



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

**BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRÜN İLK  
HAREKET VE ISINMA SÜRECİNDE OLUŞAN  
EMİSYONLARI ÜZERİNDE BİYOETANOL  
KULLANIMININ ETKİSİ**

**Muhammed Şakir ADİN**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Haziran-2019**  
**BATMAN**  
**Her Hakkı Saklıdır**

## TEZ KABUL VE ONAYI

Muhammed Şakir ADİN tarafından hazırlanan “BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRÜN İLK HAREKET VE ISINMA SÜRECİNDE OLUŞAN EMİSYONLARI ÜZERİNDE BİYOMETANOL KULLANIMININ ETKİSİ” adlı tez çalışması 18. /06 /2019 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Otomotiv Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

### Jüri Üyeleri

#### Başkan

Prof.Dr. Şehmus ALTUN

#### Üye

Dr.Öğr.Üyesi Selman AYDIN

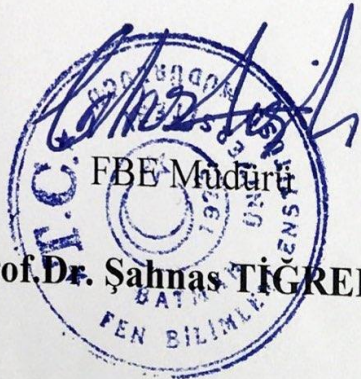
#### Üye

Dr.Öğr.Üyesi Burak TANYERİ

### İmza



Yukarıdaki sonucu onaylarım.

  
FBE Müdürü  
Prof.Dr. Şahnaş TİGREK  
BATMAN ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

## 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.

İmza

**Muhammed Şakir ADİN**

Tarih: 18/06/2019

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

# BİR DİZEL MOTORLU JENERATÖRÜN İLK HAREKET VE ISINMA SÜRECİNDE OLUŞAN EMİSYONLARI ÜZERİNDE BİYOETANOL KULLANIMININ ETKİSİ

**Muhammed Şakir ADİN**

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

**Danışman: Prof.Dr. Şehmus ALTUN**

**2019, 59 Sayfa**

**Jüri**

**Prof.Dr. Şehmus ALTUN  
Dr.Öğr.Üyesi Burak TANYERİ  
Dr.Öğr.Üyesi Selman AYDIN**

Bu çalışmada dizel motorlu bir jeneratör setinde soğukta ilk çalıştırma ve ısınma sürecinde oluşan egzoz emisyonları üzerinde petrol kökenli dizel yakıtı ve biyoetanolden oluşan alternatif yakıt karışımlarının etkisi araştırılmıştır. Alternatif yakıt karışımları ile elde edilen sonuçlar petrol kökenli dizel yakıtı kullanımına göre karşılaştırılmıştır.

DeneySEL sonuçlara göre; petrol kökenli dizel yakıtı ve biyoetanolden oluşan yakıt karışımları kullanımı sonrasında CO (karbonmonoksit) değerinin, petrol kökenli dizel yakıtına göre yüksüz durumda bir miktar artış gösterdiği ancak yakıt karışımlarındaki biyoetanol oranının ve motor yükünün artırılması ile CO miktarında bir azalma olduğu görülmüştür. Ayrıca %15 biyoetanol içeren karışım yakıtın en düşük CO emisyonuna sahip olduğu görülmüştür. İlk çalıştırmada (yüksüz durum) 50 ppm ile en yüksek yanmamış HC değeri petrol kökenli dizel yakıtıyla elde edilirken en düşüğü ise hacimsel olarak %10 biyoetanol içeren (BE10) yakıt karışımı ile 43 ppm olarak ölçülmüştür. Isınma sürecinde motor yükünün artırılması ile yine benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yüksüz durumda ilk harekete geçişte petrol kökenli dizel yakıtı ile en yüksek BE15 ile en düşük NO<sub>x</sub> emisyonu ölçülmüştür. Isınma sürecinde yük ile beraber BE10 yakıtı ile yüksek NO<sub>x</sub> ölçülürken; petrol dizeli ve BE15 karışım yakıtı ile birbirine yakın değerler ölçülmüştür. Motor yüksüz durumda iken duman koyuluğunun en düşük olduğu yakıt türü BE15 iken, en yüksek duman koyuluğu BE10 yakıtında olduğu gözlemlenmiştir. Motora yük verildiğinde duman koyuluğu bir miktar artmış ve en yüksek duman koyuluğu BE10 yakıtı ile en düşük duman koyuluğu da BE15 ile tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Biyoetanol, Alternatif Yakıtlar, Egzoz Emisyonu, Dizel Jeneratör.

## **ABSTRACT**

### **MS THESIS**

#### **THE EFFECT OF USING BIOETHANOL ON STARTING AND WARM-UP EMISSIONS OF A DIESEL ENGINE POWERED GENERATOR**

**Muhammed Şakir ADİN**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF  
BATMAN UNIVERSITY**

**THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE  
IN AUTOMOTIVE ENGINEERING**

**Advisor: Prof.Dr. Şehmus ALTUN**

**2019, 59 Pages**

**Jury**

**Prof.Dr. Şehmus ALTUN**

**Asst.Prof. Burak TANYERİ**

**Asst.Prof. Selman AYDIN**

In this study, the effect of alternative fuel blends consisted of petroleum based diesel fuel and bioethanol on exhaust emissions of a diesel engine generator set were investigated during starting at cold and warm-up. The results obtained with alternative fuel mixtures were compared with those of petroleum based diesel fuel.

According to experimental results, compared with petroleum based diesel fuel, there was a slight increase in CO emissions with using alternative fuel mixtures in unloaded state, however, the amount of CO emissions decreased up to 60% by increasing the bioethanol ratio and load. Moreover, it is seen that blended fuel having 15% bioethanol has the lowest CO emission. While the highest unburnt HC emissions with petroleum diesel as 50 ppm was measured at cold-starting (no load state) the lowest one was measured by fuel blend containing 10% v/v bioethanol (BE10) as 43 ppm. During warm-up, by increasing load similar results were obtained as well. NO<sub>x</sub> emission was measured as highest by using petroleum diesel while it was lowest by BE15 at starting. Despite a high NO<sub>x</sub> emission was measured with BE10 usage; those of petroleum diesel and BE15 were similar each other at warm-up together with applying load. While the lowest smoke opacity was obtained with BE15 the highest one was by BE10. By applying load smoke opacity increased and highest opacity was measured with BE10 while the lowest was by BE15.

**Keywords:** Bioethanol, Alternative Fuels, Exhaust Emission, Diesel Generator.

## ÖNSÖZ

Petrol türevi yakıtların çoğunlukla kullanıldığı içten yanmalı motorlarda alternatif yenilenebilir yakıtların kullanımı ve geliştirilmesi üzerinde yapılan çalışmalar giderek artmaktadır. Bu bağlamda içten yanmalı dizel motorları için biyoetanol önemli bir alternatif yakıt olmaktadır. Biyoetanol düşük viskozitesi ile setan sayısı ve kötü yağlayıcılık özelliklerinden dolayı dizel motorlarında ancak düşük oranlarda petrol kökenli dizel yakıtı ile karışım halinde kullanılabilir. Bununla beraber dizel yakıtı ile faz ayrışması probleminden dolayı dizel yakıtlarında ancak düşük oranlarda biyoetanol katılması ile kullanılabilir.

Bu çalışmada dizel motorlu bir jeneratör setinde yakıt olarak biyoetanol-dizel yakıtı karışımlarının özellikle ilk çalıştırma sırasında oluşan egzoz ve duman emisyonlarına etkisi araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında, tez konusunun seçiminden çalışmaların tamamlanmasına ve yazılmasına kadar olan süreçte değerli yardımlarını benden esirgemeyen tez danışmanım sayın Prof.Dr. Şehmus ALTUN hocama göstermiş olduğu sabır ve vermiş olduğu desteklerinden dolayı teşekkürü bir borç bilirim.

**Muhammed Şakir ADİN**  
BATMAN-2019

# İÇİNDEKİLER

<b>ÖZET .....</b>	<b>iv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>v</b>
<b>ÖNSÖZ .....</b>	<b>vi</b>
<b>İÇİNDEKİLER .....</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL DİZİNİ .....</b>	<b>ix</b>
<b>TABLO DİZİNİ .....</b>	<b>x</b>
<b>SİMGELER VE KISALTMALAR .....</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ .....</b>	<b>1</b>
1.1. Küresel Petrol Sektörünün Görünümü.....	3
1.2. Türkiye’de enerji görünümü .....	3
1.2.1. Türkiye’de petrol ürünlerinin durumu .....	4
1.3. Biyokütle enerjisi.....	4
1.4. Biyoyakıtlar .....	5
1.5. Biyoetanol.....	5
1.5.1. Türkiye’de biyoetanol.....	7
1.5.2. Biyoetanolün çevresel etkileri .....	9
<b>2. KAYNAK ARAŞTIRMASI .....</b>	<b>10</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>14</b>
3.1. Motor Test Yakıtları .....	15
3.2. Yakıt Özelliklerinin Ölçülmesi.....	19
3.3. Deney Motoru ve Alternatör.....	21
3.4. Gaz Analiz ve Opasimetre (Duman Ölçüm) Cihazı .....	23
3.5. Elektronik Hassas Terazı .....	24
3.6. Ünıversal Girişli Tarayıcı (Data Logger) .....	25
3.7. Sıcaklık ve Nem Ölçer.....	26
<b>4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....</b>	<b>27</b>
4.1.Karbonmonoksit (CO) Emısyonlarının Karşılaştırılması .....	27
4.2. Karbondioksit (CO <sub>2</sub> ) Emısyonlarının Karşılaştırılması.....	28
4.3. Hidrokarbon (HC) Emısyonlarının Karşılaştırılması.....	29
4.4. Oksijen (O <sub>2</sub> ) Emısyonlarının Karşılaştırılması .....	30
4.5. Azotoksit (NO <sub>x</sub> ) Emısyonlarının Karşılaştırılması .....	31
4.6. Lambda Değerlerinin Karşılaştırılması.....	33
4.7. Işık Absorbsiyon Çözünürlüğü Değerlerinin Karşılaştırılması .....	34
4.8. Duman Koyuluğu Değerlerinin Karşılaştırılması .....	35
4.9. Egzoz Gaz Sıcaklıklarının Karşılaştırılması .....	36

4.10. Yakıt Tüketimlerinin Karşılaştırılması .....	37
4.11. Soğutma Suyu Sıcaklıklarının Karşılaştırılması .....	38
<b>5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....</b>	<b>40</b>
5.1. Sonuçlar .....	40
5.2. Öneriler .....	42
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>43</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>47</b>





## ŞEKİL DİZİNİ

Şekil 3.1. Deney düzeneğinin şematik görünümü.....	15
Şekil 3.2. 15.9 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 2.dakikadaki fotoğrafı.....	16
Şekil 3.3. 14 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 2.saatteki fotoğrafı.....	16
Şekil 3.4. 15 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 4.saatteki fotoğrafı.....	17
Şekil 3.5. 15.5 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 24.saatteki fotoğrafı.....	17
Şekil 3.6. 16 °C'lik ortamda E0, BE10, BE15 ve BE20 karışımların 2. dakikadaki fotoğrafı. ..	18
Şekil 3.7. 16 °C'lik ortamda E0, BE10, BE15 ve BE20 karışımların 24. saatteki fotoğrafı.....	18
Şekil 3.8. Jeneratör seti .....	21
Şekil 3.9. Emisyon cihazı.....	23
Şekil 3.10. Emisyon cihazının opasimetre ekranı .....	23
Şekil 4.1. CO emisyonları .....	28
Şekil 4.2. CO <sub>2</sub> emisyonları.....	29
Şekil 4.3. HC emisyonları .....	30
Şekil 4.4. O <sub>2</sub> emisyonları .....	31
Şekil 4.5. NO <sub>x</sub> emisyonları.....	32
Şekil 4.6. Lambda değerleri .....	33
Şekil 4.7. Işık absorpsiyon değerleri.....	34
Şekil 4.8. Duman koyuluk değerleri .....	36
Şekil 4.9. Egzoz sıcaklıkları.....	37
Şekil 4.10. Yakıt tüketimleri .....	38
Şekil 4.11. Soğutma suyu sıcaklıkları .....	39

## TABLO DİZİNİ

Tablo 1.1. Türkiye’de üretilen biyoetanolün tipik değerleri .....	8
Tablo 3.1. Deney anındaki iç ve dış ortamın tarih, zaman, sıcaklık ve nem oranı.....	15
Tablo 3.2. Deneyde kullanılan eurodiesel, biyoetanol ve biyoedizel yakıtları ile karışım oranları .....	18
Tablo 3.3. Test yakıtlarının yoğunluk, viskozite ve alevlenme noktaları .....	19
Tablo 3.4. Yoğunluk ölçüm cihazı teknik özellikleri.....	19
Tablo 3.5. Otomatik kinematik viskozite cihazı teknik özellikleri .....	20
Tablo 3.6. Alevlenme noktasını tespit eden cihazın teknik özellikleri .....	20
Tablo 3.7. Jeneratör setinin teknik özellikleri .....	22
Tablo 3.8. Gaz analiz cihazının teknik özellikleri.....	24
Tablo 3.9. Elektronik hassas terazinin teknik özellikleri .....	25
Tablo 3.10. Egzoz gaz sıcaklığı tespitinde kullanılan data loggerin teknik özellikleri.....	25
Tablo 3.11. Termohigrometre cihazının teknik özellikleri .....	26
Tablo 3.12. Deneyin yapıldığı tarihlerdeki iç ve dış ortamının sıcaklık ve nem oranları .....	26

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

B	: Yakıt Tüketimi (kg/h)
be	: Özgül Yakıt Tüketimi (g/kWh)
$^{\circ}\text{C}$	: Santigrat derece (Sıcaklık)
CO	: Karbonmonoksit
CO <sub>2</sub>	: Karbondioksit
C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	: Etanol
HC	: Hidrokarbon
kW	: KiloWatt (kJ/s)
kVA	: KiloVolt Amper
m <sup>-1</sup>	: Işık Absorpsiyon Çözünürlüğü
MW	: MegaWatt
MJ	: Mega Joule
n	: Motor Devri (d/dk)
NO <sub>x</sub>	: Azot Oksit
O <sub>2</sub>	: Oksijen
Pe	: Efektif Motor Gücü (kW)
ppm	: Milyonda Bir Parçacık Sayısı (Parts Per Million)
rpm	: Dakikadaki Devir Sayısı (Revolutions Per Minute)
wt%	: Ağırlıkça Yüzdesi (Weight Percent)

## Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
B0	: %100 Dizel
B1	: %1 Biyodizel
B100	: %100 Biyodizel
BE10	: % 89 Eurodiesel + % 10 Biyoetanol + % 1 Biyodizel
BE15	: % 84 Eurodiesel + % 15 Biyoetanol + % 1 Biyodizel
BE20	: % 79 Eurodiesel + % 20 Biyoetanol + % 1 Biyodizel
E0	: %100 Dizel (Eurodiesel)
E10	: % 90 Eurodiesel + % 10 Biyoetanol
E15	: % 85 Eurodiesel + % 15 Biyoetanol
E20	: % 80 Eurodiesel + % 20 Biyoetanol
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EİGM	: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü
FP	: Flash Point (Alevlenme Noktası)
PETDER	: Petrol Sanayi Derneği
PM	: Partikül Madde
TARKİM	: Tarımsal Kimya Teknolojileri San. ve Tic. A.ř.
TTKAş	: Tezkim Tarımsal Kimya Sanayi A.ř.
TG	: Tutuşma Gecikmesi

## 1. GİRİŞ

Petrol ulaştırma ve taşımacılık sektörlerinde başlıca enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır. Bu sektörler için petrolden başka alternatif yakıtların geliştirilmesi muhtemel bir petrol krizinin meydana gelmesi durumunda hayati bir önem taşımaktadır. Diğer taraftan, petrol ürünü yakıtların kullanımı sonucu oluşan CO<sub>2</sub> (Karbondiyoksit), NO<sub>x</sub> (Azot Oksit) ve PM (Partikül Madde) gibi zararlı emisyonlar nedeniyle bunların yerine ulaştırma ve taşımacılık sektöründe kullanılacak alternatif enerji kaynakları yaygın bir şekilde araştırılmaktadır. Bu sektörlerde de yüksek verimleri ve dayanıklılıkları nedeni ile dizel motorlarda da çoğunlukla petrol türevi yakıt kullanımını ve oluşan zararlı emisyonların azaltılması için farklı motor ile egzoz sistemleri kullanılabilmektedir. Diğer taraftan bu sistemlerin kullanımı ile maliyetlerin artması gibi problemlerden dolayı günümüzde çoğunlukla petrole dayalı yakıt tüketimi ile zararlı egzoz emisyonların düşürülmesi için dizel motorlarda alternatif yakıtların kullanımı önerilmektedir. Biyodizel ve biyoetanol dizel motorlar için önerilen ve kullanılan en önemli alternatif yenilenebilir biyoyakıtlar olmaktadır. Biyodizel petrol dizel yakıtı ile her oranda karıştırılarak veya saf olarak dizel motorlarında yakıt olarak kullanılabilir. Bununla beraber biyodizel petrol kökenli dizel ile kıyaslandığında daha düşük egzoz emisyonlarına ve daha iyi yağlayıcılığa sahiptir (Alptekin ve Çanakçı, 2006; Çanakçı, 2007; Altun ve Yaşar, 2013). Buna karşın biyodizelin nispeten yüksek NO<sub>x</sub> emisyonları ile petrol dizeline göre düşük olan enerji içeriği ve kötü düşük sıcaklık özellikleri bazı dezavantajları olarak sıralanabilir (No, 2011; Menga ve ark., 2008; Kegl, 2008). Dizel motorlar için dikkate alınan ve kullanımı önerilen bir diğer biyoyakıt ise biyoetanoldür (Agarwal, 2007). Biyoetanol, mısır, şeker kamışı, şeker pancarı, buğday, patates ve odunsular benzeri bitkilerden elde edilebilmesi dışında, tarımsal atıklar ile selüloz bazlı evsel atıklardan da elde edilebilen bir alkol çeşididir (Demirbaş, 2011; John ve ark., 2011).

Günümüzde petrol rezervlerinin giderek azalıyor olması ve petrol türevi yakıtların yakılması ile meydana çıkan zararlı gazların sebep olduğu çevre kirliliğinden dolayı, petrol kökenli yakıtların çoğunlukla kullanıldığı içten yanmalı motorlarda biyoetanol gibi alternatif yakıtların kullanılması giderek yaygınlaşmaktadır. Biyoetanol, içten yanmalı dizel motorlarında biyodizelden sonra en çok araştırılan biyoyakıt olup; yapılan çalışmalarda biyoetanolün petrol kökenli dizel yakıtına belirli oranda eklenerek kullanılması ile özellikle eksik yanma ürünü emisyonlarında bir düşüşün olduğu

bildirilmiştir (Lapuerta ve diğ. 2008). Biyoetanolün oktan sayısı yüksek olduğu için daha çok buji ile ateşlemeli motorlarda kullanımı uygun olmakla birlikte dizel motorlarında da düşük oranlarda petrol kökenli dizel yakıtına katılarak kullanılması uygulamada önemli bir yer tutmuştur.

Dizel motorların ulaştırma ve taşımacılık ile inşaat ve tarımsal faaliyet alanlarının dışında diğ er bir önemli kullanım alanı da jeneratör setleridir. Dizel motorlu jeneratör setleri bina, kurumsal yapılar, okullar, hava alanları ve hastaneler gibi yerlerde yedek elektrik kaynağı olarak kullanımları oldukça yaygın bir uygulamadır (Shah ve diğ. 2006). Bununla beraber artan nüfus ve beraberinde artan enerji ihtiyacı gibi konular sık sık elektrik kesintilerinin yaş andığı yerlerde market, kasap, ş arküteri, bakkal gibi alanlarda da jeneratör kullanımını artırmıştır. Bu jeneratör setlerinde yukarıda da bahsedildiği gibi yüksek yakıt veriminden dolayı dizel motorların kullanılması ve bu setlerin yerleşim yerleri içerisinde bulunmasından dolayı çalışmaları sırasında çevrede bulunanlar yüksek miktarda egzoz gazlarına maruz kalmaktadırlar. Öte yandan jeneratör setleri elektrik kesintileri sırasında çok sık bir şekilde devreye alınmaktadır. Dizel motorların ilk harekete geçişlerde özellikle motor yüklü durumda iken yüksek miktarda duman emisyonu salı dığı bilinmektedir. Motorun ısınma sürecinin ve çevre hava sıcaklığının da önemli bir etkisi olduğu göz önüne alındığında jeneratörlerin çok sık devreye girip durdurulması sırasında yoğun bir duman oluşumu olduğu söylenenebilir. Dolayısıyla dizel motorlu jeneratör setleri gibi geniş uygulama alanı olan uygulamalarda da biyoetanol-petrol kökenli dizel yakıtı karışımlarının özellikle ilk harekete geçiş sırasında oluşan duman emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılması büyük önem arz etmektedir.

Öte yandan yukarıda bahsedildiği gibi uzun zamandan beri dizel motorlarında emisyonların azaltılması amacıyla biyoetanol gibi biyoyakıtların kullanım olanakları araştırılmaktadır. Ancak, biyoetanolün dizel motorlu jeneratör setlerinde kullanımı henüz yaygınlaşmamıştır. Dolayısıyla bu alternatif yakıtların dizel motorlu jeneratör setlerinde özellikle duman emisyonu azaltım potansiyelinin araştırılması önem arz etmektedir. Bununla beraber dizel motorlu jeneratör setlerinde özellikle ilk harekete geçiş sırasında oluşan duman emisyonlarının biyoetanol kullanımındaki değişimlerinin de araştırılması önem arz etmektedir. Biyoetanolün yapısında yüksek miktarda oksijen bulunmaktadır. Bu ekstra oksijen içeriği biyoetanolün yanması sırasında hidrojen ve karbon atomlarının oksidasyonunu artırması ve eksik yanma emisyonlarını azaltması beklenmektedir.

Bu tez çalışmasında da dizel motorlu bir jeneratör setinde yakıt olarak biyoetanol-petrol kökenli dizel yakıtı karışımlarının özellikle ilk çalıştırma sırasında ve ısınma sürecinde oluşan başta duman emisyonları olmak üzere egzoz emisyonları üzerindeki etkisinin araştırılması amaçlanmaktadır. Dizel motorlu jeneratör setlerinin yaşam alanlarına yakın yerlerde ve daha çok geçici şartlarda kullanıldıklarından dolayı bunlardan kaynaklanan emisyonların azaltılması için biyoetanol gibi yenilenebilir bir alternatif yakıtın emisyon azaltım potansiyelinin araştırılması büyük önem arz etmektedir. Biyoetanol düşük viskozite, setan sayısı ve kötü yağlayıcılık özelliklerinden dolayı dizel motorlarında ancak karışım halinde kullanılabilir. Bununla beraber dizel yakıtı ile faz ayrışması probleminden dolayı dizel yakıtlarına düşük oranlarda katılması önerilmektedir.

### **1.1. Küresel Petrol Sektörünün Görünümü**

Petrol, başta ulaştırma sektörünün esas enerji kaynağı olmakla birlikte, dünya genelinde en çok kullanılan ve enerji tüketimi içinde en önemli bir paya sahip olan enerji kaynağıdır. Petrolden sonra gelen kömür ve doğal gaz ise büyük oranda elektrik üretimi için kullanılmaktadır. 2015 yılı verileri incelendiğinde petrolün dünya genelindeki enerji talebinin %32,8'ini, kömürün %29'unu ve doğal gazın %24.2'sini karşıladığı anlaşılmıştır. Yapılan çeşitli tahminlere göre, petrol ve doğal gazın enerji tüketimi içindeki birincil paylarının uzun dönemde de süreceği öngörülmektedir (EPDK, 2016).

### **1.2. Türkiye'de enerji görünümü**

Ülkemiz gelişen ekonomisine bağlı olarak dünyadaki önemli enerji tüketicileri arasında bulunmaktadır. 2014 yılındaki veriler incelendiğinde Ülkemizin 123.9 milyon ton (867.3 milyon varil) petrol olan enerji talebinde, doğal gaz %32.5 ile ilk sırada yer edinirken, kömür %29.2, petrol ise %28.5 olmuştur (EPDK, 2016).

EPDK tarafından 2016 yılında yayımlanan Petrol Piyasası 2015 Yılı Sektör Raporuna göre; Türkiye 2015 yılında ithal ettiği 39.6 milyon ton petrolün 25.06 milyonton'u ham petroldür (503 bin varil). Ülkemizde kalan ve üretilebilen ham petrol rezervi 2015 yılı verilerine göre 334.5 milyon varildir. Üretilen petrol 50,250 varil/gün iken tüketilen petrol 792 bin varil/gün'dür (EPDK, 2016). Petrolün bu durumu

ülkemin tarım ülkesi olmasına rağmen petrolde ne kadar dışa bağımlı olduğumuzu ve bir an önce petrole alternatif enerji kaynaklarını bulmamız gerektiğini gösterir. Türkiye’de 2015 yılı boyunca yaklaşık olarak günlük 51 bin varil ham petrol üretimi yapılmasına karşın 796 bin varil ham petrol tüketilmiş, 503 bin varil düzeyinde ham petrol ithalatı ve 242 bin varil düzeyinde ise işlenmiş ürün ithalatı yapmıştır. Ayrıca 2006 yılında 44 bin varil/gün olan yerli üretim miktarı 2015 yılında 7 bin varil/gün artış sağlamıştır. Türkiye petrolde ithalata bağımlılık oranı %93.6’dır (EPDK, 2016).

### **1.2.1. Türkiye’de petrol ürünlerinin durumu**

Türkiye’de 2015 yılı boyunca toplam petrol ihracatı miktarı 10.8 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. 2015 yılı içerisinde tüketilen motorin türleri 20,6 milyon ton iken benzin türleri 2,1 milyon ton gibi düşük bir rakamda kalmıştır. 2012 ile 2015 yılları karşılaştırıldığında 2012 yılında 4.3 milyon ton benzin türleri üretilirken, 2015 yılında 5.1 milyon ton benzin türleri üretilmiş ki bu da üretimin ithalata set çekmesi durumudur (EPDK, 2016).

Türkiye’de resmi şekilde tanımlı olan tek motorin türü bulunmaktadır. Akaryakıt istasyonlarında satışı yapılan farklı ticari isimlerdeki motorin türlerinin tümü “Eurodizel” ismiyle bilinen ve 10 ppm kükürt içeren motorindir. Akaryakıt istasyonlarınca satışı yapılan motorin türlerinin tümü AB standartlarında işlenen (Eurodiesel) ürünlerdir. Mevzuat yönünden, ülkemizde tek bir motorin standardı kullanılmakta olup, motorin ürünlerinin TSE tarafından hazırlanan Mayıs 2014 tarihli “TS EN 590 Otomotiv Yakıtları-Dizel (Motorin)-Gerekler ve Deney Yöntemleri” standardına uygun şekilde olması gerekir. Standartlara göre tüm motorin türlerinde kükürt miktarının en fazla 10 mg/kg olması zorunludur (EPDK, 2016).

### **1.3. Biyokütle enerjisi**

Biyokütle enerji kaynakları, enerjiye dönüştürülme aşamasında buldukları fiziksel durumlarına göre katı biyokütle, sıvı biyokütle ve gaz biyokütle olmak üzere üçe ayrılır. Sıvı biyoküteller, taşıt araçlarının motorlarında yakıt hammaddesi olarak kullanıldıklarından “biyoyakıt” olarak adlandırılırlar. Biyoyakıtlar, biyodizel, biyodimetiler, biyoetanol, biyometanol, biyoetiltersiyerbutiler ve bitkisel yağlardan meydana gelmektedir. Biyoyakıtın bir çeşidi olan biyoetanolün üretimi, geleneksel bir



enerji kaynağı olmamasına karşın son 10 yıldır çok önemli bir alternatif olarak düşünülmektedir (Ar, 2008).

#### 1.4. Biyoyakıtlar

AB komisyonununun 2007 yılında aldığı kararlar doğrultusunda 2020 yılına kadar üye ülkelerinde taşıtlarda kullanılan yakıtın toplam enerji değerinin minimum %10 oranında biyoyakıt ile desteklenmesi gerekmektedir (Official Journal of the European Union, 2012: 1).

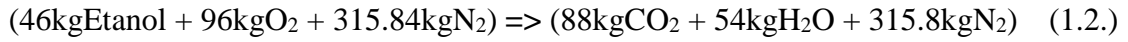
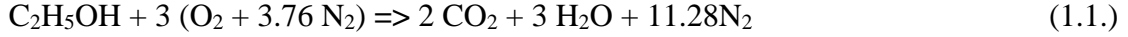
#### 1.5. Biyoetanol

Biyolojik maddelerden fermantasyonla elde edilen etanol adını almakta olup, çok yüksek yanma ısı ve oktan sayısı sayesinde genelde yakıt veya yakıt katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Yücel, 2011). Biyoetanol, nişasta gibi şekere çevrilebilen veya şeker içeren her biyolojik malzemeden üretilebilmektedir. Bunların yanı sıra odun artıkları ve tarımsal atıklar ile hızlı büyüeyebilen ağaçlar ve otlar benzeri selüloz yönünden zengin malzemelerden de üretilebilmektedir (Keser, 2016).

Motorlu taşıtlar için en yaygın olarak kullanılan biyoetanol petrolün yerini almada önemli bir potansiyele sahiptir (Sarkar ve ark., 2012). Biyoetanol farklı biyolojik hammaddelerin fermantasyonu sonucu oluşan renksiz, uçucu, yanıcı ve oda koşullarında sıvı halde bulunan kimyasal bir maddedir. Molekül formülü  $C_2H_5OH$ 'dır. Molekül yapısında karbon atomuna bağlı bir hidroksil grubu (-OH) bulundurur (Walker, 2010).

Biyoetanol genel olarak, formülü  $(CH_2O)_n$  olan her karbonhidrat bileşiğinden elde edilebilir. Biyoetanol üretimi için kullanılan birinci nesil kaynaklar şeker içerikli bitkileri ve nişasta içerikli bitkileri, ikinci nesil kaynaklar ise büyük oranda lignoselülozik biyokütleleri temsil eder. Birinci nesil kaynaklar beslenme amacıyla kullanıldıkları için biyoetanol kaynağı olarak kullanımları avantajlı değildir. İkinci nesil kaynaklardan etanol üretimi ise hammaddenin bol miktarda bulunması nedeni ile çok daha ekonomiktir (Bajpai, 2013).

Biyoetanolün yanma eşitliğinde, biyoetanolün tam olarak yanması için stokiyometrik denge aşağıda verildiği gibi yazılabilir;



$$Yakıt\ hava\ oranı = \frac{Yakıtın\ kütlesi}{Havanın\ kütlesi} = \frac{46}{411.84} = \frac{1}{8.95} \quad (1.3.)$$

Biyoetanol en basit haliyle şekerin fermantasyonu sonucu oluşan bir üründür. Pek çok maya türü şekeri metabolize ettiklerinde etanol ve CO<sub>2</sub> oluştururlar. Glukoz ve ksiloz şekerlerinin biyoetanolle dönüşümünde kullanılan basit stokiyometrik denklemler sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2’de görüldüğü gibidir (Mc Millan, 1993; Gao et al., 2002).



Yukarıdaki eşitlikler göz önüne alınarak birim şeker başına üretilebilecek maksimum etanol konsantrasyonu 0.51 g etanol/g şeker olarak hesaplanmış ve bu değer teorik etanol verimi olarak adlandırılmıştır (Karagöz, 2013).

Günümüzde üretilen biyoetanolün önemli bir miktarının elde edilmesinde hammadde olarak mısır, buğday gibi gıda ürünlerinin kullanılıyor olması hem üretim maliyetini hem de dünyada yaşanan açlık ve yoksulluğu arttırmaktadır. Bu nedenle ekonomik değeri düşük biyokütleler olan tarımsal atık ve yan ürünlerden etil alkol üretimi üzerine çalışmalar son yıllarda oldukça önem kazanmıştır (Yücel, 2011).

### 1.5.1. Türkiye’de biyoetanol

Türkiye tarımsal potansiyeli oldukça yüksek bir ülkedir. Yumrulu bitkiler, hububat ürünleri ve çeşitli meyveler önemli ölçüde yetiştirilmektedir. Yetiştirilen bu ürünlerin üretim fazlaları ve bitkisel atıkları biyoetanol üretiminde değerlendirildiğinde çiftçiye, çevreye ve de ekonomiye katkı sağlayacaktır (Özçelik, 2013).

İçten yanmalı motorlarda biyoetanolün kullanımı dünyada ilk kez ciddi anlamda Ford tarafından gündeme getirilmiştir. Ülkemizde biyoetanolün kullanımı 1931 yılında Ziraat Kongresinde ele alınmış ve 1936 yılında ikinci beş yıllık kalkınma planına alınarak 1942 yılında orduda kullanılmıştır (Acaroğlu, 2010).

TARKİM yıllık 40 bin ton/yıl ile Ülkemizdeki ilk biyoetanol üretim tesisi olup; Bursanın Kemalpaşa bölgesindedir. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. tarafından da Eskişehirde yaklaşık 18 bin ton/yıl kapasiteli bir tesis kurulmuştur. Bunların dışında Ülkemizdeki biyoetanolün %60’ını karşılayan Konya Şeker Fabrikasının ise yıllık kapasitesi 84 milyon litre’dir. Tezkim Tarımsal Kimya A.Ş. ise Adanada faaliyet göstermekte olup; günlük 250 ton mısır kullanarak 100 bin litre biyoetanol gerçekleştirmektedir. Hammadde olarak mısır ve buğday kullanılmaktadır (Çelikten, 2008: TTKAŞ, 2008).

2009 yılında tüketilen toplam dizel yakıtına üretilen etanolün tamamını karışım şeklinde eklenir ise; yaklaşık %1.5 oranında etil alkol ihtiva eden bir karışım yakıt elde edilmiş olur. Bu karışım sayesinde yaklaşık 215,000 m<sup>3</sup> ithal yakıt azaltılabilmektedir. Buna ilaveten, motorinin rafineri satış değeri 0.6 \$/lt olarak alındığında, 215,000 m<sup>3</sup> yakıtın yaklaşık değerinin 215,000 m<sup>3</sup> x 1000 x 0.6 \$ = 129 milyon \$’lık bir ekonomik katkı sağlamış olacağı görülmektedir (Aydoğan, 2011).

Tablo 1.1’de Türkiye’de TARKİM tarafından TS EN 15376 standardına göre üretilen biyoetanolün tipik değerleri gösterilmektedir (TARKİM, 2019).

**Tablo 1.1.** Türkiye’de üretilen biyoetanölün tipik değerleri

İçerik	Limit Değerler	Test Yöntemi
Etanol içeriği + yüksek molekül kütleli doymuş alkoller (% wt)	> 98.7	EN 15721
Yüksek molekül kütleli (C3-C5) doymuş mono-alkol içeriği (%wt)	< 2	EN 15721
Metanol içeriği (%wt)	< 1	EN 15721
Su içeriği (%wt)	< 0.300	EN 15692
Toplam asitlik (% wt)	< 0.007	EN 15491
Elektirik iletkenliği (uS/cm)	< 2.5	EN 15938
Görünüm	Berrak ve parlak	EN 15769
İnorganik klorür içeriği (mg/kg)	< 6	EN 15484
Sülfat (mg/kg)	< 4	prEN 15492
Bakır içeriği (mg/kg)	< 0.1	EN 15488
Fosfor içeriği (mg/lt)	< 0.15	EN 15487 EN 15837
Uçucu olmayan bileşenler içeriği (mg/100ml)	< 10	EN 15691 EN 15485
Sülfür içeriği (mg/kg)	< 10	EN 15486 EN 15837

Türkiye’de, Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren 27.09.2011 tarih ve 28067 Sayılı “Benzin Türlerine İlişkin Teknik Düzenleme Tebliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Tebliğ” uyarınca, piyasayada kullanılmak üzere akaryakıt olarak sunulan benzin türlerinin, yerli olarak üretilen tarım ürünlerinden üretilmiş etanol içeriğinin; 01.01.2013 tarihinden başlayarak en az %2, 01.01.2014 tarihinden itibaren ise en az %3 olması zorunlu hale getirilmiştir (EİGM, 2019). Petrol Sanayi Derneği tarafından yapılan hesaplamalar doğrultusunda Benzine %2 oranında yerel etanol ilave edildiğinde ithalatta benzine giden yaklaşık 203 milyon TL’nin Türkiye’de kalacağını göstermektedir (PETDER, 2019).

### 1.5.2. Biyoetanolün çevresel etkileri

Genel olarak artan biyoetanol tarımı sayesinde, üretilen biyoetanol ve bu biyoetanolün araçlarda yakıt olarak kullanılması ile elde edilen çevresel neticeler olumlu yöndedir. Biyoetanol yapımında kullanılan atık ürünler de çevresel açıdan açık bir fayda sağlamaktadır. Biyoetanol, mum yağı, kızartma yağı, mahsul artığı ve şehir atığı gibi atık ürünlerden de elde edildiği için bu tür atıkların çevre açısından çok fayda sağladığı görülmektedir. Biyoetanol karışımli benzinler diğer oktan arttırıcı katkılara oranla insan sağlığına ve çevreye daha az zararlıdır. Örneğin kurşunun günümüzde insan sağlığına olan zararları devamlı olarak belirtilmektedir. Kurşunun son 30 yıl içerisinde kullanımının büyük oranda ortadan kaldırılması ile metiltersiyerbütileter (MTBE) kullanımı bir oktan arttırıcı olması nedeni ile artmıştır. Bu madde metanolün izobutilenle tepkimesinden oluşan, belli derecede zehirli, kolay tutuşucu, renksiz bir sıvıdır. MTBE'in yer altı suları ile karıştığı zaman olabilecek zararlı etkileri nedeni ile bazı yerlerde bu maddenin kullanımının yasaklanması biyoetanolün önemini arttırmaktadır (Yılmaz, 2013).

## 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde dizel motorları ile dizel motorlu jeneratör setlerinde biyoetanolün yakıt olarak kullanıldığı çalışmaların bir incelenmesi sunulmuştur. Bölümde Biyoetanolün petrol kökenli dizel yakıtına ve/veya biyodizele katılarak alternatif yakıt olarak kullanımı ile motor performansı ve egzoz emisyonu değerlerindeki değişimlere yer verilmiş ve ayrıca referans yakıtlara göre karşılaştırma sonuçları üzerinde durulmuştur. Bu tez çalışmasının esas konusu olan dizel motorlu bir jeneratör setinde biyoetanol ve petrol kökenli dizel yakıt karışımlarının ilk çalıştırmadan itibaren ısınma süreci boyunca özellikle duman emisyonları olmak üzere egzoz emisyonlarındaki değişimler incelendiği bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Altun ve diğ. (2011) bir dizel motorunda biyodizel-dizel-etanol (BDE) karışımını kullanarak sonuçları petrol kökenli dizel yakıtı ve B20 olarak bilinmekte olan biyodizel-dizel karışımı ile karşılaştırmıştır. Çalışma sonuçlarına göre dizel yakıtına kıyasla karışım yakıtlarının özgül yakıt tüketiminin arttığını ancak karbon monoksit (CO) emisyonunun düşük, azot oksit (NO<sub>x</sub>) emisyonlarının ise dizel yakıtıyla kıyaslandığında B20 için biraz yüksek olurken BDE yakıtı için düşük olduğunu bildirmişlerdir.

Ejder (2007) etanol ve biyodizeli direkt püskürtmeli bir dizel motorunda farklı karışım miktarlarında test ederek motor performansındaki değişimleri incelediği çalışmada %5 ve %10 oranında biyodizel içeren karışımların kullanılmasıyla performansta bir miktar iyileşme olduğunu ancak etanol kullanımı ile motor momenti ve gücünün düştüğünü buna karşın %15 etanol içeren karışım yakıt ile toplam verimin bir miktar arttığını bildirmişlerdir.

Sezer (2017) etanol ve dietil eter yakıtlarını petrol dizeline katarak bir dizel motorunda test ettiği çalışmada karışımların püskürtme basıncının düşmesine dietil eterin ise püskürtme zamanında gecikme olmasına sebep olduğunu bildirmiştir. Ayrıca, yakıt karışımlarının kullanılmasının silindir basıncı ve sıcaklığında düşüşe sebep olduğunu, ancak efektif verimin %14,7-17,2 oranında arttığını özgül yakıt tüketiminin ise %8,5 oranında düştüğünü bildirmişlerdir. NO<sub>x</sub> emisyonlarının %6,8-18,2, CO<sub>2</sub>

emisyonlarının ise %10,3-13,8 oranında düştüğünü ancak HC'de %5-12,5 oranında artış olduğunu belirtmişlerdir.

Yeşilyurt ve diğ. (2018) petrol dizeline biyodizel eklenmesi ile enerji içeriği, viskozite ve soğukta akış özelliklerinin kötüleştiğini ayrıca bu karışım yakıtlara etil alkolün katılmasıyla bu özelliklerden viskozite ile soğukta akış özelliklerinin iyileştiğini belirtmişlerdir. Bununla beraber dizel yakıtına düşük bir oranda iyodizel eklenmesinin motor performansını iyileştirirken bu oranın artırılmasının veya etil alkol ilavesinin performansı olumsuz etkilendiği belirtilmiştir. Ayrıca, etil alkol eklenmesinin duman koyuluğunu, CO ve NO<sub>x</sub> emisyonu değerlerini düşürdüğü bildirilmiştir.

Yaşar (2016) çalışmasında transesterifikasyon reaksiyonu ile yosun yağından biyodizel üretmiş ve motorin ile %20 oranında biyodizel karışımını dört zamanlı, sabit devir sayılı, dört silindirli, doğrudan püskürtmeli bir dizel motorunda alternatif bir yakıt olarak kullanarak motorun performans ve emisyon değerlerini gözlemlemiştir. Çalışma sonucunda kullanılan karışım yakıtın motorine göre daha yüksek silindir içi basıncın ve ısı salınımı elde edildiğini ayrıca hidrokarbon ve duman emisyonlarının önemli oranda azaldığı ve NO<sub>x</sub>'lerde motorinden daha yüksek değerler elde edildiğini gözlemlemiştir.

Alptekin ve diğ. (2015) hayvansal yağlardan elde ettiği biyodizel yakıtları, petrol dizel yakıtını ve biyoetanol ile karışımları alternatif yakıt olarak sabit devir sayısında ve farklı yük şartlarında test ettiği çalışmasında alternatif yakıtların özgül yakıt tüketiminin yüksek olduğunu, biyodizellerin maksimum silindir gaz basıncının da daha yüksek ve yanma başlamasının daha erken olduğunu belirtmişlerdir. Bununla beraber biyoetanol eklenmesi ile yanmanın başlamasının daha geç gerçekleştiğini, biyodizel karışımına kıyaslandığında biyoetanol karışımlı yakıtın toplam hidrokarbon emisyonlarında artışa neden olduğunu belirtmişlerdir.

Aydoğan (2011) bir dizel motorunda biyoetanol-dizel karışımlarının performans ve emisyonlarını araştırdığı çalışmasında %10 oranında biyoetanol kullanılması ile maksimum motor momentinin elde edildiğini bildirmiştir. Ayrıca yakıt içerisindeki biyoetanolün artırılması ile NO<sub>x</sub> emisyonlarının da arttığı çalışmada belirtilmiştir.

Noorollahi ve diğ. (2018) dizel, biyodizel ve etanolden oluşan yakıt karışımlarının egzoz emisyonları üzerindeki etkisi test etmek için yaptıkları çalışmalarında petrol dizeline düşük oranlarda katılan biyodizel ve etanolün en iyi verim, performans ve emisyon sonuçlara sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Krishna ve diğ. (2019) yakıt özellikleri açısından en iyi karışım oranı olarak belirledikleri 78% diesel, 17% biodiesel ve 5% ethanol'den oluşan karışım yakıtı test ettikleri bir dizel motorlu jeneratörde elde ettikleri sonuçlara göre karışımın dizel ile aynı yakıt özellikleri, performans ve emisyon değerlerine sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Aydoğan (2015) biyoetanol, aspir yağından elde edilen biyodizeli ve petrol dizel yakıtından oluşan karışımları common-rail bir dizel motorunda kullanılması sonucu elde ettiği performans, egzoz emisyonu ile yanma karakteristikleri sonuçlarını değerlendirdiği çalışmasında güç, tork, CO, yanmamış HC ile duman emisyonlarında düşüşler olduğunu ancak NOx ile özgül yakıt tüketimin arttığını belirtmiştir. Yanma karakteristiklerinin ise birbirine yakın olduğunu bildirmiştir.

Aydın ve İlkılıç (2010) çalışmalarında dört zamanlı, tek silindri bir dizel motorda dizel-etanol-biyodizel yakıt karışımlarından oluşan alternatif yakıtları denemişler ve motorun performansını gözlemlemişlerdir. Ayçiçeği yağından elde ettikleri biyodizeli hacimsel olarak %20 biyodizel ve %80 dizel (B20) ile %80 dizel ve %20 etanol (BE20) karışımlarından elde ettikleri yakıtları kullanmışlardır. Çalışmalarının sonucunda, en yüksek torkun BE20 yakıtından elde edildiğini, özgül yakıt tüketiminin en az değerini dizel yakıtından en yüksek değerini ise B20 yakıtından elde edildiğini gözlemlemişlerdir.

Kim ve Choi (2010) çalışmalarında Common Rail direkt enjeksiyon yakıt sistemine sahip bir dizel motorda dizel yakıtına biyodizel ve biyoetanol eklenerek hazırladıkları yakıt karışımlarını deneyerek motorun emisyonlarını incelemişlerdir. Deneyler sonucunda E15 yakıtı kullanıldığında ısı değerlerinin düşmesinden dolayı yakıt tüketiminin arttığını buna karşın E0 yakıtı ile aynı seviyede bir gücün elde edildiğini, B5 ve B15 yakıtları kullanıldığında karbonmonoksit emisyonlarının azaldığını ancak azotoksit emisyonlarının arttığını bildirmişlerdir.



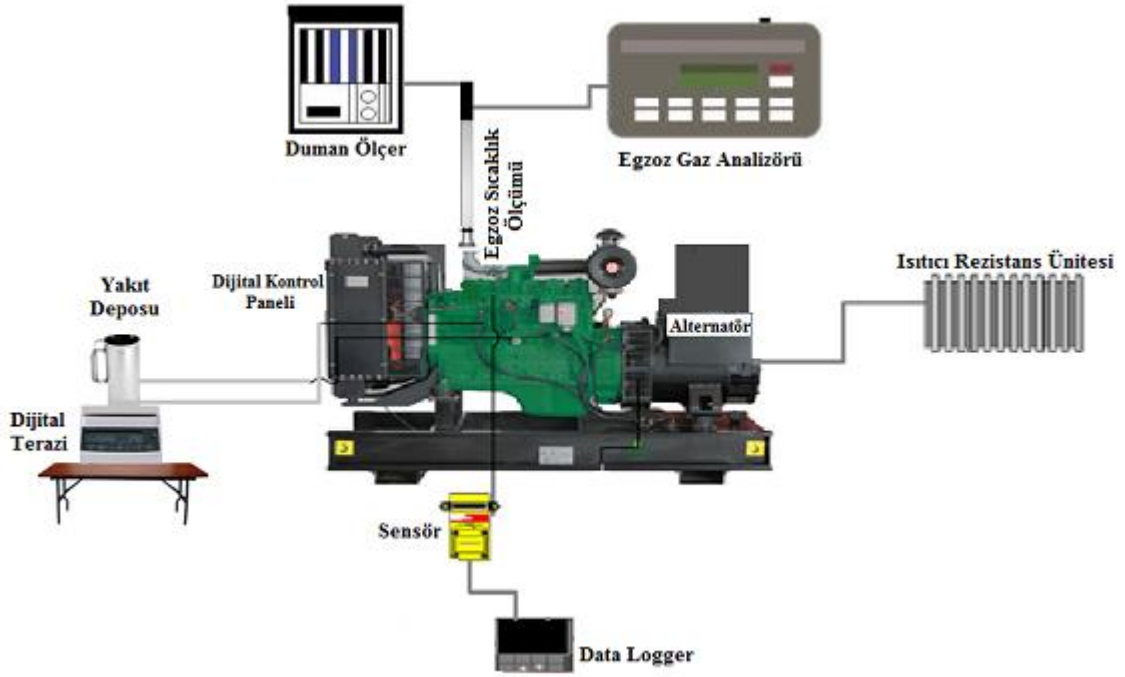
Sayın (2010) çalışmasında bir silindirli, direkt enjeksiyonlu, dört zamanlı bir dizel motorda dizel-metanol (M5-10) karışımı ve dizel-etanol (E5-10) karışımından oluşan yakıtları deneyerek motorun emisyon ve performans parametrelerini araştırmıştır. Çalışmasının sonucunda M10 yakıtının kullanılmasıyla yarı yarıya daha az oranda karbonmonoksit oluştuğunu, azotoksitlerin ise yarı yarıya arttığını ve özgül yakıt tüketiminin ise arttığını bildirmiştir.

Literatürde yapılan çalışmalar incelendiğinde alternatif yakıt olarak dizel-etanol karışımı yakıtların dizel motorlarında test edildiği birçok çalışmanın mevcut olduğu ve genel olarak bir değerlendirme yapıldığında ise petrol dizeline etanol eklenmesi ile termik verimde bir miktar artışın olduğu ve bununla beraber duman emisyonlarında bir azalma olduğu rapor edilmiştir. Ancak yukarıda verilen literatür çalışmalarından da anlaşılacağı üzere bu yakıt karışımlarının dizel motorlu jeneratör setlerinde kullanılmaları durumunda özellikle yakıt tüketimi ve yanmamış HC emisyonlarında farklı sonuçlar bildirilmiştir.

### 3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada petrol kökenli dizel, biyodizel ve biyoetanolden oluşan BE10 ve BE15 yakıt karışımları Batman Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Motor Test Laboratuvarında bulunan dizel motorlu jeneratör setinde yakıt olarak kullanılmıştır. Motorun yüklenmesi için alternatörün ürettiği elektrik enerjisi laboratuvarında bulunan ve birbirine seri olarak bağlanmış rezistanslar tarafından sağlanmıştır. Farklı güçlerdeki rezistanslar kullanılarak motor yükü kontrol edilmiştir. Deneylerde motor petrol kökenli dizel yakıtı ile çalıştırılıp ilk ölçümler alındıktan sonra diğer test yakıtları ile deneyler yapılmıştır. Petrol kökenli dizel yakıtı temel alınarak ölçüm sonuçları karşılaştırılmıştır.

Deneyler yapılmadan önce her test öncesi jeneratör setinin ve bağlı cihazların genel fiziki durumu (soğutma suyu, motor yağı, elektrik bağlantıları gibi) kontrol edildikten sonra teste başlanmıştır. Jeneratör setinde bulunan alternatör üzerindeki voltmetre ve ampermetre ile çekilen güç hesaplanmıştır. Jeneratör setinin pratikteki çalışma şartlarını kontrol için elektrikli rezistanslar kullanılarak motor 1500 rpm'de 1 dakika yüksüz, 3 dakika %25 yük (2,8 kW) ve 3 dakika %50 yükteki (5,6 kW) güç çıkışlarında deney yakıtları test edilmiştir. Soğutma sıvısı sıcaklığı, gaz ve duman emisyonları ile yakıt tüketimi değerleri motor çalıştırıldığı andan durdurulduğu ana kadar ölçülmüştür. Motorun yakıt tüketimi bir dijital terazi ve süreölçer kullanarak ölçülmüştür. Ayrıca sıcaklık ve nemölçer cihazı kullanılarak iç ve dış ortam sıcaklıkları ile nemi ölçülmüştür. Her test sonrası motor soğumaya bırakılmış ve testler birer gün aralıklarla yapılmıştır. Böylece motor sıcaklığı ortam sıcaklığında iken teste başlanmıştır. Her test sonrası yakıt deposu boşaltılmış, yakıt borularındaki yakıt motordaki el pompası ile boşaltıldıktan sonra yeni teste geçilmiştir. Şekil 3.1.'de Deney düzeneğinin şematik görünümü gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deney düzeneğinin şematik görünümü

Deney yapıldığı günlerde günlük olarak iç sıcaklık ve nem ile dış sıcaklık ve nem ölçümleri yapılarak Tablo 3.1.'de gösterilmiştir.

Tablo 3.1. Deney anındaki iç ve dış ortamın tarih, zaman, sıcaklık ve nem oranı

Deney ortamı	E0	E10	E15
Deney tarihi	07.03.2017	11.04.2017	09.03.2017
Deney saati	15:20	18:50	15:30
Deney ortamı sıcaklığı	19.6 °C	21 °C	19.6 °C
Deney ortamı nem oranı	%32	%35	%41
Dış ortam sıcaklığı	18 °C	17 °C	19.6 °C
Dış ortam nem oranı	% 32	% 43	% 35

### 3.1. Motor Test Yakıtları

Deneylerde kullanılmak üzere Batman'da ticari faaliyet gösteren bir yakıt istasyonundan alınan eurodiesel (E0) ile ticari bir firmadan alınan biyoetanol Batman Üniversitesi Meslek Yüksek Okulu (MYO) Rafineri ve Petro-Kimya Teknolojisi laboratuvarında 1000 ml, 500 ml, 250 ml ve 50 ml'lik ölçekli kaplar kullanılarak hacimce

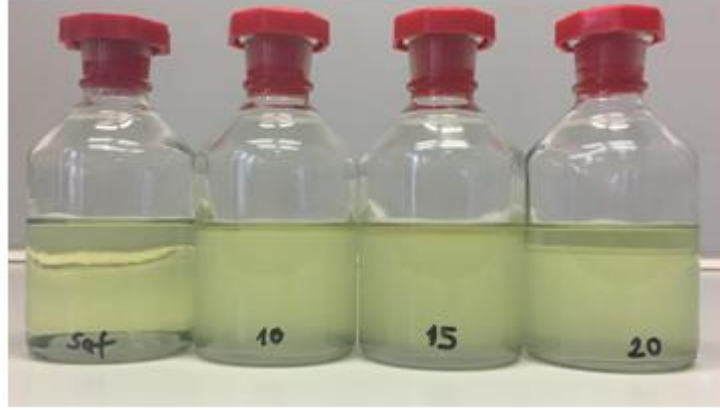
%90 eurodiesel + %10 biyoetanol (E10), %85 eurodiesel + %15 biyoetanol (E15) ve %80 eurodiesel + %20 biyoetanol (E20) ile ayrı ayrı karışımlar hazırlanarak deney tüplerine konulmuştur. Deney tüplerine konularak gözlemlenmeye başlanan E0, E10, E15 ve E20 yakıtlar; 2.dk (Şekil 3.2.), 2.saat (Şekil 3.3.), 4. saat (Şekil 3.4.) ve 24. saatte (Şekil 3.5.) karışımların fotoğrafları çekilerek incelenmiştir. Tüplerdeki karışımlar 2. dakikadan itibaren 15.9 °C'lik ortam sıcaklığında E10 ve E15 karışımlarında bir farklılık olmamakla beraber E20 karışımında yavaş yavaş faz ayrışmasının olduğu ve 2. saatte 14 °C'lik ortam sıcaklığında E15 ve E20 karışımlarında faz ayrışmasının çok net olarak belirdiği gözlemlenmiştir. 4. Saatte 15 °C'lik ortam sıcaklığında E10 yakıt karışımında da faz ayrışması olduğu ve diğer karışımlarda ise faz ayrışmasının daha da belirgin hale geldiği gözlemlenmiştir. 24. Saatte 15.5 °C'lik ortam sıcaklığında ise tüm karışımlarda faz ayrışmasının çok net olduğu gözlemlenmiştir.



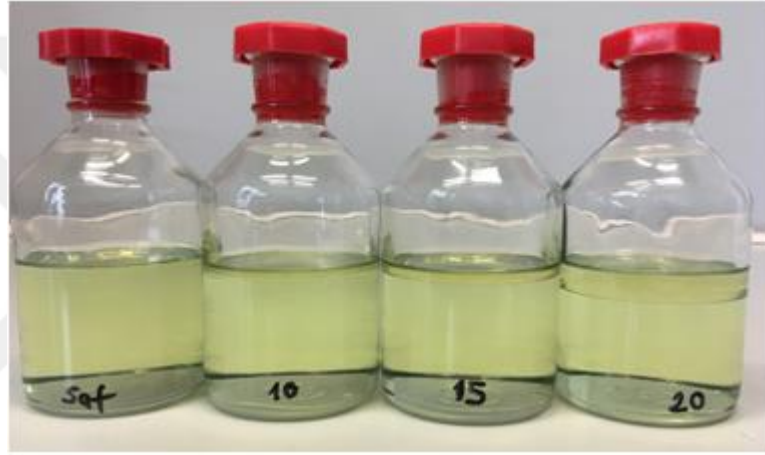
Şekil 3.2. 15.9 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 2.dakikadaki fotoğrafı.



Şekil 3.3. 14 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 2.saatteki fotoğrafı.

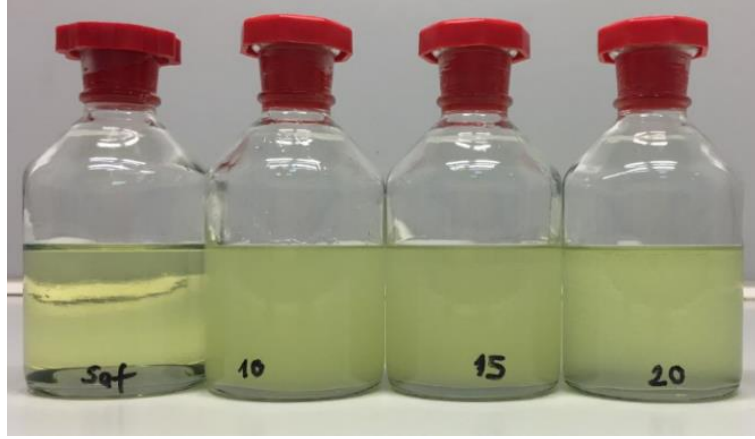


Şekil 3.4. 15 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 4.saatteki fotoğrafı.

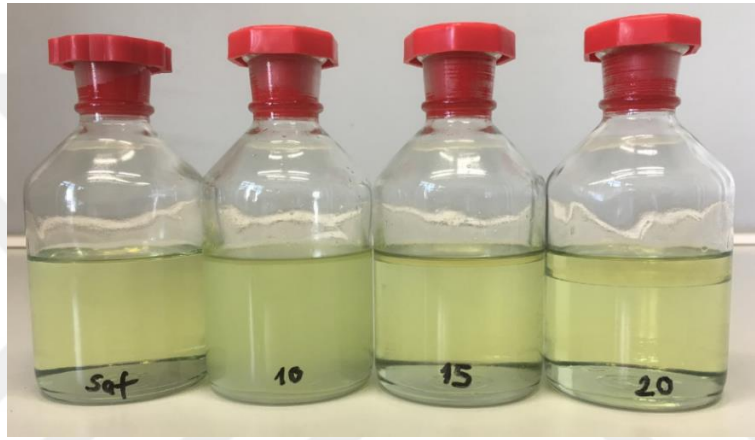


Şekil 3.5. 15.5 °C'lik ortamda E0, E10, E15 ve E20 karışımların 24.saatteki fotoğrafı.

Bunun üzerine biyodizelin çözücü etkisinden faydalanılarak faz ayrışmasını geciktirmek için karışımlar yeniden hazırlanarak tüm karışımlara %1 oranında biyodizel (B100) eklenmiştir. Oluşan yeni karışımlar %89 eurodiesel + %10 biyoetanol + %1 biyodizel (BE10), %84 eurodiesel + %15 biyoetanol + %1 biyodizel (BE15) ve %79 eurodiesel + %20 biyoetanol + %1 biyodizel (BE20) deney tüplerine konularak gözlemlenmeye başlanmıştır. B1 (%1 biyodizel) yakıt karışımlarına karıştırıldıktan sonra 16 °C'deki ortam sıcaklığında faz ayrışmasının geç başladığı ve 24. saatte ise tüm karışımlardaki faz ayrışmasının tekrar ettiği gözlemlenmiştir (Şekil 3.6. ve Şekil 3.7.).



Şekil 3.6. 16 °C'lik ortamda E0, BE10, BE15 ve BE20 karışımların 2. dakikadaki fotoğrafı.



Şekil 3.7. 16 °C'lik ortamda E0, BE10, BE15 ve BE20 karışımların 24. saatteki fotoğrafı.

Deneylerde kullanılan yakıtların karışım oranları Tablo 3.2.'de gösterilmektedir.

**Tablo 3.2.** Deneyde kullanılan eurodiesel, biyoetanol ve biyoedizel yakıtları ile karışım oranları

Deney yakıtı	Eurodiesel oranı (% hacim)	Biyoetanol oranı (% hacim)	Biyodizel oranı (% hacim)
E0-BE0	100	0	0
BE10	89	10	1
BE15	84	15	1

Bu aşamadan sonra test yakıtlarının (BE10-15) yoğunlukları, viskoziteleri ve alevlenme noktaları (flash point) 15 °C'lik ortam sıcaklığında ve laboratuardaki cihazlar vasıtasıyla yapılmış ve Tablo 3.3.'te gösterilmiştir.

**Tablo 3.3.** Test yakıtlarının yoğunluk, viskozite ve alevlenme noktaları

Deney yakıtı	BE10	BE15
Yoğunluk (g/cm <sup>3</sup> )	0.823	0.818
Viskozite (mm <sup>2</sup> /s)	2.8652	2.7511
Alevlenme noktası (°C)	32	26

### 3.2. Yakıt Özelliklerinin Ölçülmesi

Hazırlanan yakıtlar laboratuarda bulunan Density Meter DMA-38 yoğunluk ölçüm cihazında yoğunlukları ölçülmüştür. Yoğunlukları ölçen cihazın ölçüm aralığı, çalışma sıcaklığı, hata payı, ölçüm belirsizlik aralığı, basınç aralığı, zamanlama ve programlama gibi teknik detaylar Tablo 3.4.'de gösterilmiştir.

**Tablo 3.4.** Yoğunluk ölçüm cihazı teknik özellikleri

Markası ve modeli	Anton Paar DMA 38
Ölçüm aralığı	0-3 g/cm <sup>3</sup>
Ölçümün belirsizliği (onay seviyesi %95)	$\pm 1 \times 10^{-3}$ g/cm <sup>3</sup>
Tekrar edilebilirlik	$\pm 2 \times 10^{-4}$ g/cm <sup>3</sup>
Ortam sıcaklığı	+15 °C ile +40 °C arası
Havanın nemi	% 10-90 bağıl nem
Basınç aralığı	0-10 bar
Termostat doğruluğu	$\pm 0.1$ °C
Sıcaklık denkleşim süresi	0.5 – 3.5 dk
Numune miktarı	0.7 ml
Numune ölçüm süresi	1-8 dk

Herzog HVM 472 otomatik kinematik viskozite cihazı ile yakıtların viskozite tayinleri gerçekleştirilmiştir. Kinematik viskozite cihazı 18 ml numune ile kesin sonuçlar vermektedir. Sahip olduğu numune örnekleyici operatör kullanımını en aza indirmektedir ve testin herhangi bir aşamasında yeni numunelerin testinin yapılmasına imkan vermektedir. Kinematik viskozite cihazının teknik özellikleri Tablo 3.5.'de belirtilmiştir.

**Tablo 3.5.** Otomatik kinematik viskozite cihazı teknik özellikleri

Markası ve modeli	Herzog HVM 472
Çalışma aralığı	20°C /150°C
Banyo sıcaklık kararlılığı	<100°C ±0.01°C >100°C ±0.03°C
Viskozite menzili	0.5-5000mm <sup>2</sup> /s 40°C 0.5-2000mm <sup>2</sup> /s 100°C
Kullanım periyodu (2 entegre numune değş.)	7-8 saat
Güç kaynağı	230V AC
Frekans aralığı	50/60hz
Çalışma gerilimi	1350W

Herzog HFP 339 flash point cihazı ile yakıtların alevlenme noktaları tespit edilmiştir. Bu cihaz 6 standart program ve 3 manuel programla çalışmaktadır. Cihazın numune haznesinde bulunan karıştırıcı belirli devirlerde numuneleri karıştırmaktadır. Numune haznesinin üzerinde bulunan bir kızdırma bujisi (elektirikli rezistans) ise alevlenme noktasını tespit etmek için belirli zaman periyotlarında numune haznesinin içine dalmaktadır. Cihaz ünitenin tüm işlevlerini kontrol eden bir mikro işlemciye sahiptir. Parlama noktasını çok hızlı bir şekilde tespit eder. Tablo 3.6.'da cihazın teknik özellikleri belirtilmiştir.

**Tablo 3.6.** Alevlenme noktasını tespit eden cihazın teknik özellikleri

Markası ve modeli	Herzog HFP 339
Programlar	6 standart, 3 kullanıcı programı
Hafıza	Son 9 deney
Prob	Elektirikli rezistans
Sıcaklık aralığı	0 °C- 400 °C
Numune ısıtma gücü	950 W
Soğutma sistemi	Hava soğutmalı
Programlama aralığı	0.5 °C – 14 °C/dk
Numune karıştırıcı	Step motorlu 20-255 d/dk
Ateşleme aralığı	0.5 °C – 5 °C
Parazit önleyici (su veya silikon için)	Termik saptama ile



### 3.3. Deney Motoru ve Alternatör

Jeneratör setinde kullanılan deney motoru 2010 model, dört zamanlı, üç silindirli, 1,4 lt silindir hacminde, 22,5/1 sıkıştırma oranına sahip, 1500 d/dk (rpm) devir sayılı, stand-by modunda 18,5 hp (13,5kW) gücünde, tabii emişli, su soğutmalı, mekanik kontrollü yakıt püskürtme sistemine sahip bir dizel motor ile 231/400V gerilimli fırçasız senkron tip alternatörden oluşan jeneratör seti kullanılmıştır (Şekil 3.8.).



Şekil 3.8. Jeneratör seti

Jeneratör setindeki deney motoru ve alternatörün teknik özellikleri Tablo 3.7.'de verilmiştir.

**Tablo 3.7.** Jeneratör setinin teknik özellikleri.

<b>Jeneratör Seti</b>		
Gücü (stand-by)	kVA (kWe)	13.0 (10.4)
Gücü (prime)	kVA (kWe)	12.5 (10.0)
Güç faktörü	cos $\theta$	0.8
Frekans	Hz	50
Panel	Mikroişlemcili AMF elektronik kontrol paneli, Röleler, 3 kutuplu termik manyetik şalter, tampon akü şarj redresörü	
<b>Motor</b>		
Markası		İNTER, ağır hizmet tipi dizel motor
Modeli		IDE 314 NG
Devri	rpm (d/dk)	1500
Gücü (stand-by)	hp (kW)	18.5 (13.5)
Gücü (prime)	hp (kW)	17 (12.5)
Silindir sayısı		3
Silindir dizilişi		Düz sıralı
Emme sistemi		Tabii emişli
Soğutma sistemi		Su soğutmalı (tropikal tip radyatör)
Governör		Mekanik
Silindir hacmi	lt	1.4
Silindir çapıxstrok	mm	80x90
Sıkıştırma oranı	h/h	22.5/1
Elektirik tesisatı	lt/h	12 V <sub>DC</sub>
Yakıt sarfıyatı %50 yük	lt/h	2.1
Yakıt sarfıyatı %75 yük	lt/h	2.9
Yakıt sarfıyatı %100 yük	lt/h	3.8
Yakıt tankı	lt	55
<b>Alternatör</b>		
Tipi	Senkron tip fırçasız	
Aşırı yükleme	12 saatte 1 saat süreyle %110 ve 2 dakika süreyle %150	
İzolasyon dayanımı	Minimum 1800 V <sub>AC</sub>	
Kısa devre akımı	10 saniye %300	
İzolasyon sınıfı	H	
Gerilimi	231/400 V	
Gerilim toleransı	± %0.5	
Standardı	VDE 0530 ve IEC 34-1 standardına uygun	
Regülatör	Otomatik voltaj regülatörü (AVR)	

### 3.4. Gaz Analiz ve Opasimetre (Duman Ölçüm) Cihazı

Motor Test Laboratuvarında bulunan Capelec CAP 3200 egzoz emisyonu (gaz analizi) ölçüm ve opasimetre (duman ölçüm) cihazı ile deney motorunda kullanılan yakıtların egzoz gazları ve duman koyuluğu analiz edilerek değerler kayıt altına alınmıştır (Şekil 3.9.). Şekil 3.10'da emisyon cihazının ekranı görülmektedir.



Şekil 3.9. Emisyon cihazı



Şekil 3.10. Emisyon cihazının opasimetre ekranı

Gaz analiz cihazının ekranından HC, CO<sub>2</sub>, CO, O<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ve duman koyuluğu gibi ölçüm değerleri kayıt altına alınmıştır. Egzoz gazının emisyon ve dumanını emisyon cihazındaki ve opasimetredeki sensörler tespit etmektedir. Ayrıca emisyon cihazının üzerinde bulunan bir termal yazıcı tarafından analizi yapılan gazların değerleri anlık olarak yazdırılabilir. Testler yapılmadan önce emisyon cihazındaki filtreler ve opasimetredeki sensörler iyice temizlenmiştir. Test esnasındaki emisyon değerleri anlık olarak kayıt edilmiştir. Emisyon cihazının hassas ölçüm aralıkları ve teknik özellikleri Tablo 3.8.'de verilmiştir.

**Tablo 3.8.** Gaz analiz cihazının teknik özellikleri

Markası ve modeli	Capelec CAP 3201-4 GAZ
Ön ısıtma süresi	Minimum 1 dk
Pompa kapasitesi	6 lt/dk
Çalışma sıcaklığı	-10 °C ile 55 °C
Nem	%30-%90
Depolama sıcaklığı	-32 °C ile +55 °C
HC (hassasiyet 1ppm)	0-20000 ppm Hexan
CO (hassasiyet %0.001)	0-5 % vol.
CO <sub>2</sub> (hassasiyet %0.1)	0-20 % vol.
O <sub>2</sub> (hassasiyet %0.01)	0-21.7 % vol.
NO <sub>x</sub> (hassasiyet 1ppm)	30-10000 ppm
Yağ sıcaklığı	5°C-150°C
Lambda (hava/yakıt oranı katsayısı)	0.8-1.2
Opasite çözünürlüğü (hassasiyet %0.01)	0-9.99 m <sup>-1</sup>

### 3.5. Elektronik Hassas Terazi

Deney motorunda kullanılan yakıtlar Desis T28 2015 model hassas terazi kullanılarak ölçüm gerçekleştirilmiştir. Hassas terazi şarj edilebilir, 0.1 g hassasiyetli, 4g-15kg arasında ölçüm yapabilen, 0-40°C aralığında sağlıklı ölçüm yapabilen elektronik bir alettir. Yakıt tüketiminin zamanını belirlemek amacıyla dijital kronometre kullanılmıştır. Deney esnasında motorun yakıt deposu kullanılmamış bunun yerine elektronik tartı aleti üzerine yerleştirilmiş ve borular yardımıyla yakıt hattına bağlanan bir kap kullanılmıştır.

**Tablo 3.9.** Elektronik hassas terazinin teknik özellikleri

Markası ve modeli	Desis T28
Ölçüm hassasiyeti	0,1g
Maksimum tartı miktarı	15kg
Minimum tartı miktarı	4g
Çalışma sıcaklık aralığı	0°C /40°C
Gösterge ekranı	LCD
Güç kaynağı	220V AC/ 12V DC adaptör
Batarya süresi (şarjsız)	50 saat

### 3.6. Üniversal Girişli Tarayıcı (Data Logger)

Deney motorundaki egzoz gaz sıcaklığını ölçmek için Üniversal Girişli Elimko 680 Tarayıcı (data logger) kullanılmıştır. Egzoz borusuna monte edilmiş termocouple sensörünün algıladığı sıcaklığı tarayıcıya aktararak egzoz gaz sıcaklığı tespit edilmiştir.

Üniversal girişli gelişmiş tarayıcı ve alarm cihazı olan data logger, 32 girişli, bilgisayara bağlanması durumunda her girişteki verilerin alınabildiği, yeni nesil mikrokontrolör kullanılarak tasarlanmış endüstriyel bir cihazdır. Tablo 3.10.'da bu gelişmiş cihazın teknik özellikleri belirtilmiştir.

**Tablo 3.10.** Egzoz gaz sıcaklığı tespitinde kullanılan data loggerin teknik özellikleri

Cihazın markası ve modeli	Elimko E680
Analog sayısal çevirici	16 bit
Sayısal analog çevirici	12 bit
Giriş seçme aralığı	0.2-9.9sn
Gösterge tarama aralığı	1-99sn
Gürültü bastırma	120 dB 50 Hz
Çalışma ortam sıcaklığı	-10 °C ile 55 °C
Çalışma gerilimi	85-265 V <sub>AC</sub> / 85-375 V <sub>DC</sub> 20-60 V <sub>AC</sub> / 20-85 V <sub>DC</sub>
Güç tüketimi	4 W (7VA)
Rölelerin mekanik ömrü	10 milyon açma kapama
Girişler	32 girişli
Ölçü elemanı	Termocouple

### 3.7. Sıcaklık ve Nem Ölçer

Deney yapıldığı esnada dış ve iç ortamın sıcaklık ve nem oranı bir termohigrometre Loyka Higo 100 cihazı ile ölçülmüştür. Tablo 3.11.'de sıcaklık ve nem ölçer cihazının teknik özellikleri belirtilmiştir.

**Tablo 3.11.** Termohigrometre cihazının teknik özellikleri

Markası ve modeli	Loyka Higo 100
Sıcaklık ölçüm aralığı	-50°C / +70°C
Nem ölçüm aralığı	% 10 / %99 rh
Sıcaklık ölçüm hassasiyeti	±1°C
Nem ölçüm hassasiyeti	%5rh
Nem ekran çözünürlüğü	% 1rh
Sıcaklık ekran çözünürlüğü	0,1°C
Güç kaynağı	1x1,5V (AAA)
Ekran	LCD

Termohigrometre ile ölçümleri yapılan sıcaklık ve nem oranları kayıt altına alınarak bu veriler Tablo 3.12.'de gösterilmiştir.

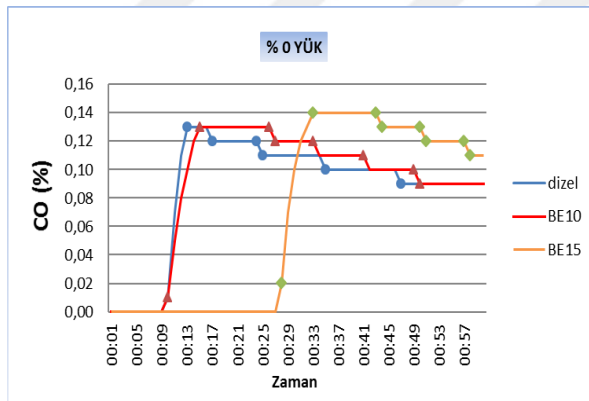
**Tablo 3.12.** Deneyin yapıldığı tarihlerdeki iç ve dış ortamın sıcaklık ve nem oranları

Deney Yakıtı ve Tarihi	Deney Saati	Dış Ortam Sıcaklığı (°C)	İç Ortam Sıcaklığı (°C)	Dış Ortam Nem Oranı (%)	İç Ortam Nem Oranı (%)
E0 (07.03.2017)	15:20	18	19.6	32	32
BE15 (09.03.2017)	15:20	20	20	35	41
BE10 (11.04.2017)	18:50	17	21	43	35

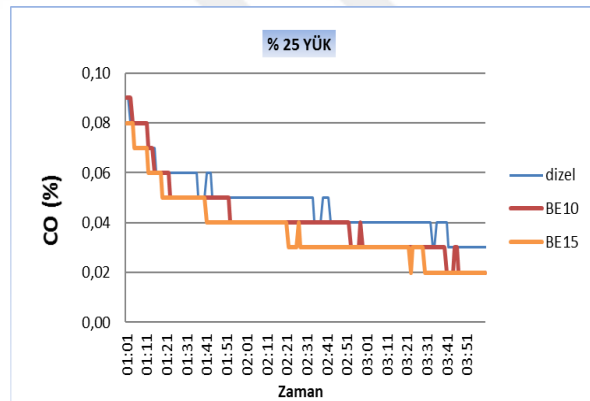
## 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

### 4.1. Karbonmonoksit (CO) Emisyonlarının Karşılaştırılması

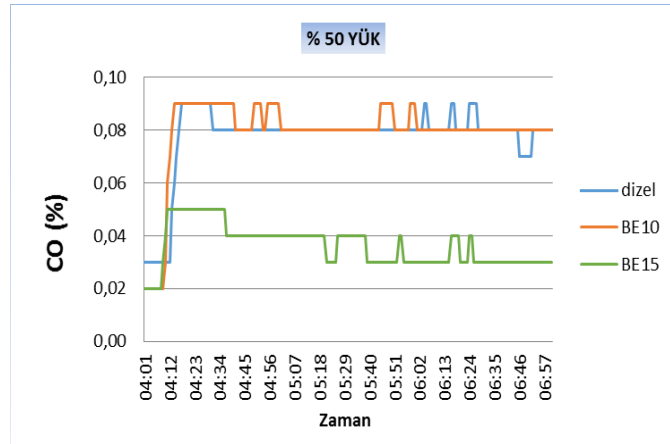
Motorda meydana gelen yanma emisyonlarının içerisinde CO'nun olmasının en büyük sebebi yetersiz oksijen yada eksik yanmanın meydana gelmesidir (Abdel-Rahman, 1998). Şayet ortamda yeteri kadar oksijen olursa yanma sonucunda CO oranı çok düşük, CO<sub>2</sub> oranı daha yüksek olacaktır ki istenen sonuç da budur. CO emisyonlarının artmasının bir sebebi de düşük gaz sıcaklığıdır. Şekil 4.1.a.b. ve c.'de motorun yüksüz, %25 yük ve %50 yük ile çalıştığı 0-7.dk'daki petrol kökenli dizel, BE10 ve BE15 yakıtlarının % CO emisyonları görülmektedir. Deney motoru ortam sıcaklığında iken yani soğuk iken çalıştırıldığı için gaz sıcaklığı düşük olduğundan ve tam yanma oluşmadığından Şekil 4.1.a.b. ve c.'de görüldüğü gibi CO emisyonları bir anda yüksek seviyelere çıkmış ve zaman ilerledikçe, yanma iyileştikçe belli oranlarda düşme eğilimine girmişlerdir. Yüksüz durumda en düşük CO emisyonunun dizel yakıtında, en yüksek CO emisyonunun ise BE15 yakıtında olduğu ancak motora verilen yük arttıkça en düşük CO emisyonunun BE15 yakıtında olduğu görülmektedir.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı CO emisyonları



b. %25 yük, 1-4dk aralığı CO emisyonları

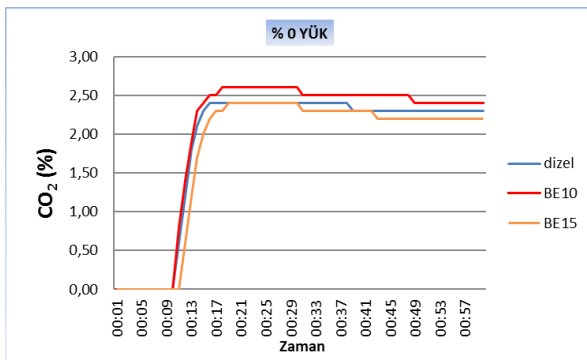
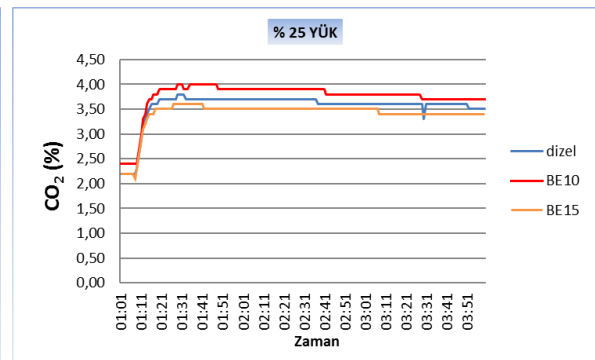


c. %50 yük, 4-7dk aralığı CO emisyonları

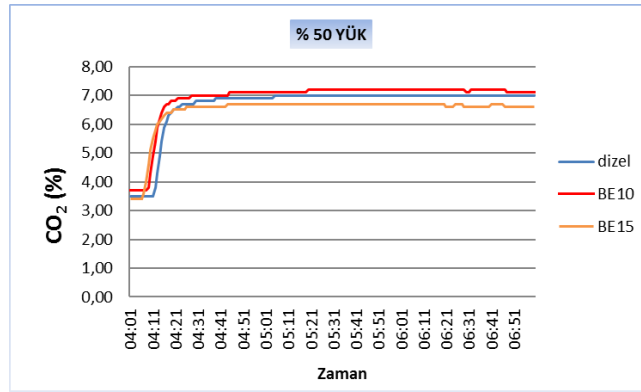
Şekil 4.1. CO emisyonları

## 4.2. Karbondioksit (CO<sub>2</sub>) Emisyonlarının Karşılaştırılması

Yanma sonucunda oluşan egzoz emisyonlarında bulunan CO<sub>2</sub> tam yanmayı gösterdiği için önemli bir bileşendir. Şekil 4.2.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde CO<sub>2</sub> yüzdesinin zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Yüksüz durumdaki dizel, BE10 ve BE15 yakıtlarındaki değerler birbirine yakın olmakla birlikte referans yakıt olan dizel yakıtına göre BE10 yakıtı biraz yüksek ve BE15 yakıtında biraz düşük sonuç vermiştir. Motora %25 yük verildiğinde ve motor ısındığında da sonuçlarda az bir değişme olmakla birlikte yüksüz duruma göre yanmanın kalitesi biraz daha iyileştiği anlaşılmaktadır. Aynı durum motora %50 yük verildiğinde de meydana gelmiş ve yanmanın kalitesi aynı oranda devam etmiştir.

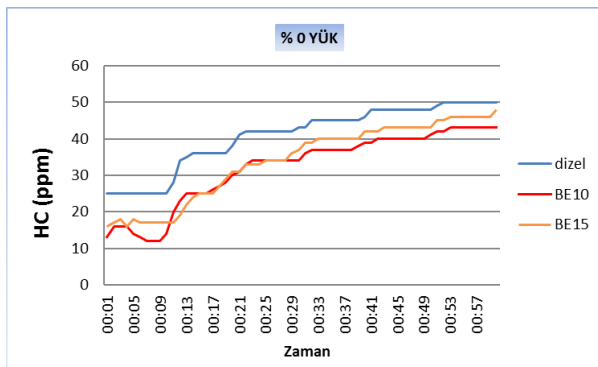
a. Yüksüz, 0-1dk aralığı CO<sub>2</sub> emisyonlarıb. %25 yük, 1-4dk aralığı CO<sub>2</sub> emisyonları



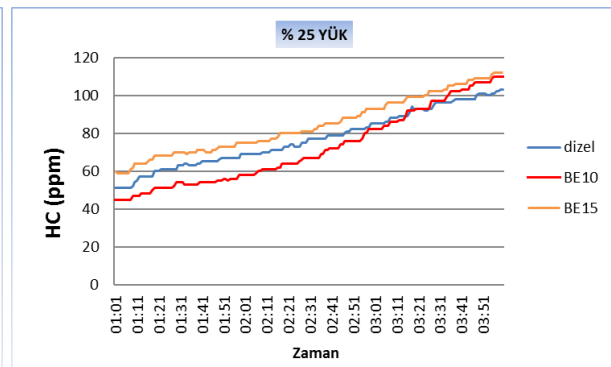
c. %50 yük, 4-7dk aralığı CO<sub>2</sub> emisyonlarıŞekil 4.2. CO<sub>2</sub> emisyonları

### 4.3. Hidrokarbon (HC) Emisyonlarının Karşılaştırılması

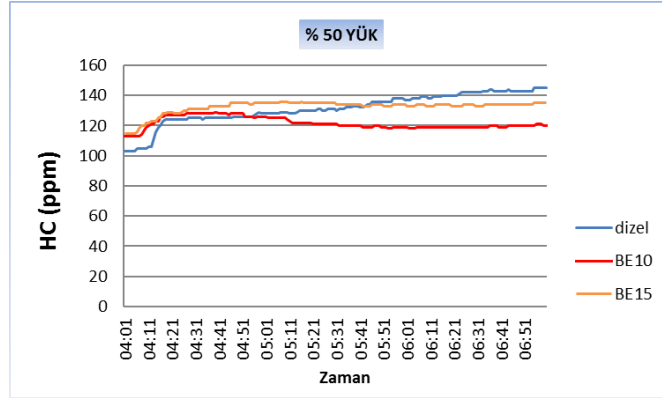
Hidrokarbonlar (HC) eksik yanma sonucu oluşurlar. Yakılan yakıtın tutuşma sıcaklığını yakalayamaması, yetersiz oksijen ve yanma zamanının az oluşu bunun en büyük sebeplerindendir. Şekil 4.3.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde HC partiküllerinin zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motora yük verilmeden önce dizel yakıtına göre BE10 ve BE15 yakıtlarındaki HC partikülleri ortalama 10 ppm daha az sayıda oluşmuştur. Motora %25 yük verildiğinde ise HC partikül fark sayılarında çok da bir değişim olmamakla birlikte BE15 yakıtında en yüksek, BE10 yakıtında ise en az partikül oluşmuştur. Motor yükü %50'ye çıkarıldığında 4.dakika periyodunda en düşük HC partiküllerine sahip yakıt dizel referans yakıtı iken, 5.dakikadan itibaren ise BE10 yakıtında en düşük HC partikülleri 120 ppm iken en yüksek HC partikülleri dizel yakıtında 145 ppm olarak gerçekleşmiştir.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı HC emisyonları



b. %25 yük, 1-4dk aralığı HC emisyonları



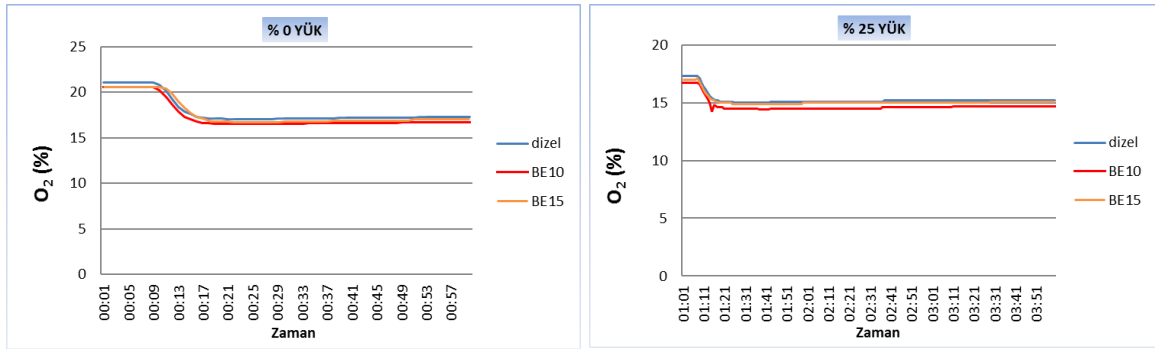
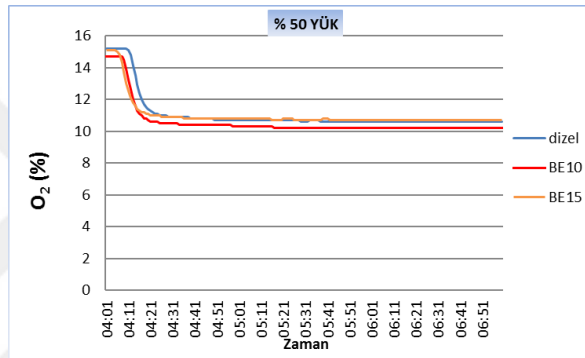
c. %50 yük, 4-7dk aralığı HC emisyonları

Şekil 4.3. HC emisyonları

Armas ve diğ. (2012)'de de belirtildiği gibi alkol yakıtlarının içerdiği yüksek buharlaşma entalpisi daha büyük hidrokarbonların oluşmasına ve yakıtın buharlaşması silindir içi ortaama sıcaklığını düşüreceğinden yanmamış hidrokarbon emisyonlarının arttığı söylenebilir.

#### 4.4. Oksijen (O<sub>2</sub>) Emisyonlarının Karşılaştırılması

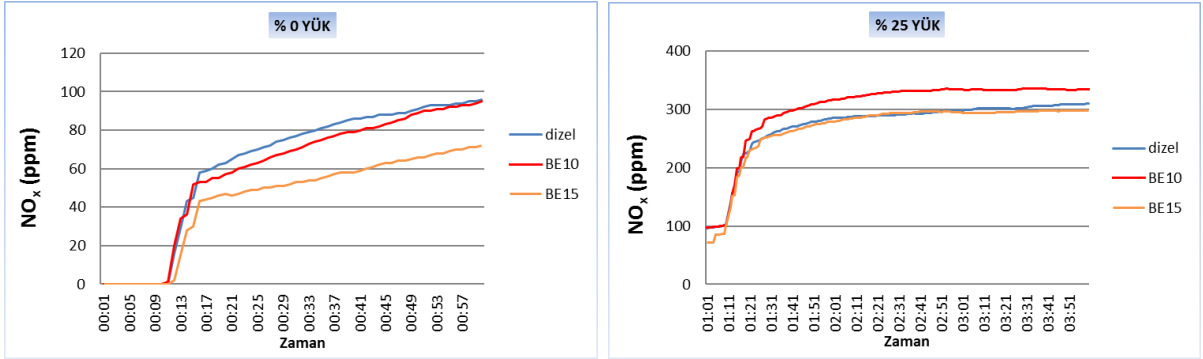
Yanma sonucunda oluşan egzoz emisyonlarında O<sub>2</sub> oranının yüksek olması karışımın fakir olduğunu gösterir. Şekil 4.4.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde O<sub>2</sub> yüzdesinin zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz durumda iken yakıtların O<sub>2</sub> oranları birbirlerine çok yakın bir eğilim göstermiştir. Motora %25 yük verildiğinde egzoz emisyonundaki O<sub>2</sub> oranı %4'lük bir azalma göstermiştir. Yakıtların yüzdesel olarak O<sub>2</sub> emisyon oranları çok yakın olduğu anlaşılmaktadır. Oksijen oranının düşmesi yanmanın kalitesinin biraz daha iyileştiğini göstermektedir. Motora %50 yük verildiğinde egzozdaki O<sub>2</sub> oranı yaklaşık olarak % 4'lük bir düşüş daha kaydetmiş ve yanma kalitesinin biraz daha iyileştiği anlaşılmıştır. Buna mukabil yakıtların kendi aralarındaki farklılıklarda çok az bir değişme meydana gelmiştir.

a. Yüksüz, 0-1dk aralığı O<sub>2</sub> emisyonlarıb. %25 yük, 1-4dk aralığı O<sub>2</sub> emisyonlarıc. %50 yük, 4-7dk aralığı O<sub>2</sub> emisyonlarıŞekil 4.4. O<sub>2</sub> emisyonları

#### 4.5. Azotoksit (NO<sub>x</sub>) Emisyonlarının Karşılaştırılması

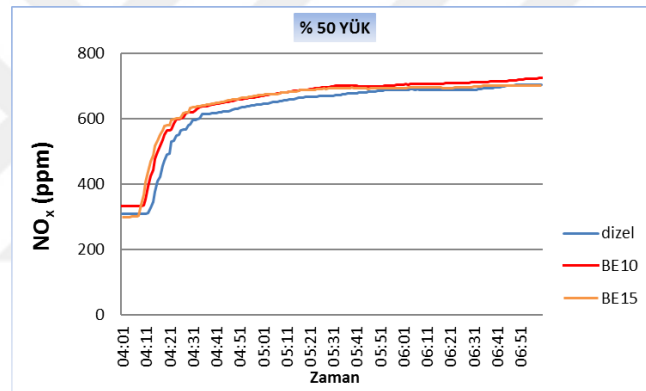
Azotoksitler (NO<sub>x</sub>) silindir içerisinde basınç ve sıcaklık yükseldiğinde yanma safhası esnasında azotların oksijenle kimyasal olarak tepkiye girmesi sonucu meydana gelir. NO<sub>x</sub> oluşumu; yanma başlangıcında ilk alev cephesinde azot moleküllerinin oksidasyonu, alev cephesinde azot ve oksijenin birleşerek NO oluşturması ve yakıtın molekülük bağında bulunan nitrojen gibi sebeplere dayanır. Şekil 4.5.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde NO<sub>x</sub> partiküllerinin zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz iken ilk çalıştırma esnasında her üç yakıtın yanmasıyla oluşan NO<sub>x</sub>'ler 50-60 ppm civarındadır. 1.dakikanın sonunda en düşük NO<sub>x</sub> oluşumu BE15 yakıtında 70 ppm iken en yüksek NO<sub>x</sub> oluşumu dizel yakıtıyla meydana gelmiştir. Motora %25 yük verildiğinde BE10

yakıtının  $\text{NO}_x$  miktarında %300'lük bir artış meydana gelmiş ve en yüksek  $\text{NO}_x$  miktarıyla kendini göstermiştir. Motora %50 yük verildiğinde ise yakıtların  $\text{NO}_x$  oluşumu birbirilerine yakın değerler ihtiva ederek 700 ppm dolaylarında kalmıştır.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı  $\text{NO}_x$  emisyonları

b. %25 yük, 1-4dk aralığı  $\text{NO}_x$  emisyonları



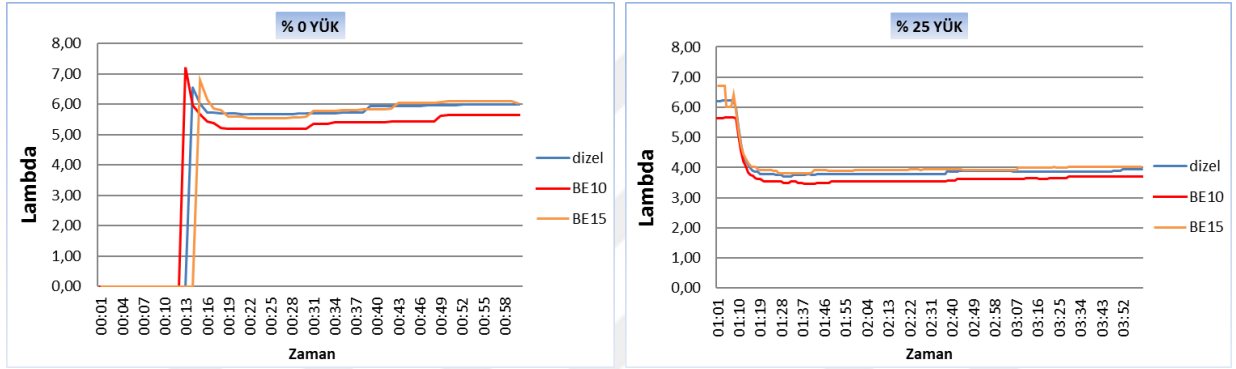
c. %50 yük, 4-7dk aralığı  $\text{NO}_x$  emisyonları

Şekil 4.5.  $\text{NO}_x$  emisyonları

Dizel motorlarında alkol yakıtları kullanıldığında  $\text{NO}_x$  oluşumunu etkileyen düşük setan sayısı ve oksijen içeriği gibi özellikler yüksek silindir sıcaklığına sebep olabileceği gözönüne alındığında Şekil 4.5 b ve c'de gösterilen ısınma sürecinde ve yüklü durumda alkol karışimli yakıtların kullanılması ile dizel yakıtı kullanımına göre yüksek  $\text{NO}_x$  oluştuğu sonucu açıklanabilir. Ancak Şekil 4.5 a'da soğukta ilk hareket sırasında ve yüksüz durumda petrol dizel yakıtı ile üretilen  $\text{NO}_x$ 'in alkol karışimli yakıtlara göre daha fazla olduğu görülmektedir. Armas ve diğ. (2012)  $\text{NO}_x$  oluşumunu etkileyen bir çok faktör olduğunu bunların motor karakteristiklerine ve işletme şartlarına göre  $\text{NO}_x$  oluşumu eğilimini etkileyebileceğini belirtmiştir.

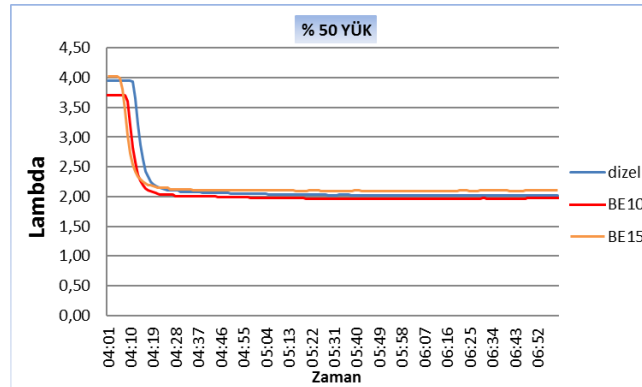
#### 4.6. Lambda Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.6.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde Lambdanın zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz olduğunda dizel, BE10 ve BE15 yakıtlarında değerler birbirine yakın olduğu görülmüştür. Motora %25 yük verildiğinde ise bu değerler yaklaşık olarak %50 oranında azalma göstermiş ve yakıtların hepsinde de birbirine yakın olarak devam etmiştir. Motora %50 yük verildiğinde de yaklaşık olarak %50 oranında bir azalma olmuş ve aynı bantta deney tamamlanmıştır.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı Lambda değerleri

b. %25 yük, 1-4dk aralığı Lambda değerleri

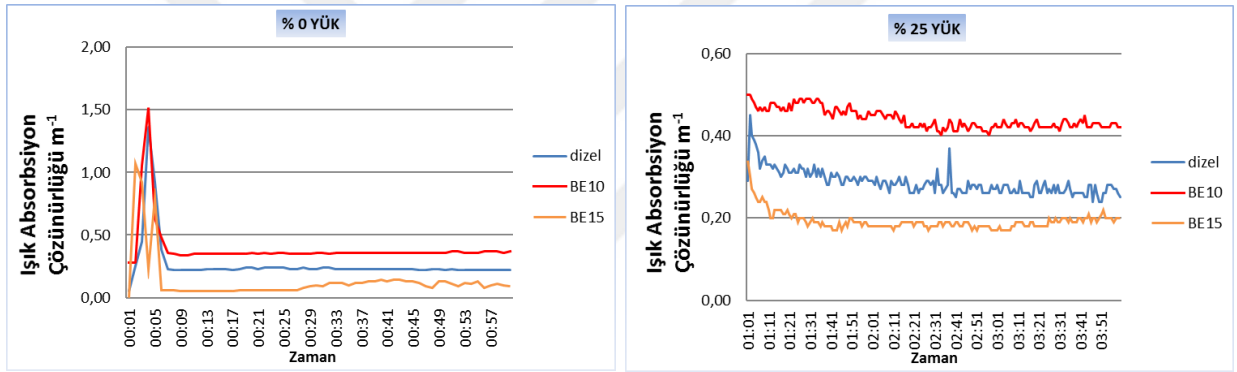


c. %50 yük, 4-7dk aralığı Lambda değerleri

Şekil 4.6. Lambda değerleri

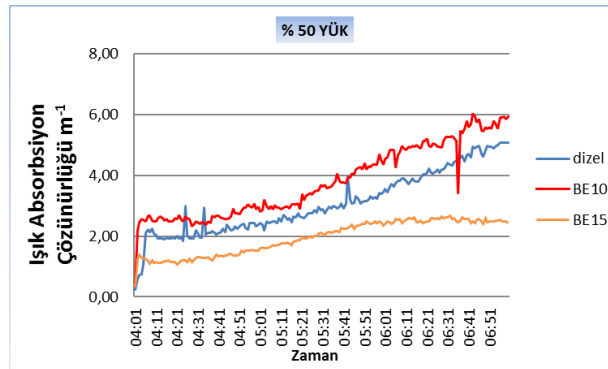
#### 4.7. Işık Absorbsiyon Çözünürlüğü Değerlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.7.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde ışık soğrulma çözünürlüğünün- zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz durumda iken BE15 yakıtı kullanıldığında ışığın soğrulduğu en düşük değer  $0.1 \text{ m}^{-1}$ , en yüksek değer ise  $0.4 \text{ m}^{-1}$  ile BE10 yakıtı kullanıldığında tespit edilmiştir. Motora %25 yük verildiğinde ışığın soğrulma skalası BE10 yakıtında  $0.4 \text{ m}^{-1}$  ile en yüksek değer, BE15 yakıtında ise  $0.2 \text{ m}^{-1}$  skala değeri ile en düşük olarak tespit edilmiştir. Motora %50 yük verildiğinde ışık çözünürlüğünde BE15 yakıtında bir süre artma olmuş sonra  $0.25 \text{ m}^{-1}$  skalasında en düşük değer ile devam etmiştir. En yüksek ışık absorpsiyon çözünürlüğü ise BE10 yakıtında gözlemlenmiştir.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığındaki değerler

b. %25 yük, 1-4dk aralığındaki değerler

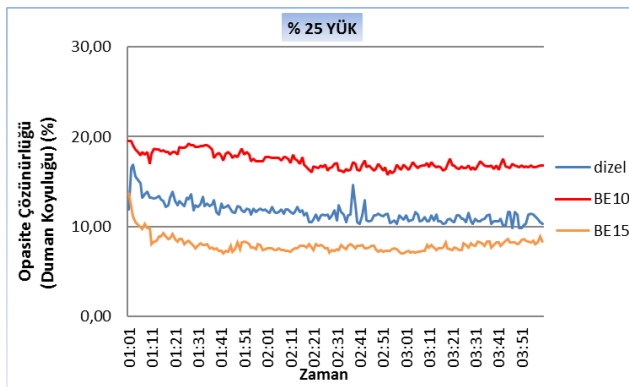


c. %50 yük, 4-7dk aralığındaki ışık absorpsiyon değerleri

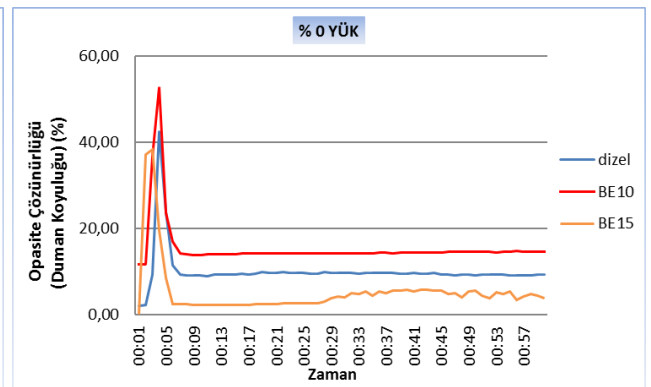
Şekil 4.7. Işık absorpsiyon değerleri

#### 4.8. Duman Koyuluğu Değerlerinin Karşılaştırılması

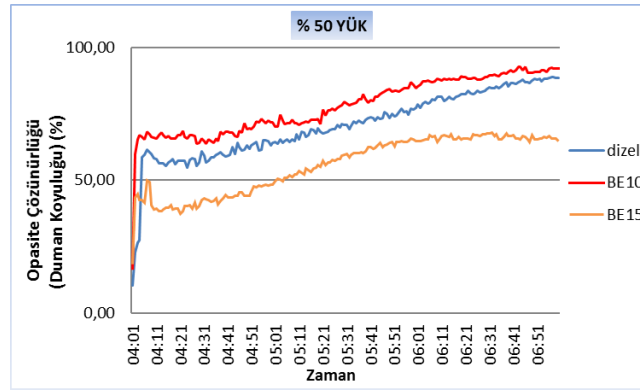
Deneydeki yakıtların kullanımıyla oluşan duman koyulukları Şekil 4.8.a.b. ve c.'de zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Şekil 4.8'de anlaşılacağı üzere soğukta ilk hareketten itibaren ısınma sürecinde de %10 alkol ileveli yakıt karışımı petrol kökenli dizelden daha yüksek duman emisyonları elde edilmiş ve ısınma sürecinde yüklü durumda da bu eğilim devam etmiştir. Bununla beraber %15 biyoetanol katkılı karışım yakıt ise diğer her iki yakıttan daha düşük duman üretmiştir. Motor yüksüz durumda iken duman koyuluğunun en düşük olduğu yakıt türü BE15 iken, en yüksek duman koyuluğu BE10 yakıtında olduğu gözlemlenmiştir. Dizel yakıtının duman koyuluğu %10 seviyelerinde kalmıştır. Motora %25 yük verildiğinde bir miktar duman koyuluğu artmış ve en yüksek duman koyuluğu BE10 yakıtında olduğu, en düşük duman koyuluğu da BE15 yakıtında olduğu tespit edilmiştir. Yük oranı %50'ye çıkarıldığında ise en yüksek duman koyuluğu BE10 yakıtında ve %90 seviyesine çıktığı, en düşük duman koyuluğunun da BE 15 yakıtında %70 seviyesine çıktığı gözlemlenmiştir. Duman oluşumu üzerinde oksijen miktarının önemli bir ölçüde etkili olduğu dikkate alınırsa %15 biyoetanol içeren yakıt karışımının diğer her iki yakıt türüne göre daha düşük duman üretmiş olması anlaşılabilir. Ancak %10 oranında biyoetanol ilavesi ile oksijen içeriğinin bu avantajından faydalanılmadığı anlaşılmaktadır.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı duman değerleri



b. %25 yük, 1-4dk aralığı duman değerleri



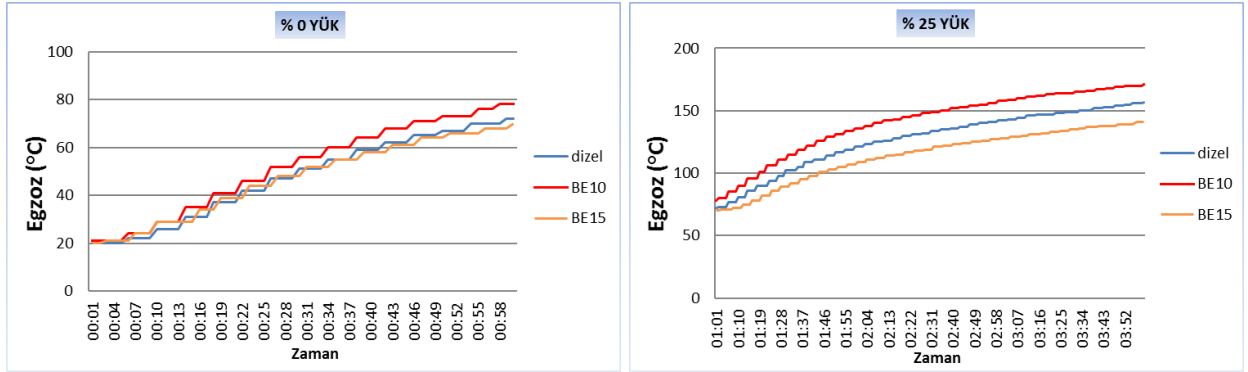
c. %50 yük, 4-7dk aralığındaki duman koyuluk değerleri

Şekil 4.8. Duman koyuluk değerleri

#### 4.9. Egzoz Gaz Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

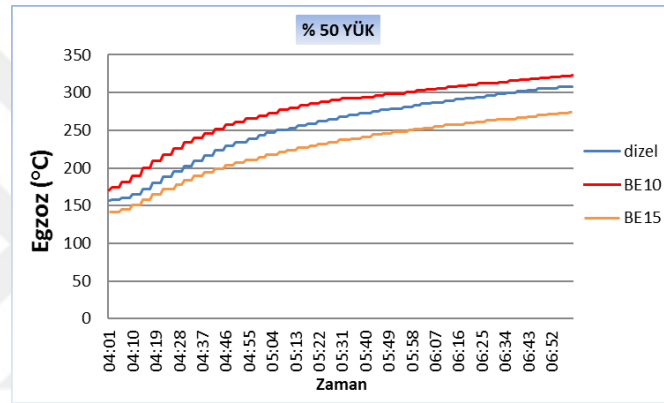
Şekil 4.9.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde egzoz gaz sıcaklıklarının zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz durumda iken her üç yakıt türünün de egzoz sıcaklıkları birbirine çok yakın olmakla birlikte BE10 yakıtı yaklaşık olarak 10 °C ile en yüksek, BE15 yakıtı ise en düşük gaz sıcaklığı yaklaşık olarak 5 °C olarak gözlemlenmiştir. Motora %25 yük verildiğinde kullanılan deney yakıtlarının egzoz gaz sıcaklıkları arasındaki fark yaklaşık olarak 20 °C civarına yükselmiştir. BE10 yakıtındaki egzoz gaz sıcaklığı 170 °C'lik bir ortalama ile teste devam ederken, referans yakıtı olan dizel yakıtı ise 150 °C'lik bir ortalama ile kalmıştır. Motora verilen yük %50'ye çıkarıldığında 320 °C'lik bir ortalama ile en yüksek egzoz gaz sıcaklığına sahip olan BE10 yakıtıdır. Dizel yakıtı ile BE10 yakıtının egzoz gaz sıcaklık farkları biraz azalmış BE15 yakıtının ise 20 °C ile aynı seviyede kalmıştır.





a. Yüksüz, 0-1dk aralığı egzoz sıcaklıkları

b. %25 yük, 1-4dk aralığı egzoz sıcaklıkları

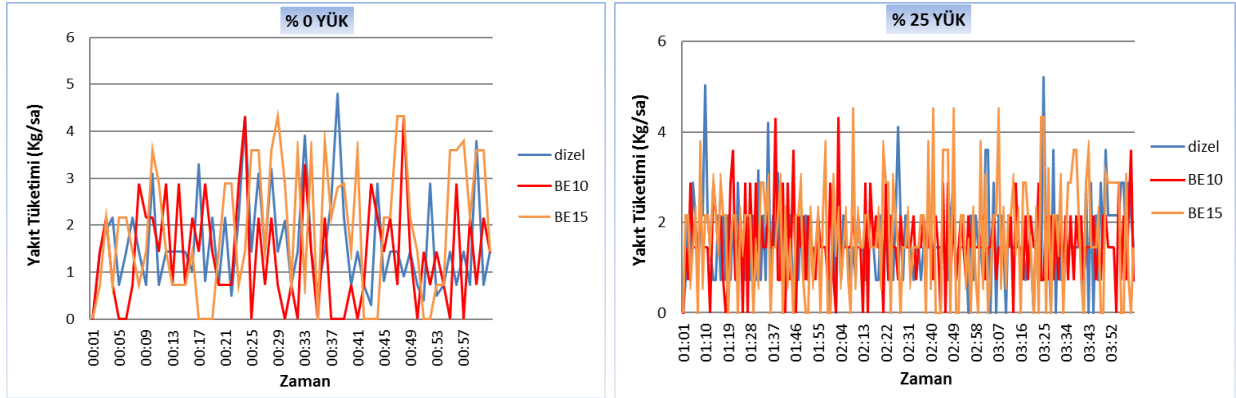


c. %50 yük, 4-7dk aralığındaki egzoz sıcaklıkları

Şekil 4.9. Egzoz sıcaklıkları

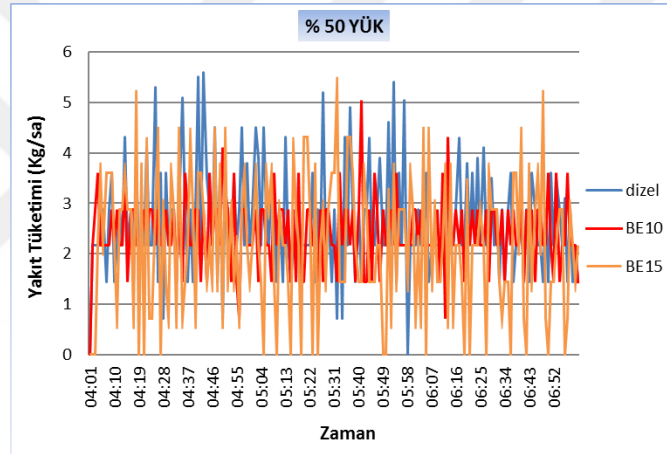
#### 4.10. Yakıt Tüketimlerinin Karşılaştırılması

Şekil 4.10.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde kg/sa cinsinden yakıt tüketimleri zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz iken referans yakıtı olan dizel yakıtı diğer yakıtlardan en düşük ortalama ile bir saniyede 0.33 g/s yanarken, BE10 yakıtının yanma ortalaması 0.37 g/s ve BE15 yakıtının yanma ortalaması ise 0.45 g/s olarak ölçülmüştür. Motora %25 yük verildiğinde petrol dizel yakıtı ile ortalama yakıt tüketimi 0.40 g/s, BE10 yakıtının ise 0.42 g/s ve BE15 yakıtının 0.38 g/s ile en düşük değer olarak ölçülmüştür. Motora verilen yük %50'ye çıkarıldığında BE15 yakıtının yanma ortalaması en düşük seviyede kalmış ve 0.58 g/s, dizel yakıtının ortalaması ise 0.64 g/s olarak ölçülmüştür.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı yakıt tüketimleri

b. %25 yük, 1-4dk aralığı yakıt tüketimleri



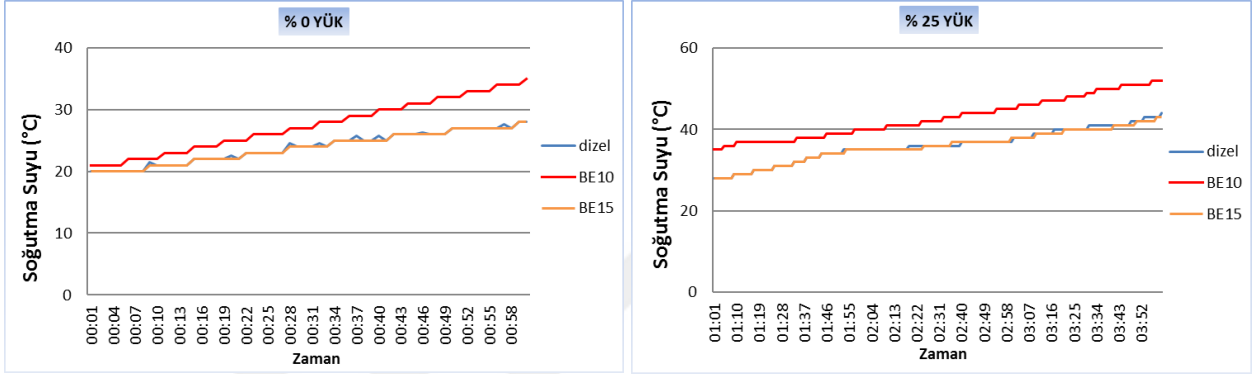
c. %50 yük, 4-7dk aralığındaki yakıt tüketimleri

Şekil 4.10. Yakıt tüketimleri

#### 4.11. Soğutma Suyu Sıcaklıklarının Karşılaştırılması

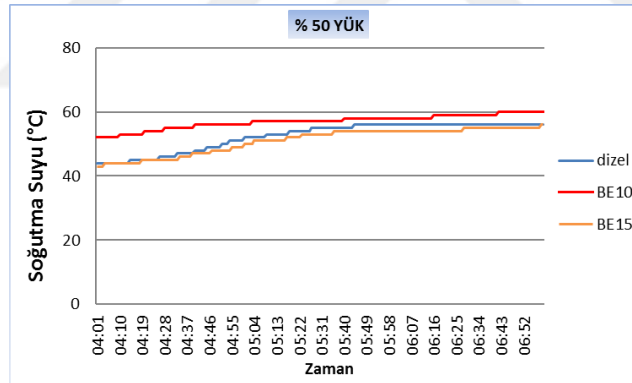
Şekil 4.11.a.b. ve c.'de alternatif yakıtların sabit devirde g/s cinsinden soğutma suyu sıcaklıklarının zamana bağlı olarak yüksüz ve yüklü durumlarına göre değişimi gösterilmektedir. Motor yüksüz olduğunda BE15 yakıtı ve dizel yakıtı kullanıldığında soğutma suyunun sıcaklıkları hemen hemen aynı iken, BE10 yakıtı kullanıldığında ise 1.dakikanın sonunda en yüksek sıcaklığın 35 °C olduğu tespit edilmiştir. Motora %25 yük verildiğinde benzer şekilde petrol kökenli dizel yakıtı ve BE15 yakıtı

kullanıldığında soğutma suyunun sıcaklığı hemen hemen aynı sıcaklıkta kalmış ve 4.dakikada 43 °C olarak gözlemlenmiştir. Buna mukabil BE10 yakıtı kullanıldığında soğutma suyunun sıcaklığı 4.dakikada 53 °C olarak tespit edilmiştir. Motora verilen yük %50'ye çıkarıldığında en yüksek soğutma suyunun sıcaklığı 60 °C ile BE10 yakıtında ve dizel ile BE10 yakıtında ise ortalama 56 °C olarak ölçülmüştür.



a. Yüksüz, 0-1dk aralığı soğ. suyu sıcak.

b. %25 yük, 1-4dk aralığı soğ. suyu sıcak.



c. %50 yük, 4-7dk aralığındaki soğutma suyu sıcaklıkları

Şekil 4.11. Soğutma suyu sıcaklıkları

## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada üç silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı ve tabii emiş mekanik kontrollü yakıt püskürtme sistemine sahip bir dizel motor ile 231/400V gerilimli, stand-by modunda 13 kVA (10,4 kW) gücünde, fırçasız senkron tip alternatörden oluşan jeneratör setinde dizel, ve biyoetanol karışımlarından oluşan alternatif yakıtlar kullanılarak motorun soğuk çalışmadaki emisyonları araştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan dizel yakıtı Batman'daki bir yakıt istasyonundan, biyoetanol ve biyodizel ise ticari faaliyet gösteren bir yerel firmadan alınmıştır. Yakıtlar test edilmeden önce Batman MYO Laboratuvarında yoğunluk, viskozite ve alevlenme noktaları cihazlar vasıtasıyla tespit edilmiştir. Hazırlanan yakıtlar Batman Üniversitesi Otomotiv Mühendisliği Test Laboratuvarındaki jeneratör setinde günlük olarak denenmiş ve motor ortam sıcaklığında iken her bir yakıt için motorun egzoz gaz sıcaklığı, soğutma suyu sıcaklığı, tüketilen yakıt miktarı, egzoz emisyonları ile duman emisyonları video kayıt cihazları ile saniye saniye kayıt altına alınmıştır. Motordan 1500 rpm'de alınan efektif güç jeneratöre bağlı ısıtıcı cihazı üzerinde farklı yüklerde denenmiştir.

Deney esnasında iç ve dış ortam sıcaklığı ve nemi günlük olarak ölçülmüştür. Motorda önce dizel yakıtı denenmiş buradan alınan veriler referans olarak esas alınmıştır. Yakıt değişimleri esnasında yakıt tankındaki ve yakıt borularındaki önceki yakıt motor üzerinde bulunan manuel pompa ile boşaltıldıktan sonra sonraki yakıt denenmiştir. Sağlıklı veriler alınabilmesi için gaz analiz cihazındaki filtreler, duman koyuluğunun ölçümü yapılan cihazın sensörleri ve egzoz gaz sıcaklığını ölçen sensör itina ile temizlenmiştir.

### 5.1. Sonuçlar

Dizel-biyoetanol yakıt karışımları kullanıldığında egzoz gaz ürünlerinden olan yüzde olarak CO incelendiğinde dizel yakıtına göre yüksüz durumda CO miktarı artış göstermiş ama biyoetanol oranı arttıkça ve özellikle de motora yük verildikçe CO miktarında %60 oranında azalma görülmektedir. En düşük CO değeri BE15 yakıtı kullanıldığında motora %50 yük verildiğinde %0.03 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç CO gibi zehirli bir gazın egzoz emisyonları açısından ve çevre açısından çok iyi bir sonuç olduğunu göstermektedir.

Biyoetanolün dizel yakıtına karıştırılarak kullanılmasıyla egzozdan dışarı atılan CO<sub>2</sub> gazı yüzdesel olarak motor yüksüz iken BE10 yakıtında dizel yakıtının sonuçlarından daha yüksek, BE15 yakıtında ise daha düşük çıkmıştır. Motora yük verildikçe de sonuçlarda oran itibariyle ciddi bir değişim olmamıştır. Motor yüksüz iken en yüksek CO<sub>2</sub> değeri BE10 yakıtıyla %2.5 iken en düşük CO<sub>2</sub> değeri ise BE15 yakıtında %2.25 civarındadır. Motora %50 yük verildiğinde ise en yüksek CO<sub>2</sub> değeri BE10 yakıtında %7.2 iken en düşük CO<sub>2</sub> oranı BE15 yakıtında %6.5 civarındadır. Bu durumda biyoetanol oranı ve yük arttıkça oran itibariyle CO<sub>2</sub> miktarında azalma meydana geldiği görülmektedir.

Yakıt karışımlarının kullanılmasıyla HC değerleri incelendiğinde motor yüksüz durumda iken en yüksek HC değerinin dizel yakıtında 50 ppm ile en düşük HC değerinin ise BE10 yakıtında 43 ppm olduğu görülmüştür. Motora verilen yük %25'e çıkarıldığında HC miktarının BE15 yakıtında en yüksek değerle 110 ppm, dizel yakıtının 103 ppm, BE10 yakıtının ise 108 ppm olduğu görülmüştür. Motora verilen yük oranı %50'ye çıkarıldığında en yüksek HC miktarının dizel yakıtında, en düşük HC miktarının ise BE10 yakıtında olduğu anlaşılmıştır. Bu durumda yük miktarı arttıkça HC miktarı referans yakıt olan dizel yakıttan daha az oluştuğu görülmüştür.

Yakıt karışımlarının egzoz ürünlerinden olan NO<sub>x</sub>'lere bakıldığında durum biraz daha farklılık göstermektedir. Motorun yüksüz olduğu durumda dizel yakıtında en yüksek NO<sub>x</sub> miktarı oluştuğu, BE15 yakıtında en düşük NO<sub>x</sub> miktarı oluştuğu ve aradaki farkın %30 civarı olduğu anlaşılmıştır. Motora %25 yük verildiğinde en yüksek NO<sub>x</sub> BE10 yakıtıyla 330 ppm olduğu, dizel yakıtı ile BE15 yakıtının NO<sub>x</sub> sayısının yakın değerler oluşturduğu tespit edilmiştir. Yük %50'ye çıkarıldığında tüm yakıtların NO<sub>x</sub> değerleri 700 ppm civarında olduğu görülmüştür. Biyoetanol dizel yakıt karışımlarının yakıt tüketimine olan etkisine bakıldığında motor yüksüz iken referans yakıtı olan dizel yakıtı diğer yakıtlardan en düşük ortalama 0.33 g/s, BE10 yakıtının ortalaması ise 0.37 g/s ve BE15 yakıtının ortalaması ise 0.45 g/s olarak ölçülmüştür. Egzoz gaz sıcaklığına bakıldığında motor yüksüz durumda iken her üç yakıt türünün de egzoz sıcaklıkları birbirine çok yakın olmakla birlikte BE10 yakıtı yaklaşık olarak 10 °C ile en yüksek, BE15 yakıtı ise en düşük gaz sıcaklığı yaklaşık olarak 5 °C olarak gözlemlenmiştir.

## 5.2. Öneriler

Dizel motorlarda daha yüksek oranlarda dizel-biyoetanol karışımı ile elde edilecek olan alternatif yakıtların kullanımı, daha yüksek verim ve bu deney sonuçlarının somut ve tutarlı olabilmesi için;

- Emme manifoldundaki giriş havasının sınırlandırılarak emisyonların incelenmesi,
- Farklı yakıt sistem ve pompalarına sahip dizel motorlar üzerinde denenerek sonuçların değerlendirilmesi,
- Bu yakıt karışımlarının setan sayıları açısından emisyonlar üzerindeki değişimleri incelenmelidir.

## KAYNAKLAR

- Acaroğlu, M., (2010), Selçuk Üniversitesi, Teknik Eğitim Fakültesi, *Emisyon Tekniği Ders Notları*, Konya.
- Agarwal, D., Agarwal, A.K., (2007), Performance and emissions characteristics of Jatropha oil (preheated and blends) in a direct injection compression ignition engine, *Applied Thermal Engineering*, 27, 2314–2323.
- Ajav, E. A., Singh, B., Bhattacharya, T. K., (1999), Experimental study of some performance parameters of a constant speed stationary diesel engine using ethanol-diesel blends as fuel, *Biomass and Bioenergy*, 17 (4): 357-365.
- Altun, Ş., Öner, C., Yaşar, F., Fırat, M., (2011), Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED) Cilt: 3, No: 2, (1-6).
- Altun, Ş., Yaşar, F., (2013), A biodiesel production from leather industry wastes as an alternative feedstock and its use in diesel engines. *Energy Exploration & Exploitation*, 31(5), 759–770.
- Alptekin, E., Çanakçı, M., (2006), Biyodizel ve Türkiye’deki durumu, *Mühendis ve Makine*, 47, 561.
- Alptekin, E., Çanakçı, M., Ozsezen, A. N., Turkcan, A., & Sanli, H. (2015), Using waste animal fat based biodiesels–bioethanol–diesel fuel blends in a DI diesel engine. *Fuel*, 157, 245-254.
- Ar, F.F., 2008. Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı?, *Mühendis ve Makina*, Cilt : 49, Sayı: 581, s-3-9.
- Armas, O., García-Contreras, R., Ramos, Á. Pollutant emissions from engine starting with ethanol and butanol diesel blends. *Fuel Processing Technology* 100 (2012) 63–72
- Aydın, H., & İlkılıç, C. (2010), Effect of ethanol blending with biodiesel on engine performance and exhaust emissions in a CI engine. *Applied Thermal Engineering*, 30(10), 1199-1204.
- Aydoğan, H.,(2011), Biyoetanol-dizel yakıtı karışımlarının (e-dizel) motor performans ve emisyonlarına etkisinin araştırılması, Doktora Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Aydoğan, H., (2015), Performance, emission and combustion characteristics of bioethanol-biodiesel-diesel fuel blends used in a common rail diesel engine. *J. of Thermal Science and Technology* (Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi), 35(2), 19-27.
- Bajpai, P., (2013), Global Production of Bioethanol: In *Advances in Bioethanol*, Springer, India, pp. 79-88.

- Barabas, I., Todorut, A., Baldean, D., (2010), Performance and emission characteristics of an CI engine fueled with diesel–biodiesel–bioethanol blends, *Fuel*, 89, 3827–3832.
- Chen, H., Wang, J., Shuai, S., Chen, W., (2008), Study of oxygenated biomass fuel blends on a diesel engine, *Fuel*, 87, 3462–3468.
- Chotwichien, A., Luengnaruemitchai, A., Jai-In, S., (2009), Utilization of palm oil alkyl esters as an additive in ethanol–diesel and butanol–diesel blends, *Fuel*, 88, 1618–1624.
- Çanakçı, M., (2007), Combustion characteristics of a turbocharged DI compression ignition engine fueled with petroleum diesel fuels and biodiesel, *Bioresource Technology*, 98, 1167–1175.
- Çelikten, H., (2008), Biyoetanol-benzin karışımlarının bazı yakıt özelliklerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Konya.
- Demirbaş, A., (2011), Competitive liquid biofuels from biomass, *Applied Energy*, 88, 17–28.
- EPDK, (2016). *Petrol Piyasası Sektör Raporu*. T.C. Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu (EPDK). (<https://www.epdk.org.tr/Detay/Icerik/3-0-107/yillik-sektor-raporu>) adresinden alındı.
- Ejder, S., B., (2007), Etanol - dizel, biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- EİGM, (2019), Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Enerji İşleri Genel Müdürlüğü, (<http://www.yegm.gov.tr/anasayfa.aspx>) adresinden alındı.
- Freudenberger, R., (2009), Alcohol Fuel, First printing, *New Society Publishers*, Canada, 257.
- Gao, Q., Zhang M., Mc Millan J.D., Kompala D.S., (2002), "Characterization of heterologous and native enzyme activity profiles in metabolically engineered *Zymomonas mobilis* strains during batch fermentation of glucose and xylose mixtures", *Applied Biochemistry and Biotechnology*. (98–100), 341-355.
- Hansen, A. C., Zhang, Q. and Lyne, P. W. L., (2005), Ethanol-diesel fuel blends a review, *Bioresource Technology*, 96, (3): 277-285.
- Huang, J., Wanga, Y., Li, S., Roskilly, A.P., Yu, H., Li, H., (2009), Experimental investigation on the performance and emissions of a diesel engine fuelled with ethanol–diesel blends, *Applied Thermal Engineering*, 29, 2484–2490.
- John, R., P., Anisha, G., S., Nampoothiri, K., M., Pandey, A., 2011, Micro and macroalgal biomass: A renewable source for bioethanol, *Bioresource Technology*, 102, 186-193.



- Karthikeyan, B., Srithar, K., (2011), Performance characteristics of a glowplug assisted low heat rejection diesel engine using ethanol, *Applied Energy*, 88, 323–329.
- Karagöz, P., (2013), Lignoselülozik atıkların ko-fermantasyonla biyoetanole dönüştürülmesi: ön arıtım ve fermentasyon proseslerinin incelenmesi ve iyileştirilmesi, Doktora Tezi, *Gebze İleri Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze.
- Kegl, B., (2008), Biodiesel usage at low temperature, *Fuel*, 87(7), 1306-1317.
- Keser, D., (2016), Dallı darı bitkisinden (*Panicum virgatum* L.) biyoetanol üretiminde sıcak su ve alkali ön uygulamalarının optimizasyonu ve bazı genotiplerin Biyoetanol verimliliklerinin belirlenmesi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Kim, H., Choi, B., (2010), The effect of biodiesel and bioethanol blended diesel fuel on nanoparticles and exhaust emissions from CRDI diesel engine, *Renewable Energy*, 35, 157–163.
- Koçtürk, D., (2011), Farklı özelliklerdeki etanol-benzin karışımı yakıtların buji ile ateşlemeli motorlarda kullanılmasının çevresel ve ekonomik yönden değerlendirilmesi, Doktora Tezi, *Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara.
- Krishna, S. M., Salam, P. A., Tongroon, M., & Chollacoop, N. (2019), Performance and emission assessment of optimally blended biodiesel-diesel-ethanol in diesel engine generator. *Applied Thermal Engineering*, 155, 525-533.
- Lapuerta, M., Armas, O., Herreros, J.M. Emissions from a diesel-bioethanol blend in an automotive diesel engine. *Fuel* 2008;87(1):25e31.
- McMillan, J.D., (1993), "Xylose fermentation to ethanol", National Renewable Energy Laborator.
- Menga, X., Chena, G., Wang, Y., (2008), Biodiesel production from waste cooking oil via alkali catalyst and its engine test, *Fuel Processing Technology*, 89, 851– 857.
- No, S.Y., (2011), Inedible vegetable oils and their derivatives for alternative diesel fuels in CI engines: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 15, 131–149.
- Noorollahi, Y., Azadbakht, M., & Ghobadian, B. (2018), The effect of different diesterol (diesel–biodiesel–ethanol) blends on small air-cooled diesel engine performance and its exhaust gases. *Energy*, 142, 196-200.
- Official Journal of the European Union, (2012), “On the Promotion of the Use of Energy From Renewable Sources and Amending and Subsequently Repealing Directives”, (<http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=Oj:L:2009:140:0016:0062:en:PDF>) (E.T.: 24.01.2012).

- Özçelik, B., (2013), Vitreoscilla hemoglobininin peynir altı suyundan biyoetanol üretimine etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gebze.
- PETDER, (2019), Petrol Sanayi Derneği (PETDER), (<http://www.petder.org.tr/tr-TR>)
- Shah, S.D., Cocker III, D.R., Johnson, K.C., Lee, J.M., Soriano, B.L., Miller, J. W. Emissions of regulated pollutants from in-use diesel back-up generators. *Atmospheric Environment* 40 (2006) 4199–4209
- Sayın, C., (2010), Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends, *Fuel*, 89, 11, November 2010, 3410-3415.
- Sezer, İ., (2017), Dizel yakıtına etanol ve dietil eter katılmasının motor performansı ve emisyonlara etkilerinin deneysel incelenmesi. *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi / Journal of Thermal Science & Technology*, [s. l.], 37, 1, 61–68.
- TARKİM, (2019), Tarımsal Kimya Teknolojileri San. ve Tic. A.Ş., (<http://www.tarimsalkimya.com.tr/Urunler/Urun.php?Id=1&P=1>) adresinden alındı.
- TTKAŞ, (2008), Tezkim Tarımsal Kimya Sanayi A.Ş., (<https://www.tezkim.com/tr/hakkimizda>)
- Uslu, K., (2006), Diesel Motorlarında Farklı Püskürtme Avanslarında Diesel Yakıtı +Etanol Kullanımının Performans ve emisyonlara etkisi, Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans tezi, İstanbul, 90.
- Yeşilyurt, M. K., Arslan, M., & Eryılmaz, T. (2018). Biyodizel-Dizel Yakıt Karışımlarına Etanol Katılmasının Performans, Yanma Ve Emisyon Karakteristiklerine Etkilerinin Deneysel İncelenmesi. *Isı Bilimi Ve Tekniği Dergisi/Journal of Thermal Science & Technology*, 38(2), 129-150.
- Yılmaz, G., (2013), Şeker pancarı mısır ve buğdaydan biyoetanol üretim analizi, Bahçeşehir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.
- Xing-cai, L., Jian-guang, Y., Wu-gao, Z. and Zhen, H., (2004), Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol-diesel blend fuel, *Fuel*, 83 (14-15): 2013-2020.
- Yaşar, F., (2016). Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması, Doktora Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman.
- Yücel, H.G., (2011), Şekerpancarı küspesinin biyoetanol üretiminde kullanılabilirliğinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*, Ankara.

## ÖZGEÇMİŞ

### KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Muhammed Şakir ADİN  
**Uyruğu** : T.C.  
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Kozluk/Batman - 1978  
**Telefon** : -  
**Faks** : -  
**e-mail** : muhammed.kaizen@gmail.com

### EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Batman Teknik Lise ve Endüstri Meslek Lisesi	1998
Üniversite	: Batman Üniversitesi	2006
Yüksek Lisans	:	
Doktora	:	

### İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2001-....	Batman Kadın Doğum ve Çocuk Hastalıkları Hastanesi	Teknisyen/Şef

### UZMANLIK ALANI

### YABANCI DİLLER

### BELİRTMEK İSTEĞİNİZ DİĞER ÖZELLİKLER

### YAYINLAR