



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BİR DİZEL MOTORUNDA YAKIT OLARAK EURO DİZEL-BİYODİZEL-BİYOETANOL KARIŞIMLARININ KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hakan YAĞOĞLU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Ağustos-2015
KONYA

Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR DİZEL MOTORUNDA YAKIT OLARAK EURO DİZEL-BİYODİZEL-BİYOETANOL KARIŞIMLARININ KULLANIMININ MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİNİN İNCELENMESİ

Hakan YAĞOĞLU

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Murat CİNİVİZ

2015, 74 Sayfa

Jüri
Doç. Dr. Murat CİNİVİZ
Yrd. Doç.Dr. Ali ATEŞ
Yrd. Doç.Dr. Fatih AYDIN

Her geçen gün, motorlu araçların çevreye verdiği zarar ve etkileri daha çok hissedilir hale gelmektedir. Eğer yeterli önlemler alınmazsa dünya yaşanmaz bir hal alacaktır. Çevre hassasiyetinin artması, petrol türevi yakıtlara alternatif kaynak araştırmalarını hızlandırmıştır. Bunun yanında petrol rezervinin bitme tehlikesi, zararlı emisyon miktarlarının fazlalığı ve maliyetlerinin yüksek olması bu araştırmaların diğer nedenlerindendir.

Yapılan araştırmalar emisyon değerlerini en aza indirme çabaları ile başlamış ama gelinen noktada çift yakıtlı yada karışım yakıtlarla çalışan motorların araştırmalarının önünü açmıştır. Bu çalışmada tek silindirli dört zamanlı direkt püskürtmeli bir dizel motorunda farklı oranlarda euro dizel-biyodizel-biyoetanol karışımlarının motor performansı ve emisyon değerlerine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada kullanılan yakıtlar ise hacimsel olarak; %100 dizel, %50 dizel ve %50 biyodizel, %45 dizel ve %50 oranındaki biyodizele %5 biyoetanol, %40 dizel ve %50 oranındaki biyodizele %10 biyoetanol ilavesi şeklinde olmuştur. Yapılan ölçümler neticesinde motor gücünde ve motor torkunda düşme olduğu, Ö.Y.T.'de, CO_2'de ve NO'da artış olduğu, emisyon değerlerinden olan CO'de, HC'da ve is emisyonunda ise düşüş olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyodizel, biyoetanol, emisyon, euro dizel, motor performansı.

ABSTRACT

MS THESIS

INVESTIGATION OF A DIESEL ENGINE DIESEL FUEL AS A EURO-BIODIESEL-BIOETANOL ENGINE PERFORMANCE AND EXHAUST EMISSIONS OF THE USE OF COMPOUND EFFECT

Hakan YAĞOĞLU

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MACHINE TRAINING

Advisor: Associate Professor Dr. Murat CİNİVİZ

2015, 74 Pages

Jury
Associate Professor Dr. Murat CİNİVİZ
Assistant Professor Dr. Ali ATEŞ
Assistant Professor Dr. Fatih AYDIN

Every day, the damage to the environment and the impact of motor vehicles is becoming more palpable. The world will become uninhabitable if adequate measures are not taken. Environmental sensitivity of increase has accelerated research on alternative sources for petroleum -derived fuels. Besides the danger of running out of oil reserves, the high cost of excess and harmful emissions are the other reasons for this research.

The research done by minimizing emissions, efforts have begun, but at this point or dual-fuel mixture is pave the way for the research of engines operating on fuel. In this study, single-cylinder four-stroke direct injection diesel engine, diesel engine performance of the euro-bioethanol-biodiesel mix at different rates and their effects on emissions were investigated.

The diesel fuel used in the study by volume , %50 diesel and %50 biodiesel and %45 diesel and %50 biodiesel %5 bioethanol, %10 was in the form of %50 diesel and %40 biodiesel addition of bioethanol . These measurements result in engine power and engine torque in the fall, and NO increase in CO_2 in S.F.C., the code of emissions, HC and soot emissions in the fall have been identified.

Keywords: Biodiesel, bioethanol, emissions, engine performance, eurodiesel

ÖNSÖZ

Araştırmalar ışığında ve yasal düzenlemelerden yola çıkılarak içten yanmalı motorlarda değişiklikler yapmadan, günümüzde kullanılmakta olan motorları da kapsayacak şekilde egzoz emisyonlarını iyileştirmek, motor performansında oluşabilecek kayıpları önlemek için karışım yakıtlarının incelenmesi gerekmektedir. Biyodizel ve biyoetanol belirli oranlarda dizel yakıtla karıştırılarak yakıt tüketimi, motor performansı ve egzoz emisyonları araştırılabilir.

Tüm çalışmalarım esnasında, ilgi ve desteklerini hiç bir zaman esirgemeyip, bana her konuda rehberlik eden danışmanım Doç. Dr. Murat CİNİVİZ hocama, deneyler esnasında benden yardım ve bilgilerini esirgemeyen Aksaray Üniversitesi Aksaray Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Öğretim Üyesi Yrd. Doç. Dr. İlker ÖRS hocama, deneysel çalışma ortamından faydalanmamı sağlayan Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Biyodizel Laboratuarının kurucularından Prof. Dr. Hüseyin ÖĞÜT, Doç. Dr. Hidayet OĞUZ hocalarıma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümünde görev yapan Araş. Gör. Seda ŞAHİN'e ve deneyler sürecinde imkânlarını sunan Aksaray Üniversitesi Aksaray Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu yönetimine teşekkürlerimi sunarım. Son olarak maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Hakan YAĞOĞLU
KONYA -2015

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Biyoyakıtlar 1
1.1.1. Biyodizel 1
1.1.2. Biyodizel üretimi 2
1.1.3. Biyodizelin ülkemizde ve dünyadaki yeri 4
1.1.4. Biyodizel kullanımının avantaj ve dezavantajı 5
1.1.5. Biyoetanol 6
1.1.6. Biyoetanol üretimi 7
1.1.7. Biyoetanolun ülkemizde ve dünyadaki yeri 10
1.1.8. Biyoetanol kullanımının avantaj ve dezavantajı 12

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **13**

3. MATERYAL VE YÖNTEM **20**

3.1. Materyal 20
3.1.1. Test yakıtları 20
3.1.2. Yakıt karışımları için kullanılan ölçüm aletleri ve karıştırıcı 21
3.1.3. Test motoru 22
3.1.4. Egzoz emisyon cihazı 23
3.1.5. Motor test düzeneği ve dinamometre 24
3.2. Yöntem 27
3.2.1. Biyodizel Üretimi 27
3.2.2. Test yakıtlarının hazırlanması 28
3.2.3. Test düzeneğinin hazırlanması 30
3.2.4. Testlerin yapılışı 30
3.3. Testlerde Ölçülen Parametreler 31
3.3.1. Efektif motor torku 31
3.3.2. Yakıt tüketimi 32
3.3.3. Egzoz sıcaklıkları 32
3.4. Testlerde Hesaplanan Parametreler 32
3.4.1. Efektif güç 32
3.4.2. Efektif özgül yakıt tüketimi 33
3.4.3. Efektif termik verim 33
3.4.4. Volümetrik verim 34
3.4.5. Enerji verimi ve analizi 34
3.5. Egzoz Emisyonu Ölçümü 35

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA 36

4.1. Farklı Yakıt Karışımlarının Motor Performansı Deney Sonuçları 36
4.1.1. Motor torku 36
4.1.2. Motor gücü 37
4.1.3. Özgül yakıt tüketimi 38
4.1.4. Termik verim 40
4.1.5. Volümetrik verim 41
4.2. Farklı Yakıt Karışımlarının Egzoz Emisyon Deney Sonuçları 43
4.2.1. CO emisyonu 43
4.2.2. CO_2 emisyonu 44
4.2.3. HC emisyonu 46
4.2.4. NO emisyonu 48
4.2.5. İs emisyonu 49
4.2.6. Egzoz gazı sıcaklığı 51

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 53

5.1. Sonuçlar 53
5.2. Öneriler 58

KAYNAKLAR 59

ÖZGEÇMİŞ 64

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

b_e : Özgül Yakıt Sarfiyatı (g/kWh)
C : Karbon
CO : Karbonmonoksit
CO_2 : Karbondioksit
CH_3OH : Sodyum Hidroksit
Cr : Krom
Cu : Bakır
f : Çevrim katsayısı
F : Kuvvet, (N)
h : Özgül entalpi, (J/kg)
H_2O : Su
HC : Hidrokarbon
HC_s : Toplam Hidrokarbon
H_u : Yakıtın Alt Isıl Değeri
L : Mesafe, (m)
m/m : Kütlesel oran
$\dot{m}$: Kütlesel debi, (kg/h)
M_e : Döndürme Momenti (Nm)
$\dot{m}_h$: Motora Giren Hava Miktarı (m^3/dk)
$\dot{m}_y$: Motora Giren Yakıt Miktarı (g/h)
n : Devir Sayısı (d/d)
NO : Azot Oksit
NO_x : Azot Oksitler
O_2 : Oksijen
P_e : Motor Efektif Gücü (kW)
pH : Hidrojen Potansiyeli
ρ : Yoğunluk, (kg/m^3)
Qeg : Egzozdan Kaybedilen Isı
ρh : Emilen Havanın Yoğunluğu
Teg : Egzoz Gaz Sıcaklığı
UHC : Yanmamış Hidrokarbon
V_h : Kurs Hacmi (m^3)
v/v : Hacimsel oran
W : Net güç, (kW)
Z : Silindir sayısı
η_t : Termik Verim (%)
η_v : Volümetrik Verim (%)
ω : Açısal hız, (rad/s)

Kısaltmalar

AB	: Avrupa Birliği
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
B_2	: %2 Biyodizel + %98 Dizel
B_5	: %5 Biyodizel + %95 Dizel
B_{20}	: %20 Biyodizel + %80 Dizel
B_{50}	: %50 Biyodizel + %50 Dizel
B_{100}	: %100 Biyodizel
DİZEL	: %100 Eurodizel
DPT	: Devlet Planlama Teşkilatı
DOC	: Dissolved Organic Carbon
EGR	: Egzoz Gazı Resirkülasyonu
E_2	: %2 Biyoetanol + %98 Benzin
E_5	: %5 Biyoetanol + %95 Benzin E10
E_{85}	: %85 Biyoetanol + %15 Benzin
EUD	: Euro Diesel
EPDK	: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
LHR	: Düşük Isı Kayıplı
NEDC	: New European Driving Cycle
ÖTV	: Özel Tüketim Vergisi
ÖYT	: Özgül Yakıt Tüketimi
PLC	: Programlanabilir Kontrol Cihazı
SFTN	: Soğukta Filtre Tıkanma Noktası
SFC	: Specific Fuel Consumption
TBMM	: Türkiye Büyük Millet Meclisi
TÜBİTAK	: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TL	: Türk Lirası
YTL	: Yeni Türk Lirası
%50D+%50BD	: %50 Dizel+%50 Biyodizel
%45D+%50BD+%5BE	: %45 Dizel+%50 Biyodizel+%5 Biyoetanol
%40D+%50BD+%10BE	: %40 Dizel+%50 Biyodizel+%10 Biyoetanol

1. GİRİŞ

1.1. Biyoyakıtlar

Dünyadaki hızlı nüfus artışı ve sanayileşmenin gelişmesi karşısında fosil kökenli enerji kaynaklarının yakın bir gelecekte tükenmesi gerçeği alternatif yakıt kaynaklarının önemini büyük ölçüde arttırmıştır. Kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji gibi tükenebilir enerji kaynakları yanında güneş, rüzgar, su gücü, jeotermal, deniz enerjisi ve biyokütle yenilenebilir enerji kaynakları arasında büyük önem taşımaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütleden biyokimyasal işlemlerle elde edilen Biyodizel ve Biyoetanol petrol ihtiyacının yaklaşık %90'ını dış kaynaklardan sağlamak zorunda olan ülkemizde büyük öneme sahiptir. Biyoyakıt kapsamında Biyodizel kanola (kolza), ayçiçeği, aspir, soya gibi yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen yağların hayvansal yağların ve evsel kızartma atık yağlarının bir katalizör eşliğinde esterleşmesi ile elde edilmektedir. Biyoetanol üretiminde ise nişasta ve veya şeker içeren mısır, buğday, arpa, triticale gibi tahıl türleri, şeker pancarı, melas, şekerkamışı, patates, yerelması gibi bitkisel ürünler ham madde olarak kullanılmaktadır. Bu hammaddelerden şeker içerenler doğrudan fermentasyonda kullanılmakla, nişasta içerenler ise glikoza dönüştürülerek fermentasyona tabi tutulmaktadır. Ayrıca söğüt, kavak gibi ağaç türleri, mısır, buğday ve pamuk sapları, hızar talaşı gibi selülozla zengin maddelerden de seyreltik asit hidrolizi- konsantre asit hidrolizi ve enzimatik hidroliz yöntemiyle şeker üretimini takiben fermentasyon işlemi ile etanol elde edilebilmektedir. Karbonca zengin evsel katı atıklardan metan gazı üretiminden etanol üretimi konusunda araştırmalar yapılmaktadır (Oruç, 2008).

1.1.1. Biyodizel

Bitkisel yağların yeni ya da kullanılmışlarından ve hayvansal yağlardan kimyasal yöntem yardımıyla üretilen biyoyakıtlar kapsamında olan, çevre dostu ve yenilenebilir nitelikli sıvı haldeki yakıtlara biyodizel denir (Öğüt ve Oğuz, 2006). Biyodizel orta uzunlukta C16-C18 yağ asidi zincirlerini içeren metil veya etilester tipi bir yakıttır. Biyodizel; ayçiçeği, kanola, soya, aspir, pamuk, mısır, keten gibi yağlı tohum bitkilerinden ham veya rafine olarak elde edilen bitkisel veya hayvansal yağların bir katalizör (asidik, bazik veya enzimatik) eşliğinde bir alkol ile (metanol veya etanol) reaksiyonu sonucunda açığa çıkan ve yakıt olarak kullanılan yenilenebilir bir yakıttır.

Evsel kızartma yağları ve hayvansal yağlar da biyodizel hammaddesi olarak kullanılabilir. Biyodizel üretiminde atık yağların değerlendirilmesi, hem yağların geri kazanılması hem de daha düşük emisyonlu dizel yakıt üretilmiş olması bakımından çevre sağlığına katkıda bulunmaktadır (Işıklı ve ark., 2011).

Biyodizel, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından petrol kökenli dizel yakıtlarıyla benzerlik göstermektedir. Biyodizel, dizel motorlarında saf olarak kullanıldığı gibi petrol kökenli dizel yakıtlarıyla da karıştırılarak kullanılabilir. Saf biyodizel ve dizel-biyodizel karışımları, motor üzerinde herhangi bir modifikasyona gerek kalmadan veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilir. Saf olarak biyodizel kullanıldığında B_{100} olarak isimlendirilirken, %20 biyodizel ve %80 dizel yakıtı içeren bir karışım B_{20} olarak isimlendirilir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

Biyodizel, dizel ile karışım oranları bazında aşağıdaki gibi adlandırılmaktadır:

B_2 : %2 Biyodizel + %98 Dizel

B_5 : %5 Biyodizel + %95 Dizel

B_{20} : %20 Biyodizel + %80 Dizel

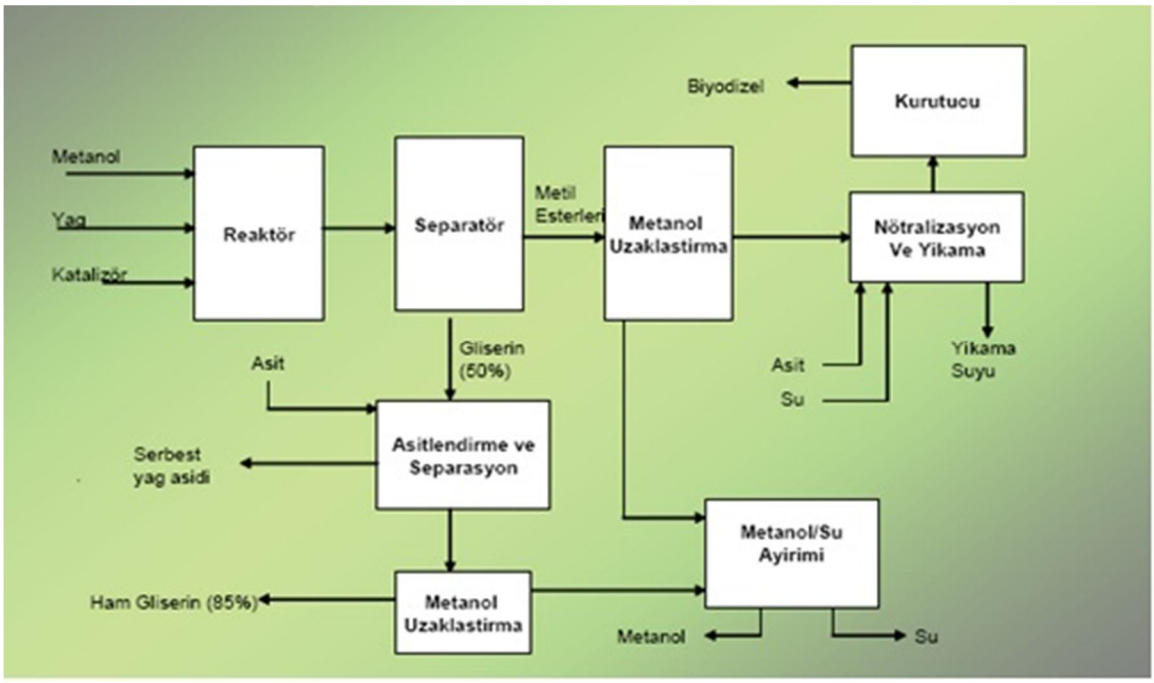
B_{50} : %50 Biyodizel + %50 Dizel

B_{100} : %100 Biyodizel

1.1.2. Biyodizel üretimi

Biyodizel üretiminin çeşitli metotları olmakla birlikte günümüzde en yaygın olarak kullanılan yöntem transesterifikasyon yöntemidir. Transesterifikasyon; yağ asitlerinin (bitkisel yağlar, evsel atık yağlar, hayvansal yağlar) bazik bir katalizör eşliğinde alkol (metanol, etanol vb.) ile esterleşme reaksiyonudur. Bu yöntem ile biyodizel üretiminde aşağıdaki işlem basamakları takip edilmektedir.

- ✓ Alkol ve katalizörün karıştırılması**:** Katalizör olarak sodyum hidroksit (kostik soda)veya potasyum hidroksit kullanılır. Katalizör standart bir karıştırıcı ve mikser kullanılarak alkol içerisinde çözülür.



Şekil 1.1. Biyodizel proses akım şeması

- ✓ Reaksiyon: Alkol/katalizör karışımı reaksiyonun gerçekleşeceği hazne içerisine alınır ve bitkisel/atık bitkisel veya hayvansal yağ ilave edilir. Daha sonra alkol kaybını önlemek amacıyla sistem tamamen atmosfere kapatılır. Karışım belirli sıcaklık, süre ve devirde karıştırılarak reaksiyonun tamamlanması sağlanır.
- ✓ Ayırma: Reaksiyon tamamlandıktan sonra gliserin ve biyodizel olan iki ana ürün elde edilir. Aynı haznede bulunan gliserin fazının yoğunluğu, biyodizel fazınınkinden çok daha fazla olduğundan bu iki faz gravite ile ayrılabilir ve gliserin fazı çöktürme kabının dibinden kolayca çekilebilir. Sistem uygunsa biyodizel ve gliserin santrifüj kullanılarak da ayrılabilir.
- ✓ Alkolün uzaklaştırılması: Gliserin ve biyodizel fazları ayrıldıktan sonra her bir fazdaki fazla alkol bir flaş buharlaştırma veya distilasyon prosesi ile uzaklaştırılır ve reaksiyon karışımı nötralize edilir. Gliserin ve ester fazları ayırılır. Her iki durumda da alkol distilasyon kolonu kullanılarak geri kazanılır ve tekrar kullanılır.
- ✓ Gliserin nötralizasyonu: Gliserin yan ürünü, kullanılmamış katalizör ve bir asit ile nötralize edilmiş sabunlar içerir ve ham gliserin olarak depolanmak üzere depolama tankına gönderilir. Bazı durumlarda bu fazın geri kazanılması sırasında kullanılan kimyasallar nedeniyle oluşan tuz, gübre olarak kullanılmak üzere geri kazanılır. Pek çok durumda tuz gliserin içerisinde bırakılır. Su ve alkol, ham gliserin olarak satışa hazır olan %80-88 saflıkta gliserin elde etmek

amacıyla uzaklaştırılır. Daha sofistike işlemlerde gliserin %99 veya daha yüksek saflığa kadar distile edilir ve kozmetik ve ilaç sektörüne satılır.

- ✓ Nötralizasyon ve Yıkama işlemi: Gliserinden ayrıldıktan sonra hem biyodizel içerisindeki kalıntıları bertaraf etmek hem de nötralize edebilmek için hazırlanan asit solüsyonla birlikte yıkama işlemine tabii tutulur. Suyu uzaklaştırılan biyodizel depolamaya gönderilir. Biyodizel üretiminde hammadde olarak, ham bitkisel yağların yanı sıra; atık bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve yüksek asitli yağlarda kullanılmaktadır (Anonim, 2015).

1.1.3. Biyodizelin ülkemizde ve dünyadaki yeri

Avrupa Birliğinin 2003/30/EC Direktifi 2005 sonunda piyasaya arz edilen fosil yakıtlarına %2 oranında biyoyakıt konulması zorunluluğunu getirmiştir. Her yıl bu oranın; 2006 yılında %2.75, 2007 yılında %3.50, 2008 yılında % 4.25, 2009 yılında %5.00, 2010 yılında %5.75 olması hedeflenmektedir. Bu yüzden, 2005 yılı verilerine göre yılda 12 milyon ton motorin kullanan Türkiye'nin 2005 yılı verilerine göre 240 bin ton, 2006 yılı verilerine göre ise 330 bin ton biyodizeli ulaşımda kullanması gerekmektedir. 2010 yılına kadar ulaşımda kullanılan motorin miktarı değişmez ise 2010 yılında kullanılması gerekli biyodizel miktarı 690 bin ton olacaktır.

Yapılan açıklamalara göre, biyodizelin yasadışı yollardan akaryakıt piyasasına satıldığı belirlenmiştir. Yasadışı satışla birlikte alınamayan Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) yüzünden, Türkiye yılda yaklaşık 400 milyon YTL vergi kaybına uğramaktadır. Türkiye'de 2005 yılı sonunda 450 ile 878 bin ton arasında değişen miktarlarda biyodizel üretim kapasitesine ulaşılmıştır ve gelecek yıllarda bu üretimin artması istenmektedir. Ülkemizde biyodizel üretimi için herhangi bir engel yoktur. Fakat satılması için, Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu 05.01.2006 tarih ve 630/26 sayılı kararı ile biyodizel üreticilerine "işleme lisansı" alma zorunluluğu getirmiştir. Bunun en büyük nedenleri arasında Türkiye'de üretilen biyodizellerin standartlara uymaması gösterilmektedir. Çünkü standartlara uymayan yakıt motor parçalarına, yakıt pompasına v.b parçalara zarar verecektir. Lisans koşulu ile birlikte, biyodizel üreticisi üretmiş olduğu yakıtı satamayacak, sadece lisans sahibi firmalara teslim edeceklerdir. Biyodizel dizel yakıtına kıyasla pahalı olmasına rağmen, vergiden muaf tutulduğu takdirde daha ucuz olacaktır. Ancak TBMM'de kabul edilen kanun ile biyodizele litre başında 0.6498 YTL Özel Tüketim Vergisi (ÖTV) getirilmesi biyodizelin maliyetini arttıracaktır. Kasım 2005

itibariyle Türkiye'de yıllık biyodizel üretimi, Gebze, Adana, İzmir, Bursa, Polatlı, Şanlıurfa, Tarsus, Kırıkkale, Ankara bölgelerinde 50,000 tonu aşmış ve üretici sayısı 87'ye ulaşmıştır. Yeni tesislerle birlikte ve Enerji Verimliliği Kanunu'nun yürürlüğe girmesi ile yıllık üretim miktarının 200 bin tonun üzerine çıkabileceği tahmin edilmektedir. Dünyada, biyodizel üretimi 2004 yılında 2.2 milyar litre olarak tespit edilmiştir. 2000 yılından bu yana biyodizel üretimi tüm dünyada yaklaşık %30'luk bir artış göstermiştir. Avrupa birliği ülkelerinde, başta Almanya, Fransa, İtalya, Çek Cumhuriyeti olmak üzere 2005 yılı sonundaki üretim miktarı 2004 yılına göre %65 artarak 3.184 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemizde biyodizel ile ilgili birçok çalışma bulunmaktadır. Özellikle üniversitelerde yapılan bilimsel çalışmalar çok çeşitli olup, biyodizel üreticilerine ışık tutmaktadır. Bunlara örnek verilecek olursa; İstanbul Teknik Üniversitesi ve Kocaeli Üniversitesi'nde kullanılmış yağlardan biyodizel üretimi, Sakarya Üniversitesi, Pamukkale Üniversitesi ve Marmara Üniversitesi'nde kayısı çekirdeği, ayçiçek, pamuk, fındık ve tütün yağlarından biyodizel üretilmiştir. Selçuk Üniversitesi'nde, biyodizel üretiminde otomasyon sistemi uygulanmış ve biyodizel yakıt kalitesine etkiyen parametrelerin değiştirilerek optimizasyon yapılması sağlanmıştır. Üretilen biyodizeller motor test sistemlerinde kullanılarak, biyodizelin motor performans karakteristiklerine ve emisyonlara etkisi incelenmektedir. Yapılan bu çalışmalar, üniversitelerin Bilimsel Araştırma Fonları, TÜBITAK ve DPT tarafından desteklenmektedir. Biyodizel çalışmaları üniversitelerde sınırlı kalmayıp, ortaöğretim kurumları arasında yapılan araştırma projeleri arasında da ön sıralarda yer almaktadır (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

1.1.4. Biyodizel kullanımının avantaj ve dezavantajı

Avantajları;

- ✓ Çevre dostu,
- ✓ Yenilenebilir hammaddelerden elde edilebilen,
- ✓ Atık bitkisel ve hayvansal yağlardan üretilebilen,
- ✓ Anti-toksik etkili,
- ✓ Biyolojik olarak hızlı ve kolay bozunabilen,
- ✓ Kanserojenik madde ve kükürt içermeyen,
- ✓ Yüksek alevlenme noktası ile kolay depolanabilir, taşınabilir ve kullanılabilir,
- ✓ Yağlayıcılık özelliği mükemmel,

- ✓ Motor ömrünü uzatan,
- ✓ Kara ve deniz taşımacılığında kullanılabilen,
- ✓ Isıtma sistemleri ve jeneratörlerde kullanıma uygun,
- ✓ Stratejik özelliklere sahip,
- ✓ Mevcut dizel motorlarında hiçbir tasarım değişikliği gerektirmeden kullanılabilen,
- ✓ Sülfürsüz olduğundan asit yağmurlarına neden olmaz,
- ✓ Ticari başarıyı yakalamış bir yeşil yakıttır (Karaosmanoğlu, 2008).

Dezavantajları;

- ✓ Maksimum %5'lik bir verim kaybına neden olurlar. Ancak aşırı yük gibi özel durumlarda belirlenebilmektedir.
- ✓ Biyodizelin soğuk akış özellikleri dizel yakıtlarına oranla daha kötüdür ve soğuk havalarda ilk çalıştırma esnasında sorunlara neden olabilir.
- ✓ Kış aylarında yakıt filtresinin ve yakıt hattı borularının tıkanmasına sebep olabilir.
- ✓ Havayla temas eden biyodizel, özellikle yüksek sıcaklıklarda hızla oksitlenmeye başlar, bitkisel yağların oksidatif ve ısıl polimerizasyonu enjektör üzerinde yakıt birikmesine yol açarak yanmayı kötüleştirir.
- ✓ Yüksek viskozite, enjektörlerin tıkanmasına, segmanlarda karbon birikintisine, yağlama yağının bozulmasına, enjeksiyon sırasında atomizasyonun bozulmasına ve yanmanın kötüleşmesine neden olur.
- ✓ Yüksek akma ve donma noktaları bitkisel yağların direk olarak kullanımında sorun teşkil etmektedir (Işıklı ve ark., 2011).

1.1.5. Biyoetanol

Biyoetanol günümüzün yaygın teknolojileriyle şeker pancarı, mısır, buğday gibi şekerli ve nişastalı bitkilerden üretilen genellikle benzin ile farklı oranlarda harmanlanarak kullanılan bir biyoyakıttır. Ana hammaddesi gıda dışı hammaddeler olan selülozik etanol üretiminin ticarileşme süreci henüz devam etmektedir.

Günümüzün en popüler sıvı biyoyakıtlarından olan biyoetanol benzinle harmanlama oranına göre E_2 (%2 biyoetanol+%98 benzin), E_5, E_{10}, E_{85} olarak adlandırılabilir. Benzine karıştırılan etanol, benzinin emisyon kalitesini iyileştirdiği gibi

yapısında bulunan oksijen, benzinin daha verimli ve temiz yanmasına yardımcı olur. Ayrıca, araçlarda kullanıldığında CO_2 dahil, bütün emisyonların azaldığı da kaydedilmiştir (Farrell, A. E., 2006).

Daha çok benzinle harmanlanmasına rağmen biyoetanol son yıllarda motorinle de harmanlanarak kullanılabilmektedir. E-Dizel olarak adlandırılan karışımda motorinin içerisinde genellikle %15 oranında biyoetanol bulunmaktadır (AR, F.F., 2008).

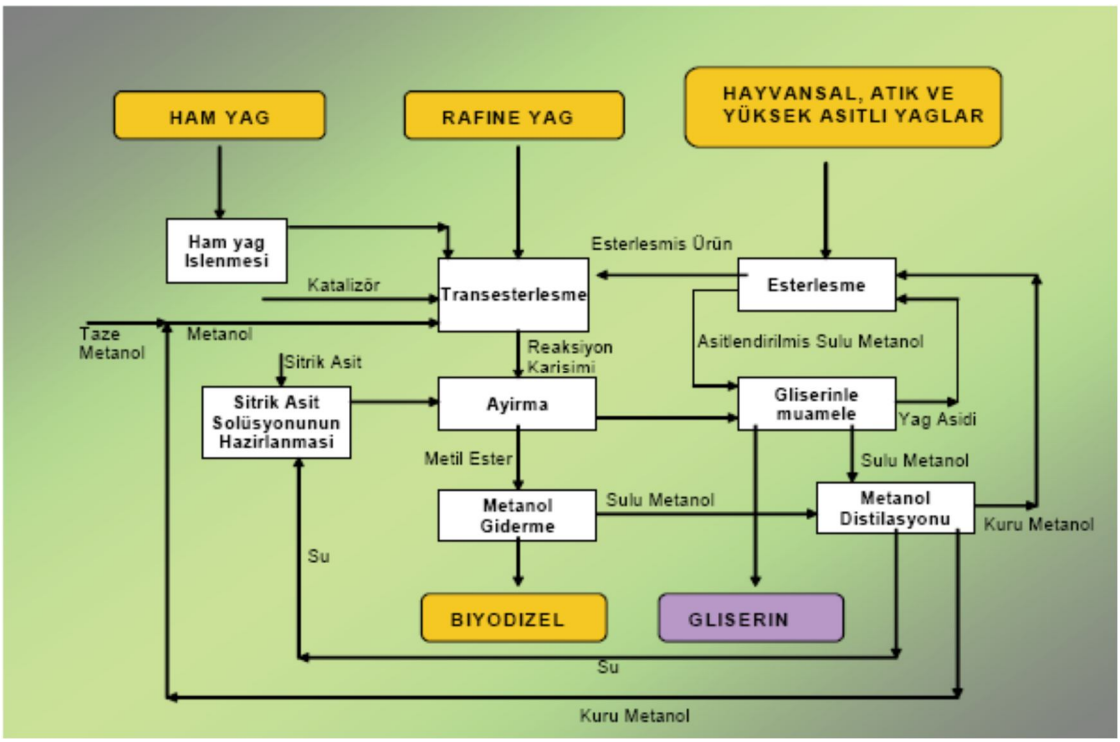
Biyoetanol sadece ulaştırma sektöründe değil elektrik üretiminde, kojenerasyon uygulamalarında, küçük ev aletlerinde ve kimyasal madde üretiminde de kullanılabilen bir biyoyakıttır. Petrolden üretilen pek çok kimyasal madde biyoetanolden de üretilebilmektedir. Etilen, hidrojen, glikol eterler, etil akrilat, asetik asit, etil asetat, aset aldehit, etil eter, etil+klörür bu kimyasal maddelerden bazılarıdır. Ayrıca yine biyoetanolden yüzey aktif maddeler, yapıştırıcılar, kozmetikler, yağ asitleri, karbon siyahı, kauçuk, plastik gibi ara kimyasallar da üretilebilmektedir (Grassi, G. 2000).

1.1.6. Biyoetanol üretimi

Mikroorganizmalardan etanol üretiminde kesikli, yarı-kesikli ve sürekli olmak üzere 3 yöntem kullanılmaktadır. Kesikli yöntemde, fermantör besin ortamı ile doldurulup uygun mikroorganizmalar ile inoküle edildikten sonra, uygun koşullarda tutularak fermantasyon tamamlanınca fermantör boşaltılıp, temizlenmekte ve sterilize edilerek yeni bir fermantasyon işlemi için hazır duruma getirilmektedir. Kesikli yöntemle mikroorganizmaların gelişmesi, lag faz, logaritmik faz, duraklama fazı ve ölme fazı adı verilen 4 aşamada izlenmektedir. Yarı kesikli yöntemde, fermantasyon ortamına yavaş yavaş taze besi yeri ilave edilerek oluşan ürünler belirli aralıklarla fermantörden alınmaktadır. Sürekli yöntemde ise kültür koşulları ve substrat konsantrasyonu sabit tutularak, mikroorganizmanın sürekli olarak logaritmik fazda bulunmasına çalışılmaktadır. Kısa aralıklarla mikroorganizmanın yeni bir besi yerine aktarılması ve öte tarafta da aynı miktarda mikroorganizma süspansiyonunun alınması ile bu koşulların sağlandığı bildirilmiştir.

Tahıl bazlı ürünlerden etanol üretimi şu şekilde yapılır. Kuru öğütme yapılacaksa önce mısır taneleri veya diğer hububatlar öğütülerek un haline getirilir. Daha sonra un su ilave edilerek mayşe hazırlanır. Mayşeye enzim ilave edilerek nişastanın dekstroza dönüştürülmesi sağlanır. Ortama hem pH'nın kontrolü hem de mayalara besin olarak amonyak ilave edilir. Fermantasyondan önce mayşenin bakteri

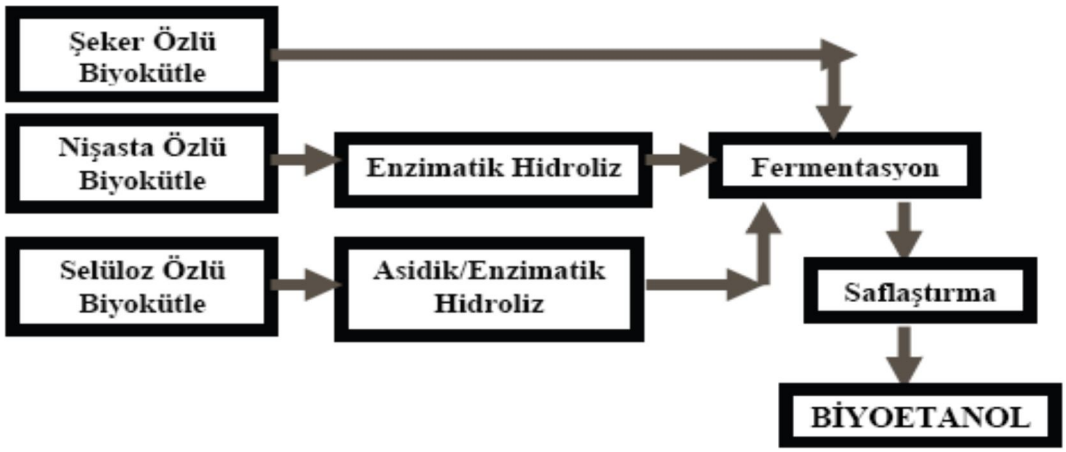
yükünü azaltmak için yüksek sıcaklıkta pişirme işlemi uygulanır. Daha sonra mayşe soğutularak fermantasyon tanklarına alınır ortama maya ilave edilerek şekerin alkol ve karbondioksite dönüşümü sağlanır. Fermantasyon işlemi genellikle 40-50 saat sürer. Bu işlem sırasında mayanın rahat çalışması için fermantör sıcaklığı kontrol edilir ve mayşe karıştırılır. Fermantasyondan sonra elde edilen karışım distilasyon kolonlarına aktarılarak etanol ayrıştırılır. Konvansiyonel distilasyonla ve dehidrasyonla karışımın alkol derecesi 200'e yükseltilir. Daha sonra elde edilen etanole %5 oranında benzin katılır. Bunun sebebi içecek olarak kullanılmasını engellemek ve yakıt sınıfına girmesini sağlamaktır. Fermantasyondan sonra distilasyon ile kazanılan alkol elde edildikten sonra geriye kalan artık santrifüje gönderilir. İri taneler ayrılır. Geri kalan kısım %30 kuru madde içerecek şekilde evaporasyonla konsantre edilir. İri taneler ile karıştırılarak yüksek kaliteli hayvan yemi olarak kullanılır. Fermantasyonla elde edilen karbondioksit ise ortamda tutularak gazlı içecek sanayinde veya kuru buz eldesinde kullanılabilir.



Şekil 1.2. Biyodizel üretiminde farklı hammaddelere göre proses değişikliği

Yaş öğütme ile etanol eldesinde önce taneler su ve sülfürik asit ile ıslatılarak 24-48 saat bekletilir. Bu işlem nişastanın parçalanmasına yardımcı olur. Islatma işleminden sonra mısır sıvısı bir seri değirmenden geçirilerek mısırın germ (rüşeyminin) ayrılması sağlanır. Rüşeym den mısır yağı elde edilir. Kalan lifli kısım ise gluten ve nişastanın

ayrılması için bir seri seperatör sistemi ile, santrifüj işlemi yapılır. Kalan yüksek su içeren lifli kısım kurutularak hayvan yemi olarak kullanılır. Gluten bileşenleri de kurutularak kanatlı endüstrisinde yem olarak kullanılır. Nişasta üç şekilde işlenir: 1. etanol ürerimi 2. modifiye nişasta üretimi 3. mısır şurubu üretimidir.



Şekil 1.3. Biyoetanol proses akım şeması

Etanol üretiminde en çok kullanılan mikroorganizmalar mayalardır ve bunların başında Saccharomyces cerevisiae türü mayalar gelmektedir. Bununla beraber, Schizosaccharomyces torulopsis ve bazı Candida türlerinin de belirli koşullar altında, teknikte etanol üretiminde kullanıldığı belirtilmiştir. Mucor, Rhizopus ve Aspergillus cinslerine ait küf mantarı türlerinin de etanol fermantasyonu yapabildikleri, ancak küf mantarlarının mayalar ve bakteriler kadar hızlı gelişemedikleri, bu nedenle bunların endüstriyel etanol üretimi için uygun olmadıkları, ayrıca etanol üretimleri üzerinde fazla çalışma yapılmadığı bildirilmiştir. En iyi etanol üreticisi bakterinin Zymomonas mobilis olduğu, bunların yüksek konsantrasyonlardaki glikozu hem kesikli hem de sürekli fermantasyonla etanole dönüştürebildikleri açıklanmıştır. Z. mobilis' in, sadece glikoz, fruktoz ve sakkarozu fermente edebildiği, etanolün yanında düşük oranlarda gliserin,süksinat, laktat, asetoin ve bütandiol de ürettiği belirlenmiştir. Son yıllarda termofilik, etanolojenik, sakkarolitik, bakterilerin endüstriyel etanol üretimleri üzerindeki çalışmalar, bu bakterilerin çeşitli şekerleri kullanabilmelerinden dolayı, yoğunlaşmıştır. Bu grup içerisinde Thermoanaerobacter, Thermoanaerobacterium, Thermoanaerobacteroides ve Clostridium cinslerine ait türler bulunmaktadır. Son 20 yılda, özellikle Thermoanaerobacter ethanolicus, Thermoanaerobacter thermohydrosulfuricus ve Thermoanaerobacterium thermosaccharolyticum ile etanol üretimi üzerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Anonim, 2015a).

1.1.7. Biyoetanolun ülkemizde ve dünyadaki yeri

Öncelikle ülkemizdeki motorlu araç sayısı, sarf edilen akaryakıt miktarı ve tutarına bakılacak olursa; 30.07.2006 tarihi itibariyle trafiğe kayıtlı motorlu araç sayısı 11 milyon 664 bine ulaşmıştır. Son 10 yılda trafiğe çıkan taşıt sayısındaki artış %77'dir. Petder tarafından hazırlanan rapora göre ülkemizdeki 2005 yılı toplam akaryakıt (benzin, motorin, gaz yağı, kalorifer yakıtı ve fuel-oil) sarfiyatı 17.5 milyon tondur. Bunların arasında benzinin payı 3 milyon 474 tondur. Akaryakıtın toplam parasal değeri 37.4 milyar TL'ye ulaşmıştır. Çok büyük bir pazar olduğu görülmektedir. Üstelik akaryakıtın tamamına yakını ithal edilmektedir. Bilindiği gibi ülkemizde tarımsal potansiyel oldukça yüksektir. Çeşitli meyveler, hububat ürünleri, yumrulu bitkiler önemli miktarlarda yetiştirilmektedir. Üretim fazlaları ve atıkları bulunmaktadır. Bunlar biyoetanol vb. üretiminde değerlendirildiğinde hem çiftçimize, hem çevremize hem de ekonomimize katkı sağlanabilecektir. Son zamanda ülkemizde alternatif enerji olarak biyodizel üretimiyle ilgili çalışmalar yapılmaktadır. Bu arada biyoetanol üretimiyle de ilgilenilmektedir. Ülkemizde bulunan 30 şeker fabrikasından 4'ünde (Erzurum, Eskişehir, Malatya, Turhal) alkol üretim birimi bulunmaktadır. Şeker üretim artığı olan ve %50 şeker içeren melas, bu tesislerde alkole dönüştürülmektedir. Elde edilen alkol daha çok içki üretiminde, özellikle rakı ve votka üretiminde değerlendirilmektedir. Ülkemizde yakın zamanda Petrol Ofis tarafından mısır ve buğdaydan biyoetanol üretilerek "yurtsever yakıt" adı altında piyasaya verilmiştir. Bu yakıt kurşunsuz benzine %2 oranında katılarak 25-50 milyon dolarlık bir ithalat tasarrufu sağlanmıştır. Sevindiricidir ki; 15 Kasım 2006 tarihi itibariyle Çumra (Konya) Şeker Fabrikası bünyesinde biyoetanol üretimine geçilmiştir. Ayrıca 2001 yılında Bursa Kemalpaşa'da 40,000 L/gün kapasiteli bir biyoetanol isletmesi kurulmuştur. Çumra ve Kemalpaşa'daki üretimlerin, Türkiye'nin şu andaki ihtiyacı olan biyoetanolu karşılayacak kapasitede olduğu bildirilmektedir. Ülkemizde şeker pancarı tarımı Batı, Orta ve Doğu Anadolu'da olmak üzere geniş bir alanda yapılmaktadır. Dolayısıyla büyük kitlelilere geçim kaynağı oluşturmaktadır. 500,000 çiftçi, 3 milyon kişi geçimini şeker pancarı tarımı ile sağlamaktadır. Şeker pancarı üretimi bitkisel ve hayvansal üretimin gelişmesine, toprağın fiziksel yapısının iyileştirilmesine, ekolojik dengeye katkı sağlamakta, ayrıca kendinden sonraki ürünlerin verimini büyük ölçüde arttırmaktadır. Alternatif tarım ürünleri olan ayçiçeğine nazaran 5, buğdaya nazaran 20 kat istihdam oluşturmaktadır. 2002 Tarım İstatistiklerine göre 372,468 ha alanda şeker pancarı yetiştirilmiş

16,523,166 ton (4443 kg/ha) verim alınmıştır. Şeker pancarı veriminde dünya ortalaması 4.256 kg/ha, AB ortalaması 6.206 kg/ha'dır. Şeker pancarının şeker içeriği %15-18 arasında değişmektedir. Şeker Fabrikalarıyla ilgili son zamandaki olumsuz gelişmeler 1998 yılında 20 milyon tonu asan pancar üretiminin 2005 yılında 8.9 milyon tona gerilemesine neden olmuştur. Şeker pancarının biyoetanol üretiminde değerlendirilmesiyle yine 20 milyon ton, hatta daha fazlasını üretmek mümkün olabilecektir. Şeker pancarı yetiştirildiği bölgeye refah getirmektedir. Gelişmekte olan Doğu Anadolu vb. bölgelerde şeker pancarı üretimine hız verilmesi bölgesel gelişmişlik farklılıklarının giderilmesinde önemli rol oynayabilecektir.

Dünyada biyoetanol üretimine baktığımızda ilk sırada Brezilya olmak üzere ABD ve Kanada'da, dolayısıyla Amerika kıtasında, AB ülkelerinde ki AB ülkelerinin biyoenerji için ortak bir strateji uyguladığı bilinmektedir, dolayısıyla Avrupa kıtasında yapılmaktadır. İsveç, İspanya, Fransa, Almanya, İtalya ve Rusya'nın büyük üretimler için aktivite gösterdikleri bilinmektedir. Hammadde olarak şeker pancarı ve hububat ürünleri öne çıkmaktadır. Afrika kıtasında ise G.Afrika Cumhuriyetinde üretilmektedir. G.Afrika Cumhuriyetinde biyoetanol üretiminde kullanılan hammaddenin %70'ini melas oluşturmaktadır. Asya kıtasında bu konudaki üç önemli ülke Cin, Tayland ve Hindistan'dır.

Ülkeler ürettikleri biyoetanolun büyük bir kısmını kendi ihtiyaçları için kullanmaktadırlar. Dünyada biyoetanol kullanımının yaygınlaşmasıyla bu durumun değişmesi olasıdır. ABD'de biyoetanol üretimi halen 19 şehirdeki 72 üretim biriminde olmak üzere toplam 11 milyar TL/yıl'dır. Yılda 152 milyon litre üretim yapan bir tesis 700 iş yerinde iş olanağı sağlamakta ve devlete 1.2 milyon dolar vergi ödemektedir. ABD'de Tarımsal Kooperatiflerin yenilenebilen enerji kaynakları içinde sadece Biyoetanol Üretim Birliklerinin 900,000 den fazla üyesi bulunmaktadır. ABD'de "Yenilenebilen Enerji Standardı"nın bulunması nedeniyle milli enerji kaynaklarına alternatif enerji kaynaklarından biyoetanol, biyodizel vb. ne kadar ilave edilebileceği kontrol altına alınmıştır. 2004 yılında Brezilya dünyada en fazla biyoetanol üreten ve sarf eden ülke olmuştur. Hammadde olarak şeker kamışı melası kullanılmaktadır. Üretim 15 milyar L/yıl dolayındadır. Benzine %20-25 oranında, hatta %85'e kadar karıştırılmaktadır. Brezilya'daki tüm yeni araçlar esnek yakıtlı, ya da benzin yerine biyoetanolu yakabilecek özelliktedir.

2004 yılı sonu itibariyle dünyada motorlu araç yakıtı olarak kullanılan biyoetanolun 31 milyar litre olduğu bildirilmektedir. 2020 yılında bu miktarın 120

milyar litreye ulaşacağı tahmin edilmektedir. AUS Firmasının araştırmalarına göre 2002-2012 yılları arasında alternatif enerji kullanımına bağlı olarak ham petrol sarfiyatında 1.6 milyon varil azalma olacağı beklenmektedir (Güven ve Güneşer, 2007).

1.1.8. Biyoetanol kullanımının avantaj ve dezavantajı

Avantajları;

- ✓ İçeriğindeki oksijen sebebiyle daha verimli ve temiz bir yanma sonucu oluşan çevreye zararlı gazların emisyon değerlerini düşürür. Hava kirliliğinin azaltılmasına katkıda bulunur.
- ✓ Biyoetanolün talebinin artmasıyla hammadde olarak kullanılan bitkilerin değeri artacak, bu da ekonomiyi geliştirecek ve tarımsal alanda daha geniş piyasa imkânları yaratacaktır. Kullanım oranı kadar benzinle ikame edilebileceğinden ekonomiye katkı sağlayacaktır.
- ✓ Biyoetanolün oktanı benzinden daha yüksektir. Yüksek oktan ise, daha fazla basınç meydana getirerek motorun ısıl verimini yükseltir.
- ✓ Hammadde kullanımında yut içi kaynaklar değerlendirildiğinde stratejik bir yakıt olacak ve ithal yakıta bağımlılığın azaltılmasını sağlayacaktır.

Dezavantajları;

- ✓ Biyoetanol ile ilgili olarak, uzun süreli depolamalarda sorunlar yaşanabilir. Hareketsiz kalan biyoetanol ve depoda bulunabilecek su, benzinden ayrışıp deponun dibine çökebilmektedir. Bunu önlemek için depolama öncesinde yakıt sistemi tamamen boşaltılarak temizlenmelidir. Ayrıca, boşaltma sonrasında yakıt deposuna bir benzin stabilizörü de koyulabilir.
- ✓ Biyoetanol kullanılan araçlarda, soğuk havalarda çalışma zorlaşırken, sıcak havalarda buhar tıkacı oluşması olasılığı da vardır (Anonim, 2015b).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Yapmış olduğumuz araştırmalarda eurodizel,biyodizel ve biyoetanol yakıt karışımının daha önceden denenmemiş olması kaynak araştırması aşamasında ikili yakıt karışımları ve üçüncü yakıt seçimlerinin farklı olması ile karşılaştık. Ama bu çalışmamızda bize rehberlik etmesi bakımından önemli kaynaklardı. Yapılan araştırmalarda bizim çalışmamıza yakın olduğunu düşündüğümüz çalışmalar;

Park ve ark. (2011) çalışmalarında, Common rail yakıt püskürtme sistemine ait bir dizel motorunda, değişik motor yüklerinde ve değişik enjeksiyon zamanlarında etanol-dizel karışım yakıtının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Karışım yakıtlarının yoğunluğunun daha düşük olmasından dolayı silindir içine püskürtülme hızlarının arttığını, tutuşma gecikmesi arttığı için yanma basıncının arttığını, NO_x emisyonunun azaldığını, etanol oranına göre CO ve HC emisyonlarının arttığını tespit etmişlerdir.

Cheung ve ark. (2008) çalışmalarında, düşük sülfür içerikli dizel yakıtına etanol ilave etmiş ve çözücü olarak dodecanol kullanmışlardır. Yakıttaki etanol oranı arttıkça özgül yakıt tüketiminin arttığını, termal verimde çok az bir değişim olduğunu, düşük motor yüklerinde HC ve CO emisyonlarında önemli bir artış olduğunu ancak yüksek motor yüklerinde azalma olduğunu, düşük motor yüklerinde NO_x emisyonunda azalma olduğunu ancak yüksek motor yüklerinde önemli artış olduğunu, duman emisyonunda yüksek motor yüklerinde önemli bir azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Xing-cai ve ark. (2004) çalışmalarında, etanol-dizel yakıtı karışımlarına setan iyileştirici ilave edip egzoz emisyonlarına ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Setan iyileştirici ilaveli karışım yakıtlarının özgül yakıt tükemi değerlerinin dizel yakıtından daha az olduğunu, termal verimlerinin daha yüksek olduğunu, duman ve NO_x emisyonlarının daha az olduğunu CO ve HC emisyonlarının dizel yakıtından yüksek olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2011) çalışmalarında, dört silindirli bir dizel motorunun emme manifolduna belli bir oranda buharla dezenfekte edilmiş hacimce %10-20 etanol veya metanol yollamışlardır. Her iki alkollü karışımların termal verimlerinin düşük motor yüklerinde dizel yakıtınınkinden az olduğunu ancak yüksek motor yükünde metanol-dizel yakıtının termal veriminin dizel yakıtınınkinden daha yüksek olduğunu, her iki alkollü karışımların yakıt tüketimi değerlerinin dizelden fazla olduğunu ancak metanollü karışımınkinin etanollu karışımdan daha yüksek olduğunu, alkollü

karışımların HC ve CO emisyonlarının daha yüksek, NO_x emisyonunun az, duman emisyonunun özellikle metanolun daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Randazzo ve ark. (2011) çalışmalarında, hacimce %20 soya biyodizeli içeren biyodizel-dizel yakıtı karışımlarına hacimce %2 ve 5 etanol ilave etmişler, şasi dinamometresinde New European Driving Cycle (NEDC) standartlarında egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Etanol oranı arttıkça HC ve CO oranlarında artış, NO_x emisyonunda azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Di ve ark. (2009) çalışmalarında, biyodizel-dizel ve etanol-dizel karışımlarını direkt enjeksiyonlu bir motorda kullanmışlardır. Çözücü olarak dodecanol kullanmışlardır. Dizel-biyodizel yakıtının etanol-dizel yakıtına göre daha yüksek termal verime sahip olduğunu ayrıca her iki karışım yakıtının termal veriminin saf dizel yakıtından daha yüksek olduğunu, her iki karışım yakıtının HC emisyonlarının saf dizel yakıtından az olduğunu ayrıca dizel-biyodizel karışımının etanol-dizel karışımından daha az olduğunu, CO emisyonlarında dizel-biyodizel karışımının en az daha sonra sırası ile saf dizel yakıtı ve etanol-dizel karışımı olduğunu, her iki karışımın NO_x emisyonunun saf dizel yakıtından fazla olduğunu ayrıca dizel-biyodizel karışımının etanol-dizel karışımından daha az olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhu ve ark. (2011) çalışmalarında, saf dizel yakıtı, saf biyodizel ve hacimce %5-10-15 etanol içeren biyodizel-etanol karışımlarının yanma performansı ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Özellikle %5 etanol içeren biyodizel-etanol karışım yakıtının yanma karakteristiğini bir miktar iyileştirdiğini söylemişlerdir. Saf dizel yakıtı ve saf biyodizelle karşılaştırıldığında etanol karışımlı yakıtların termal verimlerinin daha yüksek olduğunu, karışım yakıtlarının etanol oranı arttıkça NO_x ve duman emisyonlarında azalma olduğunu, HC ve CO emisyonlarında artış olduğunu ancak %5 etanol içeren yakıtın HC ve CO emisyonlarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Guarieiro ve ark. (2009) çalışmalarında, dizel yakıtı-etanol, soya biyodizeli-dizel yakıtı-etanol ve atık yağ biyodizeli-dizel yakıtı-etanol karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. En iyi NO_x emisyonu değerlerinin soya biyodizeli-dizel yakıtı-etanol karışımından elde edildiğini daha sonra sırası ile dizel yakıtı-etanol karışımından ve atık yağ biyodizeli-dizel yakıtı-etanol karışımından elde edildiğini, en iyi CO emisyonu değerlerinin soya biyodizeli-dizel yakıtı-etanol karışımından elde edildiğini daha sonra sırası ile atık yağ biyodizeli-dizel yakıtı-etanol

karışımından elde edildiğini ve dizel yakıtı-etanol karışımından elde edildiğini tespit etmişlerdir.

Kwanchareon ve ark. (2007) çalışmalarında, dizel yakıtı-biyodizel-etanol karışımlarının yakıt özelliklerini ve egzoz emisyonlarına etkilereni incelemişlerdir. Dizel-biyodizel karışımlarının fiziksel özellikleri dizel yakıtı ile benzerlik gösterirken etanol ilavesinin karışımın fiziksel özelliklerin oldukça değiştirdiğini, etanolun karışıma ilave edilmesinin karışım yakıtının yoğunluğunu, setan sayısını ve ısıl değeri düşürdüğünü, CO ve HC emisyonlarında önemli bir azalma olduğunu, NO_x emisyonunda ise artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Can ve ark. (2004) çalışmalarında, farklı enjeksiyon basınçlarında dizel yakıtına hacimce %10-15 etanol karıştırmışlar ve hacimce %1 isopropanol kullanarak homojen ve sabit biz faz elde etmişlerdir. Karışım yakıtlarının kullanılmasının motor gücünü azalttığını, etanol ilavesi ile NO_x emisyonlarının arttığını CO, duman ve SO_2 emisyonlarının azaldığını tespit etmişlerdir.

Rakopoulos ve ark. (2008b) çalışmalarında, etanol-dizel karışımlarının yanma çevrimi değişikliliğinin stocastik araştırmasını deneysel olarak yapmışlar ve farklı parametrelerde ısı yayılma analizini ortaya koymuşlardır.

Zhu ve ark. (2010) çalışmalarında, saf dizel yakıtı, saf biyodizel, biyodizel-etanol ve biyodizel-metanol karışım yakıtlarını dizel motorunda denemişler ve motor performansı ile egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, etanol ve metanol karışımlı biyodizel yakıtlarından elde edilen NO_x ve duman emisyonlarının alkol oranı arttıkça azaldığını, alkol oranı yüksek karışımlarda HC emisyonlarında artış düşük oranlarda ise azalma olduğunu, ayrıca alkol oranının artması ile termal verimin arttığını tespit etmişlerdir.

Rakopoulos ve ark. (2008c) çalışmalarında, Mercedes-Benz otobüsüne ait bir dizel motorunda dizel yakıtına %5-10 etanol karıştırarak motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Duman emisyonunda önemli bir azalma olduğunu, NO_x emisyonlarında yer yer benzer yada çok az bir azalma olduğunu, CO emisyonlarında eşitlik veya çok az bir azalma olduğunu, HC emisyonunda artış olduğunu söylemişlerdir. Yakıt tüketiminde karışımdaki etanol oranına bağlı artış olduğunu, termal verimde çok az bir artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Rakopoulos ve ark. (2007) çalışmalarında, dizel yakıtına hacimce %5-10-15 etanol ilavesinin ısı yayılması ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Isı yayılımı analizine göre, etanolün tutuşma gecikmesini artırdığını, maksimum silindir

basıncına etkisinin neredeyse hiç olmadığını, sıcaklığa ise çok az etki ettiğini tespit etmişler. Duman emisyonlarında önemli bir azalma, NO_x emisyonunda bir miktar azalma, CO emisyonunda azalma, HC emisyonunda artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Park ve ark. (2010) çalışmalarında, etanol-dizel yakıtı karışımlarını çift kademe püskürtmeli, EGR sistemine sahip bir dizel motorunda kullanmışlardır. Püskürtme hızının arttığını, pilot yanmadaki tutuşma gecikmesinin arttığını, pilot enjeksiyon zamanının gecikme süresine göre NO_x miktarının arttığını ancak bunun EGR ile azaltılabildiğini, pilot enjeksiyon zamanının gecikmesi ile CO ve HC emisyonlarının arttığını tespit etmişlerdir.

Huang ve ark. (2009) çalışmalarında, hacimce %10–20-25-30 etanol içeren etanol–dizel yakıtı karışımlarını yakıt olarak bir dizel motorunda kullanmışlar ve motor performansı ile egzoz emisyonları karakteristiklerini dizel yakıtı ile karşılaştırmışlardır. Çözünürlüğü artıkmak için *n*-bütanol (normal bütanol) kullanmışlardır. Sonuç olarak, karışım yakıtlarının termal verimlerinin dizel yakıtına göre daha az olduğunu, yakıt tüketiminin ise dizel yakıtına göre arttığını söylemişlerdir. Karışım yakıtlarının CO emisyonu değerinin yarım yükte dizel yakıtından elde edilene göre devir arttıkça azaldığını ancak düşük yüklerde arttığını, tüm karışım yakıtlarının duman emisyonunun dizel yakıtınkinden daha az olduğunu, karışım yakıtlarının HC emisyonu değerlerinin tam yükte dizel yakıtınınkinden daha yüksek olduğunu, NO_x emisyonu değerlerinin ise farklı hızlarda ve yüklerde farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Labeckas ve ark. (2009) çalışmalarında, kolza biyodizeline hacimce %2.5-5-7.5-10 etanol-benzin karışımı ilave ederek egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. NO_x, CO ve HC emisyonlarında saf biyodizele göre artış, duman emisyonlarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Song ve ark. (2007) çalışmalarında, etanol-dizel yakıtı karışımlarının egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. NO_x ve duman emisyonlarında azalma, CO ve HC emisyonlarında ise artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Rakopoulos ve ark. (2008a) çalışmalarında, Hydra marka dizel motoru standartlarına göre bir model uygulayıp, dizel yakıtı ve dizel yakıtı-etanol karışımlarının yanma ve egzoz emisyonu oluşumlarını multi-zone yöntemi ile modellemişlerdir.

Hamdan ve ark. (2010) çalışmalarında, Diesel-RK programını kullanarak dizel yakıtını hacimce %5-10-15 oranında etanol ve eter ilave etmişler ve motor performansına etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, her ikisinin de motor performansına hemen hemen aynı şekilde etki ettiğini, motorun çıkış gücünde azalma

ve özgül yakıt tüketiminde artış olmasına rağmen termal verimde de artış olduğunu tespit etmişler. Yapılan bu simülasyon yönteminin deneysel çalışmalarla elde edilen değerler ile bağdaştığını ortaya koymuşlardır.

Nasim ve ark. (2010) çalışmalarında, Diesel-RK programını kullanarak dizel yakıtına belirli oranlarda Hint fıstığı yağı biyodizeli ilave ederek motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkilerini simülasyon yöntemi ile göstermişlerdir. Sonuç olarak, elde edilen verilerin literatürde de benzer şekilde olduğunu ortaya koymuşlardır.

Song ve ark. (2010) çalışmalarında, dizel yakıtına etanol ilave edip ağır iş taşıtı motorunda denemişlerdir. Her iki yakıtında asetalaldehit emisyonu en yoğun karbonlu bileşik olduğunu daha sonra sırası ile formaldehit, akrolin, aseton, propionaldehit, krotonildehit olduğunu söylemişlerdir. Genel olarak akrolin hariç diğer tüm karbonlu bileşiklerde artış tespit etmişlerdir.

Karthikeyan ve ark. (2011) çalışmalarında, hem normal dizel motorunda hemde düşük ısı kayıplı (LHR) bir dizel motorunda dizel yakıtı-etanol karışımlarını ısıtma bujisi yardımı ile kullanmışlar ve motor performansı ile egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Sonuç olarak, LHR dizel motorunda karışım yakıtının termal veriminin normal dizel motorunda kullanılan karışım yakıtlarınınkinden daha yüksek olduğunu, LHR dizel motorunda karışım yakıtının volümetrik veriminin daha düşük olduğunu, LHR dizel motorunda karışım yakıtının özgül yakıt tüketiminin daha az olduğunu, LHR dizel motorunda karışım yakıtının egzoz sıcaklığının daha yüksek olduğunu, LHR dizel motorunda karışım yakıtının HC, CO ve duman emisyonlarında azalma, NO_x emisyonunda artış olduğunu tespit etmişlerdir.

Alahmer ve ark. (2010) çalışmalarında, hacimce %5-10-15-20-25-30 su içeren dizel yakıtı-su emülsiyonlarını bir dizel motorunda yakıt olarak kullanmışlar ve motor performansı ile egzoz emisyonları açısından Diesel-RK yazılımı ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak, deneysel çalışma ile teorik çalışma arasında ki farkın kabul edilebilir aralıkta olduğunu tespit etmişlerdir.

Ciniviz ve ark. (2011) yaptıkları çalışmada, dört silindirli turbo şarjlı direkt enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel yakıtı ve belirli oranlardaki dizel-metanol karışımlı yakıtlar kullanılanarak motorun performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Deneyler tam motor yükünde 1000 d/d ile 2700 d/d arasında değişen hızlarda yapmıştırlar. Deneyler de dizel yakıtına % 5, % 10 ve % 15 metanol ilave edilerek elde edilen karışımlı yakıtlar kullanılarak çıkan sonuçlarla standart değerleri karşılaştırılarak yorumlamıştırlar. Deneylerde dizel yakıtına göre metanol

miktarının artışıyla birlikte motor performans parametrelerinde fren termik veriminin azaldığını ve özgül yakıt tüketiminin arttığını, egzoz emisyonlarında ise hidrokarbonların ve karbon monoksitlerin azaldığını, azot oksitlerin arttığını tespit etmişlerdir.

Yılmaz (2011) yaptığı çalışmada, 2 silindirli 4 zamanlı direkt enjeksiyonlu dizel motorunda dizel, biyodizel ve % 85 biyodizel ile % 15 alkol (etanol, metanol) karışımlı yakıtlar kullanarak motorun performans ve emisyonları üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle araştırmıştır. Deneyler sonucunda alkollü yakıtların ısıtılmış emme havası ile yakıldığı zaman yakıt tüketimini, CO ve HC emisyonlarını azalttığını belirtmiştir. Motor tam yükte yeterli ısı enerjisi sağladığından biyodizel-alkol karışımları buharlaştırma arasında belirgin bir fark olmadığını söylemiştir. Egzoz gazı sıcaklığı da ısıtılmış hava sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. Emme havası ısıtmak HC, CO emisyonlarını azaldığını, fakat NO emisyonlarını yüksek sıcaklıktan dolayı arttığını söylemektedir. Hava sıcaklığının motor performansını ve emisyonları etkilediğinden ortam sıcaklığını bilmek gerektiğini tespit etmişlerdir.

Erkal (2010) yaptığı çalışmasında, doğal emişli turbo şarjlı dört silindirli direkt enjeksiyonlu dizel motorunda farklı oranlardaki standart dizel yakıtı ile farklı oranlardaki dizel-etanol karışımlarını kullanarak motorun performans ve egzoz emisyon parametrelerini incelemiştir. Deneylerde dizel-etanol karışımlı yakıtların kullanılmasıyla elde edilen motor gücünün standart dizel yakıtı ile elde edilen sonuçlara göre düştüğünü tespit etmiştir. Karışımlı yakıtlarla özgül yakıt tüketiminin arttığı, fren termik veriminin azaldığı ve NO_x, CO emisyonlarının etanol oksijen içeriğiyle beraber setan sayısını düşürdüğünden dolayı arttığını belirtmiştir. Etanolün yüksek buharlaşma gizli ısısından dolayı da yanmamış gazların dizel yakıta kıyasla arttığını tespit etmişlerdir.

Özdemir (2011) tarafından tek silindirli hava soğutmalı direkt püskürtmeli dizel motorunda dizel yakıtı ile dizel yakıtı-biyodizel ve dizel yakıtı-biyodizel-etanol karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerde dizel yakıtı içerisindeki biyodizel ve etanol oranın artmasıyla motor torku ve motor gücünde azalma olduğunu belirtmiştir. Sonuçlara göre karışımlar içerisinde en yüksek motor gücü % 85 dizel yakıtı + % 10 biyodizel + 5 etanol karışımlı yakıt olduğunu göstermişlerdir. Karışımlı yakıtlar içerisinde biyodizel miktarının artmasıyla özgül yakıt tüketiminin arttığını belirtmiştir. Karışımlı yakıtlarla elde edilen

egzoz emisyon sonuçlarına göre CO, HC emisyonlarını azalttığını ve NO_x emisyonunun arttığını tespit etmişlerdir.

Lei ve ark. (2010) çalışmalarında, doğal emişli dizel motorunda Euro IV dizel, saf biyodizel ve biyodizel etanol, metanol karışımlı yakıtlar kullanılarak motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisi deneysel yöntemlerle araştırmışlardır. Sonuçlara göre 1800 d/d'daki sabit motor hızında beş motor yükünde yapılmıştır. Deneylere genel olarak bakıldığında Euro V dizel yakıtı, saf biyodizel ve %5, %10 ve %15 oranındaki biyodizel-etanol-metanol karışımları karşılaştırıldığında NOx ve partikül madde emisyonlarının azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Karışımlardaki alkol oranı arttıkça HC ve CO emisyonları artabileceğini ve fren termik veriminin de düştüğünü tespit etmişlerdir. Fakat %5 oranındaki alkol karışımlarında HC ve CO emisyonlarının azaltabileceğini göstermişlerdir. Deneyler sırasında DOC kullanılması ile de HC ve CO emisyonlarının azaltılabileceğini tespit etmişlerdir.

Can, Çelikten, Usta, (2004) yaptıkları çalışmada, ön yanma odalı turbo dizel bir motorda etanol-dizel yakıtı karışımlarının farklı yüklerde egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemişlerdir. Dizel yakıtına oksijenli bir bileşik olan etanolün eklenilmesi CO, is ve SO_2 emisyonlarını önemli derecede azaltırken NO_x emisyonlarını bir miktar artırdığını tespit etmişlerdir. Bu karşılaştırmalar ise emisyon değerlerinin konsantrasyon cinsinden ölçümleri sonucu yapıldığını belirtmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde, tez aşamasında kullanılmış olan test yakıtları, yakıt karışımları için kullanılan ölçüm aletleri ve karıştırıcı, deneylerin yapıldığı test motoru, egzoz emisyon cihazı, motor test düzeneği ekipmanları sunulmuştur.

3.1.1. Test yakıtları

Tez çalışmasında temel yakıt olarak kullanılan dizel yakıtı, Euro Diesel (EUD) ticari yakıtıdır.

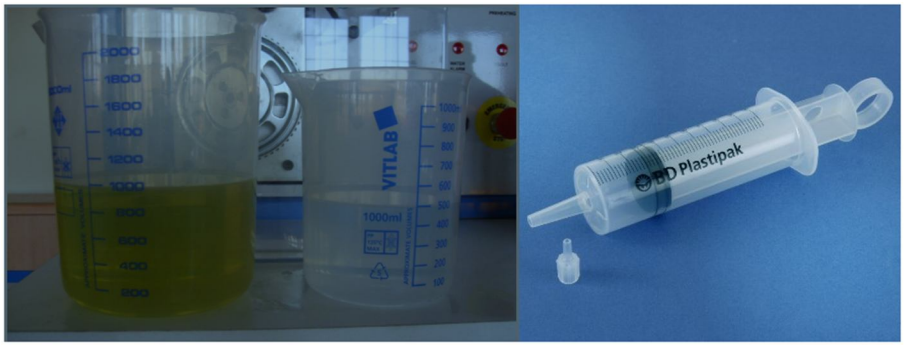
EUD ile karıştırılmak üzere biyodizel üretmek için kullanılan aspir tohumları, Konya Ilgın ilçesinde bulunan Derman Tarım İnşaat Gıda Sanayii Ticaret Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir. Tohumlardan yağ çıkarma işlemi Esen Yağ İmalat Atölyesi'nde gerçekleştirilmiştir. Elde edilen aspir tohumu yağından, Aspir Yağı Biyodizeli (Aspir Yağı Metil Esteri) üretimi transesterifikasyon yöntemi ile Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri Bölümü Biyodizel Laboratuvarı'nda DPT 2004/7 no'lu proje kapsamında kurulan 100 L/h kapasiteli Programlanabilir Kontrol Cihazı (PLC) destekli Pilot Üretim Tesisi'nde gerçekleşmiştir. Biyodizel üretiminde TS EN 14214 standartlarına uygun olarak, yoğunluğu 20 ^{o}C'de 792 kg/m^{3} olan 0.99 saflık derecesine sahip Merck marka metanol (CH_3OH) ve katalizör olarak yine Merck firmasına ait 0.97'den yüksek saflık derecesine sahip sodyum hidroksit (NaOH) kullanılmıştır.

Tesis, 150 litre kapasiteli ham yağ tankı, 100 litre kapasiteli reaktör, 150 litrelik yıkama (dinlendirme) tankı, 50 litrelik metoksit, metanol ve katalizör tankları ile 230 litrelik saf su, biyodizel, gliserin ve atık su tanklarından oluşmaktadır.

EUD ve biyodizel karışımlarına ilave yakıt olarak eklenen biyoetanol, şeker pancarından elde edilen yakıt biyoetanolüdür ve Konya Şeker Fabrikası Çumra Şeker Entegre Tesislerinden temin edilmiştir.

3.1.2. Yakıt karışımları için kullanılan ölçüm aletleri ve karıştırıcı

Test yakıtlarının hazırlanmasında Şekil 3.1.'de gösterilen VITLAB marka 1 litre ve 2 litre ölçüm kapasiteli iki adet ölçüm kabı ve hassas ölçü miktarlarının ayarlanmasında 100 ml'lik enjektörler kullanılmıştır.



Şekil 3.1. Ölçüm kapları ve enjektör

Hazırlanan test yakılarını karıştırmak için Tops marka Şekil 3.2.'de görülen manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Hazırlanan test yakıtları Paşabahçe tarafından üretilen özel fermantasyon kavanozlarında muhafaza edilerek mümkün olduğu kadar oksijen ile teması kesilmiştir.



Şekil 3.2. Karıştırıcı ve fermantasyon kabı

3.1.3. Test motoru

Bu çalışmada, Şekil 3.3'de gösterilen proje kapsamında yeni alınmış ANTOR marka, tek silindirli bir dizel motor kullanılmıştır. Motora ait teknik özellikler Çizelge 3.1.'de sunulmuştur.



Şekil 3.3. Test motoru

Çizelge 3.1. Test motorunun teknik özellikleri

Model	3 LD 510
Motor tipi	Dört zamanlı, Direkt enjeksiyonlu
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi, cm^3	510
Çap X Strok, mm X mm	85 X 90
Sıkıştırma oranı	17.5:1
Maksimum motor devri, d/d	3300
Maksimum motor torku, Nm	32.8
Maksimum motor gücü, kW	9
Soğutma şekli	Su soğutmalı
Enjektör markası – püskürtme basıncı, bar	STANADYNE 41445190 – 190

3.1.4. Egzoz emisyon cihazı

Test sürecinde egzoz emisyonlarının ölçümü için Şekil 3.4. de gösterilen Bosch-BEA 350 model emisyon ölçüm cihazı ve duman emisyonu ölçümü için Bosch RTM 430 model duman ölçüm kiti kullanılmıştır. Cihaz, CO, CO_2, HC, NO emisyonlarını ve duman koyuluğunu, egzoz gazının hacimsel debisine oranını (%) olarak ölçebilmektedir. Cihaza ait teknik özellikler Çizelge 3.2.'de sunulmuştur.

Çizelge 3.2. Bosch BEA 350 egzoz emisyonu ölçüm cihazı teknik özellikleri

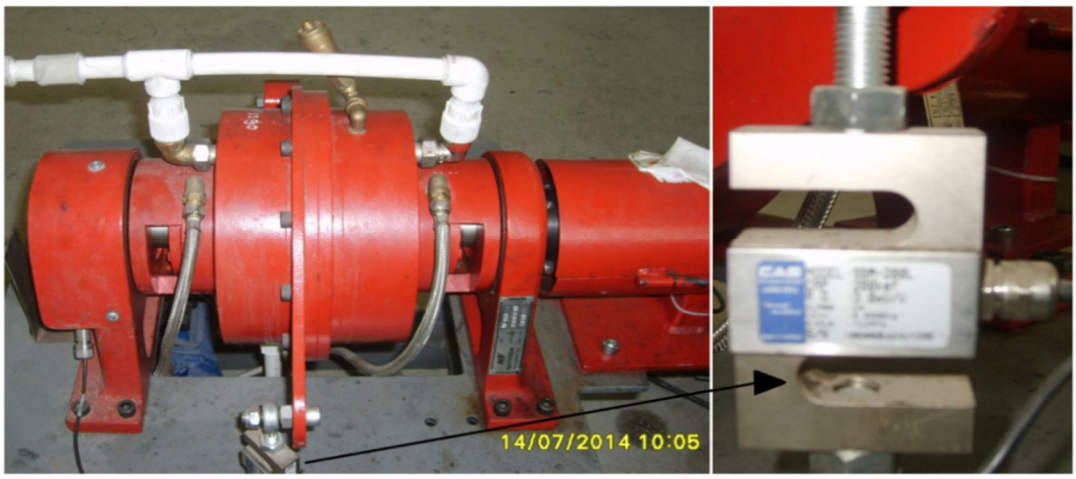
ÖLÇÜM	ÖLÇME ARALIĞI	HASSASİYET
CO_2, % v/v	0 – 18	0.01
CO, % v/v	0 – 10	0.001
HC, ppm	0 – 9999	1
NO, ppm	0 – 5000	1
Duman, %	0 – 100	0.1



Şekil 3.4. Bosch BEA 350 egzoz emisyonu ölçüm cihazı ve duman ölçüm kiti

3.1.5. Motor test düzeneği ve dinamometre

Motorun yüklenmesi için Şekil 3.5.'de gösterilen Net Fren NF150 marka hidrolik dinamometre test sistemine monte edilmiştir. Motorun yüklenmesi anındaki değerler, 1 g hassasiyetinde, 0–200 kg aralığında ölçüm yapabilen CAS marka SBA 200 L model yük hücresi kullanılarak okunmuştur. Dinamometrenin devir ölçüm aralığı 0-6500 d/d ve tork ölçüm aralığı 0 - 450 Nm'dir.



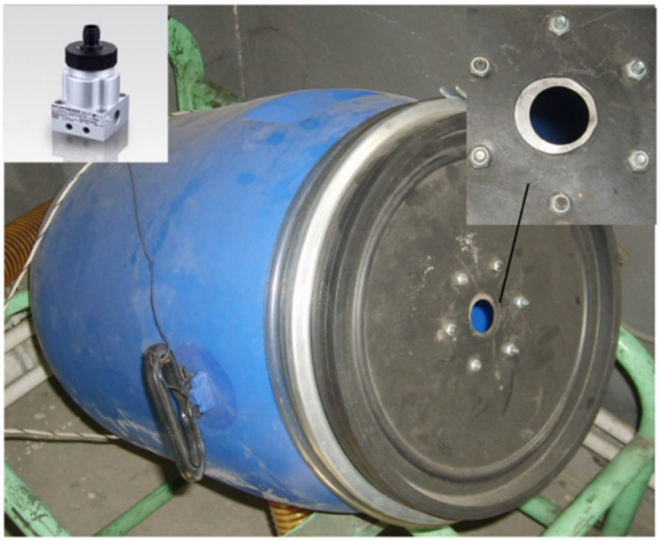
Şekil 3.5. NF 150 hidrolik dinamometre ve yük hücresi

Yakıt tüketimi, Şekil 3.6.'da gösterilen, 2.5 L kapasiteli bir yakıt deposunun altında bulunan Cas marka BCL-1L model, 0-3 kg ölçüm kapasiteli 0.01 g hassasiyetinde yük hücresi kullanılarak g/s biriminden okumuştur.



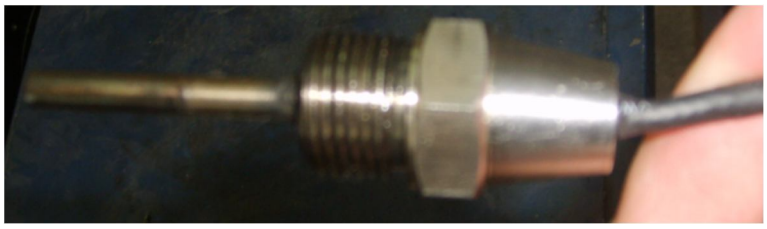
Şekil 3.6. Yakıt deposu

Hava tüketimini ölçmek için, emme manifoldu hattına TS EN ISO 5167 standardına uygun orifis çapı 28 mm olan, flanşlı-keskin köşeli tip orifis plakası uygun bir hava sönümleme tankı üzerinde yerleştirilmiştir. Orifis plakasının giriş ve çıkış basınç farkını ölçmek için BD Sensor marka DMD 341 tip fark basınç sensoru kullanılmıştır. Kullanılan sensor 0 – 1000 mbar ölçüm aralığına ve %0.001 ölçüm hassasiyetine sahiptir. Hava tüketimi ölçümü için kullanılan ekipmanlar Şekil 3.7.'de gösterilmiştir.



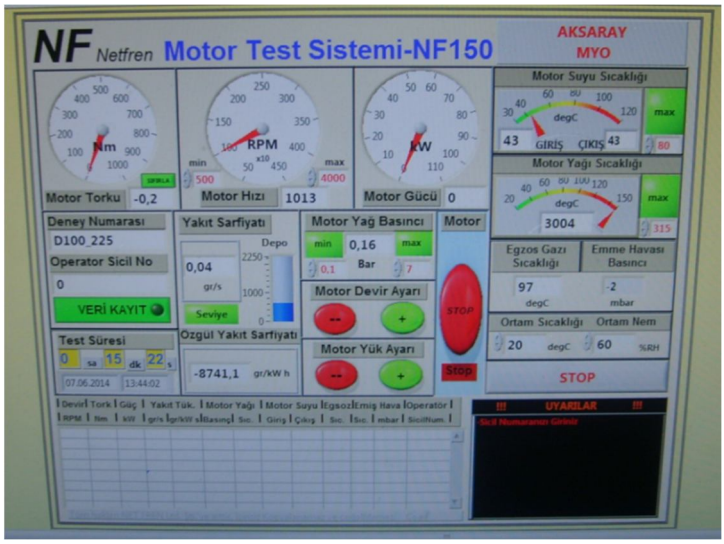
Şekil 3.7. Hava tüketimi ölçüm düzeneği ekipmanları

Motorun egzoz gazı sıcaklıklarının ölçümü için Şekil 3.8.'de gösterilen k tipi PT 100 sıcaklık ölçeri kullanılmıştır.



Şekil 3.8. k tipi sıcaklık ölçer

Test sürecinde elde edilen ve yukarda bahsedilen veriler, Net Fren firması tarafından hazırlanmış olan ve ara yüzü Şekil 3.9.'da gösterilen LabVIEW bilgisayar yazılımı kullanılarak oluşturulan yazılım sayesinde ölçülmüş ve depolanmıştır. Bu yazılım sayesinde motorun frenleme yükü kontrolü de sağlanmaktadır.



Şekil 3.9. Motor yük kontrolü ve ölçümü için kullanılan yazılımı

Test yakıtlarının hazırlanması ve motor testlerinin yapılmasında kullanılan bu malzeme ve ekipmanlar ile Şekil 3.10.'da gösterilen test düzeneği kurulmuştur.



Şekil 3.10. Motor test düzeneği

3.2. Yöntem

Bu bölümde, testlerde kullanılan biyodizelin üretimi, test yakıtlarının hazırlanması, test düzeneğinin hazırlanması, testlerin yapılışı, testlerde ölçülen ve hesaplanan parametreler ile egzoz emisyon ölçümleri sunulmuştur.

3.2.1. Biyodizel Üretimi

Önce tohumlardan yağ çıkarma işlemi yapılmıştır. Bu işlemde, tohumlara vals ile pullandırma yöntemi kullanılarak ısıl işlem uygulanmış daha sonra preslenerek aspir yağı elde edilmiştir. Elde edilen aspir yağı filtreleme işleminden geçirildikten sonra, ham yağ tankına alınmış oradan da 80 L ham aspir yağı reaktöre pompalanmıştır. Yağın sıcaklığı metanolun kaynama sıcaklığının (65 ^{o}C) biraz altı olan 55 ^{o}C'ye ulaşıncaya kadar reaktörde karıştırılarak ısıtılmıştır. Isıtılan yağ hedeflenen sıcaklığa geldikten sonra, metoksit tankında hazırlanan 16 L metanol (hacimsel olarak yağ hacminin %20'si oranında) ve 280 g sodyum hidroksit (1 L yağ için 3.5 g oranında) karışımı, ham yağ içerisine gönderildikten sonra yine 55 ^{o}C sabit sıcaklıkta reaktör içerisinde 80 d/d hızla 1 saat karıştırılmıştır. Daha sonra karışım yeteri kadar dinlendirilmiş ve dibe çöken gliserol alınmıştır.

Buradan sonra yıkama/dinlendirme tankına gönderilen ham biyodizel burada yaklaşık 20 saat dinlendirilerek soğutulmuştur. Biyodizel içerisinde reaksiyona girmeyen metanol, kalan yağ asitleri, katalizör madde ve kalabilecek olan gliserolün uzaklaştırılması için biyodizel, yaklaşık 25 L saf su ile yıkamaya tabi tutulmuştur. Yıkama işlemine başlamadan önce biyodizel ve su 50 ^{o}C sıcaklığa getirilmiş ve yıkamaya başlanılmıştır. Yıkama işlemi sonunda suyun çökmesi için 18 saat beklenmiş ve çöken su atık su tankına çekilmiştir.

Biyodizel içerisinde kalma ihtimali bulunan suyun, biyodizelden uzaklaştırılması için dinlendirme/yıkama tankının ısıtıcısı çalıştırılarak biyodizel 100 ^{o}C (suyun kaynama sıcaklığı)'ye kadar ısıtılmış ve 4 saat kurutma işlemi yapılmıştır. Tank içerisinde oluşan su buharı vakum pompası sayesinde tahliye edilmiş ve biyodizelin kurutma işlemi sonuçlandırılmıştır. Daha sonra elde edilen biyodizel filtreden geçirilmiş ve cam fermantasyon kavanozlarına alınarak depolanmıştır.

3.2.2. Test yakıtlarının hazırlanması

Karışım yakıtları hazırlanırken literatür araştırması ve EPDK'nın biyoyakıtlar ile ilgili almış olduğu kararlar dikkate alınmıştır. Bu karar doğrultusunda ilk karışım olarak hacimce %50 biyodizel içeren test yakıtı ile karışımların oluşturulmasına başlanılmıştır. Daha sonraki karışımlar ise genel olarak yüksek oranda biyodizel karışımlarının kullanılabilirliğinin araştırılması amacı ile hazırlanmıştır. Biyoetanol ise, literatürde de karşılaşılan ve biyodizelin olumsuz yakıt özelliklerinin (özellikle yüksek NO_X emisyonu ve SFTN değerleri gibi) bir kısmının giderilebilmesi amacı ile ilave edilmiştir.

Yakıt karışımları hacimsel oranlarla karıştırılmış, oluşturulurken önce biyodizel EUD yakıtına ilave edilerek gözle görülür şekilde homojenlik sağlanana kadar karıştırılmış daha sonra biyoetanol ilave edilerek tekrar homojenleşinceye kadar karıştırma işlemi devam etmiştir. Biyodizel ve EUD yakıtlarının yoğunluklarının yakın olması nedeni ile karışımlarının homojenliği kolay sağlanmıştır. Biyoetanolun ise karışım yakıtlarının içerisine enjektör ile püskürtülerek diğer yakıtlara iyice nüfuz etmesi sağlanmıştır. 35-40 ^oC sıcaklıkta karıştırılan yakıtlarda göz ile görülebilecek düzeyde faz ayrışımı olmamıştır. Tüm yakıtlar Şekil 3.11.'de gösterildiği gibi cam fermantasyon kavanozlarında muhafaza edilmiştir. Testlere başlamadan karışımlar tekrar karıştırılarak deneyler esnasında oluşabilecek bir ayrışım önlenmeye çalışılmıştır. Test yakıtları ve karışım oranları Çizelge 3.3.'de sunulmuştur.



Şekil 3.11. Test yakıtları

Test yakıtlarını hazırlamada kullanılan EUD, biyodizel ve biyoetanole ait analizler Gebze'de bulunan TÜBİTAK Marmara Araştırma Merkezi Enerji Enstitüsü'nde yaptırılmış ve elde edilen analiz sonuçları Çizelge 3.4.'de sunulmuştur. Yalnızca biyoetanolun alt ısıl değeri Bozok Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Biyosistem Mühendisliği bölümü biyoyakıt laboratuvarında ölçülmüştür.

Çizelge 3.3. Test yakıtları karışım oranları

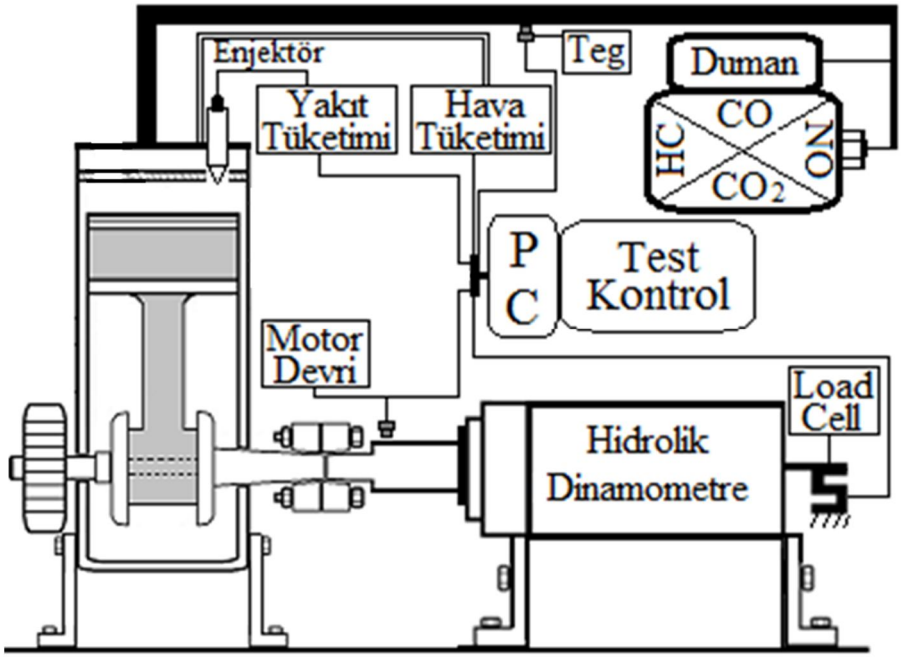
TEST YAKITI	EUD, % v/v	BİYODİZEL, % v/v	BİYOETANOL, %v/v
DİZEL	100	-	-
%50D+%50BD	50	50	
%45D+%50BD+%5BE	45	50	5
%40D+%50BD+%10BE	40	50	10

Çizelge 3.4. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

ÖZELLİK	BİRİM	EUD	BİYODİZEL	BİYOETANOL	ANALİZ METODU
Yoğunluk, 15°C'de	kg/m^3	834.5	885.6	794	EN ISO 12185
Kinematik Viskozite, 40 °C'ta	mm^2/s	2.794	4.353	1.1	EN ISO 3104
Yağ Asidi Metil Ester içeriği	% (m/m)	-	97.24	-	EN 14103
Alt Isıl Değer	Mj/kg	43.14	38.59	27.166	ASTM D 240
Setan Sayısı		55.2	55.7	-	EN ISO 5165
Su içeriği	mg/kg	70	400	170	EN ISO 12937
Asit sayısı	mgKOH/g	<0.1	0.15	-	ASTM D 664
İyot sayısı	g iyot/100g	-	117	-	EN 14111
Parlama noktası	°C	68.5	156.5	-	ISO 2719
Oksidasyon Kararlılığı, 110 °C'de	saat	2	0.31	>1	EN ISO 12205
Karbon Kalıntısı	%, m/m	<0.1	0.2	0.007	EN ISO 10370
SFTN	°C	-14	-8	-	EN 116
Bakır Şerit Korozyon		1a	1a	1a	EN ISO 2160
Bulutlanma Noktası	°C	-12	-4	-	EN 23015
Oksijen İçeriği	%, m/m	-	10.32	34.91	EN 13132
Saflık	%	-	-	99.8	EN 13132

3.2.3. Test düzeneğinin hazırlanması

Test düzeneğini iki temel ölçüm sistemi oluşturmaktadır. Bu sistemler; motor torku, yakıt tüketimi, hava tüketimi, egzoz gazı sıcaklığı ölçümlerinin yapıldığı motor test sistemi, egzoz gaz analizlerinin yapıldığı emisyon ölçüm sistemidir. Hazırlanan test düzeneği Şekil 3.12.'de şematik olarak gösterilmiştir. Testlerde kullanılan ölçüm cihazlarından, egzoz emisyon cihazının kalibrasyonu Bosch firması tarafından yapılmıştır. Motor test sistemi ekipmanları olan tork ve yakıt tüketimi için kullanılan yük hücreleri ile hava tüketimi için kullanılan fark basınç transmitteri imalatçı firmaların önerdiği şekilde tarafımızca kalibre edilmiştir. Test motoru katalogda belirtilen değer olan 50 saat boyunca çalıştırılarak rodaj süresi geçirilmiş, bu süre sonunda motor yağı ve filtresi değiştirilmiştir.



Şekil 3.12. Test düzeneği şematik görünüşü

3.2.4. Testlerin yapılışı

Testler, Aksaray Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Otomotiv Teknolojisi Programı laboratuarında, TS 1231 standartlarına göre yapılmış olup, testler sonucunda elde edilen değerler kullanılarak gerekli hesaplamalar yapılmıştır. Testlere başlamadan önce, kullanılan cihazların kalibrasyonları yapılmış, motorun rodaj süresi geçirilmiş ve ön testler yapılarak motorun çalışma şartları belirlenmiştir. Ön testler

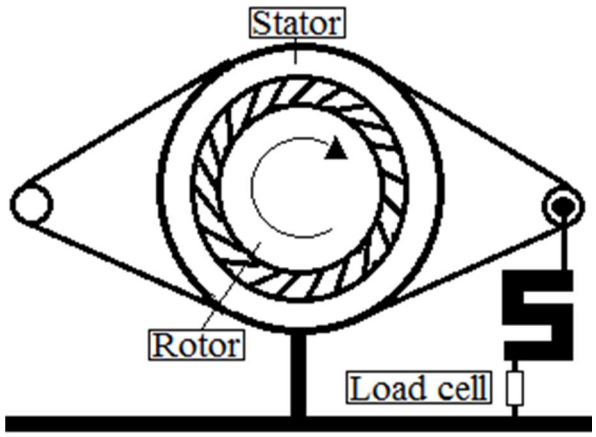
sonucunda, motorun kararlı hale gelme süresi tespit edilmiştir. Tüm test şartlarında tüm yakıtlar için testlerden önce motorun kararlı hala gelmesi sağlanmıştır. Ön testler sonucunda karşılaşılan tüm eksiklikler giderildikten sonra ana test sürecine geçilmiştir.

Tam gaz konumunda, 1000 d/d motor hızından başlayarak dinamometre yükü kontrolü ile 200 d/d aralıklarla motor hızları sabit tutularak 3000 d/d'ya kadar, motor performansı, egzoz emisyonları ve yanma karakteristikleri analizleri yapılmıştır. Testlere önce EUD yakıtı ile başlanmış, daha sonra biyodizel karışımlı yakıtlar olan %50 dizel+%50 biyodizel yakıtı test edilmiş, son olarak biyoetanol ilaveli yakıtlar olan %50 dizel+%45 biyodizel+%5 biyoetanol ve %50 dizel+%40 biyodizel+%10 biyoetanol yakıtları test edilmiştir.

3.3. Testlerde Ölçülen Parametreler

3.3.1. Efektif motor torku

Testlerde, motor torku ölçümleri için kullanılan dinamometre ve yük hücresi (loadcell)'nin şematik olarak görünüşü Şekil 3.13.'de gösterildiği gibidir. Dinamometre Şekil 3.12.'de gösterildiği gibi test motoruna bağlanmıştır. Motorun dönmesi ile birlikte, rotorda aynı yöne dönmeye başlar. Kanatçıklar arasına su dolmaya başladığı andan itibaren rotorun dönme kuvveti statora tesir ederek döndürmeye çalışır. Stator dönmek isterken yük hücresine baskı yapar ve bir kuvvet oluşturur. Bu kuvvet motorun döndürme kuvvetidir. Yük hücresi ile motor merkezi arasındaki mesafe Denklem 3.1.'de de gösterildiği gibi uygulanarak motorun o anki üretmiş olduğu tork ölçülmüştür.



Şekil 3.13. Hidrolik dinamometre ve yük hücresinin şematik görüntüsü

$$M_e = F.L, (Nm) \quad (3.1.)$$

Burada; Me (Nm) efektif motor torkunu, F (N)yük hücresinden okunan motorun döndürme kuvvetini, L (m) ise yük hücresi ile rotor merkezi arasındaki mesafeyi göstermektedir.

3.3.2. Yakıt tüketimi

Yakıt tüketimi, Şekil 3.6.'da gösterilmiş olan yakıt tankı altında bulunan yük hücresi ve motor test yazılımı sayesinde ölçülmüştür. Yakıt hücresi, yakıt miktarındaki değişim değerlerini veri toplama kartına gönderir, yazılım ise bu değerleri kullanarak yakıt miktarının zamana bağlı değişimlerini dijital olarak gösterir. Ölçülen yakıt tüketimi birimi g/s'dir.

3.3.3. Egzoz sıcaklıkları

Egzoz gaz sıcaklığı Şekil 3.8.'de görülen PT 100 sıcaklık ölçerleri kullanılarak tespit edilmiştir. Sıcaklık ölçerler, egzoz gaz sıcaklığı için, egzoz manifolduna mümkün olan en yakın mesafeye bağlanmıştır.

3.4. Testlerde Hesaplanan Parametreler

3.4.1. Efektif güç

Efektif güç, efektif motor torku değeri ve bu torkun elde edildiği açısal hız ile hesaplanmıştır. Efektif gücü (P_e) hesaplamak için kullanılan Denklem 3.5., Denklem 3.2., 3.3. ve 3.4. denklemleri ile elde edilmiştir.

$$P_e=\omega.M_e, (kW) \quad (3.2)$$

Açısal hız birimi d/d cinsinden yazılırsa,

$$\omega = \frac{2\pi n}{60} = \frac{\pi n}{30}, \ (rad/s) \tag{3.3}$$

Bulunan açısal hız Denklem 3.3.'de yerine yazılıp sonuç kW birimine dönüştürüldüğünde,

$$P_e = \frac{\pi n M_e}{30.10^3}, \ (kW) \tag{3.4}$$

denklemi elde edilir. Gerekli sadeleştirmeler yapılırsa,

$$P_e = \frac{M_e.n}{9549.3}, \ (kW) \tag{3.5}$$

3.4.2. Efektif özgül yakıt tüketimi

Efektif özgül yakıt tüketimi (b_e), birim güç elde etmek için bir saat boyunca harcanan yakıt miktarını belirler ve Denklem 3.6. kullanılarak hesaplanır.

$$b_e = \frac{\dot{m}_y.3600}{P_e}, \qquad g/kWh) \tag{3.6}$$

Burada; $\dot{m}_y$ (g/s), yakıt debisini göstermektedir.

3.4.3. Efektif termik verim

Motorun termik verimi (η_t), silindire alınan yakıt enerjisinin güce dönüşüm oranını simgeler. Termik verim Denklem 3.7. kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_t = \frac{P_e}{\dot{m}_y.H_u} \tag{3.7}$$

Denklem 3.6. Denklem 3.7.'e uygulanırsa,

$$\eta_t = \frac{3600}{b_e H_u} \tag{3.8}$$

Burada; H_u (kJ/kg), yakıtın alt ısıl değerini göstermektedir.

3.4.4. Volümetrik verim

Volümetrik verim (η_v), emme zamanında, silindire alınan havanın, aynı çalışma şartlarında silindire alınması gereken teorik hava miktarına oranıdır. Volümetrik verim Denklem 3.9. ile hesaplanmıştır.

$$\eta_v = \frac{2\dot{m}_h}{\rho_h V_h n} \tag{3.9}$$

Burada; $\dot{m}_h$ (m^3/dk) emilen havanın debisi, ρ_h (kg/m^3) emilen havanın yoğunluğunu göstermektedir.

3.4.5. Enerji verimi ve analizi

Enerji farklı biçimlerde ortaya çıkabilir veya kullanılabilir. Bunlardan en yaygın olanları ısıl, mekanik, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal, nükleer enerjidir. Bir sistem bir iş yaparken bunların bir kısmını ya da tamamını kullanabilir. Sistemin sahip olduğu bu enerjilerin tümüne toplam enerji (E) denir (Karakoç ve ark., 2010).

Bir sistem için enerji dengesi Denklem 3.10.' da gösterildiği gibi ifade edilir.

$$E_T = E_g - E_ç \tag{3.10}$$

Burada; E_T sistemin toplam enerjisini, E_g sisteme giren enerjiyi, $E_ç$ ise sistemden çıkan enerjiyi göstermektedir. İçten yanmalı motorlarda enerji analizi Denklem 3.11. uygulanarak açıklanabilir.

$$\dot{Q} + \dot{W} = \sum \dot{m}_ç h_ç - \sum \dot{m}_g h_g \tag{3.11}$$

Burada; Q üretilen ısı enerjisini, W net gücü, $\dot{m}$ kütle akış değerlerini ç sistemden çıkışı, g sisteme girişi ve *h* özgül entalpiyi göstermektedir. Sisteme giren yakıt enerjisi denklem 3.12.' de gösterilen eşitlik ile hesaplanabilir.

$$E_{yakıt}=\dot{m}_{yakıt}H_u \quad (3.12)$$

Burada; $E_{yakıt}$ sisteme giren yakıt enerjisini, $\dot{m}_{yakıt}$ kütlesel yakıt debisini, H_u yakıtın alt ısıl değerini göstermektedir. Egzozdan kaybedilen ısı enerjisi Denklem 3.13.' da gösterilen denklem ile hesaplanmıştır.

$$Q_{eg}=\dot{m}_{N_2}(h_{N_2}-h_0)+\dot{m}_{H_2O}(h_{H_2O}-h_0)+\dot{m}_{CO_2}(h_{CO_2}-h_0)+\dot{m}_{CO}(h_{CO}-h_0)+\dot{m}_{O_2}(h_{O_2}-h_0) \quad (3.13)$$

Burada; $\dot{m}$ gaz kütlelerini, h gazların özgül entalpilerini, h_0 ölçüm anındaki havanın entalpisini ve Q_{eg} egzozdan kaybedilen ısı miktarını göstermektedir. Egzoz emisyonu değerleri hacimsel oran (v/v) biriminden ölçülmüştür. Q_{eg} değerinin hesaplanabilmesi için emisyon değerlerinin g/kWh birimine dönüştürülmesi gerekir. Bu dönüşüm, Pilusa ve ark. (2012)' nin yapmış oldukları çalışmada tespit ettikleri dönüşüm katsayıları kullanılarak hesaplanmıştır.

3.5. Egzoz Emisyonu Ölçümü

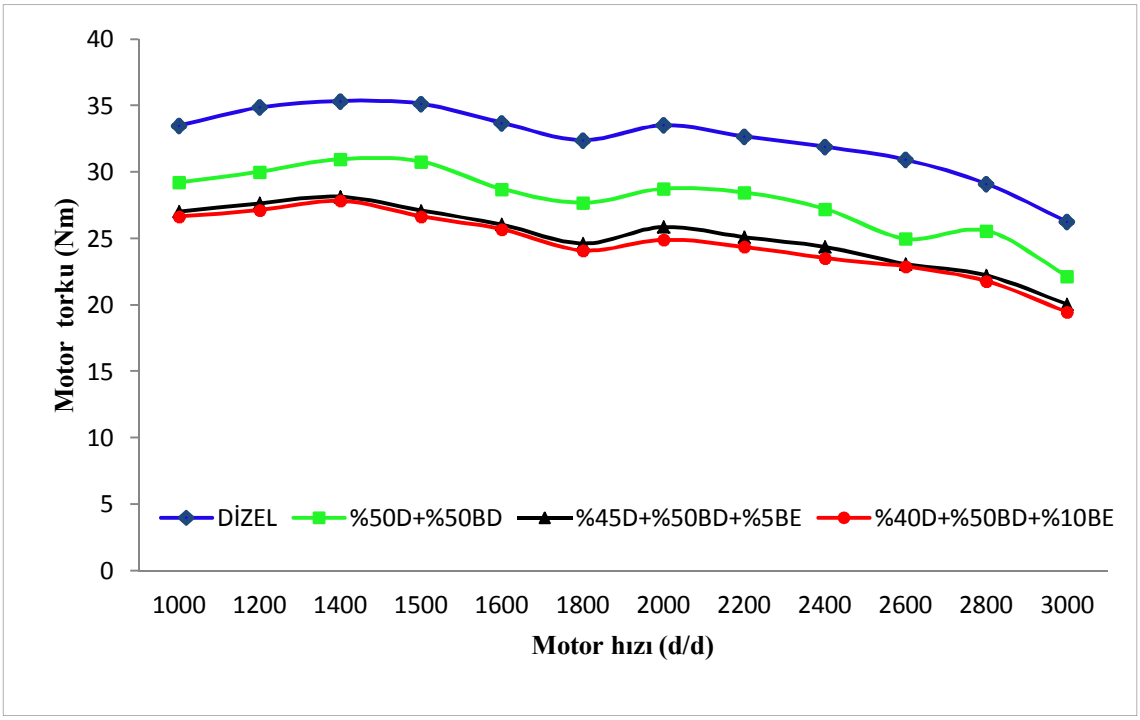
Farklı yakıtlar kullanılarak yapılan testler sonucunda elde edilen karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO_2), yanmamış hidrokarbon (HC), azot monoksit (NO), is emisyonu ve egzoz gaz sıcaklığı (T_{eg}) değerleri karşılaştırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Farklı Yakıt Karışımlarının Motor Performansı Deney Sonuçları

4.1.1. Motor torku

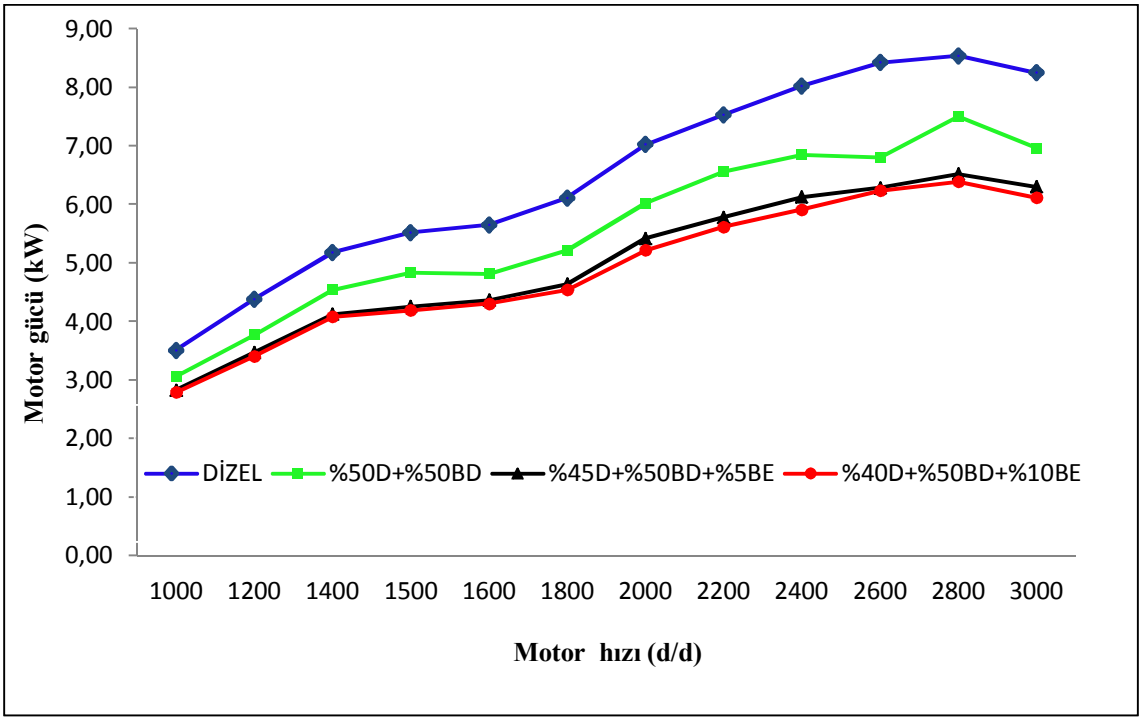
Ölçülen tork değeri, volandan alınan efektif tork değeridir. Şekil 4.1.'de farklı yakıt karışımlarının motor torkuna etkisi gösterilmiştir. Tam yük durumunda, farklı motor hızlarında yapılan deneylerde, motor momenti motor hızına bağlı olarak artmıştır ve maksimum motor momenti tüm yakıtlarda 1400 d/d motor hızında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile dizel-biyodizel, dizel-biyodizel-biyoetanol karışımlı yakıtlar karşılaştırıldığında en yüksek motor torkunun elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının motor tork değerlerinde azalma görülmektedir. Ölçümler sonucunda dizel yakıtı tork değeri 35.36 Nm, %50D+%50BD yakıt karışımının 30.99 Nm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 28.15 Nm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 27.84 Nm olduğu görülmektedir. Tork değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %20 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.



Şekil 4.1. Yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği

Bu azalmanın da muhtemel nedeni karışımı oluşturan yakıtların ısıl değerinin düşük olmasının yanında, etanolün viskozitesinin, yoğunluğunun ve setan sayısının düşük olması bulunmaktadır. Düşük viskozite kaçaklara ve düşük yoğunluk ise kütlesel olarak daha az yakıtın silindire püskürtülmesine sebep olmaktadır. Bu yüzden etanol-dizel uygulamalarında sadece karışımın kararlılığını sağlayan % 1 oranında izopropanol ilavesi yanında, bilhassa setan sayısını yükseltici katkı maddelerinin de kullanılması gerekli görülmektedir (Satgé De Caro and Moloungui, 2001). Normalde biyodizelin viskozitesinin fazla olması ve bunlara bağlı olarak motora daha fazla yakıt gönderilmesi, biyodizel içerisindeki oksijenin tam yanmanın gerçekleşmesine yardım etmesi ile görülen dizel yakıtı performansına en yakın sonucu vermesinin nedeni olarak açıklanabilir.

4.1.2. Motor gücü

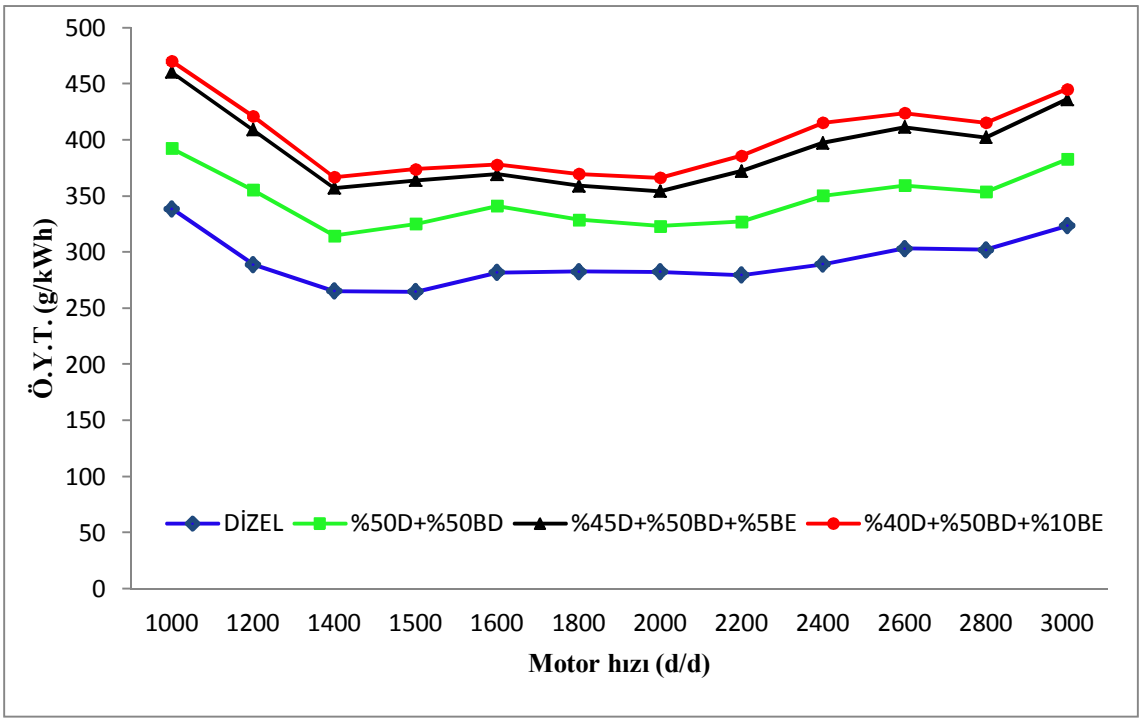


Şekil 4.2. Yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği

Şekil 4.2.'de yakıt karışımları kullanımında deney motorunun hızına bağlı olarak efektif güç değişimleri görülmektedir. Şekil 4.2. incelendiğinde motor efektif gücü genellikle 2800 d/d'ya kadar artış göstermiş ve bu hızdan sonraki hızda da azalmaya başlamıştır. Maksimum efektif güç dizel yakıtı için 2800 d/d'da, 8.54 kW olarak ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda %50D+%50BD yakıt karışımının 7.50kW,

%45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 6.52 kW ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 6.39 kW olduğu görülmektedir. Motor güç değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %23 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %25'lik azalma olduğu görülmektedir. Bu azalmanında muhtemel nedenleri yine motor torkunun azalma nedenleri ile aynı olduğundan burada değinilmemiştir.

4.1.3. Özgül yakıt tüketimi



Şekil 4.3. Yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği

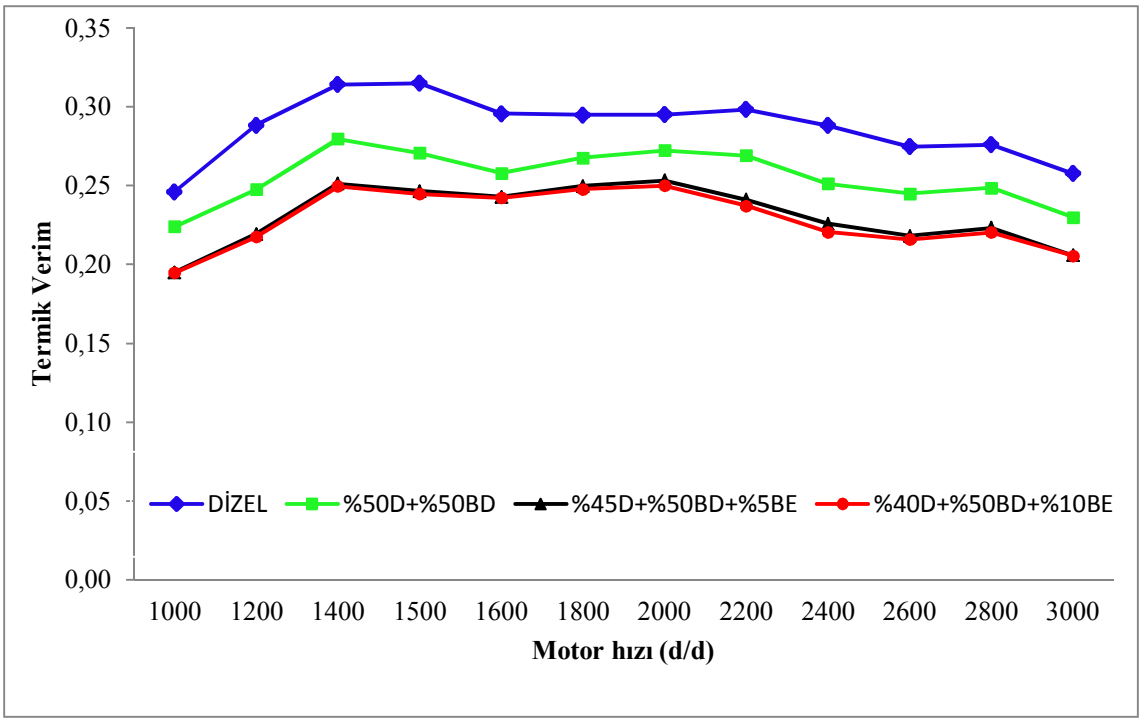
Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak ifade edilmektedir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en düşük özgül yakıt tüketimi değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiştir ve bu değer maksimum torkun elde edildiği motor hızıdır.

Dizel yakıtı ile diğer karışım yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek torkun elde edildiği 1400 d/d motor hızında karışım yakıtlarının özgül yakıt tüketimi değerlerinde artış görülmektedir. Ölçümler sonucunda dizel yakıtının 265.5 g/kWh %50D+%50BD yakıt karışımının 314.7 g/kWh, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 357.2 g/kWh ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 366.9 g/kWh olduğu görülmektedir. Bu motor hızındaki motor özgül yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının

özgül yakıt tüketimi değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %18, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %34 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %38'lik artış olduğu görülmektedir. Maksimum motor gücünün elde edildiği 2800 d/d motor hızında dizel yakıtının 302 g/kWh %50D+%50BD yakıt karışımının 353.9 g/kWh, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 402.3 g/kWh ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 415.5 g/kWh olduğu görülmektedir. Bu motor hızındaki motor özgül yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının özgül yakıt tüketimi değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %17, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %33 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %37'lik artış olduğu görülmektedir.

Bu artmanın da muhtemel nedenleri biyoetanolun, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerini, setan sayılarını, viskozite ve yoğunluk değerlerini düşürmesi ve buharlaşma ısılarını artırması görülebilir. Bunun yanında biyoetanolun oksijen içermesi de silindir içerisine alınan hava/yakıt oranını artırarak karışımı fakirleştirmekte ve yanma performansını düşürmektedir. Bu durum özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olmaktadır. (Erkal, 2010, İçingür ve Altıparmak, 2003, Zhu ve ark., 2011, Lü ve ark.,2004, Can ve ark., 2004, Lei ve ark., 2010, Yılmaz, 2011, Ciniviz ve ark., 2011, Özdemir, 2011).

4.1.4. Termik verim



Şekil 4.4. Yakıt karışımlarına ait termik verim grafiği

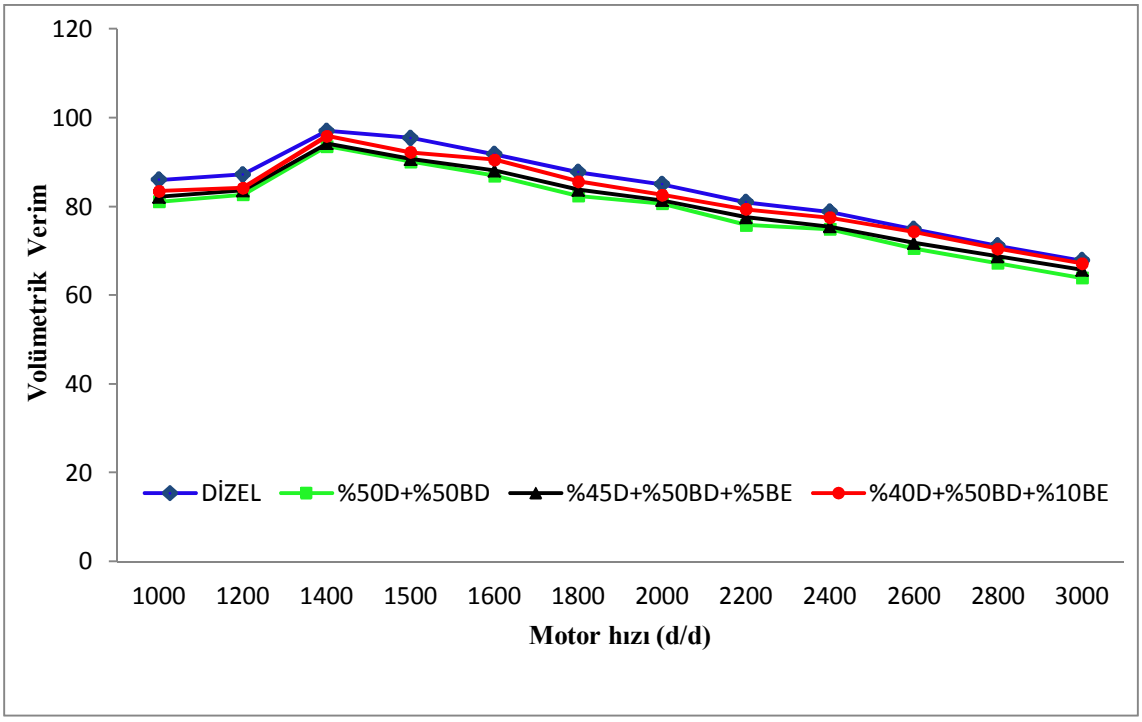
Termik verim değerleri grafiği incelendiğinde en yüksek değerin, maksimum motor torkunun elde edildiği devir olan 1400 d/d motor hızında gerçekleştiği görülmektedir. Dizel yakıtının bu motor hızındaki termik verim değeri %31.42 iken, %50D+%50BD yakıt karışımının %27.99, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %25.15 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının %24.98 olduğu görülmektedir. Termik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımında%10, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımında %19 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızında gerçekleşen termik verim değerleri ise sırası ile dizel yakıtının bu motor hızındaki termik verim değeri %27.62 iken, %50D+%50BD yakıt karışımının %24.88, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %22.33 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının %22.06 olduğu görülmektedir. Termik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımında%9, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımında %19 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

Bu azalmanın da muhtemel nedenleri biyoetanolun, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerini, setan sayılarını, viskozite ve yoğunluk değerlerini düşürmesi ve buharlaşma

ısılarını artırması görülebilir. Bunun yanında biyoetanolun oksijen içermesi de silindir içerisine alınan hava/yakıt oranını artırarak karışımı fakirleştirmekte ve yanma performansını düşürmektedir. Bu durum termik verimin de düşmesine neden olmaktadır. (Erkal, 2010, İçingür ve Altıparmak, 2003, Zhu ve ark., 2011, Lü ve ark.,2004, Can ve ark., 2004, Lei ve ark., 2010, Yılmaz, 2011, Ciniviz ve ark., 2011, Özdemir, 2011).

4.1.5. Volümetrik verim



Şekil 4.5. Yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği

Volümetrik verim, silindirlere alınan havanın gerçek hacminin silindir hacmine oranıdır. Volümetrik verim, deneylerde ölçülen hava tüketiminin deney motorunun silindir hacmine oranı ile hesaplanmıştır.

Grafikte farklı yakıt karışımlarının volümetrik verime etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek volümetrik verim değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiştir ve bu motor hızı maksimum torkun elde edildiği motor hızıdır. Dizel yakıtı ile karışım yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek volümetrik verimin elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının volümetrik verim değerlerinde küçük oranda azalma görülmektedir. Deneyler sonucunda en yüksek volümetrik verim değerleri dizel yakıtı için %97.07 iken, %50D+%50BD yakıt karışımı için %93.63,

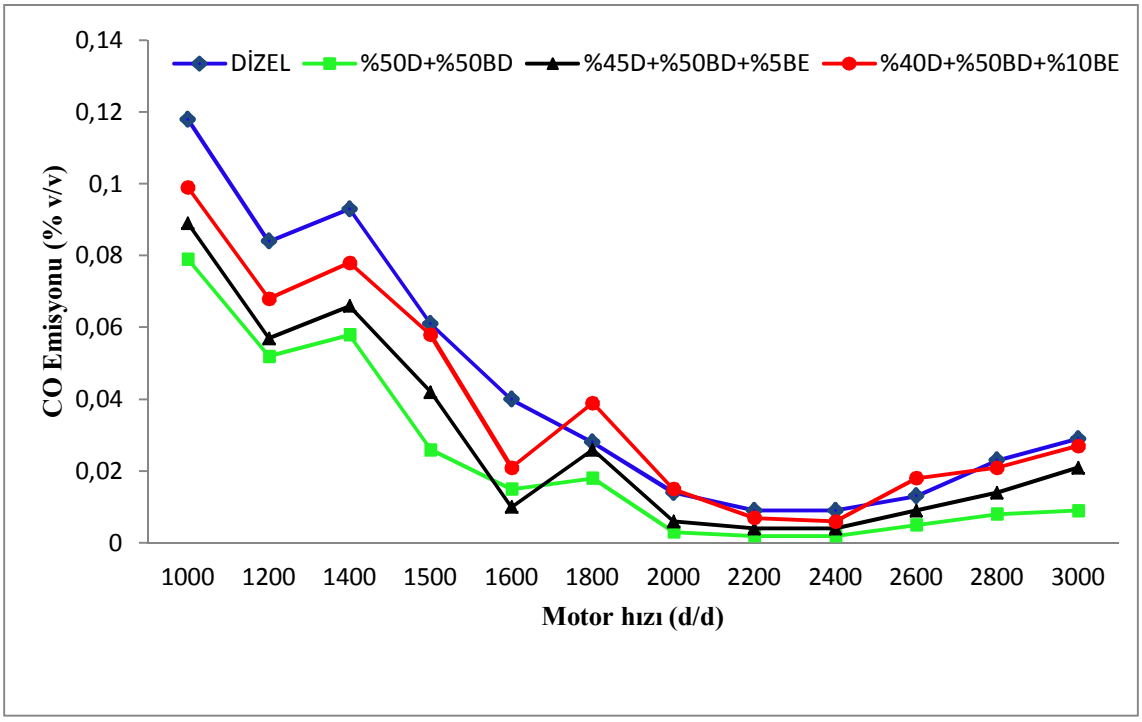
%45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %94.25 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %95.95 olduğu görülmektedir. Volümetrik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %3, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %2 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %1'lik azalma olduğu görülmektedir.

Maksimum gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızındaki volümetrik verim değerleri sırası ile dizel yakıtı için %71.17 iken, %50D+%50BD yakıt karışımı için %67.30, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %68.80 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %70.53 olduğu görülmektedir. Volümetrik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %5, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %3'lük azalma ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında değerler birbirine çok yakın olduğu görülmektedir.

Biyoetanol karışımlı yakıtlardan elde edilen volumetrik verim değerlerinin dizel yakıtından daha az olmasının nedeni olarak; biyodizel ve biyoetanolun buharlaşma ısısı dizel yakıtınkinden daha yüksektir. Bu nedenle karışım yakıtlarının da buharlaşma ısıları yüksek olacaktır. Karışım yakıtlarının buharlaşma ısısının yüksek olması dolayı silindir içerisindeki dolgu sıcaklığı düşürdüğünden volumetrik verimi beklenenden daha iyi yönde artırmaktadır (Topgül,2006). Bununla beraber bu yöntemdeki bir diğer sakınca da düşük sıcaklıklarda karışımın ayrışma eğilimi göstermesi ve alkollerin setan sayılarının düşük olması nedeniyle emülsiyonunda setan sayısının düşük olmasına neden olur. Setan sayısının düşük olması da yanma hücresinde doğru noktada tutuşmayı engeller. Dolayısıyla kontrolsüz biçimde yanan karışım, gürültüye ve motor içinde hasara neden olur.

4.2. Farklı Yakıt Karışımlarının Egzoz Emisyon Deney Sonuçları

4.2.1. CO emisyonu



Şekil 4.6. Yakıt karışımlarına ait CO emisyon grafiği (% v/v)

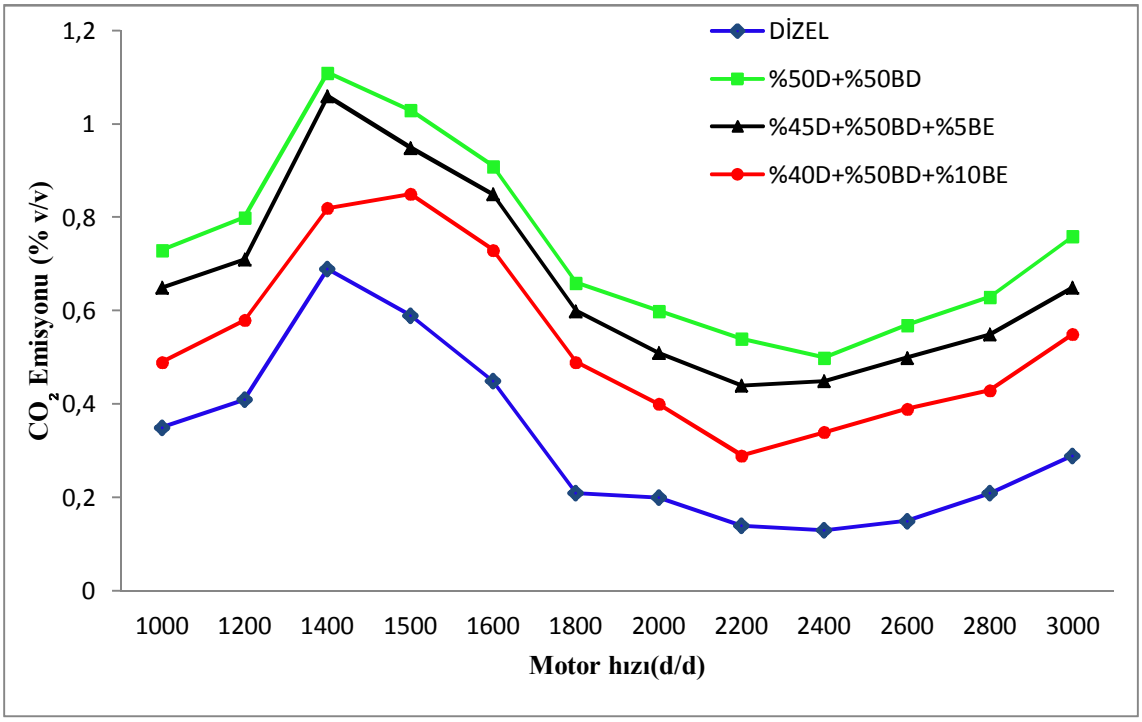
Grafik incelendiğinde en yüksek torkun elde edildiği motor hızı olan 1400 d/d'da dizel yakıtı CO emisyon değeri % 0.093, %50D+%50BD yakıt karışımı için %0.058, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %0.066 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %0.078 olduğu görülmektedir. CO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %37, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %29 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %16'lik azalma olduğu görülmektedir.

Anlık olarak değerlendirildiğinde 1400 d/d motor hızında en düşük emisyon değerini %50D+%50BD yakıt karışımında, 1600 d/d motor hızında ise %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımında görülmektedir. 1800, 2000 ve 2600 d/d motor hızında ise %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının değeri dizel yakıt değerlerinde yüksek çıkmaktadır. Maksimum gücün elde edildiği motor hızı olan 2800 d/d'da ise dizel yakıtı CO emisyon değeri % 0.023, %50D+%50BD yakıt karışımı için %0.008, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %0.014 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %0.021 olduğu görülmektedir. CO emisyon değerleri karşılaştırılınca

dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %65, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %39 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %8'lik azalma olduğu görülmektedir.

Genel itibari ile bu azalmanın muhtemel nedeni; düşük devirlerde yakıt karışımlarının bir miktar fazla viskozitesinden ve türbülansın azlığından dolayı yakıtın atomizasyonu ve buharlaşması zor olmakta, bu da zengin yanma ve yanmanın kötüleşmesiyle birlikte yüksek CO emisyonuna sebep olmaktadır. Devir arttıkça biyodizelin CO emisyonları dizel yakıtının emisyon değerlerinin altına düşmektedir. CO emisyonlarındaki iyileşmenin temel sebebi; alternatif yakıtların dizel yakıtına göre daha az karbon ihtiva etmesi ve yapısında oksijen bulundurmasıdır. Yakıt yapısındaki oksijen tam yük durumunda yakıtın zengin olduğu bölgelerde, oksijen/yakıt oranını artırarak yanmanın iyileşmesini sağlamaktadır. Böylece CO emisyonunu azaltıcı bir etkisi bulunmaktadır (Eugene et al., 1984; Ajav et al., 1999; Choi and Reitz, 1999).

4.2.2. CO_2 emisyonu



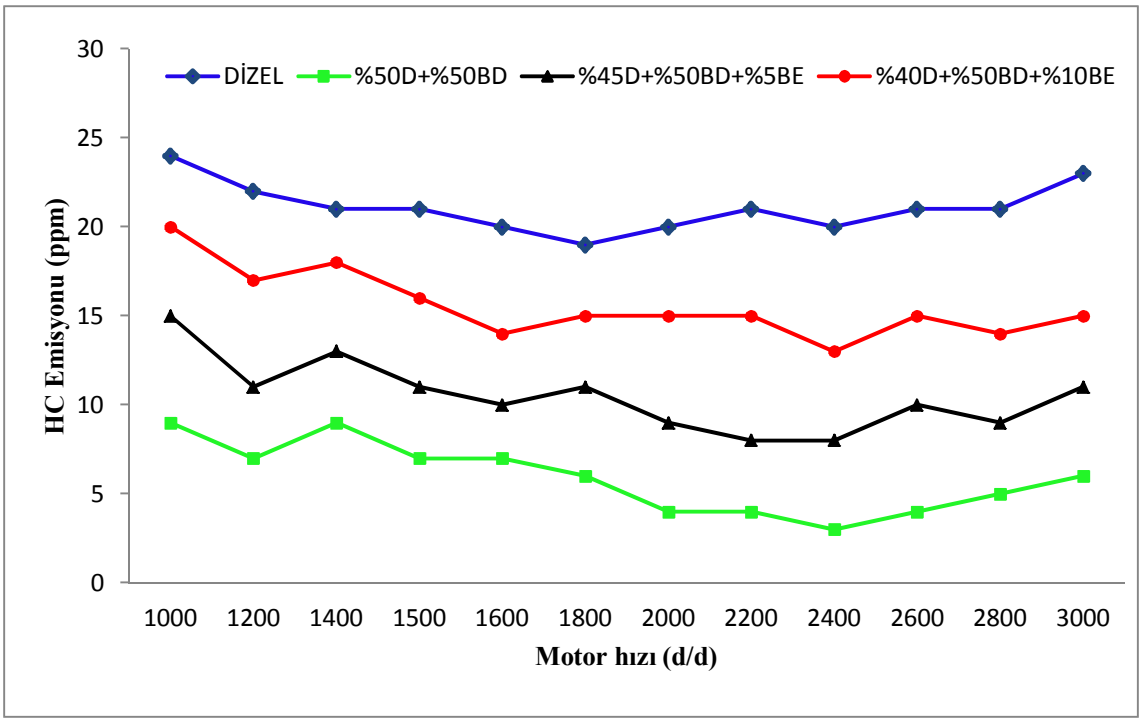
Şekil 4.7. Yakıt karışımlarına ait CO_2emisyon grafiği (% v/v)

CO_2 emisyonu hidrokarbon içeren yakıtların yanmasıyla doğal olarak açığa çıkan bir gazdır. CO_2 emisyonu miktarı genel olarak yakıt içerisindeki C atomu miktarına ve yakıtın yanma verimine bağlıdır.

Grafikte farklı yakıt karışımlarının CO_2 emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının CO_2 emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden yüksek çıkmıştır. En yüksek tork değerinin elde edildiği 1400 d/d motor hızında dizel yakıtı CO_2 emisyon değeri %0.69 iken %50D+%50BD yakıt karışımı için %1.1, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %1.06 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %0.82 değerine sahip olduğu görülmektedir. CO_2 emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %60, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %53 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %18'lik artma olduğu görülmektedir. Maksimum gücün elde edildiği motor hızı olan 2800 d/d'da ise dizel yakıtı CO_2 emisyon değeri %0.21 iken %50D+%50BD yakıt karışımı için %0.63, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %0.55 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %0.43 değerine sahip olduğu görülmektedir. CO_2 emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %199, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %161 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %104'lük artma olduğu görülmektedir.

Bu artmanın muhtemel nedeni ise; silindir içerisindeki karışımın fakir olması yakıtın yanma verimini azaltacağından yanma sonucu ortaya çıkan C atomları yeteri kadar O atomu bulacağı için yanma veriminin yüksek olması CO_2 gazı emisyonunun yüksek çıkmasına neden olmuştur. Bilindiği gibi CO_2'de en az zararlı emisyonlar grubundadır.

4.2.3. HC emisyonu



Şekil 4.8. Yakıt karışımlarına ait HC emisyon grafiği (ppm)

Egzoz gazları içerisinde hidrokarbon bulunması yakıtın tam olarak yakılmadığını gösterir. Hidrokarbon oluşumunun ana nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK 1'den küçük ise zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum;

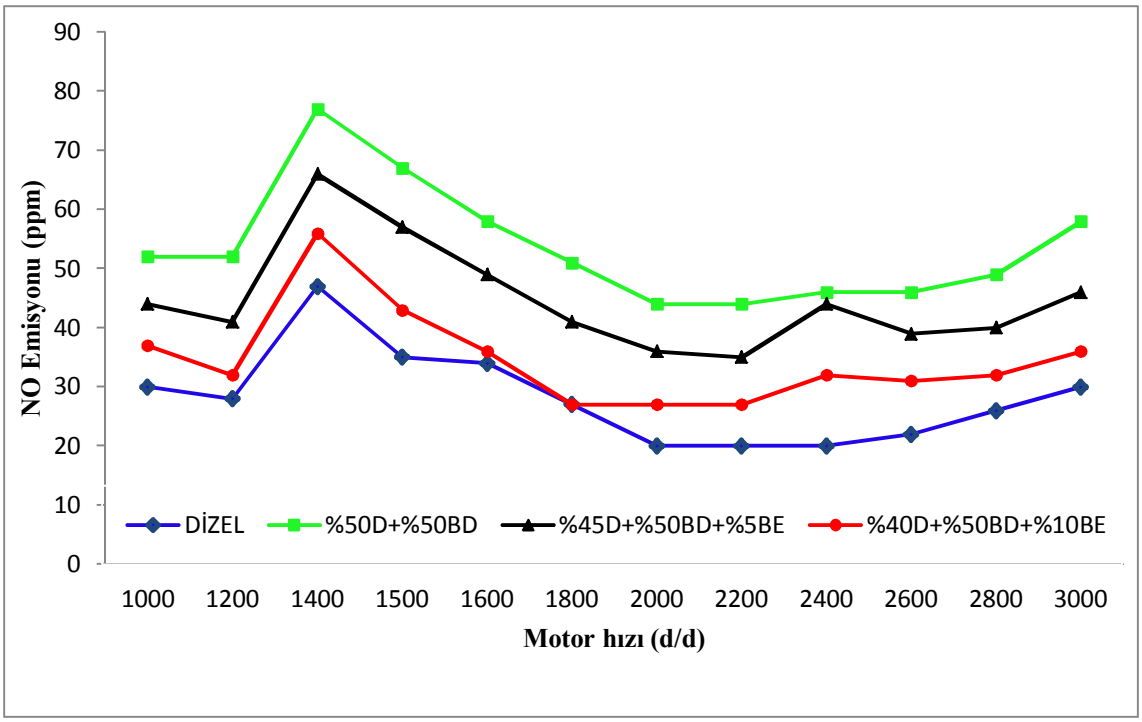
- ✓ Silindir içinde bazı bölgelerde yakıt-hava karışım oranının çok zengin ve fakir olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaşlaması ve yanmanın tamamlanamaması,
- ✓ Silindir içerisindeki soğuk cidarlarda (silindir, silindir kafası ve piston üst yüzeyi) meydana gelen ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi,
- ✓ Piston-silindir arası gibi dar bölgelerde alevin ilerleyemeyerek sönmesi nedeniyle oluşmaktadır (Ergeneman ve ark., 1998).

Şekil 4.8.'de farklı yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının HC emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır.

En yüksek tork değerinin elde edildiği 1400 d/d motor hızında dizel yakıtının HC emisyon değeri 21 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 9 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 13 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 18 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. HC emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %57, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %38 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %14'lük azalma olduğu görülmektedir. Maksimum gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızında ölçülen değerler ise sırası ile dizel yakıtının HC emisyon değeri 21 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 5 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 9 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 14 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. HC emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %76 ,%45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %57 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %33'lük azalma olduğu görülmektedir.

Bu azalmanın muhtemel sebebi; biyodizel ve biyoatanolün sahip olduğu düşük uçuculuk ve yüksek viskozite bünyesinde barındırdıkları C atomu azlığı ve yüksek miktardaki O atomu yol açmıştır. Biyoetanolun setan sayısının diesel yakıtına göre düşük olmasının yanmayı zorlaştıran bir başka nedendir. Bu yüzden karışım içindeki biyoetanol miktarının artmasına bağlı olarak HC değerleri de artması beklenirken Euro dizel içerisindeki katkı maddeleri bu olumsuz yönleri iyileştirici etkisi ile HC emisyonunun düşmesine neden olmuştur.

4.2.4. NO emisyonu



Şekil 4.9. Yakıt karışımlarına ait NO emisyon grafiği (ppm)

Normal şartlar altında havanın içinde azot (N_2) yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. Azot içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO' nun bir kısmı NO_2 ve öteki NO_x' lere dönüşmektedir. Sonuç olarak, azot oksit oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksidin hızla arttığı anlaşılmaktadır (Ergeneman ve ark., 1998).

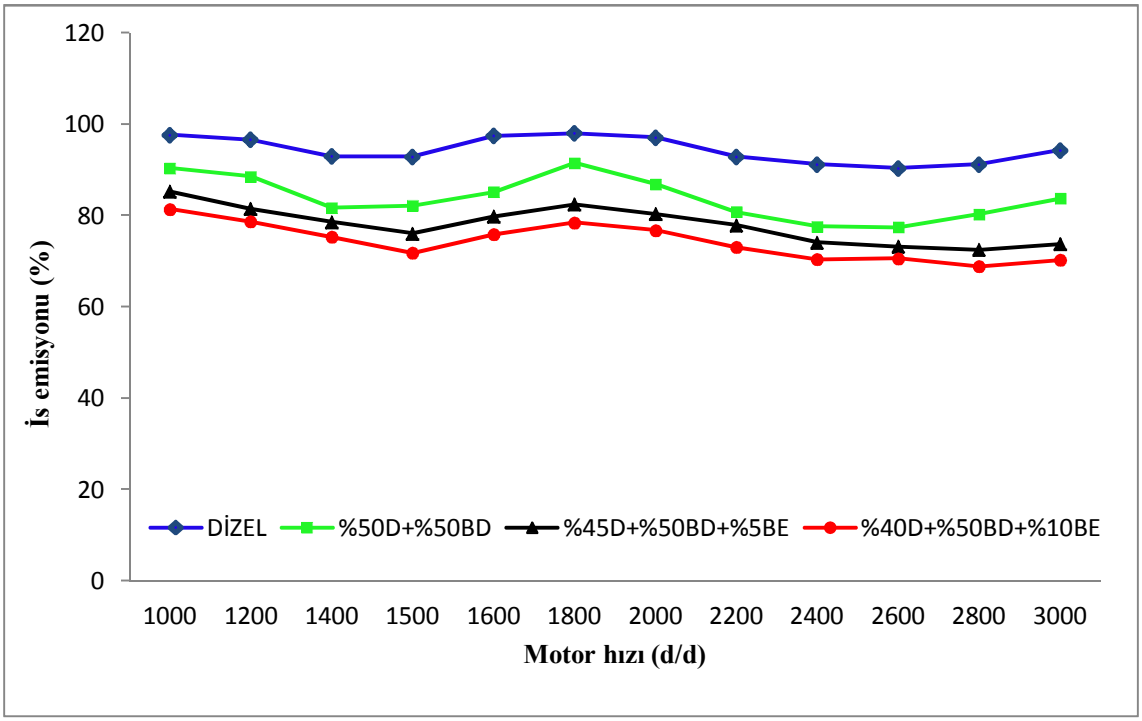
Şekil 4.9.'de farklı yakıt karışımlarının NO emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının NO emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden yüksek çıkmıştır.

En yüksek motor torkunun elde edildiği 1400 d/d motor hızında ölçülen dizel yakıtının NO emisyon değeri 47 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 77 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 66 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 56 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. NO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %63, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %40 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt

karışımında da %19'luk artma olduğu, maksimum gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızında ölçülen değerler ise sırası ile dizel yakıtının NO emisyon değeri 26 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 49 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 40 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 32 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. NO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %88, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %53 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %23'lük artma olduğu görülmektedir.

Bu artmanın muhtemel nedeni gerek biyodizel gerekse de biyoetanolün setan sayıları dizele göre düşük olmasıdır. Setan sayısı düştükçe tutuşma gecikmesi artacaktır. Tutuşma gecikmesinin artması egzoz gazı sıcaklığının da artmasına neden olur. Artan egzoz gazı sıcaklığı ise NO emisyon değerlerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca yanma periyodu uzayacağı için N ve O atomlarının tepkimeye girme süreleri de artacaktır. Bunun yanında yoğunluğun azalması da belirleyici unsurdur.

4.2.5. İs emisyonu



Şekil 4.10. Yakıt karışımlarına ait is emisyon grafiği (%)

Dizel motorunda silindir içinde sıvı halde bulunan yakıt damlasının içindeki hidrojen molekülleri, hızlı bir şekilde reaksiyona girmekte (oksijenle birleşmekte) ve geriye kalan karbon atomları yeterli oksijen bulamadığından yanmayarak is partikülleri

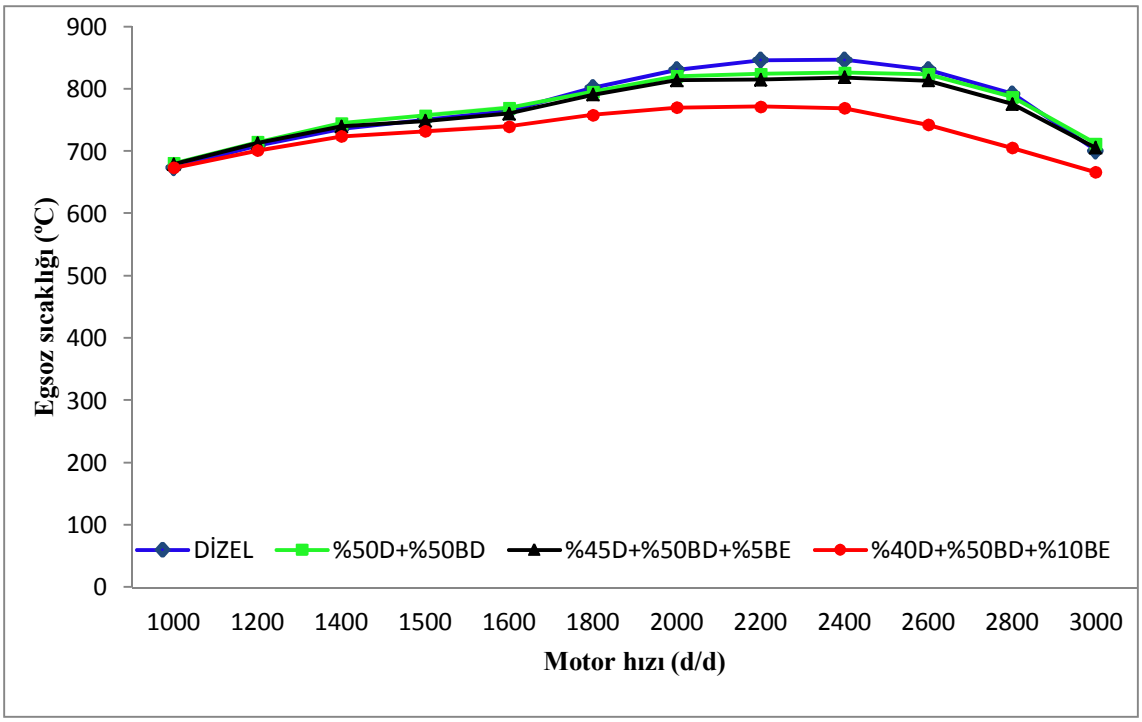
halinde dışarı atılmaktadır. İs oluşumunun başlıca nedeni dizel yakıtının silindir içinde yeterli hava bulunmaması veya zamanında hızla hava ile karışamaması ve buharlaşamamasıdır. (Ergenemen ve ark., 1998).

Şekil 4.10.'da farklı yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının is emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır.

En yüksek motor torkunun elde edildiği 1400 d/d motor hızında ölçülen dizel yakıtının is emisyon değeri %93, %50D+%50BD yakıt karışımı için %81.7, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %78.6 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %75.3'lük değere sahip olduğu görülmektedir. İs emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %15 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %19'luk azalma olduğu görülmektedir. Maksimum gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızında dizel yakıtının is emisyon değeri %91.2, %50D+%50BD yakıt karışımı için %80.3, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %72.5 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %68.9'luk değere sahip olduğu görülmektedir. İs emisyon değerleri bu devir için karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %11, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %20 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %24'lük azalma olduğu görülmektedir.

Bu azalmanın muhtemel nedeni kullanılan karışım yakıtlarının içerdiği oksijendir. İçerdikleri oksijenle birlikte silindir cidarlarındaki oksidasyon seviyesi yükseleceği için is emisyonunda azalma meydana getirmektedir. Bir de is emisyonun başka belirleyici unsuru olan aromatik birleşiklerin karışım yakıtlarında hemen hemen hiç bulunmaması is emisyonunun düşük çıkmasına katkı sağlamış, ayrıca karışım yakıtlarının dizel yakıtına göre daha az C atomu içermesi, karışım yakıtlarının viskozitesi dizel yakıtınkinden daha düşük olması, buharlaşma ısısının ve uçuculuğunun daha yüksek olması yakıt ve havanın daha iyi karışmasını sağlayacağından dolayı yanma verimi artacak yanmamış yakıt oranı yani is emisyonları azalacaktır.

4.2.6. Egzoz gazı sıcaklığı



Şekil 4.11. Yakıt karışımlarına ait egzoz gaz sıcaklığı grafiği

Yanma sonu silindir içerisinde bulunan egzoz gazlarının sıcaklığı egzoz emisyonlarını etkileyen önemli parametrelerden biridir. Egzoz gazı sıcaklığı yakıt özelliklerine (setan sayısı, yoğunluk, viskozite, ısıl değer vb.) ve motor işletme parametrelerine (sıkıştırma oranı, enjektör basıncı, püskürtme avansı vb.) göre değişir.

Şekil 4.11. de farklı yakıt karışımlarının egzoz gazı sıcaklığına etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde %40D+%50BD+%10BE karışım yakıtlarının egzoz gazı sıcaklığı değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır. En yüksek tork değerinin elde edildiği 1400 d/d motor hızında ölçülen değerler sırası ile dizel yakıtının egzoz gazı sıcaklık değeri 736.3 ºC, %50D+%50BD yakıt karışımı için 744.9 ºC, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 739.8 ºC ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 723.9 ºC'lik değere sahip olduğu görülmektedir. Egzoz gazı sıcaklık değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %1'lik artış, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının hemen hemen aynı ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %1'lik azalma olduğu görülmektedir.

Maksimum gücün elde edildiği 2800 d/d motor hızında dizel yakıtının egzoz gazı sıcaklık değeri 792.5 ºC, %50D+%50BD yakıt karışımı için 787.3 ºC, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 775.8 ºC ve %40D+%50BD+%10BE yakıt

karışımı ise 705.5 ºC'lik değere sahip olduğu görülmektedir. İs emisyon değerleri bu motor hızı için karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının hemen hemen aynı, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %2 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %10'luk azalma olduğu görülmektedir.

Veriler ışığında %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı hariç egzoz gazı sıcaklıklarının hemen hemen aynı olduğu fakat bu karışımın biyoetanol oranının yüksek olması egzoz gazı sıcaklığının azalmasında etken olduğu söylenebilir. Egzoz gazı sıcaklığı yanma sonucunun bir neticesi olduğu için yakıt karışımlarının alt ısıl değerlerinin düşük olması egzoz gazı sıcaklığının düşük çıkmasında ana faktör olarak görülmektedir.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu çalışma da dünya da giderek artan hava kirliliğine önemli miktarda etkisi olan içten yanmalı motorların egzoz emisyonlarını, yakıt tüketimini ve petrol kökenli yakıtların tükenmeye başlamasından dolayı dizel-biyodizel ve dizel-biyodizel-biyoetanol karışımlarının tek silindirli sıkıştırma ateşlemeli motorda standart püskürtme basıncında yakıt karışımlarının çalışma olanakları hem motor performansı hem de egzoz emisyonları bakımından araştırılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

En yüksek motor torku 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı tork değeri 35.36 Nm, %50D+%50BD yakıt karışımının 30.99 Nm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 28.15 Nm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 27.84 Nm olduğu görülmektedir. Tork değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre 50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %20 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

En düşük motor torku değeri ise 3000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı tork değeri 26.26 Nm, %50D+%50BD yakıt karışımının 22.17 Nm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 20.06 Nm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 19.47 Nm olduğu görülmektedir. Tork değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %15, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %23 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %23'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek motor gücü 2800 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı güç değeri 8.54 kW olarak ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda %50D+%50BD yakıt karışımının 7.50 kW, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 6.52 kW ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 6.39 kW olduğu görülmektedir. Motor güç değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %23 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %25'lik azalma olduğu görülmektedir.

En düşük motor gücü değeri ise 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı güç değeri 3.51 kW olarak ölçülmüştür. Ölçümler sonucunda %50D+%50BD yakıt karışımının 3.06 kW, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 2.83 kW ve

%40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 2.79 kW olduğu görülmektedir. Motor güç değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının tork değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %12, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %19 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek özgül yakıt tüketim değeri 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının 338.81 g/kWh %50D+%50BD yakıt karışımının 392.76 g/kWh, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 460.44 g/kWh ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 470.11 g/kWh olduğu görülmektedir. Bu devirdeki motor özgül yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının özgül yakıt tüketimi değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %15, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %35 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %38'lik artış olduğu görülmektedir.

En düşük özgül yakıt tüketim değeri ise 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının 265.54 g/kWh %50D+%50BD yakıt karışımının 314.72 g/kWh, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının 357.24 g/kWh ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının 366.94 g/kWh olduğu görülmektedir. Bu devirdeki motor özgül yakıt tüketimi değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının özgül yakıt tüketimi değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %18, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %34 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının da %38'lik artış olduğu görülmektedir.

En yüksek termik verim değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının termik verim değeri %31.42 iken, %50D+%50BD yakıt karışımının %27.99, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %25.15 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının %24.98 olduğu görülmektedir. Termik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımında %10, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımında %19 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

En düşük termik verim değeri ise 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının termik verim değeri %24.62 iken, %50D+%50BD yakıt karışımının %22.42, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %19.51 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının %19.50 olduğu görülmektedir. Termik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımında %8, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımında %20 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %20'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek volümetrik verim değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı için %97.07 iken, %50D+%50BD yakıt karışımı için %93.63,

%45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %94.25 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %95.95 olduğu görülmektedir. Volümetrik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %3, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %2 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %1'lik azalma olduğu görülmektedir.

En düşük volümetrik verim değeri ise 3000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı için %67.85 iken, %50D+%50BD yakıt karışımı için %63.99, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde %65.74 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise %67.18 olduğu görülmektedir. Volümetrik verim değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %5, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %3'lük azalma olduğu %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da aşağı yukarı eşit olduğu görülmektedir.

En yüksek CO emisyon değeri 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı değeri 0.118, %50D+%50BD yakıt karışımı için 0.079, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde 0.089 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise 0.099 olduğu görülmektedir. CO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %33, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %24 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %16'lik azalma olduğu görülmektedir.

En düşük CO emisyon değeri ise 2400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı değeri 0.009, %50D+%50BD yakıt karışımı için 0.002, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı içinde 0.004 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımının ise 0.006 olduğu görülmektedir. CO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %77, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %55 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %33'lük azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek CO_2 emisyon değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı değeri 0.69 iken %50D+%50BD yakıt karışımı için 1.1, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 1.06 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 0.82 değerine sahip olduğu görülmektedir. CO_2 emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %60, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %53 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %18'lik artma olduğu görülmektedir.

En düşük CO_2 emisyon değeri ise 2400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtı değeri 0.13 iken %50D+%50BD yakıt karışımı için 0.5, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 0.45 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 0.34 değerine sahip olduğu görülmektedir. CO_2 emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %284, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %246 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %161'lik artma olduğu görülmektedir.

En yüksek HC emisyon değeri 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri 24 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 9 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 15 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 20 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. HC emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %62, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %37 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %16'lık azalma olduğu görülmektedir.

En düşük HC emisyon değeri ise dizel yakıtında 1800 d/d motor hızında iken diğer karışım yakıtlarında 2400 d/d motor hızında olduğu görülmektedir. Dizel yakıtının da bu devirdeki değeri 20 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 3 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 8 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 13 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. HC emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %85, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %60 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %35'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek NO emisyon değeri 1400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri 47 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 77 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 66 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 56 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. NO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %63, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %40 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %19'luk artma olduğu görülmektedir.

En düşük NO emisyon değeri ise 2200 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri 20 ppm, %50D+%50BD yakıt karışımı için 44 ppm, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 35 ppm ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 27 ppm'lik değere sahip olduğu görülmektedir. NO emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %120,

%45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %75 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %35'lik artma olduğu görülmektedir.

En yüksek is emisyon değeri 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri %97.7, %50D+%50BD yakıt karışımı için %90.4, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %85.3 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %81.4'lük değere sahip olduğu görülmektedir. İs emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %7, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %12 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %16'lık azalma olduğu görülmektedir.

En düşük is emisyon değeri ise 2600 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri %90.4, %50D+%50BD yakıt karışımı için %77.4, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için %73.2 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise %70.6'lık değere sahip olduğu görülmektedir. İs emisyon değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %14, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %19 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %21'lik azalma olduğu görülmektedir.

En yüksek egzoz gazı sıcaklığı değeri 2400 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri 847.2 ºC, %50D+%50BD yakıt karışımı için 826.6 ºC, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 818.4 ºC ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 769.3 ºC'lik değere sahip olduğu görülmektedir. Egzoz gazı sıcaklık değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %2'lik azalma, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımının %3 ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında da %9'luk azalma olduğu görülmektedir.

En düşük egzoz gazı sıcaklığı değeri ise 1000 d/d motor hızında elde edilmiş olup dizel yakıtının değeri 674 ºC, %50D+%50BD yakıt karışımı için 681 ºC, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı için 679.1 ºC ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımı ise 673.7 ºC'lik değere sahip olduğu görülmektedir. Egzoz gazı sıcaklık değerleri karşılaştırılınca dizel yakıtının değerlerine göre %50D+%50BD yakıt karışımının %1'lik artış, %45D+%50BD+%5BE yakıt karışımı ve %40D+%50BD+%10BE yakıt karışımında ise aşağı yukarı eşit olduğu görülmektedir.

5.2. Öneriler

Çok farklı kaynaklardan farklı teknikler ile üretilen alternatif yakıtların özellikleri de farklı olabileceğinden çalışmalarda farklı yöntemlerle elde edilen biyodizel ve biyoetanolün motor performans ve emisyon değerleri araştırılmalıdır.

Etanol-dizel ve biyodizel-dizel karışımlarına gerekli katkı maddeleri ilavesinden sonra, güç, özgül yakıt tüketimi ve emisyonlardaki değişimlerin birlikte inceleneceği araştırmalara ihtiyaç vardır. Ayrıca, motorun kısa süreli çalışmalar yanında, alternatif yakıtlar ile uzun süreli çalışmaların da yapılması motor dayanımı, aşınma, enjektör tıkanması, yağlama yağına etkisi gibi hususlarda yapılacak araştırmalar için ayrı konuları teşkil etmelidir.

Karışım yakıtlarının değişik motorlarda, değişik püskürtme basınçlarında, değişik karışım oranlarında araştırma yapılması gerek performans gerekse emisyon değerlerinde en iyi sonuçların alınması yolunda rehberlik edeceği inkar edilmez bir gerçektir.

KAYNAKLAR

Ajav, E. A., Singh, B., Bhattacharya, T. K., 1999. Experimental Study of Some Performance Parameters of Constant Speed Stationary Diesel Engine Using Ethanol- Diesel Blends as Fuel, Biomass and Bioenergy, 17: 357-365.

Alahmer, A., Yamin, J., Sakhrieh, A., Hamdan, M. A., 2010. Engine performance using emulsified diesel fuel. Energy Conversion and Management. 51:1708-1713.

Alptekin, E., Çanakçı, M., 2006, Biyodizel ve Türkiye'deki Durumu. Mühendis ve Makine. Sayı:561. Cilt:47. s 57-64. Ankara.

Anonim 2015, Yenilenebilir Enerji Müdürlüğü, (http://www.eie.gov.tr/eie-web/turkce/YEK/biyoenerji/02-biyodizel/bd_uretim.html), [Ziyaret Tarihi: Nisan 2015]

Anonim 2015a, (http://www2.bayar.edu.tr/muhendislik/gida/docs/databank/unite9.pdf) 9. ünite Dr. Halil TOSUN Biyoetanol Üretimi, [Ziyaret Tarihi:Nisan 2015]

Anonim 2015b, Hidrolik Ve Yenilenebilir Eenerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu Aralık 2007 Ankara, [Ziyaret Tarihi: Nisan 2015]

AR, F. F., 2008, "Biyoyakıtlar Tehdit mi-Fırsat mı?", Mühendis ve Makine Dergisi, Sayı: 581.

Can Ö., Çelikten İ., Usta N., 2004, Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection Diesel engine running at different injection pressures, *Energy Conversion and Management*, 45, 2429–2440.

Cheung, C. S., Di, Y., Huang, Z., 2008. Experimental investigation of regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with ultralow-sulfur diesel fuel blended with ethanol and dodecanol. Atmospheric Environment. 42:8843-8851.

Choi, C. Y., Reitz, R. D., 1999. An Experimental Study on The Effects of Oxygenated Fuel Blends and Multiple Injection Strategies on DI Diesel Engine Emissions, Fuel, 78: 1303-1317.

Ciniviz M., Köse H., Canlı E., And Solmaz Ö., 2011, An experimental investigation on effects of methanol blended diesel fuels to engine performance and emissions of a diesel engine, *Scientific Research And Essays,* Vol. 6(15), Pp. 3189-3199, *Academic Journals,* Issn 1992-2248.

Di, Y., Cheung, C. S., Huang, Z., 2009. Comparison of the effect of biodiesel-diesel and ethanol-diesel on the gaseous emission of a direct-injection diesel engine. Atmospheric Environment. 43:2721-2730.

Ergeneman M., Arslan H., Kutlar A., Mutlu M., 1998, Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler, Kutlar O.A., (Editör), *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

Erkal G., 2010, Comparıson of engıne performance and emıssıons for conventıonalpetroleum dıesel fuel and dıesel-ethanol blends, *Master of Science in Mechanical Engineering Department Middle East Technical University*, Ankara Turkey.

Eugene, E. E., Bechtold, R. L., Timbaro, T. J., McCallum, P. W., 1984. State of Art Report on the Use of Alcohols in Diesel Engines, SAE, Paper No: 840118.

Farrell, A. E., 2006, "Ethanol Can Contribute to Energy and Environmental Goals", Science, vol: 311, Jan., 506-508.

Grassi, G., 2000, Bioethanol-Industrial World Perspectives, Renewable Energy World, May- Jun.

Guerrino, L. L. N., Souza, A. F., Torres, E. A., Andrade, J. B., 2009. Emission profile of 18 carbonyl compounds, CO, CO_2, and NO_x emitted by a diesel engine fuelled with diesel and ternary blends containing diesel, ethanol and biodiesel or vegetable oils. Atmospheric Environment. 43:2754-2761.

Güven S. ve Güneşer O., 2007, Biyoetanol Üretimi ve Önemi, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi* (1) , 91-96

Hamdan, M. A., Khalil, R. H., 2010. Simulation of compression engine powered by biofuels. Energy Conversion and Management. 51:1714-1718.

Huang, J., Wang, 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.

Işıklı, İ., Yamık, H., Kurban, M., 2011, Biyodizelin Dizel Santrallerde Kullanım Analizi, 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'11), 16-18 May 2011, Elazığ, 20-24

İçingür Y., Altıparmak D., 2003,Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions, *Energy Conversion and Management,* 44, 389–397.

Karaosmanoğlu, F., 2008, "Biyomotorin ve Türkiye". http://www.biyomotorin - biodiesel.com/biomoto.html [Erişim tarihi: 10.10.2008].

Karakoç, H., Karakoç, N., Erbay, B., Aras, H., 2010 . 'Enerji Analizi ve Yönetimi.' Ergün, Y., Tanışlı, M., (Editör) Anadolu Üniversitesi Yayınları, No: 2486, Eskişehir.

Karthikeyan, B., Srtihar, K., 2011. Performance characteristics of a glow plug assisted low heat rejection diesel engine using ethanol. Applied Energy. 88:323-329.

Kwanchareon, P., Luengnaruemitchai, A., Jai-In, S., 2007. Solubility of a diesel–biodiesel–ethanol blend, its fuel properties, and its emission characteristics from diesel engine. Fuel. 86:1053-1061.

Labeckas, G., Slavinskas, S., 2009.Study of exhaust emissions of direct injection diesel engine operating on ethanol, petrol and rapeseed oil blends. Energy Conversion and Management. 50:802-812.

Lei Zhu, Cheung, C. S., Zhang, W. G., Huang, Z., 2010, Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and methanol, *Science of the Total Environment 40,* 914–921.

Lü Xing-cai, Yang, J., Zhang, W. G., Huang Z., 2004, Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol–diesel blend fuel Institute of Internal Combustion Engine, *Fuel,* 83, 2013–2020.

Nasim, M. N., Yarasu, R. B., Yamin, J., 2010. Simulation of CI engine powered by neat vegetable oil under variable fuel inlet temperature. Indian Journal of Scienceand Technology. Vol.3, 4:387-392.

Oruç, N., 2008, Şeker Pancarından Alternatif Yakıt Kaynağı Olarak Biyoetanol Üretimim : Eskişehir Şeker-Alkol Fabrikası Örneği VII. Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, İstanbul, 17-19.

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

Özdemir M., 2011, Bir dizel motorda biyodizel ve etanol kullanımının motor performansına ve emisyonlara etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, Türkiye.

Park, S. H., Youn, I. M., Lee, C. S., 2010. Influence of two-stage injection and exhaust gas recirculation on the emissions reduction in an ethanol-blended diesel-fueled four-cylinder diesel engine. Fuel Processing Technology. 91:1753-1760.

Park, S. H., Youn, I. M., Lee, C. S., 2011. Influence of ethanol blends on the combustion performance and exhaus temission characteristics of a four-cylinder diesel engine at various engine loads and injection timings. Fuel. 90:748-755.

Pilusa, T. J., Mollagee, M. M., Muzenda, E., 2012. Reduction of Vehicle Exhaust Emissions from Diesel Engines Using the Whale Concept Filter. *Aerosol and Air Quality Research*, 12: 994–1006, 2012

Rakopoulos, C. D., Antonopoulos, K. A., Rakopoulos, C. D., 2007. Experimental heat release analysis and emissions of a HSDI diesel engine fueled with ethanol–diesel fuel blends. Energy. 32:1791-1808.

Rakopoulos, C. D., Antonopoulos, K. A., Rakopoulos, C. D., Hountalas, D. T., 2008a. Multi-zone modeling of combustion and emissions formation in DI diesel engine operating on ethanol–diesel fuel blends. Energy Conversion and Management. 49:625-643.

Rakopoulos, D. C., Rakopoulos, C. D., Giakoumis, E. G., Papagiannakis, R. G., Kyritsis, D. C., 2008b. Experimental-stochastic investigation of the combustion cyclic variability in HSDI diesel engine using ethanol–diesel fuel blends. Fuel. 87:1478-1491.

Rakopoulos, D. C.,Rakopoulos, C. D., Kakaras, E. C., Giakoumis, E. G., 2008c. Effects of ethanol–diesel fuel blends on the performance and exhaust emissions of heavy duty DI diesel engine. Energy Conversion and Management. 49:3155-3162.

Randanzo, M. L., Sodre, J. R., 2011. Exhaust emissions from a diesel powered vehicle fuelled by soybean biodiesel blends (B_3–B_{20}) with ethanol as an additive (B20E2–B20E5). Fuel. 90:98-103.

Satgé de Caro P., Moloungui, Z., 2001. Interest of Combining an Additive with Diesel-Ethanol Blends for Use in Diesel Engines, Fuel, 80: 565-574.

Song, C. L., Zhou, Y. C., Huang, R. J., Wang, Y. Q., Huang, Q. F., Lü, G., Liu, K. M., 2007. Influence of ethanol–diesel blended fuels on diesel exhaust emissions and mutagenicand genotoxic activities of particulate extracts. Journal of Hazardous Materials. 149:355-363.

Song, C., Zhao, Z., Lv, G., Song, J., Liu, L., Zhao, R., 2010. Carbonyl compound emissions from a heavy-dutydiesel engine fueled with diesel fuel and ethanol–diesel blend. Chemosphere. 79:1033-1039.

Topgül T., 2006, Buji ile ateşlemeli motorlarda etil alkol-benzin karışımında optimum çalışma parametrelerinin araştırılması, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, Türkiye.

Xing-cai, L., Jian-guang, Y., Wu-gao, Z., 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. 83:2013-2020.

Yılmaz N., 2011,Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with biodiesel–ethanol and biodiesel–methanol blends at elevated air temperatures, *Fuel*.

Zhang, Z. H., Tsang, K. S., Cheung, C. S., Chan, T. L., Yao, C. D., 2011. Effect of fumigation methanol and ethanol on the gaseous and particulate emissions of a direct-injection diesel engine. Atmospheric Environment. 45:2001-2008.

Zhu, L., Cheung, C. S., Zhang, W. G., Huang, Z., 2010. Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethano land methanol. Science of the Total Environment. 408:914-921.

Zhu, L., Cheung, C. S., Zhang, W. G., Huang, Z., 2011. Combustion, performance and emission characteristics of a DI diesel engine fueled with ethanol–biodiesel blends. Fuel. 90:1743:1750.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı	**:**	Hakan YAĞOĞLU
Uyruğu	**:**	T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi	**:**	KAYSERİ-31/03/1978
Telefon	**:**	05055263199
Faks	**:**	
e-mail	**:**	hakanyagoglu@mynet.com.tr

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Merkez Mesleki ve Teknik Anadolu Lisesi**	**1995**
Üniversite	:	**Gazi Üniversitesi Tek.Eğt.Fak.Otomotiv Öğrt.**	**2000**
Yüksek Lisans	:		
Doktora	:		

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	**Kurum**	**Görevi**
2000-Devam ediyor	**Zile Mesleki ve Tek. And.Lisesi**	**Öğretmen**