



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL-BİYODİZEL YAKIT KARIŞIMINA
YÜKSEK MOLEKÜL AĞIRLIKLIL ALKOL
İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANS,
YANMA VE EMİSYON
KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Hakan ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı

Kasım-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır



T.C.
MUŞ ALPARSLAN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL-BİYODİZEL YAKIT KARIŞIMINA
YÜKSEK MOLEKÜL AĞIRLIKLIL ALKOL
İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANS,
YANMA VE EMİSYON
KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Hakan ÖZTÜRK

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim
Dalı

Danışman: Doç. Dr. Salih ÖZER
2.Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal TUNÇER

Kasım-2023
MUŞ
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL ve ONAYI

Hakan ÖZTÜRK tarafından hazırlanan “Dizel-Biyodizel Yakıt Karışımına Yüksek Molekül Ağırlıklı Alkol İlavesinin motor Performans, Yanma ve Emisyon Karakteristiklerine Etkisi” adlı tez çalışması 09/10/2023 tarihinde aşağıdaki jüri üyeleri 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

İmza

Başkan

Doç. Dr. Erdiñ VURAL
Aydın Adnan Menderes Üniversitesi,
Germencik Yamantürk MYO

.....

Danışman

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

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Osman ÜLKİR
Muş Alparslan Üniversitesi,
Mühendislik-Mimarlık Fakültesi,
Makina Mühendisliği

.....

Yukarıdaki sonuç;
Enstitü Yönetim Kurulu 27/10/2023 Tarih ve 27 / XV nolu kararı ile onaylanmıştır.

Doç. Dr. Selçuk SAĞIR
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

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

DECLARATION PAGE

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

Hakan ÖZTÜRK

09.10.2023

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİZEL-BİYODİZEL YAKIT KARIŞIMINA YÜKSEK MOLEKÜL AĞIRLIKLILKOL İLAVESİNİN MOTOR PERFORMANS, YANMA VE EMİSYON KARAKTERİSTİKLERİNE ETKİSİ

Hakan ÖZTÜRK

**Muş Alparslan Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı**

**Danışman: Doç. Dr. Salih ÖZER
2.Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Erdal TUNÇER**

İçten yanmalı motorlarda petrol türevi yakıtlar kullanılmaktadır. Her geçen gün artan motorlu taşıt sayısına karşı petrol rezervlerinin sınırlı ömrünün olması alternatif yakıt arayışlarını zorunlu kılmıştır. Dizel yakıtına alternatif olarak görülen ve yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen biyodizel, dizel yakıtına göre önemli avantajlarının yanında genel olarak daha düşük motor torku, gücü ve verime neden olurken, özgül yakıt tüketimini ise artırmaktadır. Yine dizel motorlarında biyodizel kullanımı ile NO_x ve CO₂ emisyonları artmaktadır. Dolayısıyla dizel-biyodizel yakıt karışımlarına alkol ilavesi ile bu değerlerin değişimleri araştırılmaya başlanmıştır. Burada kısa zincirli alkoller düşük setan sayılarına ve enerji içeriğine sahiptir, bu nedenle dizel motorlar için daha uzun karbon zincirlerine sahip ağır alkoller tercih edilmektedir. Yapılan literatür çalışması neticesinde, dizel yakıtına yüksek molekül ağırlığına ve yüksek karbon sayısına sahip alkollerden olan bütanol (4 karbonlu), pentanol (5 karbonlu), hexanol (6 karbonlu) ve octanol (8 karbonlu) ilave edilerek bir dizel motorunda motor performans, yanma ve emisyon karakteristiklerinin ayrıntılı olarak incelendiği bir çalışmaya az sayıda rastlanılmıştır. Yapılan bu çalışma ile literatüre katkı sağlanacaktır.

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, dizel yakıtına yüksek molekül ağırlıklı alkol ilavesinin motor performans, yanma ve emisyon karakteristiklerine olumlu katkıları olacağı hedeflenmektedir. Deneysel çalışmada biyodizel-dizel yakıt katkı olarak bütanol, propentanol, hexanol ve octanol ilave edilerek egzoz emisyonu değerleri (NO_x, CO, CO₂, HC ve is) incelenmiştir. Daha sonra biyodizel-dizel-yüksek molekül ağırlıklı alkol kullanılarak ikili ve üçlü yakıt karışımları oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda dizel yakıtına ilave edilen B10, B20, B30, P10, P20, P30, H10, H20, H30, O10, O20 ve O30 test yakıtları ile biyodizel-dizel yakıt karışımlarının egzoz emisyon davranışları değerlendirildiğinde, biyodizel-dizel yakıtına göre alkol içeren yakıtların egzoz gaz sıcaklığı ve NO_x emisyonlarının arttığı; CO, HC ve is emisyonlarının ise azaldığı belirlenmiştir.

2023, 61 Sayfa

Anahtar Kelimeler: Dizel, biyodizel, yüksek molekül ağırlıklı alkol, motor performansı, yanma, egzoz emisyonu

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECT OF ADDING HIGH MOLECULAR ALCOHOL TO THE DIESEL-BIODIESEL FUEL MIX ON ENGINE PERFORMANCES, COMBUSTION AND EMISSION CHARACTERISTICS

Hakan ÖZTÜRK

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

**Advisor: Associate Prof. Salih ÖZER
2nd Advisor: Assistant Prof. i. Erdal TUNÇER**

Petroleum-derived fuels are used in internal combustion engines. Despite the ever-increasing number of motor vehicles, the limited lifespan of oil reserves has necessitated the search for alternative fuels. Biodiesel, which is seen as an alternative to diesel fuel and obtained from renewable energy sources, has significant advantages over diesel fuel, as well as generally causing lower engine torque, power and efficiency, while increasing specific fuel consumption. Again, NO_x and CO₂ emissions increase with the use of biodiesel in diesel engines. Therefore, changes in these values with the addition of alcohol to diesel-biodiesel fuel mixtures have begun to be investigated. Here, short-chain alcohols have low cetane numbers and energy content, so heavy alcohols with longer carbon chains are preferred for diesel engines. As a result of the literature study, butanol (4 carbons), pentanol (5 carbons), hexanol (6 carbons) and octanol (8 carbons), which are alcohols with high molecular weight and high carbon numbers, are added to diesel fuel to improve engine performance, combustion and performance. There are few studies that examine emission characteristics in detail. This study will contribute to the literature.

In this master's thesis study, it is aimed that the addition of high molecular weight alcohol to diesel fuel will have positive contributions to engine performance, combustion and emission characteristics. In the experimental study, exhaust emission values (NO_x, CO, CO₂, HC and soot) were examined by adding butanol, propentanol, hexanol and octanol as additives to biodiesel-diesel fuel. Then, binary and ternary fuel mixtures were created using biodiesel-diesel-high molecular weight alcohol. As a result of the study, when the exhaust emission behaviors of B10, B20, B30, P10, P20, P30, H10, H20, H30, O10, O20 and O30 test fuels and biodiesel-diesel fuel mixtures added to diesel fuel were evaluated, it was seen that alcohol-containing fuels were more effective than biodiesel-diesel fuel. exhaust gas temperature and NO_x emissions increased; It was determined that CO, HC and soot emissions decreased.

2023, 61 Pages

Keywords: Diesel, biodiesel, high molecular weight alcohol, engine performance, combustion, exhaust emissions

ÖNSÖZ

Bu çalışma Muş Alparslan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Nükleer Enerji ve Enerji Sistemleri Anabilim Dalı Yüksek Lisans programında yüksek lisans tezi olarak hazırlanmıştır.

Tez çalışmamın yürütülmesinde ve hazırlanmasında her konuda bildiklerini paylaşarak değerli katkılarını sağlayan tez danışmanım Doç. Dr. Salih ÖZER'e teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmalarım da katkısı olan gerek derslerinde gerekse ders dışında değerli vakitlerini ayırıp, kıymetli bilgilerini esirgemeyen Muş Alparslan Üniversitesi Öğretim Üyeleri Doç. Dr. Sedat BOZARI' ya ve Dr. Öğr. Üyesi Harun ÖNLÜ' ye teşekkürü bir borç bilirim.

Bu tez çalışmamın hazırlanması sırasında her zaman manevi destekleriyle yanımda olan değerli eşim ve çocuklarıma çok teşekkür ederim.

Hakan ÖZTÜRK
MUŞ-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ	1
2. DİZEL MOROTLARDA YANMA.....	4
2.1. Dizel Çevrimi.....	4
2.2. Dizel Motorlarda Yanma Safhaları	6
2.2.1. Tutuşma Gecikmesi	8
2.2.2. Kontrolsüz (ani) Yanma.....	8
2.2.3. Kontrollü (difüzyon kontrollü) Yanma	9
2.2.4. Gecikmiş (art) Yanma.....	9
2.3. Dizel Motorlarda Yanmayı Etkileyen Faktörler	10
2.3.1. Püskürtme Avansının Etkisi.....	11
2.3.2. Karışım Oranının Etkisi	12
2.3.3. Sıkıştırma Oranının Etkisi	12
2.3.4. Püskürtülen Yakıt Miktarının Etkisi	13
2.3.5. Motor Devrinin Etkisi	13
2.3.6. Hava Giriş Sıcaklığı ve Basıncının Etkisi.....	13
2.3.7. Karışımındaki Oksijen Yüzdesinin Etkisi.....	13
2.3.8. Aşırı Doldurmanın Etkisi.....	14
2.4. Dizel Motor Kaynaklı Kirletici Emisyonlar	14
3. DİZEL MOROTLARDA KULLANILAN ALTERNATİF YAKITLAR	20
3.1. Biyodizel	21
3.1.1. Biyodizelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri	22
3.1.2. Biyodizelin Karışım Oluşturması	25
3.1.3. Biyodizelin Yanma Performansı.....	25
3.2. Biyogaz	26
3.3. Doğal gaz	27
3.3.1. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı	28
3.4. Hidrojen	28
3.5. Alkoller	29

3.5.1. Metanol	30
3.5.2. Etanol	31
3.5.3. Bütanol.....	33
3.5.4. Oktanol.....	35
3.5.5. Hekzanol	35
3.5.6. Dekanol	36
4. LİTERATÜR TARAMASI.....	38
5. MATERYAL ve METOT	48
5.1. Motor Test Düzeneginin Kurulumu.....	48
5.2. Deney Motorunun Yüklenmesi.....	49
5.2.1 Egzoz Gazı Sıcaklığının Ölçülmesi	50
5.2.2. Yakıt Tüketim Değerinin Ölçülmesi.....	51
6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA	52
6.1. Deneylerde Kullanılan Biyodizel.....	52
6.2. Deney Yakıtlarının Oluşturulması	53
6.3. Hidrokarbon (HC) Emisyonlarının Değişimi	54
6.4. Karbonmonoksit (CO) Emisyonlarının Değişimi	55
6.5. Azotoksit (NO _x) Emisyonlarının Değişimi.....	56
6.6. Egzoz Gaz Sıcaklığı Emisyonlarının Değişimi.....	57
6.7. İş Emisyonu Değişimi.....	58
7. SONUÇLAR.....	60
KAYNAKLAR	62
ÖZGEÇMİŞ	68

SİMGELER ve KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
°C	: Santigrad Derece
K	: Kelvin
W	: Watt
kW	: Kilo Watt

Kısaltmalar

AÖN	: Alt Ölü Nokta
ASTM	: American Society for Testing and Materials
BG	: Beygir Güç
B20D80	: %20 biyodizel ve %80 dizel
B20D70O10	: %20 biyodizel ve %70 dizel, %10 oktanol
B20D60O20	: %20 biyodizel ve %60 dizel, %20 oktanol
B20D50O30	: %20 biyodizel ve %50 dizel, %30 oktanol
B20D70B10	: %20 biyodizel ve %70 dizel, %10 bütanol
B20D60B20	: %20 biyodizel ve %60 dizel, %20 bütanol
B20D50B30	: %20 biyodizel ve %50 dizel, %30 bütanol
B20D70H10	: %20 biyodizel ve %70 dizel, %10 hekzanol
B20D60H20	: %20 biyodizel ve %60 dizel, %20 hekzanol
B20D50H30	: %20 biyodizel ve %50 dizel, %30 hekzanol
B20D70P10	: %20 biyodizel ve %70 dizel, %10 Propentanol
B20D60P20	: %20 biyodizel ve %60 dizel, %20 Propentanol
B20D50P30	: %20 biyodizel ve %50 dizel, %30 Propentanol
C	: Karbon
CNG	: Sıkıştırılmış Doğal Gaz
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
C ₂ H ₅ OH	: Etanol
CH ₃ OH	: Metanol
C ₄ H ₉ OH	: Bütanol
C ₈ H ₁₈ O	: Oktanol
C ₆ H ₁₄ O	: Hekzanol
C ₁₀ H ₂₂	: Dekanol
C ₅ H ₁₂ O	: Pentanol
C ₃ H ₁₈ O	: Propentanol
C ₁₉ H ₃₆ O ₂	: Biyodizel
C ₃ H ₈	: Propan
C ₄ H ₁₀	: Bütan
CH ₄	: Metan
C ₂ H ₆	: Etan
C ₅ H ₁₂	: Pentan
C ₆ H ₆	: Benzen
dv/dak	: Devir / Dakika
dp/dt	: Basınç Değişim Hızı
DOC	: Dizel Oksidasyon Katalizörü

DPA	: Rotorlu Tip Enjeksiyon Pomoası
DPF	: Dizel Partikül Filtresi
DTK	: Doğrudan Tehlike konsantrasyonu
EGR	: Egzoz Gazı Geri Dönüşümü
FTV	: Fren Termal Verimi
g/h	: Gram/Saat
H ₂	: Hidrojen
H ₂ O	: Su
HC	: Hidrokarbon
HP	: Beygir Gücü
Kg	: Kilogram
Km/h	: Kilometre/saat
LNG	: Sıvılaştırılmış Doğal Gaz
LPG	: Sıvılaştırılmış Petrol Gazı
Lt	: Litre
m ³	: Metre küp
Mj	: Megajul
mm	: Milimetre
MAK	: Maksimum Atmosfer Konsantrasyonu
MİK	: Maksimum İş Yeri Konsantrasyonu
MOS	: Motor Oktan Sayısı
N ₂	: Azot
NO	: Azot Monoksit
NO _x	: Azot Oksit
O ₂	: Oksijen
PM	: Partikül Madde
Ppm	: Milyonda Bir Birim
Pb	: Kurşun
PAHs	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar
PVC	: Poli Vinil Klorür
PBT	: Poli Bütilen Tereftalat
s	: Saniye
SO ₂	: Kükürtdioksit
SO ₃	: Kükürttrioksit
SCR	: Seçici Katalitik İndirgeme
SUV	: Spor Amaçlı Taşıt
TG	: Tutuşma Gecikmesi
ÜÖN	: Üst Ölü Nokta
Y/H	: Yakıt – Hidrojen Oranı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1	Türkiyede Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı	2
Şekil 2.1	P-V (Basınç-Hacim) Diyagramı	4
Şekil 2.2	Dört Zamanlı Bir Dizel Motorun Çevrimi	6
Şekil 2.3	Dizel Motorlarda Basınç - Krank Açısı ve Püskürtme Seyri	7
Şekil 2.4	Püskürtme Avansının Motor Gücüne Etkisi	11
Şekil 5.1	Yükleme Ünitesinde Kullanılan Projektörlerin Montaj Resmi	50
Şekil 5.2	Deney Düzeneği Üzerinde Termokupl Montaj Resmi	51
Şekil 5.3	Hassas Terazi Resmi	51
Şekil 6.1	HC Emisyonlarının Değişimi	55
Şekil 6.2	Karbonmonoksit (CO) Emisyonlarının Değişimi.....	56
Şekil 6.3	Azotoksit (NO _x) Emisyonlarının Değişimi	57
Şekil 6.4	Egzoz Gaz Sıcaklığı (°C) Emisyonlarının Değişimi.....	58
Şekil 6.5	İs Emisyonlarının (%) Değişimi.....	59

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo 2.1 Egzoz Emisyonlarının Çevre ve Sağlık Açısından Etkileri	17
Tablo 2.2 Egzoz Emisyonlarının Tehlike Sınırları	19
Tablo 5.1 Genpower GDG 7000 Jenaratrünün Teknik Özellikleri	49
Tablo 5.2 Jeneratörde Kullanılan Motorunun Teknik Özellikleri.....	49
Tablo 6.1 Deneyde Kullanılan Biyodizelin Teknik ve Kimyasal Özellikleri.....	52
Tablo 6.2 Deneyde Kullanılan Kimyasalların Teknik ve Kimyasal Özellikleri.....	53
Tablo 6.3 Deneyde Kullanılan Karışımlar ve Kısaltmalar	54

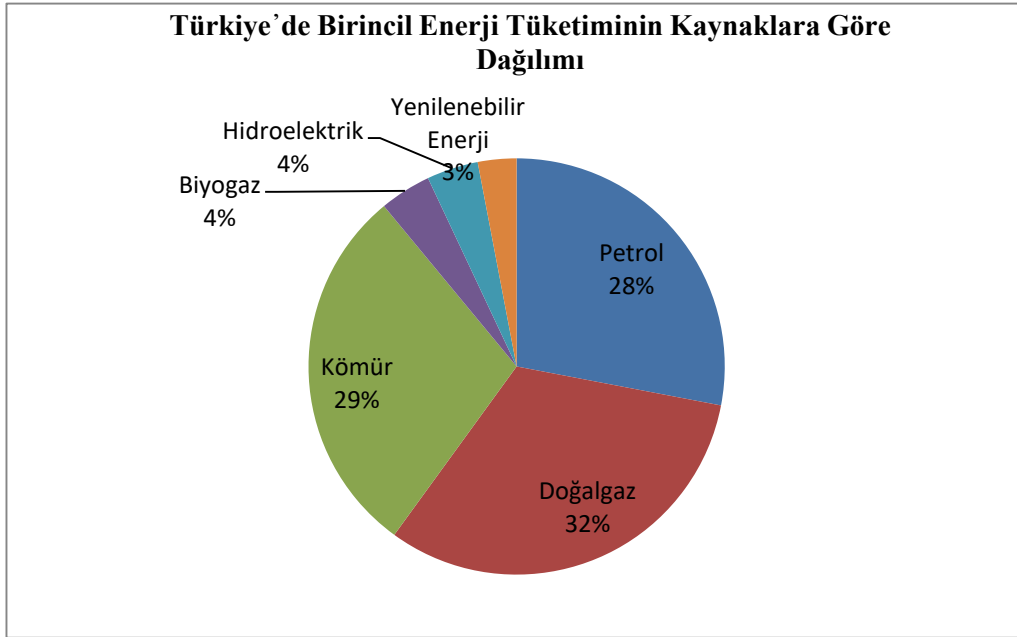
1. GİRİŞ

Değişen dünya düzeninde özellikle teknolojinin ilerlemesiyle sanayi alanında büyük gelişmeler olmuştur. Bunun yanı sıra artan nüfus ile birlikte kişisel kullanımda ve sanayi alanında enerjiye ihtiyaç her geçen gün artmaktadır. Enerji kaynakları yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları olmak üzere iki ana başlıkta incelenmektedir. Jeotermal, güneş, rüzgâr, hidrolik, hidrojen ve biokütle enerjileri yenilenebilir enerji kaynaklarına, fosil kökenli yakıtlar ve nükleer enerji ise yenilenemez enerji kaynaklarına örneklerdir. Artan bu enerji ihtiyacı, fosil kaynaklı enerji rezervlerinin azalması ve artan çevre kirliliği tüm insanlığı yeni enerji kaynakları bulmaya yöneltmiştir. Bu doğrultuda bilim insanları, fosil yakıtlara çeşitli yakıt karışımları ekleyerek performans ve minimum çevre kirliliği elde etmeyi amaçlayarak araştırmalarını hızlandırmışlardır ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimlerini arttırmışlardır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarının benimsenmesiyle:

1. Fosil yakıtlara bağımlılık azalacak,
2. Yerel kaynaklar öncelik kazanacak,
3. Yerli üretimle istihdam artacak,
4. Sürekli ekonomik büyüme ve ilerleme sağlanacak,
5. Enerji arz güvenliği artacak,
6. Bu güvenlikle enerji tüketen sektörler olumlu şekilde etkilenecek,
7. Sağlanan güvenlik ve istikrarla beraber sosyo-ekonomik refah artacaktır.

Günümüzde, enerji sıkıntısı ülkemizde de dahil olmak üzere dünya genelinde artan bir ihtiyaç olarak sürmektedir. Enerji, bir toplumun gelişmişlik düzeyinin önemli bir göstergesi olduğu için büyük bir öneme sahiptir. İş dünyasında kullanılan enerjinin büyük bir bölümü petrolden gelmektedir. Bunun yanında petrolün büyük bir kısmının araçlarda da yakıt olarak tüketilmesi sonucunda hava kirliliğinin önde gelen nedenlerinden biri olan yüksek egzoz emisyonlarını beraberinde getirir. Bu nedenle, bu alandaki araştırmacılar alternatif yakıt çözümleri konusunda yoğun bir şekilde çalışmaktadır. Türkiye’de kullanılan enerji türlerinin dağılımı şekil 1.1’de verilmiştir (ETKB, 2015).



Şekil 1.1 Türkiyede Birincil Enerji Tüketiminin Kaynaklara Göre Dağılımı (ETKB, 2015)

1991'deki Körfez Savaşı, petrol bağımlılığına sahip ülkeleri ekonomik ve stratejik olarak yeni incelemelere sevk etti. Ayrıca, mevcut petrol rezervlerine yeni kaynakların eklenmemesi son zamanlarda ciddi bir endişeye yol açmıştır. Fosil yakıtların aşırı kullanımının küresel ısınmaya yol açtığı bu dönemde, bu sorunun yanı sıra fosil yakıtların ulusal ekonomilere verdiği zararlar da göz ardı edilemez. Fosil kaynaklardan kaynaklanan bir diğer sorun, taşıtlardan atmosfere yayılan karbondioksit (CO₂) salınımıdır. CO₂ salınımındaki artış, küresel ısınmanın artmasına neden olur ve bu da Sera Etkisi olarak bilinen ve aşırı ısınmaya yol açan önemli bir çevresel sorunu beraberinde getirir. Dünya genelinde ülkeler, bu sorunun üstesinden gelmek için çeşitli önlemler almaya başlamıştır (Öğüt ve Oğuz, 2006). Tüm bu olumsuz etkilere karşı motor üreticileri aşağıdaki önlemleri almışlardır:

1. Araçların hafif olması için alüminyum ve kompozit malzemelerin kullanılması, yakıt tüketiminin azaltılmasına katkıda bulunur.
2. Çevresel etkileri azaltmak amacıyla EURO-4 ve EURO-5 standartlarına uygun motorlar geliştirilmiştir.
3. Elektrik motorlarının içten yanmalı motorlarla entegre olduğu hibrit araçlar, yakıt verimliliği sağlamak ve emisyon sorunlarına çözüm sunmaktadır.

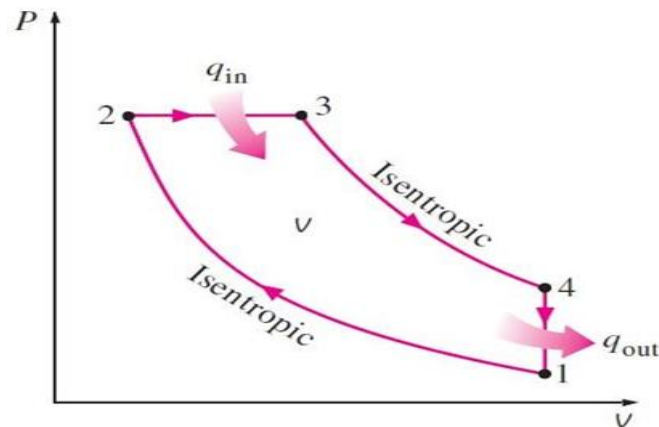
Fosil yakıtların yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının taşıtlarda ve benzeri alanlarda kullanılması çalışmaları hızla devam etmektedir. Ayrıca, dizel motorlarla ilgili en önemli emisyonlardan olan partikül madde ve azot oksit (NO_x) emisyonlarını azaltma çabaları büyük bir önem taşır. Dizel motorlarında petrol temelli yakıt kullanımını ve egzoz emisyonlarını azaltma amacıyla alternatif yakıtların kullanımı gün geçtikçe yaygınlaşmaktadır (Şanlı ve Çanakçı, 2005). Alternatif yakıt uygulamalarından biride alkol karışımı yakıtlardır. Alkollerin kimyasal yapısındaki oksijen, yanma sürecini iyileştirerek is emisyonlarını azaltırken, aynı zamanda alkollerin yüksek buharlaşma ısısı, yanma sıcaklığını düşürerek NO_x emisyonlarını azaltmaya katkı sağlar (Örs A. , 2016).

2. DİZEL MOROTLARDA YANMA

Şu anda, dizel motorlar, etkin performansı ve düşük yakıt tüketimi nedeniyle çeşitli sektörlerde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sebeple dizel motorlarda yanma olayı ve özellikle çevre emisyonu açısından önem arz etmektedir. Yanma, fiziksel, kimyasal ve termodinamik süreçlerin bir araya geldiği bir olaydır ve oksijenin bir yakıtla reaksiyona girmesini içerir. Bu reaksiyonlar sırasında oksitleme reaksiyonları meydana gelir. İçten yanmalı motorlar, yakıtın yanması sonucu meydana gelen ısı enerjisini mekanik enerjiye dönüştüren cihazlardır (Acaroğlu, 2010).

2.1 Dizel Çevrimi

Dizel motorlar, çalışma prensibi olarak ideal dizel çevrimini kullanır. Bu çevrim, dört aşamalı bir süreçten oluşur. Aşağıdaki şekil 2.1' de basınç-hacim diyagramıyla bu aşamaları görebilirsiniz.



Şekil 2.1 P-V (Basınç-Hacim) Diyagramı (BHD, 2019)

1-2: Sıkıştırma aşamasında, genellikle entropi sabit tutulurken, basınç ve sıcaklık artar ve hacim azalır. Bu termodinamik süreç, içten yanmalı motorlarda yaygın olarak kullanılır. Motorun pistonu hareket ederek yanma odasındaki hava-yakıt karışımını sıkıştırır. Bu sıkıştırma işlemi sırasında, içinde bulunan gazın entropisi (dağılımı) genellikle sabit tutulmaya çalışılır, bu da işlemin adi bir sıkıştırma olduğunu gösterir. Bunun sonucunda basınç ve sıcaklık artar, hacim ise azalır. Bu yüksek sıkıştırma sonucu yakıtın daha etkili bir şekilde yanmasını sağlar ve enerji üretimine katkıda bulunur.

2-3: Isı girişi aşamasında, basınç sabit bir şekilde tutulurken, sıcaklık, hacim ve entropi artar. Bu aşamada, özellikle dizel motorlarda, yakıt sıkıştırılan sıcak havaya

püskürtülerek yanma işlemi başlar. Dizel motorlar, sıkıştırma aşamasında hava yoğun bir şekilde sıkıştırılır ve sıcaklık bu sıkışma sonucunda yükselir. Daha sonra yakıt bu yüksek sıcaklıkta sıkıştırılmış havaya püskürtülerek yanma gerçekleştirilir, bu da mekanik enerji üretimini tetikler. Bu süreç, içten yanmalı motorlarda yaygın olarak kullanılır.

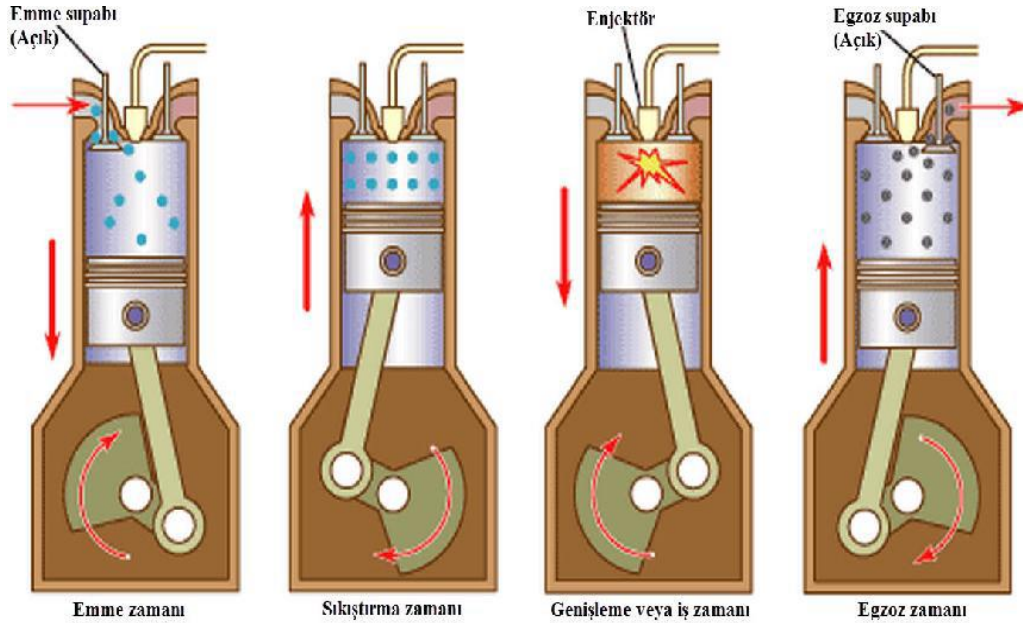
3-4: Genişleme aşamasında, pistonun genişlediği bir termodinamik süreçte, entropi genellikle sabit tutulurken, sıcaklık ve basınç düşer ve hacim artar. Bu süreç, içten yanmalı motorlarda bir silindirin içinde gerçekleşir. Yanma işlemi sonucu oluşan yüksek basınç, pistonun itilmesine ve bu sırada içindeki gazın hacminin artmasına neden olur. Gazın sıcaklığı ve basıncı bu sırada azalır. Entropi sabit tutulduğunda, bu süreç izentropik bir genişleme olarak adlandırılır ve genellikle teorik bir süreç olarak ele alınır. Genişleme aşamasındaki bu termodinamik süreç, içten yanmalı motorlarda mekanik enerjinin üretilmesini sağlar.

4-1: Isı çıkışı aşamasında, genellikle hacim sabit kalırken, entropi, sıcaklık ve basınç düşer. Bu aşama, içten yanmalı motorlardaki egzoz sürecini ifade eder. Yanma işlemi sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve basınçtaki gazlar, genellikle egzoz sistemi aracılığıyla dışarı atılır. Bu sırada gazların enerjisi mekanik iş yapmak yerine genellikle ısı enerjisi olarak kaybedilir. Gazlar genellikle bir sabit hacimde (genellikle egzoz boruları veya sistemleri içinde) bulunduğundan, hacim sabit kalır. Ancak entropi artar, sıcaklık ve basınç düşer. Bu aşama, motorun verimini etkileyen bir faktördür, çünkü atık ısı enerjisi genellikle kaybedilir ve bu nedenle içten yanmalı motorların verimliliğini azaltır.

Kısacası, Dizel motorlarında, hava emme aşamasında herhangi bir sınırlama olmaksızın silindire tam olarak doldurulur. Bu aşamada hava, genellikle 17:1 ile 22:1 oranında sıkıştırılarak silindir içindeki basınç ve sıcaklık artırılır. Sıkıştırma işlemi sırasında hava yoğun bir şekilde sıkıştırılır, bu da sıcaklığın yükselmesine neden olur. Sıkıştırma işlemi tamamlandığında, enjektörden yüksek basınçta dizel yakıt püskürtülerek silindir içindeki sıkıştırılmış hava ile karıştırılır. Yakıt-hava karışımı bu aşamada hazırlanır ve bu karışım, yakıtın otomatik olarak ateşlenmesine neden olan yüksek sıcaklık ve basınç koşullarına maruz kalır. Yakıtın ateşlenmesi sonucu yanma gerçekleşir ve açığa çıkan yanmış gazlar, pistonun itmesiyle mekanik enerjiye dönüşür. Son olarak, yanmış gazlar dışarı atılarak egzoz aşaması tamamlanır. Dizel motorları, bu

süreçte yüksek sıkıştırma oranlarına ve kendiliğinden ateşlemeye dayalı çalışma prensiplerine sahiptir, bu da onları verimli ve güçlü motorlar yapar.

Dört zamanlı bir dizel motorunun çevrimi şekil 2.2’ de gösterilmektedir (Atmanlı, 2013).



Şekil 2.2 Dört Zamanlı Bir Dizel Motorun Çevrimi (Atamanlı, 2013)

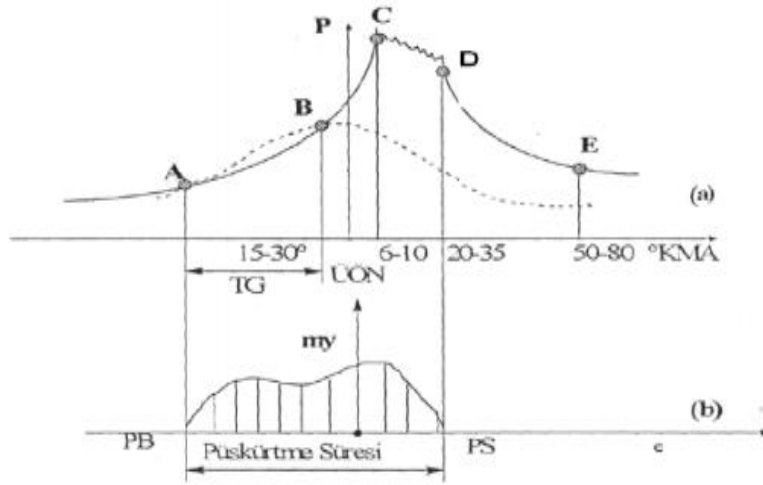
2.2 Dizel Motorlarda Yanma Safhaları

Dizel motorlarda yanma olayı oldukça karmaşık bir yapıya sahiptir. Yanma üzerinde etkisi olan yakıt sistemi, motor çalışma şartları ve yanma odası tasarımı gibi çeşitli faktörler vardır. Yakıt, hidrojen ve karbon atomlarından oluşur. Yakıt içerisinde hidrojen değeri arttıkça ısıl değeri artar (Parlak, 2015). Motorlardaki yanma süreci, yakıtın silindir içine püskürtülmesiyle başlar ve egzoz zamanının başladığı an kadar olan süreyi içerir (Ünal, 2006). Dizel motorlarda, silindir içine enjektörler aracılığıyla damlacık şeklinde püskürtülen yakıt, silindir içinde yükselen sıcaklık ve basınç etkisiyle önce buharlaşır ve ardından tutuşur, bu süreç yanma olayının gerçekleşmesine neden olur. Daha sonra yanma olayı, heterojen yanma olarak bilinen bir süreç olan difüzyon alevi şeklinde devam eder (Tillem, 2005).

Yanma olayı, dizel motorlarda dört farklı periyotta incelenmektedir. Bunlar şöyledir:

1. Tutuşma gecikmesi bölgesi (A-B),
2. Ani yanma bölgesi (B-C),
3. Kontrollü yanma bölgesi (C-D),

4. Art yanma bölgesi (D-E),



Şekil 2.3 Dizel Motorlarda Basınç - Krank Açısı ve Püskürtme Seyri (Eliçin, 2011)

Görseldeki şekil 2.3' de basınç-krank açısı diyagramı (a) ve püskürtme seyri (b) aşağıdaki açıklamalarla birlikte sunulmuştur:

(a) Basınç-Krank Açısı Diyagramı:

1. AB: Tutuşma gecikmesi aşamasıdır. Bu aşamada, yakıtın %5-15'i yanar ve basınç artışı başlar.
2. BC: Hızlı yanma safhasıdır. Alev yayılır ve biriken yakıt ile gelen yakıt birlikte yanarak maksimum basınca ulaşılır. Bu aşamada basınç hızla artar.
3. CD: Kumandalı yanma aşamasıdır. Yakıt püskürtme ve faydalı yanma süreci sona erer. Basınç artışı yavaşlar ve sabitlenir.
4. DE: Art yanma aşamasıdır. Bu aşamada, yanma tamamlanır ve basınç yavaşça azalmaya başlar. Kısa sürmesi istenir çünkü bu aşamada fazla basınç kaybı olmasının önlenmesi amaçlanır.

(b) Püskürtme Seyri: Püskürtme seyrine göre, yakıtın püskürtülme zamanı ve miktarı aşağıdaki aşamaları gösterir:

1. A: Yakıt püskürtülmesi başlar.
2. B: Yakıt püskürtme miktarı artar ve maksimum seviyeye ulaşır.
3. C: Yakıt püskürtme miktarı azalmaya başlar.
4. D: Yakıt püskürtme sona erer.

Bu şekildeki görsel, dizel motorunun işleyişinin ve püskürtme sürecinin aşamalarını göstermektedir (Eliçin, 2011).

2.2.1 Tutuşma Gecikmesi

Tutuşma gecikmesi (TG), yakıtın püskürtüldüğü an ile yanmanın başladığı an arasındaki zaman dilimini ifade eder. Bu süre zarfında püskürtülen yakıt damlacıkları silindir içinde buharlaşarak bir buhar tabakası oluşturur. Yakıtın buhar fazında yanma hızı, bu buhar tabakasını çevreleyen hava ile oksijenin oranı ile doğrudan ilişkilidir. Bu süreç, dizel motorlarda yakıtın verimli bir şekilde yanmasını kontrol etmek için önemlidir.

Tutuşma gecikmesini etkileyen en önemli faktörler şunlardır:

1. Yakıt kalitesi: Yakıtın kimyasal bileşimi ve kalitesi, tutuşma gecikmesini etkileyen önemli bir faktördür. Daha kaliteli yakıtlar, daha hızlı buharlaşma ve daha kolay yanma sağlayabilir.
2. Basınç: Motor silindirindeki basınç, yakıtın püskürtülme sürecini ve buharlaşmayı etkiler. Yüksek basınç, yakıtın daha hızlı buharlaşmasını teşvik edebilir.
3. Sıcaklık: Silindir içindeki sıcaklık, yakıtın buharlaşma hızını ve tutuşma gecikmesini etkiler. Yüksek sıcaklıklar, yakıtın daha hızlı buharlaşmasına ve dolayısıyla daha kısa bir tutuşma gecikmesine neden olabilir.

Tutuşma gecikmesi, yakıtın uygun bir şekilde püskürtülmesi, buharlaşması ve yanması için önemlidir. Yakıt kalitesi, basınç ve sıcaklık gibi faktörlerin dikkate alınması, tutuşma gecikmesinin kontrol altında tutulmasına yardımcı olur ve motor performansını etkiler. Artan basınç ve sıcaklık, tutuşma gecikmesini azaltır. Tutuşma gecikmesi boyunca enjekte edilen yakıt miktarı, tutuşma gecikmesini değiştirmez. Yakıt, tutuşma gecikmesi boyunca silindirlere enjekte edilir ve yanma başlayana kadar birikir (Ünal, 2006; Borat vd. 1994).

2.2.2 Kontrolsüz (ani) Yanma

Tutuşma gecikmesi süresince, yakıt silindirlere giriş yapar ve bu süre zarfında buharlaşır. Bu süreç sırasında yakıt damlacıkları daha küçük parçacıklara ayrılır ve hava ile daha etkili bir şekilde karışır. Yanma başladığında, oksijen ile temas eden yakıt hızla yanar. Silindir içindeki basınç artış hızını (dp/dt) belirleyen etkenlerden biri, yanma hızıdır. Yanma süreci, silindir içindeki basınç değişimini etkiler. Yüksek bir basınç artış hızı, hareketli motor parçalarına ani bir yük uygulaması anlamına gelir ve bu, çeşitli tahribatlara neden olabilir. Bu duruma "dizel vuruntusu" adı verilir.

Yanmanın bu aşaması, tutuşma gecikmesine kıyasla çok daha kısadır, bu nedenle yakıtın önemli bir kısmı tutuşma gecikmesi süresince püskürtülür. Bu süre zarfında yakıt, silindir içine enjekte edilir ve buharlaşır, bu da yanmanın başlamasını sağlar. Yanma sürecinin kontrol edilmesi ve optimize edilmesi için bu tutuşma gecikmesi süreci önemlidir. Bu durumda maksimum basınç, tutuşma gecikmesi tarafından belirlenir. Yani, tutuşma gecikmesi süresi, yakıtın püskürtülmesi ve yanma süreci dikkate alındığında maksimum basınç değerini belirler.

Dizel motorlarda, tutuşma gecikmesinin uygun bir şekilde kontrol edilmesi önemlidir. İdeal tutuşma gecikmesi, motor performansını ve dayanıklılığını optimize etmek için dikkate alınır. Yanma sürecinin kontrol edilmesi, dizel vuruntusu gibi istenmeyen durumların önlenmesine yardımcı olur ve motorun sağlıklı çalışmasını sağlar (Ünal, 2006; Borat vd. 1994).

2.2.3 Kontrollü (difüzyon kontrollü) Yanma

Tutuşma gecikmesi sonrasında, püskürtülen yakıtın tamamen yanmasıyla bu aşamaya geçilir. Ani yanma süresi sonucunda oluşan basınç ve sıcaklık çok yüksektir, bu nedenle püskürtülen yakıt oksijenle temas ettiğinde hemen yanar. Yanmanın kontrol edilmesi için yanmaya hazır karışım miktarı önemlidir. Bu aşamadaki yanma hızı, yakıt buharı ile havanın karışmasına bağlıdır.

Verimin maksimize edilmesi için, yanmanın üst ölü nokta (ÜÖN) noktasına mümkün olduğunca yakın tamamlanması amaçlanır. Üst ölü nokta, pistonun en üst konumudur ve yanmanın tamamlanması gereken noktadır. Yakıtın tamamen yanması, enerji veriminin artması için önemlidir. Yanmanın üst ölü noktaya yakın olması, enerji kayıplarını azaltır ve motor verimini artırır.

Bu nedenle, yanma sürecinin kontrolü, yanmanın tam ve verimli bir şekilde gerçekleşmesini sağlamak için önemlidir. Yakıt buharının havayla iyi bir şekilde karışması, yanma hızının kontrol edilmesi ve yanmanın üst ölü noktaya yakın tamamlanması, motorun performansını ve verimini artırmak için hedeflenen faktörlerdir (Ünal, 2006).

2.2.4 Gecikmiş (art) Yanma

Kontrollü yanma sonrasında silindir içinde tam olarak yanmamış bir miktar yakıt kalabilir ve bu yakıt, genişleme sırasında yanmaya devam edebilir. Motor verimini

artırmak için bu artık yanma süresinin kısa olması önemlidir. Çünkü uzun artık yanma süreci, silindir yüzeylerini, silindir kapağını ve piston başını aşırı ısıtabilir, segman yuvalarında karbon ve yapışkan kalıntılar birikmesine neden olabilir. Bu tür sorunlar, motorun performansını olumsuz etkileyebilir ve motorun ömrünü kısaltabilir. Dolayısıyla, kontrollü yanmanın optimize edilmesi, motorun verimliliğini ve dayanıklılığını artırmak için kritik bir faktördür (Karasu ve Yelken, 1997).

2.3 Dizel Motorlarda Yanmayı Etkileyen Faktörler

Dizel motorlardaki yanma süreci bir dizi önemli parametreye bağlıdır. Yanma odası tasarımı, sıkıştırma oranı, yakıt kalitesi, püskürtme avansı, basınç gibi faktörlerin optimize edilmesi, dizel motorların performansını ve verimliliğini artırmak, yakıt ekonomisini sağlamak ve egzoz emisyonlarını azaltmak açısından son derece önemlidir. Bu parametrelerin dikkatli bir şekilde ayarlanması, çevre dostu ve ekonomik çalışan dizel motorlar için kritik bir adımdır. Aşağıda yanmayı etkileyen önemli faktörler kısaca açıklanmıştır.

1. Yanma odası tasarımı: Yanma odasının şekli, boyutu ve konfigürasyonu, yanma sürecini etkiler. İyi tasarlanmış bir yanma odası, yakıt-hava karışımının homojen dağılmasını sağlayarak verimli yanma ve düşük emisyon seviyeleri elde etmeyi amaçlar.

2. Sıkıştırma oranı: Sıkıştırma oranı, silindirdeki hava hacminin en düşük (üst ölü nokta) ve en yüksek (alt ölü nokta) noktaları arasındaki orandır. Daha yüksek bir sıkıştırma oranı, daha yüksek yanma sıcaklıkları ve daha verimli bir yanma sağlar. Ancak aşırı yüksek sıkıştırma oranı, dizel vuruntusu riskini artırabilir.

3. Yakıt kalitesi: Yakıtın kalitesi, yakıtın yanma özelliklerini ve emisyon seviyelerini etkiler. Daha kaliteli ve düşük kükürt içeren yakıtlar, daha temiz yanma ve daha az egzoz emisyonu sağlar.

4. Püskürtme avansı: Yakıtın püskürtme anında silindire giriş zamanı olan püskürtme avansı, yanma sürecini etkiler. Uygun püskürtme avansı, yakıtın tamamen yanmasını ve verimli bir yanma sürecini destekler.

5. Püskürtme basıncı: Yakıtın püskürtme basıncı, yakıtın püskürtme şeklini ve dağılımını etkiler. Daha yüksek püskürtme basıncı, daha iyi atomizasyon ve daha homojen bir yakıt-hava karışımı sağlar.

Bu parametrelerin optimize edilmesiyle, yakıt ekonomisi artırılabilir ve egzoz emisyonları azaltılabilir. Yakıt ekonomisinin artması, daha az yakıt tüketimi ve daha

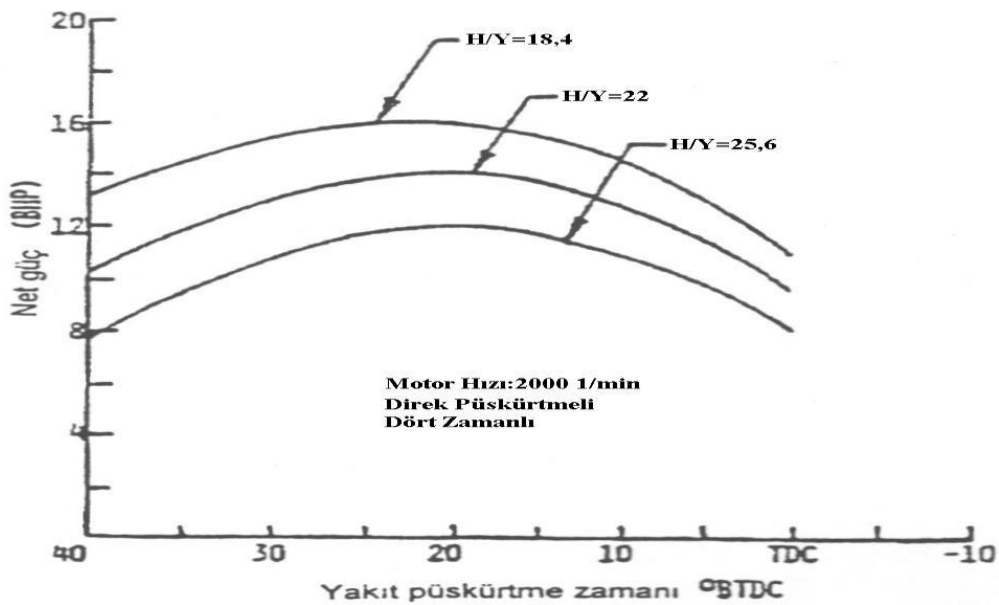
uzun çalışma süresi anlamına gelirken, düşük emisyon seviyeleri ise çevresel etkiyi azaltır ve daha temiz bir hava kalitesi sağlar. Bu nedenle, dizel motorların tasarımı ve çalışma parametrelerinin dikkatli bir şekilde optimize edilmesi önemlidir (Aktaş ve Sekmen, 2008).

2.3.1 Püskürtme Avansının Etkisi

Püskürtme avansı, dizel motorlarda motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde etkili olan önemli bir parametredir. Bu parametre, tutuşma gecikmesini, maksimum basınç noktasını ve basınç artış hızını etkileyerek yanma sürecini doğrudan etkiler. Püskürtme avansının artmasıyla tutuşma gecikmesi azalırken, daha fazla artması tutuşma gecikmesinin uzamasına yol açar. Optimal püskürtme avansı, motor performansının iyileştirilmesi ve egzoz emisyonlarının azaltılması için kritik bir parametredir. Püskürtme avansının ayarlanması, motorun performansını optimize etmek ve egzoz emisyonlarını azaltmak için kritik bir rol oynar. Püskürtme avansının doğru şekilde ayarlanmasıyla motor verimliliği artar ve yakıt ekonomisi iyileşir. Aynı zamanda, egzoz emisyonları da azalır ve çevresel etkisi azaltılır.

Püskürtme avansının uygun şekilde ayarlanmasıyla, motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde olumlu sonuçlar elde edilir. Bu nedenle, püskürtme avansının optimum değerlerde ayarlanması, motorun verimli çalışmasını sağlamak ve çevresel etkiyi azaltmak için önemlidir (Karakuş, 2000; Kegl, 2006; Aktaş ve Sekmen, 2008).

Aşağıda şekil 2.4'te püskürtme avansının motor gücüne etkisi görülmektedir.



Şekil 2.4 Püskürtme Avansının Motor Gücüne Etkisi (Karakuş, 2000)

Püskürtme avansı, yakıtın ateşleme zamanını kontrol etmede kritik bir faktördür. Maksimum avans ile çalıştırma durumunda, yakıtın tutuşma gecikmesi artar ve bu, silindir içinde yanma sürecini olumsuz etkiler. Yanma daha fazla gecikir ve bu durum, motorun vuruntulu (knocking) çalışmasına neden olabilir. Aynı zamanda, silindir içindeki sıcaklık düşer, bu da NO_x (azot oksit) emisyonlarının artmasına yol açabilir. Püskürtme avansının maksimum değerden daha az olması durumunda ise tutuşma gecikmesi azalır. Ancak, yakıtın önemli bir kısmı kontrollü yanma aralığında yanar, bu da ortalama ve maksimum efektif basınçların düşmesine neden olur. Daha az sıcaklık artışı meydana gelir ve bu NO_x emisyonlarının azalmasına katkıda bulunabilir (Topgül, 2000; Karakuş, 2000). Bu nedenle, püskürtme avansı, yakıtın yanma sürecini ve motor verimini etkileyen kritik bir parametredir. Motorun verimli ve düşük emisyonlu çalışması için bu parametre dikkatle ayarlanmalıdır.

2.3.2 Karışım Oranının Etkisi

Dizel motorlarda, yakıt sıvı halde püskürtülüp silindir içinde buharlaşır. Bu buharlaşma süreci silindir içinde farklı bölgelerde değişiklik gösterir, bu nedenle yakıt-hidrojen (Y/H) oranları homojen bir dağılım göstermez. Bazı bölgelerde sadece hava bulunurken, diğer bölgelerde ise buharlaşmamış yakıt damlacıkları bulunur, bu da farklı Y/H oranlarına yol açar. Bu nedenle, püskürtülen yakıt miktarı yerine buharlaşan yakıt miktarı büyük öneme sahiptir. Yanma süreci, en uygun Y/H oranlarına sahip bölgelerden başlar. Dolayısıyla, Y/H oranının tutuşma gecikmesi (TG) üzerinde doğrudan bir etkisi olmasa da, Y/H oranının azalması TG'nin artmasına sebep olabilir. Bu artışın nedeni, düşük Y/H oranlarının olduğu noktalarda yanma ısısının ve dolayısıyla silindir cidar sıcaklığının düşük olmasıdır. Y/H oranının en önemli etkisi emisyonlarla ilişkilidir. Tam yükte, Y/H oranı duman sınırını aşmamak için ayarlanır. Eğer bu sınır aşılsa, yakıt ve hava karışımı için yeterli zaman olmadığından fazla yakıt kısmen yanmış veya yanmamış olarak egzozdan atılır, bu da duman emisyonlarını artırır (Sönmez, 2006).

2.3.3 Sıkıştırma Oranının Etkisi

Sıkıştırma oranının artırıldığı durumlarda, genellikle sıkıştırma sonucunda sıcaklık ve basınç artışı gerçekleşir. Bu durumda, dp/dt değerinin de artması beklenir.

Ancak, Sönmez'in (2006) yaptığı deneysel çalışmalar, sıkıştırma oranının artmasının dp/dt değeri üzerinde beklenen etkinin çok fazla olmadığını göstermiştir.

2.3.4 Püskürtülen Yakıt Miktarının Etkisi

Dizel motorlarda, sıkıştırma sonucu oluşan yüksek sıcaklık ve basınç koşulları, çok az miktarda püskürtülen yakıtın dahi yüksek bir termal verimle yanmasını sağlar. Karakuş'un (2000) çalışmasına göre, püskürtülen yakıtın enjeksiyon hızı yerine püskürtme süresi değiştirildiğinde, kısa bir tutuşma gecikmesi süresince daha az miktarda yakıt püskürtülür. Bu, yanmanın ikinci aşamasında basınç değişim hızının (dp/dt) azalmasına neden olur. Bu durum, motorun daha verimli çalışmasına ve daha az emisyon üretmesine katkıda bulunabilir.

2.3.5 Motor Devrinin Etkisi

Düşük motor devirlerinde, yanma odasında TG (tutuşma gecikmesi) süresi daha kısa olduğundan, daha az yakıt birikir ve bu nedenle basınç artış hızı ve miktarı düşük olur. Yüksek devirlerde ise, aynı TG süresine sahip olmalarına rağmen iyi bir türbülans sağlayan bir motorda, yakıt miktarı değişmese de daha iyi bir karışım mümkündür. Bu durumda, daha etkili bir hava hareketi sağlayan motora kıyasla, sadece yakıt miktarının fazla olmasından dolayı dp/dt oranı daha yüksek olur (Sönmez, 2006).

2.3.6 Hava Giriş Sıcaklığı ve Basıncının Etkisi

Karakuş'un (2000) çalışmasına göre, motor girişindeki havanın yüksek basınca sahip olması, tutuşma gecikmesini ve dp/dt oranını azaltır. Bu azalmanın temel nedeni sıcaklık artışıdır. Giriş basıncı arttıkça, daha fazla yakıt enjekte edilerek motor gücü artırılabilir çünkü bu durumda daha fazla dolgu miktarı sağlanır. Ancak, motor soğutma suyu sıcaklığı ve hava giriş sıcaklığının yüksek olduğu durumlarda, TG süresi ve dp/dt oranında azalma görülür. Bu durumda, hava miktarında da azalma olduğundan maksimum güç düşer. Yani, sıcaklığın ve giriş basıncının motor performansına etkisi karmaşık bir denklemdir ve bu faktörlerin dikkatli bir şekilde ayarlanması gerekebilir.

2.3.7 Karışımdaki Oksijen Yüzdesinin Etkisi

Borat ve diğerlerinin (1994) araştırmasına göre, sadece oksijen kullanımı, birim hacimde açığa çıkan enerji miktarını yaklaşık beş kat artırırken, artan oksijen konsantrasyonu enerji açığa çıkma hızını artırarak tutuşma gecikmesini azaltmıştır

(Borat vd., 1994). Bu bulgu, oksijenin yanma sürecine olan etkisini vurgulayarak daha verimli bir yanma sağladığını göstermektedir.

Sönmez'in (2006) deney sonuçlarına göre, emme havasına oksijen eklemenin motor performansı ve egzoz emisyonları üzerinde olumlu etkileri olmuştur. Emme havasının oksijenle zenginleştirilmesi, motorun torku ve gücünü artırmış, özgül yakıt tüketimini azaltmıştır. CO emisyonlarında yaklaşık %95,5 azalma gözlemlenmiş, ancak CO₂ emisyonunda bir artış saptanmıştır. Bu durum, yanma sürecinin iyileştiğini ve termal verimin arttığını göstermektedir. Oksijen yüzdesinin artmasıyla HC emisyonlarında azalma görülmüş, bu da yakıtın daha iyi oksitlendiğini gösterir. Emme havasına oksijen eklemesi, yakıtın oksijenle daha hızlı reaksiyona girmesine neden olur, bu da silindir içi sıcaklığını artırır ve NO_x emisyonlarında ciddi bir artışa yol açar. Ancak, hızlı reaksiyonun is emisyonlarını büyük ölçüde azalttığı da tespit edilmiştir (Sönmez, 2006).

2.3.8 Aşırı Doldurmanın Etkisi

Karakuş'un (2000) çalışmasına göre, aşırı doldurma, giriş basıncını artırmakla kalmaz bunun yanında giriş sıcaklığını da artırır. Tutuşma gecikmesi her iki artışta da etkilenir. Bu sebeple, aşırı doldurmanın, düşük basınç, yükselme hızı ve maksimum basınç ile giriş basıncı arasındaki oran açısından aşırı doldurulmamış bir motora göre daha olumlu sonuçlar sağladığı anlaşılmaktadır (Karakuş, 2000).

2.4 Dizel Motor Kaynaklı Kirletici Emisyonlar

Dizel motorların faaliyetleri sırasında, çevreye birçok zararlı madde salınır. Bu emisyonlar, dünyada önemli bir kirlilik etkisine yol açar ve genellikle çevre emisyonları olarak adlandırılır. Dizel motorların yaydığı emisyonlar arasında NO_x, HC, CO, SO₂ ve is gibi maddeler bulunur. Bu emisyonların oluşumu iki temel kategoriye ayrılabilir.

Birinci kategori, tam yanma sonucunda oluşan emisyonlardır. Tam yanma gerçekleştiğinde, CO₂ (karbondioksit), H₂O (su buharı), NO_x (azot oksitleri) ve SO₂ (kükürt dioksit) gibi emisyonlar meydana gelir. Bu maddeler, yakıtın tam olarak yanmasıyla ortaya çıkar. İkinci kategori ise tam yanmama sonucunda oluşan emisyonlardır. Yakıtın tam olarak yanmadığı veya yanma sürecinin tamamlanmadığı durumlarda, HC (hidrokarbon), CO (karbon monoksit) ve is gibi emisyonlar oluşur. Bu maddeler, yanma sürecindeki eksikliklerden kaynaklanır. Bu emisyonların oluşumunda

birçok faktör etkilidir. Yanma odası tasarımı, yanma hızı, yanma sıcaklığı, yakıtın içeriği ve kalitesi, enjektör basıncı ve hava/yakıt oranı gibi etkenler emisyon seviyelerini etkileyebilir. Dizel motorların tasarımı ve çalışma koşullarının optimize edilmesi, emisyonların kontrolü açısından önemlidir.

Dizel motorların yaydığı emisyonlar çevre kirliliği ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir. Bu nedenle, çevresel düzenlemeler ve emisyon kontrol teknolojileri, dizel motorlardan kaynaklanan emisyonları azaltmaya yönelik çabalarda önemli rol oynamaktadır. Dizel motor emisyonlarının insan sağlığı ve çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için son yıllarda dünya çapında birçok politika uygulanmıştır. Hem dizel egzoz kirletici emisyonları hem de son işlem emisyon kontrol teknolojileri hakkında birçok araştırma yapılmıştır. İbrahim ve ark. tarafından yapılan geniş çaplı bir literatür araştırmasına göre, dizel araçlardan kaynaklanan emisyonların oluşma nedenleri ve kontrol teknolojileri incelenmiştir. Bu araştırmaya göre, dizel motorlardan kaynaklanan ana kirletici emisyonlar CO, HC, partikül maddeleri ve NO_x 'tir. CO ve HC emisyonları, eksik yanma ve yanmamış yakıt nedeniyle ortaya çıkar. Bu durumda, yanma süreci tam olarak tamamlanmadığından, CO (karbon monoksit) ve HC (hidrokarbon) gibi zararlı maddeler atmosfere salınır. NO_x emisyonları ise yüksek yanma sıcaklıklarının (1600°C'nin üzerinde) etkisiyle ortaya çıkar. Bu yüksek sıcaklıkların yanma odasında meydana gelmesi, azot ve oksijen moleküllerinin reaksiyona girmesine ve NO_x (azot oksitleri) bileşiklerinin oluşmasına neden olur. Partikül madde emisyonları ise yanmamış veya kısmen yanmış çok küçük parçacıklardan oluşur. Bu emisyonların oluşumunda etkili olan faktörler arasında yakıt özellikleri, kısmen yanmış yağlama yağı, yakıtın kül içeriği, silindir yağlama yağı, sülfatlar ve su bulunur. Dizel egzoz son işlem sistemleri, CO, HC, partikül maddeleri ve NO_x gibi kirletici emisyonları azaltmak için kullanılan önemli bileşenlerdir. Bu sistemler arasında DOC (dizel oksidasyon katalizörü), DPF (dizel partikül filtresi) ve SCR (seçici katalitik indirgeme) bulunur. Bu teknolojiler, özellikle ağır hizmet dizel motorları için talep edilen bileşenlerdir ve genellikle dizel motor egzozundan kaynaklanan ana kirletici emisyonları aynı anda azaltmak için DOC, DPF ve SCR'nin bir arada kullanıldığı belirtilmiştir (Reşitoğlu, Altınışık ve Keskin, 2015).

CO (karbon monoksit), insan sağlığı için oldukça zararlı bir gazdır. Rengi ve kokusu olmadığından dolayı zehirli etkileri hemen fark edilemez. CO, kandaki hemoglobine oksijene göre daha güçlü bir şekilde bağlanma yeteneğine sahiptir. Bu

nedenle, CO salınımının azaltılması büyük önem taşır. Hidrokarbonlar genellikle kötü kokulu ve tahriş edici maddelerdir ve 150'den fazla çeşidi bulunmaktadır. Egzoz gazlarında bulunan hidrokarbonların varlığı, NO_x emisyonlarının aksine yüksek sıcaklıkların etkisiyle oluşmaz. Hidrokarbonlar, sıcaklıkların ve oksijenin yetersiz olduğu durumlarda yakıtın tam olarak yanmaması sonucu ortaya çıkar. Motorlarda, hidrokarbon emisyonu genellikle tam yanma olmayan bölgelerden kaynaklanır. (Gonzales, Howart, Hildige ve Ta, 1999; Borat, Balcı ve Sürmen, 1992; Aydoğan, 2006; Soruşbay, 1999).

Azot oksitlerin (NO_x) oluşumunda hava-yakıt oranı ve ortam sıcaklığı önemli bir rol oynar. Yanma işlemi iyileştiğinde, yanma sıcaklığı yükselir ve bunun sonucunda oksijen moleküllerinin ayrışması artar. Bu durum, NO_x oluşum hızının da artmasına neden olur. Yanma sonucu oluşan NO_x miktarı, yanma odasındaki sıcaklıkla yakından ilişkilidir. Yanma sonu sıcaklığı 1800 Kelvin'in üzerine çıktığında, önemli ölçüde NO_x oluşumu gözlemlenebilir. Bu nedenle, NO_x emisyonlarını azaltmak için yanma sürecindeki sıcaklığı kontrol etmek önemlidir. Yanma sıcaklığını düşürmek veya uygun yakıt karışımı kullanmak gibi önlemler olarak NO_x oluşumunu azaltmak mümkündür (Heywood, 1988; Piphoo, Kittelson ve Zarling, 1991).

Partikül maddeler, duman veya is şeklinde oluşan katı parçacıklardır. Dizel motorları, hem karışım hem de kullanılan yakıtın özelliklerinden dolayı partikül oluşumuna neden olur. Yakıt moleküllerinin oksijen açısından fakir ortamda ısıl parçalanması sonucunda, hidrojen (H) kolayca oksitlenirken karbon (C) oksitlenmeden çevrede birikir ve katı partikül maddeler oluşturur. Bu katı partiküller is olarak adlandırılır. Is oluşumu, dizel yanmasının bir aşamasıdır. İlk etapta oluşan karbonun büyük bir kısmı tekrar yanarak tam yanmaya ulaşır. Ancak güç artırma amacıyla yanma odasına fazla miktarda yakıt enjekte edildiğinde, yeterli oksijen bulunmadığı için egzoz gazlarında belirli bir miktarda is bulunur. Is oluşumu, segman yuvalarının karbonla dolmasına ve silindirin aşınmasına neden olabilir. Yanma odasında yeterli sıcaklık, oksijen ve zaman bulunmadığında ise partikül maddeler egzozdan atılır. Partikül maddeler, çaplarına bağlı olarak çevresel ve sağlık açısından tehlike oluşturabilirler. Partikül çapı küçüldükçe, tehlike ve sağlık riski artar. Trafik kaynaklı partikül maddelerin oluşumu, düşük kükürtlü yakıt kullanımı ve yakıt pompasının doğru ayarlanması gibi önlemlerle büyük ölçüde engellenebilir. Bu partikül maddeler

solunduğunda akciğerlere kadar ilerler ve bronşları tahriş ederek insan sağlığına zararlı etkiler gösterebilir (Dönmez, Semercioğlu, Cömert ve Üzmez, 2009).

Aşağıda tabloda 2.1’de egzoz emisyonlarının çevre ve sağlık açısından etkileri gösterilmiştir (Zhang, Zhu, 2010; Chauhan, Shukla, 2011; Milli Eğitim Bakanlığı, 2011; Otken, Gümüşay, 2009; Mofijur ve ark., 2013; Bhuiya ve ark., 2016).

Tablo 2. 1 Egzoz Emisyonlarının Çevre ve Sağlık Açısından Etkileri

Egzoz Emisyonları	Etkileri
CO ₂	Küresel ısınma ve iklim değişikliğine katkıda bulunur.
CO	<p>Karbon monoksit, renksiz ve kokusuz bir gazdır ve eksik yanma sonucu oluşabilir. Karbon monoksit, çok tehlikeli bir hava kirliliği kaynağıdır ve birçok olumsuz etkisi bulunur.</p> <p>Zehirleyici Etki: Karbon monoksit, vücutta oksijen taşıma kapasitesini azaltır. Kandaki oksijen seviyelerini düşürerek organ ve dokularda oksijen eksikliği yaratır. Bu, ciddi sağlık sorunlarına ve hatta ölüme neden olabilir.</p> <p>Solunum ve Dolaşım Sorunları: Karbon monoksit, solunum yoluyla vücuda girdiğinde akciğerlere ve dolaşım sistemine zarar verebilir. Solunum yolu ve dolaşım sistemi hastalıklarının riskini artırabilir.</p> <p>Gebelik ve Çocuklar Üzerindeki Etkiler: Karbon monoksit, hamile kadınların fetüsünün büyümesini ve küçük çocukların doku gelişimini olumsuz etkileyebilir.</p> <p>Sinerjetik Etki: Karbon monoksit, diğer hava kirliliği kaynaklarıyla etkileşime girebilir ve sinerjetik etkilere neden olabilir, bu da solunum ve dolaşım sistemi hastalıklarının riskini artırır.</p> <p>Akut Etkiler: Karbon monoksit solunduğunda bile hızla etkiler gösterebilir. Baş dönmesi, görmede bulanıklık ve bulantı gibi belirtilere neden olabilir.</p>
Benzen	Benzen, bir aromatik hidrokarbon olup en basit yapısına sahiptir. Kimyasal formülü C ₆ H ₆ ’dır ve halka şeklinde bir yapıya sahiptir. Benzen, organik kimya alanında önemli bir bileşik olarak kabul edilir. Ancak, benzenin maruziyeti sağlık için ciddi riskler taşır. Kanserojen olarak sınıflandırılmıştır ve uzun süreli maruziyeti kanser riskini artırabilir. Ayrıca, benzen kan hücrelerine zarar verebilir ve çeşitli sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle, benzenin kullanımı ve maruziyeti sıkı bir şekilde kontrol edilmelidir, özellikle endüstriyel ve çalışma ortamlarında. Bu kimyasalın tehlikeleri ile ilgili tedbirler alınmalıdır.
NO _x	<p>Asit yağmurları doğal su kaynaklarını asitleştirebilir, bitki örtüsüne zarar verebilir ve binaları erozyona uğratabilir. Ayrıca, insan sağlığına da zarar verebilir. Asit yağmurlarına maruz kalan insanlar şu olumsuz etkilere maruz kalabilir:</p> <p>Solunum Yolu Problemleri: Asit yağmurları, solunum yollarını tahriş edebilir. Bu tahriş, özellikle çocuklar ve yaşlılar gibi hassas gruplarda bronşit ve zatürre gibi solunum yolu enfeksiyonlarına yol açabilir.</p> <p>Astım Riski: Asit yağmurları, toz ve polen gibi alerjenlere karşı hassasiyeti artırabilir. Bu, astım riskini artırabilir ve astım hastalarında semptomların şiddetlenmesine neden olabilir.</p>

	<p>Göz ve Kulak Rahatsızlıkları: Asit yağmurları gözleri tahriş edebilir ve göz rahatsızlıklarına yol açabilir. Aynı zamanda kulaklarda da rahatsızlıklara neden olabilir.</p> <p>Sinir Sistemi Etkileri: Asit yağmurları, toprak ve su kaynaklarına sızarak toksik metallerin serbest bırakılmasına neden olabilir. Bu toksik metaller, sinir sistemini olumsuz bir şekilde etkileyebilir ve nörolojik sorunlara yol açabilir.</p>
SO ₂ ve SO ₃	Hava kirliliğine ve asit yağmurlarına neden olan bu madde sülfür dioksittir (SO ₂). Yüksek konsantrasyonlarda solunduğunda ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir. SO ₂ , solunum yollarında büyük bir kısmı emilir ve bu da solunum yolu hastalıklarının ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu etkiler arasında bronşit, amfizem ve diğer akciğer hastalığı semptomları bulunur. Ayrıca, SO ₂ akciğerlerin savunma mekanizmasında değişikliklere neden olabilir ve mevcut kalp hastalıklarının şiddetlenmesine katkıda bulunabilir.
Pb	Hava, su, toprak, solunum yoluyla ve besinler aracılığıyla biyolojik sistemlere giren son derece toksik bir metaldir. Birçok ülke, benzinin içeriğinden aşamalı olarak kurşunu kaldırmıştır. Ancak, hala bazı ülkelerde yakıtın oktan artırıcı olarak kullanıldığını görmekteyiz. İnsan kanındaki kurşun miktarının artması, geri dönüşü mümkün olmayan beyin hasarlarına yol açabilir.
PM	Kükürt ve azot oksitleri ile hidrokarbonları içerir. Bu karışım, ozon oluşumuna katkıda bulunarak atmosferdeki kimyasal reaksiyonları etkileyebilir ve küresel ısınmaya katkı sağlayabilir. Ayrıca, bu tür kirleticilerin solunması, akciğer kanseri ve kardiyopulmoner ölümlere neden olabilecek ciddi sağlık sorunlarına yol açabilir.
HC	Göz tahrişine, öksürüğe ve hapşırma neden olabilir. Yüksek konsantrasyonlarda solunduğunda uyuşukluğa ve sarhoşluğa yol açabilir. Ayrıca, akciğer hastalıklarına katkıda bulunabilir. Bu madde, azot oksitler ile güneş ışığının etkisiyle ozon oluşumuna neden olabilir, bu da birçok sağlık sorununa, malzeme bozunmalarına ve bitki örtüsü zararına yol açabilir.
PAHs	Göz ve burun tahrişine, öksürüğe, mide bulantısına ve nefes darlığına neden olabilir.
Formaldehit	Göz ve burun tahrişine, öksürüğe, mide bulantısına ve nefes darlığına neden olabilir.

Emisyonların insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğundan, emisyonlar için maksimum atmosfer konsantrasyonu (MAK), maksimum işyeri konsantrasyonu (MİK) ve doğrudan tehlike konsantrasyonu (DTK) gibi farklı konsantrasyon değerleri belirlenmiştir. Bu değerler, solunum süreleri ve alınan miktarlara göre değişir ve insanların maruz kalabilecekleri emisyon seviyelerini belirlemek için kullanılır. Maksimum atmosfer konsantrasyonu (MAK), sürekli olarak solunduğunda insanlara zarar vermeyecek güvenli konsantrasyon miktarını ifade eder. Maksimum işyeri konsantrasyonu (MİK), sekiz saatlik bir çalışma süresi boyunca solunduğunda insanlara zarar vermeyecek güvenli konsantrasyon miktarını belirtir. Doğrudan tehlike konsantrasyonu (DTK) ise çok kısa bir süre içinde tehlike oluşturabilecek yüksek konsantrasyon miktarını ifade eder. Bu konsantrasyon değerleri, emisyonların tehlike sınırlarını belirlemek ve insanları emisyonlara maruz kaldıklarında korumak için kullanılır. Emisyonlar bu sınırların üzerine çıktığında, sağlık sorunlarına ve tehlikelere

yol açabilir. Bu nedenle, emisyon kontrolü ve düzenlemeleri, bu konsantrasyon değerlerine uygunluğun sağlanması ve insanların güvenli bir çevrede yaşamalarının sağlanması amacıyla önemlidir (Kelen, 2014). Tablo 2.2'de bu konsantrasyonlar ve risk sınırları gösterilmektedir.

Tablo 2.2 Egzoz Emisyonlarının Tehlike Sınırları (Kelen, 2014)

Egzoz emisyonları	Birim	MAK	MİK	DTK
CO	ppm	9	50	5000
HC	ppm	20	300	30,000
HC HO	ppm	0.02	1	650
NO	ppm	0.15	-	-
NO ₂	ppm	0.05	5	200
SO ₂	ppm	0.1	5	400
Pb	mg/m ³	0.003	-	-

3. DİZEL MOTORLARDA KULLANILAN ALTERNATİF YAKITLAR

Petrolün ana enerji kaynağı olarak kullanılması ve bu kaynakların hızla azalması, alternatif enerji kaynaklarına ve yenilenebilir enerjiye olan gerekliliği artırmıştır. Motorlarda kullanılabilecek alternatif yakıtların belirlenmesinde, aşağıdaki temel özellikler araştırmalarda ve çalışmalarda dikkate alınmaktadır:

Verimlilik: Alternatif yakıtların motor verimliliğini yükseltmeye veya mevcut performansı düşürmemeye yönelik olması önemlidir. Motorun enerji kullanımını optimize edilmeli ve verimlilik artırılmalıdır.

Uyumlu Olma: Alternatif yakıtların motorlarda önemli yapısal değişikliklere ihtiyaç duymadan kullanılabilmeleri tercih edilir. Mevcut motor sistemlerine uyum sağlamaları ve sorunsuz bir şekilde kullanılabilmeleri önemlidir.

Emisyon Kontrolü: Alternatif yakıtların kullanımıyla birlikte motorlardan atmosfere yayılan kirletici emisyon miktarının azaltılması hedeflenir. Emisyon kontrolü sağlanarak çevresel etkiler minimize edilmelidir.

Maliyet ve Üretim Kolaylığı: Alternatif yakıtların maliyeti düşük olmalı ve üretimi kolay bir şekilde gerçekleştirilebilmelidir. Ekonomik açıdan sürdürülebilirlik sağlanmalıdır.

Bu temel özellikler, alternatif yakıtların motor kullanımı için değerlendirilirken dikkate alınan kriterlerdir. Araştırmalar ve çalışmalar, bu özellikleri göz önünde bulundurarak yeni ve sürdürülebilir enerji kaynaklarının geliştirilmesine odaklanmaktadır (Yıldırım, 2003; Akyaz, 2007; Özsezen ve Çanakçı, 2008).

İçten yanmalı motorlarda kullanılması öngörülen başlıca alternatif yakıtlar şunlardır (Örs A. , 2016);

(a) Gaz Yakıtlar;

1. Hidrojen: Hidrojen, temiz bir yakıt olarak kabul edilir ve yakıt hücresi araçlarında kullanılır.

2. Doğal Gaz (LNG ve CNG): Sıvılaştırılmış Doğal Gaz (LNG) ve Sıkıştırılmış Doğal Gaz (CNG) içten yanmalı motorlar için kullanılabilen doğal gaz türevleridir.

3. Sıvılaştırılmış Petrol Gazı (LPG): LPG, benzin ve dizel yerine içten yanmalı motorlarda kullanılabilen bir alternatif yakıttır.

4. Biyogaz: Biyogaz, organik maddelerin fermantasyonu sırasında oluşan metan (CH₄) ve diğer gazların bir karışımını temsil eder.

(b) Sıvı Yakıtlar:

1. Bitkisel Yağlar: Bitkisel yağlar, içten yanmalı motorlar için uygun bir alternatif yakıt olarak kullanılabilir. Özellikle biodizel üretiminde kullanılırlar.

2. Alkoller (Metanol, Etanol ve Bütanol): Metanol (CH_3OH), Etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ve Bütanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$) gibi alkoller, içten yanmalı motorlar için alternatif yakıtlar olarak kullanılabilir. Etanol, özellikle biyoetanol olarak bilinir ve biyoyakıt üretiminde yaygın olarak kullanılır.

Bu alternatif yakıtlar, fosil yakıtların yerine daha çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kaynakları olarak düşünülür. Her birinin avantajları ve dezavantajları vardır ve kullanımı, yerel enerji politikalarına, mevcut teknolojilere ve altyapıya bağlı olarak değişebilir.

3.1 Biyodizel

Doğal bitkisel yağların veya hayvansal kaynaklı yağların alkollerle bir katalizör yardımıyla reaksiyona girmesi sonucunda elde edilen biyodizel, sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanılan bir yakıt türüdür. Biyodizel, saf formda veya dizel yakıtına katılarak kullanılabilir. Biyodizelin bazı önemli özellikleri şunlardır:

Yüksek Setan Sayısı: Biyodizel, yüksek setan sayısına sahiptir. Setan sayısı, dizel yakıtların ateşlenme performansını belirleyen bir ölçüttür. Yüksek setan sayısı, biyodizelin daha kolay ve düzgün bir şekilde ateşlenmesini sağlar.

Yüksek Isıl Değer: Biyodizelin ısıl değeri, yüksektir. Bu, motorun daha yüksek bir enerji verimliliği elde etmesine yardımcı olur.

Emisyon Düşürme: Biyodizel, dizel yakıtına ilave edildiğinde egzoz emisyonlarını düşürebilir. Özellikle NO_x (azot oksitler) ve partikül madde emisyonlarında azalma sağlanabilir.

Yapısal Uyum: Biyodizel, motor sistemlerine yapısal değişiklik gerektirmeden kullanılabilir. Bu, mevcut dizel motorlarının biyodizel ile uyumlu hale getirilmesini kolaylaştırır.

Üretim Kolaylığı ve Maliyet: Biyodizel, bitkisel veya hayvansal yağların işlenmesiyle elde edilebilir. Üretimi kolay ve maliyet açısından uygun olabilir.

Bu özellikler, biyodizelin motor yakıtı olarak kullanılmasını cazip hale getirir. Biyodizel, fosil yakıtların tükenmesi ve çevresel etkileri göz önünde bulundurularak sürdürülebilir bir alternatif olarak değerlendirilmektedir (Altun ve Gür, 2005).

3.1.1 Biyodizelin Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Bitkisel yağlar, dizel yakıtına kıyasla bazı önemli farklılıklara sahiptir. Bunlardan bazılarını aşağıda değinilmiştir.

Yüksek Viskozite: Bitkisel yağlar genellikle dizel yakıtlarına kıyasla daha yüksek viskoziteye sahiptirler. Viskozite, bir sıvının akışkanlığını ölçen bir terimdir. Yüksek viskozite, yakıtın motor içindeki hareketini ve püskürtülmesini zorlaştırabilir.

Düşük Uçuculuk: Bitkisel yağlar, dizel yakıtlarına göre daha düşük uçuculuk sergilerler. Bu, yakıtın motorun içinde daha zor yanmasına neden olabilir, çünkü yanma odasına tam olarak püskürtülmezler.

Düşük Isıl Değer: Bitkisel yağlar, dizel yakıtlarına kıyasla genellikle düşük ısıl değere sahiptirler. Bu, aynı miktarda yakıtın daha az enerji üretmesi anlamına gelir.

Bu özellikler, bitkisel yağların dizel yakıtlarının doğrudan yerine kullanılmasını zorlaştırır. Ancak, bitkisel yağlar dizel yakıtlarının biyoyakıtlarına dönüştürülerek kullanılabilirler. Biyodizel, bitkisel yağların işlenmesiyle elde edilen bir alternatif dizel yakıtıdır ve viskozite, uçuculuk ve ısıl değer gibi özellikler kontrol altında tutularak daha uygun hale getirilebilir. Bu, bitkisel yağların dizel motorlarda daha etkili bir şekilde kullanılmasına olanak tanır. Bu nedenle, dizel motorlarda tamamen veya kısmen bitkisel yağ kullanımı bazı sorunları beraberinde getirebilir. Bu sorunlar arasında akış problemleri, kötü yakıt püskürtme (atomizasyon), enjektör tıkanması, yağlama yağının kalınlaşması, eksik yanma ve güç kaybı gibi sorunlar yer almaktadır. Bu sorunların üstesinden gelmek için çeşitli teknikler geliştirilmiştir. Ön ısıtma, bitkisel yağın viskozitesini düşürerek akışkanlığını artırabilir. Karıştırma ve çözme, bitkisel yağı başka yakıtlarla karıştırarak veya çözerek özelliklerini iyileştirebilir. Esterleştirme ise bitkisel yağların alkollerle reaksiyona girerek biyodizel adı verilen bir yakıtı dönüştürülmesidir. Bu yöntem, bitkisel yağın viskozitesini düşürür, yanma özelliklerini iyileştirir ve motor performansını artırır. Isıl parçalanma veya proliz, bitkisel yağın termal olarak parçalanması veya dönüştürülmesidir. Bu işlem, bitkisel yağın daha uygun özelliklere sahip bir yakıtı dönüşmesini sağlar. Ancak, esterleştirme, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımını en yaygın tercih edilen ve en önemli yöntem olarak öne çıkmaktadır. Esterleştirme işlemi, bitkisel yağın alkollerle reaksiyona girerek biyodizel yakıtının oluşmasını sağlar. Bu süreç, bitkisel yağın viskozitesini düşürür, yakıtın daha iyi atomizasyonunu sağlar ve motor performansını iyileştirir. Sonuç olarak, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımını, bazı zorluklarla karşılaşılabılır. Bu zorlukları aşmak

için çeşitli teknikler ve işlemler geliştirilmiştir. Bu tekniklerden bazıları aşağıda verilmiştir.

1. Ön Isıtma (Preheating): Bitkisel yağların viskozitesi (akışkanlığı) düşük olduğu için soğuk hava koşullarında motorların başlatılması ve çalıştırılması zor olabilir. Bu nedenle, bitkisel yağın motorun içine girmeden önce ısıtılması gerekebilir. Bu, yağın akışkanlığını artırır ve yakıtın daha iyi bir şekilde püskürtülmesini sağlar.

2. Karıştırma ve Çözme (Blending and Emulsification): Bitkisel yağlar, dizel yakıt ile karıştırılarak kullanılabilir. Ancak bu karışımın istikrarlı olması ve ayrılmaması için özel karıştırma işlemleri ve çözme teknikleri kullanılabilir.

3. Esterleştirme (Transesterification): Bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımını kolaylaştırmak için, bitkisel yağların metil esterlerine veya etil esterlerine dönüştürülmesi gerekebilir. Bu işlem, bitkisel yağların daha iyi bir şekilde yanmasını ve motorun yakıt enjeksiyon sistemini tıkanmamasını sağlar. Bu dönüşüm işlemine biyodizel üretimi denir.

4. Isıl Parçalanma (Pyrolysis): Bitkisel yağları daha iyi bir şekilde kullanmak için ısıl parçalanma işlemi kullanılabilir. Bu işlemde, yağlar yüksek sıcaklıkta ayrıştırılır ve daha düşük viskoziteli bir yakıt elde edilir. Bu işlem, bitkisel yağların motorlarda daha verimli bir şekilde kullanılmasını sağlar.

Bu teknikler, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımını daha pratik hale getirmek ve motor performansını optimize etmek için kullanılır. Ancak, her teknik kendi avantajları ve zorluklarına sahiptir ve uygulama koşullarına bağlı olarak tercih edilebilir. Ayrıca, bitkisel yağların kullanımıyla ilgili yerel yasal düzenlemelere ve motor üreticisinin tavsiyelerine dikkat etmek önemlidir. Bunlar arasında esterleştirme, bitkisel yağların dizel motorlarda kullanımını daha uygun hale getiren en yaygın tercih edilen yöntemdir (Agarwal ve ark., 2001).

Esterleştirme işlemi, bitkisel yağlarla metanol veya etanolün katalizör eşliğinde reaksiyona girmesiyle gerçekleşen bir kimyasal dönüşüm sürecidir. Bu süreçte, trigliserit moleküllerinin veya karmaşık yağ asitlerinin alınması, serbest yağ asitlerinin nötrleştirilmesi ve gliserinin uzaklaştırılmasıyla alkil esterlerinin oluşması sağlanır. Bu alkil esterler, biyodizel olarak adlandırılan yakıt türünü oluşturur. Esterleştirme işlemi, bitkisel yağ ve alkol arasındaki molar oran, kullanılan katalizörün türü, reaksiyon sıcaklığı ve basıncı, reaksiyon süresi ile bitkisel yağdaki serbest yağ asidi ve su miktarı

gibi faktörlere bağılı olarak etkilenir. Yan ürün olarak elde edilen gliserin ise sabun üretiminde kullanılabilir (Çanakçı, M. ve Van Gerpen, J., 2001).

Biyodizel üretiminde, çeşitli bitkisel yağlar kullanılabilirdiği gibi atık bitkisel yağlar da yaygın olarak kullanılır. Saf bitkisel yağlar, örneğin soya, ayçiçeği, pamuk, kolza gibi kaynaklardan elde edilebilirken, atık bitkisel yağlar restoranlar, gıda üretim tesisleri veya evlerden toplanabilir. Bu atık yağlar, geri dönüşüm süreciyle biyodizel üretiminde kullanılabilir ve böylece hem atık yönetimi sağlanmış olur hem de alternatif bir enerji kaynağı elde edilir. Bu yaklaşım, çevresel faydaları ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir adımdır (Karaosmanoglu ve ark., 2000).

Biyodizel üretiminde ham yağlar (yenilemeyen) ve atık durumda olan bitkisel yağlar büyük öneme sahiptir çünkü gıda sektöründe kullanılan bitkisel yağların fiyatı genellikle dizel yakıtı göre daha yüksektir. Bu nedenle, atık durumda olan bitkisel yağlar ve yenilmeyen ham yağlar, biyodizel üretimi için tercih edilen kaynaklardır. Bu durum, gıda sektöründeki kullanım sonucunda ortaya çıkan atık yağların büyük bir kısmının değerlendirilmeden atılmasıyla sonuçlanır. Bu atıkların geri dönüşümü ve biyodizel yakıtı dönüştürülmesi, ekonomik ve çevresel açıdan fayda sağlar. Bu yöntem, hem ülke ekonomisine katkı sağlar hem de çevreye zarar veren atık miktarını azaltır (Gonzalez ve ark., 2000).

Atık bitkisel yağlar, saf bitkisel yağlardan farklı özelliklere sahiptir. Kullanım sırasında atık bitkisel yağlar, yüksek ısıya maruz kalabilir ve su ile temas edebilir. Bu durum, trigliseritlerin hidroliz hızını artırarak serbest yağ asitlerinin oranını ve viskoziteyi önemli ölçüde yükseltebilir. Bu nedenle, atık bitkisel yağların esterleştirme işlemi üzerinde hala çalışmalar devam etmektedir. Bu çalışmalar, optimum reaksiyon parametrelerini belirlemeyi amaçlamaktadır. Bu sayede, atık bitkisel yağların biyodizel üretiminde daha etkili bir şekilde kullanılması hedeflenmektedir (Tomasevic ve ark., 2003).

Sabun stoklarının biyodizel üretiminde kullanılması, yeni ve ekonomik bir kaynak olarak değerlendirilir. Bu stoklar, genellikle yüksek oranda serbest yağ asitleri içerir (% 45-50). Ancak, serbest yağ asitleri içeren yağlar, sadece baz katalizörleri kullanılarak doğrudan biyodizele dönüştürülemezler. Bu nedenle, asit ve baz katalizörlerin sırayla kullanılması gerekebilir. Bu işlem, serbest yağ asitlerini esterifikasyon (asitleştirme) ve transesterifikasyon (baz katalizör kullanarak) adı verilen

iki temel aşamada biyodizele dönüştürmek için kullanılır. İşte bu süreçlerin nasıl işlediği aşağıda kısaca açıklanmıştır.

1. Esterifikasyon (Asitleştirme): İlk olarak, serbest yağ asitlerini azaltmak için asit katalizörler kullanılır. Bu adım sırasında, serbest yağ asitleri alkolle reaksiyona girerek esterlere dönüşür. Bu, sabun stoklarındaki serbest yağ asitlerinin azaltılmasını sağlar.

2. Transesterifikasyon (Baz Katalizörü Kullanma): Daha sonra, esterifikasyon sonucu elde edilen esterler, baz katalizörleri (genellikle metilat veya etilat gibi) kullanılarak biyodizele dönüştürülür. Bu adım, biyodizel üretimi için gerekli olan esterlerin elde edilmesini sağlar.

Bu iki aşama, serbest yağ asitlerini düşük seviyelere çekerek ve ardından biyodizele dönüştürerek sabun stoklarının biyodizel üretiminde kullanılmasını mümkün kılar. Bu yöntem, atık yağları ve sabun stoklarını değerli bir enerji kaynağına dönüştürmenin sürdürülebilir bir yolunu sunar.

Literatürde bu konuda yapılan çalışmalar genellikle Haas ve arkadaşları tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda, sabun stoklarının asidik özelliklerinin giderilmesi ve ardından biyodizel üretimi için baz katalizörlerin kullanılması üzerinde durulmuştur. Bu şekilde, serbest yağ asitleri içeren sabun stokları da biyodizel üretiminde değerlendirilebilmektedir (Haas ve ark., 2003).

3.1.2 Biyodizelin Karışım Oluşturması

Biyodizel yakıtlar ile dizel yakıtlar homojen bir şekilde karışabilir ve karışım stabilitesini koruyabilir. Bu özellikleri sayesinde, biyodizel yakıtlar dizel motorlarda herhangi bir değişiklik yapmadan dizel yakıt ile karıştırılarak kullanılabilir. Bu da biyodizelin dizel motorlara kolaylıkla uygulanabilir olmasını sağlar. Bu avantaj, biyodizelin dizel yakıtın yerine geçebilme potansiyelini artırır ve geçiş sürecini daha kolay hale getirir. Bu nedenle, biyodizellerin dizel motorlu araçlarda kullanımı çevresel ve enerji bağımlılığı gibi sorunları azaltma potansiyeline sahiptir.

3.1.3 Biyodizelin Yanma Performansı

Etanolün ısı değeri dizel yakıtına göre daha düşüktür (%35-40 civarında). Ancak, biyodizellerin ısı değerleri, etanolün ısı değeriyle karşılaştırıldığında yaklaşık olarak %10-12 oranında daha düşüktür. Bu durum, düşük ısı değerinin motor gücü ve

momenti üzerinde önemli bir etkiye sahip olabileceğini gösterir. Farklı şekilde ifade etmek gerekirse, biyodizel kullanımıyla birlikte motor performansında potansiyel bir düşüş meydana gelebilir. Bu durum, motorların gücünde ve performansında azalmaya neden olabilir. Ancak, bu etki motor tasarımlarına, yakıt enjeksiyon sistemlerine ve uygun ayarlara bağlı olarak değişebilir. Motorların optimize edilmesi ve uygun yakıt sistemlerinin kullanılması, biyodizel yakıtlarının verimli bir şekilde kullanılmasını sağlayabilir ve olumsuz etkileri en aza indirebilir. (Nwafor, 2004). Öte yandan, biyodizel-dizel karışımlarının kullanılması, güç kaybı gibi beklenen olumsuz etkileri, daha iyi yanma özellikleri, artan yoğunluk ve viskozite gibi bazı avantajlarla bir ölçüde dengeleyebilir. Ancak, biyodizellerin yüksek viskozitesi belirli bir seviyeyi aştığında, yakıtın atomizasyon sürecini olumsuz etkileyebilir ve bu istenmeyen bir durumdur. Bu nedenle, yakıt karışım oranları ve bileşimi dikkatlice ayarlanmalıdır, böylece hem motor performansı hem de emisyonlar optimize edilebilir. Öte yandan, biyodizel yakıtlarının hem dizel yakıtlarına hem de etanole göre daha iyi bir yağlama özelliğine sahip olması da önemli bir avantajdır. Etanolün setan sayısı genellikle 5-15 aralığında iken, biyodizellerin setan sayısı dizel yakıtlarına oldukça yakın veya bazen daha yüksek olabilir, bu durum yağın türüne ve esterleştirme yöntemine bağlıdır. Setan sayısı, yanma verimliliği için önemli bir faktördür.

3.2 Biyogaz

Biyogaz, organik atıkların mikroorganizmalar tarafından oksijensiz bir ortamda fermantasyon süreci sonucu üretilen bir gaz karışımıdır. Bu gazın ana bileşenleri metan (CH_4) ve karbondioksit (CO_2) olup, ayrıca hidrojen (H_2), azot (N_2), ve diğer iz gazlar da içerebilir. Bu gazlar, organik maddeyi ayrıştıran mikroorganizmaların faaliyetleri sırasında ortaya çıkar.

Biyogazın kullanımı ve avantajları kısaca aşağıda verilmiştir.

1. Enerji Üretimi: Biyogaz, metan içeriği sayesinde yakılabilir ve enerji üretmek için kullanılabilir. Bu, elektrik üretimi, ısıtma, soğutma ve sanayi uygulamalarında kullanılabilen sürdürülebilir bir enerji kaynağı sağlar.

2. Atık Yönetimi: Organik atıkların çürütülmesiyle biyogaz üretimi, çevresel açıdan faydalıdır. Organik atıkların biyogaz üretimine yönlendirilmesi, çöp depolama alanlarının azaltılmasına ve çevreye yayılan zararlı gazların sınırlandırılmasına katkı sağlar.

3. Sürdürülebilirlik: Biyogaz, temiz bir enerji kaynağıdır ve sera gazı emisyonlarını azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca biyogazın kullanımı, fosil yakıtların yerine geçerek sürdürülebilir enerji üretimini teşvik eder.

4. Tarım ve Hayvancılık: Tarım atıkları, hayvan atıkları ve gübreler gibi organik malzemeler, biyogaz üretimi için potansiyel kaynaklar olarak kullanılabilir.

5. Coğrafi Uygunluk: Biyogaz, yerel olarak üretilir ve kullanılabilir, böylece enerji üretimini yerel topluluklara getirir ve enerji nakliyesi maliyetini azaltır.

6. Dizel Motorlarla Kullanım: Biyogaz, özellikle dizel motorlarla kullanıldığında yakıt olarak kullanılabilir. Ancak, biyogazın düşük enerji yoğunluğu nedeniyle, dizel motorlarda kullanımı genellikle bir miktar dizel yakıtın eklenmesini gerektirir. Bu, motorun performansını artırır ve enerji verimliliğini sağlar (Karabektaş ve Ergen, 2009).

Sonuç olarak, biyogaz organik atıkların geri dönüşümü ve sürdürülebilir enerji üretimi için önemli bir kaynaktır. Bu tür uygulamalar, çevresel faydaları ve enerji üretimi potansiyeli nedeniyle teşvik edilmelidir.

3.3 Doğalgaz

Doğalgaz, enerji kaynaklarından biri olarak oldukça cazip ve tercih edilen bir yakıttır. Aşağıda bazı temel özellikleri verilmiştir.

Metan İçeriği: Doğalgazın büyük bir kısmı metan (CH_4) gazından oluşur. Bu, yakıtın yüksek kalorifik değere (ısısal değere) sahip olmasını sağlar, bu da enerji üretimi için verimli bir seçenek sunar.

Diğer Bileşenler: Doğalgaz, düşük miktarlarda etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), bütan (C_4H_{10}), pentan (C_5H_{12}), azot (N_2) ve karbondioksit (CO_2) gibi gazları içerebilir. Ancak, bu bileşenler doğal gazın kalorifik değerini artırır.

Oktan Sayısı: Doğalgazın motor oktan sayısı (MOS) genellikle yüksek bir değere sahiptir (örneğin 105). Bu, yanma verimliliğini artırır ve motorlarda daha iyi performans sağlar.

Koroziflik: Doğalgaz, motorlarda ve yakıt sistemlerinde korozif etkiler yaratmaz. Bu, uzun vadeli kullanım açısından olumlu bir özelliktir.

Isıl Değeri: Doğalgaz, kilogram başına yüksek bir ısıl değere (yaklaşık 50,8 MJ/kg) sahiptir. Bu, enerji yoğunluğunun yüksek olması anlamına gelir.

Emisyon Değeri: Doğalgazın yakılması sırasında karbon emisyonları düşüktür. Bu, çevresel açıdan daha temiz bir yakıt olarak kabul edilmesini sağlar.

Ekonomiklik: Doğalgaz, enerji maliyetleri açısından ekonomik bir seçenektir. Ayrıca, yakıtın bolluğu ve düşük maliyeti, birçok endüstri ve enerji üretiminde kullanılmasını teşvik eder.

Doğalgazın bu özellikleri, onu birçok uygulama için tercih edilen bir yakıt haline getirir, özellikle enerji üretimi, ısıtma, taşımacılık ve sanayide kullanımıyla bilinir. Ayrıca, çevresel etkileri azaltma amacıyla da popüler bir seçenektir (Kocagöz, 2009).

3.3.1 Sıvılaştırılmış Petrol Gazı

LPG (Sıvılaştırılmış Petrol Gazı), ham petrolün rafinasyon süreci sonucu elde edilen bir yakıttır. Genellikle bütan, propan ve bu hidrokarbonların izomerleri gibi bileşiklerden veya farklı oranlarda karışımından oluşur. LPG, yüksek basınç altında sıkıştırılarak sıvılaştırılır ve bu sayede depolanabilir hale getirilir.

Son yıllarda, birçok ülkede ve özellikle Türkiye'de LPG'li taşıtların kullanımı yaygınlaşmıştır. Bunun nedeni, LPG'nin ekonomik avantajlar sunmasıdır. LPG, benzin ve dizel yakıtlara göre genellikle daha düşük litre başına maliyetle temin edilebilir. Ayrıca, LPG'nin motorlara adapte edilmesi ve kullanılması oldukça yaygındır.

LPG'nin kullanımı sadece ekonomik avantajlar sunmakla kalmaz, aynı zamanda çevresel faydalar sağlar. LPG'nin yanması sırasında daha az karbon monoksit (CO), karbon dioksit (CO₂) ve azot oksit (NO_x) emisyonu oluşur. Bu, çevresel açıdan daha temiz bir alternatif yakıt olarak kabul edilmesini sağlar. Ayrıca, LPG, dizel motorlarında da kullanılmaktadır. Bu tür uygulamalar, dizel motorların daha temiz ve çevre dostu hale getirilmesine yardımcı olur (Ciniviz, 2001; Örs, 2007; Aydın ve Acaroğlu, 2009).

Sonuç olarak, LPG, ekonomik ve çevresel avantajlar sunan bir alternatif yakıttır ve birçok ülkede taşıt yakıtı olarak ve endüstriyel uygulamalarda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

3.4 Hidrojen

Hidrojen, çeşitli tekniklerle üretilen ve birçok enerji uygulamasında kullanılan çok yönlü bir enerji taşıyıcısıdır. Hidrojenin üretiminde kullanılan bazı temel teknikler şunlardır:

1. Elektroliz: Elektroliz, suyun elektrik akımı ile hidrojen ve oksijen olarak ayrılmasını sağlayan bir işlemdir. Bu yöntem, güneş panelleri veya rüzgar türbinleri gibi yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edilen elektriği kullanarak hidrojen üretimini sağlar.

2. Radyoliz: Radyoliz, yüksek enerjili radyasyonun (örneğin, gama ışınları veya X-ışınları) suyun parçalanmasına yol açtığı bir işlemdir. Bu yöntem, nükleer reaktörlerde veya laboratuvar ortamlarında hidrojen üretimi için kullanılabilir.

3. Buhar İyileştirme: Buhar iyileştirme, fosil yakıtlardan hidrojen üretimini içerir. Buhar, metan veya diğer hidrokarbonlarla reaksiyona girerek hidrojen ve karbon dioksit üretir. Bu işlem, doğal gazdan hidrojen üretiminde yaygın olarak kullanılır.

4. Atık Gazların Saflaştırılması: Bazı endüstriyel süreçler sırasında yan ürün olarak üretilen hidrojen, atık gazlardan geri kazanılabilir. Bu, endüstriyel işletmelerin enerji verimliliğini artırmalarına yardımcı olur.

5. Foto Süreçler: Foto kimyasal işlemler, güneş enerjisi veya yapay ışık kaynakları kullanılarak hidrojen üretimini içerir. Bu yöntemler, fotokatalitik reaksiyonlar veya fotosentetik organizmalar aracılığıyla hidrojen üretimini sağlayabilir.

6. Termokimyasal Süreçler: Termokimyasal süreçler, yüksek sıcaklıklarda kimyasal reaksiyonlar kullanarak hidrojen üretimini içerir. Bu yöntemler, güneş enerjisi veya diğer ısı kaynaklarından gelen sıcaklık enerjisini kullanabilir.

Ayrıca, yanma sonucu su buharı dışında istenmeyen emisyonlar üretmez, bu da çevresel açıdan temiz bir enerji taşıyıcısı yapar. Bu nedenle hidrojen, elektrik üretimi, taşımacılık, endüstriyel işlemler ve enerji depolama gibi bir dizi uygulamada önemli bir rol oynamaktadır. Ancak hidrojenin kullanımında depolama zorlukları, maliyetli üretim yöntemleri, motor elemanları üzerindeki kırılganlık ve yakıt hücreleri teknolojisinin tam olarak gelişmemiş olması gibi bazı sorunlar bulunmaktadır. Bu nedenlerle ticari olarak hidrojenin kullanımı sınırlıdır (Soruşbay ve Arslan, 1998; Akyaz, 2007).

3.5 Alkoller

Alkoller, yapay olarak kömürden veya bitkisel ürünlerin fermantasyonuyla elde edilen bileşiklerdir. Yapılarında karbon (C), hidrojen (H) ve oksijen (O₂) bulunur. Alkoller, petrolden elde edilen yakıtlara göre daha az hava gerektirir ve bu nedenle yanması için daha az oksijene ihtiyaç duyar. Metanol ve etanol, içten yanmalı motorlarda yaygın olarak kullanılan alkollerdir. Alkoller, %100 saf olarak

kullanılabildiği gibi belirli oranlarda karışımlar oluşturularak da kullanılabilir (Sayın ve ark., 2009; Jincheng ve ark., 2009).

Alkoller, temiz yanma özelliklerine sahip olan yakıtlar arasında yer almaktadır. Kullanıldıklarında yanma sonucu ortaya çıkan karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) gibi kirleticilerin miktarında azalmalar meydana gelir. Bu nedenle birçok ülkede, özellikle ABD, Kanada ve Brezilya gibi ülkelerde, alkollerin motor yakıtı olarak kullanımını teşvik etmek amacıyla yasal düzenlemeler yapılmaktadır. Devletler, alkollerin kullanımını teşvik etmek için çeşitli yasalar ve politikalar uygulamaktadır (Karabektaş ve Hoşöz, 2009).

Alkoller, karbon, hidrojen ve oksijen elementlerinin farklı kombinasyonlarıyla oluşan bileşiklerdir. Bu farklı kombinasyonlar, alkollerin çeşitli özelliklere ve yapıya sahip olmasını sağlar. Alkoller genellikle yakıt olarak kullanılır, kir ve lekelerin temizlenmesinde çözücü madde olarak etkilidir ve birçok kimyasal ve ilaç üretiminde başlangıç maddesi olarak kullanılır. Bu çeşitli kullanım alanları, alkollerin çok yönlü ve değerli bileşikler olduğunu gösterir (Örs A. , 2016).

3.5.1 Metanol

Metanol, farklı üretim teknikleri kullanılarak elde edilebilen bir kimyasal bileşiktir. Bu teknikler arasında fosil yakıtların su buharıyla yüksek sıcaklık altında işlenmesi, doğalgazın distilasyon işlemleriyle ayrıştırılması ve CO ile H₂ gazlarının katalitik ortamda sentezlenmesi gibi yöntemler bulunmaktadır. Metanol, renksiz, saydam ve hafif kokulu bir sıvıdır ve kimyasal formülü CH₃OH 'dir.

Metanolün bazı özellikleri ve önemli bilgileri şunlardır:

1. İsyanurohidrojenin zehirli bir yan ürünüdür. Bu nedenle metanolün dikkatle kullanılması gerekmektedir.
2. Metanol, ısı değeri 20,1 MJ/kg olan bir yakıttır, yanıcıdır, ancak yanma eğilimi düşüktür.
3. Buharlaştırma ısısı yüksektir, bu da metanolün buharlaştırma sırasında ısı enerjisi kaybını azaltır.
4. Metanol, su çekme özelliğine sahiptir ve içerisinde bulunan su nedeniyle yakıt sistemlerinde ve ekipmanlarında korozyona neden olabilir. Bu nedenle metanol kullanıldığında yakıt donanımları koruyucu maddelerle kaplanmalıdır.

Metanolün çeşitli endüstriyel uygulamaları vardır. Özellikle kimyasal sentezlerde, enerji üretiminde ve yakıt olarak kullanılabilir. Ancak dikkatli kullanılması ve depolanması gereken bir kimyasal olduğu unutulmamalıdır (Hışır, 2010; Özer, 2010).

Metanolün yanması sonucunda ortaya çıkan emisyonlar, çevresel açıdan olumlu etkilere sahip olabilir. Özellikle metanolün yanma özellikleri nedeniyle karbonmonoksit (CO) ve azot oksit (NO_x) gibi zararlı emisyonlar daha düşük seviyelerde olur. Bu, çevre dostu bir yakıt seçeneği olarak metanolün öne çıkmasını sağlar. İşte metanolün yanması sonucu oluşan emisyonlar hakkında daha fazla bilgi:

1. Karbonmonoksit (CO): Metanolün yanması sırasında CO emisyonları daha düşük seviyelerde olur. CO, havanın oksijeni ile metanolün yanması sonucu oluşur. Düşük CO emisyonları, hava kalitesinin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir.

2. Azot Oksitler (NO_x): Metanolün yanması, NO_x emisyonlarını da azaltır. NO_x , yüksek sıcaklıkta yanma işlemi sırasında oluşan bir grup kimyasal bileşikten kaynaklanır. Düşük NO_x emisyonları, hava kirliliği ve asit yağmuru oluşumunu azaltabilir.

3. Karbondioksit (CO_2): Metanolün yanması sonucu CO_2 emisyonları oluşur, ancak bu emisyonlar, fosil yakıtların yanmasından kaynaklanan CO_2 emisyonlarına kıyasla daha düşük seviyelerdedir. Bu, metanolün sera gazı etkilerini azaltmaya katkı sağlar.

Metanolün, dizel motorlarda dizel yakıtla karıştırılarak kullanılması, emisyonları azaltma çabalarına katkıda bulunan bir yakıt seçeneği olarak değerlendirilir. Bu uygulama, hem hava kalitesini koruma hem de çevresel etkileri azaltma amacı taşır. Bu nedenle metanol bazlı yakıtlar, temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı olarak göz önünde bulundurulmaktadır (Yıldırım, 2003; Vezir, 2006).

3.5.2 Etanol

Etanol, etilenin hidratlanması veya şekerli bitkilerin fermantasyonuyla endüstriyel olarak üretilen bir sıvıdır. Saydam, renksiz ve hafif kokuludur. Etanol temiz bir yakıttır ve yanma özellikleri avantajlıdır. Yanma sonunda sıcaklıklarının düşmesi ve oksijen içermesi nedeniyle, yanma sonrası oluşan ürünler arasında karbon monoksit (CO) ve azot oksitlerin (NO_x) daha düşük seviyelerde bulunması beklenir. Bu özellikler, etanolün çevresel etkilerini azaltmasına ve daha temiz bir yanma sağlamasına yardımcı

olur. Bu nedenle, etanol, alternatif bir yakıt olarak kullanıldığında, emisyon salınımını azaltma potansiyeline sahiptir (Uyar, 1992; Hışır, 2010).

Etanolün dizel motorlarda kullanımı uzun bir geçmişe sahiptir. 1970'li yıllardan beri araştırmalar, etanolün dizel motorlarda kullanılmasının partikül miktarlarında azalmaya yol açtığını göstermektedir. Ekonomik üretim olanaklarına sahip olan ülkelerde etanol kullanımı artmıştır. Etanolün düşük emisyonlara neden olması ve dizel yakıtıyla kolay karışabilmesi, kullanımını avantajlı hale getirmektedir. Sonuç olarak, etanol uzun bir süredir sıkıştırma ile ateşlemeli motorlarda kullanılmaktadır ve bu alanda yaygın bir alternatif yakıt olarak kabul edilmektedir (Hansen et al., 2001a; Çelikten, 2004).

Etanolün dizel motorlarda kullanımıyla ilgili yapılan bir çalışmaya göre, düşük sıcaklıklarda etanolün kullanılması için bileşim ve geri dönüş sistemlerinde bazı küçük değişikliklere ihtiyaç vardır. Etanolün içerdiği aromatik miktarı ve normal damıtma sıcaklığı, karışım etkisini sınırlayabilmektedir. Özellikle rotorlu tip (DPA) yakıt enjeksiyon pompalarında viskozite ve yağlama önemli bir rol oynamaktadır. Sıra tipi pompalarda ise yağlama DPA pompalar kadar önemli değildir. Etanolün dizel yakıtına ilave edilmesiyle, dizel-etanol karışımı farklı fiziksel ve kimyasal değişimlere uğrayarak viskozite ve ısı değişimlerinde kısmi azalmalara neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı, dizel-etanol karışım oranlarının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır. Aşağıda bazı etanol kullanımı yöntemleri açıklanmaktadır:

1. Alkol-Dizel Yakıt Karışımının Püskürtülmesi: Bu yöntemde, etanol ve dizel yakıt bir araya getirilerek bir karışım elde edilir. Bu karışım, motorun enjektöründen direkt olarak püskürtülür. Etanol ve dizel yakıtın oranı, motor performansını ve emisyonları optimize etmek için ayarlanabilir.

2. Alkol Buharı Emme Manifolduna Püskürtülmesi: Bu yöntemde, etanol buharı, motorun emme manifolduna püskürtülür. Bu buhar, hava ile karışarak yanma odasına gider. Bu yaklaşımın avantajı, daha homojen bir karışım elde etmek ve motor performansını artırmaktır.

3. Ayrı Ayrı Karıştırıcıdan Gönderilmesi: Bu yaklaşımda, etanol ve dizel yakıtlar ayrı ayrı karıştırıcılar kullanılarak hazırlanır. Her iki yakıt ayrı enjektörlerle yanma odasına püskürtülür. Bu yöntemde, her iki yakıtın ayrı ayrı kontrol edilmesi avantaj sağlayabilir.

4. Çift Enjektörlü Sistem: Bu yöntemde, etanol ve dizel yakıtları aynı enjektörlerle değil, farklı enjektörlerle yanma odasına püskürtülür. Bu yaklaşım, her iki yakıtın bağımsız olarak kontrol edilmesine olanak tanır ve motorun farklı işletim koşullarına uyum sağlamasına yardımcı olur (Çelikten, 2004).

Etanolün dizel motorlarda kullanılması, dizel yakıtların enerji içeriğini artırabilir ve emisyonları azaltabilir. Ancak, bu tür bir yakıt değişikliği, motorun tasarımı ve kontrol sistemlerinde bazı ayarlamalar gerektirebilir. Ayrıca, etanolün depolanması ve taşınması da dikkate alınması gereken önemli faktörlerdir. Bu nedenle etanolün dizel motorlarda kullanımıyla ilgili araştırma ve geliştirme çalışmaları, bu yakıtın verimli ve çevre dostu bir alternatif olarak nasıl kullanılabileceğini anlamak için önemlidir.

Yapılan çalışmalar, endirekt püskürtmeli dizel motorlarda performans ve emisyon değişikliklerini incelemiş ve farklı enjeksiyon basınçlarının etanol-dizel karışımlarına etkisini değerlendirmiştir. Bu çalışmalar, dizel yakıtına eklenen katkı maddelerinin yakıt fazını dengelemesi ve etanol-dizel karışımlarındaki setan sayısını artırmasıyla ilgilidir. Ancak, bu ilaveler, yanma periyodunu düzensizleştirerek ateşleme gecikmesine neden olur. Sonuç olarak, maksimum güç azalır ve NO_x emisyonlarında artışlar gözlenebilir. Bu çalışmalar, motorun sadece tam yüklerinde gerçekleştirildiğini ve etanol-dizel yakıt karışımı kullanıldığını belirtmektedir. Dizel yakıtına %10 etanol ve %1 izopropanol eklenmesi, motor performansında ve CO, NO_x, SO₂ ve duman emisyonlarında azalmalara neden olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca, etanol-dizel karışımlarında etanol oranının %10 ila %20 arasında olması, biyo-dizellerde uygun bir yakıt karışımı ayarı sağlamak için etkili olduğu sonucuna varılmıştır (Hansen et al., 2001b; Çelikten, 2004).

Bu çalışmalar, biyo-dizel yakıtın performansını ve emisyonlarını iyileştirmek amacıyla farklı katkı maddelerinin kullanılmasının potansiyelini incelemiştir. Bu tür çalışmalar, yakıt verimliliğini artırmak ve çevresel etkileri azaltmak için önemli bilgiler sağlar.

3.5.3 Bütanol

Bütanolün kapalı formülü C₄H₉OH 'dur. N-bütanol, n-bütil alkol veya bütan-1-ol olarak da bilinir. Bütanol, şeffaf, renksiz ve suyla karışmayan bir sıvı maddedir. Hafif ve hoş olmayan bir kokuya sahiptir. Kokusu genellikle etil alkol kokusuna benzer. Gıda, kozmetik, plastik ve boya endüstrilerinde çözücü olarak kullanılmaktadır. Ayrıca

izobütil asetat üretiminde de kullanılır (Ataman Kimya, 2020). Motor yağlarında pas ve yıpranmaya karşı koruyucu maddelerin içine eklenerek kullanılır. Bütanol, yakıt olarak kullanılan bir alkoldür ve bazı motorlar için alternatif bir yakıt olarak da değerlendirilmektedir. Yakıt olarak kullanıldığında, performans ve emisyon değerleri üzerinde etkileri incelenmektedir.

Alkollerin su içindeki çözünürlükleri farklılık gösterebilir. Metanol ve etanol, su içinde neredeyse sınırsız bir şekilde çözünebilir. Ancak bütanol (butanol), su içinde daha sınırlı bir çözünürlüğe sahiptir. Bütanol, sadece sınırlı miktarda (örneğin, 8,3 gramı 100 mL su) su içinde çözünebilir (Uyar, 1992; Al-Momany and Al-Hasan, 2008). Bu, farklı alkollerin suyla etkileşimlerinin farklı olduğunu ve çözünürlüklerinin alkollerin kimyasal yapılarına bağlı olduğunu gösterir.

Bütanolün yanması sonucunda parlak bir alev oluşur. Bütanol, karbonhidrat ve doğal şeker fermantasyonuyla düşük miktarlarda üretilebilir ve birçok fermantasyon sürecinin yan ürünü olarak ortaya çıkabilir. Bütanol (butanol), çeşitli endüstriyel ve ticari uygulamalarda kullanılan çok yönlü bir kimyasal bileşiktir. Aşağıda bütanolün bazı kullanım alanları verilmiştir.

1. Gıda Endüstrisi: Bütanol, bazı gıdalarda tatlandırıcı olarak kullanılır. Ayrıca, tereyağı, dondurma, krema ve viski gibi bazı gıdalarda doğal olarak bulunabilir. Gıda işleme ve aromatisasyonunda kullanılır.
2. İlaç Endüstrisi: Bütanol, ilaç endüstrisinde çeşitli ilaçların üretiminde bir çözücü olarak kullanılır.
3. Kimya Endüstrisi: Kimya endüstrisinde, bütanol birçok farklı kimyasal bileşiğin sentezinde çözücü olarak görev yapar. Ayrıca, boya ve kaplama endüstrisinde de kullanılır.
4. Otomotiv Endüstrisi: Bütanol, otomotiv sektöründe fren sıvıları gibi bazı uygulamalarda kullanılır.
5. Parfüm ve Kozmetik Ürünler: Parfüm ve kozmetik ürünlerde birçok farklı ürünün yapımında bütanol kullanılır.
6. Temizlik Malzemeleri: Temizlik malzemeleri üretiminde bütanol bir çözücü olarak kullanılır ve bu tür ürünlerin formülasyonlarında önemli bir rol oynar.
7. Yağ Çözücü: Bütanol, yağların ve reçinelerin çözülmesi için etkili bir yağ çözücü olarak kullanılır.

8. Motor Yakıtı: Bütanol, özellikle belli bir karbon zinciri yapısına sahip olduğu için motor yakıtlarında kullanım için daha uygun bir alternatif olarak düşünülüyor. Biyoyakıt üretiminde de kullanılabilir (Szwaja and Naber, 2009).

Bütanolün bu çok yönlü kullanım alanları, kimya endüstrisi, gıda endüstrisi, otomotiv sektörü, kozmetik ve daha pek çok sektörde önemli bir bileşik olarak kabul edilmesine neden olur.

3.5.4 Oktanol

Oktanol, kimyasal formülü $C_8H_{18}O$ olan bir alkol türüdür. Bu kimyasalın bazı özellikleri şunlardır:

1. Kaynama Noktası: Oktanolün kaynama noktası 185 derecedir.
2. Yoğunluk: Yoğunluğu $0,83 \text{ g/cm}^3$ 'tür.
3. Kaynak: Oktanol, hindistan cevizi yağlarından elde edilebilir. Ayrıca kaprilik asit esterlerinin hidrojenlenmesi veya sodyum indirgemesi yoluyla veya asetaldehit ve krotonaldehit reaksiyonuyla üretilebilir.

Bazı kullanım alanları aşağıda verilmiştir.

1. Makine Yağı ve Saç Bakım Ürünleri: Oktanol, makine yağı üretiminde ve saç bakım ürünlerinin üretiminde ara ürün olarak kullanılabilir.
2. Güneş Kremeleri: Bu kimyasal, güneş kremlerinde katkı maddesi olarak kullanılır. Güneş kremlerinin kıvamını ve yapısını iyileştirmeye yardımcı olabilir.
3. Akrilik Bileşenler: Oktanol, akrilik bileşenlerin üretiminde çözücü olarak kullanılabilir.
4. Plastik Üretimi: Plastik ürünlerin üretiminde kullanılabilir.
5. Deterjanlar: Deterjan üretiminde bileşen olarak kullanılabilir.
6. Mürekkep Üretimi: Mürekkep üretiminde de kullanılabilir.

Oktanolün bu çeşitli uygulama alanları, endüstriyel kimyasalların ve ürünlerin üretiminde geniş bir kullanım yelpazesi sunmasını göstermektedir (Sheftel, 2000; Ekşi Sözlük, 2011).

3.5.5 Hekzanol

2-etil hekzanol, kimyasal formülü $C_6H_{14}O$ olan bir alkol türüdür. Renksiz bir sıvıdır ve %99.5 saflığa sahiptir. Yoğunluğu 0.833 kg/litre , parlama noktası 77°C ve

kaynama noktası 184°C'dir. Bu kimyasal, çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılır. İşte bazı kullanım alanları:

1. PVC Reçine Üretimi: 2-etil hekzanol, PVC (polivinil klorür) reçine üretimi için plastifiyan üretiminde kullanılır. Plastifiyanlar, plastik malzemelerin esnekliğini artırmak ve işlenebilirliğini iyileştirmek için kullanılan maddelerdir.
2. Boya ve Cila Endüstrisi: Bu kimyasal, boya ve cila üretiminde kullanılır. Boya ve cilalarda viskoziteyi ayarlamak ve uygulama özelliklerini düzenlemek için kullanılır.
3. Tekstil Kimyasalları: Tekstil endüstrisinde, 2-etil hekzanol köpük önleyici olarak kullanılır.
4. Mürekkep: Mürekkep üretiminde kullanılan bir bileşen olabilir.
5. Kauçuk Endüstrisi: Kauçuk ürünlerin üretiminde, özellikle elastomerlerin yapısını iyileştirmek için kullanılabilir.
6. Kağıt Endüstrisi: 2-etil hekzanol, kağıt üretim süreçlerinde köpük önleyici olarak kullanılabilir.
7. Diğer Endüstriyel Uygulamalar: Kimyasal, tekstil yardımcı kimyasalları, reçine ve alkit üretimi, makine yağı imalatı ve güneş kremi katkı maddesi gibi çeşitli endüstriyel uygulamalarda kullanılır.

Ayrıca, PBT (poli bütlen tereftalat) üretiminde de kullanılabilir. Bu çeşitli uygulamalar, 2-etil hekzanolün endüstriyel kimyasallar ve ürünlerin üretimindeki çok yönlülüğünü göstermektedir (Solem Tuz Kimya, 2013).

3.5.6 Dekanol

Dekanol (Decanol), $C_{10}H_{22}$ kimyasal formülüne sahip olan bir bileşiktir. Fiziksel olarak renksiz ve uçucu bir sıvıdır. Saf haliyle hafif alkolik bir kokuya sahiptir ve suyla tamamen karışabilir. Dekanol buharları havadan biraz daha ağırdır. Organik çözücülerde her oranda çözünme özelliğine sahiptir. Ancak canlı organizmalar için zehirlidir. dekanolün bazı özellikleri ve kullanım alanları:

1. Fiziksel Özellikler: Dekanol, renksiz bir sıvıdır ve hafif alkolik bir kokuya sahiptir. Oda sıcaklığında sıvı halde bulunur. Su ile tamamen karışabilir.
2. Kimyasal Özellikler: Dekanol, organik çözücülerde yüksek oranda çözünebilir. Bu nedenle boya, vernik ve kaplama endüstrilerinde çözücü olarak kullanılır.

3. Endüstriyel Kullanım: Dekanol, yağlayıcılar, plastik üretimi, tekstil endüstrisi, kozmetik ürünler ve bazı temizlik ürünlerinin üretiminde kullanılır. Ayrıca dekanol, metal işleme endüstrisinde soğutucu ve taşıyıcı bir madde olarak da kullanılabilir.

4. Toksikite: Dekanol, canlı organizmalar için zehirli bir madde olabilir. Maruziyet durumunda, solunum yolu tahrişine, cilt tahrişine ve diğer sağlık sorunlarına neden olabilir. Bu nedenle dekanol ile çalışırken gerekli güvenlik önlemlerinin alınması önemlidir.

Dekanol, endüstriyel uygulamalarda çeşitli kullanım alanlarına sahip olan bir organik bileşiktir. Ancak bu tür kimyasalların kullanımı, güvenlik önlemlerinin titizlikle uygulanmasını gerektirir ve maruziyeti önlemek için uygun kişisel koruyucu ekipmanların kullanılmasını gerektirir (Kimya Express, 2019).

4. LİTERATÜR TARAMASI

Petrol tüketiminin artması ve çevre kirliliğinin ciddi sorunlar yaratması, dünya genelinde petrol rezervlerinin azaldığının bir göstergesi olarak kabul edilir. Bu durum, araştırmacıları içten yanmalı motorlar için daha temiz ve sürdürülebilir enerji kaynakları arayışına yönlendirmiştir. Bu araştırma çabaları, özellikle dizel motorları için, metanol ve etanol gibi kısa zincirli alkollerin düşük enerji içeriği ve setan sayısı gibi olumsuz özelliklere sahip olmalarından dolayı, kimyasal yapılarında daha fazla karbon atomu içeren ağır alkollerin kullanımını daha cazip hale getirmiştir.

Ağır alkoller, daha uzun karbon zincirlerine sahip oldukları için daha yüksek enerji içeriğine sahip olabilirler. Bu, daha iyi enerji verimliliği ve motor performansı anlamına gelir. Ayrıca, ağır alkollerin daha yüksek setan sayıları, yanma verimliliğini artırabilir ve emisyonları azaltabilir. Bu nedenle, araştırmacılar ağır alkollerin, özellikle dizel motorları için, biyoyakıt olarak kullanımını incelemekte ve bu tür yakıtların geliştirilmesi üzerine çalışmaktadır. Bu girişimler, enerji kaynaklarını daha sürdürülebilir hale getirme ve çevresel etkileri azaltma amacı gütmektedir (Yeşilyurt, 2020).

Dizel motorlar, benzinli motorlara kıyasla çeşitli avantajlara sahip olduğu için dünya genelinde birçok endüstriyel alanda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Dizel motorların temel avantajları şunlardır:

1. Daha yüksek yakıt dönüşüm verimliliği: Dizel motorlar, aynı miktardaki yakıtı benzinli motorlara göre daha verimli bir şekilde kullanır, bu da daha uzun mesafeleri daha az yakıt tüketerek kat edebilir anlamına gelir.

2. Daha yüksek tork kapasitesi: Dizel motorlar, daha yüksek tork gücü üretme eğilimindedir, bu da onları ağır yükleri taşımak veya yüksek güç gerektiren işlerde kullanmak için ideal hale getirir.

3. Daha yüksek dayanıklılık: Dizel motorlar, yapılarındaki daha sağlam tasarım ve daha güçlü bileşenler sayesinde genellikle uzun ömürlüdür ve daha az aşınma ve yıpranmaya maruz kalırlar.

4. Düşük HC ve CO emisyonları: Dizel motorlar, benzinli motorlara kıyasla daha az yanmamış hidrokarbon (HC) ve karbon monoksit (CO) salınımı gerçekleştirir, bu da çevresel açıdan daha az kirlenici oldukları anlamına gelir.

Ancak, dizel motorların dezavantajları da vardır. Özellikle dizel partikül madde (PM) ve azot oksit (NO_x) gibi kirlenici emisyonlarının kontrolü konusunda zorluklar

yaşanmaktadır. Bu nedenle, çevre dostu alternatiflerin araştırılması ve kullanımı, gelecekte daha temiz ve sürdürülebilir bir enerji kaynağı arayışını desteklemek önemlidir (Kumar ve ark., 2016).

Enerji ihtiyacının sürekli artması, fosil yakıtların sınırlı rezervlerinin tükenmeye yaklaşması ve petrol fiyatlarındaki dalgalanmalar, enerji sektöründe alternatif ve sürdürülebilir yakıt arayışını hızlandırmıştır. Ayrıca, çevre kirliliği ve iklim değişikliği ile ilgili endişeler, fosil kökenli yakıtların kullanılmasına karşı çevreci ve temiz enerji kaynaklarına olan ilgiyi artırmıştır (Emiroğlu ve Şen, 2018a). Bu endişeler nedeniyle, araştırmacılar ve enerji şirketleri, çevreye daha az zarar veren ve sürdürülebilir enerji üretimine olanak tanıyan alternatif yakıtlar ve enerji teknolojileri üzerine odaklanmaktadır. Bunlar arasında şunlar yer alır:

1. Biyoyakıtlar: Bitkisel yağlar, etanol, biodizel gibi biyolojik kaynaklardan üretilen biyoyakıtlar, fosil yakıtların yerine kullanılacak çevre dostu bir seçenektir.
2. Güneş Enerjisi: Güneş panelleri vasıtasıyla güneş enerjisi toplanarak elektrik üretimi, temiz ve yenilenebilir bir enerji kaynağı sunar.
3. Rüzgâr Enerjisi: Rüzgar türbinleriyle elde edilen rüzgar enerjisi, elektrik üretimi için çevre dostu bir seçenektir.
4. Hidroelektrik Enerji: Barajlardan elde edilen hidroelektrik enerji, sürdürülebilir bir kaynaktır ve elektrik üretiminde yaygın olarak kullanılır.
5. Nükleer Enerji: Çevreye zarar veren gaz salımlarını azaltmak amacıyla, gelişmiş nükleer enerji teknolojileri de araştırılmaktadır.
6. Hidrojen Yakıt Hücreleri: Hidrojen yakıt hücreleri, temiz su buharı ve elektrik üreterek çevreci bir enerji seçeneği sunar.

Bu alternatif ve temiz enerji kaynakları, hem enerji güvenliğini artırırken hem de çevre dostu bir enerji üretimi sağlayarak gelecekteki enerji ihtiyacını karşılama konusunda önemli bir rol oynayacaktır. Araştırmacıların bu alanlardaki çalışmaları ve teknolojik gelişmeler, daha sürdürülebilir bir enerji geleceği için umut vaat etmektedir (Park ve ark., 2012). Alkollerin motorlarda alternatif yakıt olarak tercih edilmesi, çevresel kirlenmeyi azaltma ve petrole olan bağımlılığı azaltma potansiyeline sahiptir.

Alkoller, dizel yakıtlarına katkı maddesi olarak uygundur çünkü sıvı formda bulunurlar ve yüksek oksijen içeriği taşırlar. Bu özellikleri, dizel yakıtlarının yanma verimliliğini artırmak ve emisyonları azaltmak için alkollerin etkili bir şekilde kullanılmasını mümkün kılar (Kumar ve ark., 2013). Bu özellikleri sayesinde alkoller,

dizel yakıtların performansını ve emisyonlarını olumlu yönde etkileyebilir. Alkollerin dizel yakıtlara eklenmesi, daha temiz ve daha verimli bir yanma sürecine katkıda bulunarak çevresel etkilerin azaltılmasına yardımcı olabilir. Bu nedenle, araştırmacılar ve enerji sektörü uzmanları, alkollerin dizel motorları için uygun bir alternatif olarak kullanılması konusunda çalışmalar yapmaktadır.

Kısa zincirli alkoller, içten yanmalı motorlar için alternatif yakıtlar olarak araştırmacılar tarafından yoğun bir şekilde incelenmiştir (Jamrozik ve ark., 2019; Ma ve ark., 2019; Duraisamy ve ark., 2020). Kısa zincirli alkoller, kimyasal yapılarında üç veya daha az karbon atomu içeren alkollerdir. Bu kısa karbon zinciri, alkollerin özellikle hafif ve sıvı fazda olmalarına ve içten yanmalı motorlarda yakıt olarak kullanılmalarına olanak tanır ve özellikle alternatif yakıtlar olarak değerlendirilmektedir. Bu alkollerin gelişmiş üretim teknolojileri sayesinde, içten yanmalı motorların emisyon seviyelerini azaltma potansiyeline sahiptirler. Ayrıca, bu alkollerin kullanımı, motorların yanma özelliklerini de iyileştirebilir, böylece daha verimli ve temiz bir yanma süreci sağlanabilir (Xingcai ve ark., 2004). Hafif alkollerin dizel motorlarda kullanımı, düşük setan sayıları, yüksek gizli buharlaşma ısıları ve dizel yakıtla uyumsuzluk gibi teknik zorluklar nedeniyle sınırlıdır. Bu sorunlar, hafif alkollerin verimli ve etkin bir şekilde dizel motorlarda kullanılmasını engelleyebilir ve performanslarını olumsuz etkileyebilir. Alternatif olarak, dizel motorlar için daha uygun olan diğer biyoyakıtlar gibi seçenekler çevre dostu ve sürdürülebilir enerji üretimine katkı sağlayabilir (Li ve ark., 2019). Dizel yakıtlara ağır alkollerin eklenmesi, yakıtın performansını ve yanma özelliklerini iyileştirmek amacıyla kullanılan bir stratejidir. Uzun zincirli alkoller (ağır alkoller) dizel yakıtlara katkı maddesi olarak kullanıldığında çeşitli avantajlar sunabilir. İşte bazı ağır alkoller ve bunların dizel yakıtlara katkı maddesi olarak kullanımının avantajları:

1. Bütanol (4 karbon): Bütanol, dizel yakıtlara katkı maddesi olarak kullanıldığında yakıtın yanma verimliliğini artırabilir ve emisyonları azaltabilir. Aynı zamanda dizel motorların soğuk hava koşullarında daha iyi çalışmasına yardımcı olabilir.

2. Pentanol (5 karbon): Pentanol, dizel yakıtlara oksijen ekleyebilir ve bu da daha tam yanma sağlayarak emisyonları azaltabilir. Pentanol, yakıtın yanma verimliliğini artırabilir.

3. Hekzanol (6 karbon): Hekzanol, dizel yakıtlara oksijen ekleyerek yanma verimliliğini artırabilir ve partikül madde emisyonlarını azaltabilir.

4. Heptanol (7 karbon): Heptanol, yakıtın yanma süreçlerini kontrol etmeye yardımcı olabilir ve bu da dizel motorların performansını iyileştirebilir.

5. Oktanol (8 karbon): Oktanol, dizel yakıtlara oksijen ekleyerek yakıtın yanma verimliliğini artırabilir ve emisyonları azaltabilir.

6. Dodekanol (12 karbon): Dodekanol, yakıtın viskozitesini artırabilir ve bu da yakıtın daha iyi yağlama sağlamasına yardımcı olabilir. Ayrıca, yakıtın depolama ve taşıma stabilitesini artırabilir.

7. Fitol (20 karbon): Fitol, uzun bir karbon zincirine sahip bir ağır alkol olup dizel yakıtlara eklenmesi, yakıtın depolama stabilitesini iyileştirebilir ve kötü hava koşullarında daha iyi performans sağlayabilir.

Bu ağır alkoller, dizel motorlarının yanma verimliliğini artırabilir, emisyonları azaltabilir ve yakıtın çeşitli fiziksel özelliklerini iyileştirebilir. Ancak bu tür katkı maddelerinin kullanımı, yakıtın bileşimine dikkatlice ayarlanmalıdır ve çevresel düzenlemelere uygun olmalıdır. Dizel yakıtların formülasyonunda ağır alkollerin kullanılması, yakıtın performansını ve çevresel etkilerini optimize etmek amacıyla devam eden araştırmalara konu olmaktadır (Kumar ve Saravanan, 2016).

Hafif alkollerin yüksek setan sayıları ve enerji içerikleri, dizel motorlarda etkin kullanımlarına olanak sağlar. Ayrıca, ağır alkollerin iyi karışım oluşturma kabiliyetleri, dizel yakıtlarla daha yüksek oranda karıştırılabilmelerine olanak tanır. Bu da çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kaynakları arayışında önemli bir adım olabilir. Ağır alkollerin zayıf higroskopik özellikleri, depolama ve taşıma sırasında sorun oluşturmaz, böylece kullanımlarını kolaylaştırır (Ma ve ark., 2017). Diğer bir ifadeyle, ağır alkoller, düşük korozyon etkileri nedeniyle yakıt enjeksiyon sistemlerine ve iletim hatlarına zarar verme olasılıkları daha düşüktür. Bu, ağır alkollerin dizel yakıtlarına veya benzinlere katkı maddesi olarak daha uygun hale gelmesini sağlar. Kısa zincirli alkollerin daha yüksek oksijen içeriğine ve diğer kimyasal özelliklere sahip olmaları, bazen bu tür sistemlere zarar verebilme potansiyeline sahiptir. Ancak ağır alkoller, daha düşük korozyon etkileri nedeniyle yakıt sistemlerine daha iyi uyum sağlayabilir. Bu, ağır alkollerin motor yakıtlarında kullanıldığı birçok uygulamada avantajlı bir özelliktir (Rasskazchikova ve ark., 2004).

Parlama noktası, bir yakıtın yanmaya başlama sıcaklığını belirler. Yüksek parlama noktasına sahip yakıtlar, daha yüksek sıcaklıklarda yanmaya başlarlar ve bu da yangın veya patlama riskini azaltır. Bu nedenle, ağır alkoller, depolama tankları ve taşıma işlemleri sırasında daha güvenli bir seçenek olabilirler. Aynı zamanda, bu yüksek parlama noktaları, ağır alkollerin daha güvenli bir şekilde taşınmasına ve kullanılmasına olanak tanır (Doğan, 2011). Bu, endüstriyel ve ticari uygulamalar için önemlidir, çünkü yakıtın güvenli bir şekilde kullanılması iş sağlığı ve güvenliği açısından kritik bir konudur.

Uzun zincirli alkoller, düşük oksijen içeriğine sahip olsalar da, yanma sürecini geliştirme kapasitesine sahiptirler. Bu, nispeten daha uzun tutuşma gecikmesi (TG) sayesinde gerçekleşir. Uzun tutuşma gecikmesi, hava/yakıt karışımının yeterli miktarda oluşmasına izin verir ve bu da ani yanma fazını ve dolayısıyla difüzyon yanma fazını iyileştirir. Bu özellikler, uzun zincirli alkollerin dizel motorlarında etkin bir şekilde kullanılmalarını sağlayabilir ve motor performansını artırabilir (Kumar ve Saravanan, 2016). Ağır alkollerin üretimi sırasında, büyük makro molekülleri parçalama biyolojik süreci, diğer hafif alkollere göre daha erken tamamlanabilir, bu nedenle enerji tüketim seviyeleri daha düşüktür (Campos-Fernández ve ark., 2012).

Bütanol, biyolojik kökenli kaynaklardan elde edilen bir alkoldür. Renksiz ve berrak bir görünüme sahiptir ve suyla karışmaz. Orta dereceli ve kalıcı olmayan bir kokusu vardır. Endüstride çözücü olarak kullanılırken ayrıca plastik, kozmetik, boya, gıda üretimi ve izobütil asetat üretimi gibi farklı endüstrilerde de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, motor yağlarına pas ve yıpranmaya karşı koruyucu olarak eklenir. Bütanol, zehirli bir alkol olup yanma eğilimi gösterir. Dizel yakıtının ısı değeri daha düşük olsa da, yakıtta %40'a kadar katılarak kullanılabilir (Özer, 2010). Bütanolün alternatif bir yakıt olarak kullanımıyla ilgili pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalar, bütanolün dizel yakıtlarına, biyodizel yakıtlarına ve farklı oranlarda karışımlarına katılmasının içten yanmalı motorlarda kullanılabilirliğini araştırmaktadır. Bu tür çalışmalar, motor performansı, emisyonlar, yakıt verimliliği ve uygun karışım oranlarını değerlendirmek amacıyla gerçekleştirilir. Bu yakıt kombinasyonları, hem enerji verimliliğini artırmayı hem de çevresel etkileri azaltmayı amaçlar. Bu nedenle, bütanolün içten yanmalı motorlar için bir alternatif yakıt olarak potansiyeli üzerine birçok araştırma ve geliştirme çalışması yapılmıştır. Rakopoulos ve arkadaşları (2010), n-bütanol ilavesiyle duman koyuluğu, NO_x ve CO emisyonlarının azaldığını, ancak HC

emisyonunun arttığını gözlemlemişlerdir. Chen ve arkadaşları (2013), bütanol katılmasının duman emisyonunu düşürdüğünü ve düşük yüklerde NO_x emisyonlarını azalttığını belirtmişlerdir. Yılmaz ve arkadaşları (2014), kullanılmış kızartma yağı biyodizeline bütanol ilavesiyle egzoz gazı sıcaklıkları ve NO_x değerlerinin düştüğünü, ancak CO ve HC emisyonlarının yükseldiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, bütanolün düşük kalorifik değeri, özgül yakıt tüketimi değerlerinin artmasına neden olmuştur. Çeşitli çalışmalarda, bütanolün dizel ve biyodizel yakıtlarına ilavesi ve bu üç yakıtın farklı oranlarda harmanlanmasıyla içten yanmalı motorlarda yapılan testler sonucunda farklı sonuçlar elde edilmiştir:

1. Bütanol ilavesiyle duman koyuluğu, NO_x ve CO emisyonlarının azaldığı, ancak HC emisyonlarının arttığı gözlemlenmiştir (Rakopoulos ve ark., 2010).

2. Turbo şarjlı bir motorda yapılan çalışmada, bütanol ilavesiyle duman koyuluğunun azaldığı, düşük alkol konsantrasyonlarında NO_x emisyonlarının hafifçe azaldığı, yüksek oranlı karışımlarda ise tam tersi bir durumun olduğu bildirilmiştir (Şahin ve ark., 2015).

3. Atık kızartma yağı biyodizel ve dizel yakıtlarına propanol, n-bütanol ve 1-pentanol eklenerek yapılan testlerde, alkollerin enerji içeriklerinin farklı olduğu ve özgül yakıt tüketimlerinin farklı şekillerde etkilendiği belirtilmiştir (Atmanlı, 2016).

4. Bütanol katkılı yakıtların dizel motorlarda performans, emisyonlar ve yanma davranışları üzerinde minimal değişikliklere neden olduğu belirtilmiştir, ancak bütanol kullanmadan önce motorların optimize edilmesi gerekebilir (İbrahim, 2016).

5. N-bütanol ve 1-pentanol ilave edilen karışımların performans ve emisyonlar açısından saf biyodizel yakıtlarından farklı sonuçlar verdiği ve ağır alkollerin performans ve emisyonları iyileştirmek için daha düşük oranlarda kullanılması gerektiği vurgulanmıştır (Nanthagopal ve ark., 2018).

6. Calophyllum inophyllum biyodizeline izobütanol ilavesinin termal verimi artırdığı, CO ve NO_x emisyonlarını azalttığı, ancak ısı salım hızını artırdığı belirtilmiştir (Ashok ve ark., 2019a).

Bu çalışmalar, bütanolün farklı yakıtlarla kullanımının performans ve emisyonlar üzerinde karmaşık bir etkiye sahip olduğunu ve her yakıt karışımının motor koşullarına ve bileşimine bağlı olarak optimize edilmesi gerektiğini göstermektedir.

Pentanol, yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilen ve dizel yakıtına ilave edilerek kullanılabilen bir alkoldür. Pentanol ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle

biyodizel ve dizel yakıt karışımlarında kullanım üzerine odaklanmaktadır. Bazı önemli çalışmalardan örnekler şunlardır:

1. Campos-Fernández ve ark. (2013), dizel yakıtına %10 ila %25 oranlarında 1-pentanol ilavesi yapılarak yapılan deneylerde, motor gücü, fren termal verimi ve özgül yakıt tüketiminde önemsiz değişiklikler olduğunu belirtmiştir.

2. Li ve ark. (2015b), pentanolün dizel yakıtta göre daha yumuşak bir ısı salımı oranı sunduğunu ve tepe basıncı artış oranının daha düşük olduğunu gözlemlemiştir.

3. Imdadul ve diğerleri (2016a) tarafından yapılan testlerde, tamanu yağı biyodizeli ve dizel karışımlarına %15 ve %20 oranlarında n-bütanol ve 1-pentanol eklenmesinin, bu alkol katkılı karışımların özgül yakıt tüketimini azalttığını, fren gücünü artırdığını ve CO ile HC emisyonlarını düşürdüğünü gözlemlemişlerdir.

4. Zhu ve ark. (2016), atık kızartma yağından ürettikleri biyodizeli %10, %20 ve %30 oranlarında n-pentanol ile harmanlayarak yapılan deneylerde, yanma başlangıcının ve maksimum ısı salımının ÜÖN'den uzaklaştığını, silindir basıncının ve ısı salım hızının arttığını, HC ve CO emisyonlarının kötüleştiğini ortaya koymuştur.

5. Yılmaz ve Atmanlı (2017a), dizel yakıtta %35 oranında pentanol ilavesinin egzoz gazı sıcaklığını, CO ve NO_x emisyonlarını azalttığını ve potansiyel bir alternatif yakıt adayı olduğunu bildirmiştir.

6. Pan ve ark. (2019), %50 oranında n-pentanol ilavesinin atomizasyon karakteristiklerini iyileştirdiğini, duman koyuluğunu azalttığını ancak özgül yakıt tüketimini ve HC emisyonlarını artırdığını bulmuştur.

7. Sridhar ve ark. (2020), %20 1-pentanol içeren karışımların NO_x, HC ve CO emisyonlarını azalttığını ancak FTV'de kötüleşmeye neden olduğunu belirtmiştir.

Bu çalışmalar, pentanolün dizel ve biyodizel yakıtlarında kullanımının performans ve emisyonlar üzerinde çeşitli etkileri olduğunu ve dikkate alınması gerektiğini göstermektedir. Ancak, pentanolün potansiyel avantajları ve dezavantajları hakkında daha fazla araştırma yapılması gerekmektedir.

Hekzanol, altı karbon atomu içeren bir ağır alkoldür ve yenilenebilir kaynaklardan elde edilebilmektedir. Hekzanol ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle dizel ve biyodizel yakıtlarına katkı maddesi olarak kullanımını üzerine odaklanmaktadır. Bazı önemli çalışmalardan örnekler şunlardır:

1. Aloko ve ark. (2007), hekzanol/dizel yakıt karışımlarının yakıt özelliklerini test etmişler ve ASTM standartlarına uygun olduğunu belirtmişlerdir. %5 hekzanol ilaveli yakıtın dizel yakıtına benzer özellikler gösterdiğini ve düşük emisyon değerlerine sahip olduğunu vurgulamışlardır.

2. Babu ve Anand (2017), %5 ve %10 hekzanol içeren yakıt karışımlarını bir dizel motorda test etmişler ve alkollerin ilave edilmesiyle performansın ve yanma davranışlarının iyileştiğini, emisyonların azaldığını gözlemlemişlerdir.

3. De Poures ve ark. (2017), dizel yakıtına %10, %20 ve %30 hekzanol ilave ederek yapılan deneylerde, duman yoğunluğunun azaldığını ancak yüksek yüklerde NOX emisyonlarının arttığını tespit etmişlerdir.

4. Pandian ve ark. (2018), %10 ve %20 hekzanol içeren kaju yağı biyodizel/dizel yakıt karışımlarını test etmiş ve hekzanolün emisyonları azaltıcı etkisi olduğunu, ancak özgül yakıt tüketimini artırdığını belirtmişlerdir.

5. Ramesh ve ark. (2019), %10 ila %40 hekzanol içeren Calophyllum inophyllum biyodizel/dizel karışımlarını test etmişler ve hekzanol ilavesinin emisyonları azalttığını ve dizel yakıtının yerine potansiyel bir alternatif aday olabileceğini göstermişlerdir.

6. Ashok ve ark. (2019b), hekzanol ve dekanol ağır alkollerinin Calophyllum inophyllum biyodizel/dizel yakıt karışımına ilavesini test etmişler ve ağır alkollerin kullanılmasıyla emisyonların azaldığını ancak uzun süreli testlere ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Hekzanol ile ilgili çalışmaların sınırlı olduğu belirtilse de, bu ağır alkollün dizel ve biyodizel yakıtlarına katkı maddesi olarak potansiyeli olduğu ve emisyonlar üzerinde olumlu etkilere sahip olduğu gözlenmektedir. Ancak, daha fazla araştırma yapılması ve uzun süreli testlerin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

Yanma davranışlarıyla ilgili alkol/dizel karışımlarının literatürdeki çalışmaları diğer performans ve emisyon çalışmaları kadar yaygın değildir. Yanma davranışları, alkol moleküllerinin farklı yapılarından ve zincir uzunluklarından kaynaklanan özelliklerle ilgili bilgi sağlar ve motor verimliliği, enerji salınımı, yanma hızı gibi önemli parametreleri anlamak açısından önemlidir. Farklı zincir uzunluklarına sahip ağır alkollerin dizel motorlarda kullanımının yanma karakteristikleri, egzoz emisyonları ve motor performansı üzerindeki etkilerini analiz etmek, karşılaştırmak ve belgelemek, yakıt teknolojisinin geliştirilmesi ve daha çevre dostu alternatiflerin araştırılması

açısından oldukça önemlidir. Bu tür çalışmaların bazı önemli sonuçları ve potansiyel katkıları şunlar olabilir:

1. Yanma Karakteristikleri: Farklı zincir uzunluğuna sahip ağır alkollerin yanma karakteristikleri, motor içindeki yanma süreci üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu çalışmalar, hangi alkollerin daha iyi yanma verimliliği sağladığını, yanma istikrarını artırdığını veya yakıtın enerji içeriğini nasıl etkilediğini anlamamıza yardımcı olabilir.

2. Egzoz Emisyonları: Alkol katkılı yakıtların egzoz emisyonları üzerindeki etkileri incelenmelidir. Daha iyi yanma verimliliği ve daha az kirletici emisyonlar sağlayan alkoller, çevre dostu bir alternatif olarak düşünülebilir.

3. Motor Performansı: Alkol katkılı yakıtların motor performansı üzerindeki etkileri de önemlidir. Bu tür yakıtların kullanımı, motor gücünü artırabilir veya yakıt tüketimini azaltabilir. Bu nedenle, işletim verimliliğini artırmak amacıyla yakıtın formülasyonunu optimize etmek önemlidir.

4. Yakıt Verimliliği: Ağır alkollerin, özellikle yanma sırasında daha tam yanmasına olanak tanıyan oksijen içeriği açısından, dizel motorların yakıt verimliliğini artırma potansiyeli vardır.

5. Yakıt Depolama ve Taşıma: Farklı alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri, yakıtın depolanması ve taşınması üzerinde de etkilidir. Bu nedenle, bu özelliklerin iyi anlaşılması, yakıtın lojistik açıdan sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesine yardımcı olabilir.

Bu tür çalışmalar, alternatif yakıt seçeneklerini geliştirmek, motor teknolojisinin ilerlemesine katkıda bulunmak ve çevre üzerindeki olumsuz etkileri azaltmak amacıyla önemlidir. Alkol katkılı yakıtların daha iyi anlaşılması, gelecekte daha temiz ve verimli enerji seçenekleri geliştirilmesine yardımcı olabilir. Ayrıca, alkol/dizel karışımlarının daha geniş bir uygulama yelpazesinde kullanım potansiyelini belirlemek için bu tür analizlerin yapılması önemlidir. Ancak, bu tür çalışmaların gerçekleştirilmesi, zaman alıcı ve maliyetli olabilir. Bu nedenle, ilgili araştırmacıların ve kurumların bu alanda daha fazla araştırmaya yatırım yapması ve alkol karışımli yakıtların yanma davranışları ile ilgili daha fazla veri toplanması gerekmektedir. Böylece, bu alternatif yakıtların gelecekteki sıkıştırılmalı motorlarda daha yaygın bir şekilde kullanılmasına yönelik daha iyi bir temel oluşturulabilir.

Bu deneysel çalışmanın temel amacı, farklı ağır alkollerin (1-bütanol, 1-pentanol, 1-hekzanol ve 1-octanol) dizel yakıtı ile karıştırılmasının dizel motorlarının

yanma, emisyon ve performans davranışlarına olan etkilerini incelemektir. Ayrıca, bu çalışmanın sonuçlarını güncel literatür ışığında tartışmak da önemli bir hedefdir. İşte bu çalışmanın ana odak noktaları:

1. Yakıt Karışımları: Çalışma, biyodizel-dizel yakıt karışımlarının ağır alkollerle (1-bütanol, 1-pentanol, 1-hekzanol ve 1-octanol) farklı oranlarda (hacimsel olarak %10, %20, %30) karıştırılmasını içerir.

2. Deneme Motoru: Deneyler, tek silindirli, dört zamanlı, su soğutmalı, direkt enjeksiyonlu bir dizel motorda gerçekleştirilmiştir. Bu tür bir motor, dizele benzer yakıt enjeksiyon sistemlerini kullanır.

3. Test Koşulları: Motor, sabit bir devirde (3000 devir/dakika) çalıştırılmıştır. Ayrıca, farklı yük koşulları (%25, %50, %75 ve %100) altında test edilmiştir. Bu, motorun farklı yük seviyelerinde nasıl performans gösterdiğini incelemek için yapılmıştır.

4. Sonuçlar: Çalışma, bu farklı yakıt karışımlarının yanma verimliliği, emisyon profili (örneğin, NO_x, CO, HC emisyonları) ve motor performansı üzerindeki etkilerini analiz etmektedir.

5. Karşılaştırmalar: Elde edilen sonuçlar, dizel yakıtı ile karıştırılmış ağır alkollerin performansını ve emisyon davranışını dizel yakıtına kıyasla karşılaştırmaktadır. Bu, potansiyel çevresel avantajları ve motor verimliliği artırma fırsatlarını değerlendirmeyi amaçlar.

6. Literatür İncelemesi: Elde edilen sonuçlar, mevcut literatürle karşılaştırılarak yorumlanır. Bu, araştırmanın bilimsel ve teknik bağlamını sağlar.

Bu tür deneysel çalışmalar, biyoyakıt geliştirme ve dizel motorlarının çevresel etkilerini azaltma çabaları için önemlidir. Sonuçlar, alternatif yakıtların kullanımının yaygınlaştırılması ve daha sürdürülebilir bir enerji sektörü oluşturulmasına katkıda bulunabilir.

5. MATERYAL ve METOT

Bu çalışmada kullanılan materyal ve yöntem aşağıda sıralanmıştır.

1. Jeneratör Seçimi: Çalışmada, maksimum 7 kW çalışma gücüne sahip bir dizel jeneratör kullanılmıştır. Bu jeneratör, elektrik enerjisi üretimi için tercih edilmiştir.

2. Motor Özellikleri: Jeneratörün motoru, 4 zamanlı bir motor tipine sahiptir. Hava soğutmalıdır, yani soğutma için hava akışını kullanmaktadır. Ayrıca, direk enjeksiyonlu bir tasarıma sahiptir ve 10 HP (Beygir gücü) gücünde çalışmaktadır. Bu motor, jeneratörün mekanik gücünü üretmekten sorumludur.

3. Yüklenme İşlemi ve Deney Düzeni: Motorun performansını incelemek için deney düzeneği kurulmuştur. Bu düzenek, motorun yüklenmesini simüle etmek için 250 W ve 1000 W'lık projektörler ile bir yükleme ünitesi içermektedir. Bu yükler, motorun nasıl tepki verdiğini anlamak için kullanılmıştır.

4. Veri Toplama ve Değerlendirme: Motor üzerinde yapılan değişikliklerle ilgili olarak çeşitli parametreler ölçülmüştür. Bu parametreler şunlardır:

- Silindir içi basınç
- Yakıt hattı basıncı
- Motor devri
- Egzoz gazı sıcaklığı

Bu parametreler, motorun performansını etkileyen faktörlerdir. Yüksek frekanslı dijital osiloskop kullanılarak bu veriler kaydedilmiş ve sonrasında değerlendirilmiştir. Bu adım, motorun nasıl çalıştığını ve farklı yük koşullarında nasıl tepki verdiğini anlamayı amaçlamaktadır.

5.1 Motor Test Düzeneğinin Kurulumu

Bu kısımda, düşük güçlü bir motor test düzeni oluşturmak için, dizel motorlu bir jeneratörün üzerinde yapılan değişiklikler ve ek donanım ayrıntılı bir şekilde açıklanmaktadır. Jeneratörün teknik özellikleri Tablo 5.1 ve 5.2'te aşağıda sunulmuştur.

Bu bölümde sunulan bilgiler, düşük güçlü bir dizel motorlu jeneratörünü kullanarak yapılan testlerin nasıl gerçekleştirildiğini ve hangi değişikliklerin uygulandığını anlamak için önemlidir. Bu değişiklikler ve ek parçalar, motorun performansını ölçmek ve istenen sonuçları elde etmek için tasarlanmış olabilir. Bu bilgiler, okuyucuların test düzenini oluşturmak ve benzer deneyler yapmak için gereken teknik bilgilere erişmelerine yardımcı olacaktır.

Tablo 5.1 Genpower GDG 7000 Jeneratr n Teknik  zellikleri

Maksimum ıkış Gücü	7 kVA
Sürekli alışma Gücü	6 kVA
Frekans	50 Hz

Tablo 5.2 Jeneratörde Kullanılan Motorunun Teknik  zellikleri

Model	186 FAG
Tip	Hava Soğutmalı- 4 Zamanlı
Silindir Hacmi	418 cm ³
Maksimum ıkış gücü	7 kW
alıştırma Şekli	Marşlı

5.2 Deney Motorunun Yüklenmesi

Dizel motorunun yüklenme süreci, jeneratörün çektiği akımı kontrol etmek için uygulanan bir yöntemle düzenlenmektedir. Bu amaçla, 250 W ve 1000 W gücündeki metal halide ampull  projektörler kullanılmış ve jeneratör tarafından tüketilen güç seviyeleri izlenerek dizel motorunun yüklenmesi ayarlanmıştır. Dizel motorunun maksimum gücü 7 kW olduğu için, motorun maksimum yükte çalışmasını sağlamak amacıyla jeneratöre 7 adet 1000 W gücündeki projektör bağlanmıştır.

Bu işlem, farklı yükleme seviyeleri için her bir projektör için ayrı anahtar devreleri oluşturularak gerçekleştirilmiştir. Her bir projektörün devreye alınması veya kapatılması, dizel motorunun yükünü ayarlamak için kullanılan bir yöntemdir. Elektrik bağlantıları ise 3x2,5 elektrik kabloları kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Bu yaklaşım, dizel motorunun yüklenme işleminin kontrol altında tutulmasını sağlayarak istenen güç seviyelerine ulaşılmasına yardımcı olur. Ayrıca, bu tür bir uygulamanın literatürde deney motorlarının yüklenme işlemlerinde sıklıkla kullanıldığını ifade etmek mümkündür. Bu yöntem, motorun farklı yük koşullarında test edilmesi ve

performansının incelenmesi için etkili bir yol sunar (M. Akçay, S. Özer, İ.T. Yılmaz, E. Vural, 2020).

Şekil 5.1' de deney düzeneğinin yükleme ünitesinde kullanılan 250 W ve 1000 W projektörler ve montaj yapılmış hali görülmektedir.

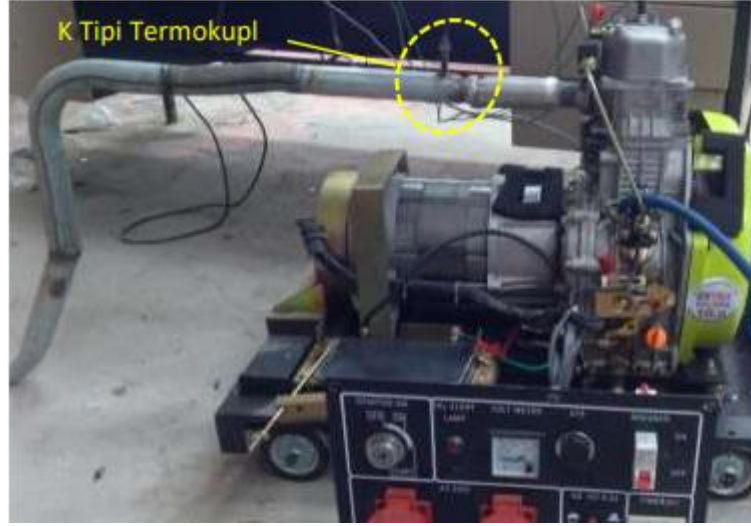


Şekil5.1 Yükleme Ünitesinde Kullanılan Projektörlerin Montaj Resmi

5.2.1 Egzoz Gazı Sıcaklığının Ölçülmesi

Egzoz gazı sıcaklığının ölçümü işlemi için, K tipi bir termokupl kullanılmıştır. Bu tip termokupller, egzoz gazının sıcaklığını doğru ve güvenilir bir şekilde ölçmek için sıkça tercih edilmektedir. Benzer şekilde, literatürde de egzoz gazı sıcaklığının ölçümünde K tipi termokupllerin sıklıkla kullanıldığı birçok çalışmaya rastlamak mümkündür. Bu termokupller, yüksek sıcaklık aralıklarında hassas ölçümler yapabilme yetenekleri ile bilinir ve içten yanmalı motorların performansının değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kabul edilir (M. Akçay, S. Özer, İ.T. Yılmaz, E. Vural, 2020).

Egzoz borusu üzerine, motorun çıkışından 20 cm ilerisine bir K-tipi termokupl monte edilmiş ve bu termokupl ile egzoz gazının sıcaklığı ölçülmektedir. K-tipi termokuplun deney düzenindeki montajı şekil 5.2' de gösterilmiştir. Bu termokupl, egzoz gazının sıcaklık verilerini toplamak ve analiz etmek için kullanılır. Termokupl, sıcaklığa karşı hassas bir şekilde tepki veren bir sensördür ve egzoz gazı sıcaklığını ölçmek için uygundur.



Şekil 5.2 Deney Düzenegi Üzerinde Termokupl Montaj Resmi

5.2.2 Yakıt Tüketim Değeri Ölçülmesi

İçten yanmalı motorlarda performans testlerinin gerçekleştirilmesi esnasında, motorun çalışma koşullarına bağlı olarak yakıt tüketiminin doğru bir şekilde belirlenmesi büyük bir önem taşır. Yakıt tüketimi değeri, belirli bir kütlenin veya hacmin yakıtın tükenme süresi ile ilişkilendirilerek hesaplanır (M. Akçay, S. Özer, İ.T. Yılmaz, E. Vural, 2020).

Bu çalışmada, yakıt tüketiminin hesaplanması amacıyla yakıt deposunun altına hassas bir terazi yerleştirilmiştir. 10 gram yakıtın tükenme süresi, bir kronometre yardımıyla kaydedilerek belirlenmiştir. Elde edilen bu süre değeri kullanılarak, saatteki yakıt tüketim oranı hesaplanmıştır. Bu hesaplamada, 0,01 gram hassasiyetle çalışan RADWAG PS 6000.R2. H marka hassas terazi kullanılmıştır. Bu yöntem, yakıt tüketiminin hassas ve güvenilir bir şekilde hesaplanmasını sağlayarak içten yanmalı motorların performans analizlerinde önemli bir araç olarak hizmet etmektedir. Hassas terazi aşağıdaki şekil 5.3’de gösterilmiştir.



Şekil 5.3 Hassas Terazi Resmi

6. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

6.1 Deneylerde Kullanılan Biyodizel

Deneylerde kullanılan biyodizel ticari olarak faaliyet yürüten DEHA Biyodizel A.Ş firmasından temin edilmiştir. Tüm deneylerin karşılanması için firmadan tek seferde 20 lt'lik biyodizel satın alınmıştır. Alınan biyodizelin teknik ve kimyasal özellikleri Tablo 6.1' de verilmektedir.

Tablo 6.1 Deneyde Kullanılan Biyodizelin Teknik ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Dizel Yakıtı	Biyodizel
Formül	C12,226 H23,29 S0,0575	C19H35,202
Molekül Kütlesi (g/mol)	120-320	296
Alt Isıl Değeri		
Kütleli, (kj/kg)	42700	37100
Hacimsel, (kj/L)	35500	32600
Yoğunluk, 15°C , (kg/mL)	820-860	875-880
Kinematik Viskozite, 40°C, (mm ² /s)	2,50-3,50	4,3
Alevlenme Noktası, (°C)	> 55	> 100
Kükürt İçeriği (% kütleli)	< 0,05	< 0,01
Tutuşma Katsayısı (setan sayısı)	49-55	> 55
Kül (% kütleli)	< 0,01	< 0,01
Su Miktarı (mg/kg)	< 200	< 300

6.2 DeneY Yakıtlarının Oluşturulması

Deneyde kullanılan biyodizel oktanol, bütanol, hekzanol ve propentanol ticari ürün satışı yapan bir firmadan temin edilmiştir. Deneylerde kullanılan kimyasalların bazı özellikleri tablo 6.2' de verilmektedir.

Tablo 6.2 Deneyde Kullanılan Kimyasalların Teknik ve Kimyasal Özellikleri

Özellikler	Biyodizel	Oktanol (1-oktanol)	Bütanol (1-bütanol)	Hekzanol (1-heksanol)	Propentanol (1-propentanol)
Kimyasal Formül	$C_{19}H_{36}O_2$	$C_8H_{18}O$	C_4H_9OH	$C_6H_{14}O$	C_3H_7O
Molekül Ağırlığı (g/mol)	Yaklaşık 292	Yaklaşık 130	Yaklaşık 74	Yaklaşık 102	Yaklaşık 60
Yoğunluk (g/cm ³)	Yaklaşık 0.88	Yaklaşık 0.82	Yaklaşık 0.81	Yaklaşık 0.81	Yaklaşık 0.80
Erime Noktası (°C)	-12	-76.73	-114.1	-48	-108
Kaynama Noktası (°C)	327-365	195.2	117.7	157.1	97.2

Deneylerde kullanılan karışımlar ve kısaltmaları tablo 6.3' de verilmektedir. Elde edilen yakıt karışımları dizel bir motorda 1000, 2000, 3000 ve 4000 watt motor yüklerinde 3000 d/dak motor hızında denenerek hidrokarbon (HC), karbonmonoksit (CO), azotoksit (NO_x), egzoz gaz sıcaklığı ve yakıt tüketim değerlerindeki değişimleri incelenmiştir.

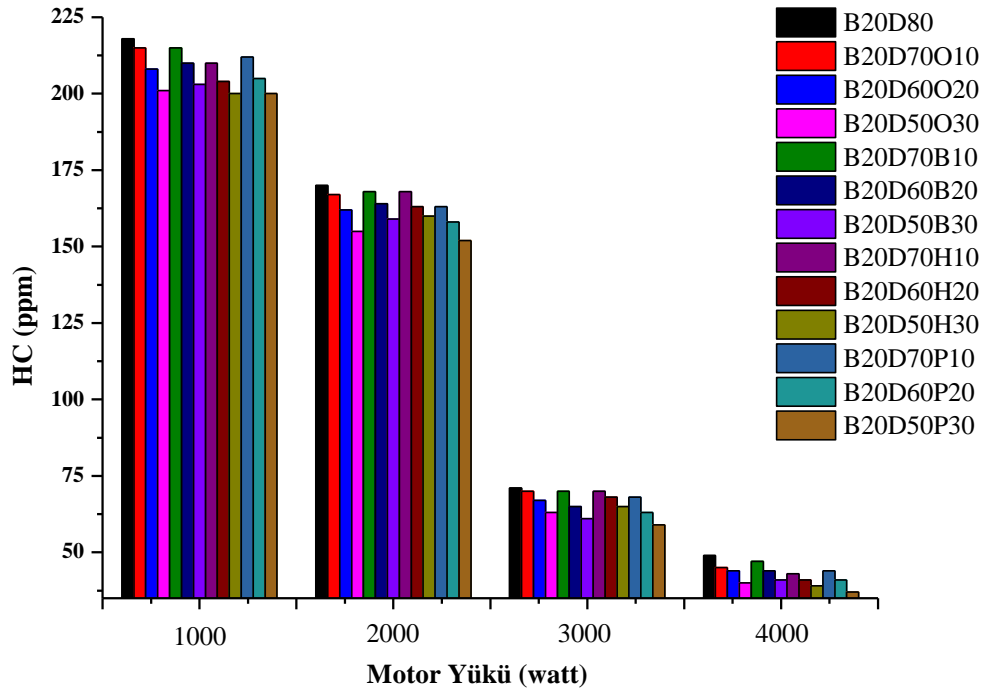
Tablo 6.3 Deneyde Kullanılan Karışımlar ve Kısaltmalar

Kısaltma	Biyodizel (%)	Dizel (%)	Oktanöl (%)	Bütanol (%)	Hekzanöl (%)	Propentanöl (%)
B20D80	20	80	-	-	-	-
B20D70O10	20	70	10	-	-	-
B20D60O20	20	60	20	-	-	-
B30D50O30	20	50	30	-	-	-
B20D70B10	20	70	-	10	-	-
B20D60B20	20	60	-	20	-	-
B20D50B30	20	50	-	30	-	-
B20D70H10	20	70	-	-	10	-
B20D60H20	20	60	-	-	20	-
B20D50H30	20	50	-	-	30	-
B20D70P10	20	70	-	-	-	10
B20D60P20	20	60	-	-	-	20
B20D50P30	20	50	-	-	-	30

6.3 Hidrokarbon (HC) Emisyonlarının Değişimi

Şekil 6.1' de HC emisyonlarının motor yüküne ve karışım oranlarına göre değişimi verilmektedir. Dizel motorlarında HC emisyonları egzozdan yanmadan atılan yakıtları ifade etmektedir. Dizel motorları yüksek hava fazlalık katsayısı ile çalıştığı için dizel motorlarında HC emisyonları fazla miktarda oluşmaz.

Motor yükünün artışı ile HC emisyonlarında azalma görülmektedir. Bu durum yanma sonu sıcaklığı ile açıklamak mümkündür. Dizel motorlarında motor yükü silindir içerisine alınan yakıt miktarının artışı ile ayarlanmaktadır. Silindir içerisine alınan yakıt miktarının artışı ile artan yanma sonu sıcaklıkları yanma verimini artırmış ve HC emisyonları azalma eğilimi göstermiştir. Öbür taraftan biyodizel-dizel yakıtı karışımlarına ilave edilen yüksek moleküllü yakıtların kullanılması ile tüm motor yüklerinde HC emisyonları azalma göstermiştir. Yüksek moleküllü alkoller bünyesinde oksijen içermektedir. Yapılan çalışmalarda oksijence zengin yakıtların silindir içerisnde daha iyi bir yanma performansı sergilediği ve yanmayı kısmen iyileştirerek HC emisyonlarını azalttığı bildirilmektedir. Çalışmanın sonuçları literatürdeki benzer çalışmaların sonuçlarını desteklemektedir. En düşük HC emisyonu B20D50P30 yakıt karışımı ile 4000 watt motor yükünde 37 ppm olarak ölçülürken en yüksek HC emisyonu 1000 watt motor yükünde 218 ppm ile B20D80 yakıt karışımının kullanılmasında ölçülmüştür.



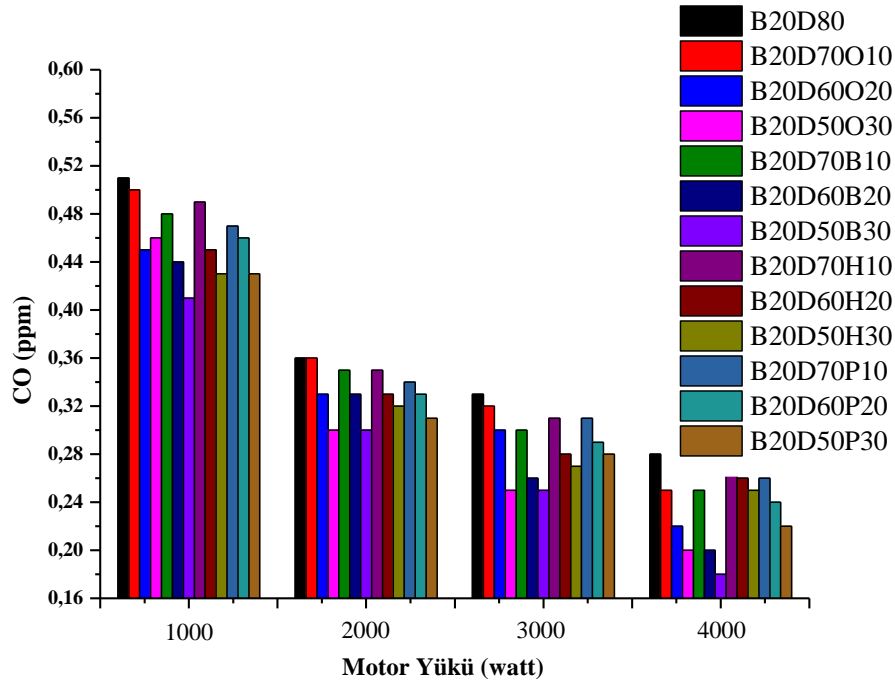
Şekil 6.1 HC Emisyonlarının Değişimi

6.4 Karbonmonoksit (CO) Emisyonlarının Değişimi

Karbon monoksit (CO) emisyonu, içten yanmalı motorlar veya diğer yanma süreçleri sırasında atmosfere salınan zehirli bir gaz olan karbon monoksit (CO) gazının miktarını ifade eder. Karbon monoksit, karbon ve oksijen atomlarından oluşan bir bileşiktir ve renksiz, kokusuz ve tatsızdır. Yüksek konsantrasyonlarda bulunduğu insan sağlığına zarar verebilir.

Karbon monoksit emisyonları, yanma sürecinde yakıtın tam olarak yanmaması veya yanma odasında eksik yanması sonucu ortaya çıkar. Bu, yakıtın yetersiz oksijenle yanmasından kaynaklanabilir. Karbon monoksit, atmosferdeki hava kalitesini olumsuz etkileyebilir ve insan sağlığına zarar verebilir. Bu nedenle, emisyon kontrol sistemleri ve yanma süreçlerinin optimize edilmesi, karbon monoksit emisyonlarının azaltılmasına yardımcı olur.

Şekil 6.2' de karbon monoksitin (CO) motor yüküne ve karışım oranlarına göre değişimi verilmektedir. En düşük CO emisyonu B20D50B30 yakıt karışımı ile 4000 watt motor yükünde ölçülürken en yüksek CO emisyonu 1000 watt motor yükünde B20D80 yakıt karışımının kullanılmasında ölçülmüştür.

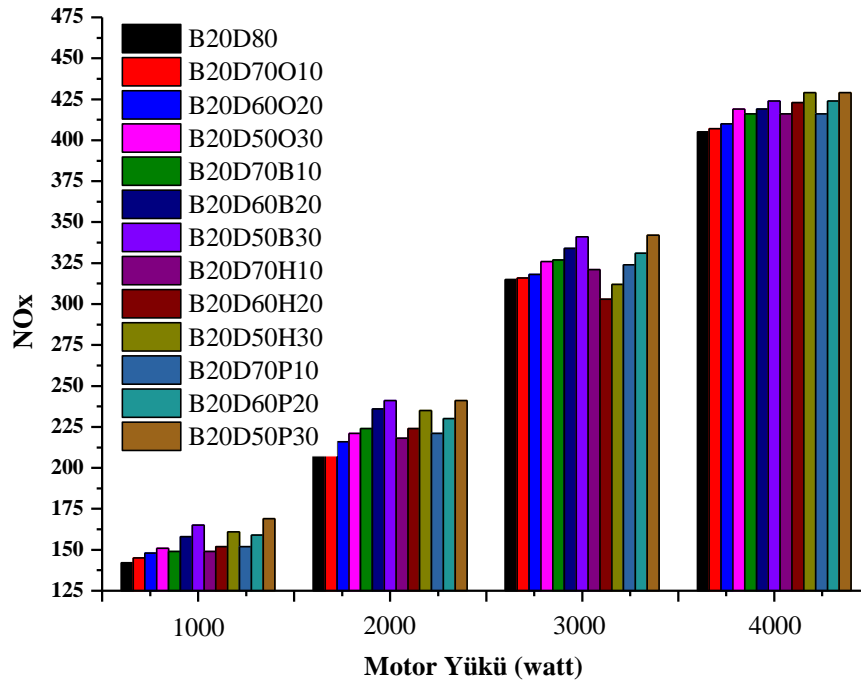


Şekil 6.2 Karbonmonoksit (CO) Emisyonlarının Değişimi

6.5 Azotoksit (NO_x) Emisyonlarının Değişimi

Azot oksitleri (NO_x), içten yanmalı motorlar ve diğer yanma süreçleri sırasında atmosfere salınan azot ve oksijen içeren bileşiklerin karışımını ifade eder. NO_x emisyonları, genellikle nitrojen oksit (NO) ve azot dioksit (NO₂) bileşiklerini içerir. Bu emisyonlar, yakıtın yanma süreci sırasında yüksek sıcaklıklar ve basınçlar nedeniyle azot gazının atmosferle reaksiyona girmesi sonucu oluşur. NO_x emisyonları, çevresel sorunlara ve hava kalitesinin bozulmasına katkıda bulunabilir. Özellikle hava kirliliğine ve asit yağmurlarına neden olabilirler. Bu nedenle, içten yanmalı motorlar ve endüstriyel süreçlerde NO_x emisyonlarının kontrol edilmesi ve azaltılması büyük önem taşır. NO_x emisyonlarını azaltmak için kullanılan yöntemler arasında düşük NO_x yanma teknolojileri, selektif katalitik azot oksit indirgeme (SCR) sistemleri ve egzoz gazı geri dönüşümü (EGR) gibi emisyon kontrol sistemleri bulunmaktadır. Bu sistemler, azot oksit emisyonlarını önemli ölçüde azaltmaya yardımcı olur.

Şekil 6.3' de Azot oksidin (NO_x) motor yüküne ve karışım oranlarına göre değişimi verilmektedir. En düşük NO_x emisyonu B20D80 yakıt karışımı ile 1000 watt motor yükünde ölçülürken en yüksek NO_x emisyonu 4000 watt motor yükünde B20D50H30 ve B20D50P30 yakıt karışımlarının kullanılmasında ölçülmüştür.

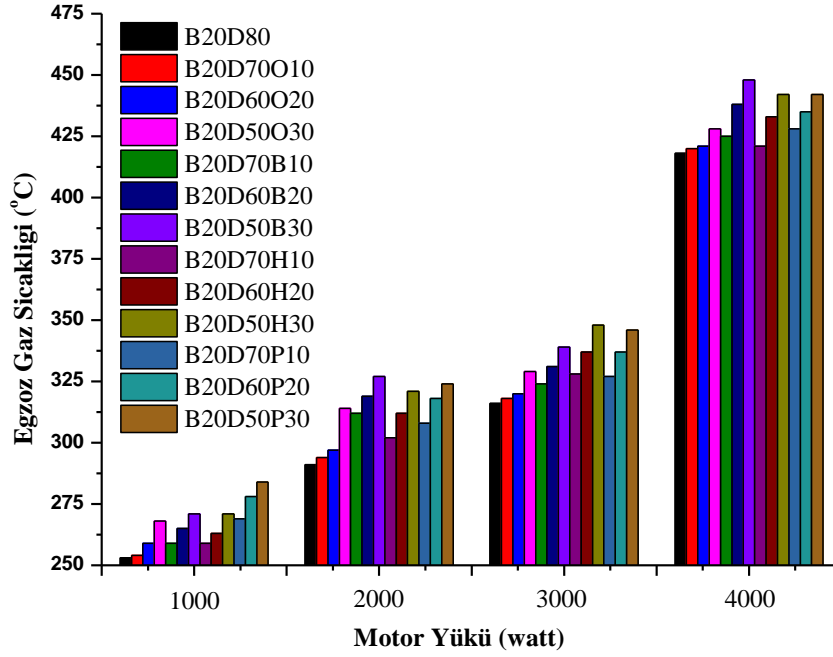


Şekil 6.3 Azotoksit (NO_x) Emisyonlarının Değişimi

6.6 Egzoz Gaz Sıcaklığı Emisyonlarının Değişimi

Egzoz gaz sıcaklığı emisyonu, bir taşıtın veya endüstriyel bir tesisin egzoz gazlarının çevreye yayıldığı sırada ölçülen sıcaklığı ifade eder. Bu, içten yanmalı motorlar veya endüstriyel fırınlar gibi yanma süreçlerinin sonucunda oluşan egzoz gazlarının sıcaklığını ifade eder. Egzoz gaz sıcaklığı, genellikle Celsius veya Fahrenheit cinsinden ölçülür ve egzoz gazının içerdiği bileşenlere, yanma sürecine ve kullanılan teknolojiye bağlı olarak değişebilir. Yüksek egzoz gazı sıcaklıkları, daha fazla enerji verimliliği ve daha düşük emisyon seviyeleri için olumlu bir faktör olabilir, ancak aynı zamanda egzoz sistemlerinin ve bileşenlerin aşırı ısınmasına yol açabilir. Egzoz gaz sıcaklığının kontrolü, içten yanmalı motorların ve endüstriyel tesislerin performansı, emisyonları ve güvenliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, egzoz gazı sıcaklığını uygun bir şekilde yönetmek, hem çevresel hem de teknik açıdan önemlidir.

Şekil 6.4' de egzoz gaz sıcaklığının motor yüküne ve karışım oranlarına göre değişimi verilmektedir. En düşük egzoz gaz sıcaklığı emisyonu B20D80 yakıt karışımı ile 1000 watt motor yükünde ölçülürken en yüksek egzoz gaz sıcaklığı emisyonu 4000 watt motor yükünde B20D50B30 yakıt karışımının kullanılmasında ölçülmüştür.

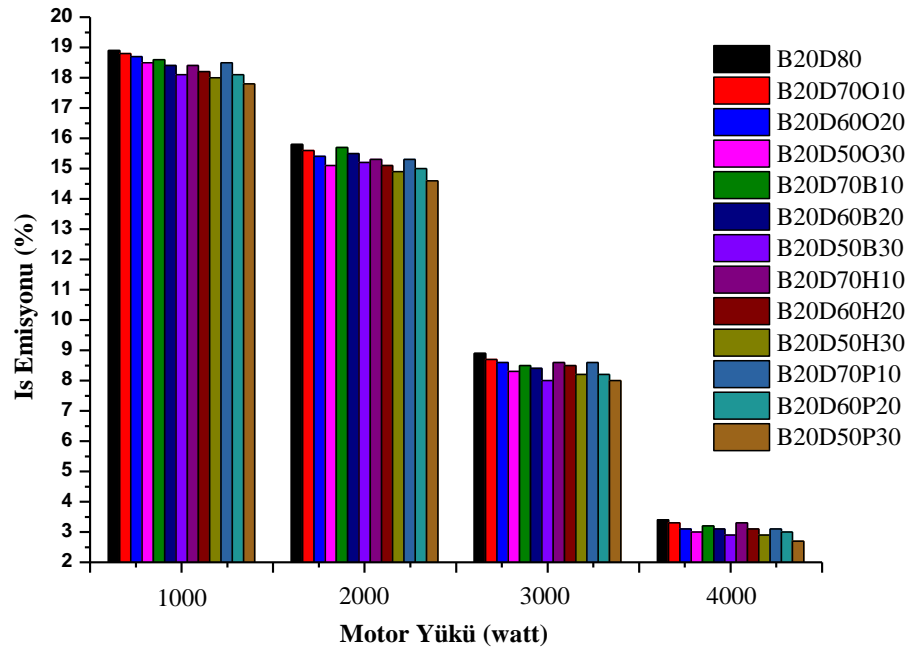


Şekil 6.4 Egzoz Gaz Sıcaklığı (°C) Emisyonlarının Değişimi

6.7 İS Emisyonu Değişimi

İs emisyonu, içten yanmalı motorlar veya diğer yanma süreçlerinin bir yan ürünü olarak ortaya çıkan partikül madde veya katı partiküllerin atmosfere salınmasıdır. "İs" terimi, bu partiküllerin karbon bazlı olduğunu ve genellikle siyah veya gri renkte olduğunu ifade eder. İS emisyonları, özellikle dizel motorları gibi içten yanmalı motorlar tarafından üretilir ve yanma sürecinde tam olarak yanmayan yakıt ve diğer organik bileşiklerin partiküllere dönüşmesi sonucu oluşur. Bu partiküller, atmosferde hava kalitesini olumsuz etkileyebilir ve insan sağlığına zarar verebilecek zararlı maddeleri içerebilir. İS emisyonlarını kontrol etmek ve azaltmak için çeşitli teknolojiler ve filtreler kullanılır. Bu teknolojiler, partikül madde emisyonlarını azaltarak hava kalitesini iyileştirmeye yardımcı olur. İS emisyonlarının kontrolü, çevre düzenlemeleri ve emisyon standartları tarafından sıkı bir şekilde düzenlenir ve denetlenir.

Şekil 6.5' te is emisyon değerinin motor yüküne ve karışım oranlarına göre değişimi verilmektedir. En düşük egzoz gaz sıcaklığı emisyonu B20D50P30 yakıt karışımı ile 4000 watt motor yükünde ölçülürken en yüksek egzoz gaz sıcaklığı emisyonu 1000 watt motor yükünde B20D80 ve B20D70P10 yakıt karışımının kullanılmasında ölçülmüştür.



Şekil 6.5 Is Emisyonlarının (%) Değişimi

7. SONUÇLAR

Bu çalışmada; tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli bir dizel motorda farklı yük seviyeleri altında biyodizel (%), dizel (%), oktanol (%), bütanol (%), hekzanol (%), propentanol (%) karışım yakıtları test edilmiş ve elde edilen yakıt karışımları dizel bir motorda 1000, 2000, 3000 ve 4000 watt motor yüklerinde 3000 d/dak motor hızında denenerek hidrokarbon (HC), karbonmonoksit (CO), azotoksit (NO_x), egzoz gaz sıcaklığı ve is emisyon değerlerindeki değişimleri incelenmiştir. Alkoller biyodizel-dizel yakıtına hacimsel olarak %10-20-30 oranında ilave edilmişlerdir. Test yakıtlarının dizel motorda çalıştırılması sırasında herhangi bir olumsuz durum ile karşılaşılmamıştır.

Bu çalışmadan elde edilen temel sonuçlar aşağıdaki gibidir: Ağır alkol/biyodizel-dizel yakıt karışımlarının egzoz emisyon davranışları incelendiğinde, bu karışımların biyodizel-dizel yakıtına göre farklı davranışlar sergilediği gözlemlenmiştir. Alkol içeren yakıtlarda egzoz gazı sıcaklığı ve NO_x emisyonlarının arttığı, CO, HC ve is emisyonlarının ise azaldığı belirlenmiştir.

Alkoller kendi içerisinde karşılaştırıldığında, farklı sonuçlar elde edilmiştir:

1. NO_x Emisyonu: B20D50H30 ve B20D50P30 yakıtları, NO_x emisyonları açısından en fazla artışın görüldüğü karışımlardır.
2. Egzoz Gazı Sıcaklığı: B20D50B30 yakıtı, egzoz gazı sıcaklığı açısından en fazla artışın olduğu karışımdır.
3. CO Emisyonu: B20D50B30 yakıtı, CO emisyonları açısından en fazla azalma gösteren karışımdır.
4. HC ve Is Emisyonları: B20D50P30 karışımı, HC ve Is emisyonları açısından en fazla azalma gösteren karışımdır.

Tüm bu sonuçlar göz önüne alındığında, 1-bütanol, 1-pentanol, 1-hekzanol ve 1-octanol gibi ağır alkollerin biyodizel-dizel yakıtlara %10-30 oranında katılmasının, egzoz emisyon ve yanma karakteristiklerini iyileştirdiği sonucuna varılabilir. Bu dört alkol içerisinde, 1-pentanolün diğerlerine göre daha olumlu sonuçlar verdiği görülmüştür. Bu sonuçlar, alternatif yakıt karışımlarının geliştirilmesi ve içten yanmalı motorların emisyonlarını azaltma çabalarına katkı sağlayabilir.

Alkollerin yerel olarak üretilmesi ve dizel yakıtına eklenerek kullanılması, hem dizel yakıtın maliyetini düşürecek hem de ekonomik açıdan dışa bağımlılığı

azaltacaktır. Ancak bu tür bir uygulamanın daha geniş çapta başarılı olabilmesi için aşağıdaki faktörlere dikkat etmek önemlidir:

1. Genelleştirilmiş Sonuçlar: Çalışmada kullanılan yakıtların taşıt motorlarında da kullanılarak elde edilen sonuçlar, farklı motor tipleri ve koşulları için de genelleştirilmelidir. Bu, projenin uygulanabilirliği açısından önemlidir.

2. Uzun Süreli Testler: Yapılan deneylerin daha uzun süreli testlerle desteklenmesi gerekmektedir. Motor parçalarının dayanıklılığı ve yakıtın uzun vadeli etkileri değerlendirilmelidir.

3. Motor İşletme Parametreleri: Püskürtme avansı, püskürtme basıncı, sıkıştırma oranı gibi motor işletme parametrelerinin bu yeni yakıt karışımıyla nasıl etkileşime girdiği araştırılmalıdır. Bu, en iyi performans ve emisyon sonuçlarını elde etmek için gerekli olan ideal çalışma koşullarını belirlemeye yardımcı olacaktır.

4. Emisyonlar: Yakıt karışımlarının egzoz emisyonları üzerindeki etkileri de ayrıntılı bir şekilde incelenmelidir. Yeni yakıt karışımlarının emisyonlarına olan etkisi, çevresel faktörler göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir.

Bu tür çalışmalar, alternatif yakıt karışımlarının dizel motorlar için uygunluğunu ve ekonomik faydalarını belirlemek açısından önemlidir. Ayrıca, bu tür projeler, yerel üretimi teşvik ederek enerji güvenliğini artırabilir ve çevresel etkileri azaltabilir.

KAYNAKLAR

- Ataman Kimya, 2020.
<https://atamankimya.com/sayfalaralfabe.asp?LanguageID=1&cid=3&id=2856&id2=9078> [Erişim Tarihi: 02/08/2023].
- Aliustaoğlu, S., Ayhan, V. 2019. Direk Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorda LPG-Dizel Çift Yakıt Karışımının Performans ve İS Emisyonlarına Etkileri, *İleri Teknoloji Bilimleri Dergisi*, 8 (2), 109-116.
- Aslam, M., Masjuki, H., Kalam, M., Abdesselam, H., Mahlia, T., Amalina, M. 2006. An experimental investigation of CNG as an alternative fuel for a retrofitted gasoline vehicle, *Fuel*, 85 (5-6), 717-724.
- Aydın, A. (2017), "Bir dizel motorlu jeneratörde kısmi LPG kullanımının motor performansı, yanma ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 59.
- Aydın, F. (2006), "Sıralı gaz fazı LPG enjeksiyon sisteminin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Selçuk Üniversitesi, Konya, 91.
- Aydın M., Irgin A., Çelik M.B. 2018. The Impact of Diesel/LPG Dual Fuel on Performance and Emissions in a Single Cylinder Diesel Generator. *Applied Sciences*, 8 (5): 825, 1-14.
- Aydın, M., Afsar, M., Çelik, M.B., 2016, Tek silindirli bir dizel motorda atık biyodizel kullanımının motor performansı ve emisyonlarına etkisi, *4th International Symposium on Innovative Technologies in Engineering and Science (ISITES2016) 3-5 Nov 2016 Alanya/Antalya-Turkey*.
- Aydoğan H., Acaroglu M., Ozcelik A.E. 2018. Comparison of Performance and Combustion Characteristics of Methyl Ester and Ethanol Used In a Common Rail Diesel Engine. 4th International Conference On Environmental Science and Technology, 19-23 September 2018 Kiev, Ukraine.
- Barakat, H., Kamal, M., Saad, H., Ibrahim, B. 2019. Blending effect between the natural gas and the liquefied petroleum gas using multiple co-and cross-flow jets on NO_x emissions, *Ain Shams Engineering Journal*, 10 (2), 419-434.
- Bayrakçeken, H., Kuş, R. 2006. Taşıtlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 6 (1), 125-144.
- BHD, 2019. <https://muhendistan.com/dizel-cevrimi-dizel-motorlar/> [Erişim Tarihi: 02/05/2023].
- Boretti, A. 2017. Numerical study of the substitutional diesel fuel energy in a dual fuel diesel-LPG engine with two direct injectors per cylinder, *Fuel Processing Technology*, 161, 41-51.
- Can, İ. (2009), "LPG ile çalışan benzinli bir motora kademeli dolgu yapılmasının performans üzerindeki etkisinin deneysel olarak incelenmesi", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Fırat Üniversitesi, Elazığ, 137.

- Chitragar, P., Shivaprasad, K., Nayak, V., Bedar, P., Kumar, G. 2016. An experimental study on combustion and emission analysis of four cylinder 4-stroke gasoline engine using pure hydrogen and LPG at idle condition, *Energy Procedia*, 90, 525-534.
- Çalık, A. 2018. Hidrojen ile Yakıt Zenginleştirmenin Dizel Motorun Motor Performansı ve Emisyon Özelliklerine Etkisi, *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 33 (3), 255-262.
- 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, 68.
- Çiçek, A. (2018), "Oksijen ile zenginleştirilmiş emme havasının LPG yakıtlı buji ateşlemeli bir motorun performans ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 69.
- Datta, A., Mandal, B.K. 2016. A comprehensive review of biodiesel as an alternative fuel for compression ignition engine, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 57, 799-821.
- Demirci, O.K., Çınar, C. 2019. HCCI-DI Bir Motorda Doğal Gaz Kullanımının Performans ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (2), 317-330.
- Deviren, H., İlkılıç, C., Aydın, S. 2017. Biyogaz Üretiminde Kullanılabilen Materyaller ve Biyogazın Kullanım Alanları, *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 7 (2/2), 79-89.
- Duc, K.N., Duy, V.N. 2018. Study on performance enhancement and emission reduction of used fuel-injected motorcycles using bi-fuel gasoline-LPG, *Energy for Sustainable Development*, 43, 60-67.
- Ekşi Sözlük, 2011. <https://eksisozluk1923.com/oktanol--2749964> [Erişim Tarihi: 02/05/2023].
- ETKB, 2015, Türkiye de birincil enerji tüketiminin kaynaklara göre dağılımı, http://im.businessht.com/2017/02/11/ver1486816310/1387296_2d96f4cd447c2e10974534122a6c85dc_orj.jpg [Erişim Tarihi: 02/05/2023].
- Ergüder, T.O. (2019), "Erzincan şehir merkezinde motorlu taşıt emisyonları kaynaklı hava kirliliği düzeyinin araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, TC Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi, Erzincan, 108.
- Erkuş, B. (2011), "Otto motorlarının farklı yakıt tiplerinde optimum performanslarının araştırılması", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Uludağ Üniversitesi, Bursa, 82.
- Eyidoğan, M., Çanakçı, M., Özsezen, A.N., Alptekin, E., Türkcan, A., Kılıçaslan, İ. 2011. Etanol-Benzin Ve Metanol-Benzin Karışımlarının Buji İle Ateşlemeli Bir Motorun Yanma Parametrelerine Ve Egzoz Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, *Journal of the Faculty of Engineering & Architecture of Gazi University*, 26 (3).

- Fırat, M. 2019. Doğalgazlı Buji Ateşlemeli Direkt Enjeksiyonlu Bir Motorda Erken ve Geç Ateşlemenin Yanma ve Emisyon Oluşumuna Etkisi, *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8 (1), 453-461.
- Fırat, M., Okcu, M., Varol, Y. 2017. Dizel Motorlarda Yakıtta Hidrojen Katkısının Yanma, Performans ve Emisyonlar Üzerine Etkilerinin İncelenmesi, *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 29 (1), 101-107.
- Göktaş, M. (2019), "Farklı alkol yakıt kullanılan buji ateşlemeli motorlarda performans, emisyon ve yanma karakteristiklerindeki değişimlerin incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi. *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 165.
- 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).
- Haşimoğlu, C., Civiniz, M., Gürol, U. 2006. Günümüzde İçten Yanmalı Motorlarda Hidrojen Yakıtının Kullanılması, *Selçuk-Teknik Dergisi*, 1 (1).
- İlhak, M.İ., Akansu, S.O., Kahraman, N., Ünalın, S. 2018. Experimental study on an SI engine fuelled by gasoline/acetylene mixtures, *Energy*, 151, 707-714.
- Jamali, Q., Bhatti, M., Qazi, Q., Kaurejo, B., Qazi, I., Solangi, S., Jamali, A. 2019. Analysis of CO₂, CO, NO, NO₂, and PM particulates of a diesel engine exhaust, *Engineering, Technology & Applied Science Research*, 9 (6), 4912-4916.
- Kaptan, A. (2015), "Taşıt LPG tanklarının patlatma basınçları ve yorulma performanslarının incelenmesi", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 176.
- Karagöz, Y., Sandalcı, T., Yüksek, L., Dalkılıç, A.S., Wongwises, S. 2016. Effect of hydrogen-diesel dual-fuel usage on performance, emissions and diesel combustion in diesel engines, *Advances in Mechanical Engineering*, 8 (8), 1687814016664458.
- Karamangil, M.I. 2007. Development of the auto gas and LPG-powered vehicle sector in Turkey: A statistical case study of the sector for Bursa, *Energy policy*, 35 (1), 640-649.
- Kenanoğlu, R. (2016), "Dizel motorda alternatif gaz yakıt kullanımının avl programı ile simülasyonu", Yüksek Lisans Tezi, *Mühendislik ve Fen Bilimleri Enstitüsü*, İskenderun Teknik Üniversitesi, Hatay, 60.
- Kim, K., Kim, J., Oh, S., Kim, C., Lee, Y. 2017. Lower particulate matter emissions with a stoichiometric LPG direct injection engine, *Fuel*, 187, 197-210.
- Kimya Ekspres. 2019. <https://www.kimyaexpress.com/hammaddeler/dekanol> [Erişim Tarihi: 02/05/2023].
- Kırmaz, İ. (2019), "Yeni Nesil Yakıt Sistemine Sahip Benzinli Motorlarda LPG' nin Deneysel Olarak İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Necmettin Erbakan Üniversitesi, Konya, 52.
- Kumar R., Gakkhar R.P. 2018. Influence of nozzle opening pressure on combustion, performance and emission analysis of waste cooking oil biodiesel fuelled diesel engine. *Int. J. Renewable Energy Technology*, 9 (1/2): 244-259.

- Kunt, M. (2019), "Hava soğutmalı bir motorda LPG uygulamasının araştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon, 48.
- Labeckas G., Slavinskas S. 2013. Performance and emission characteristics of a direct injection diesel engine operating on KDV synthetic diesel fuel. *Energy Conversion and Management*, 66: 173-188.
- Li, J., Wu, B., Mao, G. 2015. Research on the performance and emission characteristics of the LNG-diesel marine engine, *Journal of Natural Gas Science and Engineering*, 27, 945-954.
- Lu, G., Li, L. 2011. Study on combustion parameters of liquefied petroleum gas engine, *Energy Procedia*, 12, 897-905.
- M. Akçay, S. Özer, İ.T. Yılmaz, E. Vural / *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi* 9 (1), 376-389, 2020.
- Majidi Dolat Abadi, M. (2017), "İçten Yanmalı Motorlarda Farklı Yanma Modlarının Sad Yaklaşımı Kullanarak Karşılaştırılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 287.
- Masi, M. 2012. Experimental analysis on a spark ignition petrol engine fuelled with LPG (liquefied petroleum gas), *Energy*, 41 (1), 252-260.
- Morganti, K.J., Brear, M.J., da Silva, G., Yang, Y., Dryer, F.L. 2015. The autoignition of Liquefied Petroleum Gas (LPG) in spark-ignition engines, *Proceedings of the Combustion Institute*, 35 (3), 2933-2940.
- Munzuroğlu, Ü. (2010), "İstanbul trafiğindeki ticari taksilerin emisyon açısından olumsuz etkileri", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Bahçeşehir Üniversitesi, İstanbul, 153.
- Mustafa, K., Gitano-Briggs, H., 2009, Liquefied petroleum gas (LPG) as an alternative fuel in spark ignition engine: Performance and emission characteristics, *2009 3rd International Conference on Energy and Environment (ICEE)*, IEEE, 189-194.
- Naik, R., Babu, M., Das, L. 2018. Performance Studies on CNG Enriched with LPG Operated Variable Speed Spark Ignition Engine, *AJIRSET*, 1 (3), 6.
- Nayak, V., Rashmi, G., Chitragar, P., Mohanan, P. 2016. Combustion characteristics and cyclic variation of a LPG fuelled MPFI four cylinder gasoline engine, *Energy Procedia*, 90, 470-480.
- Organ, B., Huang, Y., Zhou, J.L., Surawski, N.C., Yam, Y.-S., Mok, W.-C., Hong, G. 2019. A remote sensing emissions monitoring programme reduces emissions of gasoline and LPG vehicles, *Environmental research*, 177, 108614.
- Özbay, H., Közkurt, C., Dalcalı, A., Tektaş, M. 2020. Geleceğin ulaşım tercihi elektrikli araçlar, *Akıllı Ulaşım Sistemleri ve Uygulamaları Dergisi*, 3 (1), 34-50.
- Özcan, F. (2010), "Buji ateşlemeli bir motorda LPG ve CNG (sıkıştırılmış doğal gaz) kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi"Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul, 85.

- Özdemir, H.A., Dulupçu, M.A. 2018. Türkiye'nin Ulaşımında Enerji Sorununa Çözüm Ortağı CNG, *Suleyman Demirel University Journal of Faculty of Economics & Administrative Sciences*, 23 (1), 123-144.
- Öztornacı, E. 2019. Enerji Piyasaları Bağlamında Kamu Politikaları, *İzmir Sosyal Bilimler Dergisi*, 1 (1), 25-37.
- Raman L.A., Deepanraj B., Rajakumar S., Sivasubramanian V. 2019. Experimental investigation on performance, combustion and emission analysis of a direct injection diesel engine fuelled with rapeseed oil biodiesel. *Fuel*, 246: 69-74.
- Raslavičius, L., Keršys, A., Mockus, S., Keršienė, N., Starevičius, M. 2014. Liquefied petroleum gas (LPG) as a medium-term option in the transition to sustainable fuels and transport, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 32, 513-525.
- Özer S., Vural, E. 2021. Turboşarjlı enjeksiyonlu benzinli bir motorda LPG kullanımının emisyonlar ve motor performansı açısından incelenmesi, *Politeknik Dergisi* 24 (1), 143-150.
- Saputro, W., Garcia, P. 2018. Design and Performance of LPG Fuel Mixer for Dual Fuel Diesel Engine, *E&ES*, 147 (1), 012022.
- Sezer, İ. 2017. Dizel Yakıtına Etanol ve Dietil Eter Katılmasının Motor Performansı ve Emisyonlara Etkilerinin Deneysel İncelenmesi, *Isı Bilimi ve Tekniği Dergisi*, 38 (1), 61-68.
- Solem Tuz Kimya. 2013. <http://www.solemtuzkimya.com/1780-2-etil-hekzanol.html> [Erişim Tarihi: 02/05/2023].
- Srivastava P.K., Verma M. 2008. Methyl ester of karanja oil as an alternative renewable source energy. *Fuel*, 87: 1673-1677.
- Synák, F., Čulík, K., Rievaj, V., Gaňa, J. 2019. Liquefied petroleum gas as an alternative fuel, *Transportation Research Procedia*, 40, 527-534.
- Szpica, D., Czaban, J. 2014. The assessment of correctness of engine adaptation for alternative LPG fueling based on full load engine characteristics of performance, *Combustion Engines*, 159 (4), 3-11.
- Şimşek, D., Çolak, N.Y. 2019. Biyodizel/Propanol Yakıt Karışımlarının Dizel Motor Emisyonlarına Etkisinin İncelenmesi, *El-Cezeri Journal of Science and Engineering*, 6 (1), 166-174.
- Usta, N., Can, Ö., Öztürk, E. 2005. Alternatif dizel motor yakıtı olarak biyodizel ve etanolün karşılaştırılması, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (3), 325-334.
- Ünal, İ., Doğan, B. 2014. Yüksek Basıncılı CNG Kompresörlerinin Çalışma Parametrelerinin Deneysel İncelenmesi, *Engineer & the Machinery Magazine*, 55 (648), 44-50.
- Vinoth, T., Vasanthakumar, P., Krishnaraj, J., ArunSankar, S., Hariharan, J., Palanisamy, M. 2017. Experimental Investigation on LPG+ Diesel Fuelled Engine with DEE Ignition Improver, *Materials Today: Proceedings*, 4 (8), 9126-9132.
- 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.

- Yalçın, Y., Akcan, Ş., 2015. Toplu taşımada sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) kullanımının sera gazı emisyonlarına etkisi, ICCI Bildiriler Kitabı, İstanbul, 182-184.
- Yaman, H., Çelik, M.B. 2004. Benzinli Motorlarda Egzoz Emisyonlarına Etki Eden Faktörlerin Deneysel Olarak İncelenmesi, *Teknoloji*, 7 (4), 681-691.
- Yaşar, F. (2016), "Yosun yağından biyodizel üretimi ve bir dizel motorunda alternatif yakıt olarak kullanılması", Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 134.
- Yelmen, B., Çakır, M.T., 2011, Yeşil enerji kaynakları ve teknolojileri, 2. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongresi Bildirileri*, EMO, İzmir, 11.
- Yıldız, A. (2017), "Atık Trafo yağlarının dizel motorlu bir jeneratör setinde alternatif yakıt olarak kullanılması", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 58.
- Yılmaz E., Aksoy F. 2019. %10 Balık Yağı Biyodizeli-%90 Dizel Yakıt Karışımı İle Çalışan Direkt Enjeksiyonlu Bir Dizel Motorunda Yanma ve Performans Karakteristiklerinin İncelenmesi. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi Part C: Tasarım ve Teknoloji*, 7 (1): 12-24
- Yılmaz, G. 2008. Kentsel Ulaşımındaki Yeni Eğilimler: Alternatif Enerji Teknolojileri Üzerine, İMO, Van, 372-383.
- Yılmaz, İ.T., Yavuz, M., Gümüş, M. 2020. Dizel-biyogaz çift yakıtle çalışan bir motorda dizel yakıt miktarının emisyonlara etkisi, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 26 (4), 683-688.
- Yılmaz, İ.T., Gümüş, M. 2017. Biyogaz-dizel çift yakıtlı dizel motor üzerine bir araştırma, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 32 (3), 919-927.
- Yontar, A.A. (2016), "Buji ateşlemeli motorda saf ve karışimli alternatif yakıtların motor performansına ve emisyonlarına etkilerinin sayısal ve deneysel incelemesi" Doktora Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Kırıkkale Üniversitesi, Kırıkkale, 272.
- Zengin, Y. (2019), "Yakıt Hücresinde Hidrojen Tüketiminin Zamana Bağlı Değişiminin İncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Batman Üniversitesi, Batman, 74.
- Zhang, C.-H., Song, J.-T. 2016. Experimental study of co-combustion ratio on fuel consumption and emissions of NG–diesel dual-fuel heavy-duty engine equipped with a common rail injection system, *Journal of the Energy Institute*, 89 (4), 578-585.
- Zhu, G., Liu, J., Fu, J., Xu, Z., Guo, Q., Zhao, H. 2018. Experimental study on combustion and emission characteristics of turbocharged gasoline direct injection (GDI) engine under cold start new European driving cycle (NEDC), *Fuel*, 215, 272-284.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Hakan ÖZTÜRK
Uyruğu : T.C.
Doğum Yeri ve Tarihi :
Telefon :
Faks :
e-mail :

EĞİTİM

Derece	Adı, İlçe, İl	Bitirme Yılı
Lise	: Kocasinan Atatürk Lisesi, Kocasinan, Kayseri	1994
Üniversite	: Batman Üniversitesi, Merkez, Batman	2016
Yüksek Lisans	: Muş Alparslan Üniversitesi, Merkez, Muş
Doktora	:	

İŞ DENEYİMLERİ

Yıl	Kurum	Görevi
2017-	M.E.B	Makine Öğretmeni

UZMANLIK ALANI

Yakıtlar ve yanma, içten yanmalı motorlar, alternatif enerji sistemleri

YABANCI DİLLER

İngilizce