biyodizelinin motor testi sonuçlarını incelemiştirler. Analizler ateşleme gecikmesi ve bunun için bir öngörücü korelasyon tanımlamasına odaklanmıştır. Deneysel her iki yakıt için ateşleme süresinde enjeksiyon basıncında hiçbir önemli fark olmadığı gözlenmiştir. Pek çok motor koşullarında biyodizelin çok daha az düşük silindir basıncı gözlemlenmiştir. Palm ve kolza yağı biyodizeli fosil kökenli yakıtlara göre yüksek setan sayılarına sahip oldukları için daha kısa ateşleme gecikmesi sağlamaktadırlar.

Roy ve ark. 2014 çalışmalarında 3 yakıt türü ile ilgili olarak performans ve emisyonları doğrudan püskürtmeli dizel motor için ele almıştır. Biyodizel-dizel, biyodizel-dizel-katkı maddesi, kerosen-biyodizel karışımlarını kullanmıştır ve katkı maddesi olarak Wintron XC 30 (%2 hacimde) kullanılmıştır ve motor performansı ile emisyonları incelenmiştir. Sistemik testler % 0, 5, 10, 20, 50, 100 hacimsel oranındaki biyodizel ile yapılmıştır. Motor performansı ve emisyon oranları 1800 rpm de düşük, orta ve yüksek yük koşullarında yapılmıştır. Fren özgül yakıt tüketimi ve yakıt verimliliği motor performansı, emisyon analizi ve CO, HC, NOx, NO2 ve NO parametreleri bakımından mukayese edilmiştir.

Salamatina ve ark. 2010 yılında yaptıkları “Optimization of ultrasonic-assisted heterogeneous biodiesel production from palm oil: A response surface methodology approach” isimli çalışmada palm biyodizel üretiminin heterojen transesterifikasyonunda ultrasonik sistem kullanımını incelemiştirler. İki adet alkali metal oksit katalizörü BaO ve SrO proste kullanılmıştır. Yüzey analizleri, AAS analiz ve Hammett göstergesi ile gözlemlenmiştir. 4 farklı değişken tanımlanmıştır bunlar reaksiyon süresi (10-60 dk), alkol/yağ molar oranı (3:1 ve 15:1) kataliz yüklemesi (0.5-3 wt %) ve ultrasonik

yükseklik (25-100%) . Görüldüğü, 50 dakikadan daha kısa olan reaksiyon süresinde ve 2.8 wt% oranındaki katalizör kullanımında yaklaşık olarak %95 verimde biyodizel elde edilmiştir.

Salomon ve ark. 2013 çalışmalarında tarımsal kaynakların fosil yakıtların tüketiminin azaltılması, enerji güvenliğinin artması ve seragazi emisyonlarının azaltılmasındaki öneminden bahsetmiştir. Fakat bir takım kaynaklar, palm yağı kaynağı gibi düşündürücü şekilde endüstride neredeyse hiç kullanılmamaktadır. Palm biyodizel ciddi bir gelişim potansiyeline sahiptir. Bu çalışmada palm yağının kolombiyada saatlik 30 tonluk üretimin enerji analizi olarak görülebilir.

Sanjid ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Experimental investigation of palm-jatropha combined blend properties, performance, exhaust emission and noise in an unmodified diesel engine” isimli 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 dizel motorda 1400 – 2000 rpm arasındaki devirlerde test edilmiştir. Karışımların değerleri dizel yakıtı ile kıyaslanmıştır.

Santana ve ark. 2012 yılında yaptıkları “Continuous production of biodiesel using supercritical fluids: A comparative study between methanol and ethanol “ isimli çalışmalarında superkritik koşullarda biyodizel üretiminin transesterifikasyon kinetiklerinin değerlendirilmesini amaçlamışlardır. Deneyler 1:25 molar oranda etanol, 150-200 °C arası sıcaklık, 2 ile 10 dk. Arası reaksiyon süresi ve 200 bar basınçlı sürekli reaktör ile gerçekleşmiştir. Biyodizel ürünleri gaz kromatografi cihazı ile incelenmiştir. Metanol ve etanolün sıcaklık ve reaksiyon süreleri biyodizelle eşleştirilmiştir. Bu çalışmada optimum biyodizelin etanol ile 6 dk minimum reaksiyon ile süperkritik koşullarda elde edilmiştir.

Santos ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Kinetic study and thermoxidative degradation of palm oil and biodiesel” isimli çalışmada palm yağı sentezinden elde edilen biyodizelin termal stabilizasyonu Ozawa-Flynn-Wall ve Vyazovkin kinetik modelleri ve termooksidasyonu termogravimetri kullanılarak göstermiştir. Termal analizler termobalans sağlanarak ısıtma oranları 5, 10 ve 20 °C de sağlanmıştır. Yağ iki birim kütle kaybı açığa ve biyodizel tek birim kütle kaybetmiştir. İlaveten, sonuçlar göstermiştir ki bu termal analiz biyodizelin zamanın bir fonksiyonu olarak termooksidasyonunun görüntülenmesinde kullanılabilir.

Sarin ve ark. 2007 yılında yaptıkları ” Jatropha–Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia“ isimli çalışmalarında asya ülkeleri en ideal biyodizel karışımının belirlenmesi üzerinde durmuşlardır. Malezya ve taylandda palm bitkisinin üretiminden ve ketencik bitkisinin kullanım alanlarından bahsetmişlerdir. Güney asya ülkelerinde ketencik ve palm biyodizeli fizikokimyasal özellikler açısından ve düşük sıcaklık özellikleri açısından aynı zamandada oksidasyon kararlılığı açısından değerlendirmesi yapılmıştır.

Sayın ve ark. 2009 yılında yaptıkları “Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel–methanol blends “ isimli çalışmada enjeksiyon süresinin egzoz emisyonlarına etkisi tek silindirli, doğal emişli, 4 straoklu direk enjeksiyonlu dizel motorunda metanol karışımı dizel yakıtı %5 lik oranlarda metanol artırılarak % 15 e kadar denenmiştir. Testler 3 farklı enjeksiyon süresinde (15°, 20° ve 25° üst ölü noktayı geçe) 4 farklı motor yükünde (5 Nm, 10 Nm, 15 Nm, 20 Nm) 2200 rpm de denemiştir. Deneysel sonuçlar göstermiştir ki NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları, duman yoğunluğu, CO ve UHC emisyonları metanol miktarının karışımda artması ile azalmıştır. Sonuçları gerçek enjeksiyon zamanı ile kıyaslandığında NO<sub>x</sub> ve CO<sub>2</sub> emisyonları azalmıştır oysaki duman yoğunluğu, UHC ve CO emisyonları enjeksiyon süresinin 15 ° geciktirilmesi ile (Üst ölü noktadan sonra) artmıştır. Sonuç olarak, geciktirilmiş enjeksiyon zamanı tüm yakıt karışımlarında ve tüm motor yüklerinde negatif sonuçlar vermektedir.

Sayın ve ark. 2010’da yaptıkları “The influence of operating parameters on the performance and emissions of a DI diesel engine using methanol-blended-diesel fuel” isimli çalışmalarında enjeksiyon basıncı ve süresinin performans ve emisyon karakterlerine olan etkisi DI dizel motorda %5, %10 ve %15 lik metanol karışımları kullanılarak incelenmiştir. Testler 3 farklı enjeksiyon basıncında 1800, 2000 ve 2200 barda ve krank mili üst ölü noktayı 15°, 20° ve 25° geçe 20 Nm sabit torkta ve 2200 rpm de yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki, fren özgül yakıt tüketimi, fren özgül enerji tüketimi, NO<sub>x</sub> emisyonları arttı ve fren termal verimliliği, duman yoğunluğu, CO emisyonu ve toplam yanmamış HC metanolun yakıt içerisindeki miktarının artması ile azalmıştır. Tüm test yakıtlarında artan enjeksiyon basıncı ve zamanlama duman yoğunluğu, CO, THC emisyonları azalırken NO<sub>x</sub> emisyonu artmıştır.

Sayın 2010 yılında yaptığı “Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends” isimli çalışmada metanol ve etanol dizel yakıtlarının performans ve egzoz emisyonlarına olan etkisi deneysel olarak

incelenmiştir. Tek silindirli, 4 stroklu, doğal emişli bir dizel motoru kullanılmıştır. Testler 1000 rpm ile 1800 rpm arasında motor torkunu 30 Nm de sabit tutarak yapılmıştır. Sonuçlar fren özgül yakıt tüketimi ve nitrojen oksit emisyonlarının arttığını ve fren termal verimliliği, duman yoğunluğu, karbonmonoksit emisyonu ve toplam hidrokarbonların metanol dizel ve etanol dizel yakıtında azaldığını göstermiştir.

Sazhin ve ark 2014 yılında yaptıkları “Modelling of biodiesel fuel droplet heating and evaporation” isimli çalışmalarında Palm metil ester, Kenevir metil ester, Kolza metil ester ve soya metil esterin yakıt damlacıklarının ısını ve buharlaşmasını daha önceki geliştirilmiş modelleri kullanarak analiz etmişlerdir. Hesaplamalar iki yaklaşımda sürmüştür, birincisi tüm komponentlerin hesaba katılarak değerlerin hesaplanması diğeri ise ortalama bir değer ve katsayı kabul ederek tek komponentli şekilde değerlerin hesaplanmasıdır. Sonuç olarak çok komponentli olarak hesaplanan model ortalama bir değer alınarak hesaplanandan daha yüksek damlacık yüzey sıcaklığı ve yüksek buharlaşma süresi sağlamaktadır.

Serrano ve ark. 2015 yılında yaptıkları “Evaluation on effects of using low biodiesel blends in a EURO 5 passenger vehicle equipped with a common-rail diesel engine” isimli çalışmada 1.5 dCi Renault clio motoru ile düşük miktardaki biyodizel karışımlarının performans, yakıt tüketimi ve NOx emisyonları incelemiştir. Testlerdeki amaca ulaşabilmek için NEDC (New European Driving Cycle) CO2 testleri uygulandı. Şasi dinamometresi, yakıt ağırlık ölçüm ekipmanı, egzoz emisyon analiz cihazı ve yazılımı kullanıldı. NEDC nin yanısıra 3 farklı yakıt karışımı performans testine tabi tutuldu, seçilen biyodizeller %84 Soya ve %16 palm karışımından hacimsel olarak %0, %7 ve %20 oranlarında karıştırıldı. Performans testleri herhangi bir alakasız sonuç vermedi, fakat B7 B0 a oranla % 2 oranında daha fazla tork ve güç sağladı.

Shahir ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Comparative study of diesel and biodiesel on CI engine with emphasis toemissions—A review” isimli çalışmalarında biyodizelin otomobillerde kullanılmasının fizibilitesini ve emisyon boyutu üzerinde durmayı amaçladıkları bu çalışmalarında performans ve dayanıklılıktanda bahsetmişlerdir. Değerlendirme konvensiyonel ve CRDI motorlar için yapılmıştır, literatüre göre değerlendirilmiştir. Biyodizel kullanımı dizel yakıtı ile kıyaslandığında, konvensiyonel dizel motorlarında çok az yada hiç modifikasyon yapılmadan PM, HC, CO emisyonlarını azaltmıştır. Bu az güç kaybı, yakıt tüketiminin artması ve NOx emisyonlarının artması ile meydana gelmiştir.

Shahir ve ark. 2014 yılında yaptıkları “Feasibility of diesel–biodiesel–ethanol/bioethanol blend as existing CI engine fuel: An assessment of properties, material compatibility, safety and combustion” isimli çalışmalarında dizel, biyodizel, etanol ve biyoetanol karışımlarının özellik, malzeme özellikleri güvenlik ve yanma açısından değerlendirmesini yapmışlardır. Bu dizel karışımları ve etanol-biyoetanol sıkıştırma ateşlemeli motorlarda herhangi bir değişiklik olmadan kullanılabilirler ve kendi başlarına yakıt olarak kullanmalarında da dizel yakıtı ile neredeyse aynı performansı görülmüştür. Karışımlar düşük sıcaklıklarda ve etanol/biyoetanol miktarının fazla olmasında daha stabil durumda olmaktadır. Sonuç olarak şu söylenebilir ki dizel, biyodizel-etanol/biyoetanol karışımları dizel kullanımını %25 - %30 kadar minimize edebilir.

Silalertruksa ve ark. 2012 yılında yaptıkları “ Environmental sustainability assessment of palm biodiesel production in Thailand” isimli çalışmada Taylandda palm biyodizeli üretim sistemlerinin enerji verimliliği ve çevresel etki potansiyellerini değerlendirmişlerdir. NEB (Net Energy Balance) ve yenilenebilirlik palm biyodizeli ve yan ürünlerinin fosil enerjiye kıyasla kazançlı olduğunu göstermektedir. Örneğin Palm biyodizeli normal dizele kıyasla %46-73 arasında sera gazı etkisini azaltmaktadır. Palm biyodizelinin uzun dönemli korunması ve sürdürülebilir kaynak olarak kullanımı için tavsiyelerde bulunulmuştur.

Soetaredjo ve ark 2011 yılında yaptıkları “KOH/bentonite catalysts for transesterification of palm oil to biodiesel” isimli çalışmada KOH/Bentonit katalizörünün biyodizel üretiminde uygulaması çalışılmıştır. Bir takım KOH/Bentonit katalizörleri Koh ve bentonit oranları 1:20, 1:10, 1:5, 1:4, 1:3, 1:2 oranlarında hazırlanmıştır. KOH/bentonit karakterizasyonu ve doğal bentonit nitrojen emdirmesi ve XRD ile analiz edilmiştir. Farklı reaksiyon değişkenlerinin biyodizele olan etkileri incelenmiştir. En yüksek biyodizel eldesi 1:4 KOH/Bentonit oranında, 3 saatlik reaksiyonda ve %3 lük katalizör kullanımında Metanol/Yağ oranı 1/6 iken ve 60°C reaksiyon sıcaklığında elde edilmiştir.

Şahin ve ark 2015 yılında yaptıkları çalışmada yanmadaki etanol dumanı, duman indeksi ve NOx emisyonları turboşarjlı dizel motorunun performans parametreleri deneysel olarak test edilmiştir. Değerlendirmeler Isı salınımı ve yanabilirlik analizlerine göre yapılmıştır. Deneysel, 3 dizel yakıt oranında, 3 farklı motor hızında ve değişik etanol yoğunluklarında yapılmıştır. Etanol giriş havasına farklı oranlarda %2 den başlayarak %12 ye kadar %2 lik dilimlerle verilmiştir. NOx emisyonları yaklaşık olarak

%8.5 , %9.79 ve %11.02 oranında 1 ,  $\frac{3}{4}$ ,  $\frac{1}{2}$  yakıt iletim oranlarında azalmıştır. Sonuç olarak, etanol-hava karışımı motor performansını ve silindir basıncını artırmaktadır. Fakat, toplam yakıt tüketimi türkiyedeki fiyatlar dolayısı ile yaklaşık 6 kat daha fazla olmaktadır.

Wang ve ark 2009 yılında yaptıkları “Refining of biodiesel by ceramic membrane separation” isimli çalışmada yıkama prosesinde kullanılmakta olan su miktarının seramik membran prosesi ile indirgenmesine odaklanmışlardır. Ham biyodizel palmden üretilip seramik membran ile 0.6, 0.2 ve 0.1 mikron çaplarında sabun ve serbest gliserolden mikrofiltre edilmiştir. Seramik membran teknolojisi biyodizel konusunda potansiyel olarak biyodizelin rafinerize edilmesinde çevresel bir prosestir.

Yee ve ark 2009 yılında yaptıkları “Life cycle assessment of palm biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability” isimli çalışmada malezyada palm yağının üretiminden ve düşük fiyatından bahsetmiştir ve palm biyodizeli için LCA (life cycle assesment) değerlendirmesi yapılmıştır. LCA çalışması tarımsal aktiviteler, yağlı talaşlı imalat ve transesterifikasyon prosesi olarak değerlendirilmiştir. Herbir aşama enerji dengesi ve sera gazı değerlendirmesine tabi tutulmuştur. Bu veriler palm biyodizeli için tekno-ekonomik ve çevresel fizibilete bakımından önemlidir. Sonuçta palm biyodizel ketencik biyodizeli ile kıyaslanmıştır. Bu çalışmada palm biyodizelinin enerji oranı 3.53 (çıkış enerjisi/giriş enerjisi) şeklinde olduğu görülmüştür. Enerji oranı ketencik biyodizelinde ise 1.44 olarak tahmin edilmiştir ki palm yaklaşık olarak 2 katı daha fazladır.

Yılmaz 2012 çalışmasında standart dizel yakıtı, biyodizel(%45)-metanol(%10)-dizel(%45), biyodizel(%40)-metanol(%20)-dizel(%40), biyodizel(%45)-etanol(%10)-dizel(%45) ve biyodizel (%40)-etanol(%20)-dizel(%40) karışımları sıkıştırma ateşlemeli motorda aynı koşullar altında test etmiştir. Motorun Performans ve emisyon karakteristikleri iki farklı karışım içinde kıyaslanmıştır Alkol konsantrasyonlarının artar, CO ve HC emisyonlarının artar iken NO emisyonları azalmıştır. Bu yüzden metanol karışımları etanol karışımlarından CO ve HC emisyonlarını azaltmak adına daha etkilidir oysa NO azaltımı en iyi etanol karışımları ile olmaktadır.

Yunus ve ark. 2013 yılında çalışmalarında 4 silindirli dikey silindirli dizel motorunda jatropha-palm biyodizel karışımını incelemişlerdir. CO emisyonları, CO2 emisyonları ve NOx emisyonları analiz edilmiştir. Tüm testler değişik yük koşullarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar açığa çıkarmıştır ki CO, CO2 ve NOx tüm biyodizel karışımlarında dizel yakıtlarına kıyasla daha fazla oranda açığa çıkmaktadır.

Yusaf ve ark. 2011 yılında yaptıkları “Crude palm oil fuel for diesel-engines: Experimental and ANN simulation approaches ” isimli çalışmada sıkıştırma ateşlemeli bir motorda ham palm yağı – dizel yakıt karışımının motor performansı araştırılmıştır. 3 farklı karışım oranı belirlenip (%25, %50, %75) doğrudan silindire enjekte edilmiştir. Karışımlar enjekte edilmeden önce viskozitenin azaltılması için 60 °lik ön ısıtma görmüştür. Deneyler 1000 d/dk ile 3000 d/dk arasındaki değişken motor hızlarında yapılmıştır. Sonuçlar göstermiştir ki , 2000 rpm devir ve 3 aşağısında karışımlar yüksek motor torku ve gücü açığa çıkartmıştır oysaki fren özgül yakıt tüketimi normal dizel yakıttan bazı motor hızlarında fazladır. Karışım 2000 rpm üzerindeki motor hızlarında yüksek fren özgül yakıt tüketimi göstermiştir. Karışımın NOx emisyonu normal dizel yakıtı oranla düşük fakat CO emisyonu daha yüksektir.

Zhu ve ark. 2011 yılında yaptıkları, Euro 5 dizel, biyodizel, etanol-biyodizel karışımı (BE) 4 silindirli direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda yanma, performans ve emisyon karakteristikleri bakımından motoru 1800 devir ve maksimum torkun olduğu 5 yük durumu altında test edilmiştir. Sonuçlar göstermiştir ki biyodizel ile kıyaslandığı zaman etanol-biyodizel karışımlarının yanma karakteristikleri değişmiştir. Motor performansı %5 oranındaki etanol karışımı ile daha iyi bir hale gelmiştir. Euro 5 dizel yakıtına kıyasla, biyodizel ve biyodizel karışımı daha yüksek fren termal verimliliğe sahiptir. Herşeyi hesaba kattığımız zaman, Biyodizel karışımı dizel motorlarda hem Partikül madde miktarını hem de emisyonları dizel yakıtına göre azaltmıştır. NOx ve partikül madde emisyonlarının azaltma verimliliği miktarı etanol karışımının artması ile artmaktadır. Etanol karışım oranının yüksek olması HC ve CO emisyonlarını artırmaktadır fakat %5 oranındaki etanol karışımı ile bu sorunda ortadan kalkmaktadır.

Zuleta ve ark 2012 yılında yaptıkları “Oxidative stability and cold flow behavior of palm, sacha-inchi, jatropha and castor oil biodiesel blends” isimli çalışmada palm, jatropha, sachainchi ve castor yağlarının biyodizel karışımlarının oksidatif stabilitesi ve soğukta filtre tıkama noktası özelliklerini belirlemişlerdir. Biyodizelin bu özellikleri metil ester içeriğine bağlıdır ve genellikle birbirleri ile zıtlardır örneğin güzel oksidatif stabilite kötü soğukta filtre tıkama noktası sağlamaktadır. Oksidatif stabilite EN 14112 de belirlenmiştir. Oksidatif stabilite ve soğukta filtre tıkama noktası APE (Allylic Position Equivalent), BAPE (Bis-allylic position equivalent), SME(Saturated Methyl Esters Content), MUME (Mono-unsaturated methyl esters content) şeklinde irdelenmiştir.



### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1 Materyal

Yapılan araştırmalarda ve standartlarda yakıt testlerinin tekrarlı ve şahit ile kıyaslı olması istenmektedir. Bu çalışmada şahit yakıt olarak Shell firmasından diesel yakıtı temin edilmiştir. Aynı zamanda Teknik Eğitim Yakıt laboratuvarında mevcut palm yağı temin edilmiştir. Karışımda Akzo Nobel Firmasından tedarik edilen Beraid ED 10 katkı maddesi kullanılmıştır. Palm yağı biyodizeli Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi biyodizel reaktörü kullanılarak üretilmiştir.

#### 3.2 Yöntem

Elde edilen biyodizel yakıtının viskozite, yoğunluk değerleri Teknoloji Fakóltesindeki mevcut ölçüm cihazları ile yapılmıştır. Yapılan testler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve değerlerin ortalaması alınmıştır. Yoğunluk ölçümleri ise 5 tekrarlı yapılıp ortalaması alınmıştır. Ağırlık ölçümleri Selçuk Üniversitesi Teknoloji Fakóltesi motor atölyesinde bulunan hassas terazi ile yapılmıştır.

Elde edilen biyodizel hidrolik dinamometre [Multijet 4 silindirli 1900 cc 105 BG Fiat Doblo motoru] ile test edilmiştir (Lamda= 1.3 hesaplanmıştır).

- Motor denemelerinde **yakıt filtresi ve enjektörler**
- **a) deneyler bitinceye kadar hiç değiştirilmemiş**
- **b) her deney öncesi sökülerek temizlenmiştir.**
- Bu şekilde **yakıt sisteminin etkileri de** araştırılmıştır.
- Yapılan testler 3 tekrarlı olarak yapılmış ve değerlerin ortalaması alınmıştır.

Bu alışmalar ile aynı zamanda karışımların yanında motorun yakıt sistemlerini oluşturan elemanlarında motor performansına etkisi ölçülmesi amaçlanmıştır. Yapılan çalışmaların aşamaları aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1. Palm yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması
2. Karışım oranlarının ve yakıt karışımlarının tesbit edilmesi
3. Palm biyodizelinin elde edilmesi
4. Karışımların Hazırlanması
5. Karışımların viskozite, yoğunluk değerlerinin ölçülmesi
6. Motor Test düzeneğinin hazırlanması ve motor deneylerinin yapılması
7. Motor testlerinin yapılması
8. Motor ayarlarının tekrar yapılıp motor testlerinin tekrar yapılması

**Amac: Diesel Araçlarda Alternatif yakıt kullanımı**

1. Motorun yakıtta uyarlanması
2. **Yakıtın motora uyarlanması**  
Farklı çok yakıtlı karışımların diesel motorlarda kullanımı

**Biyometanol**

1. Kaynağı ülkemizde, özellikle tarım için önemli
2. %10'a kadar diesel araçlarda kullanılabilme imkânı
3. Isıl değeri düşük
4. Ayırışma ve sulanma problemi mevcut
5. Oluşan karışımlarda yakıtın kimyasal yapısını bozma riski fazla

**Neden Palm ME seçildi?**

1. Setan sayısı yüksek (50-70 Cetane Index:55)
2. Isıl değeri yüksek (41.3 MJ/kg)
3. Yoğunluk iyi (0.858-0.875 15 C)
4. İyot değeri (<40 gr.i/100gr)
5. Viskozite aralığı kötü (4.3 – 6.3 mm<sup>2</sup>/s, 40 C)
6. Soğuk akış özellikleri KÖTÜ olması dikkate alınmıştır.

**3.2.1 Palm yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması**

Palm yağının fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılması konu ile ilgili yapılan literatür taramalarındaki veriler ile ve yakıt özellikleri hakkındaki araştırmalar sonucunda elde edilen veriler ile tesbit edilmiştir. (César ve ark. 2013),(Coniglio ve ark. 2014),(Acvedo ve ark, 2015).

**3.2.2 Karışım oranlarının ve yakıt karışımlarının tesbit edilmesi**

Palm biyodizeli ve ilgili yakıt karışımları tesbit edilirken katkı maddesinin oranı %1 olarak sabit tutulmuştur. Beraid karışımlarının maksimum %2 – 3 civarında kullanılması tavsiye edilmektedir. Aynı zamanda %1 oranında etanolde eklenmiştir. Karışım miktarları aşağıdaki şekilde belirlenmiştir;

% 100 Dizel (Şahit yakıt)

%83 D + %10 PME (Palm Metil Esteri) + %5 BE + %1 K + %1 E (**K1**)

**K2 (K2)**

%88 Dizel+ %5 (PME)+ %5 Biyoetanol (BE)+ %1 Katkı+ %1 Etanol (**K3**)

### 3.2.3 Palm biyodizelinin elde edilmesi

Biyodizel üretimi tranesterifikasyon metodu ile teknoloji fakültesinde reaktörde yapılmıştır. Bu yöntem ile yağ NaOH katalizörü ile alkolle tepkimeye sokularak yeniden esterleşir. Bu esterleşme sonucunda ise viskozite azalır. Viskozitenin azalmasının sebebi alkolün katalizörün etkisi ile yağın içerisindeki gliserin ile yer değiştirmesi ve gliserin ayrıştırıldığı içindir. Biyodizel üretiminin aşamaları ise şu şekildedir, Alkol ve katalizörün birbiri içerisinde çözünmesi, reaksiyon, ayrıştırma, yıkama, kurutma. (Sanjid ve ark 2014)

10 litre palm yağı reaktöre konuldu, reaktörde yağ 60 °C ye kadar ısıtıldı ve yağ sıcaklığının homojen olmasına dikkat edildi. Palm yağının %20 si oranına biyoetanol 2 litresi için 4 gr/litre oranında toplam 8 gr NaOH katalizör maddesi alkol ile çözülerek yakıtı karıştırılmıştır. Toplam 90 dakika boyunca ağzı sıvı conta ile izole edilmiş reaktörde karıştırılmış ve 90 dakika sonucunda hem karışımın soğuması hemde çökelmelerin olması için 8 saat beklenmiştir. Bekleme süresi sonucunda gliserol süzülmüştür.

### 3.2.4 Karışımların Hazırlanması

Aşağıda belirlenen oranlarda karışımlar herbiri toplam 5 litre karışım olacak şekilde hesaplanıp ayrı karıştırma kaplarında herbir karışım için yıkanmış ve durulanmış içerisinde kesinlikle kimyasal olmayan 3 adet beher kullanılarak ölçülmüş ve hazırlanmıştır. Karışımlar oda sıcaklığında ve sürekli karıştırılarak hazırlanmıştır. (Qi ve ark 2010)

%100 D

K1 (K1)

K2 (K2)

K3 (K3)

### 3.2.5 Viskozite ve yoğunluk ölçümü

Karışımların yoğunluklarının ölçümü motor atölyesinde bulunan Kem Kyoto marka DA-130N model cihaz ile yapılmıştır. Cihazın ölçüm sıcaklık aralığı 0 – 40 °C ve hassasiyeti  $\pm 0.001 \text{ g/cm}^3$  tür. Cihaz ASTM D 7777 metoduna göre ölçüm yapmaktadır. Ölçüm yapmadan önce saf su ile 3 tekrar ölçüm yapılarak cihaz temizliği

sağlanmış ve her numune için 5 tekrar ölçüm yapılmıştır. Şekil 3.1 'de Yoğunluk Ölçüm cihazı görülmektedir.



Şekil 3.1 : Yoğunluk Ölçüm Cihazı

Viskozite değerleri ise çalışma sıcaklığı 25 ve 150 °C arasında olan Şekil 3.2 Deki Koehler K23377 modeli ile yapılmıştır. Viskozite ölçümü ASTM D445, DIN 51550, ISO 3104, D6074, IP71, FTM-791-305, NFT 60-100 standartlarına göre yapılabilmektedir. Şekil 3.2 de viskozite ölçüm cihazı görülmektedir. Cihaz sıcaklık ölçümünü %0.0003 hata toleransı vardır. NIST (National Institute of Standards) tarafından kalibrasyon sertifikası tanımlanmıştır.



**Şekil 3.2 : Viskozite Ölçüm Cihazı**

Cihaz 6 adet ölçüm gözüne sahiptir. Sıcaklık kontrolü manuel olarak giriş yapıp otomatik olarak cihaz tarafından kontrol edilmektedir. Kontrol ünitesi ısıtıcı rezistans ve sıcaklık sensörünü kontrol etmektedir. Sistemde viskozite ölçümü için referans sıvı (silikon akışkan) kullanılabilir. Referans sıvı ile ilgili görseller Şekil 3.3 de verilmiştir. Silikon akışkanın en önemli özelliği ısının eşit dağıtılması için tasarlanmış olması ve düşük akışkanlığı (100 cSt @25°C) sayesinde 120 °C ve 200 °C sıcaklıklar arasında herhangi bir şekilde buharlaşmaya maruz kalmamasıdır. Sıvı ASTM D2162 standardına göre üretilmiştir ve ISO/IEC 17025 Sertifikasına sahiptir. ASTM test prosedürlerinin tamamını sağlamıştır.



Şekil 3.3 : Viskozite Ölçüm Referans Sıvısı

### 3.2.6 Motor test düzeneği

Motor özellikleri aşağıda Tablo 2 de verilmiş olan düzenekte her bir karışım testinden önce dizel yakıtı ile çalıştırılıp sistemden deney yapılan karışımın temizlenmesi sağlanmıştır. Motor düzeneği 4000 rpm devir sağlayabilmektedir. Testler 1000 rpm den başlanarak 500 rpm aralıklar ile 4000 rpm e kadar kademeli olarak yapılmıştır. Herbir aralıkta özgül yakıt tüketimi, motor gücü, motor torku, ısıtma suyu sıcaklığı değerleri ölçülmüş ve not edilmiştir. (Özçelik ve ark. 2015)

Motor	1.9 Multijet dizel motor
Silindir sayısı	4
Silindir hacmi	1910
Max. HP - rpm	105 - 4000
Max. Tork - rpm	200 - 1750
Yakıt tipi	Dizel Common Rail
Ateşleme	Sıkıştırma Ateşleme
Püskürtme Başlangıcı (°ÜÖN Geçe)	2,6
Silindir Çapı ve strok	82 x 90.4

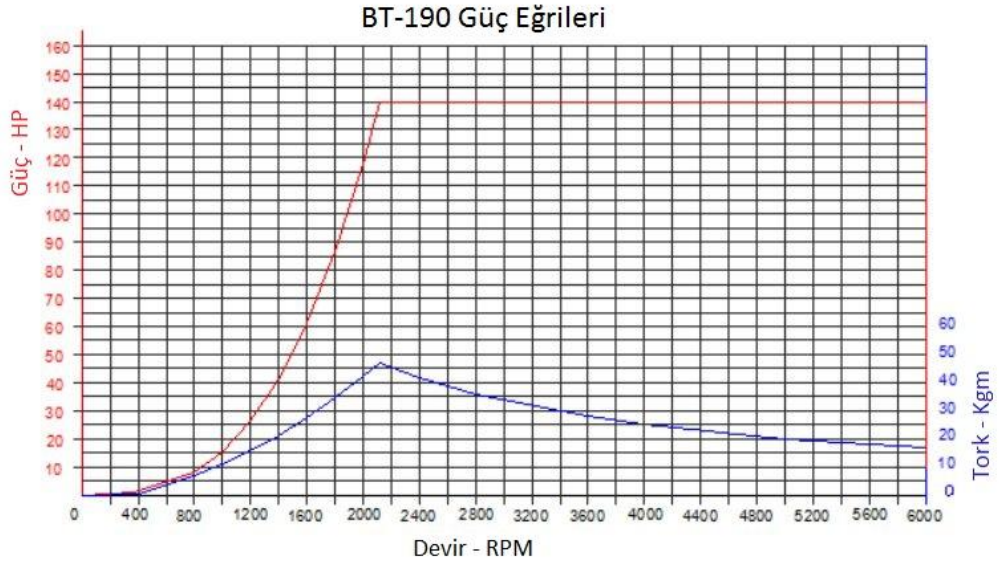
Tablo 2 : Test Motoru Özellikleri

Aşağıda hidrolik dinamometre ile ilgili teknik özellikler Tablo 3 de verilmiştir.

Motor Dinamometresi Modeli	BT-190 FR
Maksimum Güç	118 kW
Maksimum Hız	6000 rpm
Maksimum tork	750 Nm
Fren Su uygulama basıncı	0-2 kg/cm <sup>2</sup>
Soğutma Suyu Gereksinimi	2.4 m <sup>3</sup> /h
Fren maksimum su çıkış sıcaklığı	80 °C
Tork Ölçümü	Elektronik Load-Cell
Dönüş Yönleri	Sağ-Sol

**Tablo 3 : Hidrolik Dinamometre Özellikleri**

BT-190 hidrolik dinamometre ile ilgili standart güç-hız ve tork eğrileri ise aşağıda Şekil 3.4 te verilmiştir.

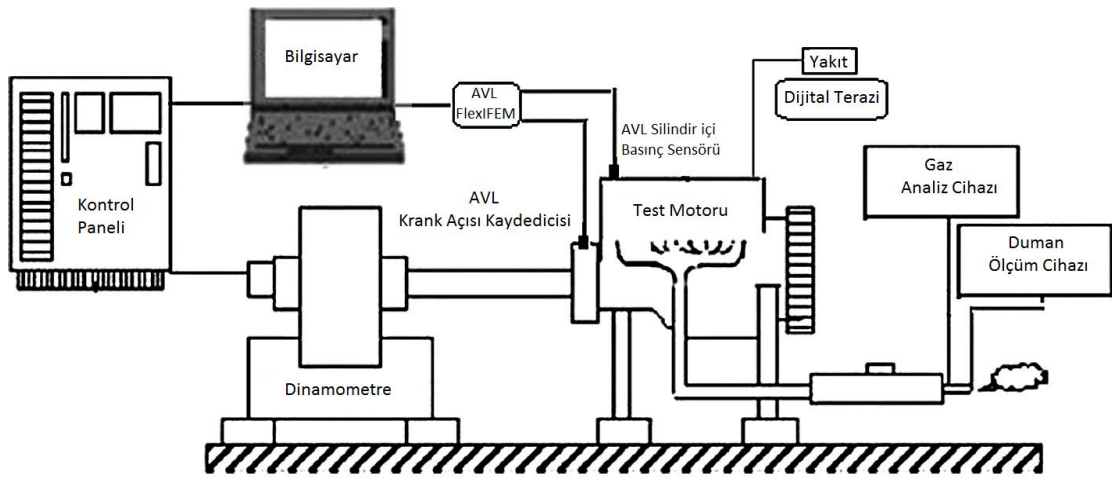


**Şekil 3.4 : BT-190 Hidrolik Dinamometre Eğrileri**

#### 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan bu çalışma test sonuçları motor momenti, Özgül yakıt tüketimi, Motor gücü, Soğutma suyu sıcaklıkları bakımından değerlendirilmiş ve karışım değerleri şahit dizel yakıtı değerleri ile kıyaslanmıştır. Bu değerler grafiksel olarak tek tek incelenmiş ve açıklanmıştır.

Özgül yakıt tüketimi  $b_e (g/kWh) = \frac{\dot{m}_y (g/h)}{P (kW)}$  formülü kullanılarak hesaplanmıştır. (Aydoğan, 2011).



Şekil 4.1: Motor Test Düzenegi

Şekil 4.1 de görüldüğü üzere deneyleri yapmak için gerekli olan bütün ana ve ara ekipmanlar mevcuttur ve bu çalışmada yer almayan bir duman ve gaz analiz cihazında kullanılmaktadır. Test motorunun bakımları düzenli olarak yapılmakta ve her testten sonra referans yakıt ile bir müddet çalıştırılarak yakıt sisteminin temizlenmesi sağlanmaktadır. Ayrıca lamda değeri yapılan hesaplamada 1.3 olarak hesaplanmıştır ve lamda=1.3 olarak alınmıştır.

Elimizdeki karışımlar Yakıt haznesinin içerisinde ve dijital terazi üzerinde şamandıra mekanizması kurulu bir biçimde darası alınarak gram bazında hesaplanıp ilgili formüller kullanılarak özgül yakıt tüketimi değerleri bulunmuştur.

Bu çalışmada bu değerlerin hepsi teker teker grafik haline getirilip her karışım için ayrı ayrı incelenmiştir. Ayrıca istatistiksel analizleri yapılmıştır (Ek-2).



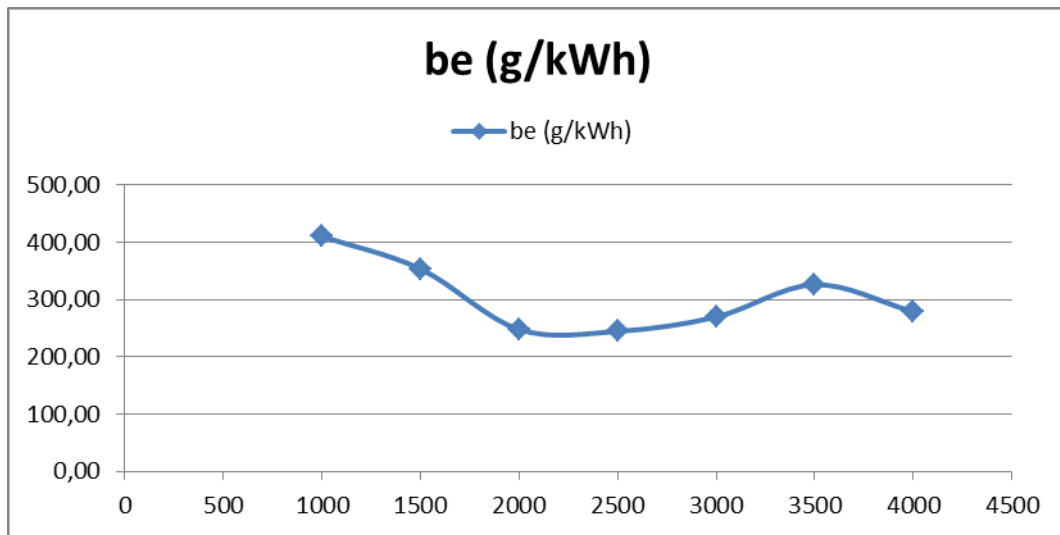
#### 4.1 K1 (Yakıt sistemi bakımından önce)

Bu karışımda denemeler sonucu elde edilen değerler aşağıda Tablo 4'de gösterilmiştir.

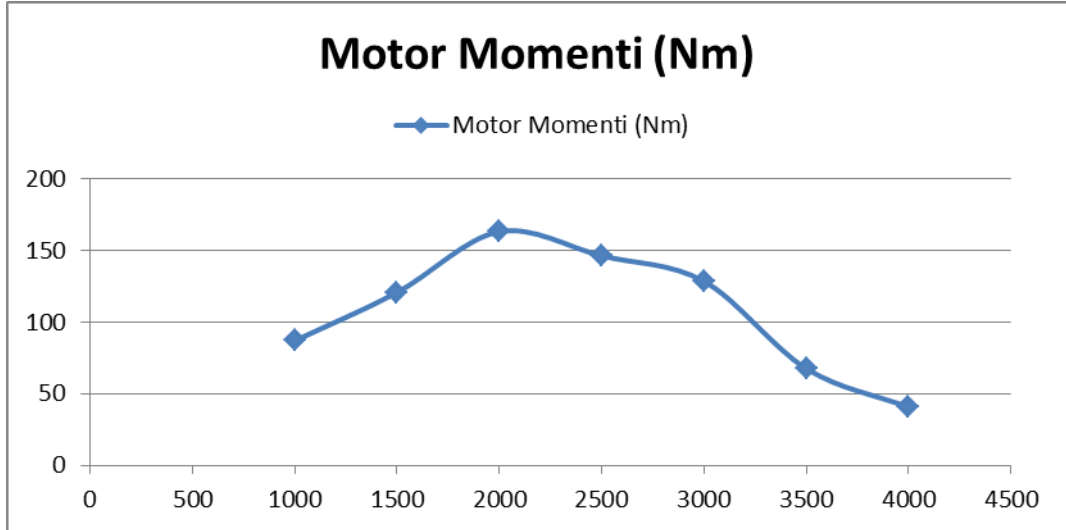
Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	87,09	9,36	115,9	410,26
1500	120,82	19,4	116,7	353,46
2000	163,32	34,87	118,2	247,78
2500	146,4	38,99	120,2	244,68
3000	128,59	41,6	124,3	269,80
3500	67,56	24,2	128,3	326,13
4000	40,65	23,1	132,1	278,88

**Tablo 4 : K1 Karışımı Test Sonuçları**

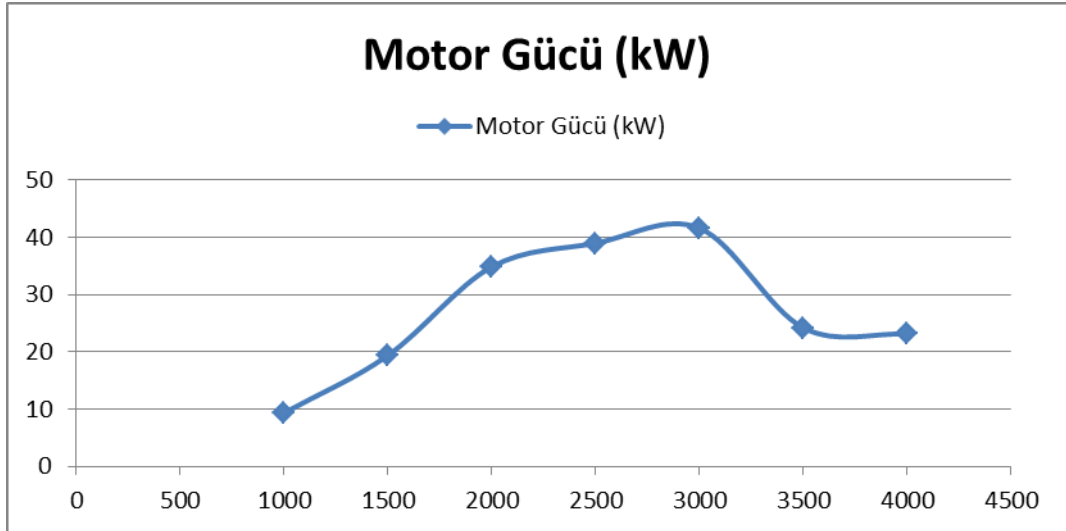
Tablodaki veriler incelenir ise eğer devirin artışı ile birlikte Motor Momenti belirli bir noktaya kadar artışına devam etmektedir. 2500 rpm noktasına geldikten sonra ise azalmaya başlamaktadır. Motor gücü değeri maksimum noktaya 3000 rpm de ulaşırken minimum özgül yakıt tüketiminin 2500 rpm değerinde elde edildiği görülmektedir. Değerler grafik ile gösterilir ise eğer aşağıda Şekil 4.2, Şekil 4.3, Şekil 4.4, Şekil 4.5, Şekil 4.6'daki gibi göstermek mümkün olacaktır.



**Şekil 4.2 : K1 Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi Değerleri**



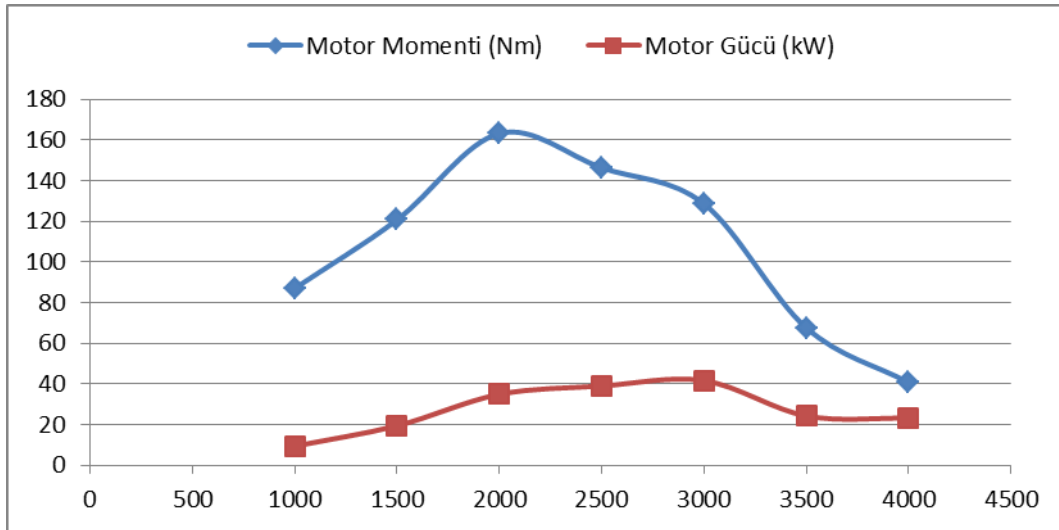
Şekil 4.3 : K1 Karışımı Motor Momenti Değerleri



Şekil 4.4 : K1 Karışımı Motor Gücü Değerleri



Şekil 4.5 : K1 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri



Şekil 4.6 : K1 Karışımı Moment/Güç değerleri

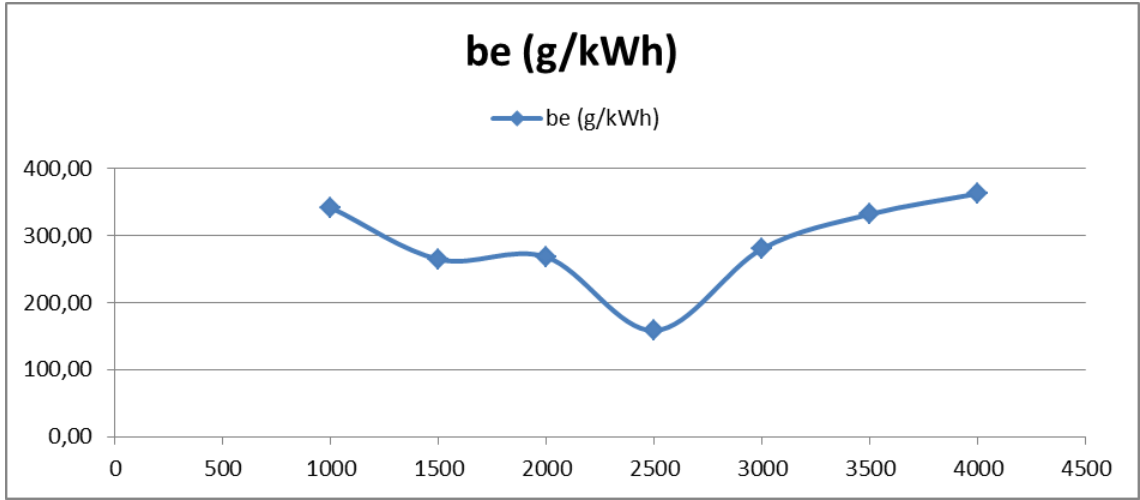
#### 4.2 K2 (Yakıt sistemi bakımından önce)

Bu karışımda elde edilen değerler aşağıda Tablo 5’de verilmiştir.

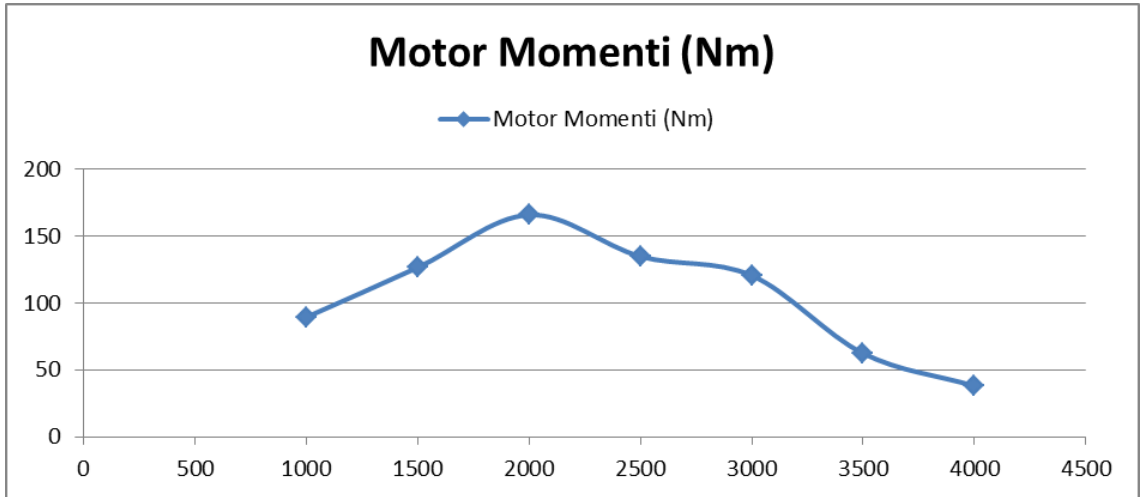
Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	89,49	10,19	116,3	341,89
1500	126,64	21,76	116,7	264,71
2000	165,97	35,82	117,8	268,01
2500	134,9	37,35	120,4	158,35
3000	120,62	40,31	123,6	280,68
3500	62,38	22,88	128,4	332,17
4000	38,07	14,88	130,8	362,90

Tablo 5 : K2 Karışımı Test Sonuçları

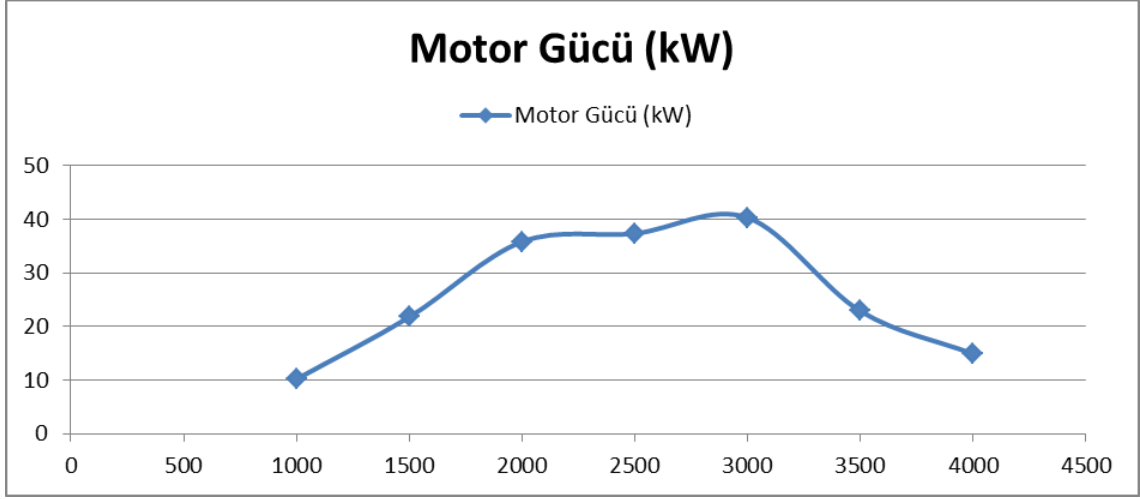
Tablodan elde ettiğimiz değerleri inceleyecek olursak eğer Motor momenti değerinin 2000 rpm de maksimum değerine ulaşırken motor gücü değerinin ise 3000 rpm de maksimum değeri olan 40,31 kW a ulaştığı görülmüştür. Özgül yakıt tüketimi ise 2500 rpm değerinde 158,35 h/kWh olarak minimum değerindedir. Bu karışımlar ile ilgili grafikler aşağıda Şekil 4.7, Şekil 4.8, Şekil,4.9, Şekil 4.10, Şekil 4.11 de verilmiştir.



Şekil 4.7 : K2 Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri



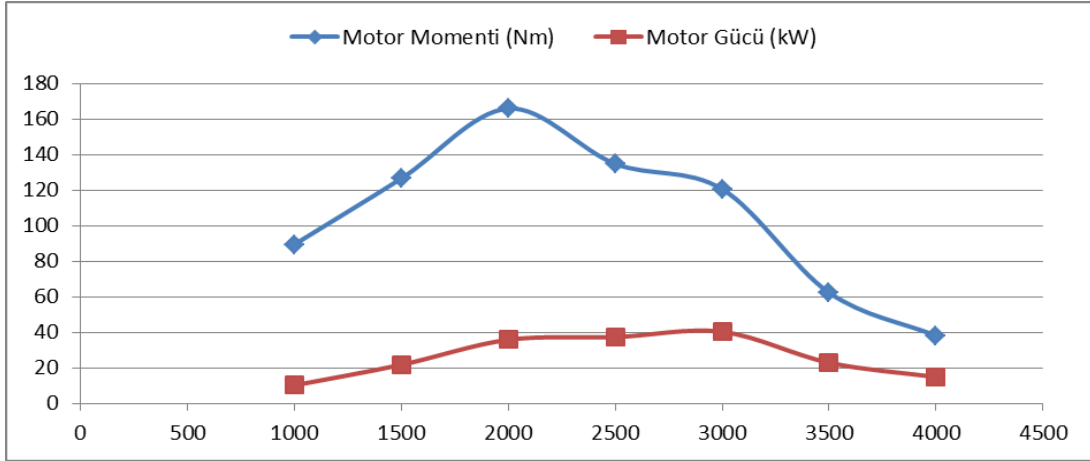
Şekil 4.8 : K2Karışımı Motor Momenti Değerleri



Şekil 4.9 : K2 Karışımı Motor Gücü Değerleri



Şekil 4.10 : K2 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri



Şekil 4.11 : K2 Karışımı Moment/Güç değerleri

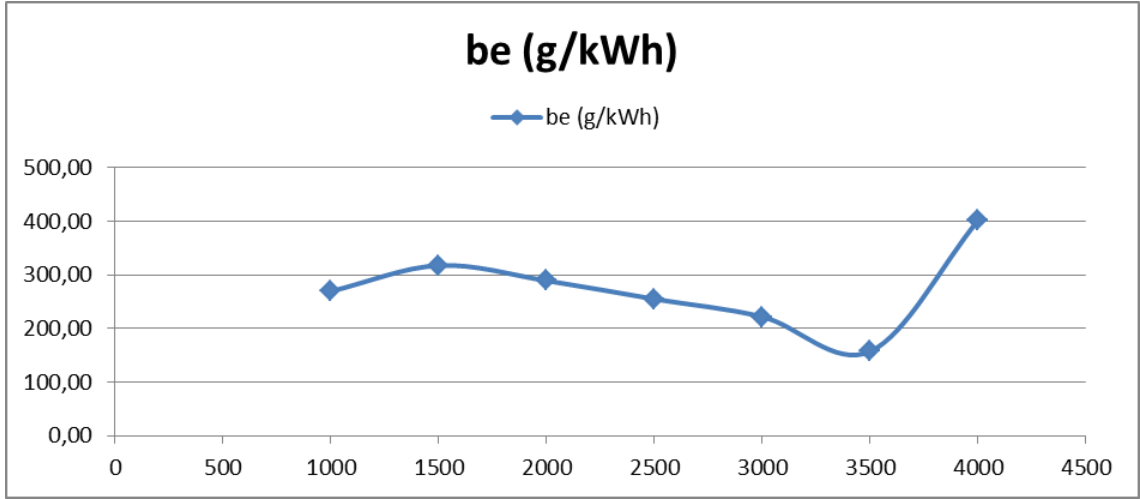
### 4.3 K3 Karışımı (Yakıt sistemi bakımından önce)

Bu karışım ile ilgili olarak elde edilen değerler Tablo 6 da verilmiştir.

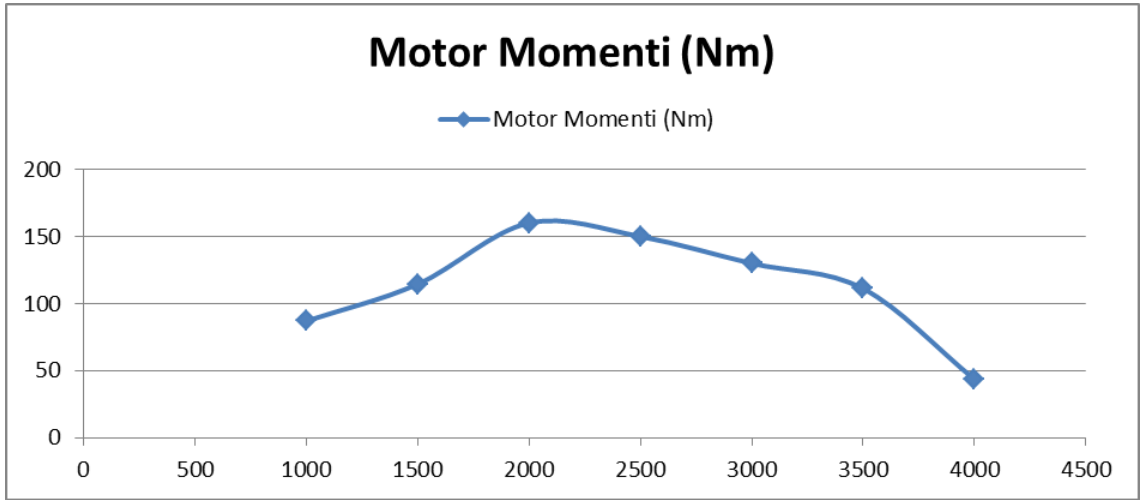
Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	87,06	9,48	106,15	269,50
1500	114,65	17,63	110,2	317,64
2000	160,27	35,37	112,5	289,27
2500	150,16	39,06	138,8	254,99
3000	130,07	42,17	124,4	221,96
3500	111,24	41	129,7	157,32
4000	43,52	16,87	132,1	401,69

Tablo 6 : K3 Karışımı Test Sonuçları

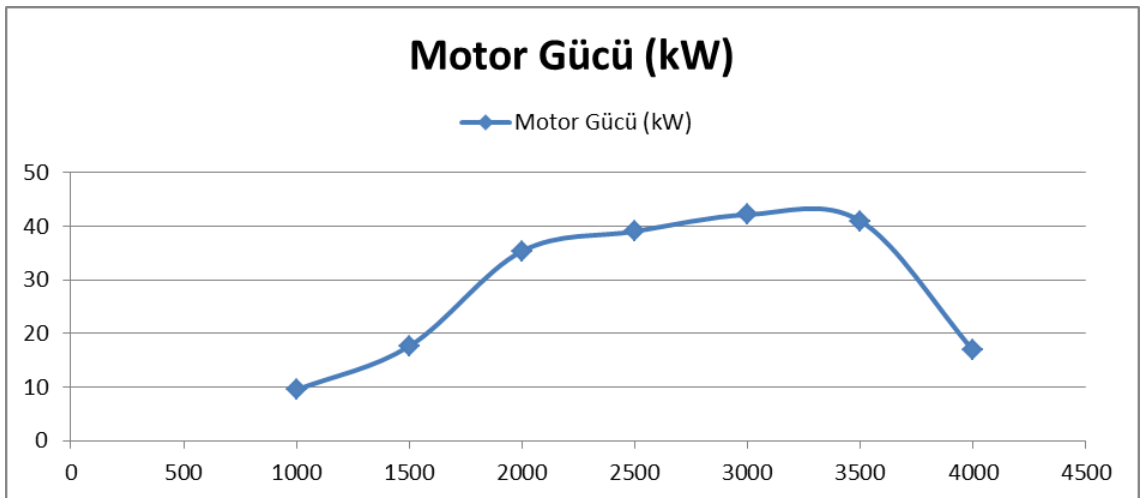
Bu karışımındaki değerler özgül yakıt tüketimi değerlerine bakılarak devirlerde farklılıklar göstermektedir. Motor momentini 160,27 Nm olarak 2000 rpm de elde edilmiştir ve Motor gücü 42,17 kW olarak 3000 rpm de elde edilmiştir. Özgül yakıt tüketimi değeri ise bu karışımında 3500 rpm de minimum değerine ulaşmıştır. Bu değerler aşağıda Şekil 4.12, Şekil 4.13, Şekil 4.14, Şekil 4.15, Şekil 4.16 da ayrı ayrı gösterilmiştir.



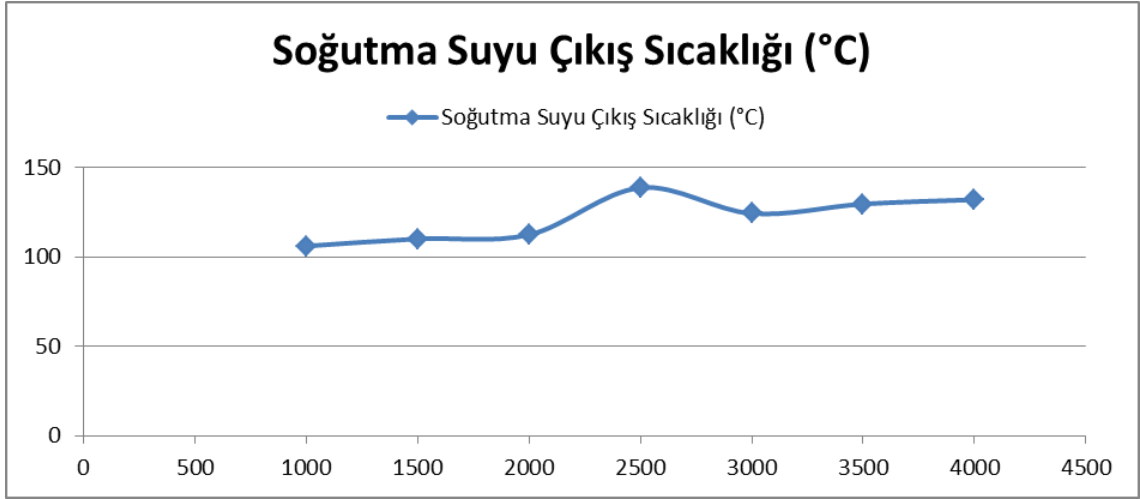
Şekil 4.12 : K3 Karışımı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri



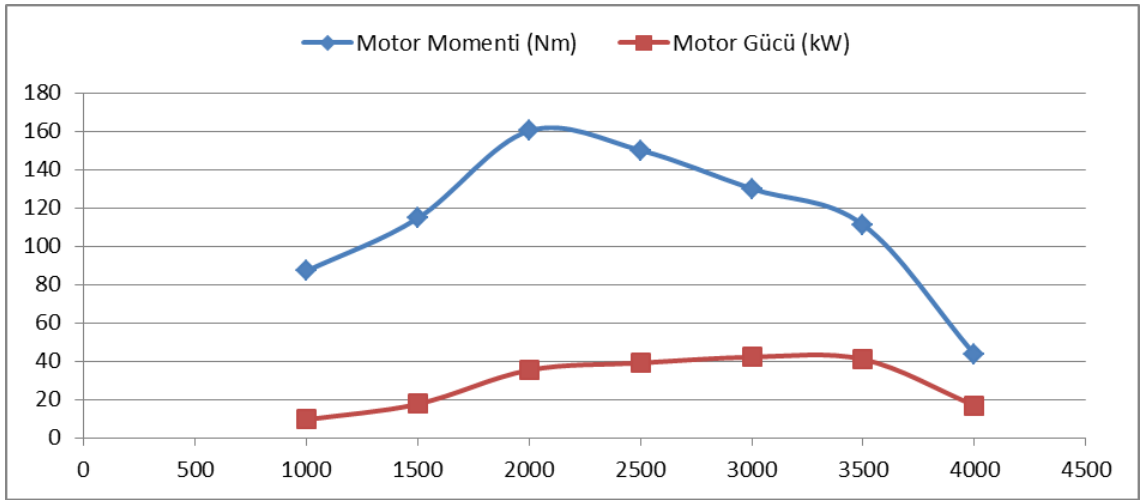
Şekil 4.13 : K3 Karışımı Motor Momenti Değerleri



Şekil 4.14 : K3 Karışımı Motor Gücü Değerleri



Şekil 4.15 : K3 Karışımı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri



Şekil 4.16 : K3 Karışımı Moment/Güç değerleri

#### 4.4 %100 Dizel yakıtı (Yakıt sistemi bakımından önce)

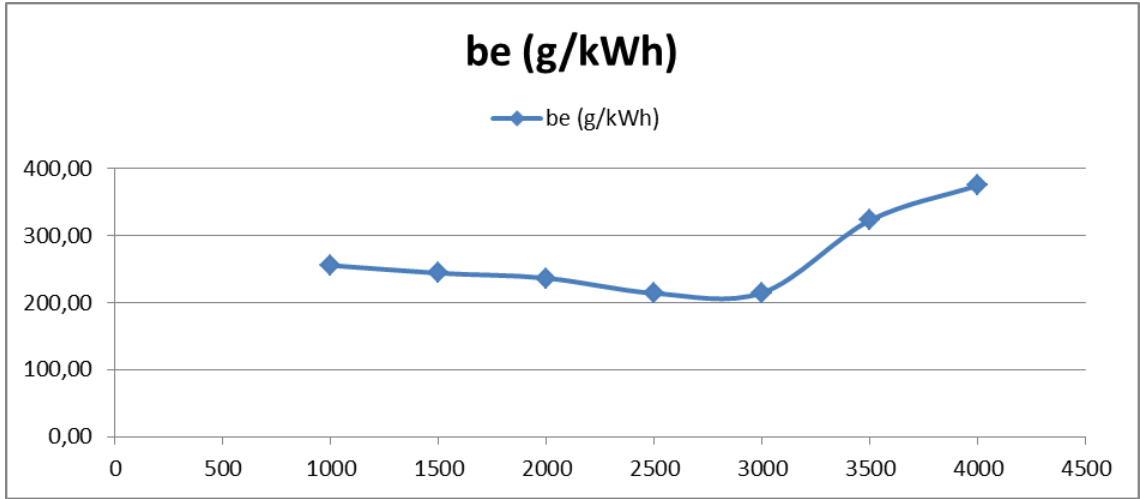
Shell firmasından tedarik edilen dizel yakıtı ile yapmış olduğumuz deneyin verileri ise aşağıda Tablo halinde verilmiştir.

devir (rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	93,04	10,24	106,15	255,68
1500	123,6	20,15	110,2	244,17
2000	166,86	34,99	112,5	236,64
2500	148,68	38,11	138,8	214,12
3000	127,1	38,52	124,4	214,95
3500	61,75	22,29	129,7	323,01
4000	41,35	16,16	132,1	375,20

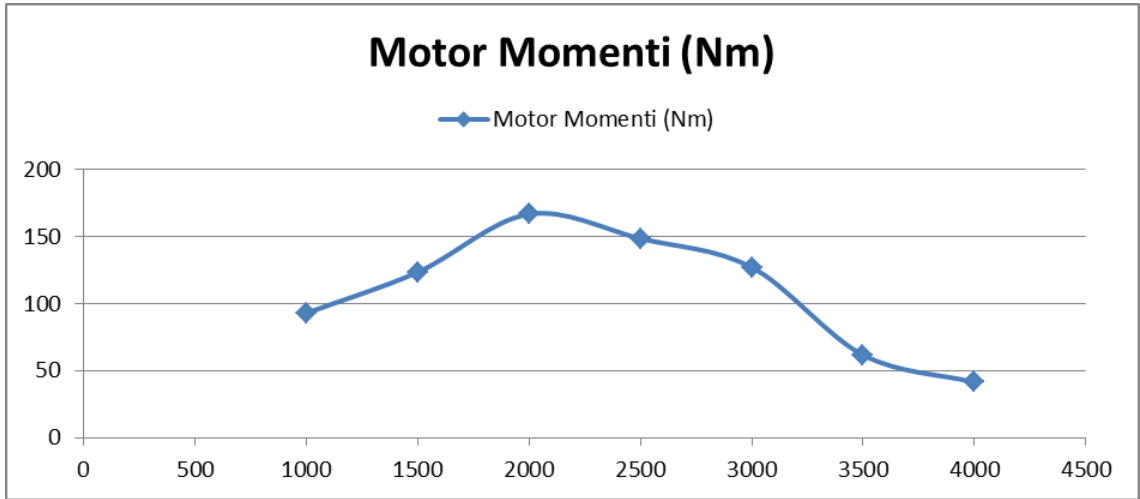
Tablo 7 : %100 Dizel yakıtı Test Sonuçları



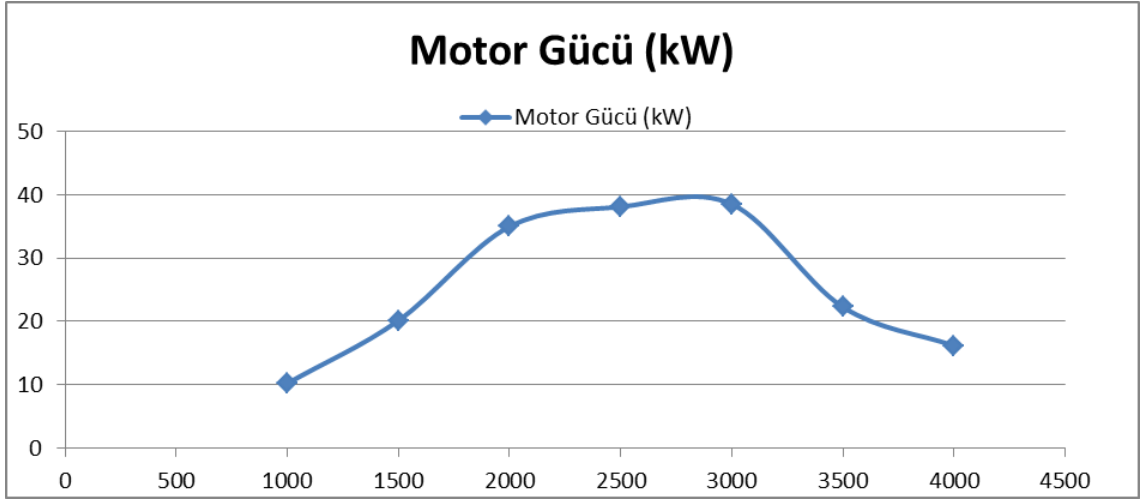
İlgili yakıtta verilen değerler göz önüne alındığı zaman max. Motor momentini 2000 rpm de 166.86 Nm ve motor gücü 38.52 kW olarak 3000 rpm de görülmüştür. Özgül yakıt tüketimi ise 2500 devir de 214.12 g/kWh olarak ölçülmüştür. Dizel yakıtı ile ilgili ölçüm grafikleri aşağıdaki Şekil 4.17, Şekil 4.18, Şekil 4.19, Şekil 4.20, Şekil 4.21 de verilmiştir.



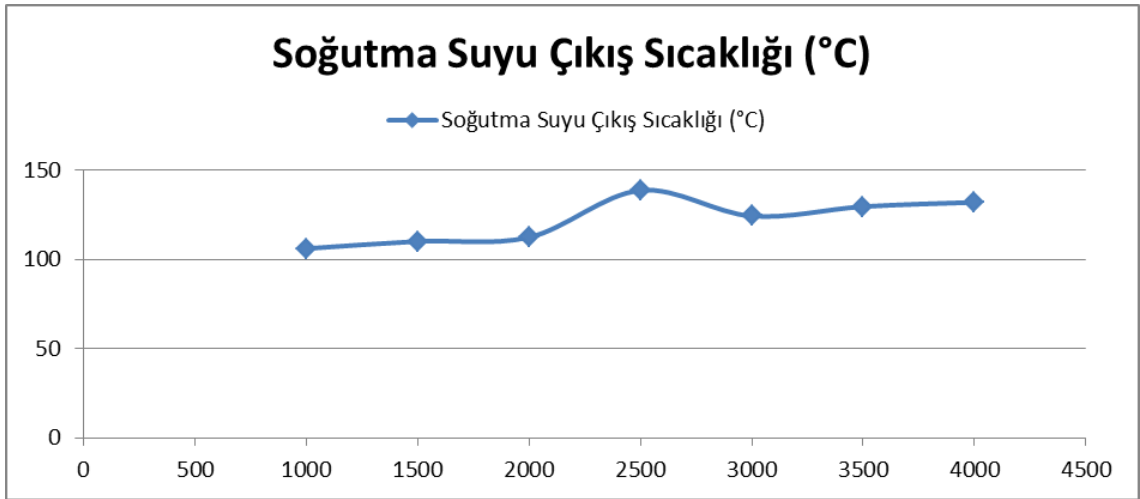
Şekil 4.17 : %100 Dizel yakıtı Min. Özgül Yakıt Tüketimi değerleri



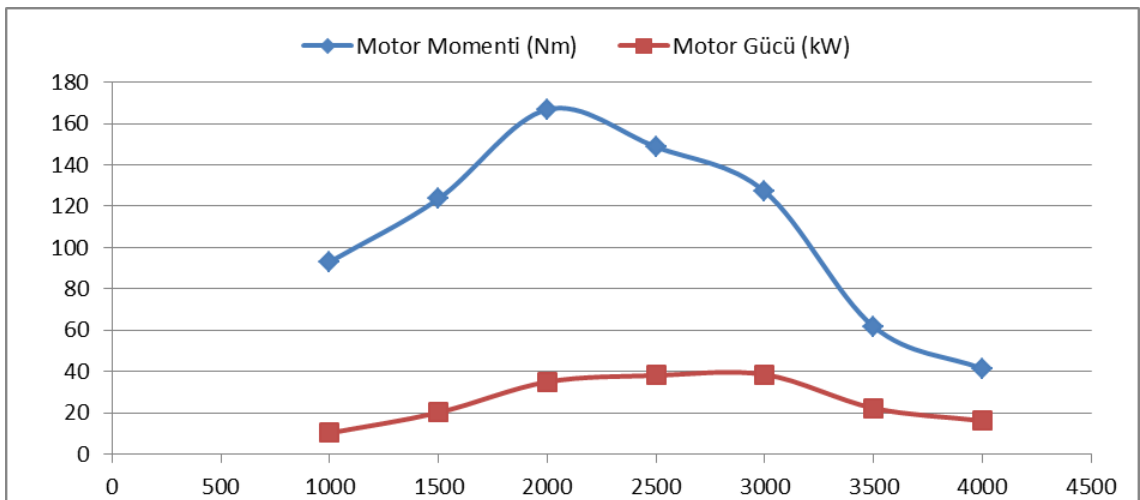
Şekil 4.18 : %100 Dizel yakıtı Motor Momenti Değerleri



Şekil 4.19 : %100 Dizel yakıtı Motor Gücü Değerleri



Şekil 4.20 : %100 Dizel yakıtı Soğutma Suyu Sıcaklığı değerleri

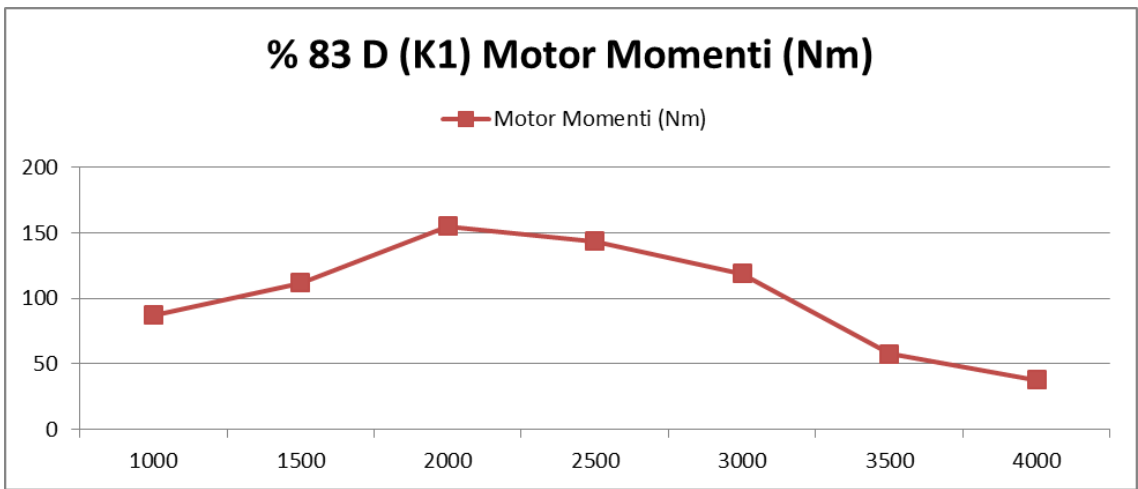


Şekil 4.21 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri

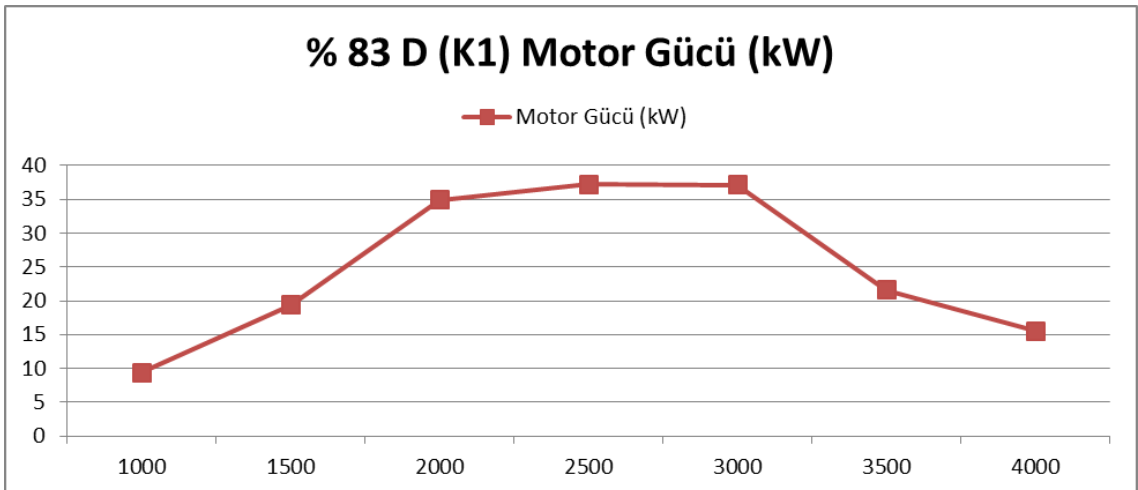
#### 4.5 K1 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra)

Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	87,09	9,36	116	360,45
1500	111,8	19,4	116,7	353,4
2000	155,2	34,87	118,5	274,2
2500	143,8	37,2	120,5	270,32
3000	118,8	37,1	124,8	269,8
3500	57,6	21,6	129	336,4
4000	37,8	15,5	133	416,45

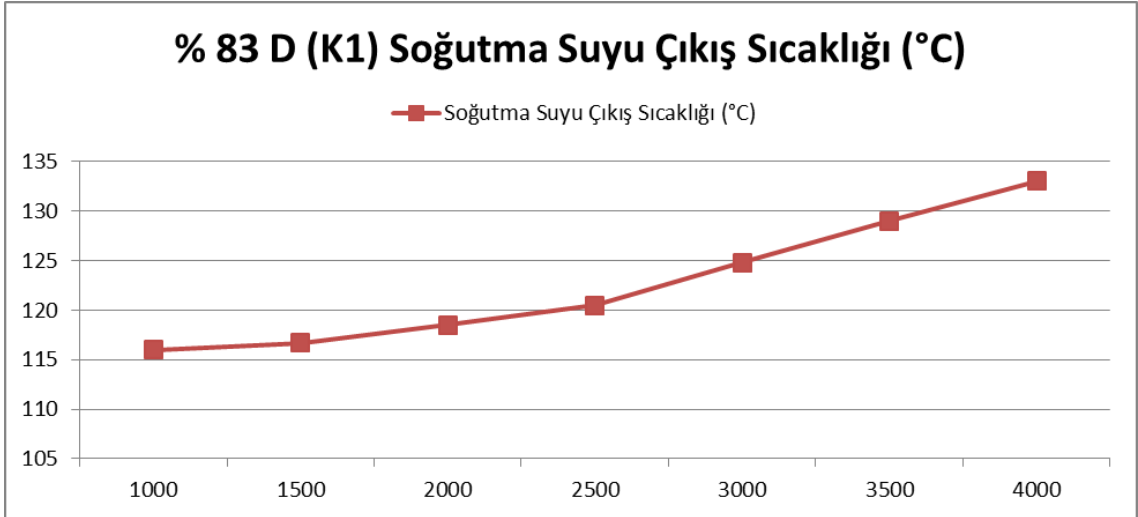
Tablo 8 : K1 yakıtı Test Sonuçları



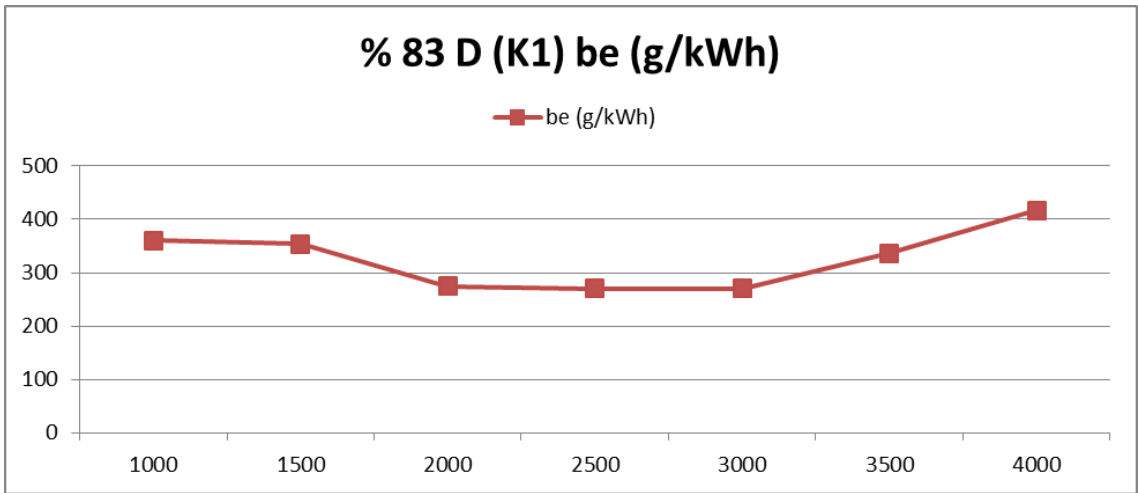
Şekil 4.22 : K1 yakıtı Moment değerleri



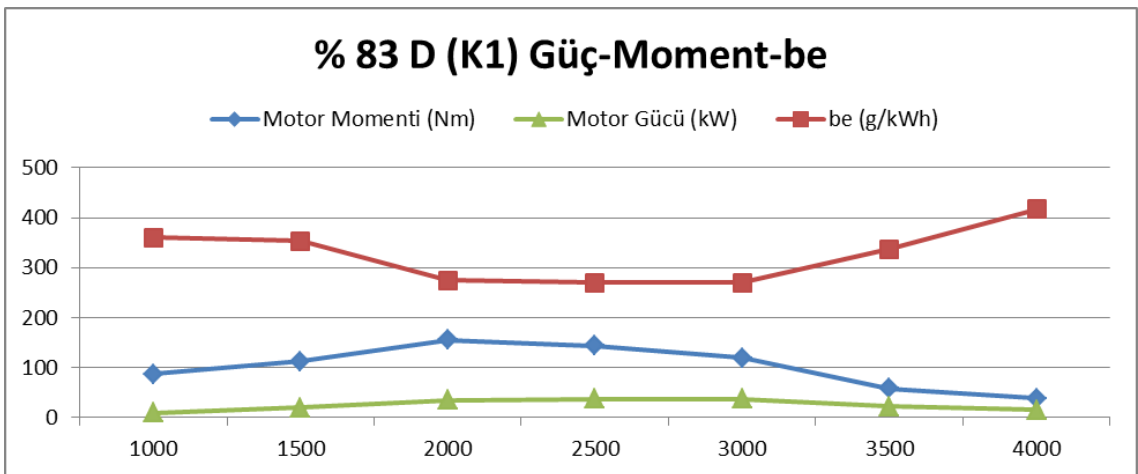
Şekil 4.23 : K1 E yakıtı Güç değerleri



Şekil 4.24 : K1 yakıtı soğutma suyu sıcaklığı değerleri



Şekil 4.25: K1 yakıtı özgül yakıt tüketimi değerleri

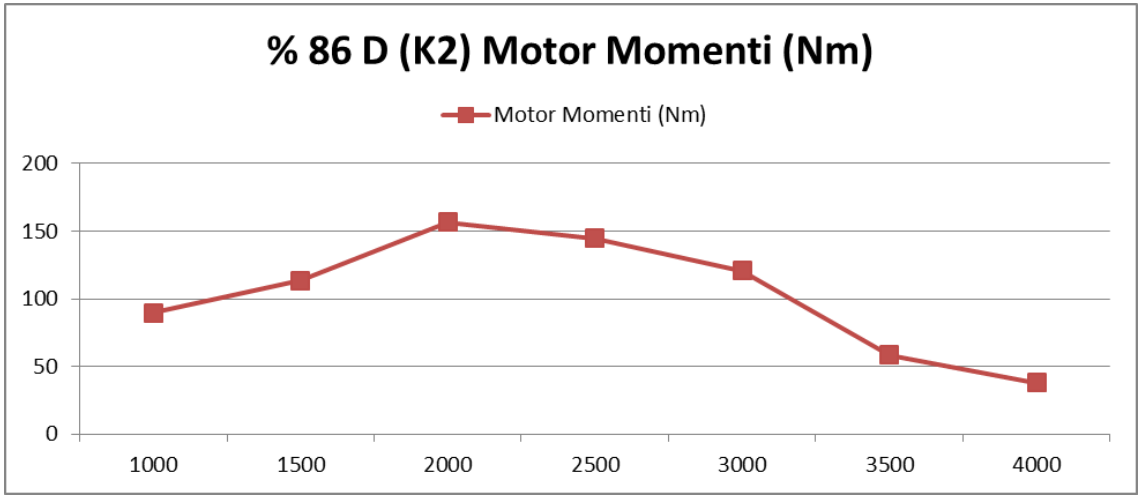


Şekil 4.26 : K1 yakıtı Moment/Güç değerleri

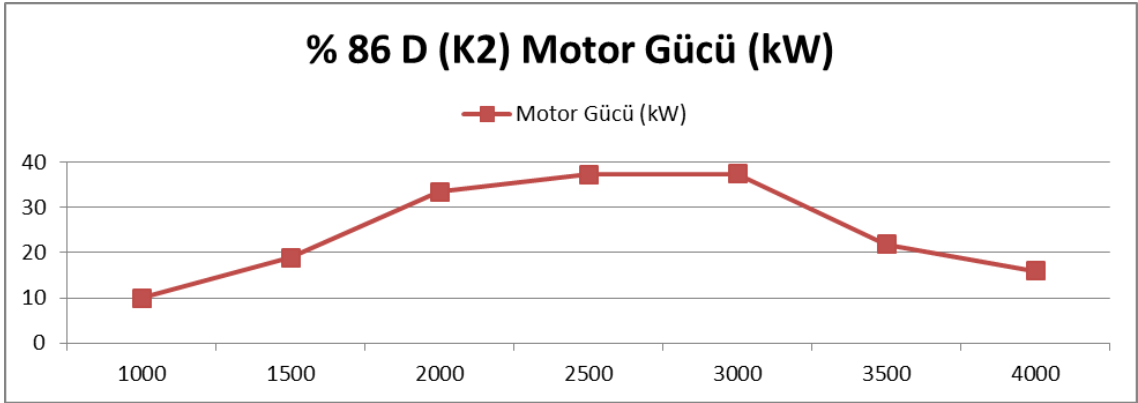
#### 4.6 K2 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra)

Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	89,49	10	116,7	341,89
1500	113,4	18,9	116,9	320,35
2000	156,6	33,5	118	268,01
2500	144,6	37,35	121	265,9
3000	120,62	37,5	124	280,68
3500	58,5	21,9	129	332,17
4000	38,07	15,9	131	413,4

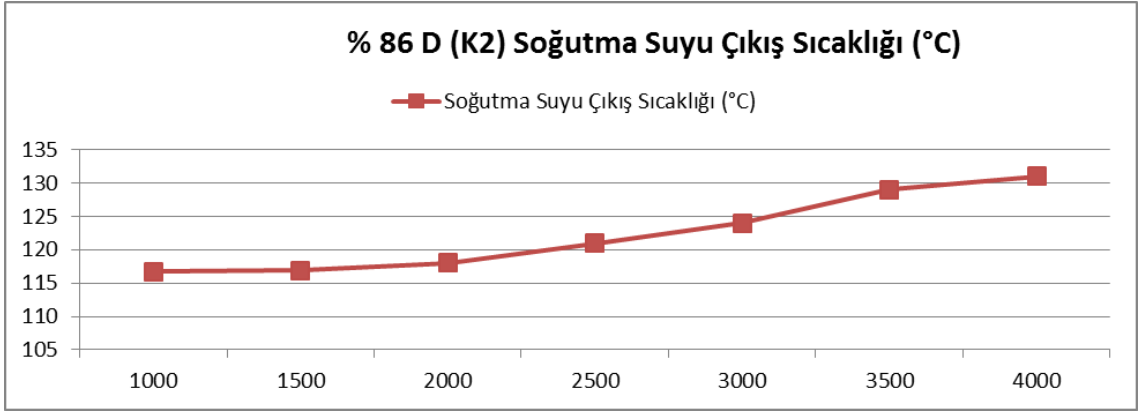
Tablo 9 : K2 yakıtı Test Sonuçları



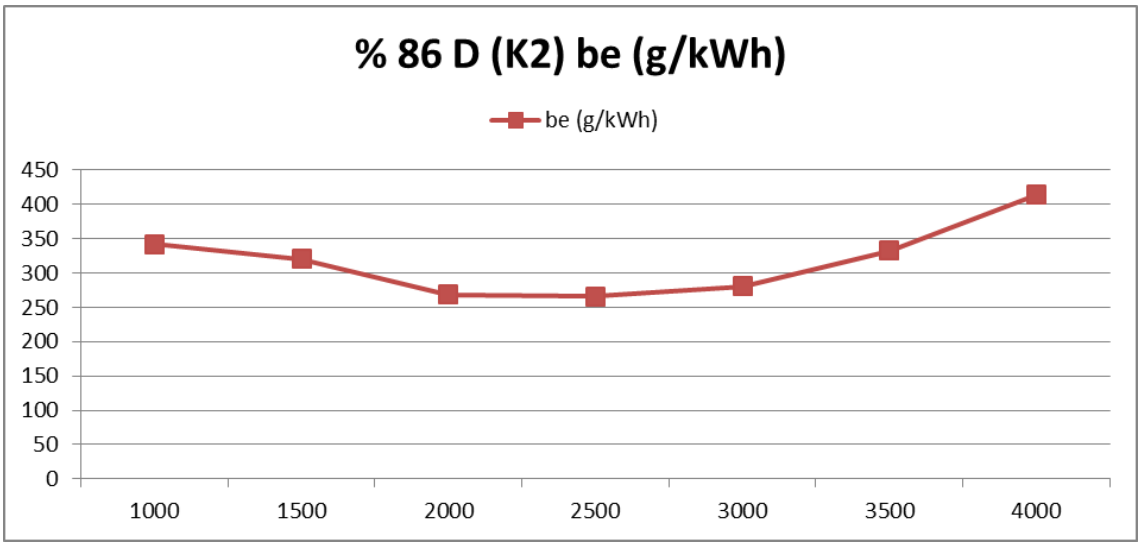
Şekil 4.27 : K2 Karışımı Moment değerleri



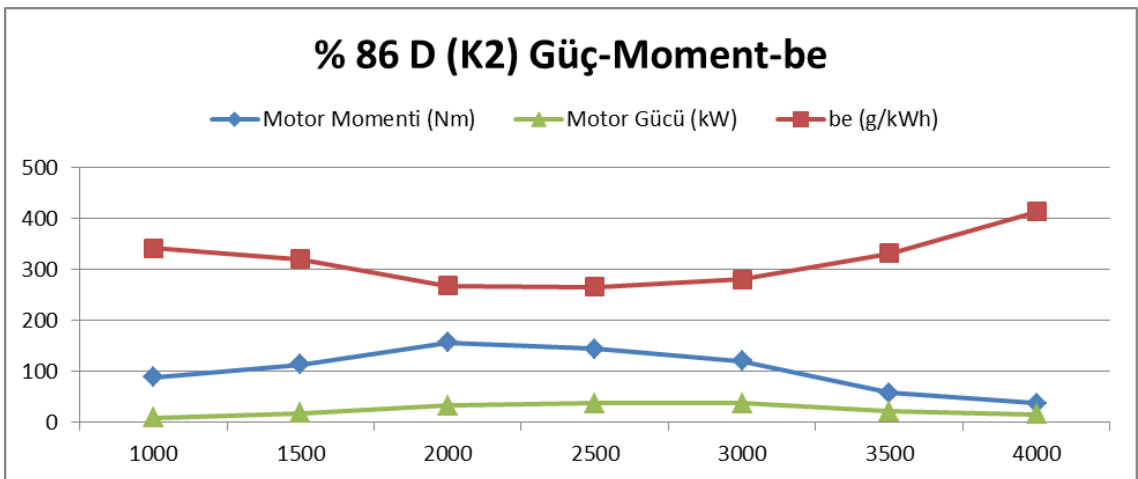
Şekil 4.28 : K2 Karışımı Güç değerleri



Şekil 4.29 : K2 Karışımı soğutma suyu sıcaklığı değerleri



Şekil 4.30 : K2 Karışımı özgül yakıt tüketimi değerleri

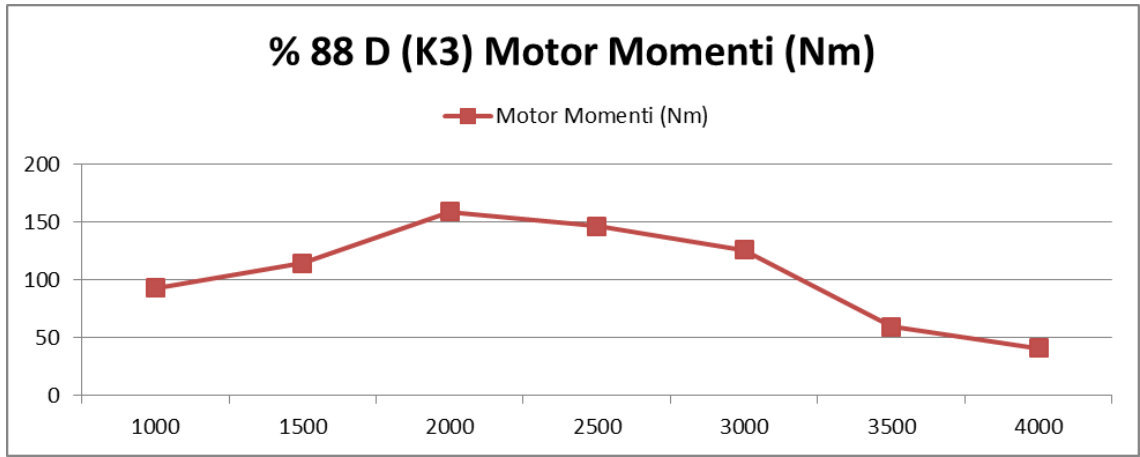


Şekil 4.31: K2 Karışımı Moment/Güç değerleri

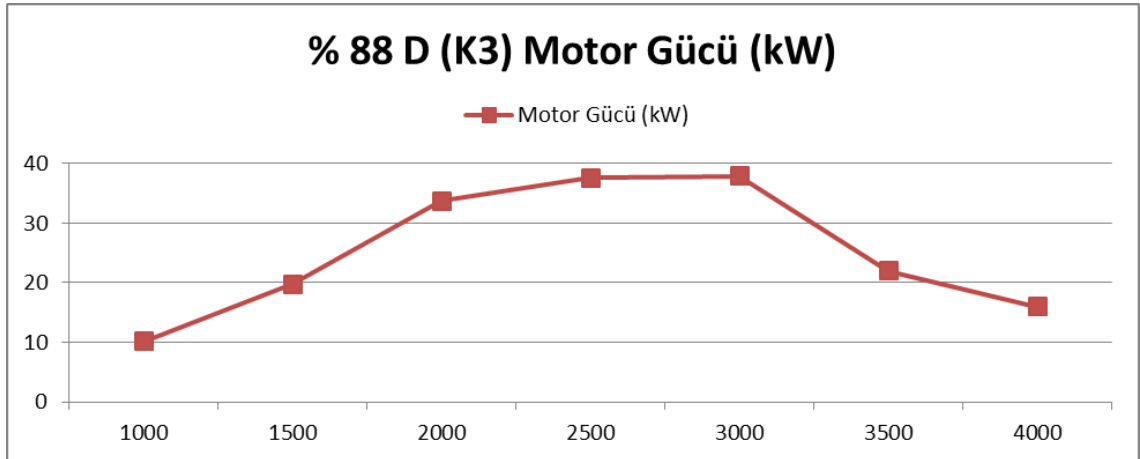
#### 4.7 K3 Karışımı (Yakıt sisteminin bakımından sonra)

Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	93	10,19	107	320,45
1500	114,65	19,8	112	317,64
2000	158,8	33,7	113	264,5
2500	146,5	37,6	140	260,3
3000	126	37,9	125	264,2
3500	59,6	22	130	310,5
4000	41	16	133	401,69

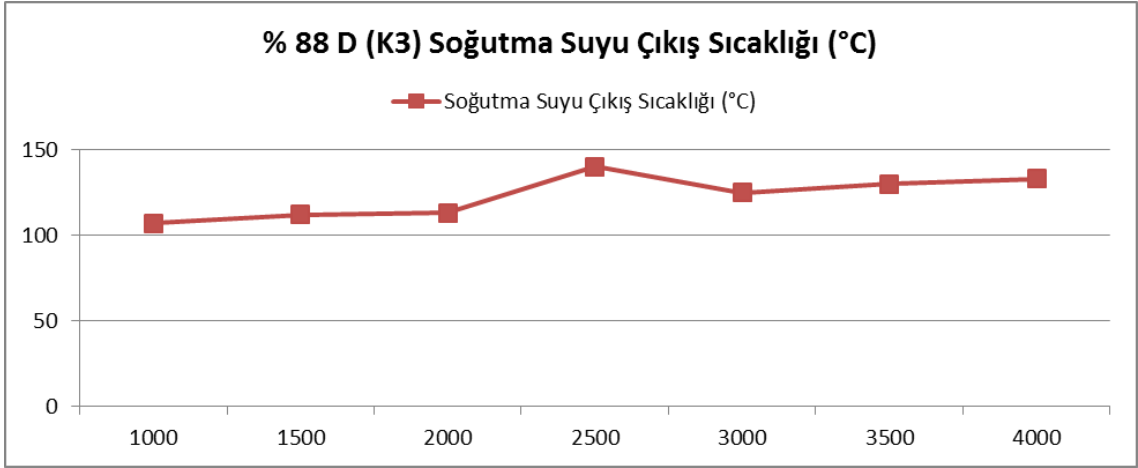
Tablo 10 : K3 yakıtı Test Sonuçları



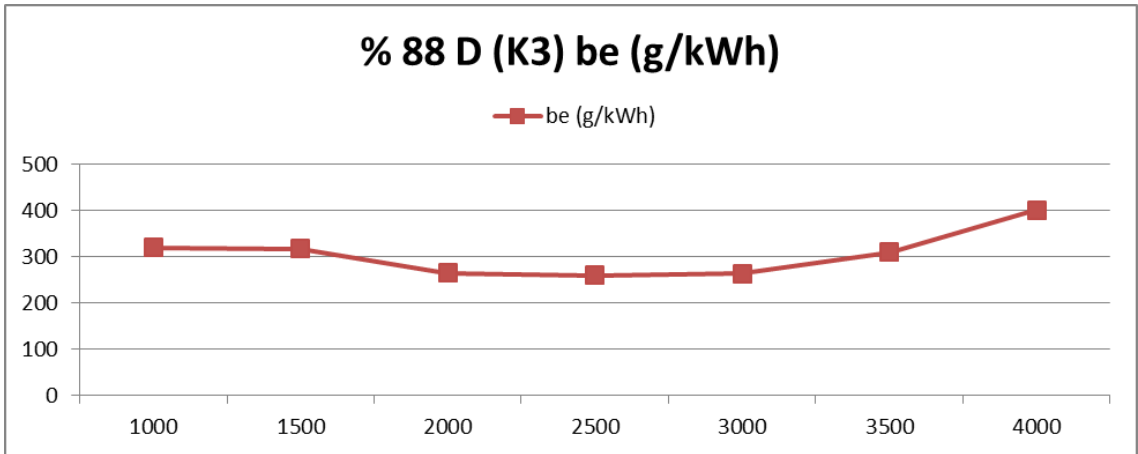
Şekil 4.32 : K3 Karışımı Moment değerleri



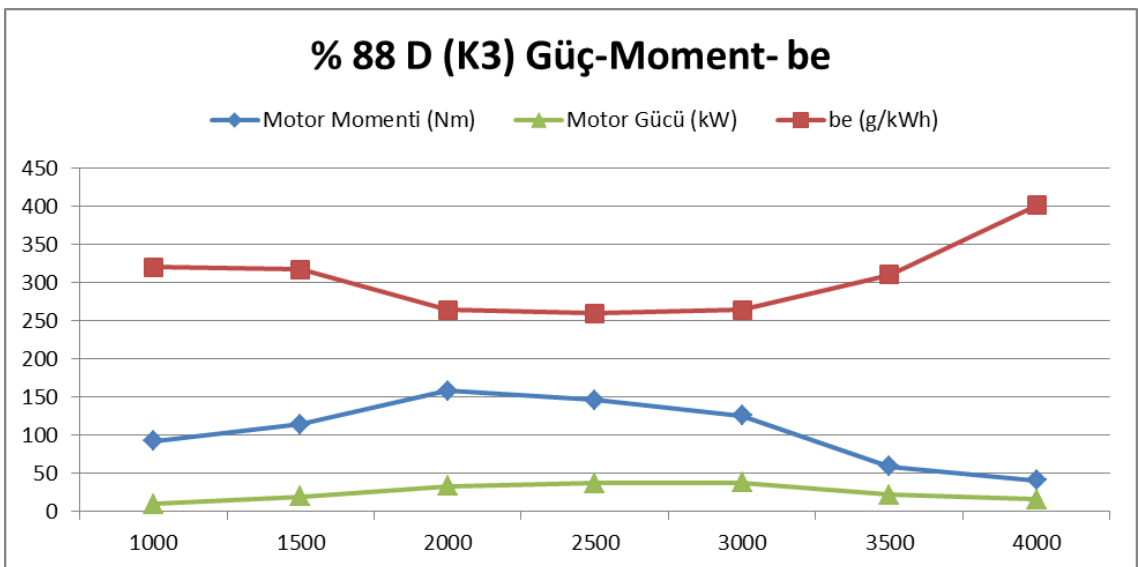
Şekil 4.33 : K3 Karışımı Güç değerleri



Şekil 4.34 : K3 Karışımı soğutma suyu sıcaklığı değerleri



Şekil 4.35 : K3 Karışımı özgül yakıt tüketimi değerleri



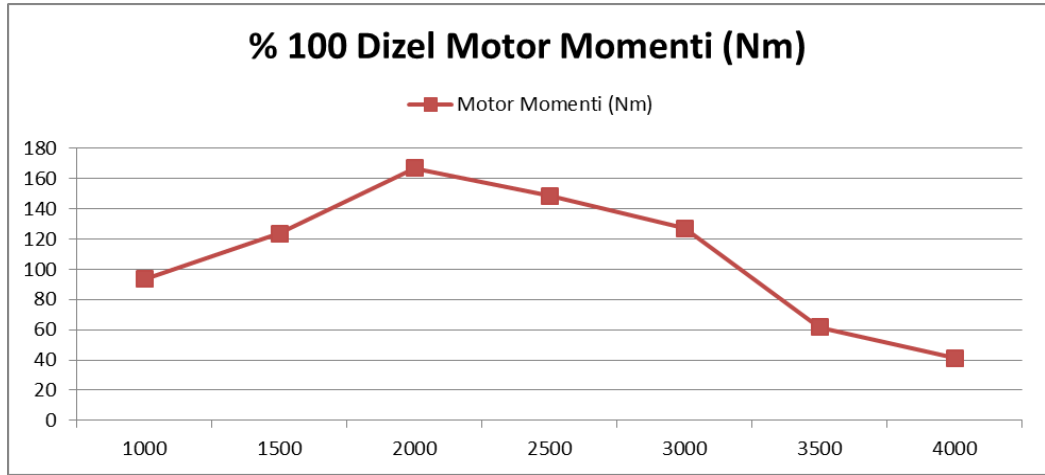
Şekil 4.36 : K3 Karışımı Moment/Güç değerleri



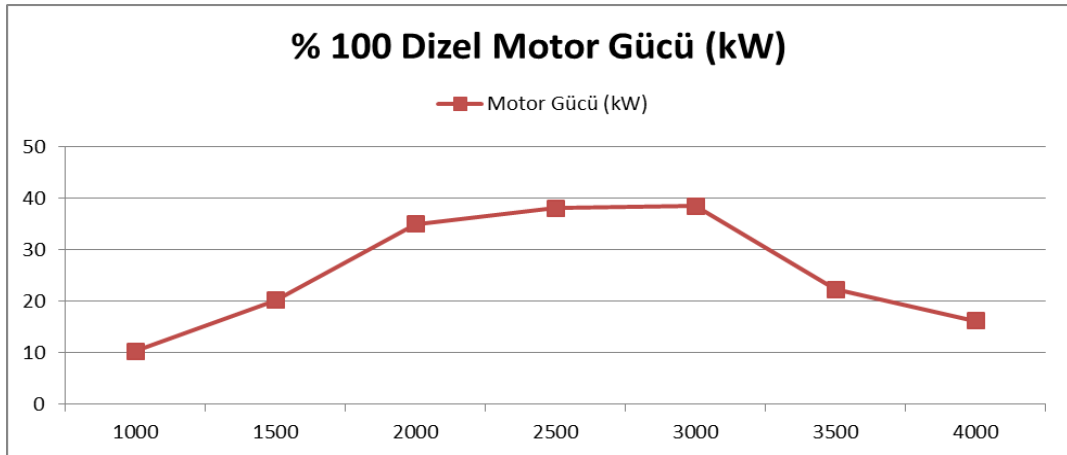
#### 4.8 % 100 Dizel Yakıtı (Yakıt sisteminin bakımından sonra)

Devir(rpm)	Motor Momenti (Nm)	Motor Gücü (kW)	Soğutma Suyu Çıkış Sıcaklığı (°C)	be (g/kWh)
1000	93,5	10,24	107	255,68
1500	123,6	20,15	111	244,17
2000	166,86	34,99	113	236,64
2500	148,68	38,11	139,4	214,12
3000	127,1	38,52	125,5	214,95
3500	61,75	22,29	131	304,2
4000	41,35	16,16	133	375,2

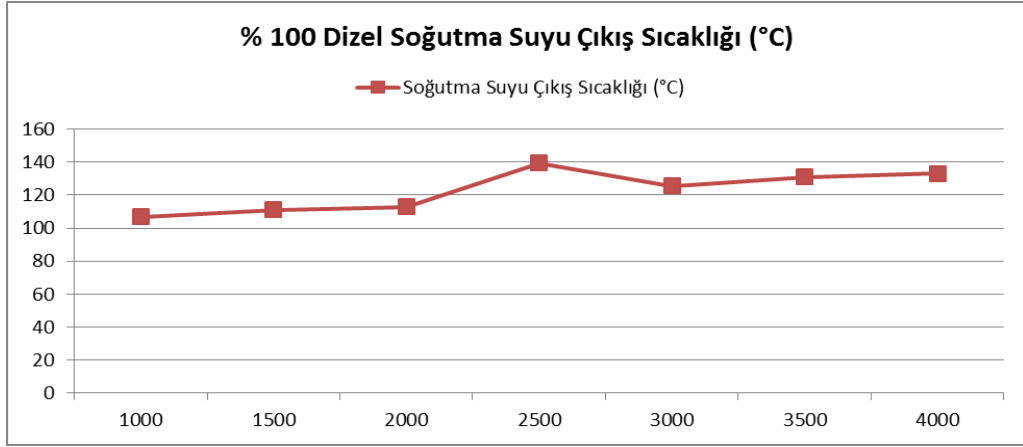
Tablo 11 : % 100 Dizel yakıtı Test Sonuçları



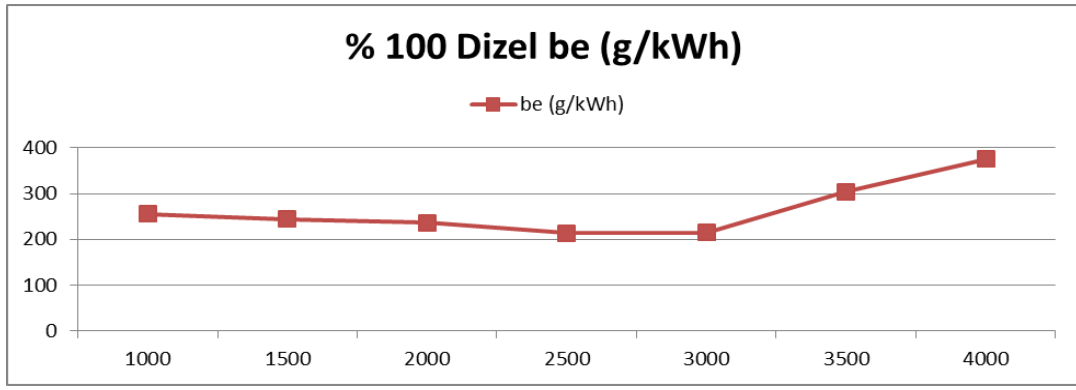
Şekil 4.37 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri



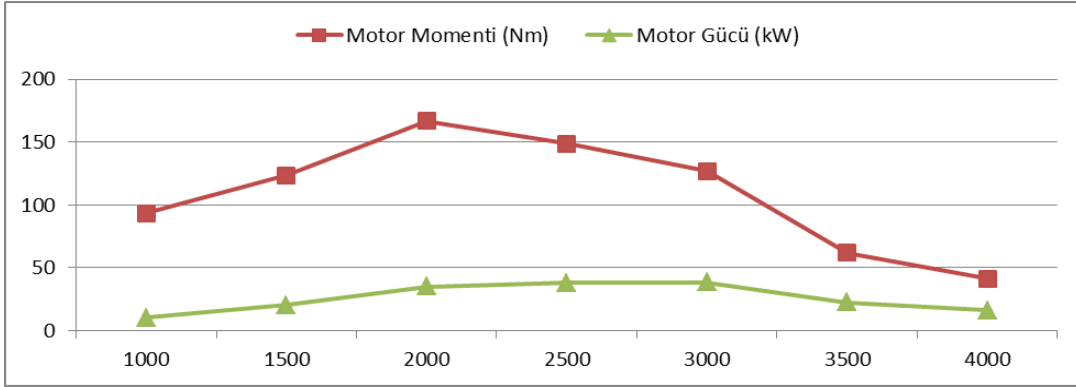
Şekil 4.38 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri



Şekil 4.39 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri



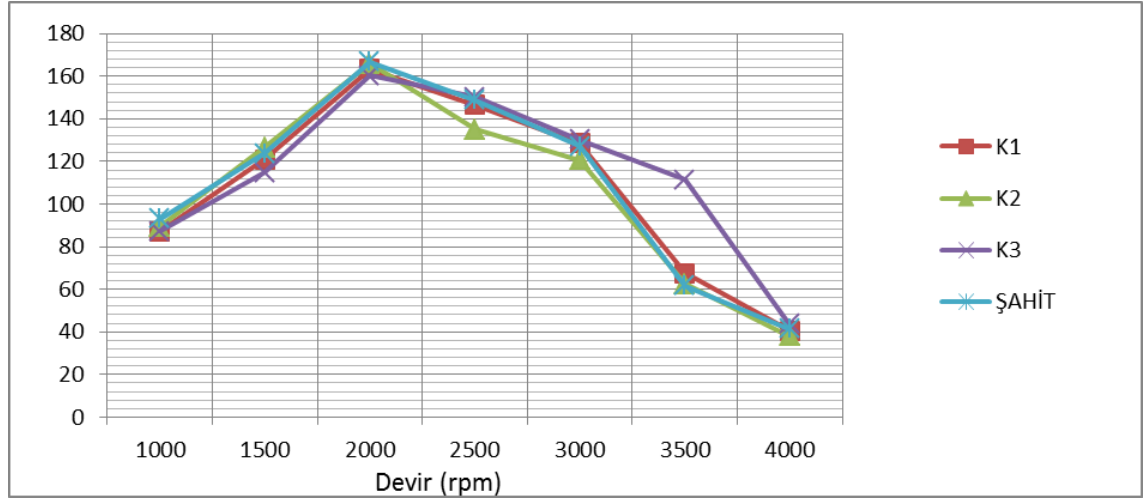
Şekil 4.40 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri



Şekil 4.41 : %100 Dizel yakıtı Moment/Güç değerleri

#### 4.5 Tartışma

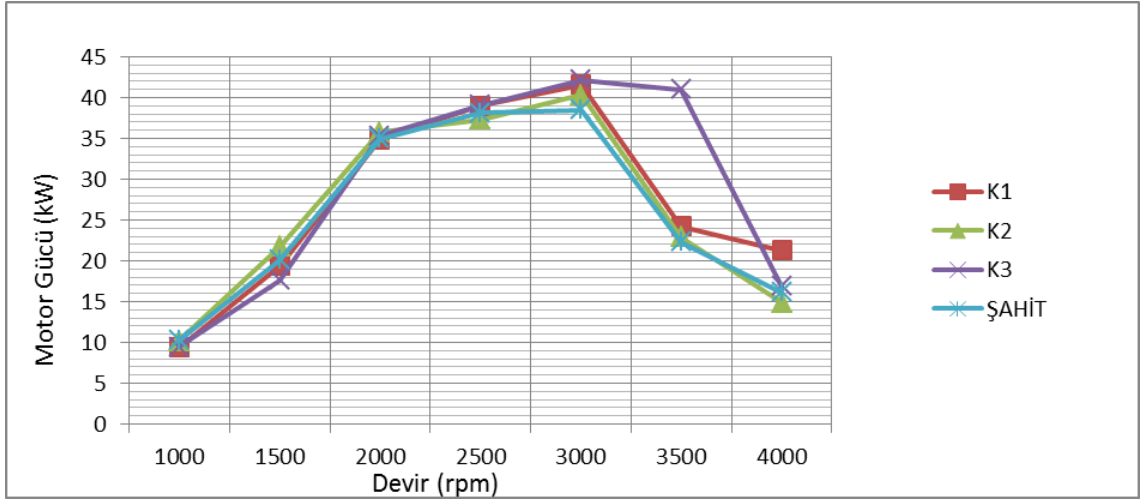
Yakıt sisteminin bakımı öncesi elde edilen sonuçları Motor Momenti açısından ele almamız gerekirse eğer, mevcut olan bütün verileri bir grafikte toplayarak Şekil 4.42 deki grafiği elde edebiliriz.



Şekil 4.42: Bakım Öncesi Tüm Karışımların Motor Momentleri Açısından Kıyaslanması

Grafikte de görüldüğü üzere bütün yakıt türlerinde maksimum motor momenti 1750 – 2250 rpm arasında oluşmaktadır fakat burada dikkatimizi çekmesi gereken önemli bir konu daha vardır buda hangi karışımın daha uzun süre boyunca motor momentini değerini sağlayabildiğidir. Grafikte de görüldüğü üzere K3 yakıt karışımı 3500 rpm değerine kadar 116 Nm tork sağlayabilmekte iken diğer karışımlarda bu devirde tork 60-80 Nm arasına kadar düşmektedir. Bu tork düşüşü ideal parametreler ile karşılaştırıldığı zaman normal gibi gözüksede K3 dizel karışımı bu açıdan Şahit dizel yakıtı ve diğer karışımların bir adım öne geçmiştir.

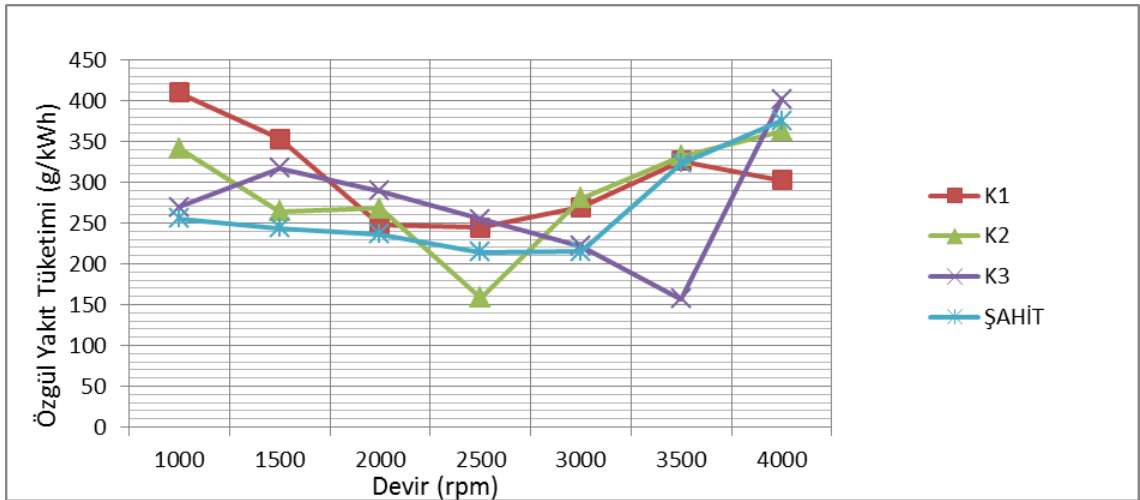
Motor gücü olarak değerleri incelediğimiz zaman ise yine tüm karışımdalardaki değerleri tek bir grafiğe toplayarak Şekil 4.43'deki grafiği elde edebiliriz.



Şekil 4.43 : Bakım Öncesi Tüm Karışımların Motor Gücü Açısından Kıyaslanması

Bu grafikte motor gücü değerlerinin tüm karışımlar için 2750 – 3250 rpm aralığında maksimum değerine ulaştığı görülmüştür. Fakat buradada dikkatimizi çeken husus %88 lik karışımdaki ayrıcalıktır. Burada da görüldüğü üzere K3 karışımı motor gücü değerini 3500 rpm e kadar diğer yakıt karışımlarına oranla daha iyi düzeyde korumaktadır ve güç kaybı bariz olarak 3500 rpm den sonra başlamaktadır. Diğer yakıt karışımlarında 20-25 kW civarında güç üretilirken K3 karışımında bu oran %40 ın üzerindedir.

Özgül yakıt tüketimi değerleri açısından tüm verileri tek grafikte toplayarak incelersek eğer Şekil 4.44 deki grafiği elde edebiliriz.

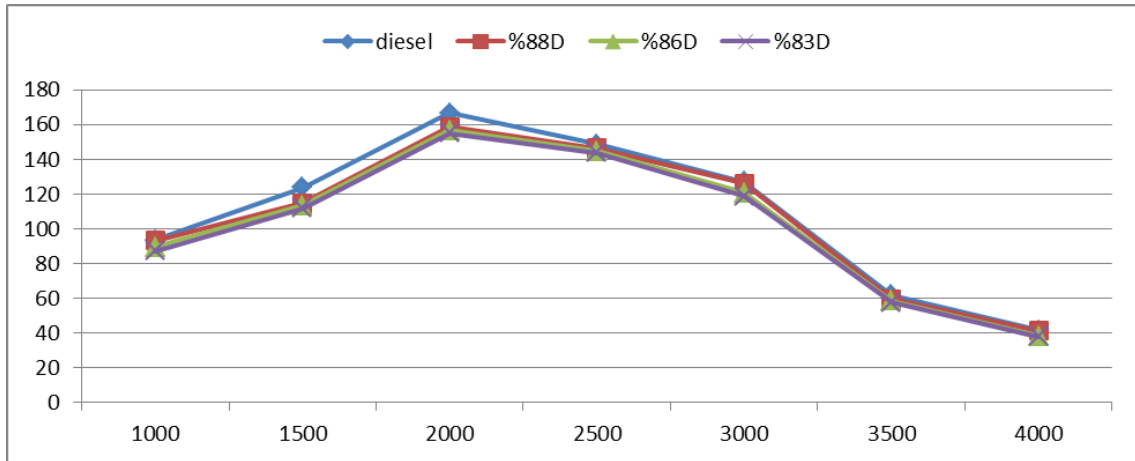


Şekil 4.44 : Bakım Öncesi Tüm Karışımların Min. Özgül Yakıt Tüketimi Açısından Kıyaslanması

Bu grafikte görüldüğü üzere tüm yakıt karışımlarının farklı kimyasal yapıları olduğu için değerlerde bir ayrışma ve daha heterojen bir yapı söz konusudur. K2

karışımında 2500 rpm de minimum özgül yakıt tüketimi değerini sağlar iken %100 dizel yakıtının minimum değeri 200 g/kWh değerinin üzerinde kalmıştır. Özgül yakıt tüketimi değeri açısından en iyi değerleri K2 ve K3 karışımları sağlamakta iken K1 karışımının özgül yakıt tüketimi değerleri beklenen değerden daha üstündür. Dikkat çeken bir konu ise şudur, %88 lik karışım 3500 rpm devirde minimum özgül yakıt tüketimini sağlamaktadır ve bu diğer karışımların özgül yakıt tüketimleri ile de kıyaslandığı zaman en düşük olan değerdir. K2 karışımı ise 2500 rpm de minimum özgül yakıt tüketimini sağlamaktadır. Bu değer ise diğer karışımlar içerisindeki en düşük 2. Değer olma özelliğini taşımaktadır. Bu yakıt karışımlarını Şahit dizel yakıtı ve K1 karışımı takip etmektedir. Bulunan sonuçların aralarındaki ilişkiler ise SPSS istatistik programında regresyon denklemlerinde verilmiştir (Ek-2).

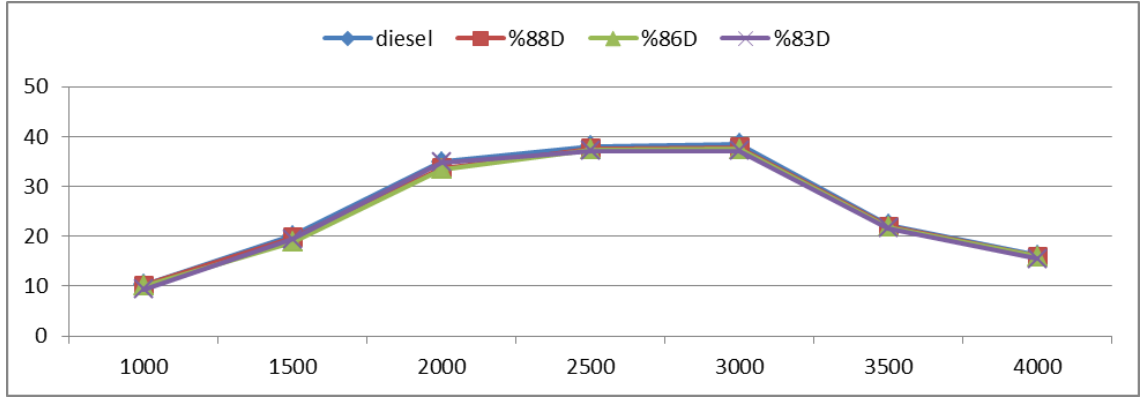
**Yakıt sisteminin bakımı sonrası elde edilen** sonuçları Motor Momenti açısından ele almamız gerekirse eğer, mevcut olan bütün verileri bir grafikte toplayarak Şekil 4.45'deki grafiği elde edebiliriz.



**Şekil 4.45: Bakım Sonrası Tüm Karışımların Motor Momentleri Açısından Kıyaslanması**

Grafikte de görüldüğü üzere bütün yakıt türlerinde maksimum motor momenti 1750 – 2250 rpm arasında oluşmaktadır. Grafiktende görüldüğü üzere en büyük moment değeri 2000 rpm'de 166,86 Nm değeri ile dizel yakıtında elde edilmiştir. Bunu sırası ile % 88 D (158,8 Nm) %86 D (156.6 Nm) ve 155,2 Nm ile % 83 D takip etmektedir.

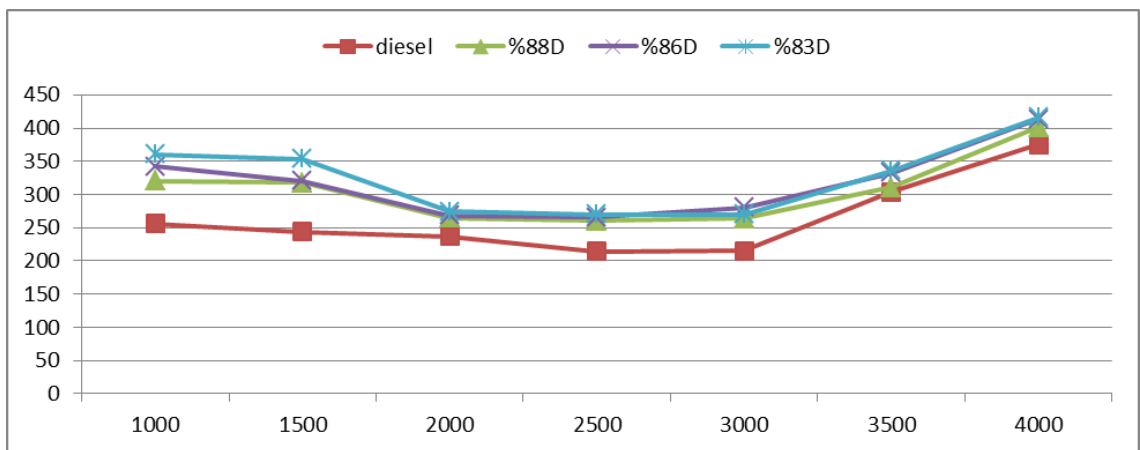
Yakıt sisteminin bakımı sonrası Motor gücü olarak değerleri incelediğimiz zaman ise yine tüm karışımdalardaki değerleri tek bir grafiğe toplayarak Şekil 4.46'daki grafiği elde edebiliriz.



**Şekil 4.46 : Bakım Sonrası Tüm Karışımların Motor Gücü Açısından Kıyaslanması**

Bu grafikte motor gücü değerlerinin tüm karışımlar için 2500 – 3000 rpm aralığında maksimum değerine ulaştığı görülmüştür. Fakat buradada dikkatimizi çeken husus %88 lik karışımdaki ayrıcalıktır. Burada da görüldüğü üzere K3(% 88 D) karışımı motor gücü değerini 3500 rpm e kadar diğer yakıt karışımlarına oranla daha iyi düzeyde korumaktadır ve güç kaybı bariz olarak 3250 rpm den sonra başlamaktadır. En büyük motor gücü değeri 3000 rpm’de 38.52 kW ile dizel yakıtında ölçülmüştür. Bunu sırası ile 37.9 kw (%88 D- K3), 37.5 kw (% 86 D-K2) ve 37.1 kW ile % 83 D (K1) karışımı takip etmektedir.

Yakıt sisteminin bakımı sonrası özgül yakıt tüketimi değerleri açısından tüm verileri tek grafikte toplayarak incelersek eğer Şekil 4.47’deki grafiği elde edebiliriz.



**Şekil 4.47 : Bakım sonrası Tüm Karışımların Min. Özgül Yakıt Tüketimi Açısından Kıyaslanması**

Bu grafikte görüldüğü üzere tüm yakıt karışımlarının farklı kimyasal yapıları olduğu için değerlerde sapmalar mevcuttur. Yine en düşük özgül yakıt tüketimi 2500

rpm'de dizel yakıtında 214.12 gr/kWh ile gerçekleşirken, bunu sırasıyla % 88 D(K3) 260.3 gr/kWh, % 86 D (K2) 265.9 gr/kWh ve % 83 D (K1) 270.32 gr/kwh değeri ile takip etmektedir.

Yakıt sistemi bakım öncesi ve bakım sonrası bulunan sonuçların aralarındaki ilişkiler ise SPSS istatistik programında regresyon denklemlerinde verilmiştir (Ek-2).

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

### 5.1 Sonuçlar

#### Yakıt sisteminin bakım öncesi değerleri

##### Motor Momenti (Tork Değerleri)

- Yakıt sistemi bakım öncesi bütün yakıt türlerinde maksimum motor momenti 1750 – 2250 rpm arasında oluşmaktadır.
- Fakat burada dikkatimizi çekmesi gereken önemli bir konu daha vardır buda hangi karışımın daha uzun süre boyunca motor momenti değerini sağlayabildiğidir.
- Yakıt sistemi bakım öncesinde sonuçlardan da görüldüğü üzere K3 yakıt karışımı 3500 rpm değerine kadar 116 Nm tork sağlayabilmekte iken diğer karışımlarda bu devirde tork 60-80 Nm arasına kadar düşmektedir.
- Yakıt sistemi bakım öncesinde elde edilen değerlerde bu tork düşüşü ideal parametreler ile karşılaştırıldığı zaman normal gibi gözüksede K3 dizel karışımı bu açıdan Şahit dizel yakıtı ve diğer karışımların bir adım öne geçmiştir.

##### Motor Gücü Değerleri

- Yakıt sistemi bakım öncesi motor gücü değerlerinin tüm karışımlar için 2750 – 3250 rpm aralığında maksimum değerine ulaştığı görülmüştür.
- Fakat buradada dikkatimizi çeken husus %88 lik karışımdaki ayrıcalıktır. Burada da görüldüğü üzere K3 karışımı motor gücü değerini 3500 rpm e kadar diğer yakıt karışımlarına oranla daha iyi düzeyde korumaktadır ve güç kaybı bariz olarak 3500 rpm den sonra başlamaktadır.
- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde diğer yakıt karışımlarında 20-25 kW civarında güç üretilirken K3 karışımında bu oran %40 ın üzerindedir.

##### Özgül Yakıt Tüketim Değerleri

- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde tüm yakıt karışımlarının farklı kimyasal yapıları olduğu için değerlerde bir ayrışma ve daha heterojen bir yapı söz konusudur.
- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde K2 karışımında 2500 rpm de minimum özgül yakıt tüketimi değerini sağlar iken %100 dizel yakıtının minimum değeri 200 g/kWh değerinin üzerinde kalmıştır.



- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde Özgül yakıt tüketimi değeri açısından en iyi değerleri K2 ve K3 karışımları sağlamakta iken K1 karışımının özgül yakıt tüketimi değerleri beklenen değerinden daha üstündedir.
- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde dikkat çeken bir konu ise şudur, %88 lik karışım 3500 rpm devirde minimum özgül yakıt tüketimini sağlamaktadır ve bu diğer karışımların özgül yakıt tüketimleri ile de kıyaslandığı zaman en düşük olan değerdir.
- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde K2 karışımı ise 2500 rpm de minimum özgül yakıt tüketimini sağlamaktadır. Bu değer ise diğer karışımlar içerisindeki en düşük 2. Değer olma özelliğini taşımaktadır.
- Yakıt sistemi bakım öncesi bulunan değerlerde bu yakıt karışımlarını Şahit dizel yakıtı ve K1 karışımı takip etmektedir.

### **Yakıt sisteminin bakım sonrası değerleri**

#### **Motor Momenti (Tork Değerleri)**

- Bütün yakıt türlerinde maksimum motor momentini 1750 – 2250 rpm arasında oluşmaktadır.
- En büyük moment değeri 2000 rpm’de 166,86 Nm değeri ile dizel yakıtında elde edilmiştir. Bunu sırası ile % 88 D (158,8 Nm) %86 D (156.6 Nm) ve 155,2 Nm ile % 83 D takip etmektedir.

#### **Motor Gücü Değerleri**

- Yakıt sistemi bakım öncesi motor gücü değerlerinin tüm karışımlar için 2500 – 3000 rpm aralığında maksimum değerine ulaştığı görülmüştür.
- K3(% 88 D) karışımı motor gücü değerini 3500 rpm e kadar diğer yakıt karışımlarına oranla daha iyi düzeyde korumaktadır ve güç kaybı bariz olarak 3250 rpm den sonra başlamaktadır.
- En büyük motor gücü değeri 3000 rpm’de 38.52 kW ile dizel yakıtında ölçülmüştür.
- Bunu sırası ile 37.9 kw (%88 D- K3), 37.5 kw (% 86 D-K2) ve 37.1 kW ile % 83 D (K1) karışımı takip etmektedir.

#### **Özgül Yakıt Tüketim Değerleri**

- Tüm yakıt karışımlarının farklı kimyasal yapıları olduğu için değerlerde sapmalar mevcuttur.

- Yine en düşük özgül yakıt tüketimi 2500 rpm'de dizel yakıtında 214.12 gr/kWh ile gerçekleşirken, bunu sırasıyla % 88 D(K3) 260.3 gr/kWh, % 86 D (K2) 265.9 gr/kWh ve % 83 D (K1) 270.32 gr/kwh değeri ile takip etmektedir.

## 5.2 Öneriler

Bu elde edilen sonuçlara göre farklı yakıt karışımlarının özellikle diesel motorlarda kullanılabilmesi için;

Motor denemelerinin sağlıklı yapılabilmesi için mutlaka yakıtın yanında deney motorunun da kalibrasyonunu, bakımı ve özellikle yakıt sistemi ile ilgili ayarlarının en azından orijinal ayarlarına yakın olması gerekmektedir.

Çok yakıtlı denemelerde, her denemede özellikle yakıt filtresi, yakıt pompası, dizel araçlar için enjeksiyon memeleri, hava filtresi temizlenmeli ve bakımı yapılmalıdır.

Isıl değeri birbirine yakın yakıtlar karışım yapılmalıdır.

Yanmanın tam olabilmesi için parlama noktası uygun yakıt türleri seçilmelidir.

Uygun tork ve güç eldesi için faz ayrışmasını en aza indirgeyecek ve daha az heterojen yapıdaki yakıtlar tercih edilmeli veya bu özelliği dengeleyebilecek yakıt türlerindn karışım yapılmalıdır.

Diesel araçlarda 4 farklı yakıt karışımı kullanabilmek için mutlaka setan sayısı yüksek bir yakıt karışım olarak kullanılmalıdır.

Motor performans değerlerinin tam olarak sağlanabilmesi için bu tip çalışmaların farklı karışım oranlarında da denenmesi gerekmektedir.

## KAYNAKLAR

- ❖ Abdul-Manan AFN, Baharuddin A, Chang LW, 2014. A detailed survey of the palm and biodiesel industry landscape in Malaysia. *Energy*, 76, 931-41.
- ❖ Abedin MJ, Masjuki HH, Kalam MA, Sanjid A, Rahman SMA, Fattah IMR, 2014. Performance, emissions, and heat losses of palm and jatropha biodiesel blends in a diesel engine. *Industrial Crops and Products*, 59, 96-104.
- ❖ Acaroğlu, M., 2013, *Alternatif Enerji Kaynakları, Genişletilmiş 3. Baskı*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- ❖ Acaroğlu, M., Ünaldı, M., Aydoğan, H., 2010, *Yakıtlar ve Yanma*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- ❖ Acevedo JC, Hernandez JA, Valdes CF, Khanal SK, 2015. Analysis of operating costs for producing biodiesel from palm oil at pilot-scale in Colombia. *Bioresource technology*, 188, 117-23.
- ❖ Agarwal AK, 2007. Biofuels (alcohols and biodiesel) applications as fuels for internal combustion engines. *Progress in Energy and Combustion Science*, 33, 3, 233-71.
- ❖ Agarwal AK, Gupta T, Shukla PC, Dhar A, 2015. Particulate emissions from biodiesel fuelled CI engines. *Energy Conversion and Management*, 94, 311-30.
- ❖ Aghel B, Rahimi M, Sepahvand A, Alitabar M, Ghasempour HR, 2014. Using a wire coil insert for biodiesel production enhancement in a microreactor. *Energy Conversion and Management*, 84, 541-9.
- ❖ Alamu OJ, Waheed MA, Jekayinfa SO, 2008. Effect of ethanol–palm kernel oil ratio on alkali-catalyzed biodiesel yield. *Fuel*, 87, 8-9, 1529-33.
- ❖ Alves SM, Mello VS, Medeiros JS, 2013. Palm and soybean biodiesel compatibility with fuel system elastomers. *Tribology International*, 65, 74-80.
- ❖ An H, Yang WM, Li J, 2015. Numerical modeling on a diesel engine fueled by biodiesel–methanol blends. *Energy Conversion and Management*, 93, 100-8.
- ❖ ASTM D4052 - 09 Standard Test Method for Density, Relative Density, and API Gravity of Liquids by Digital Density Meter
- ❖ Atabani AE, Mahlia TMI, Masjuki HH, Badruddin IA, Yussof HW, Chong WT, Lee KT, 2013. A comparative evaluation of physical and chemical properties of biodiesel synthesized from edible and non-edible oils and study on the effect of biodiesel blending. *Energy*, 58, 296-304.

- ❖ Atmanli A, Ileri E, Yuksel B, Yilmaz N, 2015. Extensive analyses of diesel–vegetable oil–n-butanol ternary blends in a diesel engine. *Applied Energy*, 145, 155-62.
- ❖ Aydoğan, H., 2006, Diesel Motorlarında Çeşitli Yakıt Enjeksiyon Sistemlerinin Egzoz Emisyonlarına Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Makina Eğitimi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara, 88.
- ❖ Aydoğan, H., 2011. BİYOETANOL - DİZEL YAKITI KARIŞIMLARININ (E-DİZEL) MOTOR PERFORMANS VE EMİSYONLARINA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI, S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Otomotiv ABD Doktora Tezi, 136 sayfa, Konya.
- ❖ Bayraktar H, 2008. An experimental study on the performance parameters of an experimental CI engine fueled with diesel–methanol–dodecanol blends. *Fuel*, 87, 2, 158-64.
- ❖ Bazargan A, Kostić MD, Stamenković OS, Veljković VB, McKay G, 2015. A calcium oxide-based catalyst derived from palm kernel shell gasification residues for biodiesel production. *Fuel*, 150, 519-25.
- ❖ Benjumea P, Agudelo J, Agudelo A, 2008. Basic properties of palm oil biodiesel–diesel blends. *Fuel*, 87, 10-11, 2069-75.
- ❖ Benjumea P, Agudelo J, Agudelo A, 2009. Effect of altitude and palm oil biodiesel fuelling on the performance and combustion characteristics of a HSDI diesel engine. *Fuel*, 88, 4, 725-31.
- ❖ Biktashev SA, Usmanov RA, Gabitov RR, Gazizov RA, Gumerov FM, Gabitov FR, Abdulagatov IM, Yarullin RS, Yakushev IA, 2011. Transesterification of rapeseed and palm oils in supercritical methanol and ethanol. *Biomass and Bioenergy*, 35, 7, 2999-3011.
- ❖ César AdS, Batalha MO, 2013. Brazilian biodiesel: The case of the palm's social projects. *Energy Policy*, 56, 165-74.
- ❖ Chen G, Shan R, Shi J, Yan B, 2014. Ultrasonic-assisted production of biodiesel from transesterification of palm oil over ostrich eggshell-derived CaO catalysts. *Bioresource technology*, 171, 428-32.
- ❖ Cheng X, Ng HK, Gan S, Ho JH, Pang KM, 2015. Development and validation of a generic reduced chemical kinetic mechanism for CFD spray combustion modelling of biodiesel fuels. *Combustion and Flame*, 162, 6, 2354-70.
- ❖ Cheung CS, Zhu L, Huang Z, 2009. Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with biodiesel and biodiesel blended with methanol. *Atmospheric Environment*, 43, 32, 4865-72.

- ❖ Chew KV, Haseeb ASMA, Masjuki HH, Fazal MA, Gupta M, 2013. Corrosion of magnesium and aluminum in palm biodiesel: A comparative evaluation. *Energy*, 57, 478-83.
- ❖ Cho HJ, Kim J-K, Ahmed F, Yeo Y-K, 2013. Life-cycle greenhouse gas emissions and energy balances of a biodiesel production from palm fatty acid distillate (PFAD). *Applied Energy*, 111, 479-88.
- ❖ Cho HJ, Kim J-K, Hong SW, Yeo Y-K, 2012. Development of a novel process for biodiesel production from palm fatty acid distillate (PFAD). *Fuel Processing Technology*, 104, 271-80.
- ❖ Debnath BK, Sahoo N, Saha UK, 2013. Adjusting the operating characteristics to improve the performance of an emulsified palm oil methyl ester run diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 69, 191-8.
- ❖ Debnath BK, Sahoo N, Saha UK, 2013. Thermodynamic analysis of a variable compression ratio diesel engine running with palm oil methyl ester. *Energy Conversion and Management*, 65, 147-54.
- ❖ Demirbas A, 2005. Biodiesel production from vegetable oils via catalytic and non-catalytic supercritical methanol transesterification methods. *Progress in Energy and Combustion Science*, 31, 5-6, 466-87.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2010. Comparative corrosive characteristics of petroleum diesel and palm biodiesel for automotive materials. *Fuel Processing Technology*, 91, 10, 1308-15.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2011. Biodiesel feasibility study: An evaluation of material compatibility; performance; emission and engine durability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 2, 1314-24.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2011. Effect of different corrosion inhibitors on the corrosion of cast iron in palm biodiesel. *Fuel Processing Technology*, 92, 11, 2154-9.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2011. Effect of temperature on the corrosion behavior of mild steel upon exposure to palm biodiesel. *Energy*, 36, 5, 3328-34.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2012. Degradation of automotive materials in palm biodiesel. *Energy*, 40, 1, 76-83.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2013. Corrosion mechanism of copper in palm biodiesel. *Corrosion Science*, 67, 50-9.

- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2013. Investigation of friction and wear characteristics of palm biodiesel. *Energy Conversion and Management*, 67, 251-6.
- ❖ Fazal MA, Haseeb ASMA, Masjuki HH, 2014. A critical review on the tribological compatibility of automotive materials in palm biodiesel. *Energy Conversion and Management*, 79, 180-6.
- ❖ Fazal MA, Jakeria MR, Haseeb ASMA, 2014. Effect of copper and mild steel on the stability of palm biodiesel properties: A comparative study. *Industrial Crops and Products*, 58, 8-14.
- ❖ Gulzar M, Masjuki HH, Kalam MA, Varman M, Rizwanul Fattah IM, 2015. Oil filter modification for biodiesel-fueled engine: A pathway to lubricant sustainability and exhaust emissions reduction. *Energy Conversion and Management*, 91, 168-75.
- ❖ Hameed BH, Lai LF, Chin LH, 2009. Production of biodiesel from palm oil (*Elaeis guineensis*) using heterogeneous catalyst: An optimized process. *Fuel Processing Technology*, 90, 4, 606-10.
- ❖ Haseeb ASMA, Jun TS, Fazal MA, Masjuki HH, 2011. Degradation of physical properties of different elastomers upon exposure to palm biodiesel. *Energy*, 36, 3, 1814-9.
- ❖ Haseeb ASMA, Masjuki HH, Siang CT, Fazal MA, 2010. Compatibility of elastomers in palm biodiesel. *Renewable Energy*, 35, 10, 2356-61.
- ❖ Haseeb ASMA, Sia SY, Fazal MA, Masjuki HH, 2010. Effect of temperature on tribological properties of palm biodiesel. *Energy*, 35, 3, 1460-4.
- ❖ Hayyan A, Ali Hashim M, Mjalli FS, Hayyan M, AlNashef IM, 2013. A novel phosphonium-based deep eutectic catalyst for biodiesel production from industrial low grade crude palm oil. *Chemical Engineering Science*, 92, 81-8.
- ❖ Ho WW, Ng HK, Gan S, 2012. Development and characterisation of novel heterogeneous palm oil mill boiler ash-based catalysts for biodiesel production. *Bioresource technology*, 125, 158-64.
- ❖ Hoekman SK, Broch A, Robbins C, Cenicerros E, Natarajan M, 2012. Review of biodiesel composition, properties, and specifications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16, 1, 143-69.
- ❖ Imtenan S, Masjuki HH, Varman M, Arbab MI, Sajjad H, Fattah IMR, Abedin MJ, Hasib ASM, 2014. Emission and Performance Improvement Analysis of Biodiesel-diesel Blends with Additives. *Procedia Engineering*, 90, 472-7.

- ❖ Imtenan S, Masjuki HH, Varman M, Kalam MA, Arbab MI, Sajjad H, Ashrafur Rahman SM, 2014. Impact of oxygenated additives to palm and jatropha biodiesel blends in the context of performance and emissions characteristics of a light-duty diesel engine. *Energy Conversion and Management*, 83, 149-58.
- ❖ Imtenan S, Masjuki HH, Varman M, Rizwanul Fattah IM, Sajjad H, Arbab MI, 2015. Effect of n-butanol and diethyl ether as oxygenated additives on combustion–emission–performance characteristics of a multiple cylinder diesel engine fuelled with diesel–jatropha biodiesel blend. *Energy Conversion and Management*, 94, 84-94.
- ❖ Jairurob P, Phalakornkule C, Na-udom A, Petiraksakul A, 2013. Reactive extraction of after-stripping sterilized palm fruit to biodiesel. *Fuel*, 107, 282-9.
- ❖ Jena J, Misra RD, 2014. Effect of fuel oxygen on the energetic and exergetic efficiency of a compression ignition engine fuelled separately with palm and karanja biodiesels. *Energy*, 68, 411-9.
- ❖ Kalinci Y, Hepbasli A, Dincer I, 2011. Comparative exergetic performance analysis of hydrogen production from oil palm wastes and some other biomasses. *International Journal of Hydrogen Energy*, 36, 17, 11399-407.
- ❖ Kannan GR, Karvembu R, Anand R, 2011. Effect of metal based additive on performance emission and combustion characteristics of diesel engine fuelled with biodiesel. *Applied Energy*, 88, 11, 3694-703.
- ❖ Lin C-Y, Chiu C-C, 2010. Burning characteristics of palm-oil biodiesel under long-term storage conditions. *Energy Conversion and Management*, 51, 7, 1464-7.
- ❖ Lin Y-C, Hsu K-H, Lin J-F, 2014. Rapid palm-biodiesel production assisted by a microwave system and sodium methoxide catalyst. *Fuel*, 115, 306-11.
- ❖ Malvade AV, Satpute ST, 2013. Production of Palm Fatty Acid Distillate Biodiesel and Effects of its Blends on Performance of Single Cylinder Diesel Engine. *Procedia Engineering*, 64, 1485-94.
- ❖ Moser BR, 2012. Efficacy of specific gravity as a tool for prediction of biodiesel–petroleum diesel blend ratio. *Fuel*, 99, 254-61.
- ❖ Na-Ranong D, Kitchaiya P, 2014. Precipitation above cloud point in palm oil based biodiesel during production and storage. *Fuel*, 122, 287-93.
- ❖ Nikhom R, Tongurai C, 2014. Production development of ethyl ester biodiesel from palm oil using a continuous deglycerolisation process. *Fuel*, 117, 926-31.



- ❖ Obadiah A, Swaroopa GA, Kumar SV, Jeganathan KR, Ramasubbu A, 2012. Biodiesel production from palm oil using calcined waste animal bone as catalyst. *Bioresource technology*, 116, 512-6.
- ❖ Ong HC, Mahlia TMI, Masjuki HH, Honnery D, 2012. Life cycle cost and sensitivity analysis of palm biodiesel production. *Fuel*, 98, 131-9.
- ❖ Ögüt, H., Oğuz, H., 2006, *Biyodizel : Üçüncü milenyum yakıtı*, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- ❖ Örs, İ., 2007, *Benzin-Etanol Karışımlarının Taşıt Performansına Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi*, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 63.
- ❖ Özçelik AE, Aydoğan H, Acaroğlu M, 2015. Determining the performance, emission and combustion properties of camelina biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 96, 47-57.
- ❖ Öztürk E, 2015. Performance, emissions, combustion and injection characteristics of a diesel engine fuelled with canola oil–hazelnut soapstock biodiesel mixture. *Fuel Processing Technology*, 129, 183-91.
- ❖ Plata V, Gauthier-Maradei P, Kafarov V, 2015. Influence of minor components on precipitate formation and filterability of palm oil biodiesel. *Fuel*, 144, 130-6.
- ❖ Qi D, Leick M, Liu Y, Lee C-ff, 2011. Effect of EGR and injection timing on combustion and emission characteristics of split injection strategy DI-diesel engine fueled with biodiesel. *Fuel*, 90, 5, 1884-91.
- ❖ Qi DH, Chen H, Geng LM, Bian YZ, 2011. Effect of diethyl ether and ethanol additives on the combustion and emission characteristics of biodiesel-diesel blended fuel engine. *Renewable Energy*, 36, 4, 1252-8.
- ❖ Qi DH, Chen H, Geng LM, Bian YZ, Ren XC, 2010. Performance and combustion characteristics of biodiesel–diesel–methanol blend fuelled engine. *Applied Energy*, 87, 5, 1679-86.
- ❖ Rajasekar E, Selvi S, 2014. Review of combustion characteristics of CI engines fueled with biodiesel. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 35, 390-9.
- ❖ Rashedul HK, Masjuki HH, Kalam MA, Ashraful AM, Ashrafur Rahman SM, Shahir SA, 2014. The effect of additives on properties, performance and emission of biodiesel fuelled compression ignition engine. *Energy Conversion and Management*, 88, 348-64.
- ❖ Rincón LE, Valencia MJ, Hernández V, Matallana LG, Cardona CA, 2015. Optimization of the Colombian biodiesel supply chain from oil palm crop based

- on techno-economical and environmental criteria. *Energy Economics*, 47, 154-67.
- ❖ Rizwanul Fattah IM, Masjuki HH, Kalam MA, Mofijur M, Abedin MJ, 2014. Effect of antioxidant on the performance and emission characteristics of a diesel engine fueled with palm biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 79, 265-72.
  - ❖ Rocha EGdA, Follegatti-Romero LA, Duvoisin S, Aznar M, 2014. Liquid-liquid equilibria for ternary systems containing ethylic palm oil biodiesel+ethanol+glycerol/water: Experimental data at 298.15 and 323.15K and thermodynamic modeling. *Fuel*, 128, 356-65.
  - ❖ Rodríguez RP, 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, 2, 766-72.
  - ❖ Roy MM, Wang W, Alawi M, 2014. Performance and emissions of a diesel engine fueled by biodiesel-diesel, biodiesel-diesel-additive and kerosene-biodiesel blends. *Energy Conversion and Management*, 84, 164-73.
  - ❖ Salamatinia B, Mootabadi H, Bhatia S, Abdullah AZ, 2010. Optimization of ultrasonic-assisted heterogeneous biodiesel production from palm oil: A response surface methodology approach. *Fuel Processing Technology*, 91, 5, 441-8.
  - ❖ Salomón M, Gomez MF, Martin A, 2013. Technical polygeneration potential in palm oil mills in Colombia: A case study. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 3, 40-52.
  - ❖ Sanjid A, Masjuki HH, Kalam MA, Rahman SMA, Abedin MJ, Palash SM, 2014. Production of palm and jatropha based biodiesel and investigation of palm-jatropha combined blend properties, performance, exhaust emission and noise in an unmodified diesel engine. *Journal of Cleaner Production*, 65, 295-303.
  - ❖ Sanjid A, Masjuki HH, Kalam MA, Rahman SMA, Abedin MJ, Reza MI, 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 MA, 2012. Continuous production of biodiesel using supercritical fluids: A comparative study between methanol and ethanol. *Fuel Processing Technology*, 102, 110-5.

- ❖ Santos AGD, Souza LD, Caldeira VPS, Farias MF, Fernandes VJ, Araujo AS, 2014. Kinetic study and thermoxidative degradation of palm oil and biodiesel. *Thermochimica Acta*, 592, 18-22.
- ❖ Sarin R, Sharma M, Sinharay S, Malhotra RK, 2007. Jatropha–Palm biodiesel blends: An optimum mix for Asia. *Fuel*, 86, 10-11, 1365-71.
- ❖ Sayin C, 2010. Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends. *Fuel*, 89, 11, 3410-5.
- ❖ Sayin C, Ilhan M, Canakci M, Gumus M, 2009. Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel–methanol blends. *Renewable Energy*, 34, 5, 1261-9.
- ❖ Sayin C, Ozsezen AN, Canakci M, 2010. The influence of operating parameters on the performance and emissions of a DI diesel engine using methanol-blended-diesel fuel. *Fuel*, 89, 7, 1407-14.
- ❖ Sazhin SS, Al Qubeissi M, Kolodnytska R, Elwardany AE, Nasiri R, Heikal MR, 2014. Modelling of biodiesel fuel droplet heating and evaporation. *Fuel*, 115, 559-72.
- ❖ Serrano L, Lopes M, Pires N, Ribeiro I, Cascão P, Tarelho L, Monteiro A, Nielsen O, da Silva MG, Borrego C, 2015. Evaluation on effects of using low biodiesel blends in a EURO 5 passenger vehicle equipped with a common-rail diesel engine. *Applied Energy*, 146, 230-8.
- ❖ Shahir SA, Masjuki HH, Kalam MA, Imran A, Fattah IMR, Sanjid A, 2014. Feasibility of diesel–biodiesel–ethanol/bioethanol blend as existing CI engine fuel: An assessment of properties, material compatibility, safety and combustion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 379-95.
- ❖ Shahir VK, Jawahar CP, Suresh PR, 2015. Comparative study of diesel and biodiesel on CI engine with emphasis to emissions—A review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 45, 686-97.
- ❖ Silalertruksa T, Gheewala SH, 2012. Environmental sustainability assessment of palm biodiesel production in Thailand. *Energy*, 43, 1, 306-14.
- ❖ Soetaredjo FE, Ayucitra A, Ismadji S, Maukar AL, 2011. KOH/bentonite catalysts for transesterification of palm oil to biodiesel. *Applied Clay Science*, 53, 2, 341-6.
- ❖ Şahin Z, Durgun O, Kurt M, 2015. Experimental investigation of improving diesel combustion and engine performance by ethanol fumigation-heat release and flammability analysis. *Energy Conversion and Management*, 89, 175-87.

- ❖ TS-EN 590, 2010, Otomotiv yakıtları - Dizel (motorin) - Gereker ve deney yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ❖ TS-EN 116, 1997, Dizel yakıtlar ve konut ısıtmasında kullanılan yakıtlar - Soğuk filtre tıkanma noktasının tayini, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ❖ TS-EN 14214, 2003, Otomotiv yakıtları - Dizel motorlar için yağ asidi metil esterleri (YAME) - Özellikler ve deney yöntemleri, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- ❖ Wang Y, Wang X, Liu Y, Ou S, Tan Y, Tang S, 2009. Refining of biodiesel by ceramic membrane separation. *Fuel Processing Technology*, 90, 3, 422-7.
- ❖ Yao C, Cheung CS, Cheng C, Wang Y, Chan TL, Lee SC, 2008. Effect of Diesel/methanol compound combustion on Diesel engine combustion and emissions. *Energy Conversion and Management*, 49, 6, 1696-704.
- ❖ Yee KF, Tan KT, Abdullah AZ, Lee KT, 2009. Life cycle assessment of palm biodiesel: Revealing facts and benefits for sustainability. *Applied Energy*, 86, S189-S96.
- ❖ Yilmaz N, 2012. Comparative analysis of biodiesel–ethanol–diesel and biodiesel–methanol–diesel blends in a diesel engine. *Energy*, 40, 1, 210-3.
- ❖ Yunus S, Rashid AA, Abdullah NR, Mamat R, Latip SA, 2013. Emissions of Transesterification Jatropha-palm Blended Biodiesel. *Procedia Engineering*, 68, 265-70.
- ❖ Yusaf TF, Yousif BF, Elawad MM, 2011. Crude palm oil fuel for diesel-engines: Experimental and ANN simulation approaches. *Energy*, 36, 8, 4871-8.
- ❖ Zhu L, Cheung CS, Zhang WG, Huang Z, 2011. Combustion, performance and emission characteristics of a DI diesel engine fueled with ethanol–biodiesel blends. *Fuel*, 90, 5, 1743-50.
- ❖ Zuleta EC, Rios LA, Benjumea PN, 2012. Oxidative stability and cold flow behavior of palm, sacha-inchi, jatropha and castor oil biodiesel blends. *Fuel Processing Technology*, 102, 96-101.

**EK-1**

Otomotiv yakıtları – Dizel (Motorin) – Gereklere ve deney yöntemleri ile ilgili standartlar aşağıda tablo halinde verilmiştir. (Kaynak : Resmi Gazete , ICS 75.160.20, Eylül 2005)

EN,ISO,IEC vb. No	Adı (İngilizce)	TS No	Adı (Türkçe)
EN 116:1997	Diesel and domestic heating fuels - Determination of cold filter plugging point	TS EN 116	Dizel yakıtlar ve konut ısıtmasında kullanılan yakıtlar - Soğuk filtre tıkanma noktasının tayini
EN 12662:1998	Liquid petroleum products - Determination of contamination in middle distillates	TS EN 12662	Sıvı petrol ürünleri - Orta destile yakıtlar-Kirlilik tayini
EN 12916:2000	Petroleum products - Determination of aromatic hydrocarbon types in middle distillates - High performance liquid chromatography method with refractive index detection	TS EN 12916	Petrol ürünleri - Orta damıtma ürünleri - Aromatik hidrokarbon türlerinin tayini - Kırma indisi dedektörlü yüksek performans sıvı kromatografisi metodu
EN 14078:2003	Liquid petroleum products - Determination of fatty acid methyl ester (FAME) content in middle distillates - Infrared spectrometry method	TS EN 14078*	
EN 14214:2003	Automotive fuels - Fatty acid methyl esters (FAME) for diesel engines - Requirements and test methods	TS EN 14214*	Otomotiv yakıtları - Dizel motorlar için yağ asidi metil esterleri (YAME) - Özellikler ve deney yöntemleri
EN ISO 2160:1998	Petroleum products - Corrosiveness to copper - Copper strip test (ISO 2160:1998)	TS 2741 EN ISO 2160	Petrol ürünleri- Bakır korozyonu - Bakır şerit metodu
EN ISO 2719:2002	Determination of flash point - Pensky-Martens closed cup method (ISO 2719:2002)	TS 1273 EN 22719	Petrol ürünleri ve yağlayıcılarParlama noktası tayini - Pensky Martens kapalı kap metodu
EN ISO 3104:1996	Petroleum products - Transparent and opaque liquids - Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity (ISO 3104:1994)	TS 1451 EN ISO 3104	Petrol ürünleri - Saydam ve opak sıvılar-Kinematik viskozite tayini ve dinamik viskozitenin hesaplanması
prEN ISO 3170:2002	Petroleum liquids -Manual sampling	TS 900-1 ISO 3170	Petrol sıvıları - Elle numune alma
EN ISO 3171:1999	Petroleum liquids -Automatic pipeline sampling (ISO 3171:1988)	TS 900-2 ISO 3171	Petrol sıvıları - Boru hattından otomatik numune alma
EN ISO 3405:2000	Petroleum products - Determination of distillation characteristics (ISO 3405:2000)	TS 1232 EN ISO 3405	Petrol ürünleri - Atmosfer basıncında damıtma özelliklerinin tayini
EN ISO 3675:1998	Crude petroleum and liquid petroleum products - Laboratory determination of density - Hydrometer method (ISO 3675:1998)	TS 1013 EN ISO 3675	Ham petrol ve sıvı petrol ürünleri Yoğunluğun laboratuvarında tayini - Hidrometre metodu

EN ISO 4259:1995	Petroleum products - Determination and application of precision data in relation to methods of test (ISO 4259: 1992, including Cor.1: 1993)	TS 4700 EN ISO 4259	Petrol ürünleri - Deney metotlarıyla ilgili kesinlik verilerinin tayini ve kullanılması
EN ISO 4264:1996	Petroleum products - Distillate fuels - Calculation of cetane index (ISO 4264: 1995)	TS 2883 EN ISO 4264	Petrol ürünleri- Orta destile yakıtlar - Dört değişkenli bağıntıyla setan indeksinin hesaplanması
EN ISO 5165:1998	Diesel fuels - Determination of ignition quality - Cetane method (ISO 5165:1998)	TS 10317 EN ISO 5165	Petrol ürünleri- Dizel yakıtlartutuşma kalitesinin tayini - Setan motoru metodu
EN ISO 6245:2002	Petroleum products -Determination of ash (ISO 6245:2001)	TS 1327 EN ISO 6245	Petrol ürünleri - Kül tayini
EN ISO 10370:1995	Petroleum products - Determination of carbon residue (micro method). (ISO 10370:1993)	TS 6148 EN ISO 10370	Petrol ürünleri - Karbon kalıntısı tayini-Mikro metot
EN ISO 12156-1:2000	Diesel fuels - Assessment of lubricity by HFRR (ISO 12156-1:1997, including Cor.1:1998)	TS EN ISO 12156- 1	Dizel yakıtlar - Yüksek frekanslı ilerigeri hareket düzeneği (HFRR) ile yağlayıcılık özelliğinin değerlendirilmesi - Bölüm 1: Deney metodu
EN ISO 12185:1996/C1:2001	Crude petroleum and petroleum products - Determination of density - Oscillating U-tube method (ISO 12185:1996, including Cor.1:2001)	TS EN ISO 12185	Ham petrol ve petrol ürünleriYoğunluk tayini-Salina U-Tüpü metodu
EN ISO 12205:1996	Petroleum products - Determination of the oxidation stability of distillate fuels (ISO 12205:1995)	TS EN ISO 12205	Petrol ürünleri - Orta destile yakıtlar - Oksidasyon kararlılığı tayini
EN ISO 12937:2000	Petroleum products - Determination of water - Coulometric Karl Fisher titration method (ISO 12937.2000)	TS 6147 EN ISO 12937	Petrol ürünleri- Su tayini - Kulometrik Karl Fischer titrasyon metodu
EN ISO 13759:1996	Petroleum products - Determination of alkyl nitrate in diesel fuels - Spectrometric method (ISO 13759:1996)	TS 6146 EN ISO 13759	Petrol ürünleri - Dizel yakıtlarda alkil nitrat tayini - Spektrometrik metot
EN ISO 20846:2004	Petroleum products - Determination of sulfur content of automotive fuels - Ultraviolet fluorescence method	TS EN ISO 20846	
EN ISO 20847:2004	Petroleum products - Determination of sulfur content of automotive fuels – Energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometry	TS EN ISO 20847	
EN ISO 20884:2004	Petroleum products - Determination of sulfur content of automotive fuels – Wavelength-dispersive X-ray fluorescence spectrometry	TS EN ISO 20884	
EN 23015:1994	Petroleum products - Determination of cloud point (ISO 3015: 1992)	TS 2834 EN 23015	Petrol ürünleri - Bulutlanma noktası tayini

**EK-2 (REGRESYON ANALİZLERİ)****Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T83D10P, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: Pe83D10P

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,978(a)	,957	,936	2,94035

a Predictors: (Constant), T83D10P, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	775,347	2	387,673	44,840	,002(a)
	Residual	34,583	4	8,646		
	Total	809,929	6			

a Predictors: (Constant), T83D10P, rpm

b Dependent Variable: Pe83D10P

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-25,766	5,754		-4,478	,011
	rpm	,010	,001	,888	7,493	,002
	T83D10P	,271	,031	1,033	8,718	,001

a Dependent Variable: Pe83D10P

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT be83D

/METHOD=ENTER rpm T83D10P Pe83D10P .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	Pe83D10P, rpm, T83D10P(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: be83D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,950(a)	,903	,806	27,08658

a Predictors: (Constant), Pe83D10P, rpm, T83D10P

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	20505,096	3	6835,032	9,316	,050(a)
	Residual	2201,048	3	733,683		
	Total	22706,144	6			

a Predictors: (Constant), Pe83D10P, rpm, T83D10P

b Dependent Variable: be83D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	605,979	129,978		4,662	,019
	rpm	-,066	,046	-,157	-1,447	,244
	T83D10P	-1,544	1,283	-,110	-1,204	,315
	Pe83D10P	1,080	4,606	,204	,235	,830

a Dependent Variable: be83D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT P86D7P

/METHOD=ENTER rpm T867P .



**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T867P, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: P86D7P

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,954(a)	,909	,864	4,34384

a Predictors: (Constant), T867P, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	755,675	2	377,838	20,024	,008(a)
	Residual	75,476	4	18,869		
	Total	831,151	6			

a Predictors: (Constant), T867P, rpm

b Dependent Variable: P86D7P

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-27,398	9,105		-3,009	,040
	rpm	,009	,002	,790	4,310	,013
	T867P	,304	,049	1,148	6,263	,003

a Dependent Variable: P86D7P

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT be86D

/METHOD=ENTER rpm T867P P86D7P .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	P86D7P, rpm, T867P(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: be86D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,797(a)	,635	,269	58,66020

a Predictors: (Constant), P86D7P, rpm, T867P

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	17939,211	3	5979,737	1,738	,331(a)
	Residual	10323,057	3	3441,019		
	Total	28262,268	6			

a Predictors: (Constant), P86D7P, rpm, T867P

b Dependent Variable: be86D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	359,052	222,129		1,616	,204
	rpm	,019	,064	,300	,297	,786
	T867P	-,095	2,154	-,061	-,044	,968
	P86D7P	-4,194	6,752	-,719	-,621	,578

a Dependent Variable: be86D

**REGRESSION**

```

/MISSING LISTWISE
/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA
/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)
/NOORIGIN
/DEPENDENT P88D5P
/METHOD=ENTER rpm T88D5P .

```

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T88D5P, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: P88D5P

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,969(a)	,940	,909	4,10870

a Predictors: (Constant), T88D5P, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	1048,860	2	524,430	31,066	,004(a)
	Residual	67,526	4	16,881		
	Total	1116,386	6			

a Predictors: (Constant), T88D5P, rpm

b Dependent Variable: P88D5P

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-30,293	7,682		-3,943	,017
	rpm	,009	,002	,729	5,601	,005
	T88D5P	,317	,045	,920	7,071	,002

a Dependent Variable: P88D5P

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT be88D

/METHOD=ENTER rpm T88D5P P88D5P .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	P88D5P, rpm, T88D5P(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: be88D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,957(a)	,915	,830	31,51541

a Predictors: (Constant), P88D5P, rpm, T88D5P

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	32162,182	3	10720,727	10,794	,041(a)
	Residual	2979,663	3	993,221		
	Total	35141,845	6			

a Predictors: (Constant), P88D5P, rpm, T88D5P

b Dependent Variable: be88D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-114,635	130,270		-,880	,444
	rpm	,153	,037	2,160	4,083	,027
	T88D5P	4,599	1,263	2,380	3,641	,036
	P88D5P	-18,001	3,835	-3,208	-4,694	,018

a Dependent Variable: be88D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT P100D

/METHOD=ENTER rpm T100D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T100D, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: P100D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,976(a)	,952	,928	3,06335

a Predictors: (Constant), T100D, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	739,537	2	369,769	39,404	,002(a)
	Residual	37,537	4	9,384		
	Total	777,074	6			

a Predictors: (Constant), T100D, rpm

b Dependent Variable: P100D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-25,808	6,220		-4,149	,014
	rpm	,008	,001	,786	6,028	,004
	T100D	,284	,032	1,139	8,736	,001

a Dependent Variable: P100D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT be100D

/METHOD=ENTER rpm T100D P100D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	P100D, rpm, T100D(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: be100D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,992(a)	,984	,968	10,75652

a Predictors: (Constant), P100D, rpm, T100D

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	21569,922	3	7189,974	62,142	,003(a)
	Residual	347,108	3	115,703		
	Total	21917,030	6			

a Predictors: (Constant), P100D, rpm, T100D

b Dependent Variable: be100D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	114,868	50,301		2,284	,107
	rpm	,087	,015	1,560	5,701	,011
	T100D	1,551	,511	1,172	3,036	,056
	P100D	-9,147	1,756	-1,722	-5,210	,014

a Dependent Variable: be100D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT PE83D

/METHOD=ENTER rpm T83D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T83D, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: PE83D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,985(a)	,970	,954	2,41807

a Predictors: (Constant), T83D, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	747,058	2	373,529	63,883	,001(a)
	Residual	23,388	4	5,847		
	Total	770,446	6			

a Predictors: (Constant), T83D, rpm

b Dependent Variable: PE83D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-25,214	4,790		-5,264	,006
	rpm	,008	,001	,762	7,471	,002
	T83D	,297	,027	1,136	11,133	,000

a Dependent Variable: PE83D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT BE83

/METHOD=ENTER rpm T83D PE83D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PE83D, rpm, T83D(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: BE83

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,983(a)	,966	,932	14,74791

a Predictors: (Constant), PE83D, rpm, T83D

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	18516,228	3	6172,076	28,377	,011(a)
	Residual	652,503	3	217,501		
	Total	19168,730	6			

a Predictors: (Constant), PE83D, rpm, T83D

b Dependent Variable: BE83

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	242,789	82,253		2,952	,060
	rpm	,066	,025	1,268	2,627	,079
	T83D	1,815	,920	1,392	1,972	,143
	PE83D	-10,697	3,050	-2,145	-3,508	,039

a Dependent Variable: BE83

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT PE86D

/METHOD=ENTER rpm T86D .



**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T86D, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: PE86D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,979(a)	,958	,937	2,78536

a Predictors: (Constant), T86D, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	704,619	2	352,310	45,411	,002(a)
	Residual	31,033	4	7,758		
	Total	735,652	6			

a Predictors: (Constant), T86D, rpm

b Dependent Variable: PE86D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-24,988	5,593		-4,468	,011
	rpm	,008	,001	,794	6,554	,003
	T86D	,288	,031	1,132	9,343	,001

a Dependent Variable: PE86D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT BE86

/METHOD=ENTER rpm T86D PE86D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PE86D, rpm, T86D(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: BE86

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,977(a)	,954	,908	15,92945

a Predictors: (Constant), PE86D, rpm, T86D

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15721,303	3	5240,434	20,652	,017(a)
	Residual	761,242	3	253,747		
	Total	16482,545	6			

a Predictors: (Constant), PE86D, rpm, T86D

b Dependent Variable: BE86

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	294,738	78,286		3,765	,033
	rpm	,047	,024	,962	1,918	,151
	T86D	,721	,841	,600	,857	,454
	PE86D	-6,729	2,860	-1,421	-2,353	,100

a Dependent Variable: BE86

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT PE88D

/METHOD=ENTER rpm T88D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	T88D, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: PE88D

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,981(a)	,963	,944	2,62537

a Predictors: (Constant), T88D, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	708,981	2	354,490	51,431	,001(a)
	Residual	27,570	4	6,893		
	Total	736,551	6			

a Predictors: (Constant), T88D, rpm

b Dependent Variable: PE88D

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-25,128	5,315		-4,728	,009
	rpm	,008	,001	,781	6,853	,002
	T88D	,288	,029	1,135	9,967	,001

a Dependent Variable: PE88D

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT BE88

/METHOD=ENTER rpm T88D PE88D .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PE88D, rpm, T88D(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: BE88

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,965(a)	,931	,862	18,63928

a Predictors: (Constant), PE88D, rpm, T88D

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	14035,773	3	4678,591	13,467	,030(a)
	Residual	1042,268	3	347,423		
	Total	15078,041	6			

a Predictors: (Constant), PE88D, rpm, T88D

b Dependent Variable: BE88

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	199,480	96,853		2,060	,132
	rpm	,069	,030	1,485	2,328	,102
	T88D	1,638	1,043	1,428	1,572	,214
	PE88D	-9,453	3,550	-2,089	-2,663	,076

a Dependent Variable: BE88

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT PDIESEL

/METHOD=ENTER rpm TDIZEL .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	TDIZEL, rpm(a)	.	Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: PDIESEL

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,976(a)	,952	,928	3,04876

a Predictors: (Constant), TDIZEL, rpm

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	739,894	2	369,947	39,801	,002(a)
	Residual	37,180	4	9,295		
	Total	777,074	6			

a Predictors: (Constant), TDIZEL, rpm

b Dependent Variable: PDIESEL

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	-26,030	6,211		-4,191	,014
	rpm	,008	,001	,790	6,079	,004
	TDIZEL	,284	,032	1,141	8,780	,001

a Dependent Variable: PDIESEL

**REGRESSION**

/MISSING LISTWISE

/STATISTICS COEFF OUTS R ANOVA

/CRITERIA=PIN(.05) POUT(.10)

/NOORIGIN

/DEPENDENT BEDIESEL

/METHOD=ENTER rpm TDIZEL PDIESEL .

**Regression****Variables Entered/Removed(b)**

Model	Variables Entered	Variables Removed	Method
1	PDIESEL, rpm, TDIZEL(a)		Enter

a All requested variables entered.

b Dependent Variable: BEDIESEL

**Model Summary**

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,996(a)	,993	,986	6,88437

a Predictors: (Constant), PDIESEL, rpm, TDIZEL

**ANOVA(b)**

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	19942,914	3	6647,638	140,261	,001(a)
	Residual	142,184	3	47,395		
	Total	20085,098	6			

a Predictors: (Constant), PDIESEL, rpm, TDIZEL

b Dependent Variable: BEDIESEL

**Coefficients(a)**

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta	B	Std. Error
1	(Constant)	86,895	32,565		2,668	,076
	rpm	,093	,010	1,739	9,415	,003
	TDIZEL	1,850	,329	1,460	5,616	,011
	PDIESEL	-10,001	1,129	-1,967	-8,858	,003

a Dependent Variable: BEDIESEL

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Mehmet Selman Gökmen  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Meram / 31.03.1999  
**Telefon** : 0554 305 90 05  
**Faks** :  
**e-mail** : selman\_gokmen@hotmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Adil Karaağaç A.T.L. / Selçuklu / Konya	2008
Üniversite	: Selçuk Üniversitesi	2012
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2	AYD Aydınlar Arge Merkezi	Montaj Müdürü

### UZMANLIK ALANI

**Yanmanın Modellenmesi**  
**Biyoyakıtlar**

### YABANCI DİLLER

İngilizce

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR