



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK KIZARTMA YAĞI BİYODİZEL –
DİZEL YAKIT KARIŞIMI İLE ÇALIŞAN BİR
DİZEL MOTORUNA ASETİLEN GAZI
İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANSI VE
EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ**

Kadir TABAKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ocak-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**ATIK KIZARTMA YAĞI BİYODİZEL –
DİZEL YAKIT KARIŞIMI İLE ÇALIŞAN BİR
DİZEL MOTORUNA ASETİLEN GAZI
İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANSI VE
EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ**

Kadir TABAKÇI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı**

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Mehmet AKÇAY

Ocak-2022
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Kadir TABAKÇI tarafından hazırlanan “Atık Kızartma Yağı Biyodizel – Dizel Yakıt Karışımı İle Çalışan Bir Dizel Motoruna Asetilen Gazı İavesinin Motor Performansı Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisi” adlı tez çalışması 07/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir

Jüri Üyeleri

Başkan

Doç. Dr. Salih ÖZER
Muş Alparslan Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makina Mühendisliği

Danışman

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKÇAY
Muş Alparslan Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makina Mühendisliği

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Adem UĞURLU
Kırklareli Üniversitesi
Teknoloji Fakültesi
Mekatronik Mühendisliği

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu/...../..... Tarih ve/..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Sedat BOZARI
FBE Müdürü

Bu tez çalışması Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından Bap-20-MMF-4902-03 nolu proje ile desteklenmiştir.

**Dr. Öğr. Üyesi İlker Turgut YILMAZ bu tez çalışmasının ikinci danışmanıdır.

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Kadir TABAKÇI

07/01/2022

ÖZET

YÜKSEK LİSANS DÖNEM PROJESİ

ATIK KIZARTMA YAĞI BİYODİZEL – DİZEL YAKIT KARIŞIMI İLE ÇALIŞAN BİR DİZEL MOTORUNA ASETİLEN GAZI İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANSI VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

Kadir TABAKÇI

Muş Alparslan Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı

Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Mehmet AKÇAY

Günümüzde enerji ihtiyacının büyük bir bölümü fosil kaynaklı yakıtlardan karşılanmakta olup, fosil kökenli kaynakların gittikçe azalması ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerinden dolayı alternatif enerji kaynakları gündeme gelmiştir. Alt ısı değeri yüksek, maliyeti düşük ve kolay temin edilebilen asetilen gazı, dizel motorları için bir alternatif yakıt olarak görülmektedir.

Bu çalışmada, dizel yakıt - atık kızartma yağı biyodizeli karışımı ile çalışan bir dizel motoruna asetilen gazı ilavesinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Asetilen gazı, dakikada 10 L ve 15 L oranlarında dizel, B25 (%75 dizel+%25 biyodizel) ve B50 (%50 dizel+%50 biyodizel) yakıtları ile çalışan dizel motorunun emme havasına eklenerek motor testleri gerçekleştirilmiştir.

Deney yakıtları dört zamanlı, 4 silindirli, su soğutmalı, turbo doldurmalı, Common Rail yakıt püskürtme sistemine sahip bir dizel motorunda 40 Nm, 60 Nm ve 80 Nm motor yüklerinde test edilerek performans ve emisyon değerleri belirlenmiştir. Çalışma sonucunda Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ısı verim ve hacimsel verim değerlerinde azalmaya neden olurken, özgül yakıt tüketimi, özgül enerji tüketimi ve egzoz gaz sıcaklığı değerlerinde artışa neden olmuştur. Asetilen gazı katkısı ile NO_x, HC, CO ve is emisyonları artarken, CO₂ emisyonlarında azalma meydana gelmiştir.

2022, 49 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Alternatif enerji, asetilen gazı, atık kızartma yağı, dizel motorlar, karbonmonoksit, özgül yakıt tüketimi

ABSTRACT

MS TERM PROJECT

THE EFFECT OF ACETYLENE GAS ADDITION ON PERFORMANCE AND EMISSION CHARACTERISTICS OF A DIESEL ENGINE FUELED WITH WASTE COOKING OIL BIODIESEL – DIESEL FUEL BLENDS

Kadir TABAKÇI

**Muş Alparslan University
Natural and Applied Science
Department of Nuclear Energy and Energy Systems**

Advisor: Assist. Prof. Mehmet AKÇAY

Today, a large part of the energy need is met from fossil fuels, and alternative energy sources have come to the fore due to the gradual decrease of fossil-based resources and their negative effects on the environment. Acetylene gas, which has a high lower calorific value, low cost and easily available, is seen as an alternative fuel for diesel engines.

In this study, the effect of the addition of acetylene gas to a diesel engine operating with a diesel fuel-waste cooking oil biodiesel mixture on engine performance and exhaust emissions was experimentally investigated. Engine tests were carried out by adding acetylene gas to the intake air of the diesel engine operating with diesel, B25 (75% diesel+25% biodiesel) and B50 (50% diesel+50% biodiesel) fuels at a rate of 10 L and 15 L per minute.

The performance and emission values were determined by testing the experimental fuels at 40 Nm, 60 Nm and 80 Nm engine loads in a four-stroke, 4-cylinder, water-cooled, turbocharged diesel engine with Common Rail fuel injection system. As a result of the study, the addition of acetylene gas to Diesel, B25 and B50 test fuels caused a decrease in thermal efficiency and volumetric efficiency, while an increase in specific fuel consumption, specific energy consumption and exhaust gas temperature values. With the contribution of acetylene gas, NO_x, HC, CO and soot emissions increased, while CO₂ emissions decreased.

2022, 49 Pages

Keywords: Alternative energy, acetylene gas, waste cooking oil, diesel engines, carbon monoxide, specific fuel consumption

TEŞEKKÜR

Yüksek lisans tez çalışmamın gerçekleşmesinde büyük anlayış, yardım, ve desteklerini gördüğüm fikir, bilgi, kaynak ve görüşlerini benimle paylaşan sayın Dr. Öğr. Üyesi Mehmet AKÇAY'a, sayın Dr. Öğr. Üyesi İlker Turgut YILMAZ'a teşekkürlerimi sunarım.

Tüm yaşantım boyunca daima arkamda olup desteklerini hiçbir zaman benden esirgemeyen değerli aileme ve arkadaşlarıma sonsuz teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmamın maddi açıdan desteklenmesine olanak sağlayan Muş Alparslan Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) Koordinatörlüğüne (Proje No: Bap-20-MMF-4902-03) teşekkür ederim.

Kadir TABAKÇI
MUŞ-2022



İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	x
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN ALTERNATİF YAKITLAR	3
2.1 Hidrojen	3
2.2 Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG).....	4
2.3 Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG).....	4
2.4 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG).....	4
2.5 Etanol	5
2.6 Asetilen Gazı.....	5
2.7 Biyodizel.....	5
2.7.1 Biyodizel Üretim Kaynakları.....	6
2.7.1.1 Bitkisel Yağlar	6
2.7.1.2 Hayvansal Yağlar.....	7
2.7.1.3 Evsel Atık Yağlar.....	7
2.7.2 Biyodizel Üretim Yöntemleri	7
2.7.2.1 Transesterifikasyon	8
2.7.3 Biyodizel Standartları	10
3. KAYNAK ARAŞTIRMASI	12
4. MATERYAL ve YÖNTEM	15
4.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyaller	15

4.1.1 Deney Motoru	16
4.1.2 Eddy Current Dinamometre	17
4.1.3 Sıvı Yakıt Tüketimi Ölçüm Düzeneği	19
4.1.4 Asetilen Gazı Tüketimi Ölçümü	19
4.1.5 Asetilen Gazı Tüpü	20
4.1.6 Egzoz Emisyon Cihazı	20
4.2 Deneysel Prosedür	21
4.3 Veri Analizi	22
4.3.1 Yakıt Tüketimi	23
4.3.2 Özgül Yakıt Tüketimi	23
4.3.3 Özgül Enerji Tüketimi	23
4.3.4 Isıl Verim	24
4.3.5 Hacimsel Verim	24
5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	25
5.1 Motor Performansı	25
5.1.1 Isıl Verim	25
5.1.2 Hacimsel Verim	26
5.1.3 Özgül Yakıt Tüketimi	27
5.1.4 Özgül Enerji Tüketimi	28
5.1.5 Egzoz Gazı Sıcaklığı	30
5.2 Egzoz Emisyonları	31
5.2.1 CO Emisyonu	31
5.2.2 CO ₂ Emisyonu	32
5.2.3 HC Emisyonu	34
5.2.4 NO _x Emisyonu	35
5.2.5 İş Emisyonu	36
6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER	39

6.1 Sonuçlar	39
6.2 neriler	40
KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ	49



SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

°C	: Santigrat Derece
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
d	: Devir
dk	: Dakika
g	: Gram
h	: Saat
HC	: Hidrokarbon
hp	: Beygir Gücü
H/Y	: Hava/Yakıt
K	: İs
L	: Litre
O ₂	: Oksijen
s	: Saniye
SO	: Kükürt Oksit
λ	: Hava Fazlalık Katsayısı

Kısaltmalar

B10	: Biyodizel % 10 + Dizel %90
B20	: Biyodizel % 20 + Dizel %80
B25	: Biyodizel % 25 + Dizel % 75
B50	: Biyodizel % 50 + Dizel % 50
BTE	: Fren Isıl Verimliliği
ECU	: Elektronik Kontrol Ünitesi
EGR	: Egzoz Gazı Geriçevrimi
ÖYT	: Özgül Yakıt Tüketimi
ÖET	: Özgül Enerji Tüketimi
ppm	: Part Per Million (Milyonda Bir Birim)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 . Yağ Molekülü (Trigliserit).....	9
Şekil 2.2 . Teorik Olarak İç Ester Değişimi İşlemi.....	9
Şekil 4.1 . Deney Düzeneginin Genel Görünümü.....	15
Şekil 4.2 . Deney Düzeneginin Şematik Görünümü.....	16
Şekil 4.3 . Deney Motoru.....	17
Şekil 4.4 . Eddy Current Dinamometre.....	18
Şekil 4.5 . Deney Verileri Kayıt Sistemi.....	18
Şekil 4.6 . Dizel ve dizel-biyodizel yakıt tüketimi ölçümü (a) kronometre, (c) hassas terazi.....	19
Şekil 4.7 . Kütlesel Akış Ölçer.....	19
Şekil 4.8 . Asetilen Gazı Tüpü, Gaz Regülatörü Ve Alev Geri Tepme Valfleri.20	
Şekil 4.9 . Egzoz Emisyon Ölçüm Cihazı.....	21
Şekil 5.1 . Farklı Motor Yüklerine Göre Isıl Verimin Değişimi.....	27
Şekil 5.2 . Farklı Motor Yüklerine Göre Hacimsel Verimin Değişimi.....	28
Şekil 5.3 . Özgül Yakıt Tüketiminin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	29
Şekil 5.4 . Özgül Enerji Tüketiminin Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	30
Şekil 5.5 . Egzoz Gazı Sıcaklığının Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	32
Şekil 5.6 . CO Emisyonunun Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	33
Şekil 5.7 . CO ₂ Emisyonunun Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	35
Şekil 5.8 . HC Emisyonunun Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	36
Şekil 5.9 . NO _x Emisyonunun Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	37
Şekil 5.10 . İS Emisyonunun Motor Yüküne Bağlı Olarak Değişimi.....	39

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 . Yağ Asitlerinin Özellikleri.....	10
Çizelge 2.2 . Biyodizel Standartları.....	10
Çizelge 4.1 . Deney Motorunun Özellikleri.....	16
Çizelge 4.2 . Egzoz Emisyon Cihazının Özellikleri.....	21
Çizelge 4.3 . Dizel, B25, B50 ve B100 Yakıtlarının Fiziksel, Kimyasal Özellikleri ve Test Yöntemleri.....	22
Çizelge 4.4 . Asetilen Gazının Fiziksel Ve Kimyasal Özellikleri.....	22



1. GİRİŞ

Çevre sorunları, 70'li yıllarda baş gösterip günümüzde artık yaşanılmaz bir dünyanın var olmasına yol açmaktadır. Son yıllarda iklim değişikliği, buzulların erimesi ve sıcaklıkların artması gibi sorunlar tüm dünyayı etkisi altına almaktadır. Bu sorunların temel kaynağında CO₂ salınımının fazlalığı başlıca sebep olarak görülmektedir. CO₂ salınımını meydana getiren etken ise içeriğinde karbon bulunan yakıtların tüketilmesinden kaynaklanmaktadır. 2016 yılı itibariyle dünyanın enerji ihtiyacının %85,5'i doğalgaz, petrol ve kömür gibi fosil kaynaklardan karşılanmaktadır (Koç ve ark., 2018). Önümüzdeki 30 yıllık dönemde birincil enerji kaynaklarının tüketiminde fosil enerji kaynakların oranı (%80) biraz azalmakla birlikte hala önemini koruyacağı öngörülmektedir (Karaaslan, 2019). Fosil kökenli yakıtların emisyon problemleri ve bir zaman sonra tükenecek olması gelecek için yeni önlemleri ve yeni arayışları mecbur kılmaktadır. Yapılan çalışmalarda, enerji kaynaklarının kullanımında değişiklik yapılmazsa, küresel çapta enerji açığının ve kirliliğin 2030 yılına kadar %50 artacağı bildirilmektedir (Yılmaz, 2017).

Dünya nüfusunun artması ile ihtiyaçların da aynı paralelde arttırmakta olup, çevre sorunlarını da ardından getirmektedir. Doğada çeşitli formlarda bulunan enerji kaynakları fosil kökenli, nükleer ve yenilenebilir (alternatif) olmak üzere üç temel kategoriye ayrılmaktadırlar (Yakıncı ve Kök, 2017). İnsan sağlığı ve çevreyi tehdit eden kirletici emisyonların önemli bir kısmı fosil kökenli yakıtlarla çalışan içten yanmalı motorlardan kaynaklanmaktadır (Aktaş ve Doğan, 2010). Son yıllarda, motorda büyük yapısal değişiklikler yapılmadan alternatif yakıtların kullanılması önemli bir avantaj haline gelmiştir (Bektaş, 2018). İçten yanmalı motorlarda petrol esaslı yakıtlara alternatif olabilecek başlıca motor yakıtları olarak; etanol, metanol, doğalgaz, biyogaz, hidrojen ve bitkisel yağlar görülmektedir (Ayhan, 2006). İçten yanmalı motorlarda temel enerji kaynağı olarak fosil kökenli yakıtların kullanılması, hava kirliliğinin oluşumunda motorlu taşıtları başlıca kaynak haline getirmiştir (Kelen, 2014). Özellikle araç üretim miktarının artması ve otomotiv sektörünün bu minvalde gelişmesi, insanlık için büyük bir hizmet olarak görülse de yaşamın temel kaynağı olan havayı kirletmekte ve dünya nüfusunu kirliliğe maruz bırakmaktadır. Bu sebepten dolayı ülkeler hava kirliliğinin en temel sebeplerinden biri olan otomotiv sektöründe kullanılan fosil kaynaklı yakıtlardan vazgeçip alternatif enerji kaynağı olan biyodizele yönelmeye başlamıştır. Bitkisel

yağlardan üretilen biyodizelin özelliklerinin ticari dizel yakıtıya yakın olması nedeniyle, dizel motor için alternatif yakıt olarak kabul edilmektedir (Şimşek ve Çolak, 2019). Dizel motorlarda biyodizel kullanımı petrol bazlı dizel yakıtlara oranla daha yüksek NO_x emisyonu ve yüksek viskozite gibi bir takım problemlere sebep olmaktadır (Uzun, 2018). Bu problemler ile karşılaşmamak için biyodizel ile kolayca karışabilen ve biyodizele tamamlayıcı olabilecek özellikleri taşıyan yakıtlara ihtiyaç duyulmaktadır. Böylece karıştırılmış yakıtlar ile motorların performans özellikleri de artırılabilir (Şimşek ve Çolak, 2019). Literatürde turbo şarjlı, common rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir dizel motorunda asetilen gazı kullanımı ile ilgili oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır. Bu nedenle yapılan bu çalışmada biyodizel – dizel yakıt karışımı ile çalışan bir dizel motoruna asetilen gazı ilavesinin motor performans ve emisyonlar üzerindeki etkisinin araştırılması ile ilgili alandaki araştırmalara katkıda bulunulması hedeflenmiştir.

2. DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN ALTERNATİF YAKITLAR

Her geçen gün artan dünya nüfusu kendisi ile beraber teknolojik gelişmeleri ve üretim ihtiyacını doğurmakta, bu ihtiyaçlar enerjiye olan talebi de arttırmaktadır (Adaçay, 2014). Artan enerji tüketimi kendisi ile beraber fazlaca problemi de ortaya çıkarmaktadır. Bunların başında ise çevre kirliliği ve kaynakların bilinçsizce tüketiminden dolayı artan maliyetler gelmektedir. Dünya, enerji ihtiyacının önemli bir kısmını fosil yakıtlardan karşılanmaktadır (Soydal ve ark., 2012). 2016 yılı sonu itibari ile dünya genelinde birincil enerji tüketimi sırasıyla petrol, kömür, doğalgaz, hidroelektrik, nükleer santraller ve diğer yenilenebilir enerji kaynaklarıdır (Koç ve ark., 2018). Yaklaşık 40 yıl önce ortaya çıkan petrol krizi insanları fosil yakıtlara alternatif enerji kaynaklarını aratmaya mecbur kılmıştır (Çolak, 2010). Hava kirliliğine sebebiyet veren en önemli unsurlardan bir tanesi fosil kaynaklı yakıtların kullanımınıdır (Çay ve ark., 2012). Fosil kökenli yakıtların büyük kısmı ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. Ayrıca sanayinin geliştiği bölgelerdeki hava kirliliğinin yaklaşık %60-70'i motorlu taşıtlardan kaynaklanmaktadır (Çelik ve ark., 2006). Motor yakıtlarında kullanılan petrolün tükeniyor olması ve petrol kökenli yakıtlarla çalışmakta olan taşıt motorlarının çevre kirliliğine doğrudan etki etmesi, araştırmacıları alternatif enerji kaynaklarına doğru yönlendirmiştir. Dizel motorlarında kullanılabilen alternatif yakıtlar aşağıda özetlenmiştir.

2.1 Hidrojen

Hidrojen, doğada kendi başına bulunmayan ancak fosil yakıtlar, biyokütle ve su gibi herhangi bir hidrojen içeren kaynaktan üretilebilen bir gazdır (Yılmaz ve Taştan, 2018). Hidrojen gazının yakıt olarak kullanılması durumunda, fiziksel ve kimyasal özelliklerinden dolayı önemli avantajlar sağlamaktadır. Hidrojen, oksijen ile yanma sonucunda yanma ürünü olarak su oluşturan, çevre dostu yenilenebilir bir enerji kaynağıdır (Fırat ve ark., 2017). Hidrojen kullanımının en önemli avantajı hava kirliliğine etkisinin çok az olmasıdır (Genç, 2011). Hidrojenin yanması sonucunda CO, CO₂, SO₂ gibi hava kirliliğine sebep olan gazlar ve yanmamış hidrokarbon partikülleri oluşmamaktadır (Kenanoğlu, 2016). Dolayısıyla da, bu emisyonların sebep olduğu sera etkisi, asit yağmurları vb. olumsuzluklar hidrojen kullanımı ile söz konusu olmamaktadır (Torunoğlu Gedik, 2015). Oldukça fazla yararları olan hidrojen gazının yakıt olarak yaygın bir şekilde kullanılamamasının nedeni olarak yüksek üretim ve depolama maliyetleri gösterilmektedir (Kahraman ve ark., 2017).

2.2 Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG)

Renksiz, kokusuz bir gaz olan sıkıştırılmış doğal gaz (CNG), içerisinde büyük oranda metan ve az oranda ise etan, CO₂, propan, hidrojen sülfür, azot ile helyum gazları bulundurmaktadır. Doğal gaz taşıtlarda yüksek basınca sahip tüpler içerisine gaz ya da sıvı formda depolanmaktadır. Sıvı ya da gaz formunda depolama yapılması motor açısından farklılık göstermez ve günümüzde sıkça sıkıştırılmış hali kullanılmaktadır (Bayrakçeken ve Kuş, 2006). 200 – 250 bar basınç aralığında depolanabilen CNG ısıtma, otomotiv ve ulaşım sektöründe yaygınca kullanılmakta ve birçok araç üreticisi firma CNG'nin motorlu taşıtlarda kullanılması üzerine çalışmaktadırlar (Özer ve Vural, 2020). Türkiye'de kullanılan doğalgaz hacimsel olarak; %92,98 CH₄ (metan), %4,04 C₂H₆ (etan), %1,17 C₃H₈ (propan), %0,59 C₄H₁₀ (bütan), %1,62 N₂ (azot) ve %1,19 CO₂ bileşenlerinden oluşmaktadır (Ergen, 2011).

2.3 Sıvılaştırılmış Doğalgaz (LNG)

Sıvılaştırılmış doğal gaz, doğal gazın -162°C ye kadar soğutulmasıyla yoğuşarak sıvı forma geçmesi ile oluşmaktadır. Gaz fazından sıvı faza geçen doğal gazın hacmi yaklaşık olarak 600 kat küçülmektedir. Dolayısıyla da, yüksek miktarlardaki doğal gaz, daha küçük hacimde sıvı halde saklanabilmektedir. Doğal gaz boru hatları ile taşınmadığı yerlere, kamyon ve gemi ile taşınabilirler (Öztornacı, 2019). Doğalgazın sıvılaştırılması esnasında, içerisinde bulunan ağır hidrokarbonlardan arındırılması, daha temiz ve daha yüksek enerji değerine sahip olmasını sağlamaktadır (Bayraç, 2018).

2.4 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG)

Propan ve bütan gazlarının belirli sıcaklık ve basınç altında sıvılaştırılmış hali LPG olarak adlandırılmaktadır (Saraç, 2011). Çoğunlukla doğal gazdan olmak üzere ham petrol kuyudan çıkarılırken ya da rafinelerde tasfiye edilmesi sırasında ham petrolden ayrılarak ortaya çıkmaktadır (Çavgun, 2019). Otomotiv sektöründe alternatif enerji kaynakları arayışı, motorlu taşıtlar için sıvılaştırılmış petrol gazının alternatif yakıt olarak kullanılmasına yol açmıştır. Alternatif yakıtların, mevcut teknolojide önemli bir yapısal değişiklik gerektirmeden, doğrudan kullanılabilmeleri tercih edilmelerindeki en önemli faktörlerdendir. LPG'nin kolay bulunması, ekonomik olması, diğer yakıtlara göre egzoz emisyonlarının düşük ve oktan sayısının yüksek olması ayrıca motorlar için yakıt olarak kullanılması için mevcut taşıt yapısında büyük bir değişikliğe ihtiyaç duyulmaması, içten

yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanımını cazip hale getirmektedir (Gümüş, 2009).

2.5 Etanol

Etanol, oktan sayısının yüksek olması sebebiyle, benzinin yerine geçmeye en uygun alternatif yakıttır (Duzcan, 2017). Dizel yakıtına göre yapısında oksijen bulundurması ve daha küçük moleküler yapıya sahip olması emisyonlar açısından bir avantajdır (Gücer ve ark., 2021). Yenilenebilir bir yakıt olan etanol dizel yakıt ile çok iyi karışabilme özelliğine sahip olduğu için dizel motorlarda kullanımı son yıllarda artış göstermiştir. Ayrıca %20 oranına kadar karışımı, motor üzerinde değişikliğe ihtiyaç duyulmadan kullanılabilme özelliğine sahiptir (Can ve ark., 2005). Dizel yakıt içerisinde çözünürlüğü kısıtlı olan etanol, dizel yakıt ile homojen bir karışım oluşturamaz. Etanolün dizel yakıttaki çözünürlüğü karışımın sıcaklığına ve hidrokarbon yapısına bağlıdır (Çangal, 2019). Etanol-dizel yakıt karışımının sıcaklığı ve karışımdaki su miktarı, etanolün dizel yakıttaki çözünürlüğünü etkileyen iki ana faktördür (Şenveli, 2008).

2.6 Asetilen Gazı

Asetilen, karpitin hidrolizinden üretilen sarımsak kokulu, renksiz bir gazdır (Lakshmanan ve Nagarajan, 2010a). Gaz halinde bir çözücü maddeye (genellikle aseton) emdirilmiş olarak tüp içerisinde bulunan asetilenin yoğunluğu $1,17 \text{ kg/m}^3$ 'tür ve havadan yaklaşık olarak % 10 daha hafiftir. Asetilen $0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'de 48 bar basıncı altında sıvı hale geçmektedir (Megep, 2005). Asetilen çok geniş bir yanıcılık aralığına sahiptir ve motor çok daha fakir bir karışımla çalışabilmektedir. Yüksek alev hızına ve dolayısıyla daha hızlı bir enerji salınımına sahiptir (Lakshmanan ve Nagarajan, 2010a). Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı, yüksek olan asetilen, dizel motorlarından daha yüksek sıkıştırma oranlarına izin verir. Vuruntu, dizel motorlarda asetilen kullanılmasıyla meydana gelen başlıca problemdir (Lakshmanan ve Nagarajan, 2009).

2.7 Biyodizel

Enerji insanoğlunun ihtiyaçlarını karşılamada gereksinim duyduğu en önemli olgudur ve ekonomik kalkınmanın bir lokomotifidir (Alptekin ve Çanakçı, 2006). Birincil enerji kaynağı denildiğinde akla ilk gelen petrol yakıtı belirli bir zaman zarfından sonra tükeneyeceği yadsınamaz bir gerçektir. Bu nedenle günümüzde petrole alternatif olabilecek

yakıt arayışları hızlı bir şekilde devam etmektedir. En yeni ve hızla yaygınlaşan alternatif kaynakların başında ilk olarak biyoyakıt (biyodizel) gelmektedir (Horuz ve ark., 2015)

Yenilebilir veya yenilemeyen bitkisel, hayvansal ve atık yağlar ile kimyasal yöntemler sayesinde üretilen biyoyakıt kapsamı içerisinde adlandırılan yenilenebilir özelliklere sahip ve çevre dostu olan sıvı yakıt türüne biyodizel denir (Karabaş, 2013). Biyodizel, yerel imkânlarla üretilebilmesi, yenilebilir olması, ayrışabilir ve zehirli olmaması, egzoz emisyonlarında düşüslere neden olması ve motorlarda direkt kullanılabilmesi nedeniyle petrodizele alternatif yakıt olarak kabul edilmektedir (Gür, 2015). Biyodizel Türkiye'de var olan imkanlar ile uygulanabilecek en önemli alternatif yakıt seçeneklerinden biri olarak karşımız çıkmaktadır. Biyodizel kullanımı ile petrol tüketiminde ve egzoz gazı kirliliğinde azalma gerçekleşebileceği öngörülmektedir (Aybastıer, 2010).

Türkiye'nin iklim koşulları kanola, soya, ayçiçeği vb. yağlı tohumların üretilmesine imkan tanımaktadır. Türkiye'nin iklim koşullarının yağlı tohumların üretilmesinde elverişli olması biyodizel yakıtının üretilip kullanılabilmesi için var olan alt yapıya sahip olduğunu ve gelişen teknoloji ile birlikte Türkiye'nin kolaylıkla bu alt yapıya uyum sağlayabileceğini göstermektedir (Sel, 2013).

2.7.1 Biyodizel Üretim Kaynakları

Biyodizelin genel olarak üretildiği yağ türleri, bitkisel yağlar, hayvansal yağlar ve evsel atık yağlar olduğu bilinmektedir.

2.7.1.1 Bitkisel Yağlar

Biyokütle, büyük potansiyeli, çeşitli sosyal ve çevresel faydaları ve ekonomik uygulanabilirliği sebebiyle geleceğin yenilenebilir enerji kaynaklarının en önemlilerinden biri olarak görülmektedir (Karaosmanoğlu, 1999). Biyokütle enerjisi sınıfının alt dalı olan biyodizel, dizel motorlarda kullanılabilen hayvansal ve bitkisel yağlar gibi yenilenebilir kaynaklardan üretilen alternatif bir yakıttır (Özdemir ve Mutlubaş, 2016). Alternatif yakıt olarak kullanılan bitkisel yağların en önemli problemlerinin başında yüksek viskozite gelmektedir (Altun ve Gür, 2005). Organik bileşiklerin belirli bir kısmını yağlar oluşturmaktadır. Yağların kimyasal yapısına oksijen, hidrojen, karbon elementleri katılmaktadır (Atmanlı, 2013). Katı ve sıvı yağlar, yağ asitleri ve gliserolün hakim olduğu triesterlerdir ve trigliseridler olarak da adlandırılırlar (Ilgazlı, 2010). Organik çözücüde çözünüp suda çözünemeyen bu bileşiklerin yoğunlukları suya göre düşüktür (Karamanlı,

2015). Uygun şartlarda (oda sıcaklıklarında) sıvı halden katı hale kadar değişken bir erime aralığında bulunabilirler. Uygun şartlarda sıvı halde iseler sıvı yağlar, katı halde iseler katı yağlar olarak isimlendirilir (Ercan, 2014). Yağların katılık veya sıvılık durumu fiziksel özellikleriyle alakalıdır (Hacıkadıroğlu, 2007).

2.7.1.2 Hayvansal Yağlar

Hayvansal atık yağlar, hayvanların iç yağlarından, kanatlılardan çıkan yağlar ve deri sektöründen çıkan yağlardan oluşmaktadır (Artukoğlu, 2006). Hayvansal yağların yüksek oranda doymuş yağ asitlerinden oluşması oda sıcaklığında hayvansal yağları katı ve viskoz yapmakta, ayrıca setan sayısı bakımından bitkisel yağlara göre üstün hale getirmektedir (Şen, 2012). Hayvansal yağların yakıt olarak kullanılabilmesi için yoğunluk, viskozite vb. bazı özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu özelliklerin iyileştirilmesi için yaygın olarak transesterifikasyon yöntemi ile biyodizel üretimi gerçekleştirilmektedir. Hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel yakıtının dizel motorlarda kullanılması durumunda kirletici emisyonların azaldığı belirtilmiştir (Altun, 2009).

2.7.1.3 Evsel Atık Yağlar

Sıcaklık altında okside olmuş, tekrar kullanımı sağlık açısından uygun olmayan kızartma yağları kullanılmış kızartmalık yağ olarak adlandırılmaktadır (Uzun, 2014). Kızartma esnasında yağda ortaya çıkan fiziksel değişimler sonucu renk koyulaşır, dumanlanma noktası azalır, viskozite artar ve köpürme oluşur (Aksoy, 2014). Bir defa kullanılan yağ, belli bir zaman geçtikten sonra tekrar kullanılmamalıdır. Çünkü bekleme sırasında polimerizasyon devam etmekte ve sınır değerlere ulaştığında artık atık kızartmalık yağ kategorisine geçmektedir (Yakşı ve ark., 2020). Toplam polar madde oranı %25'i geçtiği andan itibaren kanserojen etki başlamaktadır. Bu nedenle ekotoksik özellikleri nedeniyle çevre açısından ve ayrıca insan sağlığı açısından da zararlı bir atık olmaktadır (Topal, 2014).

2.7.2 Biyodizel Üretim Yöntemleri

Bitkisel yağların doğrudan dizel yakıt olarak kullanılmasını olumsuz yönde etkileyen başlıca faktör yüksek viskozitedir (Fidan ve Alkan, 2014). Yüksek viskoziteli yakıtlar püskürtme sırasında enjektörlerde problemlere neden olmaktadır (Çılgın, 2011). Bu nedenle, bitkisel yağların dizel yakıtına alternatif olarak değerlendirilebilmesi

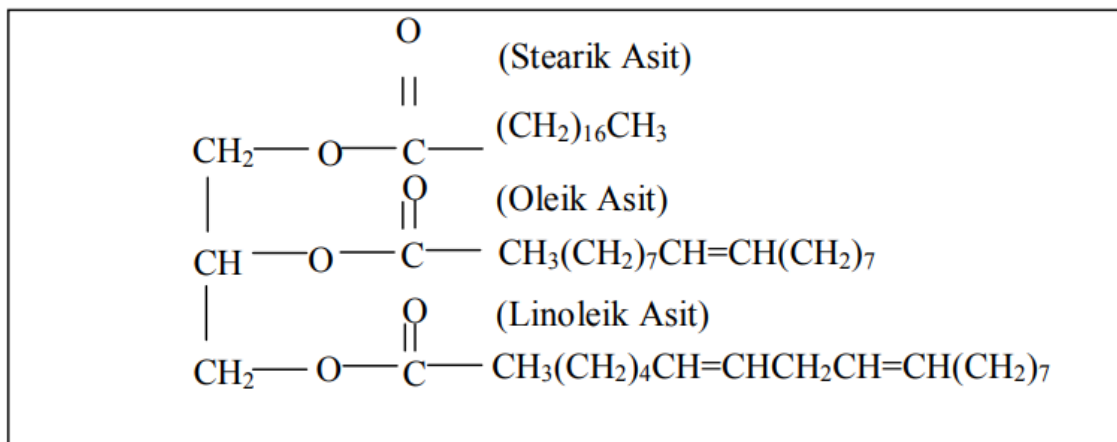
için, öncelikle viskozite probleminin çözülmesi gerekmektedir (Sırakaya, 2018). Bu problemin çözümü için 4 yöntem kullanılmaktadır.

- 1.Piroliz Yöntemi
- 2.Mikromülsifikasyon Yöntemi
- 3.Dilüsyon Yöntemi
- 4.Transesterifikasyon Yöntemidir.

Günümüzde en yaygın olarak kullanılan biyodizel üretim yöntemi transesterifikasyon (alkoliz) yöntemidir (Fidan ve Alkan, 2014).

2.7.2.1 Transesterifikasyon

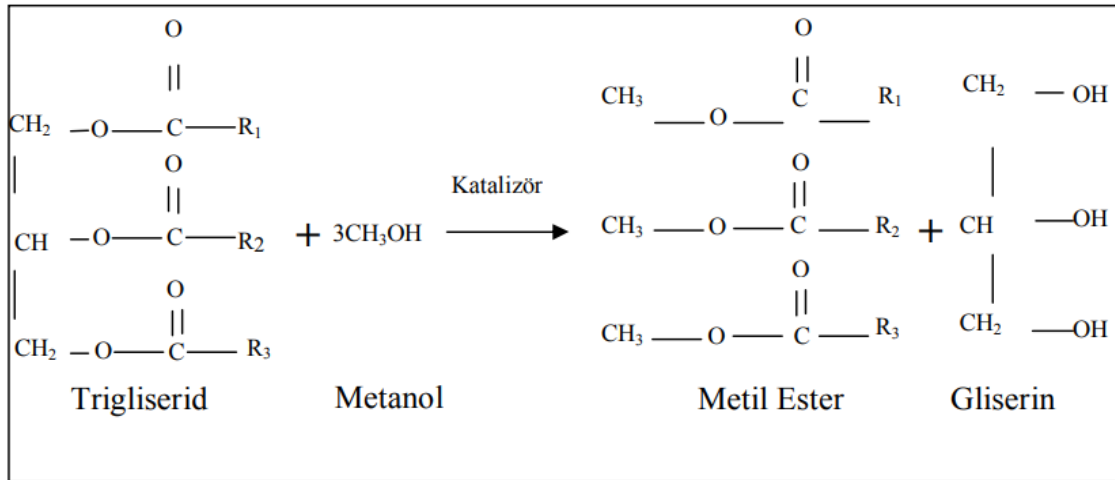
Bitkisel, hayvansal ve evsel atık yağların yağ asitlerinin bazik bir katalizör eşliğinde alkol ile esterleşme reaksiyonudur (Akay, 2007).



Şekil 2.1 Yağ Molekülü (Trigliserit) (Akçay, 2006)

Yağ molekülü (trigliserit) bir gliserine tutunmuş üç ester molekülünden oluşur (Öztürk, 2015). Şekil 2.2’de yağ molekülü verilmiştir. Yağın bünyesinde bulunan bu gliserin, yağı kalınlaştıran ve yapışkan olmasına neden olan bir yapıya sahiptir. Transesterifikasyon esnasında, bitkisel yağın bünyesinde bu gliserin uzaklaştırılarak, yağın incilmesi ve özelliklerinin dizel yakıtına yakınlaştırılması sağlanır (Altuntaş, 2006). Bitkisel yağ asitleri bağlı buldukları trigliseritlerden ayrılıp alkoller ile yeni esterler oluştururlar ve reaksiyon sonunda üç mol ester ve bir mol gliserin elde edilir (Keskin, 2005). Bu yöntem viskoziteyi düşürmenin en etkili yoludur ancak esterleşme kimyası oldukça zordur. Teorik bir iç ester değişiminde bir mol yağ için üç mol mono alkol kullanılır. Üç mol yağ asidi mono alkil esteri (biyodizel) ve yan ürün olan bir mol

gliserin ürün olarak elde edilir (Karabaş, 2013). Şekil 2.3’de teorik bir iç ester değişimi işlemi görülmektedir.



Şekil 2.2 Teorik olarak iç ester değişimi işlemi (Çildir ve Çanakçı, 2006)

Burada R1, R2 ve R3 hidrojen ve karbon atomlarının uzun zincirleridir ve bazen bunlar yağ asidi zinciri olarak da adlandırılır. Çizelge 2.1’de yağ asitlerinin genel özellikleri verilmiştir.

Çizelge 2.1 Yağ Asitlerinin Özellikleri (Atmanlı, 2013)

Yağ Asitleri	Kimyasal Formül	Karbon sayısı: Çift Bağ Sayısı	Molekül Ağırlık (g)	Erime Noktası (°C)
Kaprilik	C ₈ H ₁₆ O ₂	C08:0	144,22	25,5
Kaprik	C ₁₀ H ₂₀ O ₂	C10:0	172,27	31,5
Laurik	C ₁₂ H ₂₄ O ₂	C12:0	200,32	44,5
Miristik	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	C14:0	228,38	58,5
Palmitik	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	C16:0	256,43	63,5
Stearik	C ₁₈ H ₃₆ O ₂	C18:0	284,43	71,5
Oleik	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	C18:1	282,47	16,5
Linoleik	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	C18:2	280,45	-5,0
Linolenik	C ₁₈ H ₃₀ O ₂	C18:3	278,44	-11,0
Arachidic	C ₂₀ H ₄₀ O ₂	C20:0	312,51	75,3

Transesterifikasyon reaksiyonu sonunda, reaksiyonun yan ürünü olarak ortaya çıkan gliserin bir alkol türüdür. Biyodizelden ayrılan gliserin, %95’in üzerinde saflaştırıldığı zaman ticari anlamda gliserin olarak adlandırılmaktadır (Öğüt ve Oğuz,

2006). Gliserin kozmetik ve ilaç sanayi gibi alanlarda kullanılabilir (Alptekin ve Çanakçı, 2006).

2.7.3 Biyodizel Standartları

Biyodizel, ülkemizde TS EN 14214 standardı kapsamında üretilen bir tür yağ asidi metil esteridir (Duran, 2017). TS EN 14214 biyodizel standardı Çizelge 2.2’de gösterilmiştir.

Çizelge 2.2 Yağ asidi metil esterlerinin standart özellikleri (Duran, 2017)

Özellik	Birim	Sınır Değerleri		Deney Yöntemi	
		En az	En çok		
Viskozite	mm ² /s	3,50	5,00	TS 1451 EN ISO 3104	
Yoğunluk	kg/m ³	860	900	TS EN ISO 12185	
Toplam kirlilik	mg/kg	-	24	TS EN 12662	
Oksidasyon kararlılığı	saat	8,0	-	TS EN 14112	
Parlama noktası	°C	101	-	TS EN ISO 3679	
Soğuk Filtre Tıkanma Noktası (SFTN)	°C	-	+5 (Yaz) -15 (Kış)	TS EN 116	
Metanol içeriği	% (m/m)	-	0,20	TS EN 14110	
Karbon kalıntısı (%10 damıtma kalıntısında)	mg/kg	-	0,3	TS 6148 EN ISO 10370	
Su içeriği	mg/kg	-	500	TS 6147 EN ISO 12937	
Sülfatlanmış Kül	% (m/m)	-	0,02	TS 1985	
Kükürt içeriği	mg/kg	-	10,0	TS EN ISO 20846	
Fosfor içeriği	mg/kg	-	4,0	TS EN 14107	
Sodyum	mg/kg	-	5,0	TS EN 14108, TS EN 14538	
Potasyum	mg/kg	-	5,0	TS EN 14109	
Kalsiyum	mg/kg	-	5,0	TS EN 14538	
Magnezyum	mg/kg	-	5,0	TS EN 14538	
İyot Sayısı	g. iyot/100g	-	120	TS EN 14111	
Gliserit	Monogliserit	% (m/m)	-	0,70	TS EN 14105
	Digliserit	% (m/m)	-	0,20	TS EN 14105
	Trigliserit	% (m/m)	-	0,20	TS EN 14105

Çizelge 2.2 Yağ asidi metil esterlerinin standart özellikleri (Tablonun devamı) (Duran, 2017)

Özellik		Birim	Sınır Değerleri		Deney Yöntemi
			En az	En çok	
Gliserol	Serbest gliserin	% (m/m)	-	0,02	TS EN 14105
	Toplam gliserin	% (m/m)	-	0,25	TS EN 14105
Ester		% (m/m)	96,5	-	TS EN 14103
Linolenik asit metil esterleri		% (m/m)	-	12,0	TS EN 14103
Asit sayısı		mg KOH/g	-	0,50	TS EN 14104
Çoklu doymamış yağ asidi metil esterleri		% (m/m)	-	-	TS EN 15779
Çoklu doymamış metil esterleri		% (m/m)	-	1,0	TS EN 14103
Setan sayısı		-	51,0	-	TS EN 15195
Bakır şerit korozyonu		Derece	Sınıf 1		TS 2741 EN ISO 2160

3. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Phan ve Phan, (2008) yaptıkları çalışmada, atık yağlardan transesterifikasyon metodu ile biyodizel üretmişlerdir. Üretilen biyodizelin kimyasal ve fiziksel özellikleri saptanarak dizel motorunda test edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, hacimce %20 biyodizel ve hacimce %80 dizel (B20) karışımının motorlarda büyük bir değişiklik yapılmadan kullanılabilceği göstermiştir.

Uyumaz ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda atık zeytinyağı biyodizelinin yanma, performans ve emisyon karakteristiklerine etkisi araştırmışlardır. Karışım yakıtı içerisindeki biyodizel miktarı arttıkça is ve CO emisyonlarının azaldığı gözlemlenmiştir. NO_x emisyonu B10 ve B20 karışım yakıtlarının tam yükte sırası ile %1,5 ve %7,5 artış gösterdiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dizel motorunda hiçbir modifikasyon gerçekleştirilmeden dizel-atık zeytinyağı biyodizeli karışımlarının kullanılabilceğini ifade etmişlerdir.

Çanakçı ve Van, (2003) serbest yağ asit miktarı yüksek olan yağlardan elde edilen biyodizelin motor performans ve emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Serbest yağ asit miktarı % 9 olan hayvansal yağdan ve soya yağından biyodizel üretilerek dört silindirli, turbo şarjlı bir dizel motorunda test edilmiştir. Her iki yağ türünden elde edilen yakıtta HC ve CO emisyonlarında azalma, NO_x emisyonunda ise artış gözlemlenmiştir.

Yağız (2019) tarafından yapılan çalışmada pamuk yağının normal ve atık hallerinden elde edilen biyodizelin dizel yakıt ile belirli oranlarda karıştırılarak yanma, performans ve emisyon değerleri üzerindeki etkileri gözlemlenmiştir. Performans sonuçları incelendiğinde elde edilen iki farklı biyodizel yakıt karışımının ısı verim ve egzoz gazı sıcaklıklarının dizel yakıtı göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Yakıtların emisyon sonuçları incelendiğinde ise motor yükü arttıkça HC emisyonlarında ve NO_x emisyonlarında düşüş gözlemlenmiştir.

Choudhary ve Nayyar, (2013) tarafından yapılan çalışmada, dizel yakıtına alternatif yakıt olarak asetilen karıştırılmış ve sıkıştırılmalı ateşlemeli bir motordaki performansı araştırılmıştır. Motorun emme havası manifolduna farklı debilerde asetilen indüklenmiş ve silindire konvansiyonel olarak dizel yakıtı püskürtülmüştür. Yapılan çalışmada, tüm debilerde yük arttıkça, hacimsel verimde ve CO emisyonunda dizel yakıtı ile kıyaslandığında azalma görülmüştür.

İlhak ve ark., (2018) dört zamanlı, dört silindirli benzinli bir motora 500 ve 1000 g/s asetilen gazı ilavesinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini

araştırmışlardır. Asetilen indüksiyonu, genel olarak daha düşük ısı verimle sonuçlanmıştır. Benzine göre tüm motor yüklerinde HC emisyonlarında azalma, düşük yüklerde NO_x emisyonlarında artış gözlenmiştir.

İlhak ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada benzinli bir motora 500-1000 g/s asetilen gazı ilavesinin farklı hava fazlalık katsayısına göre dört silindirli dört zamanlı bir motorda, motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Benzine asetilen gazı ilavesi ile birlikte ısı veriminin ve CO azaldığını gözlemlemiştir. Ayrıca egzoz gazı sıcaklığının ve NO_x emisyonunun arttığını belirtmektedirler.

Vural ve Özer, (2014) buji ateşlemeli, 4 zamanlı tek silindirli bir motorda belirli motor hızlarında kütlece % 20 ve % 30 oranında asetilen gazı ilavesinin egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre egzoz gazı sıcaklığı ile CO, CO₂, NO_x ve HC emisyonlarında benzinle kıyasla azalmalar gözlemlemiştir. Emme havasına %20 ve %30 oranlarında eklenen asetilenin yanmayı kötüleştirdiği belirtilmiştir. Belirtilen bu sebepten dolayı gazın ikinci bir enjeksiyon yardımı ile verilmesinin daha güvenli ve verimli olacağı aktarılmıştır.

Lakshmanan ve Nagarajan, (2011) tek silindirli, hava soğutmalı, direkt püskürtmeli bir dizel motorunun emme havasına farklı oranlarda asetilen gazı ilavesinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dizel yakıtına ilave edilen asetilen gazının CO, HC ve NO_x emisyonlarını azalttığı, is emisyonunun ise artmasına neden olduğu belirtilmiştir.

Lakshmanan ve Nagarajan, (2010b) yaptıkları çalışmada tek silindirli, 4 zamanlı direkt enjeksiyonlu bir dizel motoruna asetilen gazı ilavesinin motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Yapılan çalışma sonucunda CO, HC ve is emisyonlarında azalma, NO_x emisyonlarında ise artış olduğu bildirilmiştir. Ayrıca ısı veriminin düştüğü de saptanmıştır.

Hilden ve Stebar, (1979) tarafından yapılan çalışmada tek silindirli ve farklı sıkıştırma oranlarına sahip buji ateşlemeli bir motora asetilen gazı ilave edilerek testler gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre NO_x ve CO emisyonlarının azaldığı görülmüştür.

Koli ve Rao, (2021) tek silindirli, dört zamanlı, farklı sıkıştırma oranlarına sahip bir dizel motoruna farklı oranlarda asetilen gazı ilavesinin motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Dizel yakıtına asetilen gazı ilavesi ile birlikte ısı veriminin arttığı, özgül enerji tüketiminin ise azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca dizel yakıtına asetilen gazı ilavesi CO₂ ve HC emisyonlarını azaltırken, yüksek yük

koşullarında ve düşük sıkıştırma oranında CO ve NO_x emisyonlarını arttırdığını gözlemlemişlerdir.

Özer ve ark., (2020) tek silindirli, sıkıştırma ile ateşlemeli, direkt enjektörlü motora sahip bir dizel jeneratörde dizel yakıtına %50 biyodizel, ve dizel yakıt karışımına kütlece %10 ve %20 oranında asetilen gazı ilavesinin egzoz gazı sıcaklığına, yakıt tüketim değerine ve egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. Asetilen gazı ilavesi ile yakıt tüketim miktarı, egzoz gazı sıcaklığı, NO_x emisyonu artarken, HC, CO ve duman emisyonları azalmıştır.

Oni ve ark., (2021) yaptıkları çalışmada 4 zamanlı, tek silindirli, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda botryococcus brauni mikroalginden elde edilen biyodizele farklı akış oranlarında asetilen gazı ilavesinin motor performans ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda biyodizele asetilen katkısı ile ısı veriminde artış gözlemlemişlerdir. Ayrıca biyodizele asetilen katkısı NO_x emisyonunu arttırırken CO₂, HC ve CO emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir.

4. MATERYAL ve YÖNTEM

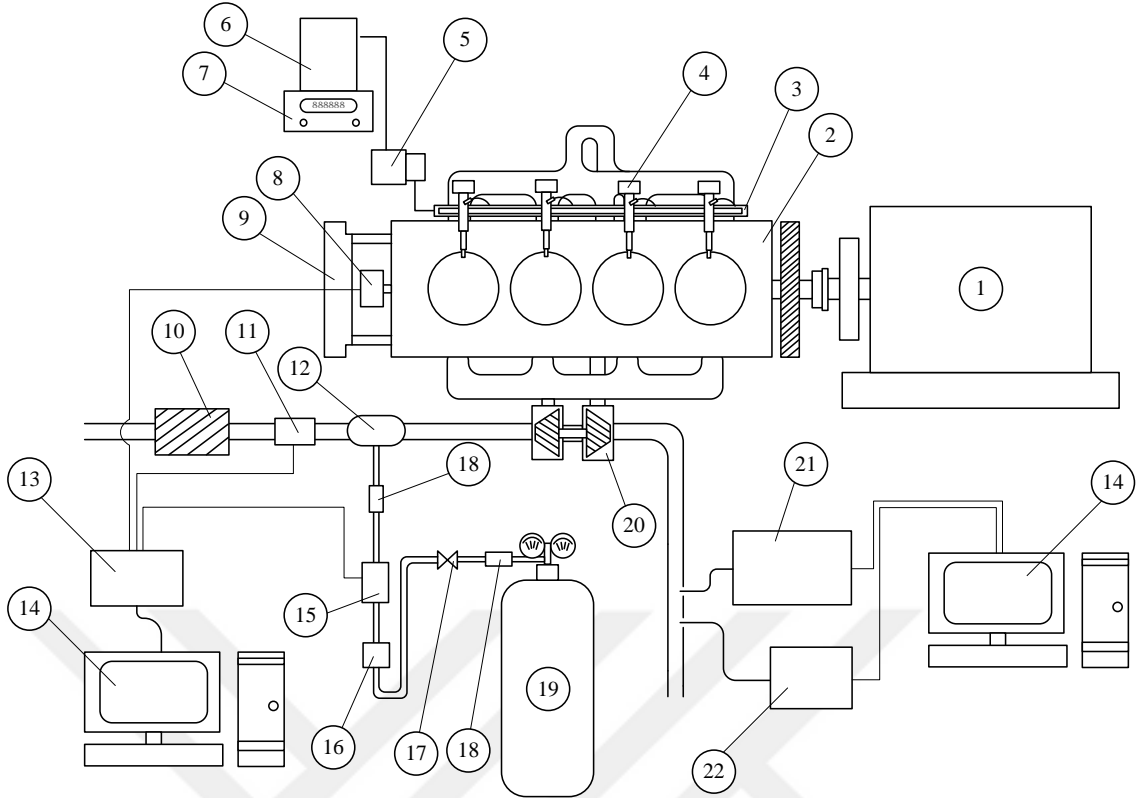
Yapılan bu deneysel çalışmada, dizel ve dizel-biyodizel yakıt karışımları ile çalıştırılan dört silindirli bir dizel motorunun emme manifolduna asetilen gazı gönderilerek test edilmiştir. Her bir yakıtla çalışma durumunda asetilen gazı ilavesinin motor performansına ve emisyonlara etkisi deneysel olarak incelenmiştir.

4.1 Deneysel Çalışmada Kullanılan Materyaller

Deneysel çalışma, Marmara Üniversitesi Teknoloji Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü Motor Test ve Ölçüm Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Şekil 4.1’de deney düzeneğinin genel görünümü verilmiştir. Şematik görünümü ise Şekil 4.2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan materyaller ve bu materyallerin özellikleri aşağıda başlıklar halinde sunulmuştur.



Şekil 4.1 Deney düzeneğinin genel görünümü



1) Eddy Current Dinamometre, 2) Dizel motor, 3) Common rail, 4) Yakıt enjektörü, 5) Yüksek basınç yakıt pompası, 6) Yakıt deposu, 7) Hassas terazi, 8) Krank enkoder, 9) Isı değiştirici, 10) Hava filtresi, 11) Hava akış ölçer, 12) Karışım odası, 13) Veri toplama kartı, 14) Bilgisayar, 15) Asetilen gazı akış ölçer, 16) Ayar valfi, 17) Vana, 18) Alev geri tepme valfi, 19) Asetilen gazı tüpü, 20) Turbo şarj, 21) Egzoz emisyon cihazı, 22) İş ölçer

şekil 4.2 Deney düzeneğinin şematik görünümü

4.1.1 Deney Motoru

Çalışma kapsamındaki deneyler, dört silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı, common rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip, turbo şarjlı, Renault K9K 700 marka bir dizel motorunda gerçekteştirilmiştir. Deney motoruna ait bazı teknik özellikler Çizelge 4.1.' de verilmiştir.

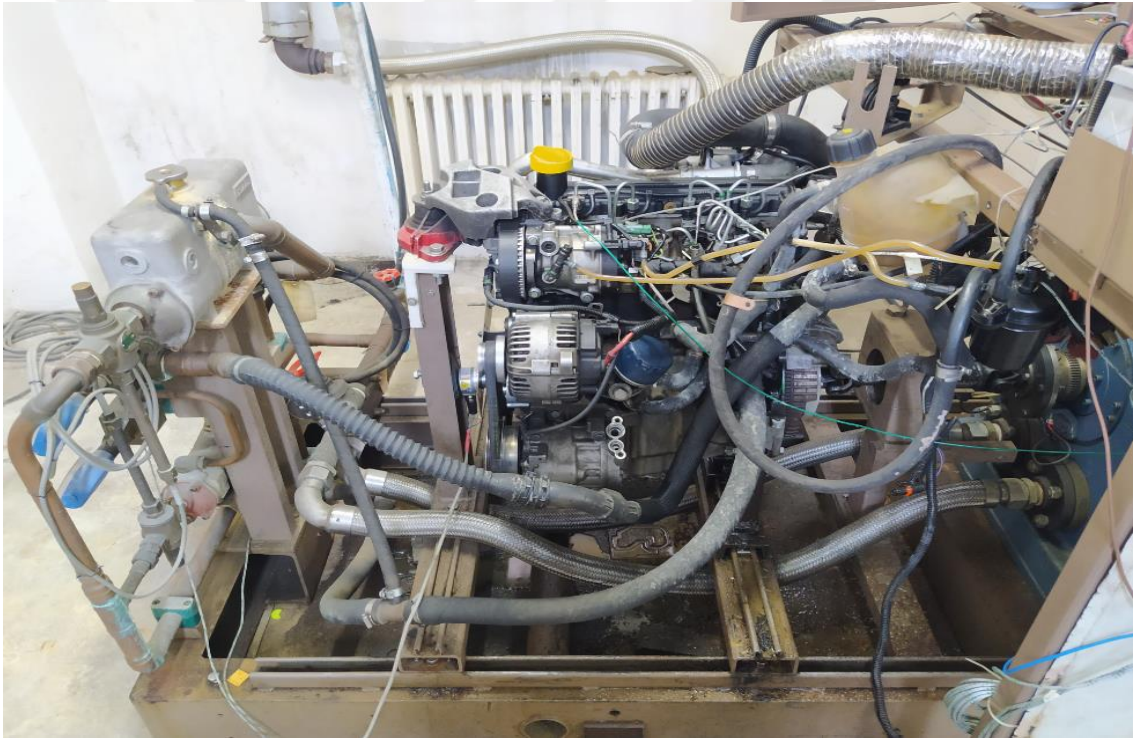
Çizelge 4.1 Deney motorunun özellikleri

Motorun markası ve modeli	Renault K9K 700
Silindir sayısı	4
Çap x Strok	76 x 80,5 mm
Silindir hacmi	1461 cm ³
Valf sayısı	8
Sıkıştırma oranı	18,25/1
Soğutma sistemi	Su soğutmalı

Çizelge 4.1 Deney motorunun özellikleri (Tablonun devamı)

Maksimum güç (4000d/dk)	48 kW (65 hp)
Maksimum tork (1750d/dk)	160 Nm
Püskürtme tipi	Common-Rail

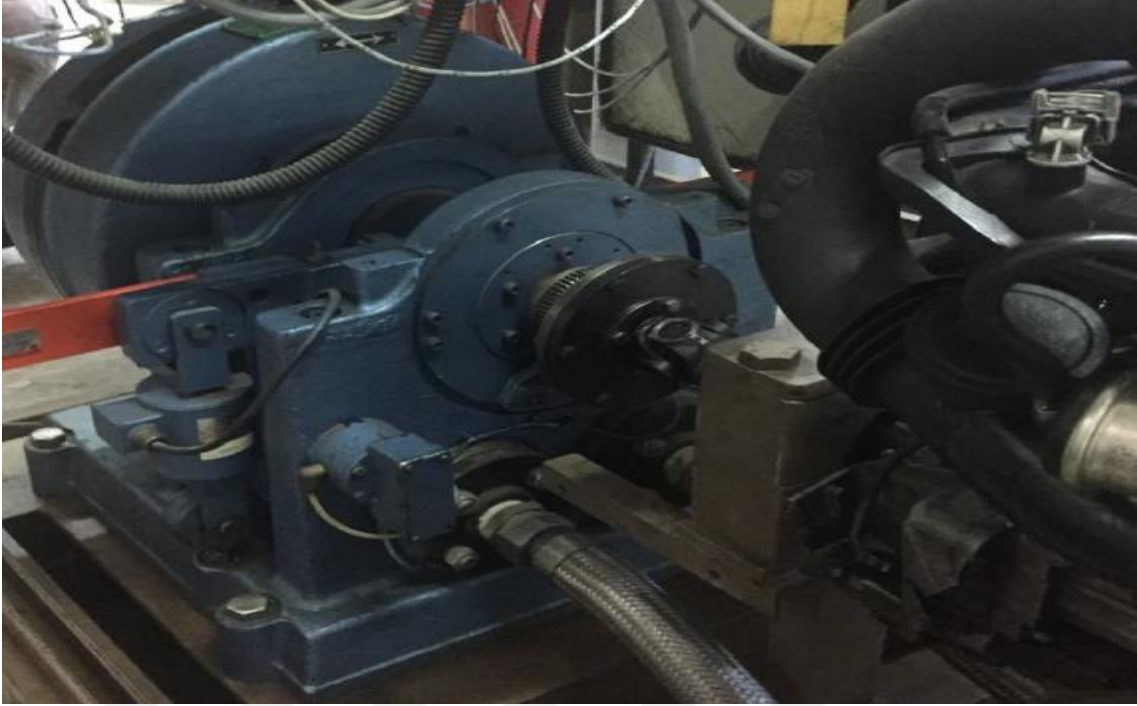
Deney motorunun radyatörü sökülerek soğutma suyu boruları motor dinamometresinin soğutma sistemine bağlanmıştır. Yine, motorunun termostatı sökülerek soğutma suyu istenilen sıcaklıklarda tutulabilir hale getirilmiştir. Motor ve dinamometre şehir şebeke suyu kullanılarak soğutulmaktadır. Motorun diğer çalışma parametreleri ve Elektronik kontrol ünitesi (ECU)'ne müdahale edilmemiş, standart çalışma parametreleri korunmuştur. Şekil 4.3'de deney motoru görülmektedir.



Şekil 4.3 Deney motoru

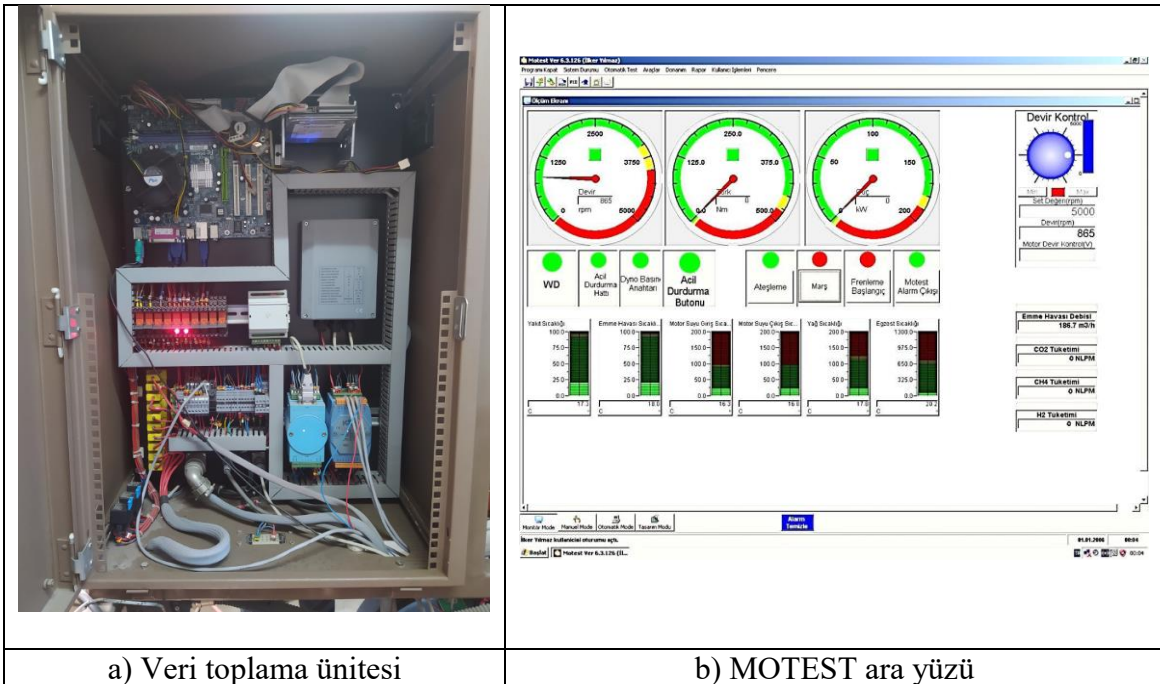
4.1.2 Eddy Current Dinamometre

Deney motorunun yüklenmesi amacıyla, maksimum devri 8000 d/dk, maksimum gücü 160 kW ve maksimum torku 475 Nm olan Eddy Current dinamometre kullanılmıştır. Şekil 4.4'de Eddy Current motor dinamometresi görülmektedir.



Şekil 4.4 Eddy Current dinamometre

Dinamometreden veri alınması ve bilgisayara kaydedilmesi amacıyla bir yazılım (Motest) kullanılmıştır. Motor momenti, motor soğutma suyu giriş ve çıkış sıcaklıkları, yakıt sıcaklığı, emme havası sıcaklığı, emme havası debisi, egzoz gaz sıcaklığı ölçülerek kayıt altına alınabilmektedir. Şekil 4.5’de deney verilerinin kayıt işlemini gerçekleştiren veri toplama ünitesi ve MOTEST ara yüzü görülmektedir.



a) Veri toplama ünitesi

b) MOTEST ara yüzü

Şekil 4.5 Deney verileri kayıt sistemi

4.1.3 Sıvı Yakıt Tüketimi Ölçüm Düzeneği

Deneylerde dizel ve dizel-biyodizel yakıt karışımlarının kütleli olarak tüketimini ölçmek amacıyla Ohaus Precision Advanced marka, %0.1 hassasiyetinde ve 0-5000 g ölçüm yapabilen bir dijital hassas terazi kullanılmıştır. Dijital bir kronometre ile belirli bir süre içerisinde tüketilen yakıt miktarı hassas terazi ile ölçülerek kütleli yakıt tüketimi hesaplanmıştır. Yakıt tüketimini ölçmek için kullanılan hassas terazi Şekil 4.6'da verilmiştir.



Şekil 4.6 Dizel ve dizel-biyodizel yakıt tüketimi ölçümünde kullanılan hassas terazi

4.1.4 Asetilen Gazı Tüketimi Ölçümü

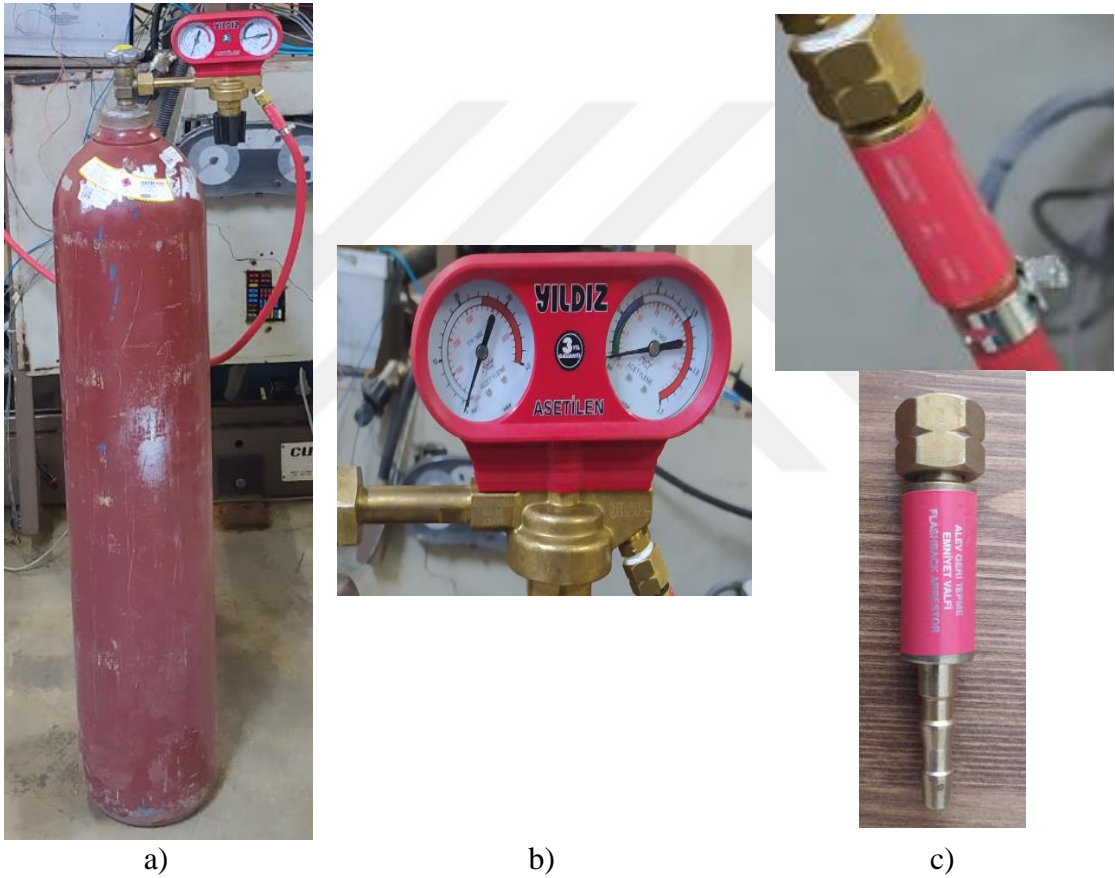
Asetilen gazının tüketimini kütleli olarak ölçmek için $\pm 1\%$ hassasiyetinde ve ölçüm aralığı 0-60 L/dk olan New Flow marka termal kütle akış ölçer kullanılmıştır. Asetilen gazını ölçmek için kullanılan kütle akış ölçer Şekil 4.7'de verilmiştir.



Şekil 4.7 Kütleli akış ölçer

4.1.5 Asetilen Gazı Tüpü

Deneylerde kullanılan asetilen gazı 6 kg'lık tüp içerisinde Gebze Gaz Sanayi ve Ticaret A.Ş. firmasından temin edilmiştir. Asetilen gazının basıncını kontrol etmek amacıyla YILDIZ marka gaz regülatörü kullanılmıştır. Asetilen alevinin geri tepmesine karşı iki adet EVREN marka kuru tip alev geri tepme emniyet valfi kullanılmıştır. Kuru tip alev geri tepme emniyet valfi, alevin geri tepmesi durumunda gaz yolunu kapatarak alevin tüpe ilerlemesine engel olmaktadır. Şekil 4.8'de a) asetilen gazı tüpü, b) gaz regülatörü ve c) alev geri tepme valfleri görülmektedir.



Şekil 4.8 a) Asetilen gazı tüpü, b) Gaz regülatörü ve c) Alev geri tepme valfleri

4.1.6 Egzoz Emisyon Cihazı

Deneylerde Bosch BEA 460 emisyon cihazı kullanılmıştır. Emisyon cihazı, egzoz gazı test modülü ve is emisyonu ölçüm modülü olmak üzere iki modülden oluşmaktadır. Şekil 4.9'da egzoz gazı test cihazı ve is ölçüm cihazı görülmektedir. Egzoz gazı test cihazı ile NO, NO_x, CO, CO₂, HC, O₂ ve λ (hava fazlalık katsayısı) ölçülebilirken, is emisyonu ölçüm cihazı ile is ölçülebilmektedir. Çizelge 4.2'de egzoz emisyon cihazının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 4.9 Egzoz emisyon ölçüm cihazı

Çizelge 4.2 Egzoz emisyon cihazının özellikleri

	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
Karbondiyoksit (CO ₂)	%0 – 18 vol.	%0,01 vol.
Hidrokarbon (HC)	0 – 9999 ppm	1 ppm
Oksijen (O ₂)	%0 – 22 vol.	%0,01 vol.
Azot oksit (NO _x)	0 – 5000 ppm	1 ppm
Hava Fazlalık Katsayısı (HFK)	0,5 – 1,8	0,001
İs	0-10 m ⁻¹	0,01 m ⁻¹

4.2 Deneysel Prosedür

Deneysel çalışmada, deney motoru öncelikle dizel ve daha sonra dizel-biyodizel yakıt karışımları (B25 ve B50) ile üç farklı motor yükünde çalıştırılarak gerekli ölçümler yapılmıştır. Daha sonra her bir yakıt ile (dizel, B25 ve B50) çalışma durumunda emme manifolduna iki farklı akış oranında (10 L/dk ve 15 L/dk) asetilen gazı gönderilerek deneyler tekrarlanmıştır. 10 L/dk ve 15 L/dk asetilen katkısı metin içerisinde sırasıyla A10 ve A15 olarak isimlendirilmiştir. Asetilen tüpü içerisinde yüksek basınçta depolanan asetilen gazı Şekil 4.8 (b)'de görüldüğü üzere bir basınç regülatöründen geçirilerek basıncı yaklaşık 1 bar'a düşürülmüştür. Asetilen gaz miktarı %1 L/dk hassasiyetli dijital kütleli akış ölçer ile istenilen değere ayarlandıktan sonra iki adet alev geri tepme valflerinden geçirilerek giriş manifoldu ve hava filtresi arasına yerleştirilmiş olan basit bir karıştırma odasına gönderilmiştir. Böylece emme havası ile asetilen gazının silindir içerisine alınmadan önce homojen karışımı sağlanmıştır. Dizel, B25 ve B50 yakıtları ise common rail yakıt sistemi tarafından doğrudan silindir içerisine püskürtülmüştür. Motorun orijinal çalışma parametreleri muhafaza edilmiş ve motorun ECU (Motor Kontrol Ünitesine)'suna müdahale edilmemiştir. Deneyler kapsamında kullanılan dizel,

biyodizel ve dizel-biyodizel karışım (B25 ve B50) yakıtlarının bir takım fiziksel ve kimyasal özellikleri İnönü Üniversitesi Yakıt/Petrol analiz laboratuvarında analiz edilmiş ve Çizelge 4.3.'de sunulmuştur. Ayrıca, asetilen gazının özellikleri Çizelge 4.4.'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Dizel, B25, B50 ve B100 yakıtlarının fiziksel, kimyasal özellikleri ve test yöntemleri

Özellikler	Dizel	B25	B50	B100	Metot
Yoğunluk (kg/m ³) at 15 °C	834.0	845.0	856.0	879.0	EN ISO 12185
Kinematik viskozite (mm ² /s) at 40 °C	3.427	3.498	3.712	4.291	EN ISO 3104
Parlama Noktası (°C)	66.0	87.0	112	174.0	EN ISO 2719
Akma Noktası (°C)	-24.0	-20.0	-12	3.0	ISO 3016
Soğukta filter tıkkama noktası (°C)	-20.0	-19.0	-10	-2.0	EN 116
Setan sayısı	59.5	59.8	60.1	60.7	EN 15195
Alt ısııl değer (MJ/kg)	43.085	42.407	40.465	37.507	DIN 51900-2

Çizelge 4.4 Asetilen gazının fiziksel ve kimyasal özellikleri (Lakshmanan ve ark., 2011)

Özellikler	Asetilen
Formül	C ₂ H ₂
Yoğunluk (kg/m ³) (1.01325 bar, 20 °C)	1,092
Kendiliğinden tutuşma sıcaklığı (°C)	305
Stokiyometrik hava/yakıt oranı (kg/kg)	13,2
Yanıcılık sınırları (hacim %)	2,5-81
Yanıcılık sınırları (eşdeğerlik oranı)	0,3-9,6
Adyabatik alev sıcaklığı (K)	2500
Alt ısııl değer (kJ/kg)	48225
Alt ısııl değer (kJ/m ³)	50636
Maksimum parlama hızı (m/s)	1,5
Ateşleme enerjisi (mJ)	0,019

Deney motorunun soğutma suyu sıcaklığı 85-90 °C'ye ulaşmaya kadar beklenmiş ve motor kararlı çalışır hale geldikten sonra veri toplama işlemine geçilmiştir. Deneyler üç kez tekrarlanmış ve ortalamaları alınarak değerlendirilmiştir.

4.3 Veri Analizi

Gerçekleştirilen deneysel çalışmada, motor performans karakteristikleri aşağıda verilen denklemler kullanılarak hesaplanmıştır.

4.3.1 Yakıt Tüketimi

Deneysel çalışmada yakıt tüketimi kütleli olarak ölçülmüştür. Yakıt deposu dijital terazi üzerine konulmuş ve birim zamanda tüketilen yakıt miktarı gram olarak kaydedilmiştir. Deneysel motoru tarafından birim zamanda tüketilen yakıt miktarı denklem 4.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_y = \frac{m}{t} \quad \left(\frac{g}{s}\right) \quad (4.1)$$

\dot{m}_y : Saniyelik yakıt tüketimi (g/s)

m: Tüketilen yakıt miktarı (g)

t: Yakıtın tükenme süresi (s)

4.3.2 Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketimi (ÖYT), birim zamanda birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak tanımlanmaktadır (Özsezen, 2007). Özgül yakıt tüketimi denklem 4.2 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\text{ÖYT} = \frac{\dot{m}_y}{P_e} * 3600 \quad \left(\frac{g}{kWh}\right) \quad (4.2)$$

ÖYT: Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)

P_e : Motor gücü (kW)

4.3.3 Özgül Enerji Tüketimi

Özgül enerji tüketimi (ÖET), belirli bir çıkış gücünü elde etmek için verilmesi gereken enerjiyi ifade etmektedir. Farklı yoğunluk ve ısıl değere sahip yakıtların karşılaştırılmasında ÖET'in uygun bir parametre olduğu ifade edilmektedir (Aydın ve ark., 2017). Özgül enerji tüketimi denklem 4.3 kullanılarak hesaplanmıştır (Sharma ve ark., 2020).

$$\text{ÖET} = \frac{(\dot{m}_y \times H_u)}{P_e} * 3600/1000 \quad \left(\frac{MJ}{kWh}\right) \quad (4.3)$$

ÖET: Özgül enerji tüketimi (MJ/kWh)

H_u : Yakıt alt ısıl değeri (MJ/kg)

P_e : Motor gücü (kW)

4.3.4 Isıl Verim

Isıl verim, işe dönüştürülen ısının motora verilen toplam ısıya oranı olarak tanımlanmaktadır (Singh ve ark., 2021). Isıl verim denklem 4.4 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_{bte} = \frac{Pe}{\dot{m}_y x Hu} * 100 \quad (\%) \quad (4.4)$$

η_{bte} : Isıl verim (%)

4.3.5 Hacimsel Verim

Hacimsel verim, silindir içerisine gerçek zamanlı alınan hava miktarının, teorik olarak silindire alınabilecek hava miktarına oranı olarak tanımlanmaktadır (Yavuz, 2019). Silindirlere alınan havanın miktarı kütleli akış ölçer ile ölçülürken, teorik olarak silindirlere alınabilecek hava miktarı ise hesaplanmaktadır. Silindirlere alınabilecek teorik hava miktarı denklem 4.5 ile hesaplanmıştır.

$$\dot{m}_{h_teorik} = \frac{V * \rho * n * 60 * Z}{2} \quad (kg/h) \quad (4.5)$$

\dot{m}_{h_teorik} : Silindirlere alınabilecek teorik hava miktarı (kg/h)

V : Strok hacmi (m³)

ρ : Havanın yoğunluğu (kg/m³)

n : Motor devri (d/dk)

Z : Silindir sayısı

Hacimsel verim denklem 4.6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\eta_v = \frac{\dot{m}_{h_gercek}}{\dot{m}_{h_teorik}} * 100 \quad (\%) \quad (4.6)$$

η_v : Hacimsel verim (%)

\dot{m}_{h_gercek} : Silindirlere alınan hava miktarı (kg/h)

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Yapılan deneysel çalışmada, dizel ve dizel-biyodizel karışımları ile çalışan 4 zamanlı, 4 silindirli, turbo şarjlı, Common Rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir dizel motorunun emme havasına asetilen gazı ilavesinin motor performans ve emisyon değerlerine etkisi incelenmiştir. Deneyler 1750 d/dk sabit motor devrinde ve 40 Nm, 60 Nm ve 80 Nm motor yüklerinde gerçekleştirilmiştir. Deneylerin gerçekleştirilmesi esnasında, deney motorunun ilk olarak dizel ve dizel-biyodizel yakıt karışımları (B25 ve B50) ile çalışması sağlanmış, daha sonra emme havasına 10 ve 15 L/dk debilerde asetilen gazı ilave edilmiştir.

5.1 Motor Performansı

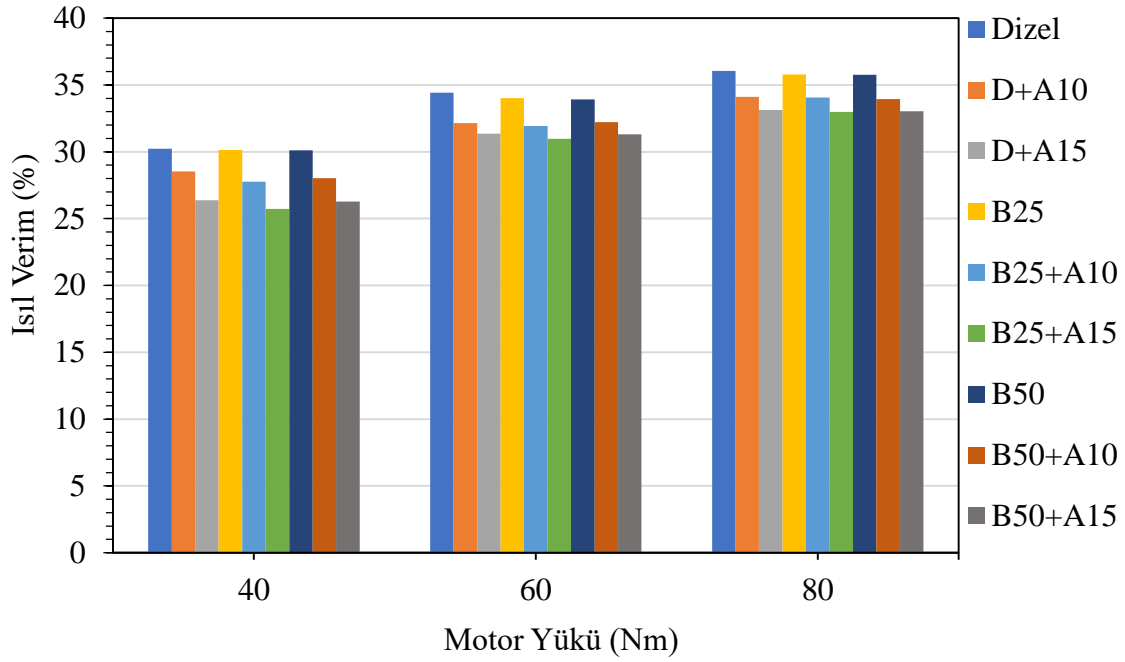
Motor performans parametreleri olarak, ısıl verim, hacimsel verim, özgül yakıt tüketimi, özgül enerji tüketimi, egzoz gaz sıcaklığı değerleri incelenmiş, elde edilen bulgular grafikler halinde sunularak yorumlanmıştır.

5.1.1 Isıl Verim

Dizel, B25 ve B50 test yakıtları ile çalışma durumunda emme havasına yapılan asetilen gazı ilavesinin ısıl verim üzerine etkisi Şekil 5.1'de verilmiştir. Şekil 5.1 incelendiğinde, artan motor yükü ile birlikte her bir test yakıtı için ısıl verimin arttığı görülmüştür. Bu durum, artan yük ile ısı kaybının azalması ve motor torkunun artması ile açıklanmaktadır (Nguyen ve ark., 2020). Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları ile ısıl verimde hafif azalma meydana gelmiştir. Isıl verimdeki azalma ortalama olarak B25 ve B50 test yakıtları ile sırasıyla %0,7 ve %0,9 olarak elde edilmiştir. Biyodizel karışımları ile dizel yakıtına göre hafif daha düşük ısıl verimin elde edilmesi, biyodizelin dizel yakıtına göre yüksek yoğunluğu, viskozitesi ve düşük ısıl değeri ile açıklanmaktadır (Verma ve ark., 2020). Biyodizelin düşük ısıl değerlerinden dolayı aynı güç çıktısını elde etmek için daha fazla yakıtı ihtiyaç duyulmaktadır. Bu durum ısıl verimi düşürmektedir.

Her bir motor yükü için, dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ısıl verimin düşmesine neden olmuştur. Dizel yakıtına 10 L/dk asetilen ilavesi ile ısıl verimde ortalama olarak %5,88 oranında azalma meydana gelirken, 15 L/dk asetilen ilavesi ile ise %9,93 oranında azalma meydana gelmiştir. B25 yakıtına 10 L/dk asetilen ilavesi ile %6,32, 15 L/dk asetilen ilavesi ile ise %10,47 oranında azalma meydana gelirken, B50

yakıtına 10 L/dk asetilen ilavesi ile %5,66, 15 L/dk asetilen ilavesi ile ise %9,34 oranında azalma meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dizel ve dizel-biyodizel yakıt karışımlarına asetilen katkısı ile ısı verim üzerindeki etkisini oldukça benzer olduğu görülmüştür. En düşük ısı verim değeri 40 Nm motor yükünde B25+A15 yakıt karışımı ile %25,73 olarak elde edilirken, en yüksek ısı verim değeri ise 80 Nm motor yükünde dizel yakıtı ile %36,05 olarak elde edilmiştir.



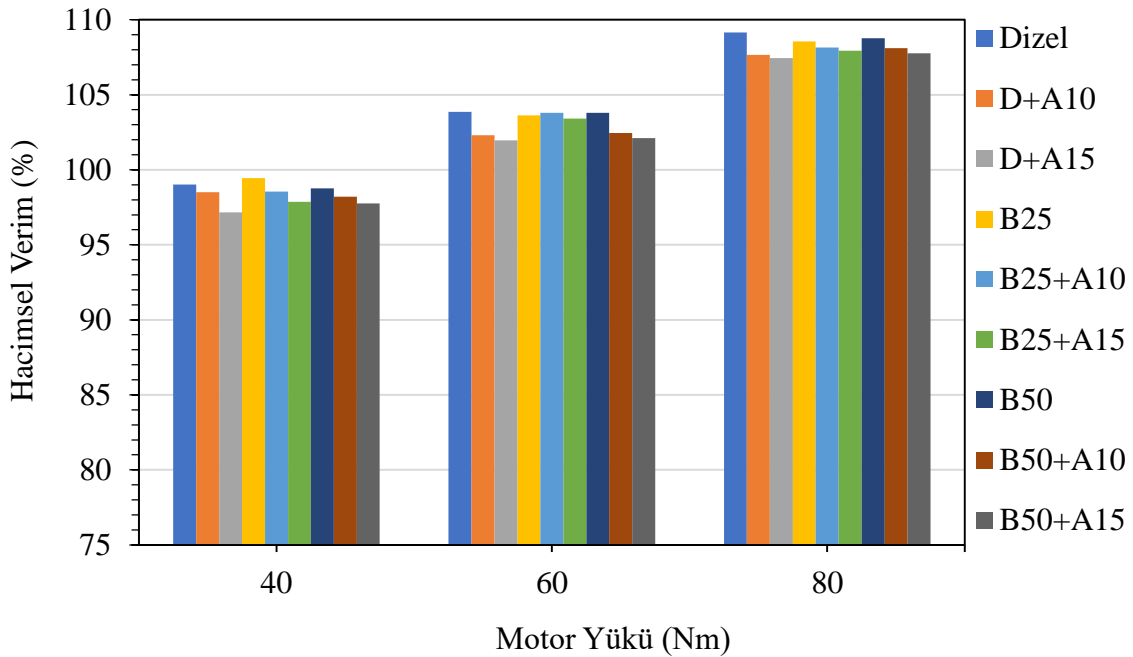
Şekil 5.1 Farklı motor yüklerine göre ısı verimin değişimi

Yine Choudhary ve Nayyar (2013) tarafından yapılan çalışmada, asetilen gazının yüksek yanma hızı ve hızlı enerji salınımı nedeniyle ısı veriminde azalmaya neden olduğu belirtilmiştir. Yine literatürde; Yüksek miktarda asetilen gazının motora gönderilmesi durumunda, asetilenin yüksek alev hızı nedeniyle uygunsuz karışım ve kontrolsüz yanmaya neden olduğu, bu durumda ısı transfer kayıplarını arttırdığı dolayısıyla da ısı verimin azalmasına neden olduğu bildirilmektedir (Raman ve Kumar, 2020).

5.1.2 Hacimsel Verim

Şekil 5.2’de, dizel ve dizel-biyodizel yakıt karışımlarına asetilen gazı ilavesinin hacimsel verim üzerine etkisi verilmiştir. Şekil 5.2’den görüldüğü üzere, artan motor yükü ile her bir test yakıtı için hacimsel verim artış göstermiştir. Dizel-biyodizel karışım yakıtlarının (B25 ve B50) hacimsel verim değerlerinin dizel yakıtı ile oldukça yakın

olduğu, dizel yakıtı ile biyodizel yakıtının karıştırılmasının motorun hacimsel verimliliği üzerinde kayda değer bir etkisinin olmadığı görülmüştür. Dizel-biyodizel karışım yakıtları ile oldukça düşük oranda azalma (ortalama azalma %0,17) tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar Sayyed ve ark., (2022) tarafından elde edilmiştir.



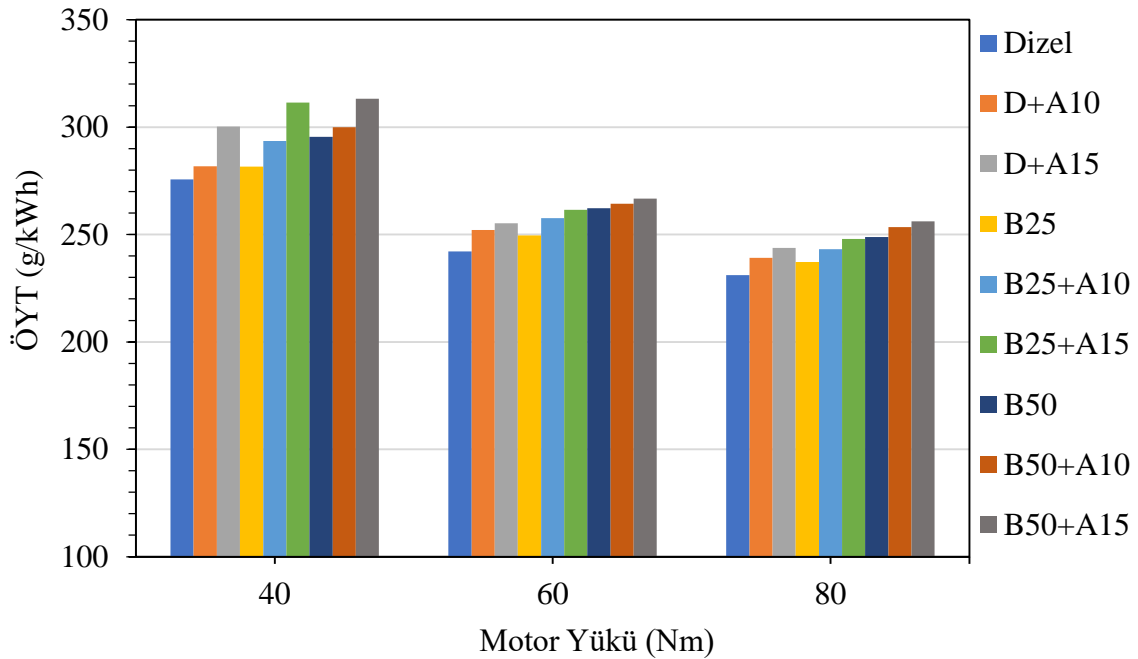
Şekil 5.2 Farklı motor yüklerine göre hacimsel verimin değişimi

Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetlenen gazı ilavesi ile hacimsel verim değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına 10 L/dk asetlen ilavesi ile hacimsel verimdeki ortalama azalma sırası ile %1,13, %0,37 ve %0,82 olarak elde edilirken, 15 L/dk asetlen ilavesi ile ise %1,76, %0,79 ve %1,19 olarak elde edilmiştir. Bu durum, emme manifolduna yapılan asetlenen gazı zenginleştirilmesi ile asetlenen gazı, havanın yerini alarak silindirlere alınan hava miktarının azalması ile açıklanabilir (Choudhary ve Nayyar, 2013). Meda (2011) yaptığı çalışmada dizel ve dizel-biyodizel karışım ile çalışan motorun emme havasına yapılan asetlenen gazı zenginleştirilmesi ile hacimsel veriminin azaldığı tespit edilmiştir.

5.1.3 Özgül Yakıt Tüketimi

Özgül yakıt tüketiminin dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetlenen gazı ilavesi ile değişimi Şekil 5.3'de verilmiştir. Şekilden görüldüğü üzere, artan motor yükü ile her bir test yakıtı için ÖYT azalmıştır. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım

yakıtları ile özgül yakıt tüketiminde artış meydana gelmiştir. Biyodizel yakıtı dizel yakıtına göre daha düşük ısı değeri, daha yüksek yoğunluk ve viskozite değerlerine sahiptir. Bu durumda, sabit motor torku elde etmek için daha fazla yakıt tüketilmekte ve dolayısıyla da ÖYT değeri artmaktadır (Topal, 2014).



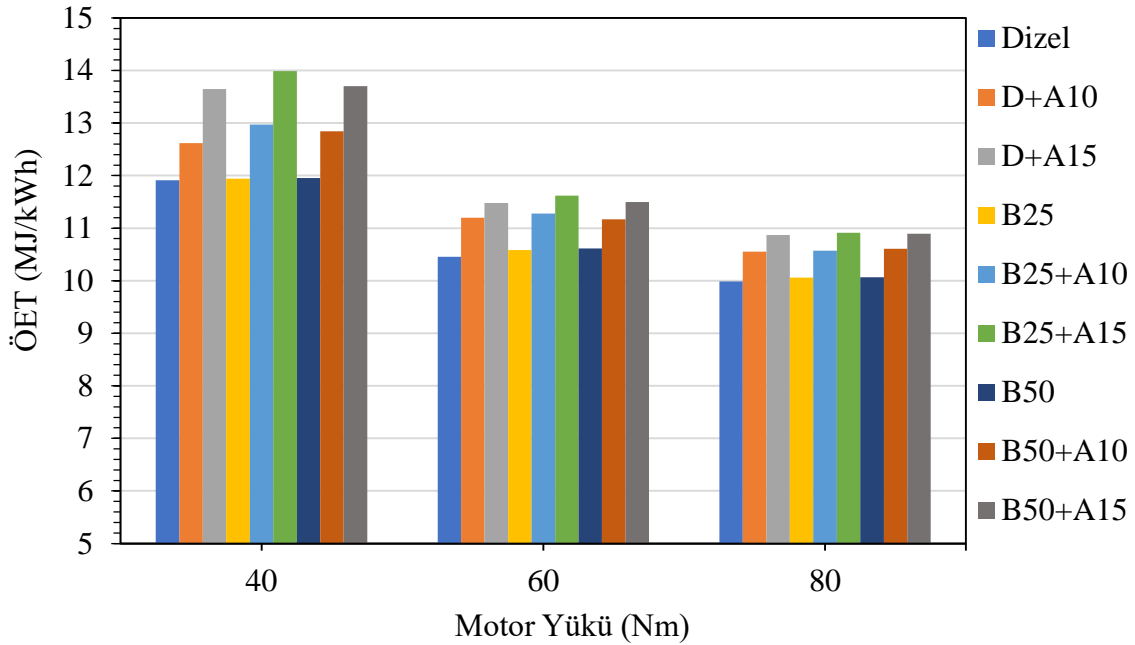
Şekil 5.3 Özgül yakıt tüketiminin motor yüküne bağı olarak değışimi

Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ÖYT değerlerinde artışa neden olmuştur. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, D+A10 ve D+A15 ile ÖYT değerlerinde ortalama olarak sırasıyla %3,28 ve %6,61 artış görülmüştür. Benzer şekilde B25 yakıtına göre; B25+A10 ve B25+A15 ile ÖYT değerlerinde sırasıyla %3,33 ve %6,65, B50 yakıtına göre; B50+A10 ve B50+A15 ile ise %1,38 ve %3,54 artış meydana gelmiştir. En yüksek ÖYT değeri 40 Nm motor yükünde B50+A15 yakıt karışımı ile 313,2 g/kWh olarak elde edilirken, en düşük ÖYT değeri ise 80 Nm motor yükünde dizel yakıtı ile 231,1 g/kWh olarak elde edilmiştir. İlhak ve ark., (2018) tarafından yapılan çalışmada, 500 g/s üzerindeki asetilen katkısı ile ısı verim azalırken ÖYT değerinde artış meydana geldiği ifade edilmiştir.

5.1.4 Özgül Enerji Tüketimi

Farklı yakıt karışımlarının performanslarının analiz edilmesinde, ÖYT yerine özgül enerji tüketimi (ÖET)'nin daha sağlıklı bir değerlendirmeye imkân vereceği ifade

edilmektedir (Sharma ve ark., 2020). Dolayısıyla yapılan bu çalışmada ÖYT sonuçlarına ek olarak ÖET sonuçlarına da yer verilmiştir. Şekil 5.4’de dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesinin ÖET üzerine etkisi verilmiştir.



Şekil 5.4 Özgül enerji tüketiminin motor yüküne bağlı olarak değişimi

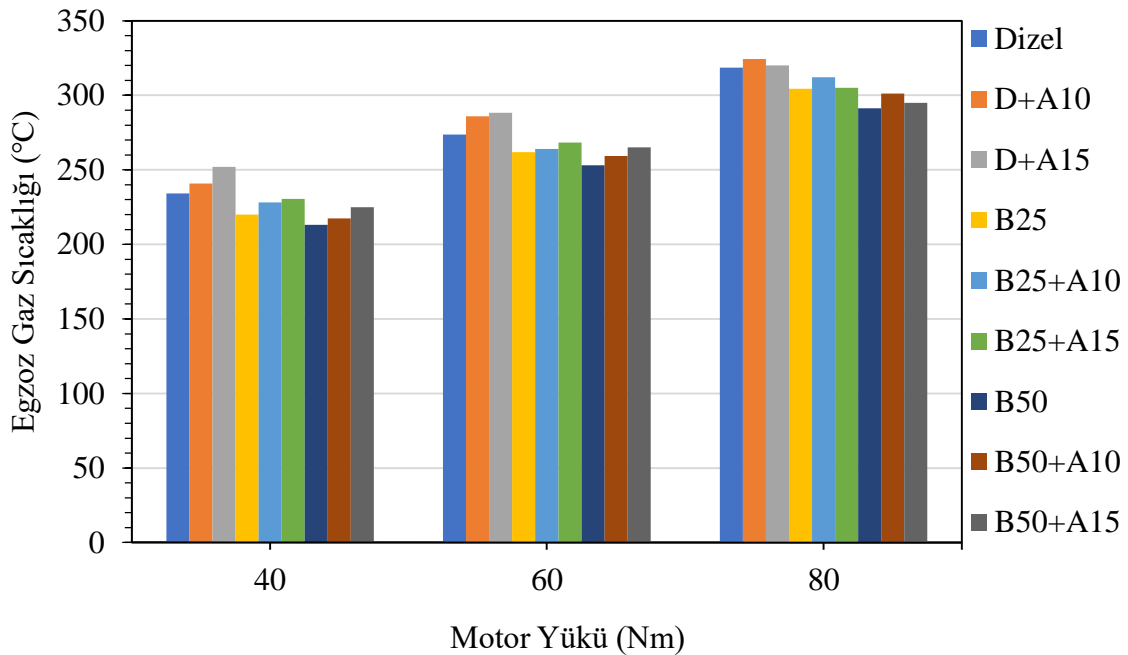
Şekil 5.4 incelendiğinde, ÖYT’ye benzer şekilde artan motor yükü ile birlikte ÖET değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları ile ÖET değerlerinde hafif artışlar meydana gelmiştir. ÖET ısı verim ile ters orantılı olarak değişmektedir. Dolayısıyla da ısı veriminde azalma olurken ÖET değeri artmaktadır. ÖET değerindeki artış, dizel yakıtına kıyasla biyodizelin daha düşük ısı değere, daha yüksek yoğunluğa ve daha yüksek viskoziteye sahip olması ile açıklanmaktadır (Telgane ve ark., 2021).

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen katkısı ÖET değerlerinde artışa neden olmuştur. Her bir motor yükü göz önüne alındığında; dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına 10 L/dk asetilen katkısı ile ÖET değerlerinde ortalama olarak sırasıyla; %6,25, %6,76 ve %6,01 artış olurken, 15 L/dk asetilen katkısı ile ise %11,08, %11,82 ve %10,39 oranında artış meydana gelmiştir. Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı zenginleştirmesinin ÖET açısından oldukça benzer sonuçlar sergilediği görülmüştür. En yüksek ÖET değeri 40 Nm motor yükünde B50+A15 yakıt karışımı ile 13,70 MJ/kWh olarak elde edilirken, en düşük ÖYT değeri ise 80 Nm motor yükünde dizel yakıtı ile 9,99 MJ/kWh olarak elde edilmiştir. Asetilenin dizel ve dizel-biyodizel karışımli yakıtlara

göre yüksek ısı içeriğinden dolayı asetilen katkısı ile ÖET değeri artmaktadır (Raman ve Kumar, 2020). Benzer sonuçlar Choudhary ve Nayyar, 2013, Oni ve ark., 2021, Singh ve ark., 2021 tarafından elde edilmiştir.

5.1.5 Egzoz Gazı Sıcaklığı

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile egzoz gaz sıcaklığının motor yüküne bağlı olarak değişimi Şekil 5.5’de verilmiştir. Şekil 5.5’den görüldüğü üzere, her bir test yakıtı için artan motor yükü ile birlikte silindirlere gönderilen yakıt miktarı arttığından dolayı daha fazla ısı üretilmekte ve egzoz gaz sıcaklık değerleri artmaktadır (Manigandan ve ark., 2019). Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel yakıt karışımları ile daha düşük egzoz gaz sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Egzoz gazı sıcaklıklarındaki azalma ortalama olarak B25 yakıtı ile %4,92 ve B50 yakıtı ile %8,33 olarak ölçülmüştür. Bu durum, biyodizel yakıtının yüksek oksijen içeriğine sahip olmasından dolayı dizel yakıtına göre daha erken tam yanma sağladığı ve egzoz gazı sıcaklıklarının düşmesine neden olduğu ifade edilmektedir (Rajak ve ark., 2019).



Şekil 5.5 Egzoz gazı sıcaklığının motor yüküne bağlı olarak değişimi

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi, egzoz gaz sıcaklık değerlerinde artışa neden olmuştur. Her bir yakıt için 40 ve 60 Nm motor yüklerinde artan asetilen katkı oranı ile egzoz gaz sıcaklık değerleri sürekli olarak artarken, 80 Nm motor yükünde ise 10 L/dk akış oranı üzerindeki asetilen katkısı ile egzoz

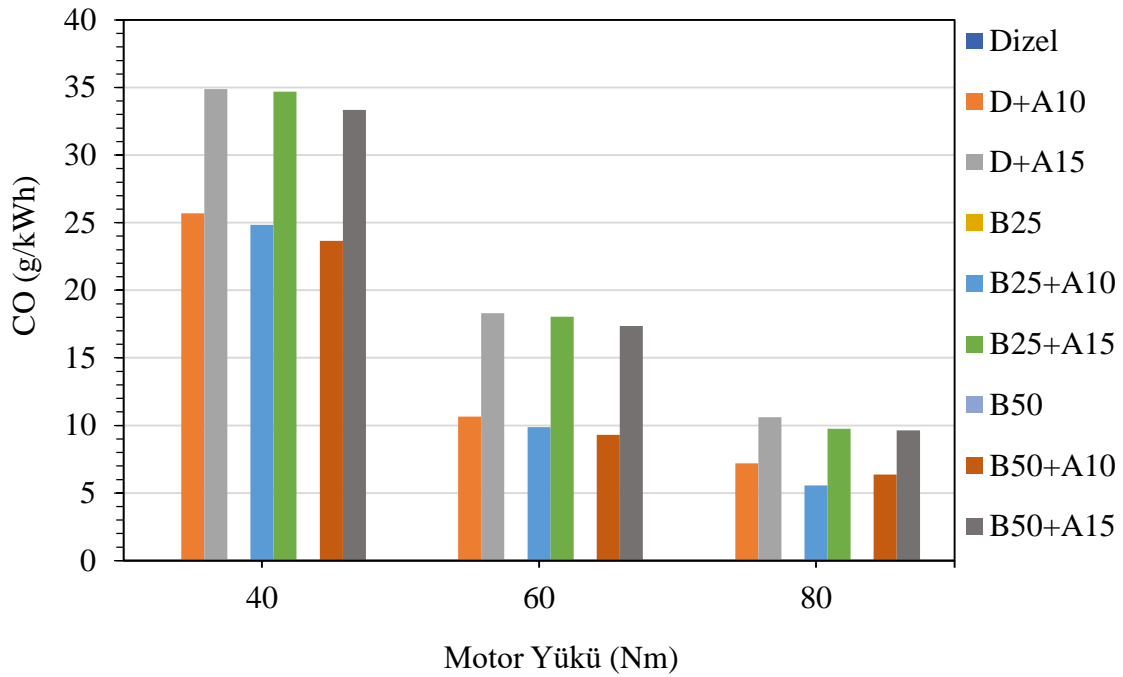
gaz sıcaklık değerlerinde azalma eğilimi gözlenmiştir. 40 ve 60 Nm motor yüklerinde en yüksek egzoz gaz sıcaklık değerleri 15 L/dk asetilen katkısı ile elde edilirken, 80 Nm motor yükünde 10 L/dk asetilen katkısı ile elde edilmiştir. Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına 10 L/dk asetilen katkısı ile egzoz gaz sıcaklık değerlerinde ortalama olarak sırasıyla %3,05, %2,33 ve %2,61 artış olurken, 15 L/dk asetilen katkısı ile %4,50, %2,46 ve %3,86 artış meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dizel yakıtına asetilen katkısı ile egzoz gaz sıcaklık değerlerinde meydana gelen artışın dizel-biyodizel yakıt karışımına asetilen katkısına göre daha yüksek olduğu görülmüştür. Asetilen gazı katkısı ile yanma daha geç başlayarak genleşme zamanına sarkmaktadır. Genleşme zamanına sarkan yanma, geç tamamlanarak egzoz gaz sıcaklık değerini artırmaktadır (İlhak, 2018).

5.2 Egzoz Emisyonları

Bu bölümde egzoz emisyonlarından CO, CO₂, HC, NO_x ve İs emisyonları incelenmiş, elde edilen bulgular grafikler halinde sunularak yorumlanmıştır.

5.2.1 CO Emisyonu

Renksiz, kokusuz ve zehirli bir gaz olan CO emisyonu, yakıtın eksik yanması sonucunda oluşmaktadır. Yakıt/hava oranı, yetersiz zaman, oksijen konsantrasyonu, karışımın heterojenliğinden kaynaklı yanma odası içerisindeki yerel zengin bölgeler, CO emisyonu oluşumunun nedenleri olarak gösterilmektedir (Sanli, 2018). Şekil 5.6'da dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen katkısının CO emisyonlarına etkisi verilmiştir. Şekil 5.6'dan görüldüğü üzere, dizel, B25 ve B50 test yakıtları ile çalışma durumunda CO emisyonları tespit edilememiştir. Dizel motorlar genellikle fazla hava ile çalıştıklarından dolayı normal çalışma sırasında genellikle çok düşük miktarlarda CO emisyonu salınımı sergilemektedirler (Köse ve Acaroğlu, 2020). Dolayısıyla da turbo şarjlı bir dizel motorun kullanıldığı bu deneysel çalışmada, dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtları ile CO emisyonu tespit edilememiş olması beklenen bir durumdur.



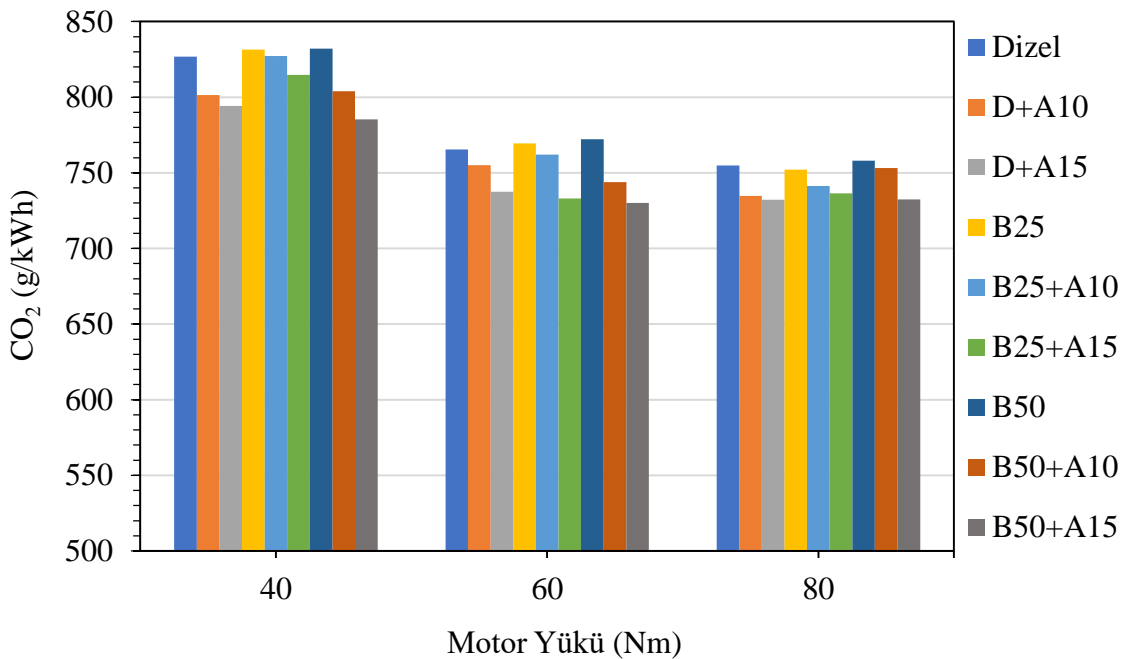
Şekil 5.6 CO emisyon değerlerinin motor yüküne bağlı olarak değişimi

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile birlikte CO emisyonları açığa çıkmıştır. Emme manifolduna gönderilen asetilen gazı, emme havasının yerini alarak silindir içerisine daha az taze hava alınmasına, karışımın yakıt açısından zengin olmasına ve eksik yanmaya neden olmaktadır (Oni ve ark., 2021). Yakıtın eksik yanmasından dolayı CO emisyonları açığa çıkmaktadır (Baligidad ve ark., 2021). Artan motor yükü ile birlikte CO emisyonlarında azalma meydana gelmiştir. En düşük CO emisyonlarının elde edildiği 80 Nm motor yükünde, D+A10, D+A15, B25+A10, B25+A15, B50+A10 ve B50+A15 yakıtları için CO emisyon değerleri sırasıyla 7,2, 10,6, 5,6, 9,8, 6,4 ve 9,6 g/kWh olarak ölçülmüştür. Asetilen katkı oranının 10 L/dk'dan 15 L/dk'ya artışı CO emisyonlarının da artmasına neden olmuştur. En yüksek CO emisyon değeri D+A15 yakıtı ile 40 Nm motor yükünde 34,9 g/kWh olarak elde edilirken, en düşük CO emisyonu ise B25+A10 yakıtı ile 80 Nm motor yükünde 5,6 g/kWh olarak elde edilmiştir. Benzer sonuçlar Oni ve ark., (2021) tarafından elde edilmiştir.

5.2.2 CO₂ Emisyonu

Bir tür sera gazı olan karbon dioksit (CO₂) emisyonu, fosil kaynaklı yakıtın bünyesinde bulunan karbon ile oksijenin tam yanması sonucu oluşmaktadır (Wu ve Wu, 2012). İçten yanmalı motorlardan kaynaklanan CO₂ emisyonları, ozon oluşumu ve halk

sağlığı sorunlarına yol açan küresel ısınma probleminde önemli rol oynamaktadır (Baligidad ve ark., 2021). Şekil 5.7’de dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen katkısının CO₂ emisyonlarına etkisi verilmiştir. Şekil 5.7’den görüldüğü üzere, her bir yakıt için artan motor yükü ile birlikte CO₂ emisyonları azalmıştır. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, B25 ve B50 yakıtları ile CO₂ emisyonlarında hafif artış meydana gelmiştir. Yüksek oksijen içeriği nedeniyle biyodizel karışımlı yakıtların yanma işlemi sırasında karbon atomları daha fazla oksijen bulmakta ve CO emisyonu yerine CO₂ emisyonları oluşmaktadır (Yesilyurt, 2019).



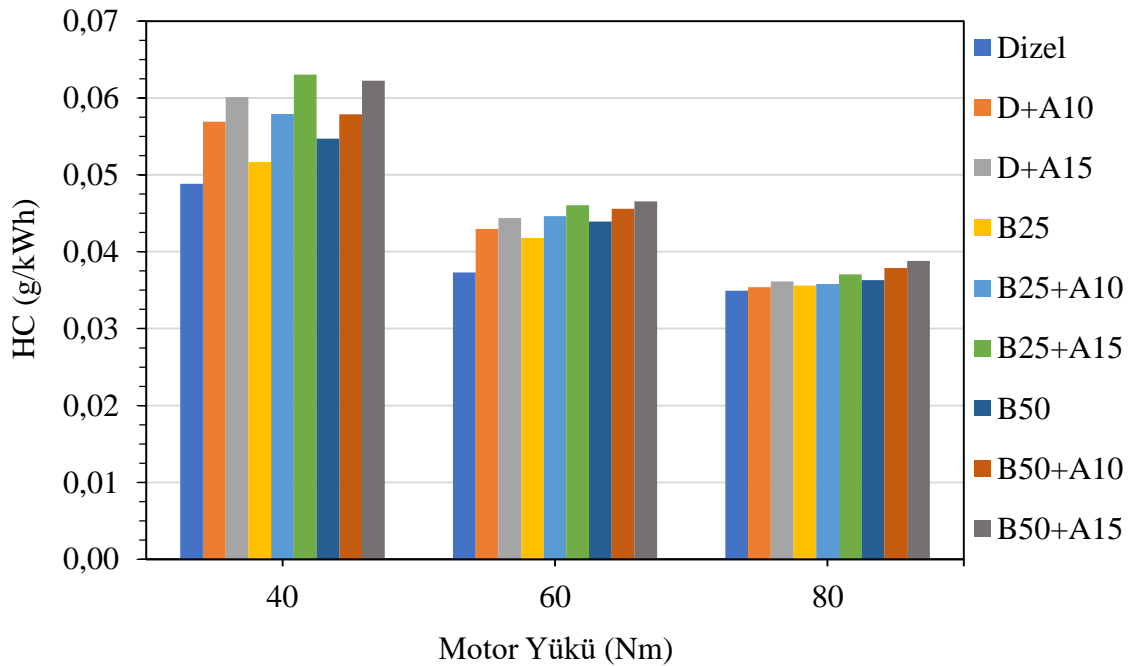
Şekil 5.7 CO₂ emisyon değerlerinin motor yüküne bağlı olarak değişimi

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile CO₂ emisyonlarında azalma meydana gelmiştir. Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına 10 L/dk asetilen katkısı ile CO₂ emisyonlarında ortalama olarak sırasıyla %2,37, %0,97 ve %1,95 azalma olurken, 15 L/dk asetilen katkısı ile %3,54, %2,94 ve %4,22 azalma meydana gelmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, CO₂ emisyonlarındaki maksimum azalma B50+A15 yakıtı ile elde edilmiştir. En yüksek CO₂ emisyon değeri B50 yakıtı ile 40 Nm motor yükünde 832,19 g/kWh olarak elde edilirken, en düşük CO₂ emisyonu ise D+A15 ile 80 Nm motor yükünde 732 g/kWh olarak elde edilmiştir. Asetilenin düşük karbon içeriği nedeniyle asetilen ilavesi ile CO₂ emisyonları azalmakta, artan asetilen katkı oranıyla birlikte bu

azalma daha da fazla olmaktadır (Balasubramanian ve Krishnan, 2019). Benzer sonuçlar Koli ve Rao, 2021; Oni ve ark., 2021; Sharma ve ark., 2020 tarafından elde edilmiştir.

5.2.3 HC Emisyonu

HC emisyonu, yetersiz oksijen ve sıcaklıktan dolayı eksik yanma sonucunda oluşmaktadır (Çat ve ark., 2018). Dizel yanması doğası gereği heterojen olduğundan, yanma odası içinde aşırı zengin veya aşırı zayıf hava-yakıt karışımları bulunur. Bu durum kimyasal reaksiyon hızını, yerel sıcaklıkları düşürür ve hatta alevin sönmesine neden olur (Sanli, 2018). Dolayısıyla da HC emisyonları açığa çıkar. Şekil 5.8’de dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesinin HC emisyonu üzerine etkisi verilmiştir. Şekil 5.8’den görüldüğü üzere, artan motor yükü ile birlikte HC emisyon değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Artan motor yüküne bağlı olarak artan enjeksiyon basıncı, karışım yakıtlarının enjeksiyon performansını arttırmış, iyileşen yakıt atomizasyonu ile daha iyi bir yakıt/hava karışımı neticesinde iyileşen yanmaya bağlı olarak HC emisyonu azalmıştır. Dizel yakıtına göre, dizel-biyodizel karışım yakıtları ile daha yüksek HC emisyonları elde edilmiştir. Bu durumun, biyodizelin hava ile iyi bir şekilde karışım oluşturamadığından kaynaklandığı ifade edilmektedir (Srivastava ve Verma, 2008).

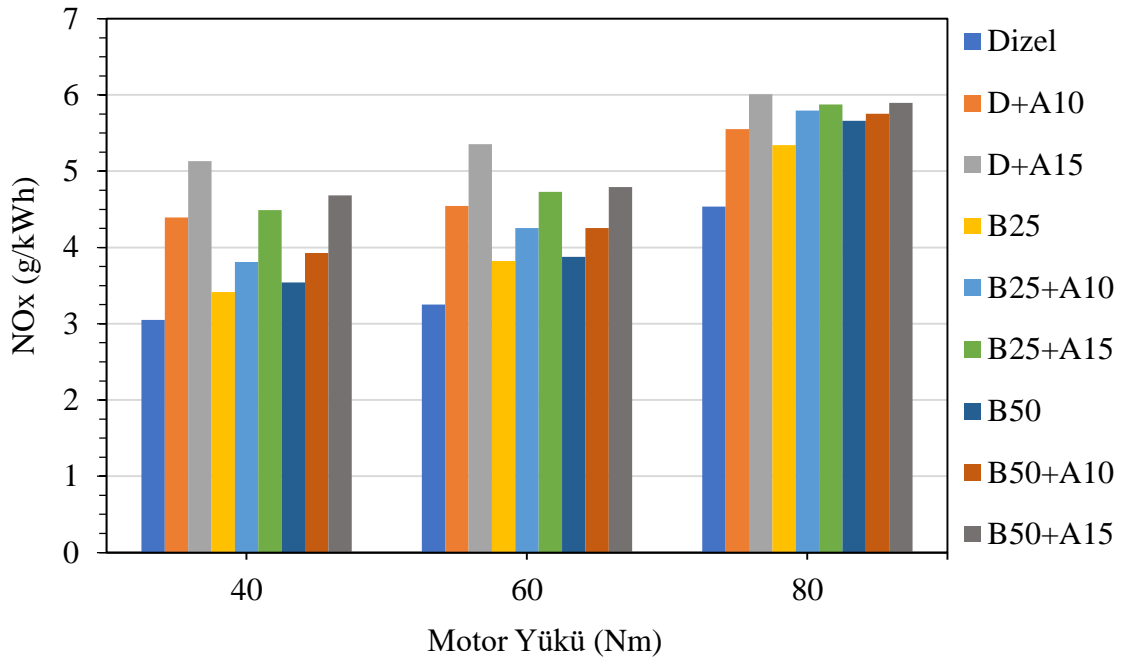


Şekil 5.8 HC emisyon değerlerinin motor yüküne bağlı olarak değişimi

Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına asetilen gazı ilavesi HC emisyon değerlerinde artışa neden olmuştur. Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına 10 L/dk asetilen katkısı ile HC emisyon değerlerinde meydana gelen ortalama artış sırasıyla %11,01, %6,50 ve %4,60 ve 15 L/dk asetilen katkısı ile %15,18, %12,12 ve %8,86 olarak ölçülmüştür. En düşük HC emisyon değerleri 80 Nm motor yükünde dizel yakıtı ile 0,035 g/kWh olarak elde edilirken, en yüksek HC emisyon değeri ise 40 Nm motor yükünde B50+A15 yakıt karışımı ile 0,062 g/kWh olarak elde edilmiştir. Asetilen gazı zenginleştirmesi ile silindirlere emilen oksijen yüzdesinin azalmasından dolayı tam yanma gerçekleşmemekte ve yanmamış hidrokarbon emisyonlarında artışa neden olmaktadır (Choudhary ve Nayyar, 2013).

5.2.4 NO_x Emisyonu

NO_x emisyonları yanma sıcaklığına, oksijen içeriğine ve reaksiyon süresine bağlıdır (Koli ve Rao, 2021) Şekil 5.9'da dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesinin NO_x emisyonu üzerine etkisi verilmiştir. Şekil 5.9 incelendiğinde, artan motor yükü ile birlikte NO_x emisyon değerlerinde artış meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları daha yüksek NO_x emisyonları sergilemişlerdir. NO_x emisyonlarındaki bu artışın sebebi olarak, silindir içi sıcaklık ve biyodizelin oksijen içeriği gösterilmektedir. Yüksek setan sayısı yakıtı daha erken tutuşturarak yanmayı başlatmakta, bu sırada sıkıştırma devam ettiği için silindir içi sıcaklık artmakta ve buna bağlı olarak NO_x oluşumunun artmasına neden olmaktadır (Uyaroğlu, 2015).



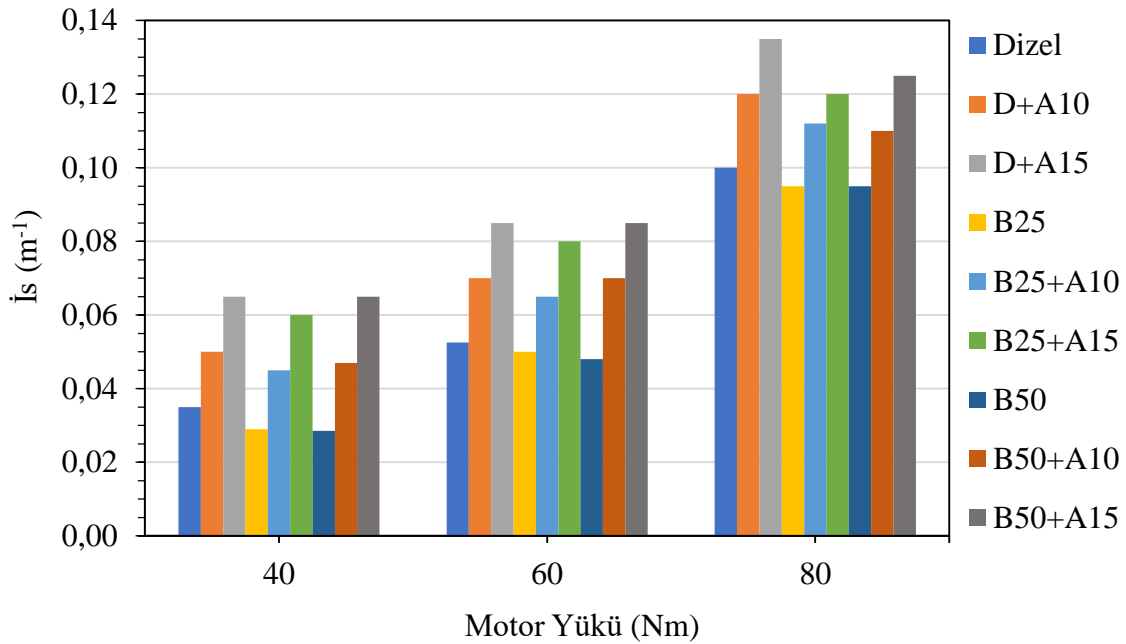
Şekil 5.9 NO_x emisyon değerlerinin motor yüküne bağılı olarak değişim

Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına aseticilen gazı ilavesi, NO_x emisyonlarında artışa neden olmuştur. Dizel yakıtına göre D+A10 ve D+A15 ile NO_x emisyon değerlerindeki ortalama artış sırasıyla %35,36 ve %55,09 olarak ölçülmüştür. Benzer şekilde B25 yakıtına göre B25+A10 ve B25+A15 ile NO_x emisyon değerlerindeki ortalama artış sırasıyla %10,45 ve %21,72, B50 yakıtına göre B50+A10 ve B50+A15 ile sırasıyla %7,43 ve %20,03 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, dizel-biyodizel karışım yakıtlarına aseticilen katkısı, dizel yakıtına aseticilen katkısına göre daha düşük NO_x emisyon değerleri sergilediği görülmüştür. En yüksek NO_x emisyon değeri 80 Nm motor yükünde D+A15 yakıtı ile 6,01 g/kWh olarak elde edilirken, en düşük NO_x emisyon değeri ise 40 Nm motor yükünde dizel yakıtı ile 3,05 g/kWh olarak elde edilmiştir. Asetilen katkısı ile yanma hızının artışı ile sıcaklık artmakta ve dolayısıyla da NO_x emisyonları artmaktadır (Behera ve ark., 2014). Choudhary ve Nayyar, (2013) tarafından yapılan çalışmada, aseticilen gazının reaksiyon sıcaklıklarını ve maksimum silindir basınçlarını artırdığı ve daha yüksek NO_x emisyonlarına neden olduğu belirtilmiştir.

5.2.5 İş Emisyonu

İş emisyonu, yüksek basınç, yüksek sıcaklık ve oksijenin eksik olduğu yanma koşullarından meydana gelmektedir (Wu ve Wu, 2012). Şekil 5.10'da dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına aseticilen katkısının iş emisyonlarına etkisi verilmiştir. Şekil

5.10 incelendiğinde, artan motor yükü ile birlikte is emisyonlarının arttığı görülmüştür. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışimli yakıtlar daha düşük is emisyonu sergilemişlerdir. Yakıtın kükürt ve oksijen içeriği is oluşumunu etkilemektedir. Dolayısıyla, yüksek oksijen ve düşük kükürt içeriğine sahip biyodizelin dizel yakıtına eklenmesiyle is emisyonlarını genellikle azalttığı ifade edilmektedir (Çanakçı ve ark., 2009).



Şekil 5.10 İs emisyon değerlerinin motor yüküne bağlı olarak değişimi

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile is emisyonlarında artış meydana gelmiştir. Dizel yakıtına 10 L/dk ve 15 L/dk asetilen katkısı ile saf dizel yakıtına kıyasla is emisyonlarında meydana gelen ortalama artış sırasıyla %32,06 ve %60,87 olarak elde edilmiştir. Benzer şekilde, B25 yakıtına 10 L/dk ve 15 L/dk asetilen katkısı ile B25 yakıtına kıyasla is emisyonlarındaki ortalama artış sırasıyla %34,36 ve %64,40 olarak elde edilirken, B50 yakıtına 10 L/dk ve 15 L/dk asetilen katkısı ile B50 yakıtına kıyasla is emisyonlarındaki ortalama artış sırasıyla %42,18 ve %78,91 olarak elde edilmiştir. En yüksek is emisyon değeri 80 Nm motor yükünde D+A15 yakıtı ile $0,135 \text{ m}^{-1}$ olarak elde edilirken, en düşük is emisyon değeri ise 40 Nm motor yükünde B50 yakıtı ile $0,0285 \text{ m}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Silindir içerisinde bulunan asetilen hava ile homojen bir karışım oluşturur. Dizel yakıtın tutuşmasıyla birlikte asetilen yanarak silindir içerisindeki havayı tüketir ve dizel yakıt damlacıkları içerisinde bulunan karbonun oksijene ulaşmasını zorlaştırır. Ayrıca artan asetilen miktarına bağlı olarak azalan sıvı

yakıt miktarı püskürtme kalitesini düşürmekte ve dolayısıyla is partiküllerinin artmasına neden olabilmektedir.



6. SONUÇLAR ve ÖNERİLER

6.1 Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada, günümüzde yaygın olarak kullanılan dört silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı, 1,461 – L, turbo şarjlı, Common Rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir dizel motorda sabit motor devri (1750 d/dk) ve farklı motor yüklerinde (40 Nm, 60 Nm ve 80 Nm) dizel-WCOB-asetilen üçlü yakıt karışımlarının motor performans ve emisyonlara etkileri araştırılmıştır. Deneysel sonuçlara dayanarak aşağıdaki sonuçlara varılmıştır:

Isıl verimin her bir test yakıtı için artan motor yükü ile birlikte arttığı görülmüştür. Her bir motor yükü için dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları ile ısı veriminde hafif azalma meydana gelmiştir. Ayrıca her bir motor yükü için, dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile ısı veriminde azalma olmuştur. Artan motor yükü ile her bir test yakıtı için hacimsel verim artış göstermiştir. Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile hacimsel verim değerlerinde azalma meydana gelmiştir. Her bir test yakıtı için ÖYT değeri artan motor yükü ile azalmıştır. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları ile özgül yakıt tüketiminde artış meydana gelmiştir. Dizel, B25 ve B50 test yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ÖYT değerlerinde artışa neden olmuştur. ÖYT'ye benzer şekilde artan motor yükü ile birlikte ÖET değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları ile özgül yakıt tüketiminde hafif artışlar meydana gelmiştir. Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen katkısı ÖET değerlerinde artışa neden olmuştur. Her bir test yakıtı için artan motor yükü ile birlikte EGT değerleri artmıştır. Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi, EGT değerlerinde artışa neden olmuştur.

Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtları ile CO emisyon salınımı tespit edilememiştir. Asetilen katkısı CO emisyonlarında artışa neden olmuştur. Artan motor yükü ile birlikte CO₂ emisyon değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtı ile karşılaştırıldığında, B25 ve B50 yakıtları ile CO₂ emisyonlarında hafif artış meydana gelmiştir. Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile CO₂ emisyonlarında azalma meydana gelmiştir. Artan motor yükü ile birlikte HC emisyon değerlerinde azalma meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtına göre, dizel-biyodizel karışım yakıtları ile daha yüksek HC emisyonları elde edilmiştir. Dizel, B25 ve

B50 yakıtlarına asetilen gazı ilavesi HC emisyon değerlerinde artışa neden olmuştur. Artan motor yükü ile birlikte NO_x emisyon değerlerinde artış meydana geldiği görülmüştür. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışım yakıtları daha yüksek NO_x emisyonları sergilemişlerdir. Dizel, B25 ve B50 yakıtlarına asetilen gazı ilavesi, NO_x emisyonlarında artışa neden olmuştur. Artan motor yükü ile birlikte is emisyon değerlerinin arttığı görülmektedir. Dizel yakıtına göre dizel-biyodizel karışımli yakıtlar daha düşük is emisyonu sergilemişlerdir. Dizel ve dizel-biyodizel karışım yakıtlarına asetilen gazı ilavesi ile is emisyonlarında artış meydana gelmiştir.

6.2 Öneriler

Karpit, kolay bulunmasından ve maliyet olarak ucuz olmasından dolayı kullanımı sıkça görülmektedir. Karpitin su ile tepkimesinden ortaya çıkan asetilen gazının ısı enerjisi, motorlu taşıtlarda kullanılan benzin yakıtından ve dizel yakıtından daha yüksek olduğu bilinmektedir. Bu özellikleri göz önünde bulundurulduğunda asetilen gazı üzerine çalışmalar daha fazla arttırılmalıdır.

1 L atık yağın ortalama 1 milyon L temiz suyu kirlettiği belirtilmektedir. Dolayısıyla evsel atık yağların geri kazanımı konusunda toplum daha fazla bilinçlendirilmeli, evsel atık yağlardan biyodizel yakıt üretimi ile ilgili yapılan çalışmalar teşvik edilmelidir.

Atık kızartma yağı biyodizelinin günlük hayatta yaygın olarak kullanılan 4 silindirli, turbo şarjlı, common rail yakıt enjeksiyon sistemine sahip bir motorda uzun süre kullanımının aşıntı, korozyon, motor yağı vb. üzerine etkileri incelenmelidir.

Asetilen gazının motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılabilmesi için önemli problemlerin başında depolanma sorunu gelmektedir. Asetilen gazının küçük hacimlerde daha yüksek miktarlarda depolanması üzerine çalışmalar yapılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Adaçay, F.R. 2014. Türkiye için enerji ve kalkınmada perspektifler, *Aksaray Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 6 (2), 87-103.
- Akay, M.E. 2007. Dizel-Elektrik Lokomotiflerde Biyodizel Uygulaması, *1. Ulusal Yağlı Tohumlu Bitkiler ve Biyodizel Sempozyumu*, Samsun, 20-25.
- Akçay, H.T., (2006), “Bazı Bitkisel Yağlardan Biyodizel Üretimi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Trabzon, 82.
- Aksoy, E. (2014), “Malatya Kredi Ve Yurtlar Kurumu Bölge Müdürlüğüne Bağlı İllerdeki Yurtlarda Kızartmalık Yağ Denetimi, Çalışan Ve Öğrencilerin Atık Yağlarla İlgili Bilgi Düzeyleri”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, İnönü Üniversitesi, Malatya, 129.
- Aktaş, A., Doğan, O. 2010. Çift yakıtlı bir dizel motorda lpg yüzdesinin performans ve egzoz emisyonlarına etkisi, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Dergisi*, 25 (1), 171-178.
- Alptekin, E., Çanakçı, M. 2006. Biyodizel ve Türkiye’deki durumu. *Mühendis ve Makine*, 47 (561), 57-64.
- Altun, Ş., Gür, M.A. 2005. Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılması, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9 (3), 35-42.
- Altun, Ş. (2009), “Hayvansal Yağlardan Biyo-Yakıt Üretimi Ve Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması”, Doktora Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 137.
- Altuntaş, A. (2006), “Hardal Yağı Biyodizelinde Depolama Süresi Ve Şartlarının Yakıt Özellikleri Üzerindeki Etkisinin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 52.
- Artukoğlu, B. (2006), “Hayvansal Atık Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Özelliklerini Geliştirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 94.
- Atmanlı, A. (2013), “Dizel Motorunda Dizel Yakıtı - Alkol – Bitkisel Yağ Karışımları Kullanımının Motor Karakteristiklerine Etkilerinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Balıkesir Üniversitesi, Balıkesir, 204.
- Aybastır, Ö. (2010), “Bitkisel Atık Yağların Karakterizasyonu Ve Biyodizel Üretiminde Değerlendirilmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 105.
- Aydın, M, Afşar, M., Çelik, M.B. 2017. Tek silindirli bir dizel motorda atık biyodizel kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21 (5), 871-878.
- Ayhan, V. (2006), “Metanol-Benzin Karışımlarının Mgo-Zro2 Termal Bariyer Çemberli Bir Motorda Performans Ve Emisyonlara Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 114.
- Balasubramanian, K., Krishnan, P. 2019. Effect of acetylene addition in safflower biodiesel fueled CI engine—an experimental study, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, ISSN : 1556-7036

- Baligheid, S.M., Kumar, G.C., Maharudresh, A.C., Elangovan, K. 2021. Investigation of the characteristics of ternary fuel efficiency and combustion on dual fuel engines, *Journal of The Institution of Engineers (India): Series C*, 102 (4), 951–965
- Bayraç, H.N. 2018. Uluslararası doğalgaz piyasasının ekonomik yapısı ve uygulanan politikalar, *Eskişehir Osmangazi Üniversitesi İktisadi Ve İdari Bilimler Dergisi*, 13 (3), 13-36.
- Bayrakçeken, H., Kuş, R. 2006. Taşıtlarda kullanılan alternatif yakıtlar, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 125-144.
- Behera, P., Murugan, S., Nagarajan, G. 2014. Dual fuel operation of used transformer oil with acetylene in a DI diesel engine, *Energy conversion and management*, 87, 840-847.
- Bektaş, A., 2018, Alternatif yakıt olarak kullanılan aspir yağının motor verilerine etkilerinin yapay sinir ağı ile modellenmesi, 5. *Uluslararası Multidisipliner Çalışmaları Kongresi*, Antalya, 84-99.
- Can, Ö., Çelikten, İ., Usta, N. 2005. Etanol karışımli motorin yakıtın diesel motoru egzoz emisyonlarına etkisi, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (2), 219-224.
- Choudhary, K.D., Nayyar, A. 2013. Optimization of induction flow rate of acetylene in the CI Engine operated on duel fuel mode, *International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering*, 3 (12), 297-302
- Çanakçı, M., Van, G.J. 2003. Comparision of engine performance and emission for petroleum diesel fuel, yellow grease biodiesel, and soybean oil biodiesel, *Transactions of The Asae*, 46 (4), 937-944.
- Çanakçı, M., Özsezen, A. N., Arcaklıoğlu, E., Erdil, A. 2009. Prediction of performance and exhaust emissions of a diesel engine fueled with biodiesel produced from waste frying palm oil, *Expert Systems With Applications*, 36 (5), 9268-9280.
- Çangal, Ç. (2019), “Farklı Yakıt Karışımları Ve Emisyon Azaltma Teknikleri Uygulanan Bir Dizel Motorda Optimum Parametrelerin Taguchi Yöntemi İle Belirlenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Sakarya, 131.
- Çat, S., Aydın, M., Uslu, S., Çelik, M.B., Özdalyan, B. 2018. Düşük güçlü bir dizel motorda atık biyodizel kullanımının motor performans ve emisyonlarına etkisi, *14th International Combustion Symposium*, Karabük, 7-11.
- Çavgun, E. (2019), “Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorda Sıkıştırma Oranının Lpg Kullanımına Etkilerinin Deneysel Olarak Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 80.
- Çay, Y., Yıldız, A., Özer, F. 2012. Karabük ilindeki hava kirliliğinin doğal gaz kullanımı ile değişimi, *Journal of History Culture and Art Research*, 1 (4), 497-506.
- Çelik, M.B., Aktaş, A., Özdalyan, B. 2006. Comparison of the exhaust emissions of the vehicles with gasoline and lpg engines in the actual driving conditions, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik - Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 11 (1), 53-67.

- Çılgın, E. (2011), “Menengiç (*PistaciaTerenbinthus L.*) Yağının Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Deneysel Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 71.
- Çildir, O., Çanakçı, M. 2006. Çeşitli bitkisel yağlardan biyodizel üretiminde katalizör ve alkol miktarının yakıt özellikleri üzerine etkisinin incelenmesi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 367-372.
- Çolak, Ş.Ç. (2010), “Fotovoltaik Paneller Yardımı İle Güneş Enerjisinden Elektrik Enerjisi Üretiminin Maliyet Analizi ve Gelecekteki Projeksiyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 110.
- Duran, G. (2017), “Etanol Katkılı Mikroalg Yağının Bir Dizel Motorunda Kullanılabilirliğinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 113.
- Duzcan, B. (2017), “Etanol-Dizel Yakıt Karışımlarının Kısmi Homojen Dolgulu Bir Dizel Motorun Performansına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 92.
- Ercan, M. (2014), “Gama-Orizanol İçeren Ham Pirinç Kepek Yağının Bazı Bitkisel Yağların Oksidasyon Stabilitesi Ve Yağ Asidi Kompozisyonu Üzerine Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 68.
- Ergen, G. (2011), “Doğalgaz Kullanılan Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorunda Biyoyakıt ve Katkı Maddesi Kullanımının Kısmi Yüklerdeki Performans ve Emisyon Karakteristiklerine Etkileri”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya Üniversitesi, Sakarya, 151.
- Fırat, M., Okcu, M., Varol, Y. 2017. Dizel motorlarda yakıt hidrojen katkısının yanma, performans ve emisyonlar üzerine etkilerinin incelenmesi, *Fırat Üniversitesi Müh. Bil. Dergisi*, 29 (1), 101-107.
- Fidan, M.S., Alkan, E. 2014. Bitkisel hammaddelerden elde edilen biyodizelin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması, *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 4 (2), 144-160.
- Genç, E. (2011), “Otto Motorlarında Kısmi Yük Şartlarında Ek Yakıt Olarak Hidrojen Kullanımının Emisyonlar Ve Performans Üzerindeki Etkilerinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 89.
- Gücer, F., Temizer, İ., Cihan, Ö., Kocagül, M. 2021. Direkt enjeksiyonlu dizel bir motorda dietil-eter/etanol/motorin karışımlarının egzoz emisyonları üzerindeki etkileri, *Muş Alparslan Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 2 (2), 61-69.
- Gümüş, M. 2009. Çift yakıt enjeksiyonlu buji ateşlemeli bir motorda lpg kullanım oranının performans ve emisyon karakteristiklerine etkisi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 24 (2), 265-273.
- Gür, A. (2015), “Alternatif Yakıt Kullanımının Bir Dizel Motorunun Performans ve Egzoz Emisyonuna Etkilerinin Deneysel Olarak İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 90.

- Hacıkadıroğlu, H. (2007), “Bitkisel Yağ Esterleri – Motorin Karışımının Motor Performansı Ve Emisyonlarına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 125.
- Hilden, D.L., Stebar, R.F. 1979. Evaluation of acetylene as a spark ignition engine fuel, *International Journal of Energy Research*, 3 (1), 59-71.
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G. 2015. Biyoyakıt bitkileri ve teknolojisi, *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 3 (2), 69-81.
- İlgazlı, Ö. (2010), “Değiştirilebilir Sıkıştırma Oranına Sahip Bir Sıkıştırma Ateşlemeli Motorda Diesel-Biodiesel Karışımlarının Motor Performansına Ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması,” Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 55.
- İlhak, İ.M. (2018), “Buji Ateşlemeli Bir Motorda Asetilen Gazının Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Erciyes Üniversitesi, Kayseri, 176.
- İlhak, İ.M., Akansu, O.S., Kahraman, N., Ünalın, S. 2018. Experimental study on an SI engine fuelled by gasoline/acetylene mixtures, *Energy*, 151, 707-714.
- İlhak, İ.M., Tangöz, S., Akansu, O.S., Kahraman, N. 2019. An experimental investigation of the use of gasoline-acetylene mixtures at different excess air ratios in an SI engine, *Energy*, 175, 434-444.
- Karaaslan, B. (2019), “Enerji Güvenliği Sorunu: Türkiye’de Enerji Tüketiminin Ekonomik Büyüme Üzerindeki Etkisi (1990-2018)”, Yüksek Lisans Tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Nevşehir, 122.
- Kahraman, N., Akansu S.O., Albayrak, B. 2017. İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak hidrojen kullanılması, *Mühendis ve Makina Dergisi*, 48 (569), 9-15.
- Karabaş, H. 2013. Ayçiçek yağı biyodizelinin ester dönüşüm oranı üzerine etkili olan parametrelerin optimizasyonu, *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10 (1), 1-6.
- Karabaş, H. 2013. Kışlık kanola çeşitlerinden californium’ dan üretilen biyodizelin diesel motorlarda kullanıma uygunluğunun incelenmesi, *Toprak Su Dergisi*, 2 (1), 46-52
- Karamanlı, B.İ. (2015), “Soya ve Fındık Yağı Karışımından Üretilen Biyodizelin Motor Performansına Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyonkarahisar, 78.
- Karaosmanoglu, F. 1999. Vegetable oil fuels: a review. *Energy Sources*, 21 (3), 221-231.
- Kelen, F. 2014. Motorlu taşıt emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerine etkileri, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 19 (1-2), 80-87.
- Kenanoğlu, R. (2016), “Dizel Motorda Alternatif Gaz Yakıt Kullanımının Avl Programı İle Simülasyonu”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, 73.
- Keskin, A. (2005), “Tall Yağı Esaslı Biyodizel Ve Yakıt Katkı Maddesi Üretimi Ve Bunların Dizel Motor Performansı Üzerindeki Etkileri”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 166.

- Koç, A., Yağlı, H., Koç, Y., Uğurlu, İ. 2018. Dünyada ve türkiye'de enerji görünümünün genel değerlendirilmesi, *Makine Mühendisleri Odası*, 59 (692), 86-114.
- Koli, S.R., Rao, Y.H. 2021. Study of low compression ratio on the performance of diesel engine in dual fuel operation with different flow rates of acetylene, *Fuel*, 284, 118969.
- Köse, H., Acaroğlu, M. 2020. The effect of hydrogen addition to Cynara biodiesel on engine performance and emissions in diesel engine, *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 1-20.
- Lakshmanan, T., Nagarajan, G. 2009. Performance and emission of acetylene-aspirated diesel engine, *JJMIE*, 3 (2), 125-130.
- Lakshmanan T., Nagarajan G. 2010a. Experimental investigation of timed manifold injection of acetylene in direct injection diesel engine in dual fuel mode, *Energy*, 35 (8), 3172-3178.
- Lakshmanan, T., Nagarajan, G. 2010b. Experimental investigation on dual fuel operation of acetylene in a di diesel engine, *Fuel Processing Technology*, 91, 496-503.
- Lakshmanan, T., Nagarajan, G. 2011. Experimental investigation of port injection of acetylene in di diesel engine in dual fuel mode. *Fuel*, 90 (8), 2571-2577.
- Manigandan, S., Gunasekar, P., Devipriya, J., Nithya, S. 2019. Emission and injection characteristics of corn biodiesel blends in diesel engine, *Fuel*, 235, 723-35.
- Meda, V.S. (2011), "Optimization Of Induction Length And Flow Rates Of Acetylene İn Diesel Engine", Doctoral Dissertation, *Department of Mechanical Engineering National Institute of Technology*, Rourkela Orissa, 61.
- Mesleki Eğitim ve Öğretim Sisteminin Güçlendirilmesi Projesi., 2005, *Temel Kaynak-1*, Ankara, 52.
- Nguyen, T., Pham, M., Le Anh, T. 2020. Spray, combustion, performance and emission characteristics of a common rail diesel engine fueled by fish-oil biodiesel blends, *Fuel*, 269, 117108.
- Oni, B.A., Sanni, S.E., Daramola, M., Olawepo, A.V. 2021. Effects of oxy-acetylation on performance, combustion and emission characteristics of Botryococcus braunii microalgae biodiesel-fuelled CI engines, *Fuel*, 296, 120675.
- Öğüt, H., Oğuz, H., 2006, Üçüncü milenyum yakıtı; biyodizel. *Nobel Yayınları*, Ankara, 745.
- Özdemir, Z. Ö., Mutlubaş, H. 2016. Biyodizel üretim yöntemleri ve çevresel etkileri, *Kırklareli Üniversitesi Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, 2 (2), 129-143.
- Özer, S., Vural, E. 2020. Pilot yakıt olarak dizel/n-heptan, dizel/toluen kullanan dizel bir motorda CNG ilavesinin etkileri, *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 1-15.
- Özer, S., Vural, E., Özel, S. 2020. Dizel, dizel/biyodizel ile çalışan bir motora kütlece asetilen gazı ilavesinin etkileri, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 9 (4), 1687-1697
- Öztornacı, E. 2019. Enerji piyasaları bağlamında kamu politikaları, *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1), 25-37

- Özsezen, A.N. (2007), “Atık Palmiye Yağından Üretilen Biyodizelin Motor Performans Ve Emisyon Karakterleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 179.
- Öztürk, U. (2015), “Borlama Yüzey Kaplama Teknolojisinin Bir Dizel Motorun Yanma Odası Elemanlarına Uygulanması”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 244.
- Phan, A.N., Phan, T.M. 2008. Biodiesel production from waste cooking oils, *Fuel*, 87 (17-18), 3490-3496.
- Rajak, U., Nashine, P., Verma, T.N. 2019. Assessment of diesel engine performance using spirulina microalgae biodiesel, *Energy*, 166, 1025-1036.
- Raman, R., Kumar, N. 2020. Experimental studies to evaluate the combustion, performance and emission characteristics of acetylene fuelled CI engine, *International Journal of Ambient Energy*, 1-10.
- Sanli, H. 2018. An experimental investigation on the usage of waste frying oil-diesel fuel blends with low viscosity in a Common Rail DI-diesel engine, *Fuel*, 222, 434-443.
- Saraç, S. (2011), “Çift Yakıtlı Bir Dizel Motorda LPG/Biyodizel Oranının Performans Ve Emisyonlara Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 129.
- Sayyed, S., Das, R.K., Kulkarni, K. 2022. Experimental investigation for evaluating the performance and emission characteristics of DICI engine fueled with dual biodiesel-diesel blends of Jatropha, Karanja, Mahua, and Neem. *Energy*, 238, 121787.
- Sel, Ö.F. (2013), “Atık Biyodizel Kullanılan Bir Motorda Yakıt Katkısının Performans ve Emisyonlarına Etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 94.
- Sırakaya, M. (2018), “Biyodizel Tedarik Zinciri Ağ Tasarımı İçin Çok Amaçlı Karma Tam Sayılı Doğrusal Programlama Modeli Önerisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Ticaret Üniversitesi, İstanbul, 97.
- Singh, G., Sharma, S., Singh, J., Kumar, S., Singh, Y., Ahmadi, M. H., Issakhov, A. 2021. Optimization of performance, combustion and emission characteristics of acetylene aspirated diesel engine with oxygenated fuels: An Experimental approach, *Energy Reports*, 7, 1857-1874.
- Sharma, P. K., Kuinkel, H., Shrestha, P., Poudel, S. 2012. Use of acetylene as an alternative fuel in ic engine. *Fuel*, 2 (H2), C8-C20.
- Sharma, S., Sharma, D., Soni, S. L., Singh, D. 2020. Experimental investigation on spark-ignition (SI) engine fuelled with acetylene in dual-fuel mode, *International Journal of Ambient Energy*, 1-7.
- Soydal, H., Mızrak, Z., Çetinkaya, M. 2012. Makro ekonomik açıdan türkiye'nin alternatif enerji ihtiyacının önemi, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, (11), 117-137.

- Srivastava, P.K., Verma, M. 2008. Methyl ester of karanja oil as an alternative renewable source energy, *Fuel*, 87 (8-9), 1673-1677.
- Şen, S. (2012), “Hayvansal Yağlardan Biyodizel Üretimi Ve Dizel Motor Performans Ve Emisyonlarına Etkisinin Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 136.
- Şenveli, E. (2008), “Etanol Katkılı Yakıt Kullanımının Motor Performansına Ve Emisyonlara Etkisinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 120.
- Şimşek, D., Çolak, N.Y. 2019. Biyodizel/Propanol yakıt karışımlarının dizel motor emisyonlarına etkisinin incelenmesi, *El-Cezeri Fen ve Mühendislik Dergisi*, 6 (1), 166-174.
- Telgane, V., Godiganur, S., Srikanth, H.V., Patil, S., 2021. Performance and emission characteristics of a CI engine fueled with milk scum biodiesel, *Materials Today: Proceedings*, 45 284–289.
- Topal, S. (2014), “Atık Kızartma Yağından Ultrasonik Yöntemle Biyodizel Üretimi Ve Kullanımı”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük Üniversitesi, Karabük, 105.
- Torunoğlu Gedik, Ö. (2015), “Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynakları Ve Çevresel Etkileri”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 178.
- Uyaroğlu, A. 2015. “Crambe Tohumlarından Biyodizel Üretimi Ve Dizel Motorlarında Alternatif Yakıt Olarak Kullanımı”, Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara, 149.
- Uyumaz, A., Fahrettin, B.O.Z., Baydır, Ş.A. 2018. Direkt enjeksiyonlu bir dizel motorunda atık zeytinyağı biyodizelinin yanma, performans ve emisyon karakteristikleri, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım Ve Teknoloji*, 6 (1), 55-66.
- Uzun, G. (2018), “Yağ Asidi Katkılı Kolza Yağından Biyodizel Üretimi Ve Üretilen Biyodizellerin Karakteristik Özelliklerinin İncelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 88.
- Uzun, Y. (2014), “Çevresel Etki Potansiyeli Açısından 10 Numara Yağların Bazı Fizikokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Akdeniz Üniversitesi, Antalya, 98.
- Verma, P., Dwivedi, G., Behura, A.K., Patel, D.K., Verma, T.N., Pugazhendhi, A. 2020. Experimental investigation of diesel engine fuelled with different alkyl esters of Karanja oil, *Fuel*, 275, 117920.
- Vural, E., Özer, S. 2014. Buji ateşlemeli motorlarda yakıt asetilen gazı ilavesinin egzoz emisyonlarına etkisinin deneysel analizi, *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3 (1), 24-34.
- Yağız, S. (2019), “Pamuk Yağı Ve Atık Pamuk Yağı Biyodizelinin Dizel Motorlu Bir Jeneratörde Yakıt Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 54.

- Yakıncı, D.Z., Kök, M. 2017. Yenilenebilir enerji ve toplum sağlığı. *İstanbul Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, 5 (1), 43-55.
- Yakşı, N., Tepe, P., Kaya, G., Hıdıroğlu, S. 2020. İstanbul'un maltepe ilçesinde bir aile sağlığı merkezine başvuran bireylerin evsel atık yağların yönetimi hakkındaki bilgi tutum ve davranışları, *Estüdam Halk Sağlığı Dergisi*, 5 (2), 208-215.
- Yavuz, M. (2019), "Biyogaz Yakıtlı Dizel Motorda Pilot Yakıt Miktarının Emisyonlar Üzerine Etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 73.
- Yesilyurt, M.K., 2019, The effects of the fuel injection pressure on the performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with waste cooking oil biodiesel-diesel blends, *Renewable Energy*, 132, 649-666.
- Yılmaz, A. (2017), "Büyükbaş Hayvan Böbrek İç Yağlarından ve Kolza Yağından Biyodizel Üretimi Ve Kolza İçin Farklı Yağ Ekstraksiyon Yöntemlerinin Biyodizel Kalitesine Etkisinin Belirlenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimler Enstitüsü*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 111.
- Yılmaz, İ., Taştan, M. 2018. Investigation of hydrogen addition to methanol-gasoline blends in an SI engine, *International Journal of Hydrogen Energy*, 43 (44), 20252-20261.
- Wu, H. W., Wu, Z.Y. 2012. Investigation on combustion characteristics and emissions of diesel/hydrogen mixtures by using energy-share method in a diesel engine, *Applied Thermal Engineering*, 42, 154-162.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Kadir TABAKÇI
Uyruğu :
Doğum Yeri ve Tarihi :
Telefon :
e - mail :

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	:	
Üniversite	:	
Yüksek Lisans	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
-----	-------	--------

UZMANLIK ALANI

YABANCI DİLLER