

**BUJİ İLE ATEŞLEMELİ İKİ ZAMANLI BİR
MOTORDA BENZİN BİYODİZEL KARIŞIMININ
PERFORMANS VE EMİSYONA ETKİSİ**

**2013
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE EĞİTİMİ**

Mehmet Ali Bayram

**BUJİ İLE ATEŞLEMELİ İKİ ZAMANLI BİR MOTORDA;
BENZİN BİYODİZEL KARIŞIMININ PERFORMANS
VE EMİSYONA ETKİSİ**

Mehmet Ali BAYRAM

**Karabük Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalında
Yüksek Lisans Tezi
Olarak Hazırlanmıştır**

**KARABÜK
Eylül 2013**

Mehmet Ali BAYRAM tarafından hazırlanan “BUJİ İLE ATEŞLEMELİ İKİ ZAMANLI BİR MOTORDA; BENZİN BİYODİZEL KARIŞIMININ PERFORMANS VE EMİSYONA ETKİSİ” başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç.Dr. Perihan Sekmen



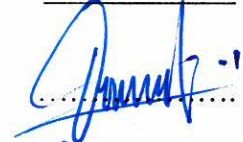
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Eğitimi Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir. 26/ 09/ 2013

Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

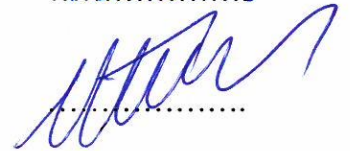
Başkan : Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)



Üye : Doç. Dr. Perihan SEKMEN (KBÜ)



Üye : Yrd. Doç. Dr. Metin KAYA (KBÜ)



...../...../2013

KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu, bu tez ile, Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Mustafa BOZ

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



“Bu tezdeki tüm bilgilerin akademik kurallara ve etik ilkelere uygun olarak elde edildiğini ve sunulduğunu; ayrıca bu kuralların ve ilkelerin gerektirdiği şekilde, bu çalışmadan kaynaklanmayan bütün atıfları yaptığımı beyan ederim.”

Mehmet Ali BAYRAM

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BUJİ İLE ATEŞLEMELİ İKİ ZAMANLI BİR MOTORDA; BENZİN BİYODİZEL KARIŞIMININ PERFORMANS VE EMİSYONA ETKİSİ

Mehmet Ali BAYRAM

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Perihan SEKMEN

Eylül 2013, 34 sayfa

Dünyada, iki zamanlı benzin ile çalışan karterden doldurmalı motorlar, çevre için ciddi emisyon ve hava kirliliği oluşturmaktadır. Bu tip motorlar eskiyen teknolojileriyle birlikte ülkemizde kısmen, daha yoğun kullanım oranıyla kalabalık Asya ve gelişmemiş kimi ülkelerde çeşitli alanlarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada iki zamanlı motorlarda kullanılan standart madeni yağ (2T) yerine çeşitli oranlarda biyodizel kullanılarak ölçümler yapılmış; elde edilen sonuçlar kayıt edilmiştir. Deneysel çalışmalarda evsel atık yağlardan elde edilen biyodizel kullanılmıştır.

Anahtar Sözcükler : İki zamanlı, biyodizel, performans, emisyon.

Bilim Kodu : 708.3.026

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

A TWO-STROKE ENGINE SPARK İGNİTION; EFFECT OF BIODIESEL FUEL MIXTURE OF PERFORMANCE AND EMISSIONS

Mehmet Ali BAYRAM

**Karabük University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Mechanical Education**

Thesis Advisor:

Doç. Dr. Perihan SEKMEN

September 2013, 34 pages

Around the world, working with two-cycle gasoline engines fill the crank case to the environment and air pollution is a serious emissions. These types of engines with aging technologies in our country, in part, to grown more in tense utilization rate in some countries in Asia and used in various fields populated. Two-stroke engines used in this study the standard mineral oil (2T) in stead of using the measurements made at various ratios of biodiesel, the result sobtained were recorded. Biodiesel derived from household waste oils used in experimental studies.

Key Word :Two-stroke engine, biodiesel, performance, emissions.

Science Code :708.3.026

TEŞEKKÜR

Bu tez alıőmasının planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmeleriyle çalıőmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Perihan SEKMEN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Emisyon ve performans deneylerinin yapılmasında yardımlarını esirgemeyen, Karabük Üniversitesi öğretim üyesi Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ'a teşekkür ederim.

Sevgili aileme manevi hiçbir yardımı esirgemedен yanımda oldukları için tüm kalbimle teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xi
BÖLÜM 1.	1
GİRİŞ	1
1.1. İKİ ZAMANLI BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARIN TANIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	2
1.1.1. Geçmişte ve Günümüzde Kullanım Alanları	3
1.1.2. Ülkelere Göre Dünyada Kullanımı	4
1.1.3. Avantajları ve Dezavantajları	6
1.2. ÜLKEMİZDE VE DÜNYADA KULLANIMI İÇİN UYULMASI GEREKEN EMİSYON KURAL VE SINIRLAMALARI	6
1.3. KULLANILAN YAKIT VE YAĞLAMA YAĞI.....	7
BÖLÜM 2.	9
KURAMSAL TEMELLER	9
BÖLÜM 3.	11
METERYAL VE YÖNTEM.	11
3.1. İKİ ZAMANLI BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTOR VE JENARATÖR.....	11
3.2. EMİSYON CİHAZI	12
3.3. DİJİTAL TARTI, YAKIT REZARVUAR AKIŞ DÜZENEĞİ, KRONOMETRE	13
3.4. ELEKTRİKSEL YÜKLEYİCİ LAMBA PANOSU	13

	<u>Sayfa</u>
3.5. HIZ ÖLÇÜCÜ TAKOMETRE SENSÖR VE PANOSU.....	14
3.6. K TİPİ TERMOKUPL VE SICAKLIK GÖSTERGE CİHAZI.....	14
3.7. KARIŞIM HAZIRLAMA BEHER VE ÖLÇEĞİ.....	14
3.8. MOTORDA KULLANILAN YAĞLAYICININ DEĞİŞTİRİLMESİ SONUCU ELDE EDİLEN PERFORMANS VE EMİSYON DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ	15
BÖLÜM 4.	18
DENEY BULGULARI VE TARTIŞMA	18
4.1. EGZOZ VE İS EMİSYONLARI	18
4.2. MOTOR PERFORMANSI VE YAKIT TÜKETİMİ	24
BÖLÜM 5.	28
SONUÇLAR VE ÖNERİLER	28
KAYNAKLAR	31
ÖZGEÇMİŞ	34

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 3.1. Deney motoru	12
Şekil 3.2. Egzoz ve is emisyon cihazları	13
Şekil 3.3. Yakıt terazi-rezervuar ve elektriksel yükleyici lamba panosu.....	13
Şekil 3.4. Deney düzeneğinin şematik görünümü	15
Şekil 3.5. Motor yay-karbüratör vakum mekanizması	17
Şekil 4.1. Biyodizel ilavesinin HC emisyonuna etkisi.....	19
Şekil 4.2. Biyodizel ilavesinin CO emisyonuna etkisi	20
Şekil 4.3. Biyodizel ilavesinin CO ₂ emisyonlarına etkisi.....	21
Şekil 4.4. Biyodizel ilavesinin NO _x emisyonuna etkisi.....	22
Şekil 4.5. Biyodizel ilavesinin oksijen lamda sayısına etkisi	23
Şekil 4.6. Biyodizel ilavesinin duman koyuluğuna etkisi.....	24
Şekil 4.7. Biyodizel ilavesinin ÖYT'ne etkisi	25
Şekil 4.8. Biyodizel ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi.....	26
Şekil 4.9. Biyodizel ilavesinin motor momentine etkisi.....	27

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Motor-jenaratör özellikleri.....	12
Çizelge 3.2. Emisyon cihazları aralık ve hassasiyetleri	12
Çizelge 3.3. Yakıt ve yağlayıcı genel özellikleri	16

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

H₂ : hidrojen

N₂ : azot

O₂ : oksijen

C : karbon

K : ışık absorpsiyon katsayısı

N : duman koyuluğu

Hz : hertz

B : kütleli debi

Pe : efektif güç

BG : beygir

h : saat

% : yüzde

kW : kiloWatt

g : gram

u : açısali hız

cc : santimetreküp

~ : yaklaşık

n : hız

π : pi sayısı

Me : moment

P : güç

KISALTMALAR

min : dakika

Ü.Ö.N : üst ölü nokta

A.Ö.N : alt ölü nokta

GSMH : gayri safi milli hasıla

OAPEC : Petrol İhraç Eden Ülkeler

BÖLÜM 1

GİRİŞ

İki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlar, benzine ilave edilen mineral bazyağ esaslı yağlayıcı ile yağlanmaktadır. Ancak mineral esaslı yağlayıcıların yakılamadan egzozdan atılması ve açığa çıkan emisyonların çevreye olan olumsuz etkileri, mineral esaslı yağlayıcılara alternatif yağlayıcıların araştırılmasını gerekli hale getirmiştir. İki zamanlı motorları dört zamanlı motor teknolojisiyle kıyaslırsak pekte iyi bir motor veriminin sağlanmadığını görürüz. Son yıllarda hava kirliliği için atılan adımlar ve özellikle bu motorların çokça kullanıldığı kalabalık Asya ülkelerindeki şehir nüfus ve hava kirliliği yoğunluğu, bu işin ciddiyetini ve alternatif bir çözüme ihtiyaç duyulduğunu göstermektedir.

Buji ile ateşlemeli motorlar Otto çevrimi prensibine göre iş üretmektedir [1,2]. Bu çevrim olayı pistonun Ü.Ö.N ve A.Ö.N arasında yaptığı öteleme hareketini tek bir çevrim esnasında iki kez veya dört kez yapılması ile gerçekleştirilebilir. Dört zamanlı Otto çevriminde pistonun her hareketi teorik olarak tek işleme karşılık gelirken, iki zaman çevriminde emme, sıkıştırma, genişleme, egzoz, işlerinden iki tanesi bir kurs boyunca yapılan tek harekete karşılık gelmektedir [3].

İki zamanlı motorlar, dört zamanlı motorlara göre daha basit ve az maliyetlidir. Basit ve az maliyetten kastedilen tasarım, şekil ve boyut olarak basit ve küçük olmasıdır. Üretim maliyeti düşüktür ve aynı gücü üreten dört zamanlı bir motora göre daha küçük ve hafiftir. Bu temel avantajlarından dolayı iki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlar geçmişte çokça kullanılmış ve halende kullanılmaktadır. Yine bu gibi üstünlüklerden dolayı iki zamanlı dizel motorların da paralel kullanım yerleri bulunmaktadır. Dünya üzerinde ülkeler gelişmişlik ve sanayileri kıyaslandığında; az gelişmiş, gelişmekte olan ve gelişmiş ülkeler şeklinde kıyaslanmaktadır [4]. Dünya nüfusunun yarısı az gelişmiş ülkeler veya kişi başına düşen milli geliri (GSMH) çok düşük olan ülkelerdir. Otomotiv ve makina endüstrisindeki gelişmelere rağmen,

nüfusu kalabalık yoksul ülkeler bu gelişmeleri her zaman geriden takip etmişlerdir. Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu verilerine göre az gelişmiş ülkelerde nüfus yoğunluğunun fazla olması; düşük maliyetli ve basit olan bu motorların sayıları ve kullanım alanlarının gelişmiş ülkelere kıyasla yüksek olmasına neden olmuştur [5].

1973 OAPEC Petrol kriziyle beraber varil fiyatlarının artması, Otomotiv ve ağır sanayindeki teknolojik gelişmeler, 1970'li yıllarda başlayan küreselleşmeyle birlikte gelen dış ticarete daha çok mal piyasalarındaki serbestlik ve en son değineceğimiz, dünyada ülkelerin yaptıkları karbon salınımlarını düzeltmek için uygulanan;

1. Kyoto Protokolü
2. Avrupa Birliği Emisyon Standartları
3. Ülkemizde Çevre Bakanlığının yaptığı düzenlemeler

Gibi saydığımız bu nedenlerden dolayı, yakıt tüketimi fazla ve kirletici egzoz emisyonu kötü olan bu motorların yerini günümüzde, daha teknolojik ve artık daha ucuza temin edilebilen, yakıt tüketim ve emisyonu daha düzgün olan dört zamanlı motorlar almaktadır [6,7]. Ama halen iki zamanlı motorların ağırlık ve boyut avantajından dolayı hafiflik gereken makinalarda kullanımı devam etmekte ve hali hazırda dünya üzerinde azımsanmayacak miktarda bulunmaktadır.

Çevrimindeki verimsizlik, eksik yanma ve yağlama yaptığı yağın yakıtla karışık yakılarak atılmasından dolayı CO, HC, NO_x ve is gibi kötü emisyonları fazladır.

1.1. İKİ ZAMANLI BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARIN TANIMI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

İki zamanlı motorlar, içten yanmalı bir motor tipidir. Daha yaygın olarak kullanılan dört zamanlı motorlardan farkı, pistonun lineer hareketlerinde dört yerine iki stroka sahip olmasıdır. Fakat bu iki strokta, dört zamanlı motorda oluşan dört işlem (emme, sıkıştırma, yanma, egzoz) meydana gelmektedir. Yani emme ve sıkıştırma bir strokta, yanma ve egzoz ise bir strokta yapılır [2,3].

Emme ve Sıkıştırma

Bu motor tipinde emme ve egzoz sübapları yoktur. Emme ve egzoz işlemleri silindir içinde oluşan basınç farkları vasıtası ile yapılır. Piston yukarı hareket ederken, üst kısımdaki karışımı silindir içinde sıkıştırmaya başlar. Bu esnada pistonun yukarı hareketi ile krank bölümünde bir vakum oluşur ve karışım krank bölümüne dolar. Bu karışım yakıt, yağ ve hava karışımıdır. Sıkışan karışım buji ile ateşlenir ve patlama oluşur. Çıkan enerji pistonu aşağı iter [2,3].

Yanma ve Egzoz

Pistonun aşağı itilmesi ile egzoz çıkışı açılıp, emiş ağız kapanır. Yanma sonucu ortaya çıkan atık gaz, egzoz borusundan atılır. Pistonun hareketi ile aşağıda sıkışan karışım, taşıma cebinin açılması ile pistonun üst kısmına dolar. Üst kısma yeni karışım dolması ve egzoz gazının tamamen atılması ile çevrim tamamlanır ve diğer çevrim başlar [2,3].

1.1.1. Geçmişte ve Günümüzdeki Kullanım Alanları

Güncel olarak genelde küçük yapıda motorlar olarak kullanılırlar. Motosiklet, küçük teknelerde, scooter, mobilet, kar motosikletleri, jeneratörler, model uçaklar, motorlu bahçe araçları, testereler, ilaçlama makinaları gibi boyutun mümkün oldukça küçük olması gereken yerlerde kullanımı mevcuttur [8].

Geçmiş yıllarda ise yukarıda sayılan araçların yanı sıra ulaşım, ziraat ve deniz taşıtlarında, daha fazla kullanım paylarına sahip idi. Örneğin ülkemizde taşıma ve nakliye araçlarından biri triportör idi, kısaca 1970'lerde üç tekerlekli ekonomik ve fonksiyonlu bir araçtır [9]. Asya ülkelerinde ise tuktuk diye adlandırılır ve iki zamanlı motorla tahrik edilmektedirler. Motorsiklet ve deniz taşıtlarında iki zamanlı büyük ve küçük hacimli motorlar daha yaygındı. Gerek petrol fiyatındaki yükselme, karbon salımı kriterleri ve teknolojik gelişmelerle birlikte iki zamanlı motorların önceden de bahsettiğimiz gibi kullanım payları düşmüştür. Fakat bunlara rağmen, dünyada lokal olarak bu motorlara halen büyük talep olmaktadır.

1.1.2. Ülkelere Göre Dünyada Kullanımı

Doğu ve Güneydoğu Asya

Bu bölge başlıca; Hindistan, Bangladeş, Tayland, Endonezya, Çin, Myanmar ülkelerinden oluşur. Bu ülkeler haricindeki öteki Güneydoğu Asya ülkeleri gelişmiş ülkeler sınıfında yer alır veya nüfus yoğunluğu az olduğundan dolayı iki zamanlı motor kullanımı fazla yaygın değildir [10]. Asya ülkelerinde iki zamanlı motorlar sadece iki tekerlekli taşıtlarda değil, aynı zamanda üç tekerlekli tricycles veya lokal ismi ile tuktuk tipi taşıtlarda da kullanılmaktadır. Tahmini olarak Asya yollarında en az 60 milyon iki zamanlı motora sahip üç tekerlekli taşıt bulunmaktadır [11]. Her yıl yaklaşık 80.000 ton madeni yağ bazlı (2T) yağlayıcı, Hindistanda iki tekerlekli taşıtlar tarafından tüketilmekte olup ve bu değer yılda %4 de yükselmektedir [12].

Jakarta: 4383/km², Dakka: 1523/km², Mumbai: 22937/km², Şangay: 3600/km² gibi adı geçen Güneydoğu Asya şehirleri ve onların km² başına düşen insan sayıları o şehirlerdeki hava kirliliği tehlikesi hakkında biraz fikir vermektedir [13].

Avrupa ve Kuzey Amerika

Gelişmiş ülke, kriterlere göre yüksek düzeyde gelişme göstermiş ülkeler için kullanılan bir terimdir. Gelişmişlik kriterleri genel olarak kişi başına düşen milli gelir ve sanayileşme düzeyidir. IMF'ye göre gelişmiş 35 ülke'den 25'i bu bölgede yer almaktadır ve motorlu taşıtlar teknolojisine yaklaşık 200 yıldır dünyaya yön vermiş ve halende vermektedirler [4]. Kişi başına kullanılan motorlu taşıt sayısı yüksek olan bu bölgede iki zamanlı çok tekerlekli taşıt sayısı yok gibi, iki tekerlekli olanların miktarı ise oldukça azdır [14,15]. Yerlerini yıllar önce yeni teknolojiye bırakmışlardır. Hatta Avrupa Birliğinde kabul edilen emisyon standartlarına göre zaten trafiğe çıkmalarında yasaklanmıştır. Fakat buna rağmen küçük boyutlardaki kullanımlarda alternatiflerinin olmamasından dolayı; pezyaj, tarım ,deniz taşıtları ve hobi kullanımlarında bahsettiğimiz gibi boyut avantajı için çeşitli teçhizatlarda, bu bölgedede kullanımı devam etmektedir.

Türkiye

Konuyu kullanım alanlarına göre açıklayacak olursak; Ulaşımında, İki zamanlı çok tekerlekli triportör, patpat gibi taşıtlar özellikle, taşra bölgelerinde çoğunlukla tescilsiz olarak yaklaşık 2000'li yılların başına kadar kullanılıyordu. Takip eden yıllarda, ülkedeki gelişmişlik, taşıt teknolojisi ve sanayileşme faktörlerinin iyileşmesi bu taşıtların hızla yerlerini otomobillere bırakmasına neden olmuştur. Yinede amatör kullanımlarda tescilsiz bu taşıtlara rastlamak mümkündür ve sayıları dikkat edilmeyecek kadar azdır [16,17].

İki tekerlekli taşıtlarda ise günümüzde iki zamanlı motorsiklet v.b 50cc motor hacminden yukarı taşıtlara yeni tescil verilmemektedir. Tescilli ve tescilsiz bu taşıtlar klasik model olarak kullanımı devam etmektedir. Sadece motorsiklet kullanım sayısının çok olduğu Aydın ilimiz'de, Aydın İl Emniyet Müdürlüğü'nün verilerine göre, trafikte 27652 iki tekerlekli taşıt mevcudiyeti yanında 2500 adette el konulmuş iki tekerlekli taşıtın mevcut olması ve el konulmuş taşıtlarda çoğunlukla iki zamanlı motor bulunduğunu varsaymamız bize Türkiye'de bu taşıtların önemsenerek sayıda kullanıldığı sonucunu vermektedir [18]. İki zamanlı motorlar 31.12.2011 tarihinde ilgili bakanlık tarafından deniz taşıtlarında yasaklanmış olup, kayıt dışı kullanımları da mevcuttur [19].

Tarım, pezyaj, hobi kullanım alanlarında, büyük boyutlu iki zaman çevrimli motorlar artan yakıt fiyatları ve gelişen teknolojiyle beraber yaygınlıklarını zamanla yitirip yerlerini dört zamanlı motorlara bırakmakla beraber halende rastlanılabilmektedirler. Yalnız boyut avantajı aranan techizatlarda, daha önce bahsettiğimiz gibi alternatifi olmadığından kullanımı yaygındır.

Diğer Ülkeler

Geride kalan ülkelerde ise durum anlattıklarımıza paraleldir. Az gelişmiş ülkelerde, misal olarak Afrikada kullanımı yaygın olmakla beraber nüfus yoğunluğu Asya ülkelerine göre daha az olmaları göz önünde bulundurulmalıdır [10]. Gelişmekte olan ülkelerde (Ortadoğu, Rusya, Güney Amerika) ise gelişmiş ülkelere nazaran daha

fazla iki zamanlı motor kullanılır. Tüm dünyayı hesaba katacak olursak halen, önemsenmesi gerekli bir kullanım mevcuttur.

1.1.3. Avantajları ve Dezavantajları

İki Zamanlı Buji İle Ateşlemeli Motorların Dört Zamanlı Motorlara Olan Avantajları

İki zamanlı motorlar dört zamanlı motorlara göre daha basit, üretim ve bakım maliyetleri daha düşüktür, soğuk havalarda ilk hareket daha kolaydır, aynı motor hacminde daha fazla güç üretir, boyutu daha küçük ve hafiftir, küçük boyutlardaki kullanımlarda alternatifi yok gibidir [3].

İki Zamanlı Buji İle Ateşlemeli Motorların Dört Zamanlı Motorlara Olan Dezavantajları

Yakıt karışımının bir kısmı yanmadan egzoz gazı ile atıldığı için çevreciliği ve yakıt ekonomisi kötüdür, yağlama yakıt-yağ karışımı ile yapılmaktadır ve bu yağın yakılarak atmosfere bırakılması, çevreye oldukça zararlıdır, dört zamanlı motorlara göre daha çok ısınır, daha yüksek devir ve daha fazla gürültü ile çalışır [3].

1.2. ÜLKEMİZDE VE DÜNYADA KULLANIMI İÇİN UYULMASI GEREKEN EMİSYON KURAL VE SINIRLAMALARI

Sanayileşen ülkeler tarafından yoğun olarak atmosfere salınan karbondioksit gazı başta olmak üzere kloroflourkarbon gazı, metan, azotoksitler, ozon ve su buharının oluşturduğu sera gazlarının atmosferde neden olduğu sera etkisi sonucunda küresel ısınma meydana gelmektedir. Güneş ışınlarının yeryüzünde ısı enerjisine dönüştükten sonra, yeryüzünden atmosfere yayılan ışınımın (ısı enerjisi) sözü edilen sera gazları tarafından atmosferden tümüyle geçip uzaya kaçmasına engel olarak, atmosferde hapsedilmesine sera etkisi denilmektedir. Sera etkisi nedeniyle bu ışınımın (enerjinin) bir kısmı yeniden yeryüzüne yansıtılarak küresel ısınmaya neden olmaktadır. Atmosfere karışan karbondioksit gazının %80-85'i fosil yakıtların (petrol ve türevleri, kömür, doğal gaz) sanayide ve günlük yaşamda kullanımından meydana gelmektedir [20]. Sera gazları içinde CO₂ gazının küresel ısınmadaki payı

%50'dir ve bundan dolayı motorlu kara yolu taşıtlarından, otomobillerden atmosfere yayılan ve karbondioksit gazını da içinde barındıran egzoz gazı sera etkisine neden olan önemli etkenlerden birisidir [21].

Paris'te düzenlenen Birleşmiş Milletler hükümetler arası iklim değişikliği sonuç raporuna göre; 2100 yılına kadar sıcaklığın 1,8 ile 4 derece artacağı ve çeşitli felaket seneryoları tahmin edilmiştir. Küresel ısınmayla mücadele için "Kyoto Protokolü" küresel ısınma ve iklim değişikliği konusunda mücadeleyi sağlamaya yönelik uluslararası tek çerçeve, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi içinde 1997'de imzalanıp 2005'te yürürlüğe girmiştir. Bu protokolü imzalayan 160 ülke protokolü uygulamak için, kendi ülke yönetimlerinde motorlu taşıtlar içinde çeşitli kriter ve kanunlar çıkarmışlardır [22]. Misal olarak Avrupa Parlamentosu otomobillerin zararlı madde emisyonları için belirli tarihlere kadar geçerli Euro standartları belirler ve bu standarta uymayan taşıtların üretimini ve satışını yasaklamaktadır. Yine Avrupa Birliği ülkeleri iki zamanlı motorlu 2 ve 3 tekerlekli taşıtları, deniz motorlarını ülkemizden çok çok daha önce yasaklamıştır [23].

Ülkemizde ise Avrupada uygulanan Euro5 standartının, Euro1 olanı uygulanmakta olup kara taşıtlarına bu şekilde tescil verilmektedir. Öte yandan 2011 senesinde iki zamanlı deniz motorları yasaklanmıştır [24].

1.3. KULLANILAN YAKIT VE YAĞLAMA YAĞI

İki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlar her türlü kurşunlu, kurşunsuz ve 93, 95, 97, 98 oktan benzinlerle çalışabilmekte olup, tasarımı basit olduğu için oktan sayısı pek farketmemektedir.

Yağlayıcı olarak ise genelde üreticilerin önerdiği madeni yağ bazlı spesifik 2T yani iki zamanlı benzinli motor yağları kullanılır. Üreticiler biraz spesifikleştirilse de aslında vizkozitesi binek araç motoru yağından düşük olan 10 numara motor yağıdır. Ham petrolün rafinerilerde işlenmesi ile elde edilen ürünlerinden biri olan mineral yağlar, tekrar özel işlemlerden geçirilerek, madeni yağların ham maddesi olan bazyaglar elde edilir. Madeni yağlar, değişik viskoziteli bazyaglara, üründen

beklenen özelliklere göre seçilen, çeşitli katkı maddelerinin karıştırılmasıyla elde edilir [25].

Tezimizde ele aldığımız konu ise bitkisel veya hayvansal yağ menşeli biyodizel yakıtının yağlayıcı olarak madeni yağ bazlı iki zamanlı benzinli motor yağları yerine kullanımını araştırmak olmuştur.

BÖLÜM 2

KURAMSAL TEMELLER

Günümüzde fosil enerji kaynaklarının azalmasıyla fiyatlarının artması, zehirli egzoz gazlarının atmosferdeki sera etkisine bağlı yeryüzünde küresel ısınmanın olması, ve yaşadığımız yüzyıldaki nüfus artış hızına bağlı nüfus yoğunluğu yüksek şehirlerin ortaya çıkmasının hava kirliliği-insan sağlığı üzerindeki etkisi, biyoyakıtlara ve biyodizel yakıtına olan ilgiyi arttırmıştır. Biyodizel yakıtı kimyasal olarak yenilenebilir yağ kaynağından türetilen uzun zincirli yağlı asitlerin monoalkol esterleri olarak tanımlanır. Yani biyolojik kaynaklardan elde edilen ester tabanlı bir tür oksijenli yakıttır ve içten yanmalı motorlarda kullanılabilir. Mazota veya benzine belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilirler. Bu oran; egzoz gazı emisyonu, ekonomi, yanma özelliği gibi birçok faktöre bağlıdır. Biyodizel, bakterilerle ayrışabilen, hoş bir kokusu olan, yenilenebilir, zehirsiz, kükürtsüz ve sülfürsüz bir yakıttır [26,27]. Biyodizel yakıtının iki zamanlı buji ile ateşlemeli motorlarda yağlayıcı olarak seçilmesi, yakıt ekonomisi, çevre sağlığı ve motor performanslarına olumlu etkisinin olacağı varsayılmaktadır [27].

Deneysel olarak kullanılan biyodizelin yağ kaynağı evsel atık yağlar olarak seçilmiştir. Evsel atık yağların esas olarak kullanılmış hayvansal ve bitkisel yağ asitleri genel olarak 18 karbonlu oleik doymamış yağ asitleridir [28]. $C_{17}H_{33}COOH$ evsel atık yağlar, alkol ve katalizör yardımı ile reaksiyon sağlanılarak; yağ içerisindeki gliserin ve metil esterleşme yöntemi ile birbirinden ayrılır. Elde edilen metil esterde içindeki sabun tabakası çöktürülüp ayrılınca ortaya biyodizel yakıtı " $C_{19}H_{35,2}O_2$ " çıkmaktadır [24]. Karşılaştırma yaptığımız madeni yağ bazlı yağlayıcının baz yağı doymuş alifatik hidrokarbonlardan parafinlerdir " $C_{36}H_{74}$ ". İki yağlayıcıyı kıyasladığımız zaman ise; $C_{19}H_{35,2}O_2$ biyodizel yakıtı O_2 molekülleri içermektedir. Biyodizelde bulunan O_2 moleküllerinin silindir içerisinde yanma reaksiyonunu iyileştirme etkisi vardır. Ayrıca biyodizelin metil ester gibi uzun zincirli yağ asidi olması ve esterin fiziksel özelliklerinden bir tanesinin kayganlık olması da bize biyodizelin kaygan

yağlayıcı olabildiği neticesini vermektedir [26]. Bu avantajlar biyodizel yakıtının yağlayıcı olarak kullanılmasına ve günümüzdeki ticari yağlayıcılara alternatif olmasına yönelik araştırmalara olan ilgiyi artırmıştır. Mineral yağ bazlı standart yağlayıcıların içinde %10-20 civarı katkı maddesi bulunmaktadır. Bu katkılar; deterjanlar, pasönleyiciler, aşınma azaltıcılar, antifiriz, teflon, çinko, kıvam arttırıcı v.b koruyucu kimyasallardır. Bu kimyasallar yağlamayı iyileştirir fakat yakılamadan dışarı atılmaktadırlar.

BÖLÜM 3

METERYAL VE YÖNTEM

Yapılan bu çalışmada bu tip motorlarda kullanılan 2T tipi madeni yağ yerine çeşitli oranlarda biyodizel kullanılarak, deney düzeneğinde, çeşitli cihazlarla gerekli olan ölçümler yapılarak, sistemin optimum şekilde çalışması sağlanmıştır. Deneylerde kullanılan gereç ve cihazların özelliklerine sırasıyla değinilmektedir.

3.1. İKİ ZAMANLI BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTOR VE JENARATÖR

Kullanılan motor, K&L marka WH serisinin iki zamanlı, jeneratörü olan WH950'dir. Yüksek çıkış veren, yükte hafif, sağlam, çalışması ve bakımı kolay bir motordur. Ve jeneratöre bir aktarma mili ile tahrik vermektedir. Motor-Jenaratör özellikleri Çizelge 3.1.'de gösterilmektedir. Deneyler, egzoz emisyonları ve motor performansına parametre teşkil etmek için yükü olan bir motorda yapılmıştır. Motor özelliğine göre sırasıyla, %13,3, %26,6, %40, %53,3 ve %66,6'lık elektriksel yükler, jeneratör üzerinden motora yüklenmektedir. AC veya DC akım isteğe göre panelden bir buton vasıtasıyla seçilebilmektedir. Motor hızı 3000 1/min'de sabit tutulmuştur. Motor, metil-ester (biodizel) veya madeni yağ bazlı motor yağı ilave edilmiş, kurşunsuz 95 oktan benzin kullanarak çalışmaktadır. Motor yakıtı ve Shell SX2T standart yağlayıcı motor yağı karışım miktarı; üreticinin tavsiye ettiği gibi hacimsel olarak 100 birim benzine, 2 birim standart yağlayıcı ilavesi şeklindedir. Fakat analizi yapılacak olan metil-ester (biodizel) ise hacimsel olarak 100 birim benzine sırasıyla 1 birim, 2 birim ve 3 birim ilave edilerek kullanılmaktadır.

Çizelge 3.1. Motor-jenaratör özellikleri.

Model	K&L WH950
Elektriksel efektif güç	750 watt~1BG
Voltaj	225 Volt/50 Hz
Stroke Hacmi	63 cc
ÇapxStroke	45x40 mm
Yakıt Tüketimi	540 g/kWh
Çalışma Şekli	2 Zamanlı, Hava ile soğutmalı, Karbüratörlü
Hız	3000 1/min



Şekil 3.1. Deney motoru.

3.2. EMİSYON CİHAZI

Emisyon ölçümleri için Bilsa TSE-ECC-72/306 AT egzoz analizörü ve mod 2210 Winxp stand ve duman koyuluğu ile is miktarı ölçümü için ise Optrans 1600 model is emisyon cihazı kullanılmıştır. Cihazların ölçüm aralıkları ve hassasiyetleri Çizelge 3.2.deki gibidir.

Çizelge 3.2. Emisyon cihazları aralık ve hassasiyetleri.

Ölçülen-Birim	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO (% vol)	0-10	% 0,06
CO ₂ (% vol)	0-18	% 0,01
HC (% vol)	0-9999	% 0,12
NO _x (% vol)	0-18	% 0,05
Lamda Sayısı	0-1,1	
Duman Koyuluğu N (%)		
Işık Obsorbsiyon Katsayısı	0-5 (K [1/m])	



(a)



(b)

Şekil 3.2. a) İis ve egzoz b) emisyon cihazları.

3.3. DİJİTAL TARTI, YAKIT REZARVUAR AKIŞ DÜZENEĞİ, KRONOMETRE

Birim zamanda tüketilen yakıtın ölçüm işlemi için yüksek hassasiyetli, 30 kg kapasiteli Dikomsan JS-B model elektronik tartım terazisi kullanılmıştır. Terazinin üzerinde yakıt rezerve ve akışını tertip etmek için; dip yüzeyinde hortum bağlantılı bakır kap ve plastik hortum tertibatı kullanılmıştır.



(a)



(b)

Şekil 3.3. a) Yakıt terazi-rezervuar, b) Elektriksel yükleyici lamba panosu.

3.4. ELEKTRİKSEL YÜKLEYİCİ LAMBA PANOSU

Jenaratör 3000 1/min hızda maximum 750 watt elektriksel güç üretmekte ve bu gücü üretirken motora aynı oranda motor yükü vermektedir. Bir başka deyişle Jenaratör DC dinamometre olarak kullanılmaktadır. Jenaratörden güç alıp motora kademeli

şekilde yük vermek maksadıyla; 2 adet 100 W gücünde ve 1 adet 300 W gücünde halojen çubuk ampul , duyları, akım kesici anahtarları paralel devre düzeniyle, devre bir ahşap kontrplak üzerine monte edilip, kablo bağlantıları yapılmış olup, sırasıyla 100 W, 200 W, 300 W, 400 W, 500 W güç tüketen bir pano elde edilmiştir. Çekilen gücün bir pens multimetre cihazı ile voltaj ve akım ölçümleri yapılarak doğruluğu kontrol edilmektedir. Bu pano sayesinde, motora bağlı bulunan jeneratör DC dinamometre olarakta kullanabilmektedir.

3.5. HIZ ÖLÇÜCÜ TAKOMETRE SENSÖR VE PANOSU

Enda ETS1410 model dijital takometre, motor volan kapağına monteli proximity sensör ve elektrik panosu kullanılmaktadır. Motor volan kapağı altındaki volanın hızı, proximity sensör vasıtasıyla sinyal halinde dijital takometreye bildirilerek, dijital ekrandan motor hızı okunabilmektedir. Takometre ise 220 Volt gerilim ile beslenmekte olup, faz, nötr ve toprak bağlantısı, içinde sigorta bulunan bir panodan gerilim almaktadır.

3.6. K TİPİ TERMOKUPL VE SICAKLIK GÖSTERGE CİHAZI

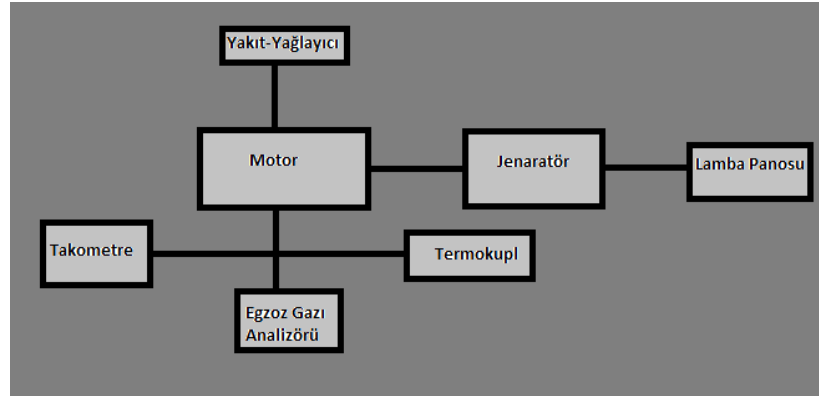
Motorun egzoz sıcaklık değerlerini almak ve emisyonlu gazları test mahalinde uzaklaştırmak için, motor egzoz çıkışına uyumlu alüminyum malzemedен üretilmiş Şekil 3.3.'de görülen spesifik bir egzoz uzantısı kullanılmıştır. K tipi termokupl motor egzoz çıkış tarafındaki portuna monte edilmektedir. Dijital sıcaklık gösterge cihazı, pil ile beslenerek termokupl'un direnç miktarına göre göstergeden sıcaklık değeri gösterebilmektedir.

3.7. KARIŞIM HAZIRLAMA BEHER VE ÖLÇEKLERİ

Uygun karışımı hazırlamak amacıyla hacimsel olarak kademelendirilmiş kaplardır. Şeffaf olan bu kaplar, her türlü sıvı akışkanın hacmini ölçebilmektedirler.

3.8. MOTORDA KULLANILAN YAĞLAYICININ DEĞİŞTİRİLMESİ SONUCU ELDE EDİLEN PERFORMANS VE EMİSYON DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Deney düzeneğinin şematik görünümü şekil 3.4.'de gösterilmektedir. Şekilde belirtildiği gibi motor-jeneratör deney tezgahının üzerine sabitlenmiş ve jeneratör panelinde bulunan faz-nötr prizine Şekil 3.3.(b)'deki gibi elektriksel yükleyici lamba panosunun faz nötr fişi takılmıştır. Priz panoya akım vererek jeneratörü bir DC dinamometre gibi kullanmamıza imkan sağlamaktadır. Daha sonra egzoz çıkışına egzoz uzantısı bağlanarak uzantı üzerinde, motor egzoz çıkışı tarafına monte edilen termokupl'dan alınan dirence göre dijital göstergeden, Celcius °C cinsi sıcaklık değeri okunmaktadır.



Şekil 3.4. Deney düzeneğinin şematik görünümü.

Motor karbüratör yakıt girişi ile yakıt tüketimi ölçüm düzeneği arasındaki yakıt akışını sağlamak için, motor yakıt deposu sökülerek, yakıt girişi plastik hortum ile yakıt rezervuar çıkışına bağlantılı hale getirilmiş ve yakıt akışını sifon prensibiyle sağlamak amacı ile terazi ve üstündeki rezervuar deney tezgahından daha yüksek bir platforma yerleştirilmiştir.

Deney yakıtı ve yağlayıcı olarak kullanılan kurşunsuz benzin, madeni yağ bazlı iki zamanlı motor yağı ve biyodizelin genel özellikleri Çizelge 3.3.'de verilmektedir. Refrans ölçümler için beher ve ölçek ile 100 birim benzine 2 birim standart yağlayıcı hacimsel olarak ilave edilip, karışım hazırlanmış ve rezervuara eklenip, motor

çekçekli ip marşı ile ilk hareket verilerek çalıştırılmış, referans ölçümleri de alınmıştır.

Deney düzeneğinde kullanılan jeneratör 3000 1/min'de maksimum 750 W elektrik enerjisi üretebilmekte olup bu gücü üretirken motor %100 yüke ulaşır, fakat bizim ölçüm parametrelerimiz, uzun periyotta sağlıklı sonuç alıp ve motoruda yıpratmamak için jeneratörden 500 W güç aldığımız %66,6 motor yüküne kadardır. Deney motorunun genel özellikleri Çizelge 3.1.'de belirtilmektedir.

Çizelge 3.3. Yakıt ve yağlayıcı genel özellikleri [25].

Yakıt ve Yağlayıcı Türü	Evsel Atık yağ Biyodizeli C ₁₉ H _{35,2} O ₂	Standart Madeni Yağ C ₃₆ H ₇₄	Benzin C ₄ C ₁₂
Yoğunluk (d) (g/cm ³)	0,897	0,896	0,765
Vizkotize (mm ² s ⁻¹)	3,5	7,4	1 ^a
Alt Isıl Değer (kJ/kg)	39340		44040
Parlama Noktası (C ⁰)	128	215	-40
Setan Veya Oktan Sayısı	52,49		95

Gücü belli yanan ampul adedi jeneratörden çekilen gücü vermekte ve çekilen güç pens multimetreden de kontrol edilebilmektedir. Egzoz emisyonu ölçümleri egzoz gaz analizörü ve bağlı bulunduğu bilgisayar monütöründen değerler alınarak yapılmaktadır. Yakıt tüketimi, 1 L kapta yakıtın 10 g/s harcanma miktarı bir kronometre ile ölçülerek bulunmuştur. Özgül yakıt tüketimi ise g/saat debinin elektriksel efektif güce bölünmesi, $\dot{OYT} = \frac{mf}{Pe}$ formülü ile hesaplanmaktadır.

Jeneratörden, 100 W, 200 W, 300 W, 400 W ve 500 W'lık güçler alırken motorada sırasıyla %13,3, %26,6, %40, %53,3 ve %66,6'lık yükler yüklenmektedir, motor yükünün kademeli olarak herbir değişiminde artan yüklerle beraber, dikkate alınmayacak kadar devir düşüşleri gözlenmektedir. Aynı gücü daha fazla yakıt harcayarak, küçük bir miktarda hız düşüşü ilede üretebildiği görülmektedir. Aynı değişimler herbir yağlayıcı ve oranları değişiminde de gözlendiğinden, herbir yükteki motor hızı kayıt altına alınarak motor torkları hesaplanabilmektedir. Her ne kadarda motor hızı kendi mekanizması sayesinde ~3000 1/min'de sabit tutulmaya çalışılırsa da motor hızında bu değişimler gözlenmektedir. Bu değişimler yakıt-yağlayıcı karışımının yanmasının verdiği enerjiyle alakalı olup, aynı güç azda olsa farklı motor

hızlarıyla da verilebildiği ortaya çıkmaktadır. Alınan gücün sabit olduğu ise pens multimetre ile yapılan ölçümlerle doğrulanmaktadır. Motor torkunu bulmak için önce açısal hız;

$\omega = n \cdot \frac{\pi}{30}$ formülü ile hesaplanıp, sonrasında da $Me = \frac{Pe}{\omega}$ eşitliği kullanılarak motor torku hesaplanmaktadır.

Deneylede; motor, benzin ile maksimum torkun sağlandığı sabit ~3000 1/min hızda çalışmaktadır. Gaz kolu konumu değişen yüklere göre, motor hızını sabit tutmak için Şekil 3.5.'deki bir yay-karbüratör vakum mekanizması sayesinde kendiliğinden değişmektedir. Deney yakıt-yağ karışımları hacimsel olarak karıştırılıp, jenaratörden sırasıyla 100 W, 200 W, 300 W, 400 W, 500 W'lık güçler alınarak yükleme işlemleriyle ölçümler yapılmıştır. Benzinin içerisine ölçme kapları kullanılarak ilk başta hacimsel olarak 100 birim benzine 2 birim standart yağlayıcı ilave edilmiş ve ~3000 1/min motor hızında sırası ile %13,3, %26,6, %40, %53,3 ve %66,6'lık motor yükleri altında ölçümler tekrarlanmıştır. Aynı deneyler, aynı koşullar oluşturularak, hacimsel olarak bu kez 100 birim benzine sırasıyla 1 birim, 2 birim ve 3 birim biyodizel ilavesi ile oluşturulan karışımları kullanılarak yapılmıştır. Benzin-standart yağlayıcı karışımına hacimsel birimlerine göre, 100B+2SY, benzin-biyodizel karışımlarına ise sırasıyla 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD terimleri kısaltma olarak kullanılmıştır. Buradaki B benzini, SY standart yağlayıcıyı, BD ise biyodizeli ifade etmektedir.



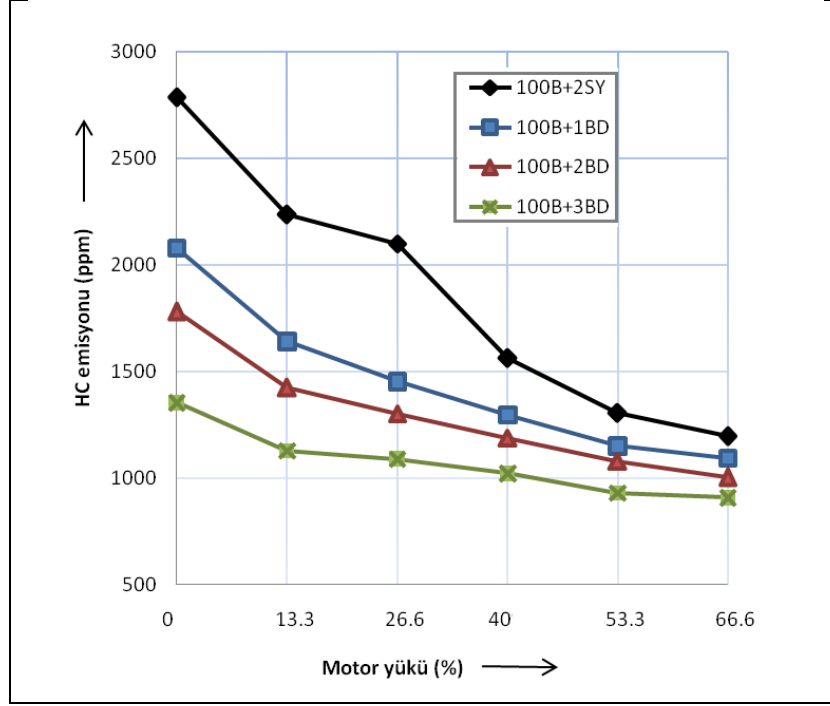
Şekil 3.5. Motor yay-karbüratör vakum mekanizması.

BÖLÜM 4

DENEY BULGULARI VE TARTIŞMA

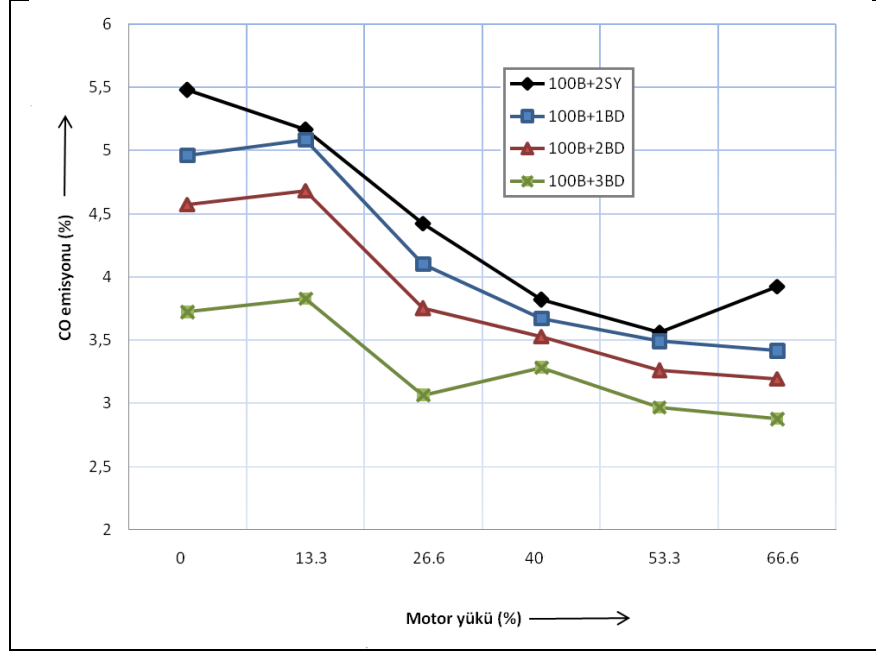
4.1. EGZOZ VE İS EMİSYONLARI

Benzine yağlayıcı olarak, biyodizel ilavesinin HC emisyonlarına etkisi Şekil 4.1.'de gösterilmiştir. Düşük motor yüklerinde 100B+2SY kullanımı ile karşılaştırıldığında benzin-biyodizel karışımları kullanımı ile elde edilen HC emisyonları farkı yüksek olmakta, motor yükü ile bu fark azalma eğilimi göstermektedir. HC emisyonlarında maksimum iyileşme değerleri motor yüksüz halde çalışırken 100B+3BD karışım oranında %51,3, 100B+2BD karışım oranında %36 ve 100B+1BD karışım oranında %25,3 olarak belirlenmiştir. Yük artışına bağlı olarak gaz kelebeği açıklığının artması ile karışımın bir miktar zenginleşmesi ve deneysel çalışmada kullanılan biyodizelin ($C_{19}H_{35,2}O_2$) bünyesinde bulunan O_2 moleküllerinin yanmayı iyileştirmesi nedeni ile HC emisyonlarında madeni bazlı yağlayıcıya göre azalma sağlanmıştır [29]. Bu azalmanın başka bir nedeni ise standart yağlayıcıda %10-20 arası ihtiva eden HC dışı katkı maddelerinin biyodizel yağlayıcıda bulunmaması ve biyodizelin kendisinin de yakıt formunda olmasıdır. En temiz HC emisyonu yaklaşık olarak %66 yük şartlarında belirlenmiş olup yük artırılmaya devam edildiğinde karışım zenginliği daha fazla arttığından HC emisyonları tekrar artış eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.1. Biyodizel ilavesinin HC emisyonuna ekisi.

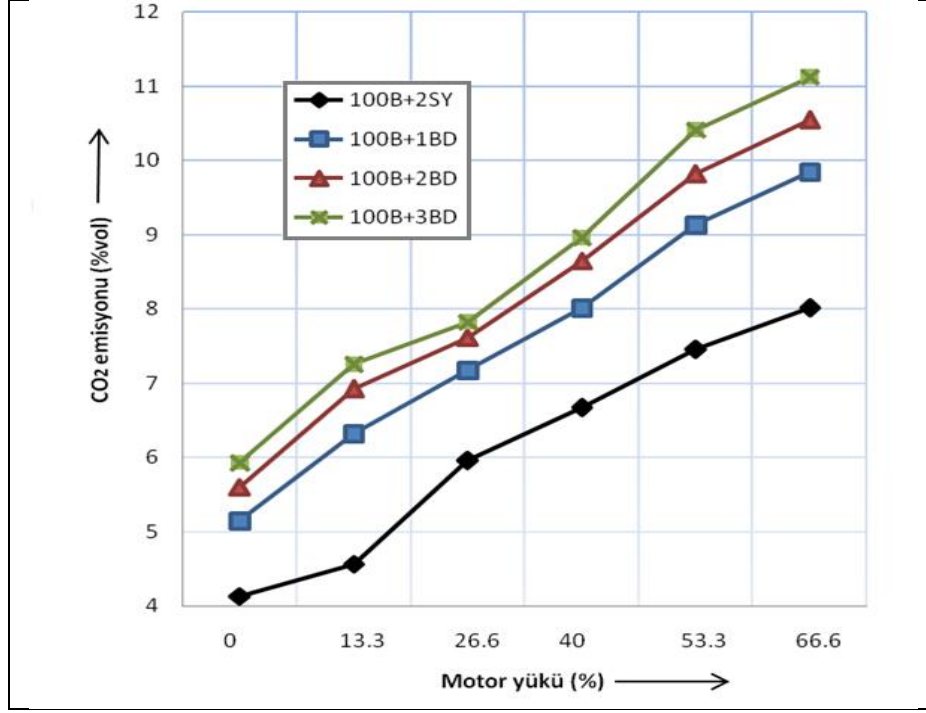
Benzine yağlayıcı olarak biyodizel ilavesinin CO emisyonuna etkisi Şekil 4.2.'de gösterilmektedir. Benzine biyodizel ilavesinin CO emisyonunu azaltmasının sebeplerinden biri, biyodizel içerisinde bulunan oksijenin silindir içerisindeki C atomlarının tam oksitlenmesini iyileştirmesidir. Bu durum, yanma sonunda açığa çıkan ve eksik yanma ürünü olan CO emisyon miktarını azaltmaktadır. Bu çalışmada CO emisyonlarının azalmasındaki etkenlerden biride kullanılan biyodizelin bünyesinde bulunan C atomu sayısının standart yağlayıcıya göre daha az olmasıdır [30]. 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımları; içerdikleri biyodizel miktarları ile ters orantılı bir şekilde CO salınımı vermektedirler. Şekil 4.2.'den de görüldüğü gibi madeni yağ karışımı ile karşılaştırıldığında artan motor yükü ve biyodizel ilavesinin CO emisyonunda yukarıda belirtilen sebeplerden dolayı azalma eğilimi gösterdiği belirlenmiştir.



Şekil 4.2. Biyodizel ilavesinin CO emisyonuna etkisi.

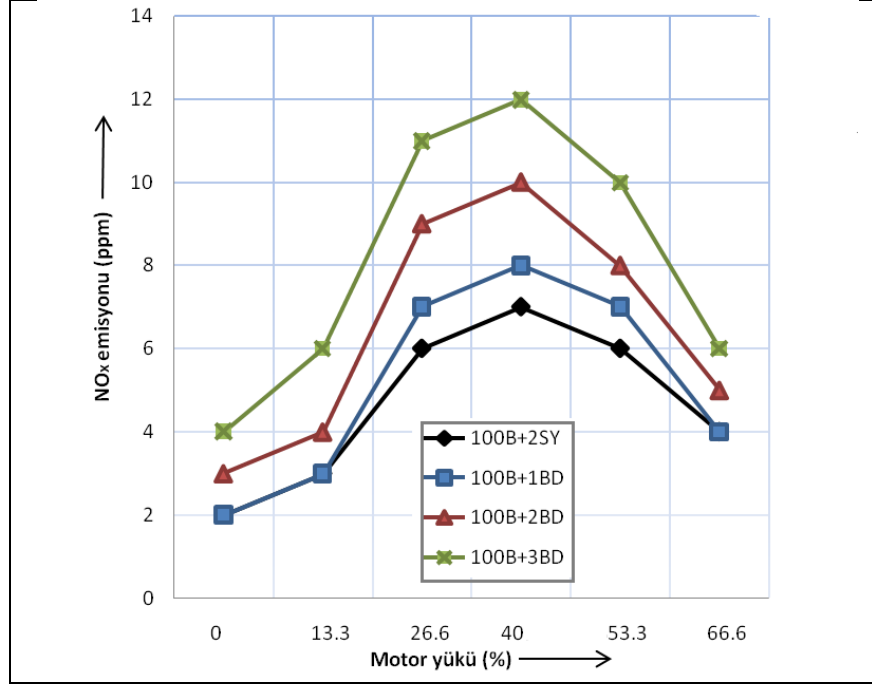
Benzine biyodizel ilavesinin CO₂ emisyonlarına etkisi Şekil 4.3.'de gösterilmektedir. Tüm benzin-biyodizel karışım oranlarında ve motor yükü şartlarında CO₂ emisyonu artmaktadır. CO₂ emisyonlarında 100B+2SY karışımı kullanımına göre maksimum artış, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı ile ve %66,6 motor yükü şartında %38,7 olarak belirlenmiştir. CO₂ emisyonu tam yanma ürünüdür. CO₂ emisyonunun artması, biyodizel bünyesinde bulunan oksijenin silindir içerisinde salınarak yanmayı iyileştirmesi ile açıklanabilmektedir [31].

Yanma sonucu oluşan NO_x emisyonlarına azotoksitler denilmektedir. NO_x'ler büyük oranda silindir içerisinde oluşan sıcaklığa ve ortamdaki O₂ miktarına bağlıdır. Hava içerisindeki O₂, yakıt ile yanma reaksiyonuna girerken N₂ gazı reaksiyona girmemektedir. Ancak sıcaklık 1600 °C'yi geçtiğinde hava içerisindeki N₂, O₂ ile reaksiyona girerek NO_x emisyonlarını oluşturmaktadır. Şekil 4.4.'de benzin-biyodizel karışımının NO_x emisyonuna etkisi görülmektedir. Her karışım oranı ve yük şartlarında NO_x emisyonu artma eğilimi göstermektedir. NO_x emisyonlarında maksimum artış, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı kullanımında ve %40 motor yükü şartında %71,4 olarak belirlenmiştir.



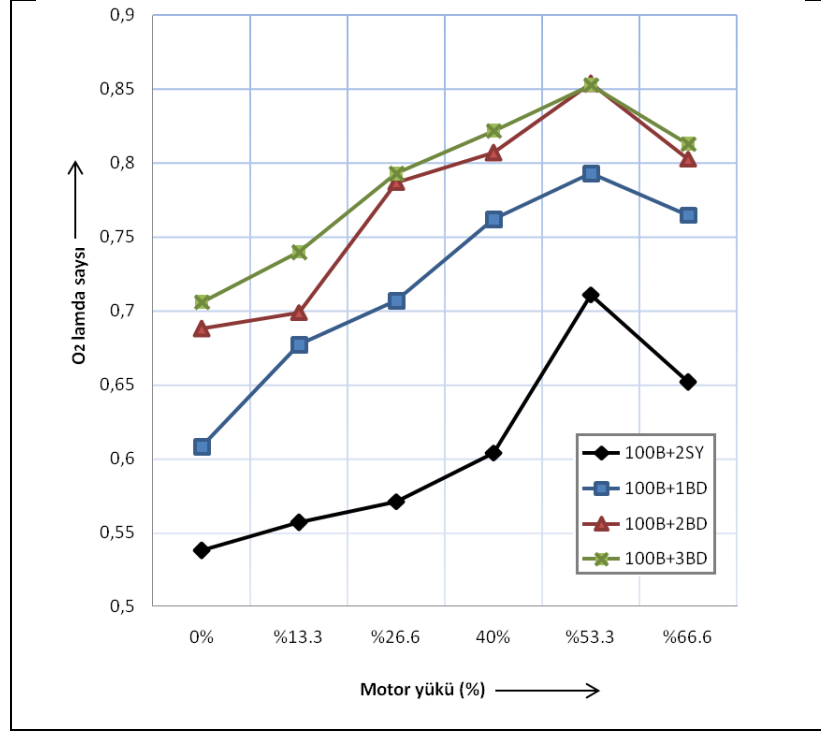
Şekil 4.3. Biyodizel ilavesinin CO₂ emisyonlarına etkisi.

Düşük motor yüklerinde silindirlere alınan yakıt miktarı az olduğu için yanma sonucu sıcaklığı azalarak NO_x emisyonları azalmaktadır. Motor yükünün %26,6'dan %40'a artırılması durumunda karışım zenginleşmekte ve biyodizelin bünyesinde bulunan oksijen silindir içerisinde yanmayı iyileştirerek NO_x emisyonlarını artırmaktadır. [32,33]. Motor yükü %66,6'ya arttırıldığında ise silindir içerisine alınan karışım zenginliği daha da arttığından tam yanma için gerekli olan hava bulunamadığı için diğer motor yüklerine göre yanma kısmen kötüleşmektedir. Bu durum NO_x emisyonlarının azalmasına neden olmaktadır.



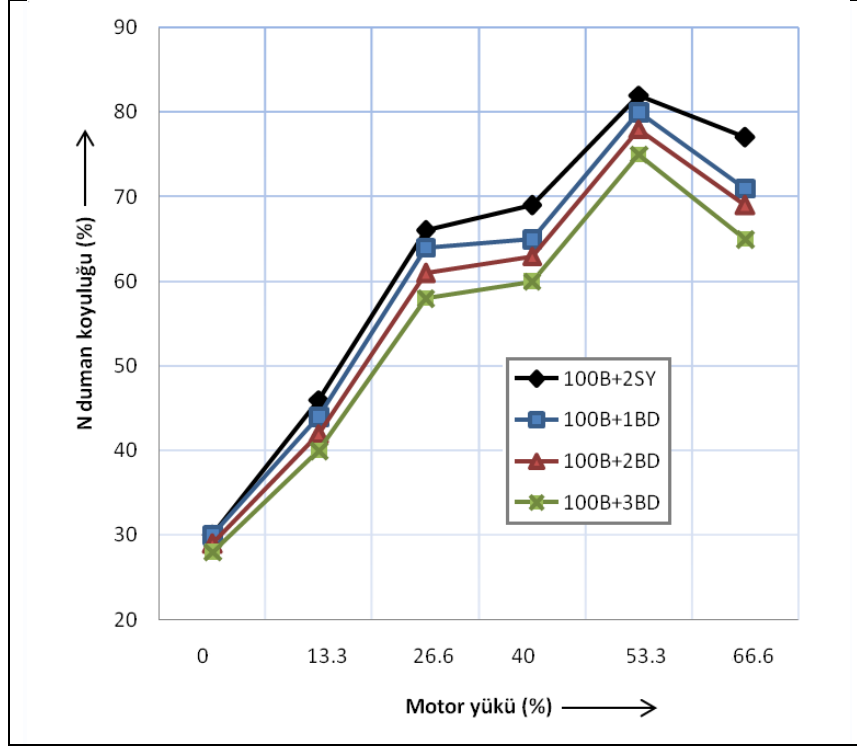
Şekil 4.4. Biyodizel ilavesinin NO_x emisyonuna etkisi.

Oksijen lamda sayısı egzoz gazları içindeki yanma işlemine katılmamış oksijen miktarını belirlemekte; hava-yakıt karışımının fakir veya zengin olduğunu göstermektedir. Lamda sayısının artması egzoz gazındaki oksijen miktarının artması demektir. Şekil 4.5.'den görüldüğü gibi oksijen lamda sayısı benzin-biyodizel karışımı kullanımında, benzin-standart yağlayıcı karışımı kullanımından daha yüksektir. Bu durumun biyodizelin bünyesindeki oksijen moleküllerinin varlığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, karışım içindeki biyodizel oranı arttırıldığında, yanma için kullanılan oksijen miktarı artacağından dolayı oksijen lamda sayısının arttığı görülmüştür [34].



Şekil 4.5. Biyodizel ilavesinin oksijen lamda sayısına etkisi.

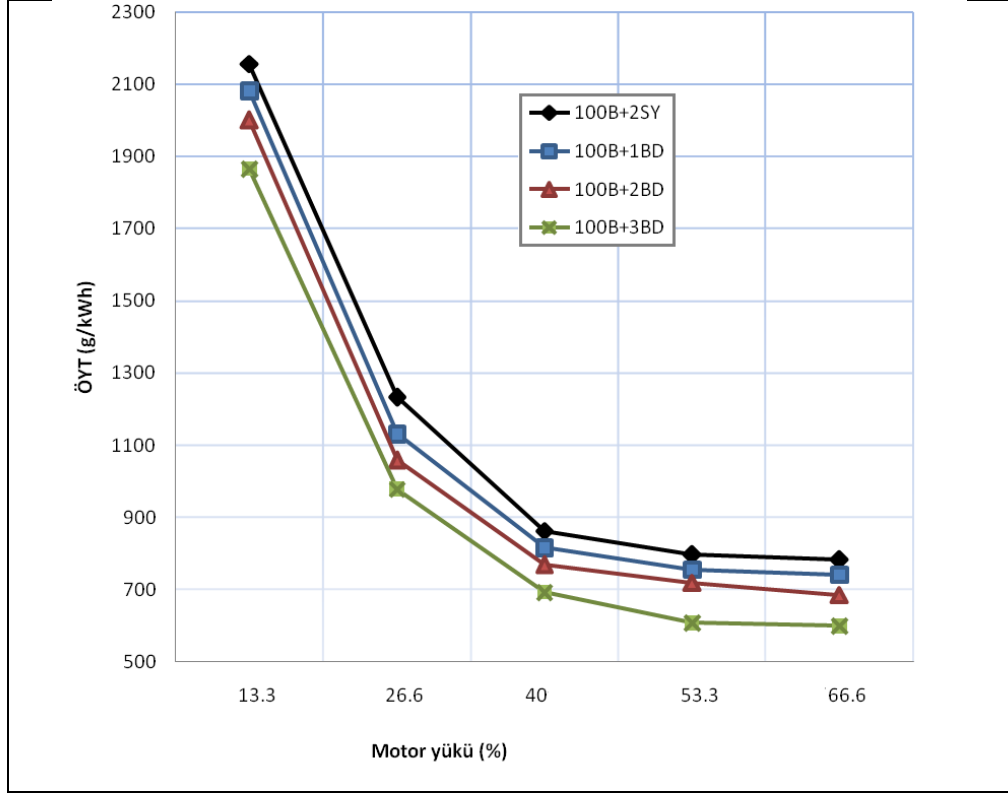
Duman koyuluğu, egzoz gazı içerisindeki şeffaf olmayan parçacıkların kesitten geçerken karşılaştıkları ışığın aydınlatma şiddetini azaltma yüzdesi şeklinde tanımlanmaktadır. Tüm deneylerde, benzin-biyodizel karışımlarının duman koyuluğu değerleri, benzin-standart yağlayıcı karışımı kullanımına göre düşük görülmüştür. En yüksek duman koyuluğu farkı ise %66,6 motor yükünde ortaya çıkmıştır. Benzin-biyodizel karışımı ve benzin-standart yağlayıcı karışımı duman koyuluğu değerlerinin, motor yüküne bağlı değişimi Şekil 4.6.'da görülmektedir. Motor yağı üretilirken mineral bazyajların içine istenilen özelliğe yönelik; deterjanlar, pas önleyiciler, aşınma azaltıcılar, antifiriz, teflon, çinko benzeri kimyasallar eklenmektedir. Motor yağlarındaki bu katkıların miktarı %10-20 civarındadır. Biyodizel ise doğal formunda olup hiçbir katkı içermez. Hidrokarbon dışı bu kimyasallar yanma işlemine girmeden egzoz gazları ile atıldıkları için benzin-standart yağlayıcı karışımının duman koyuluğu daha fazladır. Benzin-biyodizel karışımının düşük koyuluğa sahip olmasının bir sebebidir yanmanın iyileşmesi sayesinde egzoz gazının daha temiz çıkmasıdır.



Şekil 4.6. Biyodizel ilavesinin duman koyuluğuna etkisi.

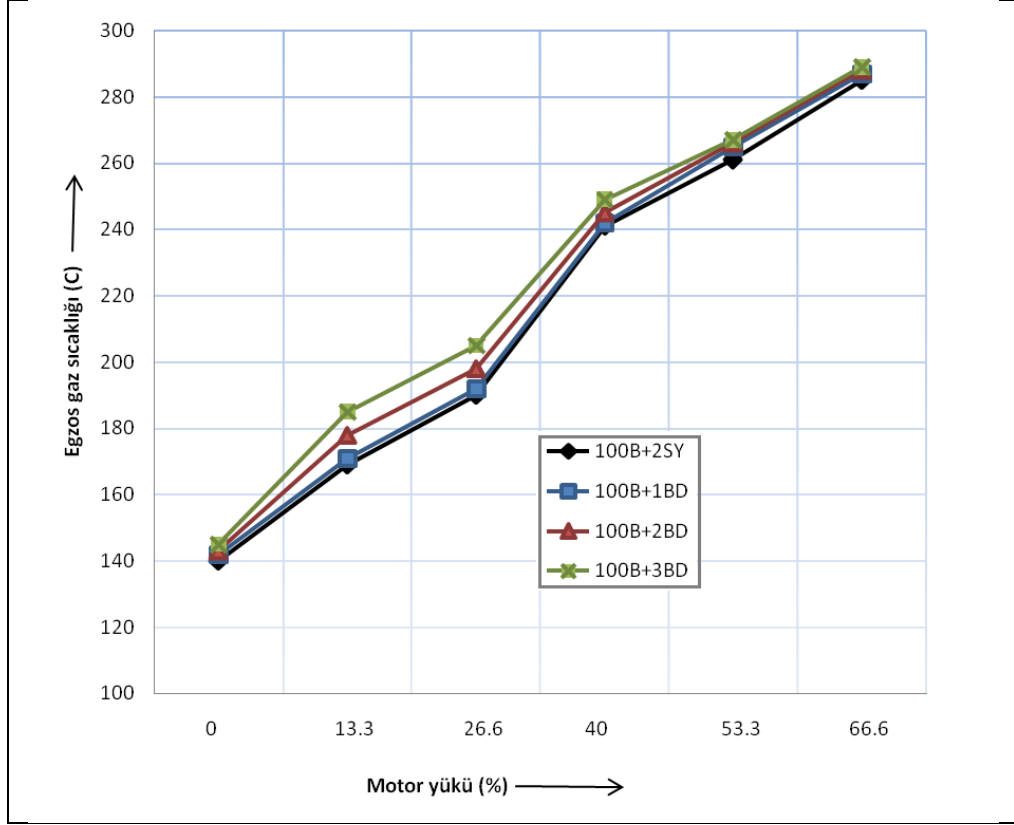
4.2. MOTOR PERFORMANSI VE YAKIT TÜKETİMİ

Özgül yakıt tüketimi (ÖYT); 1 kWh yararlı iş elde edebilmek için kullanılması gereken yakıt miktarıdır. Bu nedenle motor yakıtlarının ÖYT'lerinin karşılaştırılmasında yakıtların yanmalarının iyileştirilmesi oldukça önemlidir. Yanma ne kadar iyileşirse yakıt bünyesinde bulunan daha fazla HC yakılmak sureti ile enerjiye dönüştüğünden ÖYT azalmaktadır. Şekil 4.7.'de biyodizel ilavesinin motor yüküne bağlı olarak ÖYT'ne etkisi görülmektedir. Biyodizel ilavesi ile ÖYT'de azalma meydana gelmiştir. Motorda ve çalışma parametrelerinde herhangi bir değişiklik yapılmaksızın benzine biyodizel ilavesi, biyodizelin içerdiği O₂ molekülleri nedeni ile yakıtın yanması iyileşeceğinden ÖYT'de azalmaya neden olmaktadır [35]. Azalmanın bir başka nedeni ise biyodizelin standart madeni yağlayıcı gibi HC dışı hiçbir katkı maddesi içermemesi, tamamen yakıt formunda olmasıdır. Bu azalmalar karışım içindeki biyodizel miktarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. ÖYT'deki maksimum azalma, standart yağlayıcı karışımı ile karşılaştırıldığında, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı kullanımı ile ve %13,3 motor yükü şartında %13,47 olarak belirlenmiştir.



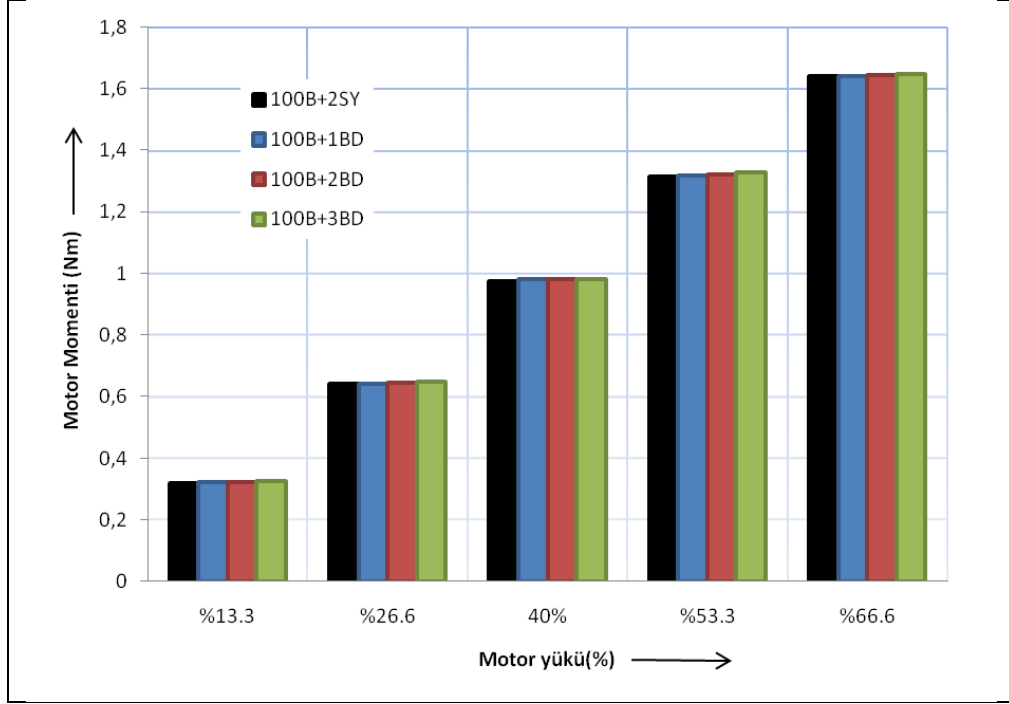
Şekil 4.7. Biyodizel ilavesinin ÖYT'ye etkisi.

Benzin içerisinde yağlayıcı olarak biyodizel ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi Şekil 4.8.'de gösterilmektedir. Egzoz gazı sıcaklığı yanma sonu sıcaklığının bir fonksiyonu ve göstergesidir. Biyodizelin içerisinde bulunan oksijen, hidrojen elementinden ayrışarak yanmayı kısmi olarak iyileştirmektedir. Yanmanın iyileşmesi ise yanma sonu sıcaklığını etkilemektedir [35]. Ayrıca, benzine biyodizel ilave edilirken hava/yakıt oranı artmaktadır. Şekil 4.8.'de görüldüğü gibi, benzine biyodizel ilavesi ile egzoz gazı sıcaklığı artmaktadır. Maksimum egzoz gazı sıcaklığındaki artış, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı ve %13,3 motor yükünde %9,4 olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.8. Biyodizel ilavesinin egzoz sıcaklığına etkisi.

Şekil 4.9’da motor yükü, yağlayıcı tipi ve karışım miktarlarına bağlı olarak motor momentini değişimleri görülmektedir. %13,3 kısmi yük şartlarında motor momentini, 100B+2SY, 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD karışımları için sırasıyla 0,321 Nm, 0,323 Nm, 0,324 Nm ve 0,326 Nm olarak ölçülmüştür. Motor yükünün artırılmasıyla motor momentinde artış gözlenmektedir. %66.6 motor yükünde motor momentini 100B+2SY, 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD karışımları kullanımı için sırasıyla 1,641 Nm, 1,643 Nm, 1,646 Nm ve 1,65 Nm olarak ölçülmüştür. Motor momentindeki bu artış biyodizelin içinde ihtiva ettiği O_2 ’nin silindir içerisindeki yanmayı iyileştirip daha fazla enerji alınmasından kaynaklanmaktadır [36].



Şekil 4.9. Biyodizel ilavesinin motor momentine etkisi.

BÖLÜM 5

SONUÇLAR

Mevcut çalışmada deney motoru olarak tek silindirli, iki zamanlı hava ile soğutmalı K&L WH950 Model benzinli bir motor kullanılmıştır. Çalışmada hacimsel olarak 100 birim benzine sırasıyla 1 birim, 2 birim ve 3 birim biyodizel ilavesi ve 100 birim benzine 2 birim standart madeni yağ ilavesi ile oluşturulan karışımlar 5 farklı motor yükü şartlarında (%13,3, %26,6, %40, %53,3, %66,6) denenmiş olup mevcut çalışma koşullarının motor performans ve emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Her bir deney için egzoz sıcaklığı, HC, CO, CO₂, NO_x emisyonları, O₂ lamda sayısı ve duman koyuluğu ölçülerek, ÖYT, motor torku değerleri hesaplanmıştır. 100B+2SY benzin-standart madeni yağ karışımı kullanımı ile elde edilen performans ve emisyon değerleri, yukarıda belirtilen benzin-biyodizel karışımı ile elde edilen değerlerle karşılaştırılarak aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

1. Benzine biyodizel ilavesi ile HC emisyonlarında azalma görülmüştür. Benzin-standart yağlayıcı ve benzin-biyodizel karışımları arasında HC emisyonu farkı düşük motor yüklerinde yüksek; yük artışı ile azalma eğilimi göstermiştir. Maksimum fark, motor relanti şartında çalışırken standart yağlayıcı kullanımına göre; 100B+3BD karışımı ile %51,3 iyileşmesi şeklinde belirlenmiştir.
2. Benzin-standart madeni yağ karışımı ile karşılaştırıldığında artan motor yükü ve benzine biyodizel ilavesi ile CO emisyonlarında azalma gözlemlenmiştir. Maksimum azalma, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımında ve motor relantide çalışırken ölçülmüştür.
3. Benzin-standart madeni yağ karışımı ile karşılaştırıldığında benzine biyodizel ilavesinin her motor yükünde CO₂ emisyonunu arttırdığı görülmüştür.

4. Benzine biyodizel ilavesi, NO_x emisyonlarında benzin-standart madeni yağ kullanımına göre artışa sebep olmuştur. Bu artış artan biyodizel miktarı ile orantılı olarak değişmiştir. NO_x emisyonlarında maksimum artış, %40 motor yükü ve 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı şartlarında ölçülmüştür.
5. Oksijen lamda sayısı, benzin-standart yağlayıcı karışımı ile karşılaştırıldığında her motor yükü şartında karışım içindeki biyodizel miktarı arttıkça artış göstermiştir.
6. Benzin-standart madeni yağ karışımına kıyasla, benzine artan biyodizel ilavesiyle % duman koyuluğu azalmış, daha renksiz ve temiz egzoz gazı çıkışı gözlenmiştir
7. Benzine biyodizel ilavesi ile ÖYT'nde azalma gözlemlenmiştir. ÖYT'de maksimum azalma, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı kullanımı ve %13,3 motor şartında %13,47 olarak belirlenmiştir.
8. Egzoz gazı sıcaklığı benzine biyodizel ilavesi ile artış göstermiştir. Maksimum egzoz sıcaklığı artışı, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımı kullanımı ile %13,3 motor yükünde %9,4 olarak ölçülmüştür.
9. Motor momenti ölçümünde, %13,3 kısmi yükte motor momenti 100B+2SY benzin-standart madeni yağ karışımı kullanımı ve 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD benzin-biyodizel karışımları kullanımı için sırasıyla 0,321 Nm, 0,323 Nm, 0,324 Nm ve 0,326 Nm olarak ölçülmüştür. Motor yükü artırılmasıyla motor momentinde artış gözlenmektedir. %66,6 motor yükünde ise motor momenti 100B+2SY, 100B+1BD, 100B+2BD, 100B+3BD karışımları kullanımı için sırasıyla 1,641Nm, 1,643Nm, 1,646Nm ve 1,65Nm olarak ölçülmüştür. Benzine biyodizel ilavesi ile motor momentinde kayda değer artış miktarları gözlenmiştir.

Deneylerden elde edilen sonuçlara göre, benzine biyodizel ilavesinin fosil kaynaklı yakıt emisyonlarında azalma sağladığı ve yağlayıcı olarak kullanılabileceği ifade edilebilmektedir. Motorda yapısal herhangi bir değişikliğe gereksinim duyulmaksızın; petrol kaynaklı yakıtların kullanım oranını azaltmak, kirletici emisyonları azaltarak hava kalitesini iyileştirmek ve evsel atık yağları değerlendirmek sureti ile yenilenebilir biyodizel yakıtının iki zamanlı buji ile ateşlemeli bir motorda yağlayıcı olarak kullanımı önerilmektedir.

KAYNAKLAR

1. Çengel Y. A. ve Boles, M. A., “Mühendislik Yaklaşımıyla Termodinamik”, Çeviri Editörü: Ertan Buyruk, *Güven Yayınevi*, İstanbul, 411-415 (2012).
2. T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Motor Çevrimleri ve Yakıtlar”, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara, 3-6 (2008).
3. Safgönül, B., Soruşbay, C., Arslan, H. E., ve Ergeneman, M., “İçten Yanmalı Motorlar”, *Birsen Yayınevi*, İstanbul, 34-38 (2008).
4. İnternet: International Monetary Fund, “World Economic Outlook”, <http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2008/02/weodata/groups.htm#ae> (2008).
5. İnternet: Birleşmiş Milletler Nüfus Fonu, “Nüfus Fonu Verileri”, <http://www.unfpa.org/swp> (2011).
6. İnternet: U.S. Department of State Office of The Historian, “Oil Embargo, 1973-1974”, <http://history.state.gov/milestones/1969-1976/oil-embargo> (2013).
7. İnternet: About.com Inc., “Definition of Free Market Economy”, http://economics.about.com/cs/economicsglossary/g/free_market_e.htm (2013).
8. İnternet: Devlet Su İşleri Makina Motor Bilgisi Eğitim Programı, “Motorlar”, <http://www.dsi.gov.tr/docs/sond%C3%B6r-yeterlilik/makina-motor-bilgisi-e%C4%9Fitim-program%C4%B1.pdf?sfvrsn=4> (2013)
9. İnternet: Milliyet, “Türkiye Bir Zamanlar Böyleydi: Triportör”, <http://www.milliyet.com.tr/fotogaleri/45829-yasam-turkiye-bir-zamanlar-boyleydi/17> (2013).
10. United Nations Department of Economic and Social Affairs, “2009–2010 demographic yearbook”, *UNDESA*, New York, USA, 61: 115-383 (2011).
11. Potera, C., ”Asia’s two-stroke engine dilemma”, *Environ. Health Perspect*, 112 (11): 613 (2004).
12. İnternet: Kannan, N.G. and Bhattacharya, D., “Automotive Lubricants Consistent Growth in Demand & Quality, Indian Oil”, <http://www.shilpabichitra.com/shilpa2001/v101.html> (2000).
13. İnternet: Sky Turks Eğitim Merkezi, “Dünyanın En Büyük 100 Şehri”, http://www.skyturks.com/dunyanin_en_buyuk_100_sehri.asp (2013)

14. Motorlu Taşıtlar Sanayii Derneği, “2012 yılı değerlendirme raporu”, *MTSD*, İstanbul, 3: 5-10 (2013).
15. İnternet: The World Bank, “Motor Vehicles (per 1000 people)”, <http://data.worldbank.org/indicator/IS.VEH.NVEH.P3> (2013).
16. İnternet: Türkiye Motorlu Taşıt Bürosu, “2013 İki ve Çok Tekerlekli Motorlu Taşıtlar İstatistikleri”, <http://www.tmtb.org.tr/sayfa.aspx?pid=8&id=15> (2013).
17. İnternet: Resmi Gazete, “İçişleri Bakanlığında:Karayolları Trafik Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik”, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/03/20120321-2.ht>, Gazete Sayısı: 28240, Tarihi: 21.04 (2012)
18. İnternet: Ulucan, C., “Yediemin Depoları Motosikletle Doldu”, <http://www.hurriyet.com.tr/gundem/23370586.asp> (2013).
19. İnternet: “Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü, Mevzuat Bilgi Bitemi”, ”Gezi Tekneleri Yönetmeliği”, <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspx?MevzuatKod=7.5.10901&sourceXmlSearch=gezi%20tekneleri&MevzuatIliski=0> (2011).
20. Babuş, D., “Küresel ısınma sorununun uluslararası çevre politikası içerisinde irdelenmesi ve Türkiye'nin yeri”, Yüksek Lisans Tezi, *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Adana, 1-2 (2005).
21. Gümüşay, M. Ü., ”Karayolunda hareket halindeki araçların egzost gazlarının CBS ortamında analiz edilmesi”, Lisans Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Fotogrametri Anabilim Dalı*, İstanbul 1-2 (2009).
22. İnternet: BBC News U.K., “Q&A: The Kyoto Protocol”, <http://news.bbc.co.uk/2/hi/sci/tech/4269921.stm> (2005).
23. İnternet: Mercedes-Benz Türkiye, “Euro Emisyon Normları”, <http://www.mercedesbenz.com.tr/home/trucks/actros/bluetec/legislation.html> (2013).
24. Keskin, A. ve Sağıroğlu, S., “Dizel motorlarında kaynaklanan egzoz emisyonları ve kontrol yöntemleri”, *Mühendis ve Makina*, 51 (606): 473-485 (2010).
25. İnternet: Shell Türkiye, “Madeni Yağlar Ürün Kataloğu”, <http://www.shell.com.tr/products/advance-sx-2.html>, <http://www.omf.com.tr/urunpdf/Shell%20Advance%20SX%202.pdf> (2013).
26. T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Esterler ve Yağlar”, *Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi*, Ankara 6-9 (2008).
27. Önem, E. ve Sekmen, P., “Dizel yakıtların yağlayıcılık özelliklerinin belirlenme yöntemleri”, *Taşıt Teknolojileri Elektronik*, 1 (2):1-2 (2009).

28. T. C. Milli Eğitim Bakanlığı, “Yağlar ve Yağlar Analizleri”, **Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi**, Ankara 19-24 (2008).
29. Lee, S. W., Herage, T. and Young, B., “Emission reduction potential from the combustion of soy methyl ester fuel blended with petroleum distillate fuel”, **Fundamental Mechanisms of Biomass**, 83 (11-12): 1607-1613 (2004).
30. Sekmen, Y., “Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin dizel motorda yakıt olarak kullanılması” **Teknoloji**, 10 (4): 299 (2007).
31. Öztürk, M. G. ve Bilen, K., “Kanola yağı metil esteri ve karışımlarının dizel motoru egzoz emisyonuna ve yakıt tüketimine etkisinin deneysel incelenmesi”, **Int.J.Eng.Research& Development**, 1 (1): 50-55 (2009).
32. Behçet, R., Aydın, S. ve Çakmak, A., “Bitkisel ve hayvansal atık yağlardan üretilen biyodizellerin tek silindirli bir dizel motorda yakıt olarak kullanılması”, **Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der.**, 2 (4): 55-62 (2010).
33. Aydın, H. ve Bayındır, H., “Pamuk yağı metil esterinin bir dizel motorunun kısmi yüklerinde yanma ve egzoz emisyonlarına etkilerinin araştırılması”, **Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları; 2008**, 7-8 (2008).
34. Masjukia, H. H., Maleque, M. A., Kuboand, A. and Nonaka, T., “Palm oil and mineral oil based lubricants-their tribological and emission performance”, **Tribology International**, 32 (6): 305-314 (1999).
35. Akçay, M., Gölcü., M. ve Yazıcı., H., “Tek silindirli benzinli bir motorda kısmi yüklerde bütanol ilavesinin performans ve emisyonlara etkisi”, Ön Lisans Bitirme Ödevi, **Otomotiv Programı, Meslek Yüksek Okulu, Muş Alparslan Üniversitesi**, Muş, 59 (2011).
36. Singh, A. K., “Castoroil-based lubricant reduces smoke emission in two-stroke engines”, **Chemical Science Division, Indian Institute of Petroleum**, India, 292 (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Ali Bayram 1987 yılında Ankara’da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı. Gazi Çiftliği Lisesi’nden mezun oldu. 2006 yılında Dicle Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Makina Eğitimi Bölümü’nde öğrenime başlayıp 2010 yılında iyi derece ile mezun oldu. 2012 yılında İstanbul Türk Hava Yolları Havacılık Ağır Bakım Onarım Merkezinde yardımcı uçak teknisyeni olarak göreve başladı. 2010 yılında Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Eğitimi Anabilim Dalı’nda başlamış olduğu yüksek lisans programını 2013 bahar döneminde bitirmiştir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres : Saadetdere mah. 3.sok. no:18/2 Esenyurt / İSTANBUL

Telefon : (0539)6414559

E-posta : kasanova45@hotmail.com