

**BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLARDA
ALTERNATİF YAKIT
KULLANIMI**

**2016
YÜKSEK LİSANS TEZİ
MAKİNE MÜHENDİSLİĞİ**

Özkan ŞENER

**BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT
KULLANIMI**

Özkan ŞENER

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

**KARABÜK
Ocak 2016**

Özkan ŞENER tarafından hazırlanan "BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI" başlıklı bu tezin Yüksek Lisans Tezi olarak uygun olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Yakup SEKMEN
Tez Danışmanı, Makine Mühendisliği Anabilim Dalı



Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Makine Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir. 16/12/2015

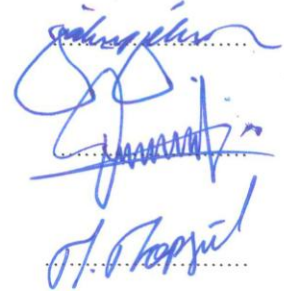
Ünvanı, Adı SOYADI (Kurumu)

İmzası

Başkan : Prof. Dr. Yakup SEKMEN (KBÜ)

Üye : Doç. Dr. Abdurrazzak AKTAŞ (KBÜ)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Tolga TOPGÜL (GÜ)



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

Prof. Dr. Nevin AYTEMİZ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü



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

Özkan ŞENER

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

BUJİ ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI

Özkan ŞENER

Karabük Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Makine Mühendisliği Anabilim Dalı

Tez Danışmanı:

Prof. Dr. Yakup SEKMEN

Ocak 2016, 69 Sayfa

Günümüzde içten yanmalı motorlarda alkoller, doğal gaz, hidrojen ve LPG gibi alternatif yakıtlar kullanılmaktadır. Alkoller oktan sayısının yüksek olması, egzoz emisyonlarının düşük olması ve biokütle kaynaklarından üretilmesi nedeniyle alternatif yakıtlar arasında önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, dört zamanlı, tek silindri buji ile ateşlemeli bir motorda hacimsel olarak %5, %10 ve %20 oranlarında benzin-metanol, benzin-etanol ve benzin-bütanol karışımlarının farklı yüklerde (800 W, 1600 W, 2400 W, 3200 W ve 4000 W) özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır. Deney sonuçlarına göre, karışımların içerisindeki metanol, etanol ve bütanol miktarının artmasıyla özgül yakıt tüketiminin arttığı, CO, HC ve NO_x emisyonlarının azaldığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler : Alternatif yakıt, alkol, egzoz emisyonları.

Bilim Kodu : 914 1.038

ABSTRACT

M. Sc. Thesis

USING ALTERNATIVE FUELS IN SPARK IGNITION ENGINE EMISSIONS

Özkan ŞENER

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

Thesis Advisor:

Prof. Dr. Yakup SEKMEN

January 2016, 69 Pages

Nowadays, alternative fuels like alcohol, natural gas, hydrogen and LPG are being used in internal combustion engines. Alcohols have an important role among the alternative fuels because they are high-octane, based on biomass resources and they have low exhaust emissions. In this study, the effect of using gasoline-methanol, gasoline-ethanol and gasoline-butanol compositions in four-cycle, single-cylinder, spark ignition engine proportionally by volume 5%, 10% and 20% with different charged (800 W, 1600 W, 2400 W, 3200 W and 4000 W) to fuel consumption and exhaust emission is examined. According to the experiment results, it is shown that when there is an increase in the amount of methanol, ethanol and butanol in compositions, fuel consumption increase and CO, HC ve NO_x emissions decrease.

Key Words : Alternative fuels, alcohol, exhaust emissions.

Science Code : 914.1.038

TEŞEKKÜR

Çalıőmalarım süresince destek ve yardımlarını esirgemedен bilgi ve tecrübesiyle her konuda beni yönlendiren, huzurlu bir çalışma ortamı ve imkan sağlayan değerli danıőman hocam Sayın Prof. Dr. Yakup SEKMEN'e içtenlikle teşekkür ederim.

Deneysel test işlemlerimin başlangıcında ve süreç içerisinde desteğini esirgemeyen gerek analizleriyle gerekse bilgi ve birikimleriyle çalıőmalarıma destek olan bölümümüzün değerli hocalarına, değerli çalışma arkadaşım Emre DEMİR'e;

Haklarını teőekkürle asla ödeyemeyeceğim, bugünlere gelmemi sağlayan, her türlü destekleriyle beni hiçbir zaman yalnız bırakmayan aileme, bu yoğun çalışmalar esnasında emeğini ve desteğini esirgemeyen eşime sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
KABUL.....	ii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xii
BÖLÜM 1	1
GİRİŞ	1
BÖLÜM 2	3
LİTERATÜR ARAŞTIRMASI	3
BÖLÜM 3	10
BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI	10
3.1. ALKOLLER.....	11
3.1.1. Metanol.....	11
3.1.1.1. Metanol Üretimi.....	15
3.1.1.2. Türkiye’de Metanol Üretimi, Kullanımı ve Ticareti.....	17
3.1.2. Etanol.....	18
3.1.3. Etanolün Üretilmesi	19
3.1.3.1. Türkiye’de Etanol Üretimi.....	21
3.1.4. Bütanol.....	21
3.1.4.1. Bütanolün Üretimi	23
3.1.4.2. Bütanolün Depolanması.....	24

3.2. ALKOLLERİN İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILMA YÖNTEMLERİ	24
3.2.1. Motor Yakıtlarının İçerisine Belirli Oranlarda Karıştırılması	25
3.2.2. Emme Manifolduna Püskürtülerek ya da Buhar Halinde Verilerek Kullanılması	25
3.2.3. Alkol ve Motor Yakıtlarının Bir Karıştırıcıda Belirli Oranlarda Karıştırılarak Motora Gönderilmesi	25
3.2.4. Her Bir Yakıt İçin Ayrı Bir Enjeksiyon Sistemi Kullanılması	26
3.3. ALKOLLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI.....	26
3.4. HİDROJEN	34
3.4.1. Hidrojenin Yanma Performansı	35
3.4.2. Hidrojenin Egzoz Emisyonu	36
3.5. DOĞALGAZ (CNG).....	36
3.5.1. Genel Özellikleri.....	36
3.5.2. Doğalgazın Egzoz Emisyonu.....	38
3.6. LPG (LİKİT PETROL GAZLARI).....	39
3.6.1. Motor Performansı.....	39
3.6.2. LPG'nin Egzoz Emisyonları.....	39
3.6.3. Motor Yakıtı Olarak LPG'nin Avantajları ve Dezavantajları	40
BÖLÜM 4	41
MATERYAL METOT.....	41
4.3. DENEY DÜZENEĞİ	41
4.3.1. Deney Motoru	41
4.3.2. Egzoz Emisyon Cihazı.....	42
4.3.3. Dijital Hassas Terazisi.....	43
4.3.4. Motor Yükleme Panosu	44
4.4. DENEY YÖNTEMİ	45
4.4.1. Deney Yakıtları Karışım Oranları	46
4.5. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR.....	47
4.5.1. Özgül Yakıt Tüketimi	47

	<u>Sayfa</u>
BÖLÜM 5	49
BULGULAR VE TARTIŞMA	49
5.1. BENZİN-ALKOL KARIŞIMLARININ ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ	49
5.1.1. Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi	49
5.1.2. Egzoz Emisyonlarına Etkisi	52
5.1.2.1. Karbon Monoksit (CO)	53
5.1.2.3. Azot Oksitler (NO _x)	59
BÖLÜM 6	62
SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR	64
ÖZGEÇMİŞ	69

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Metanol üretim prosesi.....	16
Şekil 3.2. Etanol üretim aşamaları.....	20
Şekil 3.3. Bütanolün üretim şeması.....	24
Şekil 3.4. Alkol ve motor yakıtlarının yoğunluklarının karşılaştırılması.....	29
Şekil 3.5. Alkol ve motor yakıtlarının setan sayısının karşılaştırılması.....	30
Şekil 3.6. Alkol ve motor yakıtları araştırma oktan sayısı (AOS) değerlerinin karşılaştırılması.	31
Şekil 3.7. Alkol ve motor yakıtlarının viskozitelerinin karşılaştırılması.	32
Şekil 3.8. Alkol ve motor yakıtlarının buharlaşma ısılarının karşılaştırılması.....	33
Şekil 3.9. Alkol ve motor yakıtlarının kendi kendine tutuşma sıcaklığının karşılaştırılması.	34
Şekil 4.1. Deney motoru.....	42
Şekil 4.2. Emisyon cihazı kontrol paneli.....	43
Şekil 4.3. Dijital hassas terazi.	44
Şekil 4.4. Yükleme panosu.....	45
Şekil 5.1. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının özgül yakıt tüketimi.....	51
Şekil 5.2. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının özgül yakıt tüketimi.	51
Şekil 5.3. Farklı yüklerdeki benzin-bütanol karışımının özgül yakıt tüketimi.....	52
Şekil 5.4. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının CO emisyonuna etkisi. ...	55
Şekil 5.5. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının CO emisyonuna etkisi.....	55
Şekil 5.6. Farklı yüklerdeki benzin- bütanol karışımının CO emisyonuna etkisi. ...	56
Şekil 5.7. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının HC emisyonuna etkisi. ...	57
Şekil 5.8. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının HC emisyonuna etkisi.....	58
Şekil 5.9. Farklı yüklerdeki benzin- bütanol karışımının HC emisyonuna etkisi. ...	58
Şekil 5.10. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının NO _x 'e etkisi (ppm).	60
Şekil 5.11. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının NO _x 'e etkisi (ppm).	60
Şekil 5.12. Farklı yüklerdeki benzin-bütanol karışımının NO _x 'e etkisi (ppm).	61

ÇİZELGELER DİZİNİ

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 3.1. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	13
Çizelge 3.2. 2003–2006 yılları arasında Türkiye’de metanol kullanan sektörler, firma sayıları ve ihtiyaçları.	18
Çizelge 3.3. Benzin ve etanolun özellikleri.	19
Çizelge 3.4. Benzin ve bütanolün özellikleri.	23
Çizelge 3.5. Benzin ve alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	27
Çizelge 4.1. Deney motorunun teknik özellikleri.	42
Çizelge 4.2. Egzoz emisyonu cihazı teknik özellikleri.	43
Çizelge 4.3. Benzin-alkol karışım oranları.	46

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

sfc	: Özgül yakıt tüketimi (g/kWh)
C	: Karbon
C ₂ H ₅ OH	: Etanol
C ₃ H ₁₈	: Benzin
C ₄ H ₉ OH	: Bütanol
CH ₃ OH	: Metanol
CH ₄	: Metan gazı
CO	: Karbon Monoksit
H ₂	: Hidrojen
HC	: Hidro Karbon
H ₂ O	: Su
Me	: Motor momenti (Nm)
m _y	: Kütleli debi (g/s)
NO	: Azot Monoksit
NO _x	: Azot Oksit
O ₂	: Oksijen
Pe	: Efektif güç (kW)
P _{me}	: Fren ortalama efektif basınç (kPa)
ρ _y	: Yakıt yoğunluğu (g/cm ³)
η	: Verim (%)
ρ	: Yoğunluk (kg/m ³)
ε	: Sıkıştırma oranı
λ	: Hava/yakıt oranı
Δv	: Tüketilen yakıt hacmi (cm ³)
Δt	: Yakıt tüketme süresi (s)

KISALTMALAR

AOS	: Araştırma Oktan Sayısı
AÖN	: Alt Ölü Nokta
B5	: %5 Bütanol + %95 Benzin
B10	: %10 Bütanol + %90 Benzin
B20	: %20 Bütanol + %80 Benzin
E5	: %5 Etanol + %95 Benzin
E10	: %10 Etanol + %90 Benzin
E20	: %20 Etanol + %80 Benzin
HFK	: Hava Fazlalık Katsayısı
H/Y	: Hava Yakıt Oranı
M5	: %5 Metanol + %95 Benzin
M10	: %10 Metanol + %90 Benzin
M20	: %20 Metanol + %80 Benzin
MOS	: Motor Oktan Sayısı
OS	: Oktan Sayısı
ÖYT	: Özgöl Yakıt Tüketimi
ppm	: Particules per Million (Milyondaki Partikül Sayısı)
SO	: Sıkıştırma Oranı
TG	: Tutuşma Gecikmesi
Ü.Ö.N.	: Üst Ölü Nokta

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Günümüzde alternatif yakıtların motorlu taşıtlarda kullanılma sebepleri; petrol rezervlerinin yakın gelecekte tükenecek olması, fosil kökenli yakıtların açığa çıkardığı kirletici emisyonlar, fosil kökenli yakıtların motor performansını sınırlayıcı nedenleri yenilebilir alternatif yakıtların araştırılmasını zorunlu duruma getirmiştir. Kullanılacak alternatif yakıtın, yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ve mevcut teknolojide önemli bir yapısal değişiklik getirmeden doğrudan kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır. Petrole alternatif olabilecek başlıca motor yakıtları; alkoller (metanol, etanol, bütanol), doğalgaz, biyogaz, hidrojen ve bitkisel yağlardır [1,2].

Motorlu taşıtlarda yakıt olarak alkollerin denenmesi, petrol ürünlerine göre daha eski bir geçmişe sahiptir. Ancak, petrolün bulunması ve ürünlerinin motorlu taşıtlarda yakıt olarak kullanılmaya başlanması ile çalışmalar petrol üzerinde yoğunlaşmıştır. Yakıt amaçlı alkol üretim ve tüketimine yeteri kadar yatırım yapılmaması, alkolün petrol ürünlerine nazaran daha pahalıya mal olması, bünyesinde bulundurduğu su miktarının taşıt motorlarının yakıt sistemlerinde az da olsa korozyif bir etki yapması ve ayrıca faz ayrışması gibi nedenlerle yakıt amaçlı olarak alkoller yakın döneme kadar iyi bir gelişme gösterememiştir. Ancak, yakıt amaçlı alkoller üzerindeki araştırmaların birçoğu enerji krizleri döneminde yapılmış, krizler atlatıldıktan sonra çalışmalar yavaşlamıştır [3].

İçten yanmalı motorlarda kullanılacak yakıtların; ucuz ve bol miktarda üretilmesi, ısı değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeyde egzoz emisyonu oluşturması istenmektedir. Bu nedenle, alternatif olarak öne sürülen yakıtın en az bu özellikleri sağlaması gerekmektedir. Bu özellikleri sağlayan

başlıca alternatif yakıtlar genel olarak; yapay benzin, alkoller ve gaz yakıtlar olarak sınıflandırılmaktadır. Sözü edilen yakıtların motor yakıtı olarak kullanılması durumunda, alışlagelmiş motor yakıtlarına göre çeşitli üstünlüklerinin yanı sıra bazı olumsuzlukların da çıkacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [4].

Buji ile ateşlemeli motorlarda etanol veya metanol benzinle belirli oranlarda karıştırılarak motorda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın veya küçük değişiklikler yapılarak kullanılmaktadır. Ancak, bu yakıtlar benzine karıştırılmadan kullanılacaksa motorlarda bazı önemli değişiklikler yapılması gerekmektedir. Ayrıca, bu yakıtlar, yakıt sistemindeki bazı malzemeler üzerinde korozyon etkisi yaptığından yakıt sisteminin korozyona dayanıklı malzemelerden yapılması veya korozyon direnç gösteren malzemelerle kaplanması gerekmektedir.

Alkoller için söylenebilecek diğer önemli özelliklerden birisi düşük moleküler yapıya sahip olmalarıdır. Yapılarında oksijen bulundurmaları, diğer yakıtlarda bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermemelerinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaları da tercih edilme sebeplerinin başında gelmektedir. Ayrıca, yüksek oktan sayısı nedeniyle özellikle buji ile ateşlemeli motorlar için elverişlidir. Ancak, alkollerin depolama problemleri, üretiminin kısıtlılığı, enerji yoğunluğunun düşük olması kullanımını kısıtlamıştır [5].

Bu çalışmada, dört zamanlı, tek silindirli buji ile ateşlemeli bir motorda hacimsel olarak %5, %10 ve %20 oranlarında benzin-metanol, benzin-etanol ve benzin-bütanol karışımlarının farklı yüklerde (800W, 1600W, 2400W, 3200W ve 4000W) özgül yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır.

BÖLÜM 2

LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Petrol kaynaklarının hızla azalması, var olan kaynakların ise sınırlı olması, ekonomik ve politik farklılıklar, dış ülkelere bağımlılık ve hava kirliliği tüm ülkeler için geçerli problemlerdir. Dünya nüfusunun hızla artması, teknolojik gelişmelerin getirdiği hızlı sanayileşme enerji ihtiyacını günden güne arttırmaktadır.

Motorlu taşıtların tümü, petrolden üretilen yakıtlar ile çalışmaktadır. Ancak, Dünyadaki petrol rezervlerinin sınırlı olduğu bilinmektedir. Sınırlı enerji kaynakları ilerde potansiyel bir enerji yokluğunun olabileceğini ikaz etmektedir. Fosil yakıtların kullanımı ve çevresel bilinç, mühendislere ve bilim adamlarına temiz, yenilenebilir ve güçlendirilebilir enerji sistemlerinin geliştirilmesinin lazım geldiği düşüncesine yönlendirmektedir [6].

Jeopolitik açıdan çok önemli konumda olan ülkemiz, 1971 petrol krizi ve 1991 körfez savaşı gibi dönemlerde ekonomik açıdan çok ağır bedeller ödemiştir. Bu art arda yaşanan petrol krizleri ve bunlara bağlı olarak fiyatların artması, çeşitli önlemlerin alınması gerekliliği ile birlikte alternatif yakıtlara yönelmeyi zorunlu kılmıştır. Petrole bağımlılığın azaltılması ve gelecekte yaşanabilecek petrol krizlerinin en az sıkıntıyla atlatılabilmesi düşüncesi, alternatif yakıt arayışlarına ve bunların motor yakıtı olarak iyileştirilmesi çalışmalarının yoğunlaşmasına sebep olmuştur [7].

Motorlarda kullanılan alternatif yakıtlar ise aşağıdaki şekilde sınıflandırılmaktadır:

1. Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG),
2. Sıvılaştırılmış doğalgaz (LNG),
3. Sıkıştırılmış doğalgaz (CNG),

4. Alkol içeren yakıtlar (metanol (metil alkol), etanol (etil alkol) ve diğer alkollerin saf veya %70'den az olmayan karışımları),
5. Hidrojen,
6. Elektrik,
7. Biyolojik maddelerden üretilen alkol olmayan yakıtlar: soya yağı, ayçiçeği yağı, diğer bitkisel yağ esaslı yakıtlar.

Buji ateşlemeli motorlarda alternatif yakıtlar, genelde yakıt maliyetlerinin düşürülmesi ve kirlenici egzoz gazları emisyonunun azaltılması amacıyla kullanılmaktadır. Ancak; kullanılacak olan alternatif yakıtın mevcut taşıt performansını olumsuz etkilememesi, taşıt üzerinde hacim ve ağırlık bakımından depolama sorunu oluşturmaması, gerekli emniyet koşullarını sağlaması, dönüşüm sistemi maliyetinin düşük olması da önem taşımaktadır. Kullanılacak alternatif yakıtın üretim kapasitesi ve maliyeti de ayrıca önem taşımaktadır [8].

Buji ateşlemeli motor yakıtları üzerine yapılan çalışmalarda amaç; yakıtın oktan sayısını yükseltmek, motor performansını iyileştirmek ve zararlı egzoz emisyonlarını azaltmaktır. Ham petrol kaynaklarının sınırlı olması nedeniyle araştırmacılar, son yıllarda alternatif yakıtlara ilgi duymuşlardır. Benzin motorları için en ilgi çekici alternatif yakıtlar etanol ve metanol gibi alkollerdir. Etanol, ısıl değerinin daha yüksek ve buharlaşma ısısının daha düşük olması gibi metanole göre daha iyi özelliklere sahiptir. Çeşitli araştırmacılar, benzine belirli oranlarda etanol katılmasının motor tasarımında herhangi bir değişikliği gerektirmediğini vurgulamaktadırlar [9].

Yasal düzenlemelerin gerekliliklerini yerine getirmek için sadece motor tasarımında yapılacak değişiklikler yeterli olmamaktadır. Emisyonları azaltmak için katalitik sistemler uygulanmakla birlikte, alternatif yakıtlar üzerine çalışmalar devam etmektedir. Kullanılacak alternatif yakıtın, yenilenebilir kaynaklardan üretilmesi ve mevcut teknolojiye önemli bir yapısal değişiklik gerektirmeden doğrudan kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır [5].

Brezilya'da petrol bağımlılığını hızla azaltıp, ulaşımda etanol kullanımını %80'e çıkarmayı ve zararlı egzoz emisyonlarını azaltarak yasal sınırlar içerisinde tutmayı hedeflemektedir. Bu çabalar sonrasında etanol üretiminde dünya lideri haline gelmiştir.

Brezilya'nın, yıllık biyoetanol üretimi 20 milyar litredir. Brezilya'nın Amerika ile yaptığı anlaşma sonrasında, Brezilya'da üretilen biyoetanolün %66'sı Amerika'ya satılmaktadır. Böylece dünya üzerinde en çok biyoetanol kullanan ülke Amerika olmaktadır. Brezilya'da başlıca kullanılan biyoetanol hammaddesi, sıcak ve tropik koşullarda yetişen şeker kamışıdır. Yasal olarak, araçlarda minimum %26'lık biyoetanol kullanımı şart koşulmuştur [10].

Amerika Birleşik Devletleri, son iki seneye kadar biyoetanol üretiminde lider olan Brezilya'yı geride bırakarak, yıllık ortalama 39 milyar litre ile birinci sırada yer almaktadır. Şu anda işletmede olan 109 adet biyoetanol tesisi bulunmaktadır. 70 adet tesis ise halen inşaat halindedir. Amerika Birleşik Devletleri'ndeki genel biyoetanol yasal kullanım oranı %10'dur. Fakat bazı eyaletlerinde tarımsal ürünlerin daha fazla olması nedeniyle, çıkarılan yasa sayesinde 2008 yılı itibariyle biyoetanol benzine %20 oranında katılmaktadır. Hammadde kullanımı genelde, üretimi en çok yapılan mısırdır [11].

Türkiye'de çok yeni olan ve halen üzerinde çalışmalar yürütülen biyoetanol, ülkemizde benzine belirli oranlarda karıştırılarak kullanılabilir. Türkiye'de kullanılan enerjinin büyük çoğunluğu ithalat yolu ile elde edilmektedir. Bu kaynakların neredeyse hepsi, fosil kaynaklı enerjiler olduğundan, tüm dünya ile birlikte yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelimler söz konusu olmuştur. Biyoetanol de bu yenilenebilir enerji kaynaklarından biridir ve üretim ve kullanım açısından da oldukça cazip hale gelmiştir. Ancak, Türkiye'deki uygulamalar, yasal ve maddi destek sorunları nedeniyle ilerleyememektedir. Türkiye'de etanol ve benzinin karışım oranı yasal olarak %5 ile sınırlandırılmakla birlikte, Petrol Ofisi tarafından satışı yapılan biyobenzinde %2 oranında etanol katkısı bulunmaktadır. Oranın düşük tutulmasının nedeni, Maliye Bakanlığı tarafından yapılan düzenleme ile benzine

katılan biyoetanol için tanınan Özel Tüketim Vergisi muafiyetinin, %2 ile sınırlandırılmış olmasıdır [12].

Yüksel ve Yüksel, etanol-benzin karışımının karbüratörlü buji ateşlemeli bir motorda kullanımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemişlerdir. Etanol ve benzinin faz ayrışmasını engellemek için yeni bir karbüratör tasarlamışlar ve bu karbüratörün motor devrinin artırılmasıyla birlikte yakıt içerisindeki alkol oranını da artırdığını belirtmişlerdir. Motor ilk çalıştırıldığında sadece benzinle çalıştırılmış, motor devri arttıkça yakıt içerisindeki etanol oranı artmaya başlamıştır. Yakıt içerisinde etanol oranı arttıkça etanolün ısı değeri (26,7MJ/kg) benzinin ısı değerine (42,5 MJ/kg) göre daha düşük olduğundan dolayı özgül yakıt tüketiminin (OYT) arttığını, motor torku ve gücünün azaldığını, termal verimde ise önemli bir değişiklik olmadığını ifade etmişlerdir. Araştırmacılar, etanol içerisinde oksijen bulunduğu için yakıt içerisindeki etanol oranı arttıkça yaklaşık olarak %80 CO ve %50 HC emisyonların da azalma meydana geldiğini, tam yanma reaksiyonları arttığı için %20 CO₂ emisyonunda artış olduğunu belirtmişlerdir [9].

Yücesu ve ark, %10, %20, %40 ve %60 etanol-benzin karışımının motor performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Deneyler 6 farklı sıkıştırma oranı (8:1, 9:1, 10:1, 11:1, 12:1, 13:1) kullanılarak yapılmıştır. Araştırmacılar, kurşunsuz benzin kullanıldığında sıkıştırma oranının 11:1'e kadar artırılmasıyla birlikte motor torkunda da artış olduğunu, 8:1 sıkıştırma oranı ile 11:1 sıkıştırma oranı karşılaştırıldığında, 11:1 sıkıştırma oranında yaklaşık olarak %8 tork artışı olduğunu ifade etmişlerdir. Kurşunsuz benzin kullanımında 11:1 sıkıştırma oranı üzerindeki sıkıştırma oranlarında önemli bir değişiklik olmadığını gözlemişlerdir. E40 ve E60 etanol-benzin karışımlarında ise maksimum tork artışını 13:1 sıkıştırma oranında %14 olarak bulmuşlardır. Kurşunsuz benzin kullanımıyla minimum OYT 11:1 sıkıştırma oranında gerçekleşmiştir. E40 yakıtında minimum özgül yakıt tüketimini ise 2000 1/min'de 13:1 sıkıştırma oranında %15 olarak gözlemişlerdir. Sıkıştırma oranının artmasıyla birlikte, egzoz gazı sıcaklığında düşüş olduğunu fakat 10:1 sıkıştırma oranından itibaren sıkıştırma oranı arttıkça düşük oktan sayılı kurşunsuz benzin kullanımıyla detanasyon gerçekleştiği için egzoz gazı sıcaklığının arttığını ifade etmişlerdir. CO emisyonunda maksimum düşüş 2000

1/min'de E40 ve E60 yakıtı kullanımıyla %11, HC emisyonunda maksimum düşüş 5000d/d'da E40 yakıtında %9,9 ve E60 yakıtında %16,45 olarak gözlemlenmişlerdir [13].

Shenghua ve ark. üç silindri, buji ile ateşlemeli bir motorda metanol-benzin karışımı (%10, %15, %20, %25 ve %30 metanol) kullanarak, karışımın motor performansı, egzoz emisyonları ve soğuk çalışma özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Motorda herhangi bir değişiklik yapılmaksızın yakıt karışımı içerisindeki metanol oranı artırıldığında motor çıkış gücünde ve torkunda bir düşüşün olduğunu fakat tam yükte ateşleme avansı artırılması ile motor çıkış gücünde ve torkunda iyileşme olabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca, metanol kullanımıyla birlikte termal verimin tüm çalışma şartlarında iyileştiğini de belirtmişlerdir [14].

Araştırmacılar aynı motor devrinde (3000 1/min) ve kelebek açıklığında M20 karışımı ortalama efektif basıncının (0,91 MPa) benzinin ortalama efektif basıncından (0,88 MPa) daha yüksek olduğunu gözlemlenmişlerdir. Metanol-benzin karışımının HC ve CO emisyonlarını bir miktar düşürdüğünü fakat katalizör dönüşüm verimini hissedilir derecede etkilemediğini ifade etmişlerdir. Ayrıca karışım içerisindeki metanol oranı arttıkça formaldehit emisyonunun arttığını gözlemlenmişlerdir [14].

Bayraktar yaptığı çalışmada, bir buji ateşlemeli deney motorunda benzin-etanol karışımlarının kullanılmasının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini deneysel ve teorik olarak incelemiştir. Deneysel, benzine %1,5, 3, 4,5, 6, 7, 8, 9, 10 ve 12 oranlarında etanol katılarak hazırlanan karışımlarla gerçekleştirilmiştir. Motor her bir karışımla 7,75 ve 8,25 sıkıştırma oranlarında ve çeşitli devir sayılarında çalıştırılmıştır. Bu çalışmaya göre yakıt içindeki alkol oranı arttıkça CO emisyonunun azaldığı, özgül yakıt tüketiminin arttığını belirlemişlerdir. Sıkıştırma oranının artmasıyla efektif verimin arttığını tespit etmişlerdir [15].

Usta vd. yaptıkları çalışmada, biyodizel ve etanolü dizel motorlar için yenilenebilir alternatif yakıtlar olarak, farklı oranlarda dizel yakıtıyla karıştırarak dizel motorunda kullanılmıştır. Bu çalışmada etanol ve iki farklı biyodizelin özellikleri dizel yakıt ile

karşılaştırılmış, etanol ve biyodizellerin ön yanma odalı turbo dizel bir motorun performans ve emisyonlarına etkileri incelenmiştir. Kullanılan alternatif yakıtlar CO, is ve SO₂ emisyonlarının azalmasını sağlarken, NO_x emisyonunda artışa sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Etanol ilavesi güçte bir miktar düşmeye sebep olurken, biyodizel ilavesi dizel yakıtı göre çok az oranda güç artışı sağladığını beyan etmişlerdir [16].

Farooq tarafından dört zamanlı benzinli bir motor üzerinde yapılan çalışmada, etanol ve etanol-benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına olan etkileri incelenmiştir. CO miktarının karışımdaki etanol miktarının artmasına paralel olarak azaldığını, saf etanollü çalışmada CO miktarının benzinli çalışmadan düşük olduğunu tespit etmiştir. Karışımda etanol miktarı arttıkça HC miktarının azaldığını fakat saf etanol kullanımının HC miktarını arttırdığını göstermiştir. Karışımda etanol yüzdesi arttıkça NO_x emisyonu azalma göstermiş, en düşük değere saf etanollü çalışmada ulaşmıştır [17].

Guerrieri vd.. yapmış oldukları çalışmada, etanol-benzin karışımlarının taşıt ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmışlardır. Egzoz emisyonları ve yakıt ekonomisi, 1990 ve 1992 yıllarında üretilen altı araçta benzin ve hacimsel olarak %10-40 oranlarında etanol bulunan dokuz farklı etanol-benzin karışımları kullanılarak test edilmişlerdir. Emisyonlar, karışımdaki etanol miktarına bağlı olarak lineer bir değişim göstermiştir. En yüksek etanol karışımında, toplam HC emisyonu %30, CO emisyonu %50, yakıt ekonomisi %15 azaldığını açıklamışlardır [18].

Wu vd.. yaptıkları çalışmada E0, E5, E10, E20 ve E30 yakıtlarının performans ve emisyonlara etkisini değişik hava fazlalık katsayısı değerlerinde incelemişlerdir. E30 yakıtlı çalışmada motor torkunun yaklaşık %4 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca karışımdaki alkol miktarı arttıkça CO, HC ve CO₂ emisyonların azaldığı belirlenmiştir [19].

Abu-Qudais vd., benzinli bir motorda karbüratör üzerinde birtakım değişiklikler yaparak metanol-benzin karışımının motor performansı ve egzoz emisyonlarına

etkisini incelemişlerdir. Geliştirilen karbüratör sayesinde yakıt ekonomisinde ve emisyonlarda iyileşme olduğu tespit etmişlerdir [20].

Qi vd., tarafından yapılan bir çalışmada metanol-benzin karışımlarının özellikleri ile motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkileri incelenmiştir. M10 yakıtı ile çalışmada yakıt tüketimi değişmediğini, ancak M25 yakıtında bütün yüklerde yakıt tüketimi önemli ölçüde arttığını ifade etmişlerdir [21].

Yamin vd., tarafından yapılan bir çalışmada benzin içerisine değişik oranlarda (%5, 10, 15, 20, 25) metanol katılarak motor test edilmiştir. Metanol ilavesi ile karışım yakıtının oktan sayısı artmıştır. Karışımdaki metanol yüzdesinin artmasıyla birlikte performansın arttığını belirlemişlerdir [22].

Liu vd., tarafından yapılan bir çalışmada M10 yakıtının egzoz emisyonlarına etkisi incelenmiştir. M10 yakıtının aynı güç için daha yüksek termik verime sahip olduğu ve bütün çalışma şartlarında CO ve HC emisyonlarının azaldığı açıklanmıştır [23].

BÖLÜM 3

BUJİ İLE ATEŞLEMELİ MOTORLARDA ALTERNATİF YAKIT KULLANIMI

Yaşanan petrol krizleri, petrol kökenli yakıtların dünyadaki rezervlerinin azalması, petrol fiyatlarında görülen dalgalanmalar ve bu tür yakıtların yarattığı çevre kirliliği nedeni ile içten yanmalı motorlarda petrol dışında alternatif motor yakıtı arayışlarını arttırmıştır [2]. İçten yanmalı motorlarda kullanılacak alternatif yakıtların; ucuz ve bol miktarda üretilebilmesi, ısıl değerlerinin yüksek olması, kolayca depolanabilmesi ve taşınabilmesi, yüksek sıkıştırma oranlarında çalışmaya olanak vermesi ve düşük düzeyde egzoz emisyonu oluşturması istenir.

Alternatif yakıtlar genel olarak; alkoller (etanol, metanol, bütanol), biyodizel, doğalgaz, hidrojen ve biyogazdır. Alkol ve alkol-benzin karışımları bunların başında gelmektedir. Petrol kökenli yakıtlara alternatif olarak kullanılan alkollerin petrole olan bağımlılığı azaltması yanında, kirletici egzoz emisyonlarını da azaltmaktadır [24]. Sözü edilen yakıtların motor yakıtı olarak kullanılması durumunda, alışlagelmiş motor yakıtlarına göre çeşitli üstünlüklerinin yanı sıra bazı olumsuzlukların da çıkacağı araştırmacılar tarafından belirtilmektedir [4].

İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılan en yaygın alkol metanoldür. Biokütle kaynaklarından üretilmesi nedeniyle metanol bir tarım ülkesi olan ve zengin linyit rezervlerine sahip Türkiye için oldukça önemlidir. Bu nedenle ülkemizde metanol üretiminin devlet tarafından desteklenmesi gerektiği düşünülmektedir. Alkol fiyatlarının benzine göre yüksek olmasına rağmen, petrol kaynaklarının tükenebilir kaynak olmasından dolayı gelecekte petrolden daha ucuz olacağı düşünülmektedir. Metanolün benzin motorlarında direkt kullanılması ile birçok problem ortaya çıkabilmektedir. Bu problemlerin ana sebebi yanmanın tam olarak sağlanamamasıdır. Saf metanolün kullanımı sonucu, karbüratör

ayarlarının bozulması, aşırı motor birikintisi, yağlama yağı seyrelmesi, piston segmanı aşınması, silindir yüzeylerinde aşınma ve motorda yağlama yağının bozulması gibi arızalar görülebilir. Belirtilen bu faktörlerin yanında metanol kullanımında, soğuk havada zor çalışma, kötü ateşleme, ateşleme yapılamaması gibi faktörlerde, uzun süreli çalışmalarda ortaya çıkmaktadır. Metanolü çeşitli oranlarda benzinle karıştırarak, benzin yakıtına yakın özellikler taşıyan bir yakıt elde edilebilmektedir [25].

3.1. ALKOLLER

İçten yanmalı motorlarda kullanılabilen alkol çeşitleri metanol (CH_3OH), etanol ($\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$) ve bütanol ($\text{C}_4\text{H}_9\text{OH}$)'dür. Alkoller motor yakıtlarına göre daha küçük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları, motor yakıtlarında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermemelerinden dolayı egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır [2]. Yapılarında bulunan oksijen sayesinde daha parlak ve daha hızlı bir yanma sağlanmaktadır. Yanma hızının artırılması, yanma verimini iyileştirmekte ve motorun kararlı çalışması sağlanmaktadır. Ayrıca, hızlı bir yanma ile yüksek sıkıştırma oranlarına çıkarılarak motor vuruşu yapmadan verim artırılabilir.

3.1.1. Metanol

Kimyasal formülü CH_3OH olan metanol çok hafif hissedilebilen, renksiz, kokusuz zehirli bir alkol çeşididir. Metanol benzine ve motorine göre daha geniş tutuşma aralığına sahiptir. Bu sebeple depodaki doymuş buhar, çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilmektedir. Ağırlığının %49.9'unu yakıcı özelliği bulunan oksijen oluşturur. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de gösterilmektedir.

Gizli buharlaşma ısısı çok yüksek olan metanol emme manifoldunda buhar fazına geçerek benzine göre 4 kat daha fazla ısı çekmektedir. Bu durum volümetrik verimi artırıcı yönde emme manifolduna dışarıdan ısı verilmiyorsa karbüratörden çıkışta buharlaşmak için yeterli ısıyı bulamayan metanol silindir içerisine sıvı fazda gireceğinden HC emisyonlarını artırır. Bununla beraber sıvı yakıtın silindir

cidarlarındaki yağ filmini bozacağı, kartere inen sıvı metanolün motor yağını da bozacağı aşıkardır. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütleli hava miktarı 6.44 kg'dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantaj olmakla beraber alt ısı değerinin benzine göre 2.2 kat daha düşük olması bir dezavantajdır.

Metanolün güvenilirliği ile ilgili de bazı problemler vardır. Bunlardan bir tanesi, metanolün yanma ve yakıcılık özelliğidir. Metanol kesinlikle yanıcı bir maddedir. Bir diğer önemli problem ise metanolün görünmez alev ile yanmasıdır. Bu durum bazı gruplar tarafından tehlike olarak görülürken, bazı gruplar ise bunu bir avantaj olarak değerlendirmektedir. Örneğin; ABD'deki araba yarışlarında yakıt olarak kullanılan metanolün, bu görünmez alev yüzünden daha güvenli olduğu öne sürülmektedir. Çünkü alev görünmez olduğu için yanan aracın içi gözükmemekte ve böylece kurtarma çalışmaları daha kolay yapılabilir. Bazı görüşlerde; yanan alev gözle görülüp anlaşılacağı için tehlikeli olduğu düşünülmektedir. Açıkta olan metanol su ile çok kolay bir şekilde karışabildiğinden, atmosfer ile suya karışıp metanol-su karışımı ortaya çıkmaktadır. Bu karışım son derece korozif olduğu için, metanolün depolanmasında standart çelik tanklar yerine, paslanmaz çelik tanklar kullanılmaktadır. Metanol aynı zamanda iyi bir çözücüdür. Bu yüzden sızdırmazlık malzemeleri seçilirken dikkat edilmeli ve plastik, kauçuk gibi malzemeler tercih edilmelidir [26].

Çizelge 3.1. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri [27].

	Metanol
Kimyasal denklemi	CH ₃ OH
C/H Oranı	0,25
Molekül Ağırlığı	32,04
Yoğunluk (g/cm ³) sıvı	0,79
Isıl değeri (MJ/kg)	20,1
(MJ/L)	15,9
Stokiyometrik Karışım hava/yakıt (kütleli)	6,44
hava/ yakıt (hacimsel)	7,14
Buharlaştırma ısısı (MJ/kg)	1,10
Tutuşma sınırları % (hacimsel), hava fazlalık katsayısı	6 – 37 0,24 – 2,22
Laminar alev hızı (m/s)	0,52
Adyabatik alev sıcaklığı (°C)	1878
Kaynama noktası (°C)	65,1
Donma noktası (°C)	-97,6
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470
Oktan sayısı ROS (Araştırma oktan sayısı)	110

Metanolün belirli bir hacimdeki enerji yoğunluğu benzine göre daha düşük olduğundan benzin ile kat edilen bir mesafeyi kat etmek için daha fazla metanol kullanımına ihtiyaç vardır. 1,7 litre metanol 1 litre benzinin verdiği enerjiye eşit miktarda enerji vermektedir. Bu da yakıt tanklarının daha geniş ve ağır olması demektir. Böylece hem taşıtlardaki depoların büyütülmesi gerekecek ve yer kaybına neden olunacak, hem de taşıtta benzine göre daha fazla bir yükün taşınmasına neden olacaktır. Ayrıca standart yakıt pompalarının kullanılması durumunda dizel yakıtın verdiği enerjiye eşdeğer enerjiyi metanol yakıtından elde etmek için, daha fazla miktarda metanol yakıtın püskürtülmesi gerekmektedir. Bu sebeple pompa ve enjektörden geçen yakıt miktarı önemlidir [28].

Metanolün petrole göre ısı değeri daha düşük, buharlaştırma ısısı yüksektir. Buharlaştırma ısısının yüksek oluşu motorlarda soğukta ilk hareketi zorlaştırmaktadır. Metanolün buharlaşmasına yardım etmek amacı ile su ile ısıtılan emme manifoldu, 100°C'tan düşük sıcaklıklarda ilk harekete yardımcı yakıt sistemler kullanılmaktadır.

Metanolün benzinle karıştırılarak kullanılmasındaki en önemli sorun, faz ayrışmasıdır. Alkollerin higroskopik özelliklerinden dolayı, pratik olarak benzin +

alkol + sudan oluşan üçlü bir karışım, motor yakıtı olarak kullanıldığında, homojen olması gereken sistemde, daima iki ayrı sıvı fazı oluşmaktadır. Bu ayrışmada, üst faz benzin, alt faz ise alkol bakımından zengin olmaktadır. Ayrışmış karışımla çalışan bir motorda, alkol fazı tek basına motora ulaştığında, yakıt yetersizliği ve gücün aniden düşmesine bağlı olarak, motorda tekleme, sarsıntılar ve ilk hareket zorlukları olmaktadır. Metanollü benzinlerde faz ayrışması; alkol, su miktarı, ortam sıcaklığı ve benzinin bileşimine bağlı olarak değişmekte ve genel olarak sıcaklık düştükçe faz ayrışması olasılığı artmaktadır. % 5–20 metanol içeren alkollü karışımların faz ayrışma sıcaklığının değişimi üzerinde yapılan bir incelemede; üçlü karışımdaki su miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının yükseldiği, benzinin içerisindeki aromatik hidrokarbonların artması ile faz ayrışma sıcaklığının düştüğü, ayrıca metanol miktarının artması ile faz ayrışma sıcaklığının yükseldiği belirlenmiştir [29].

Yapılan çalışmalar sonucu metil alkolün benzinli motorlarda daha verimli kullanılabilmesi için bazı değişikliklere ihtiyaç olduğu tespit edilmiştir. Bu değişiklikler aşağıdaki gibi özetlenebilir:

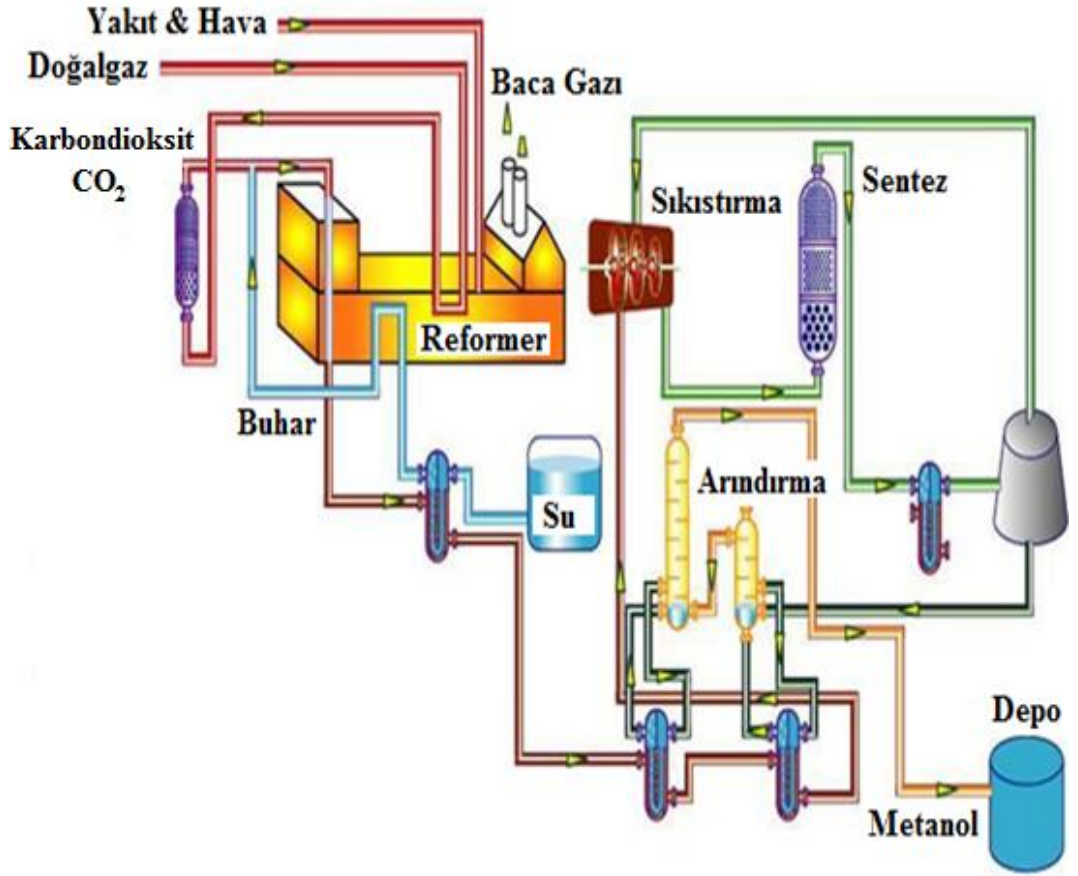
1. Metanolün alt ısıl değeri benzine nazaran çok daha düşüktür. Aynı gücü elde edebilmek için motora daha çok yakıt sevk edilmelidir. Metil alkol için gerekli hava-yakıt oranı 7,5/1 olduğundan istenilen performans değerlerini elde etmek için yakıt meme çapı büyütülmelidir.
2. Metanolün buharlaşması için benzine nazaran daha fazla ısı enerjisine ihtiyaç duyulmakta ve daha düşük sıcaklıklarda yoğurmaktadır. Bunun sonucu, motorun ilk harekete geçmesi için sıcak havaya ihtiyaç duyulmakta ve yoğuşması için de ısının yüksek tutulması gerekmektedir.
3. Metil alkolün saflık derecesinin yüksek olması tercih edilmektedir. Saflık derecesi arttıkça enerji kapasitesi artar. Saflığın derecesinin yeterli olmadığı durumda karbüratörde korozyona sebep olmaktadır.
4. Sıkıştırma oranı 8,5/1 olan bir motor, metil alkol kullanılması durumunda sıkıştırma oranı 11/1'e yükseltilmelidir.

5. Metil alkol kullanılması durumunda silindire alınan yakıt miktarının fazla olmasından dolayı volümetrik verimi arttırmak için emme supabı çaplarının büyütülmesi gereklidir [30].

Yukarıda belirtilen şartlar sağlandığı takdirde, metil alkol Otto motorlarında motor yakıtı olarak verimli ve temiz bir şekilde kullanılabilir.

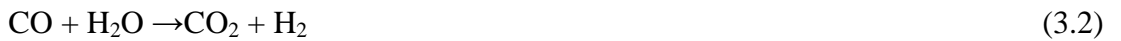
3.1.1.1. Metanol Üretimi

Metanol üretimi düşük basınçta sentez prosesi yaparak gerçekleştirilir. Üretimde, hidrojen sağlamak için doğalgaz (% 96 metan) ve oksijen sağlamak için su olmak üzere iki ana hammadde kullanılır. Şekil 3.1. de metanol üretim prosesine ait aşamalar görülmektedir. Bu hammaddeler ile bir dizi kimyasal reaksiyon zinciri sonunda arıtılmamış ham metanol üretilir ve metanol rafine edilerek % 99,9 oranında saflık sağlanır.



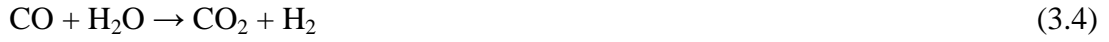
Şekil 3.1. Metanol üretim prosesi [31].

Arındırma adımı; iki ana ham bileşen doğalgaz ve su kullanılmadan önce arındırılması gerekmektedir. Doğalgaz çok düşük seviyede sülfür bileşiği içerir ve sülfürizasyonun düşürülmesi gerekmektedir. Su, fark edilmez ve görünür kirliliği buhar dönüşümü başlamadan düşürülmelidir. Eğer arındırma gerçekleştirilmezse, bu kirlilikler ısı verimi düşürmekte ve sistem ekipmanları üzerinde hasar olmaktadır. Reformasyon adımı ile metan gazı (CH₄) ve su buharı (H₂O), hidrojen (H₂), CO₂ ve CO'ye dönüşmektedir [31].



CO₂ verimli metanol üretim oranı içinde bileşik karışımı oluşturmak için bu safhada besleyici gaz buharına eklenir. Bu proses reformasyon yanması olarak adlandırılır.

Metanol sentezi, reformasyondan oluşan fazla ısı alındıktan sonra metanol üretim safhası için sentez reaktörüne gönderilmeden önce sıkıştırılır ve reaktörde ayrılma işlemi olmadan arındırılmamış (%68) metanol ve (%31) su karışımı oluşur. Metanol reaksiyonunda çevrim boyunca %5 oranında reaksiyona girmeyen inert gazlar oluşur.



Bu gazlar tekrar sentez reaktörüne gönderilerek sisteme tekrar kazandırılır. Bu safhadan sonra metanolün arındırma safhasına geçilir. Arındırma safhası; %68 metanol solüsyonu iki farklı adımla damıtılarak %99 saflıkta metanol üretilir. Metanol prosesi değişik safhalarda sürekli test edilip bilgisayar kontrollü olarak kayıtları kontrol altına alınmaktadır. Müşteriye dağıtılmak için yüksek güvenlik seviyesine sahip depolarda tutularak bekletilir. %99 saflıkta metanol deniz aşırı pazarlara gemi tankerleri ile gönderilirken lokal satışlar içinde borular ya da variller kullanılır [31].

3.1.1.2. Türkiye’de Metanol Üretimi, Kullanımı ve Ticareti

Türkiye’de, sanayi girdisi olarak kullanılacak miktarlarda metanol üretimi söz konusu değildir. Ancak çeşitli üretimlerde yan ürün olarak metanol elde edildiği bilinmektedir. Örneğin, kapsülden ham morfin üretimi sırasında fermantasyon süreci sonrasında yan ürün olarak metanol üretilmektedir. Ayrıca, di metil tereftalat (DMT) üretiminde metanol kullanıldıktan sonra, kullanılan metanolün geri kazanımı da söz konusu olabilmekte ve geri kazanılan metanol de, DMT üretiminde tekrar değerlendirilmektedir. Metanol üretiminin olmadığı ülkemizde, birçok sanayi dalında kullanılan metanol sadece ithalatının yapılması suretiyle temin edilmektedir. Çizelge 3.2’de 2003–2006 yılları arasında Türkiye’de metanol kullanan sektörler, firma sayıları ve ihtiyaçları verilmiştir.

Ülkemizde metanol başlıca sanayi kollarından ağaç ürünleri sanayinde formaldehit üretiminde, kimya sanayinde kimyasal madde, tiner, jel yakıtı, biyodizel vb.

üretimlerinde, ilaç sanayinde hammadde veya çözücü olarak kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra hacim olarak büyük olmamakla birlikte metanolün birçok başka sahada da kullanımı mevcuttur [28].

Çizelge 3.2. 2003–2006 yılları arasında Türkiye’de metanol kullanan sektörler, firma sayıları ve ihtiyaçları [28].

Metanolün kullanıldığı sanayi/ üretim konusu	Firma sayısı	Toplam yıllık metanol tüketim kapasitesi (ton / yıl)
Biyodizel Üretimi	158	427.635
Ağaç Ürünleri Sanayi	9	332.665
Kimya Sanayi	44	243.944
Diğer	71	60.415
İlaç Sanayi	10	43.742
TOPLAM	292	1.108.401

3.1.2. Etanol

Etanol renksiz, saydam hafif kokulu bir sıvıdır. Kimyasal formülü C_2H_5OH olan etanol motor özellikleri açısından hemen hemen metanolla aynı sayılabilir. Buharlaşma gizli ısısı metanolden 1,3 kat daha azdır. Buharlaşma esnasında emme manifoldundan daha az ısı çekmesi soğukta ilk hareket kolaylığı sağlamaktadır. Enerji yoğunluğunun metanole göre daha yüksek olması motorlu araçlarda daha küçük boyutlarda yakıt deposunun kullanılmasına imkan tanımaktadır.

Çizelge 3.3.’de benzin ve etanolün özellikleri verilmiştir. Etanol, düşük ısıl değeri ve yüksek buharlaşma ısısı nedeniyle emilen taze karışım üzerinde soğutucu etki oluşturabilir ve bu da motorun volümetrik veriminin artmasına neden olabilir. Yüksek volümetrik verim nedeniyle etanol ile çalışan motorların momenti ve gücü yüksek olabilir. Taze dolgu sıcaklığının düşmesi ve motorun daha fakir karışımlarla çalışması gibi nedenlerle CO ve NOx emisyonlarında önemli azalmalar oluşabilir [15].

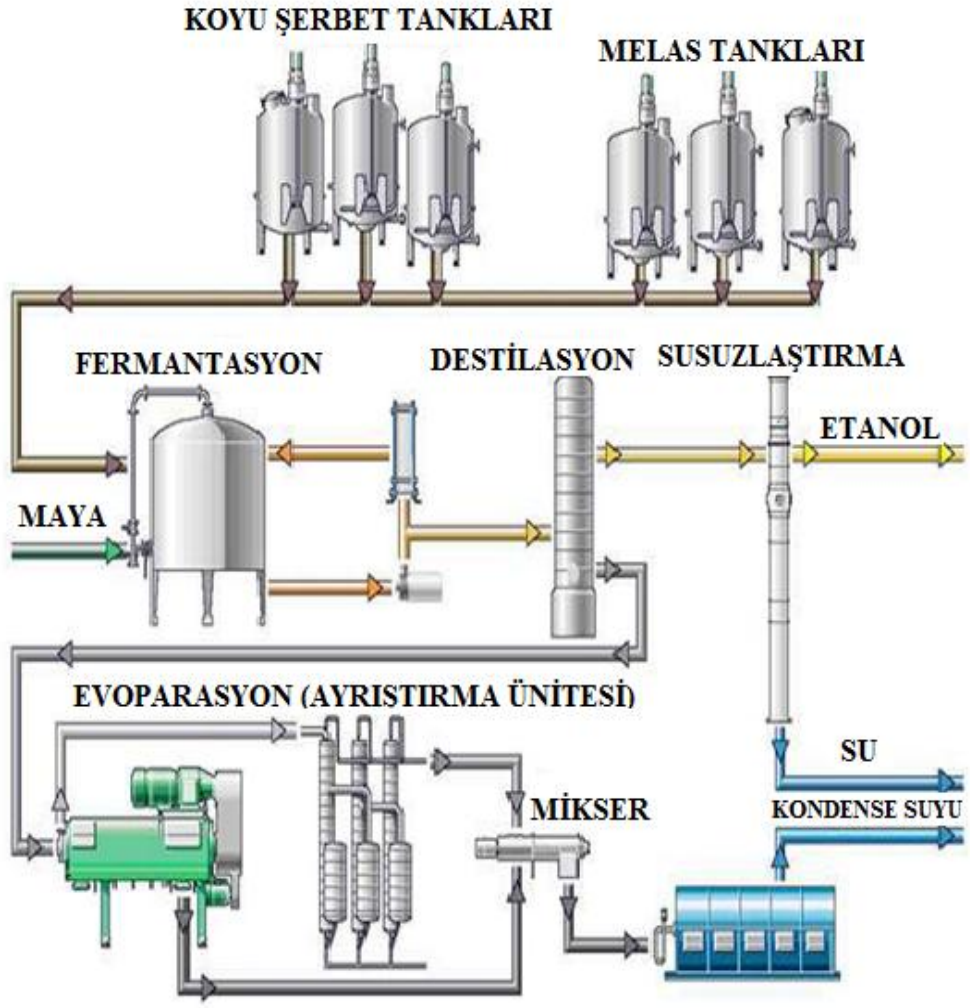
Bununla birlikte, yüksek buharlaşma ısısı ve düşük buhar basıncı soğuk havalarda buharlaşma sorunlarına yol açabilir. Gerekli buharlaşmayı sağlamak için etanola ya da benzin-etanol karışımlarına buharlaşmayı kolaylaştırıcı katkı maddelerinin katılması gerekir.

Çizelge 3.3. Benzin ve etanolun özellikleri [15].

	Benzin	Etanol
Kimyasal denklemi	C_8H_{18}	C_2H_5OH
C/H oranı	0,445	0,333
Molekül ağırlığı(kg/kmol)	114,18	46
Alt ısıl değeri(kJ/kg)	44,3 x 103	26,9 x 103
Stokiyometrik H/Y oranı	14,6	9
Buhar basıncı (kPa, 23.5°C)	60-90	17
Kendi kendine tutuş. sic.(°C)	257	425
Araştırma oktan sayısı	91-100	106
Motor oktan sayısı	82-94	89

3.1.3. Etanolün Üretilmesi

Etanol, karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan sıvı alkoldür. Etanol, nişasta gibi şekere dönüştürülebilen (karbonhidratlar) veya şeker ihtiva eden (tahıl tohumu gibi) her biyolojik kaynaktan üretilmektedir. Dünyada etanol öncelikle mısır tanesi ve tahıl gibi tohumlardan damıtma yöntemiyle (distilasyonla) üretilmektedir. Her ne kadar selülozik etanol teknolojisi hala gelişmekte ve klasik üretim işlemleriyle fiyat karşılaştırması yapılmamış olmasına rağmen etanol, tarımsal ve odun artıkları ve hızlı büyüyen ağaçlar ve otlar gibi selüloz malzemelerden de üretilmektedir. Yaygın olarak mısır, patates, tahıllar, şeker pancarı, şeker kamışı gibi tarım ürünlerinden üretilmektedir [32]. Etanol üretim tesisinin genel şeması Şekil 3.2 de görülmektedir.



Şekil 3.2. Etanol üretim aşamaları [33].

3.1.3.1. Türkiye’de Etanol Üretimi

Türkiye’nin yıllık benzin tüketimi yaklaşık olarak 4 milyon tondur. Bu miktarın %2’si 80.000 ton, %5,75’i (Avrupa’nın 2010 yılı itibarı ile kullanmayı taahhüt ettiği biyoetanol oranı) 350.000 ton’dur [33].

Ülkemizde yakıt alkolü üretimini yapan bir tesis bulunmakta, ancak kapasitesi ihtiyaca cevap vermemektedir. Bu tesis dışında, Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. bünyesinde Turhal, Malatya, Erzurum ve Eskişehir Şeker Fabrikaları’nda alkol tesisleri bulunmakta ancak teknolojik olarak ilave yatırımlar ile geliştirilerek çalıştırılmaları gerekmektedir. Pankobirlik bünyesinde ise; Amasya Şeker Fabrikası’nda, alkol tesisleri (İçecek Alkolü) mevcuttur. Konya Şeker Fabrikası ise Türkiye’nin en büyük kapasiteli biyoetanol fabrikasının kuruluş çalışmalarına başlamıştır. Planlanan tesisin, %2 karışım oranında ülkemizin tüm ihtiyacına cevap verebileceği öngörülmüştür [34].

Yurdumuzda akaryakıtlara uygulanan Özel Tüketim Vergisi oranının, etanol üzerinden kaldırılması halinde, ülkemiz hazinesinin uğrayacağı kayıp, yurt dışından aynı miktar yakıtı üretmek için yapılacak ham petrol ithalatı ve biyoyakıt üretiminin yurt içi piyasasına sağlayacağı katma değerden çok daha az olacaktır. Bu bedelin yurt içinde kalmasının yanı sıra pancar tarımının özellikleri gereğince kullanılan; kimyevi gübre, tarımsal alet ve makineler, zirai mücadele ilaçları, taşımacılık sektörü, yan ürünleri ile hayvancılık sektörüne sağlanan katkılar ve istihdam ilave ekonomik katma değerler olarak dikkate alındığında tüm bu katma değerlerin getirisi çok daha fazla olacaktır. Böylece, yerli tarım ürünlerinden elde edilecek etanol ile yurdumuz, yatırım ve istihdam avantajlarının yanı sıra, ilave katma değer sağlayacak ve dışa bağımlı enerji kullanımı da azalmış olacaktır.

3.1.4. Bütanol

Tarihsel olarak incelendiğinde, Birinci ve İkinci Dünya Savaşları’nda bütanol üretimi fermantasyon yoluyla yapan fabrikalar bulunmaktaydı. Fakat petrokimya endüstrisinin gelişimi nedeniyle, petrokimyasal olarak elde edilen bütanol ile,

fermantasyon yoluyla elde edilen bütanol rekabet edebilecek durumda değildi. Kuraklığın etkisiyle ortaya çıkan fermentasyon için gerekli olan hammadde (melas, şeker kamışı, buğday samanı vb.) kıtlığı 1980'lerin başında Güney Afrika'da son biyo tabanlı bütanol fabrikasının faaliyetinin durmasına yol açtı. Ancak son zamanlarda fermentasyon yoluyla bütanol üretimi canlılık kazanmaya başladı. Araştırmacılar proses teknolojileri ve daha üstün mikrobiyal kültürlerin gelişimine yöneldi. Bu gelişmeler sonucunda Dupont (USA) ve British Petroleum (BP, İngiltere) biyo tabanlı mayalanabilen ticari amaçlı planları olduğunu ilan ettiler. Şirketlerin yapmış olduğu çalışmalar sonucunda biyoyakıtların üretim maliyetini etkileyen en önemli etkenin, mayalanabilen maddelerin maliyeti olduğu belirlenmiştir [35].

Kütlesel olarak metanolün oksijen yüzdesi %49,9, etanolün oksijen yüzdesi %34,7'dir. İzo-bütanolde bu oran %21,6'dır [59].

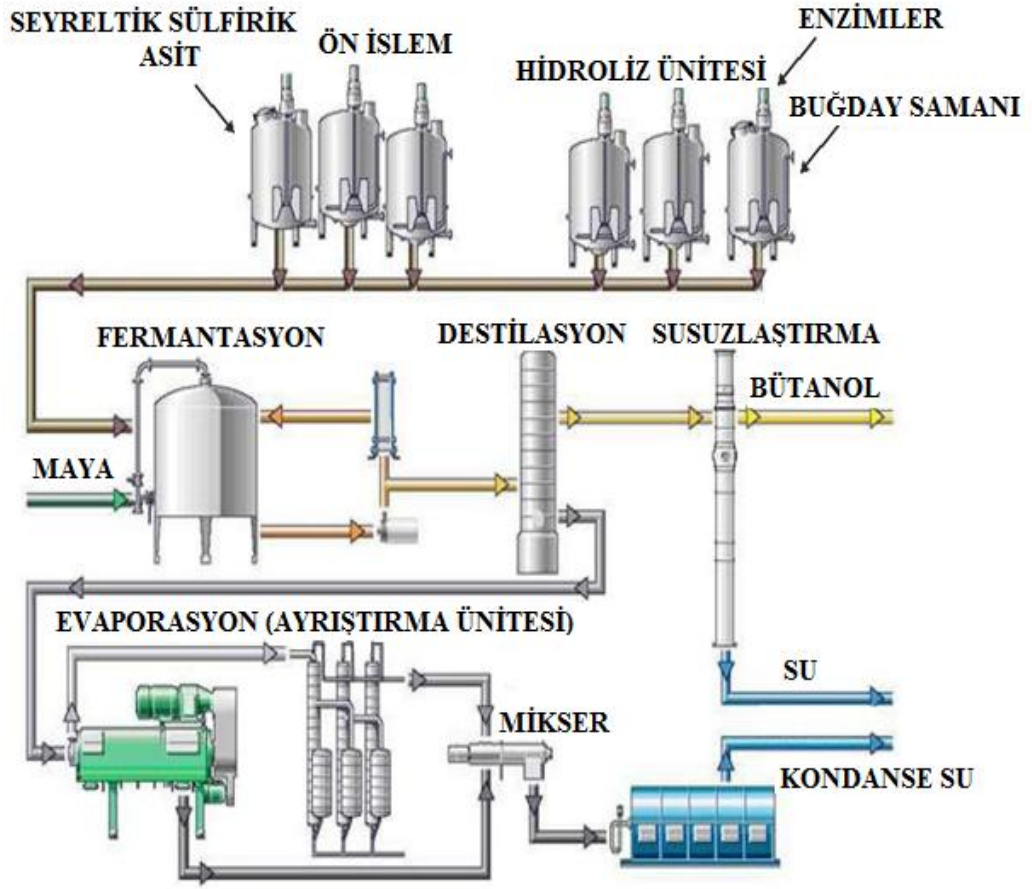
Bunun yanında bütanol, bir hidrokarbon yakıtı içerisinde suyun tutulmasını artırmaktadır ve böylece yakıtın oktan sayısını artırmakta ve NOx emisyonlarını da düşürmektedir [36]. Çizelge 3.4. Benzin ve bütanolün özellikleri verilmektedir. Bütanol, bu ve benzeri özellikleri bakımından etanole göre benzine daha yakın olarak görülmektedir.

Çizelge 3.4. Benzin ve bütanolün özellikleri [37].

Özellikler	Bütanol	Benzin
Kimyasal formül	C ₄ H ₉ OH	C ₈ H ₁₈
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	74,12	100-105
Alt ısıt değer (kJ/kg)	32010	44300
Stokiyometrik H/Y oranı	11,2	14,7
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	44	48-108
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	390	257
Araştırma oktan sayısı (AOS)	96	88-100
Motor oktan sayısı(MOS)	78	80-90
Kaynama noktası (°C)	117,2	27-225
Donma noktası (°C)	-89,5	-40
Yoğunluk (kg/m ³)	802	730
Viskozite (mPa s, 20°C)	2,55	0,4 – 0,8
Buharlama ısısı (kJ/kg)	584	360

3.1.4.1. Bütanolün Üretimi

Bütanol; karbon, hidrojen ve oksijenden oluşan sıvı alkoldür. Bütanol, içerisinde şeker ihtiva eden her biyolojik kaynaktan üretilebilmektedir. Dünyada bütanol öncelikle ABE yöntemiyle mayalanabilen maddelerden üretilmektedir. Ancak ne ticari etanol üretim kültürleri ne de bütanol üretim kültürleri bu mayalanabilen maddeleri hidroliz edemezler. Bu nedenle hidroliz enzimler (Cellulase, B-glucosidase ve Xylanase) ve bir ön işlem kombinasyonu (asit, alkali veya amonyak patlaması) tekniklerini kullanan fermantasyondan önce, bu mayalanabilen maddelerin hidroliz edilmesi gerekir. Mayalanma ile üretilen etanolün aksine, bütanolün ürün atıklarının hidrolizi ve ön işlemi sonucunda elde edilen hekzan ve pentoz şekerleri bütanol üretim kültürlerinde kullanılabilir [35]. Şekil 3.3.'de bütanol üretim sistemi şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 3.3. Bütanolün üretim şeması [33].

3.1.4.2. Bütanolün Depolanması

Genellikle yakıtın depolanmasında buharlaşma ısısı önemli bir faktördür. Bütanolün de buharlaşma ısısının yüksek olduğundan depolanması diğer alkollere göre daha kolaydır. Tüm alkollerde olduğu gibi tutuşturucu ve ısı kaynaklarından uzak olarak iyi havalandırmaya maruz kalan bir yerde saklanmalıdır. Ayrıca, elektrostatik yüklemelerin olmaması için depolanan yerde önlemler alınmalıdır.

3.2. ALKOLLERİN İÇTEN YANMALI MOTORLARDA KULLANILMA YÖNTEMLERİ

Alkollerin içten yanmalı motorlarda kullanılması sırasında farklı yöntemler uygulanmıştır. Her bir yöntemin avantaj ve dezavantajları aşağıda açıklanmıştır.

3.2.1. Motor Yakıtlarının İçerisine Belirli Oranlarda Karıştırılması

Bu metotta alkoller, motor yakıtlarının içerisine hacimsel ya da kütlesel olarak karıştırılarak kullanılmaktadırlar. Bu tür çalışmalarda motorda herhangi bir değişikliğe gereksinim duyulmamaktadır [38]. Motor yakıtlarına yüksek oranlarda alkol ilavesi faz ayrışmasına neden olmaktadır. Faz ayrışmasının önlenmesi için belirli oranlarda başka kimyasallarında katıldığı görülmektedir. Motor yakıtlarının içerisine farklı oranlarda ağır alkollerin ilavesinin yakıtların termodinamik aktivasyonunu artırdığı da görülmektedir.

3.2.2. Emme Manifolduna Püskürtülerek ya da Buhar Halinde Verilerek Kullanılması

Bu kullanım şekli manifoldtan direk olarak alkol kullanılması gibi, emme manifolduna motor yakıtına ilave olarak buhar halinde ya da püskürtme şeklinde alkol ilavesidir. Alkollerin buharlaşma ısısının yüksek olması emme manifoldunda buharlaşırken etrafından ısı çekerek havanın yoğunluğunu düşürmektedir. Bu da emme manifolduna daha çok hava girmesine neden olmakta ve volumetrik verimin artmasını sağlamaktadır. Bu yöntemde artan devre göre alkollerin püskürtülmesi ve buhar olarak verilmesini ayrıca bir donanım ve maliyet oluşturmaktadır. Yine, alkollerin yüksek oranda su tutması korozyona sebep olduğundan emme manifoldlarının korozyona sebep olmayan malzemelerden yapılması gerekmektedir [39].

3.2.3. Alkol ve Motor Yakıtlarının Bir Karıştırıcıda Belirli Oranlarda Karıştırılarak Motora Gönderilmesi

Bu tür kullanımda alkol ve motor yakıtları için farklı iki tip depo vardır. Bu iki depodan alkol ve motor yakıtları bir karıştırıcı yardımı ile belirli oranlarda karıştırılarak motora gönderilir. Bu tür sistemlerde artan motor devrine göre yakıtların ayarlanması, özgül yakıt tüketiminin llmesi zordur. Bu tür sistemlerde alkollerin aniden motor yakıtları ile karıştırılması karışımın tam olarak karışamamasına neden olmaktadır. Maliyeti yüksek bir sistemdir.

3.2.4. Her Bir Yakıt İçin Ayrı Bir Enjeksiyon Sistemi Kullanılması

Bu tür sistemlerde alkol ve motor yakıtları için ayrı ayrı enjeksiyon sistemi oluşturulmakta ve silindir içerisine her iki yakıtta püskürtülmektedir. Bu sistemlerde köklü bir değişikliğe gereksinim duyulması maliyeti artırmaktadır. Ayrıca, basit bir donanıma sahip motorlarda sistemin karmaşıklığı artmakta ve kontrolü zorlaşmaktadır. Ayrıca, alkol-motor yakıtı karışımları ya da saf olarak alkol kullanımının motor parçaları üzerinde bazı istenmeyen etkiler oluşturduğu görülmüştür. Bunların başında plastik malzemeler gelmektedir. Motor yakıtlarının içerisine % 10'dan fazla alkol ilavesi ile plastiklerin moleküler ve elastomer yapılarının bozulduğu bildirilmiştir. Bu sebeple alkol kullanılması sırasında motor parçalarının zarar görmemesi için plastik malzemelerin teflon ve flor malzemeler ile kaplanması, yakıt deposunun ve yakıtın geçtiği metal malzemelerin paslanmaz çelikten imal edilmiş olması gerekmektedir [40].

3.3. ALKOLLERİN FİZİKSEL VE KİMYASAL ÖZELLİKLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Çizelge 3.5'de benzin (izo-oktan) ve alkollerin genel olarak fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmektedir [38].

Çizelge 3.5. Benzin ve alkollerin fiziksel ve kimyasal özellikleri [38].

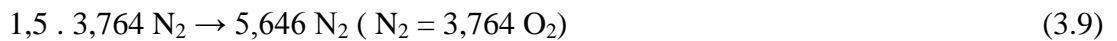
Özellik	Metanol	Etanol	Bütanol	Benzin
Kimyasal formülü	CH ₃ OH	C ₂ H ₅ OH	C ₄ H ₉ OH	C ₈ H ₁₈
Mol Kütlesi (kg/kmol)	32,04	46,06	74,12	100-105
C/H oranı	0,25	0,333	0,4	0,444
Yoğunluk (kg/m ³)	796	788	811	732
Isıl değeri (MJ/kg)	20,11	26,9	33	43,4
Stokiyometrik oran (H/Y oranı)	6,45	9	11,2	14,7
Buharlaştırma ısısı (kJ/kg)	1200	960	584	360
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (°C)	470	425	390	257
Oktan sayısı				
Araştırma oktan sayısı (AOS)	108,7	108,6	96	94
Motor oktan sayısı (MOS)	88,6	89,7	78	82–94
Kaynama noktası (°C)	64,5	78,3	117,2	27–255
Donma noktası (°C)	-97,8	-114,3	-89,2	-40
Kinematik Viskozite (mm ² /s, 40°C)	0,59	1,19	1.2	0,37-0,44
Buhar basıncı (kPa, 38°C)	32	15,9	44	48–108

Alkollerin Yanma Eşitliği;

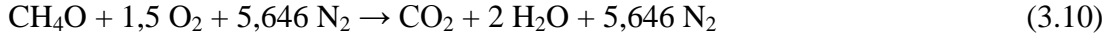
Metanolün tam yanma eşitliği aşağıdaki gibidir.



Eşitliğin dengelenmesiyle,



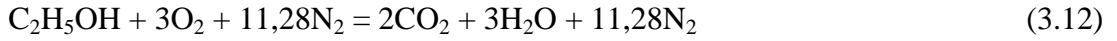
Buna göre,



$$(32 \text{ kg} + 48 \text{ kg} + 157,92 \text{ kg} = 44 \text{ kg} + 36 \text{ kg} + 157,92 \text{ kg}) \quad (3.11)$$

Metanolde toplam moleküler ağırlığın %50'si oksijendir.

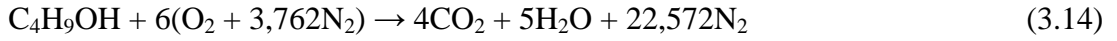
Etanolün tam yanma eşitliği (3.12)'de aşağıda verilmiştir.



$$(46 \text{ kg} + 96 \text{ kg} + 315,84 \text{ kg} = 88 \text{ kg} + 54 \text{ kg} + 315,8 \text{ kg}) \quad (3.13)$$

Etanolde toplam moleküler ağırlığın % 34,8'i oksijendir.

Bütanolün tam yanma eşitliği (3.14)'de aşağıda verilmiştir.



$$(74 \text{ kg} + 824,016 \text{ kg} \rightarrow 176 \text{ kg} + 90 \text{ kg} + 632,016 \text{ kg}) \quad (3.15)$$

Ayrıca reaksiyonlarda yer alan hava yakıt oranları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\text{Metanolün H/Y oranı} = (48 + 157,92)/32 = 6,46/1 \quad (3.16)$$

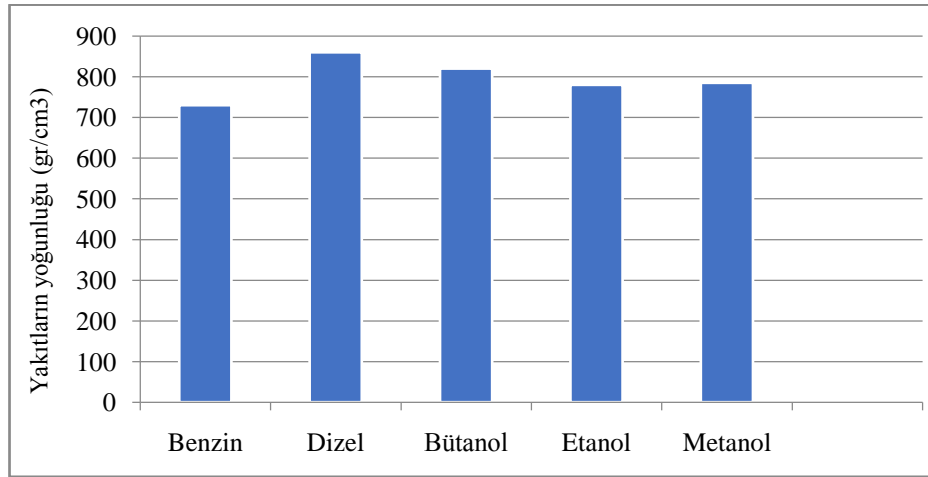
$$\text{Etanolün H/Y oranı} = (96 + 315,84)/46 = 8,96/1 \quad (3.17)$$

$$\text{Bütanolün H/Y oranı} = (192 + 632,016)/74 = 11,135/1 \quad (3.18)$$

Etanolün bileşiminde yandığı zaman hiçbir kalori değeri olmayan % 34 oranında oksijen vardır. Bu nedenle alkolün kalorisi düşüktür (6960 kcal/kg). Alkol 78,3 °C'de kaynar. Bir kg alkolün tamamen yanması için 7m³ havaya ihtiyaç duyulmaktadır. Eğer alkol yanarken yeterli miktarda hava bulunmaz ise aldehit ve su, daha az hava bulunması halinde ise sirke asidi meydana gelebilir. Bu sebepten bir motorda alkol

kullanıldığında havanın iyi ayarlanması gerekmektedir. Havayı iyi ayar etmekle yanma sonucunda sirke asidi veya aldehit meydana gelmesi önlenmektedir [28].

İçten yanmalı motorlarda kullanılan yakıtların özelliklerinin getirdiği bazı kısıtlamalar ve avantajlar vardır. Bunlardan biriside yakıtların yoğunluklarının karşılaştırılmasıdır. Şekil 3.4'de alkol ve motor yakıtlarının yoğunlukları karşılaştırmalı olarak verilmektedir.



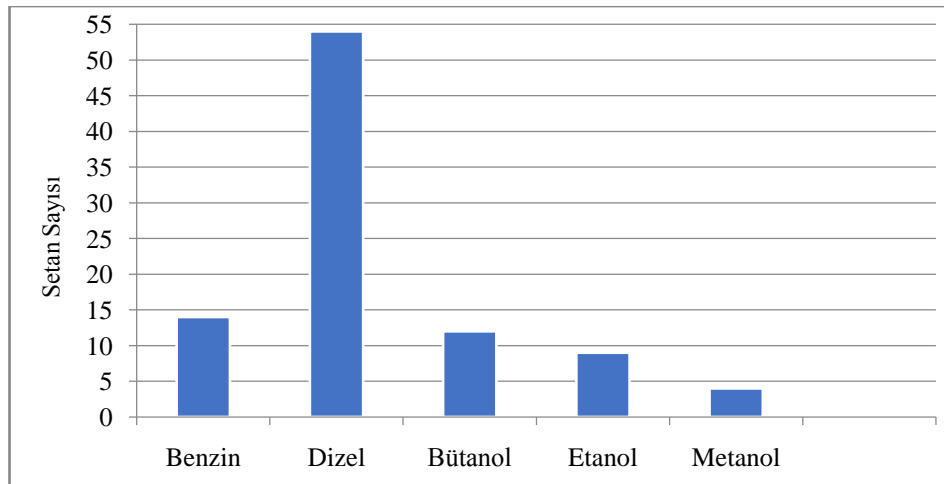
Şekil 3.4. Alkol ve motor yakıtlarının yoğunluklarının karşılaştırılması [41].

Yakıtın yoğunluğu, partikül ve NO_x emisyonlarının oluşmasında en önemli faktörlerden biri olarak bilinmektedir. Özellikle dizel motorlarında, geçiş şartlarında yapılan deneylerde bu etki daha net görülebilir. Yoğunluğun fiziksel etkisi detaylı olarak incelendiğinde, daha yüksek yoğunluktaki motor yakıtlarının daha fazla miktarda yakıtın silindir içerisine gönderilmesine neden olduğu ve buna bağlı olarak da dinamik zamanlamanın değiştiği bilinmektedir. Buna bağlı olarak silindir içerisine daha fazla yakıt gönderimi ile yanma odası cidarlarının sıcaklığın arttığı için tutuşma gecikmesi süresi değişebilmektedir [41]. Dizel motorlarda püskürtülen yakıt miktarı, püskürtme hızını değil de püskürtme süresini değiştirmek suretiyle değiştirildiği takdirde, kısa tutuşma gecikmesi süresince daha az yakıt gönderilerek, yanmanın ikinci safhasında dp/dt (basınç değişimi/birim krank açısı) oranı azalma gösterecektir. Dizel motorlarında saf ya da motor yakıtlarının içerisine belirli oranlarda alkol ilavesinin etkilerinin incelendiği çalışmalarda yoğunluğun etkileri kısaca şu şekilde belirtilmektedir.

1. Yakıtın atomizasyon çapını etkilediği için silindir içerisine difüzyonunu zorlaştırmaktadırlar
2. Aynı hacimde kütleli olarak daha fazla yakıt gönderildiği için FÖYT'ni artırmaktadırlar [42].

Benzinli motorlarda silindir içerisine gönderilen yakıt, hava kelebeğinin konumuna göre değişmektedir. Gerek benzinli gerekse dizel motorlar için yakıtların yoğunlukları FÖYT ve yakıtların silindir içerisine gönderilmesinde etkilidirler.

Motor performansını ve emisyonlarını etkileyen bir diğer faktörde setan sayısıdır. Şekil 3.5.'de alkol ve motor yakıtlarının setan sayısı ilişkileri verilmiştir. Setan sayısı dizel motorda aynı şartlarda aynı tutuşma gecikmesini veren heptametilanon ($C_{16}H_{34}$) + setan (Hegzadekan: $C_{16}H_{34}$) karışımındaki setan yüzdesine, setan sayısı denilmektedir. Bir yakıtın setan sayısı yükseldikçe motordaki tutuşma gecikme süresinin azalacağı vurgulanmaktadır. Yapılan araştırmaların çoğunda, setan sayısının motor emisyonlarında ve performansında etkili olduğu tespit edilmiştir [43].

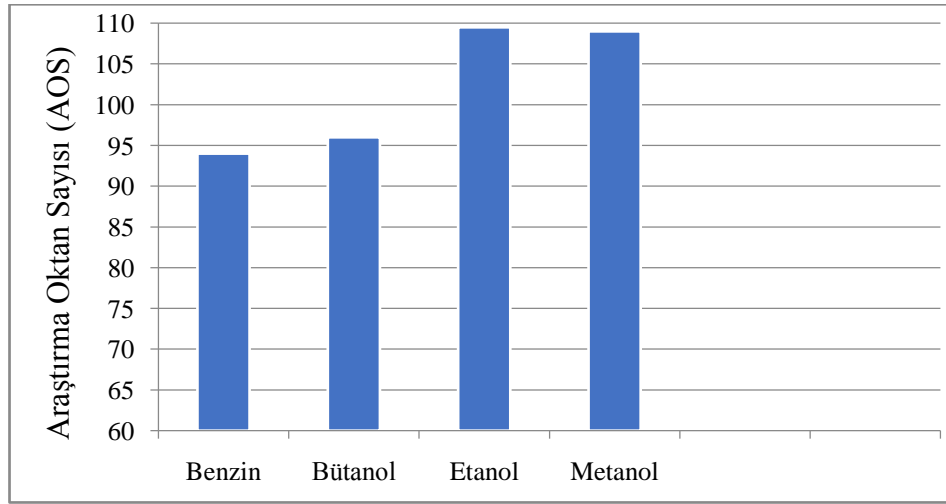


Şekil 3.5. Alkol ve motor yakıtlarının setan sayısının karşılaştırılması [41].

Alkollerin dizel motorlarda daha az kullanılmasının en büyük sebeplerinden birisi düşük setan sayılarıdır. Şekil 3.5'te farklı alkollerin setan sayıları görülmektedir. Yapılan çalışmalarda dizel yakıtının içerisine alkol ilavesinin dizel yakıtlarının setan

sayısını düşürdüğü bildirilmiştir [44]. Ayrıca, dizel motorlarda alkol kullanılmasının NOx ve is emisyonlarını azaltıcı etki ettiği de görülmektedir. Yine, setan sayısının azalması tutuşma gecikmesini periyodunu uzatmaktadır.

Oktan sayısı yakıtların kendi kendine tutuşmasını ifade eden bir özelliktir. Oktan sayısı, yakıtların buji ateşlemeli motorlarda kullanılmasında kısıtlayıcı bir özelliktir. Çünkü sıkıştırma zamanı sonunda buji kıvılcımının oluşturulmasıyla yanmanın düzenli olması istenirken, yakıtın kendi kendine tutuşması istenmeyen bir özelliktir [45]. Şekil 3.6.'da alkoller ve motor yakıtlarının oktan sayıları karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

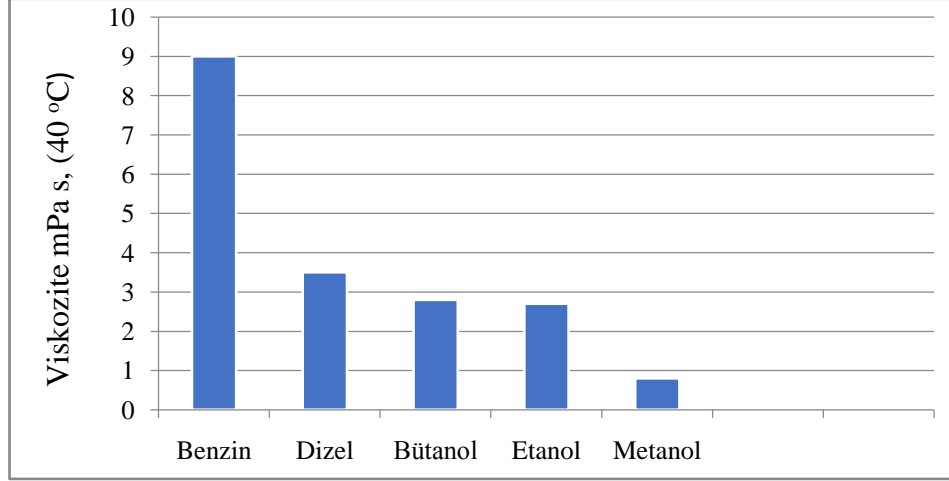


Şekil 3.6. Alkol ve motor yakıtları araştırma oktan sayısı (AOS) değerlerinin karşılaştırılması [45].

Alkol yakıtlarının geneline bakıldığında MOS'larının benzinden yüksek olduğu görülmektedir. Benzinin içerisine etanol ilavesi sonucunda karışımların oktan sayılarının arttığı görülmektedir. Bu da benzin-etanol karışımları ile vuruntu olmaksızın motor veriminde etkili bir parametre olan sıkıştırma oranı artışı sağlamıştır [46].

Yakıtın viskozitesi, silindir içerisine püskürtülmesi sırasında damlacık çapına doğrudan etki eden faktörlerden birisidir. Viskozite büyüdükçe yakıtın zerrelere ayrılması azalır, dolayısıyla iri yakıt zerreciklerinin nüfuzu zorlaşır [47]. Viskozitesinin çok düşmesi ise, yakıtın atomizasyon çapını çok küçülttüğü için

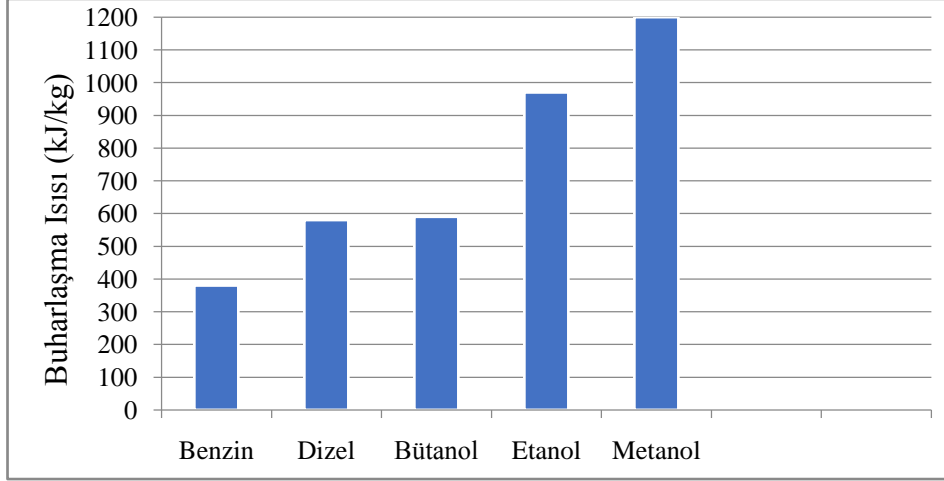
yakıtların püskürtülmesi sırasında silindir cidarlarına çarpmasına sebep olmaktadır. Ayrıca düşük viskoziteli yakıtlarsa enjektörlerden püskürtme sırasında kaçaqlara yol açtığı bilinmektedir.



Şekil 3.7. Alkol ve motor yakıtlarının viskozitelerinin karşılaştırılması [45].

Şekil 3.7.'de görüldüğü gibi alkollerin aynı sıcaklıkta viskoziteleri benzin ve dizel yakıtından azdır. Motor yakıtlarının içerisine alkol ilavesi ile karışımlarında viskozitelerinin düştüğü bildirilmiştir. Enjeksiyon sistemine sahip motorlarda alkol-motor yakıtı karışımları ile yapılan çalışmalarda azalan viskozite motor gücünde ve motor momentinde azalmaların olduğu görülmüştür. Bu azalmanın farklı sebepleri olmakla birlikte viskozitenin de etkili olduğu ifade edilmektedir [45].

Bir sıvının birim kütesinin sıvı halden gaz hale geçmesi için verilen ısıya buharlaşma ısısı denir. Motor yakıtlarında buharlaşma ısılarının belirli bir aralıkta olması istenilmektedir [48]. Şekil 3.8.'de alkoller ve motor yakıtlarının buharlaşma ısıları görülmektedir.

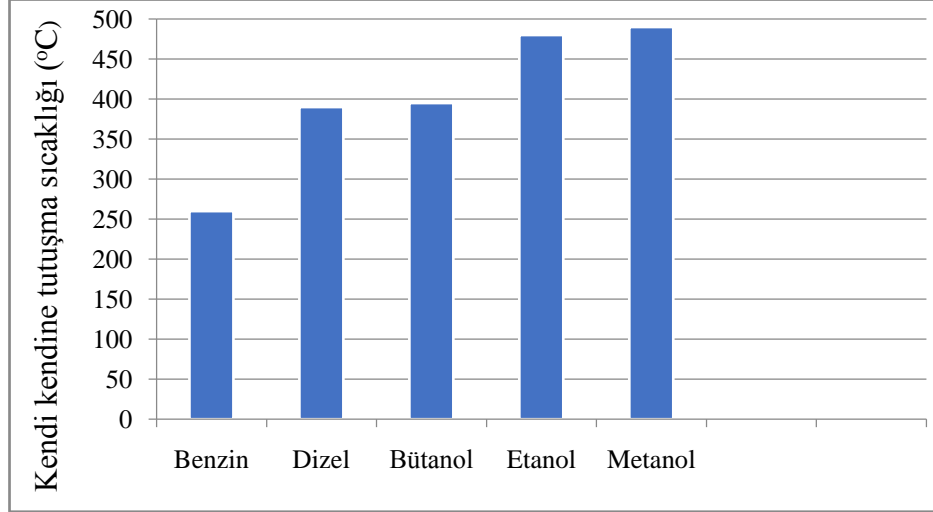


Şekil 3.8. Alkol ve motor yakıtlarının buharlaşma ısılarının karşılaştırılması [48].

Yakıtların buharlaşma ısılarının yüksek olması motorun ilk harekete geçişini zorlaştırdığından dolayı istenilmeyen bir fiziksel özelliktir. Motor yakıtlarına ilave edilen alkoller motor yakıtlarının buharlaşma ısılarını yükseltmektedir diğer taraftan, buharlaşma ısı yüksek olan alkollerin kullanılma şekline göre volumetrik verimi de artırabildiği bildirilmiştir. Bir yakıtın parlama noktası, bir kaptaki yakıtın üzerine yaklaştırılan alev ile geçici olarak tutuşacak halde yakıt buharı teşekkül ettiği en düşük sıcaklıktır. Alevlenme noktası ise tutuşma buharının sönmeden devam etme sıcaklığıdır. Alevlenme sıcaklığı parlama sıcaklığından biraz yüksektir [48].

Kendi kendine tutuşma bakımından yakıtlar buldukları ortama son derece bağımlıdır. Benzinli motorlarda kendi kendine tutuşma istenmeyen bir fiziksel etkenken, dizel motorlarda da istenilen bir fiziksel etkidir [49]. Şekil 3.9'da görüldüğü gibi alkollerin kendi kendine tutuşma sıcaklığı motor yakıtlarından fazladır. Alkollerin setan sayısının az olması kendi kendine tutuşma sıcaklığının yüksek olmasını sağlamaktadır. Kendi kendine tutuşma sıcaklığı benzin ve dizel motorlarında kullanımı açısından ters orantılıdır. Alkollerin kendi kendine tutuşma sıcaklığının yüksek olması benzinli motorlarda sıkıştırma oranının değiştirilerek kullanılmasını yaygınlaştıran bir özelliktir. Yukarıda sayılan tüm özellikler karşılaştırıldığında alkollerin bu farklılıklarının İYM'lar da kullanılmasında bazı avantaj ve dezavantajları oluşturmaktadır. Bu avantaj ve dezavantajlar göz önüne alındığında dizel ve benzinli motorlar için ideal yakıtlar olduğu, değiştirme

yapılmadan ya da İYM'lar üzerinde küçük değişiklikler yapılarak kullanılabilceği söylenebilir.



Şekil 3.9. Alkol ve motor yakıtlarının kendi kendine tutuşma sıcaklığının karşılaştırması [48].

3.4. HİDROJEN

Hidrojen buji ile ateşlemeli motorlar için oldukça ilgi çekici bir yakıttır. Hidrojen, kömür ve doğal gaz gibi fosil yakıtlardan, güneş enerjisi ve nükleer enerjiden, su gibi bir kaynaktan da elde edilebilir. Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında, yanma ürünü olarak su buharı açığa çıkarması nedeni ile çevreye hiç bir zararı yoktur. Daha fazla kaynaklara sahip olan ve havayı kirletmesi açısından içten yanmalı motorlarda kullanılan diğer alternatif yakıtlara göre daha iyi durumda olan hidrojenin, içten yanmalı motorlarda kullanımı çalışmalarına 1900'lü yılların başlarında başlanmıştır ve 1970'den sonra çalışmalar yoğunlaştırılmıştır.

Hidrojenin motorlarda yakıt olarak kullanılması durumunda petrol kökenli motor yakıtlarına oranla birçok önemli avantaja sahip bulunmaktadır. Yüksek alev hızı ve tutuşma yeteneği, düşük ateşleme enerjisi gerektirmesi, geniş tutuşma ve yanma sınırları, yüksek ısıl değer ve termik verim, kirletici egzoz gazı emisyonlarının azlığı ve sahip olduğu yüksek oktan sayısı nedeniyle vuruntuya karşı dirençli olması hidrojeni çekici kılmaktadır. Ayrıca benzin ve mazotla birlikte çeşitli karışım

oranlarında çift yakıtlı motor olarak çalışabilme olanağına sahip olması, geçiş döneminde mevcut motorlarda önemli değişiklikler yapılmadan hidrojen kullanımı imkan tanıyacaktır.

Hidrojenin yakıt olarak kullanılmasında yarar sağlayacak en önemli özelliklerden birisi, hidrojenin çok fakir karışımlardan, çok zengin karışımlara kadar uzanan geniş hava/yakıt karışım oranı aralığı içerisinde tutuşabilir olmasıdır. Hava fazlalık katsayısının 0,15-4,35 değerleri arasında tutuşma sağlanabilmektedir. Hidrojen hava karışımlarını ateşlemek için gerekli minimum enerji miktarı da diğer yakıtlara oranla daha düşüktür. Bu durum Otto prensibi ile çalışan motorlarda tutuşma garantisi yönünden bir avantaj gibi gözükse de, erken tutuşma ve geri tutuşma gibi sorunlara da neden olmaktadır. Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığının oldukça yüksek olması (1 atm. basınçta 574-91 °C) ve oktan sayısının yüksek olması Otto motorlarında kullanımında avantaj teşkil etmektedir [50].

Hidrojen/hava karışımlarının geniş tutuşma sınırlarına sahip olması ve kolay tutuşabilmesi emniyet sorunlarını arttırmaktadır. Ancak diğer bütün yakıtlar gibi hidrojeninde bilinçli olarak ele alındığında, günümüz teknolojisi içerisinde güvenli olarak kullanılabilir. Hidrojenin kaza ile yanması ise çevreye radyasyon yolu ile olan ısı iletimi, çıkan duman ve zehirli gazların miktarı da diğer yakıtlara göre daha azdır [50].

3.4.1. Hidrojenin Yanma Performansı

Hidrojenin kendi kendine tutuşma sıcaklığı yüksek olmasına rağmen, hidrojen-hava karışımlarının tutuşturulabilmesi için gerekli enerji miktarı düşüktür. Tutuşma aralığının geniş olması, hidrojenin daha geniş karışım aralığında düzgün yanmasını sağlar ve yanma sonucunda daha az kirletici oluşur. Hidrojen motorları, maksimum yanma sıcaklığını azaltacak biçimde fakir karışım ile çalıştırılabilirler. Böylece daha az NO_x oluşurken, HC ve CO emisyonları oluşmaz. Alev hızının yüksek olması ise Otto motorlarında ideale yakın bir yanmanın oluşmasını sağlayarak, ısıl verimi artırır. Geniş tutuşma aralığı sayesinde, gaz kelebeğine gerek kalmadığından,

karışımın silindirlere kısılmadan gönderilmesi sonucu pompalama kayıpları azaltılmış olur [50].

Hidrojenin yüksek sıkıştırma oranlarında, fakir karışım ile yanabilmesi yakıt tüketimini azalttığı gibi, yanma sonucu oluşan maksimum sıcaklığı da azaltır. Yanma sonucu partikül madde oluşmadığından bujiler kirlenmez. Alev parlaklığının düşük olması, diğer karbon esaslı yakıtlara göre radyasyon yolu ile olan ısı kaybını azaltacağından daha yüksek verim sağlar [50].

Hidrojenin alev hızının yüksek olması, buji kıvılcımından sonra karışımın başka noktalardan tutuşma (detenasyon) ihtimalini azaltır. Bu durum sıkıştırma oranının artırılmasını sağlayacağından motorun gücü de artar [50].

3.4.2. Hidrojenin Egzoz Emisyonu

Hidrojenin hava ile yanmasının sonucu da, yakıtta karbon bulunmaması nedeni ile yanma ürünleri arasında CO, CO₂, HC' ler mevcut olmayacak, sadece motorun yağlama yağının yanması nedeni ile oluşan HC' ler egzoz gazları arasında bulunacaktır. Ayrıca yüksek yanma sıcaklıkları nedeniyle havanın kimyasal reaksiyonu sonucu azot oksitler oluşacaktır. Hidrojenin yanma ürünü su buharıdır ve sınırlı maksimum sıcaklıklardaki NO_x emisyonları ihmal edilebilir. Nitekim hidrojenle çalışan bir içten yanmalı motor, günümüz taşıt motorlarından çok daha az NO_x emisyonuna neden olmaktadır [50].

3.5. DOĞALGAZ (CNG)

3.5.1. Genel Özellikleri

Doğalgazın dünyadaki yaygın olarak kullanımı, 1973 petrol krizinden sonra gerçekleşmiştir. Doğalgaz yerli kaynaklara yönelme ve enerjiyi daha verimli kullanma yönündeki çalışmalar sırasında petrolün yerini alabilecek en önemli enerji kaynağı olarak görülmektedir. Bu sebeple hükümetler gaz kullanımını teşvik etmiş ve yoğun bir şekilde doğalgaz yatırımlarına yönelmişlerdir.

İçerisinde büyük oranda bulunan metan (CH_4) ve metana göre daha az oranda olmak üzere, etan (C_2H_6), propan (C_3H_8), azot (N_2), karbondioksit (CO_2), hidrojen sülfür ile helyum (He) gazlarından meydana gelen renksiz, kokusuz, bir gazdır. Doğalgazın yapısından dolayı kullanımında bir çok avantajları vardır. Bunlar;

1. Doğalgaz motorunun yakıt sisteminin kontrol edilmesi kolaydır.
2. Dağıtımını kullanım yerine kadar borularla yapılmaktadır.
3. Yakıt kullanım için yardımcı elemanları elimine eder.
4. İşgücü maliyetinden tasarruf eder.
5. Çevre kirliliği oluşturmaz.

Doğalgaz taşıtta yüksek basınçlı tüpler içinde gaz veya sıvı olarak depolanır. Depolamanın gaz veya sıvı olarak yapılması motor açısından bir değişiklik göstermez. Günümüzde yaygın olarak sıkıştırılmış doğalgaz kullanılır. Daha yüksek basınçlı tüpler olmasına rağmen kullanılan tüplerin basıncı genelde 200 bar'dır [51].

Gaz yakıtlarının dizel motorlarında kullanımı, dizel çevriminin özelliği nedeniyle, beraberinde çözümü gerektiren bazı problemleri getirmektedir. Bunların başında gaz yakıtlarının tutuşma alt limitlerinin az oluşu, sıkıştırma zamanı sonunda silindire alınmalarının güçlüğü ve yüksek sıkıştırma oranlarındaki vuruntu (dizel motorlarında) tehlikesi gelmektedir. Gaz yakıtın emme zamanı sırasında, emme havası ile birlikte silindire alınması kolayca sağlanabilmektedir. Bu durumda yakıtın tutuşmaya hazırlık süresi uzadığından vuruntu tehlikesi de artmaktadır. Ancak doğalgazın oktan sayısının yüksek oluşu, uygun bir tutuşma ortamı sağlandığından, vuruntudan kaçınılabilmek olanağını da sağlamaktadır [52].

Buji ile ateşlemeli motorlarda doğalgaz kullanımının motorlarda ilk harekete geçişte büyük kolaylık sağladığı, doğal gazın fiyat yönünden benzine göre avantaj sağladığı belirtilmiştir. Doğalgazın yanma hızının benzine göre daha düşük olduğu, yanma hızının artırılması için özel yanma odası geliştirilmiştir. Gaz yakıtlar silindire alınırken gaz halinde olduklarından emme havasının kapasitesini azaltırlar. Bu da motorun gücünün düşmesine sebep olur. Bundan başka ateşleme avansı yeniden ayarlanmazsa, doğalgazın düşük yanma hızından dolayı daha büyük yanma sonu

silindir basıncı ortaya çıkar. Bu da motor torkunun azalmasına sebep olur. Volümetrik verimin ve güç çıkışını artması için soğutma sisteminin yeniden ayarlanması gerekir. Benzin ile çalışmada kullanılan termostatın açılma sıcaklığından 10 °C ya da 15 °C daha düşük sıcaklıkta açılan termostat kullanılmalıdır [53].

Partikül emisyonlarında ise alternatif yakıt kullanan motorların hepsinde önemli azalmalar görülmüştür. Yakıt fiyatları göz önüne alındığında LPG ve doğal gazın önemli avantaj sağladığı araştırmacılar tarafından belirtilmiştir. Doğal gazın motorlu araçlar için temiz bir yakıt olduğunu belirtmiştir. Doğal gaz ile çalışan motorların genellikle HC, CO ve partikül emisyonları çok düşüktür fakat NO_x emisyonları yüksek olabilir. NO_x emisyonları üç yollu katalist kullanılarak ve hava yakıt oranı tam doğru ayarlanarak "fakir yanma ya da hızlı yanma" motorlarında alev sıcaklıkları düşürülerek azaltılır. Hava yakıt oranının doğru olarak ayarlanması, güç çıkışı ve verimin artırılması yanı sıra egzoz emisyonlarının düşürülmesinde de oldukça önemlidir. Fakir çalışmada doğal gazın yanması için kıvılcım enerjisinin yüksek olması gerekmektedir. Ateşleme zamanı yakıt ekonomisi ve emisyonlarda önemli etkiye sahiptir [53].

3.5.2. Doğalgazın Egzoz Emisyonu

Motorlu taşıtlarda yakıt olarak doğal gazın kullanılmasıyla veya az miktarda devreye ilave edilmesiyle egzoz emisyonlarında azalmalar olmaktadır. Doğalgazın yakıt olarak motorlu taşıtlarda kullanımı, özellikle şehir trafiğinde seyreden, dizel motorlarında NO_x ve HC emisyonlarında azalmalar, benzin motorlarında da CO ve HC emisyonlarında azalmalar temin edecektir. Doğalgazın karbon oranının, diğer petrol yakıtlarına göre, düşük olması egzoz gazlarındaki karbondioksit oranının azalmasına sebep olacaktır. Ayrıca doğalgaz kullanımı, benzinli taşıtların egzoz emisyonlarında ki zehirli kurşun türevlerini tamamen yok edecektir [53].

3.6. LPG (LİKİT PETROL GAZLARI)

Dünyanın birçok ülkesinde LPG bugün alternatif otomobil yakıtı olarak kullanılmaktadır. Benzin ve motorin dışındaki tüm yakıtlar alternatif yakıtlar olarak ifade edilmektedir. Gaz yakıtlar yoğunluklarının düşük olması nedeniyle sıkıştırılarak sıvı olarak depolanabilirler. Benzinli motorlarda da motor konstrüksiyonların da küçük değişikliklerle kullanılabilirler. Bu alanda kullanılan LPG miktarı, dünyadaki LPG miktarının yaklaşık %5-6'sını oluşturur.

Dünyada LPG ile çalışan araç sayısı 4 milyonu bulmakta ve bu sayı günden güne artmaktadır. Artan hava kirliliği nedeniyle birçok ülkede özellikle şehir içi ulaşımında LPG bugün için en çok tercih edilen alternatif yakıt durumundadır. Ülkemizde de özellikle büyük şehirlerde hava kirliliği artmakta yaz aylarındaki hava kirliliğinin yaklaşık %55'i motorlu araçlardan kaynaklanmaktadır. Özellikle LPG'nin güvenli dolum ve kullanma olanakları geliştirildiği takdirde hava kirliliği olan şehirlerimizde kullanımı, bu büyük problemi önemli ölçüde azaltacaktır. Ülkemizde son yıllarda LPG sistemi ile çalışan otomobiller yaygınlaşmıştır. Kullanımda ilk sırayı özellikle büyük şehirlerde ticari taksiler almaktadır [54].

3.6.1. Motor Performansı

Yapılan iyi bir dönüşümde araç performansındaki kayıp %2'yi geçmemektedir. Bunun yanında egzoz emisyonlarında oldukça fazla iyileşme görülmektedir, benzinli bir araçta benzine göre LPG kullanımı HC emisyonlarında %55, CO emisyonlarında ise %95 azalma sağlayabilmektedir. Parasal olarak düşünüldüğünde LPG benzine göre şu an Türkiye de %50 daha ekonomik görünüyor [54].

3.6.2. LPG'nin Egzoz Emisyonları

Ülkemizde de araçlardan kaynaklanan hava kirliliğini azaltmak için yeni araçların belirli bir program dahilinde Avrupa emisyon normuna uyması istenmektedir. Trafikteki, mevcut araçların emisyon değerlerinin azaltılması için ise herhangi bir çalışma yapılmamaktadır. Özellikle hava kirliliğinin yoğun olduğu büyük

şehirlerimizde ticari arabalarda LPG kullanımını araçların hava kirliliğine etkisini büyük ölçüde azaltacaktır.

3.6.3. Motor Yakıtı Olarak LPG'nin Avantajları ve Dezavantajları

1. LPG'nin oktan sayısı yüksektir (105 RON).
2. Gaz fazında hava ile daha uniform karışması sonucu iyi bir yanma gerçekleşir.
3. Sıvı yakıtın iyi buharlaşması yüzünden kartere sızarak karterdeki yağı sulandırması bu sistemde yoktur. LPG yakıtları emme manifoldlarına tamamen buharlaşmış olarak girer. Bu nedenle motor yağı seyreltisi olmadığından motor yağı daha uzun ömürlüdür.
4. Sıvı yakıtın buharlaşması yüzünden yoğunlaşan yakıtın silindir cidarlarındaki yağı yıkayıp silindir ve segmanları yağsız bırakması problemi LPG yakıtlı motorlarında yoktur.
5. Benzin ve dizel yakıtına göre egzoz çıktısı daha temizdir.
6. İşletme ve bakım masrafları azdır.
7. LPG yakıtlı sistemin benzine göre soğuk havalarda ilk hareketi kolaydır.
8. Basınç altında sıvılaştırılarak depo edildiğinden dağıtım ve depolanması zordur.
9. Motorlarda LPG kullanıldığında sıkıştırma oranı büyük seçilebiliyorsa tüm yakıtın buhar fazında motora girmesi hacimsel (volümetrik) verimi düşürdüğünden motor verimi çok fazla olmamaktadır.
10. Kuru yanma, yanma odasının çabuk aşınmasına neden olur [54].

BÖLÜM 4

MATERYAL METOT

Bu deneysel çalışma buji ateşlemeli tek silindirli bir motorda hacimsel %5, 10 ve 20 oranında benzin-metanol, benzin-etanol ve benzin-bütanol karışımlarının farklı yüklerde (800-4000 W) özgül yakıt tüketimine ve egzoz emisyonlarına etkisi araştırılmıştır. Deneyler öncelikle benzinle ve sonrasında karışım yakıtlarla yapılarak elde edilen sonuçlar benzinli çalışma ile karşılaştırılmıştır.

4.3. DENEY DÜZENEGİ

4.3.1. Deney Motoru

Deneylerde, teknik özellikleri Çizelge 4.1’de verilen ve Şekil 4.1’de görülen tek silindirli, buji ile ateşlemeli Briggsand Stratton-Vanguard marka benzinli motor kullanılmıştır.

Çizelge 4.1. Deney motorunun teknik özellikleri [55].

Motor gücü	13 HP
Maximum motor devri	36001/min
Motor hacmi	392 cc
Silindir sayısı	1
Silindir çapı	89,00 mm
Piston kursu	63,00 mm
Sıkıştırma oranı	8,6:1
Ateşleme	Magnetron-Elektronik
EmAA	16° KMA-Ö.ÜÖN
EmKG	44° KMA-S.AÖN
EgAA	45° KMA-Ö.AÖN
EgKG	15° KMA-S.ÜÖN
Supap yüksekliği	6 mm



Şekil 4.1. Deney motoru.

4.3.2. Egzoz Emisyon Cihazı

Deneylerde, teknik özellikleri Çizelge 4.2’de verilen ve Şekil 4.2’de gösterilen Bilsa Mod 2210 marka egzoz emisyon cihazı kullanılmıştır. Cihaz ölçüm yapmadan önce kalibrasyonu kendisi yapabilmektedir.

Çizelge 4.2. Egzoz emisyonu cihazı teknik özellikleri [56].

Parametreler	Ölçme Sınırı	Hassasiyet
CO	0-%10	%0,001
CO ₂	0-%20	%0,001
HC	0-10000	1 PPM
O ₂	0-%25	%0,01
CO Corr	0-%10	%0,001
NO _x (OPS.)	0-5000	1 PPM
Lambda	0,5-2,00	0,001
AFR	5-30	



Şekil 4.2. Emisyon cihazı kontrol paneli [56].

4.3.3. Dijital Hassas Terazi

Deneyleerde Şekil 4.3’de 0,1 gram hassasiyetinde ölçüm yapabilen dijital terazi kullanılmıştır. Yakıt tüketimi kütsel olarak ölçülmüştür. Yakıt tüketim ölçme düzeneği Şekil 4.3.’de görülmektedir.



Şekil 4.3. Dijital hassas terazi.

4.3.4. Motor Yükleme Panosu

Deneylede 800W, 1600W, 2400W, 3200W, 4000W yükleme yapmak için Şekil 4.4.'de görülen yük düzeneği kullanılmıştır.



Şekil 4.4. Yükleme panosu.

4.4. DENEY YÖNTEMİ

Deneylere başlamadan önce motor, fabrika çıkış değerlerine göre ayarlanmıştır. Egzoz emisyon cihazının kalibrasyonları yapılmış ve motor çalışma sıcaklığına getirilmiştir.

Yapılan deneysel çalışmalar sabit motor devrinde ve farklı yüklerde yapılmıştır. Deneyler için farklı karışım oranları (Benzin- Metanol, Benzin- Etanol, Benzin- Bütanol) motora koyulmadan önce hacimsel olarak bir kaptaki karıştırılarak sırasıyla yakıt deposuna doldurulmuştur. İlk olarak saf benzin kullanılarak yük kontrol panosundaki anahtarlar vasıtasıyla (800W, 1600W, 2400W, 3200W) farklı yüklerde motora yükleme yapılmış olup motorun her bir yükteki özgül yakıt tüketimi ve emisyon değerleri ve ölçülmüştür. Bu işlemler geriye kalan üç karışım için (M5- M10- M20, E5- E10- E20, B5- B10- B20) ayrı ayrı yapılmış olup ölçümler kaydedilmiştir.

Deney sonuçlarının güvenilirliği açısından deneyler üç defa tekrarlanmıştır ve ortalama değerleri alınmıştır. Bütün sonuçlar Microsoft Office-Excel programında grafikler halinde verilerek karşılaştırılmıştır.

4.4.1. Deney Yakıtları Karışım Oranları

Deneyisel çalışmada standart saf kurşunsuz benzin ve alkoller (Metanol, Etanol, Bütanol) kullanılmıştır. Karışımlar hacimsel olarak kurşunsuz benzine %5, %10, %20 oranlarında metanol, etanol ve bütanol ilave edilerek oluşturulmuştur.

Deneylerde kullanılan yakıtlar ve karışım oranları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Benzin-alkol karışım oranları.

Benzin-metanol karışımı	
M0	(%100 kurşunsuz benzin)
M 5	(%95 kurşunsuz benzin- %5 metanol karışımı)
M 10	(%90 kurşunsuz benzin- %10 metanol karışımı)
M 20	(%80 kurşunsuz benzin- %20 metanol karışımı)
Benzin-etanol karışımı	
E0	(%100 kurşunsuz benzin)
E5	(%95 kurşunsuz benzin- %5 etanol karışımı)
E10	(%90 kurşunsuz benzin- %10 etanol karışımı)
E20	(%80 kurşunsuz benzin- %20 etanol karışımı)
Benzin-bütanol karışımı	
B0	(%100 kurşunsuz benzin)
B5	(%95 kurşunsuz benzin- %5 bütanol karışımı)
B10	(%90 kurşunsuz benzin- %10 bütanol karışımı)
B20	(%80 kurşunsuz benzin- %20 bütanol karışımı)

4.5. DENEYLERE İLİŞKİN ÖLÇÜM VE HESAPLAMALAR

4.5.1. Özgül Yakıt Tüketimi

Birim zamanda birim güç başına harcanan yakıt miktarına özgül yakıt sarfıyatı denir. Laboratuar şartlarında bir motorun yakıt sarfıyatını deney tesisatında hacimsel veya kütleli yöntemle ölçmek mümkündür. Bu çalışmada, yakıt tüketimi ölçümü kütleli olarak yapılmıştır. Belli çalışma şartlarında motorun Δt (s) zaman aralığında tükettiği yakıtın miktarı ΔV (g) olsun. Yakıtın yoğunluğu ρ_y (g/cm^3) ise, Özgül yakıt sarfıyatı, sfc ; aşağıda (4.1)'de gösterilmektedir.

$$sfc = \frac{3600 \cdot \Delta V \cdot \rho_y}{P_e \cdot \Delta t} = \frac{3600 \cdot m_y}{P_e} = \frac{B}{P_e} \text{ [g/kWh]} \quad (4.1)$$

olarak bulunur. Bu denklemde;

sfc : Özgül yakıt tüketimi (g/kWh),

m_y : Kütleli debi (g/s),

ρ_y : Yakıt yoğunluğu (g/cm^3),

ΔV : Tüketilen yakıt hacmi (cm^3),

Δt : Yakıt tüketme süresi (s) [57].

Motorun tükettiği yakıtın miktarı Δv (g), yakıtı harcama süresi ise Δt (s) ile ifade edilebilir. Özgül yakıt tüketimi (4.1)'de verilen eşitlik birim dönüştürmesine tabi tutularak son şekliyle verilmiştir.

Motorun bir saatteki tüketeceği yakıtın kütlesi (kg/saat) yani toplam yakıt tüketimini vermektedir.

$$m = \Delta V \cdot 0,06 \cdot 10^3 \text{ [kg/saat]}$$

3000 1/min motor hızında, 2,4 kW motor yükünde, %5 benzin-metanol karışımı için örnek bir hesaplama yapılmış olup diğer hesaplamalar da bu şekilde yapılmıştır.

22g yakıtın 60s'de tüketildiği belirlenmiş olup belirlenen değerler aşağıda yerine yazılırsa;

$$m = 22.0,06.10^3 \Rightarrow B = 1320 \text{ kg/h}$$

olarak bulunur.

Hesaplanan değerler (4.1)'deki eşitlikte yerine yazılırsa özgül yakıt tüketimi;

$$sfc = \frac{1320}{2.4} = 550 \text{ g/kWh}$$

olarak hesaplanır.

BÖLÜM 5

BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada, benzine hacimsel olarak %5, 10 ve 20 oranında metanol, etanol ve bütanol ilave edilerek tek silindirli buji ateşlemeli bir alternatif yakıt olarak kullanılmıştır. Motor benzinle ve karışım yakıtlarla sabit 3000 1/min hızda ve farklı yüklerde çalıştırılarak özgül yakıt tüketimleri ve egzoz emisyonları belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır.

5.1. BENZİN-ALKOL KARIŞIMLARININ ÖZGÜL YAKIT TÜKETİMİNE VE EGZOZ EMİSYONLARINA ETKİSİ

5.1.1. Özgül Yakıt Tüketimine Etkisi

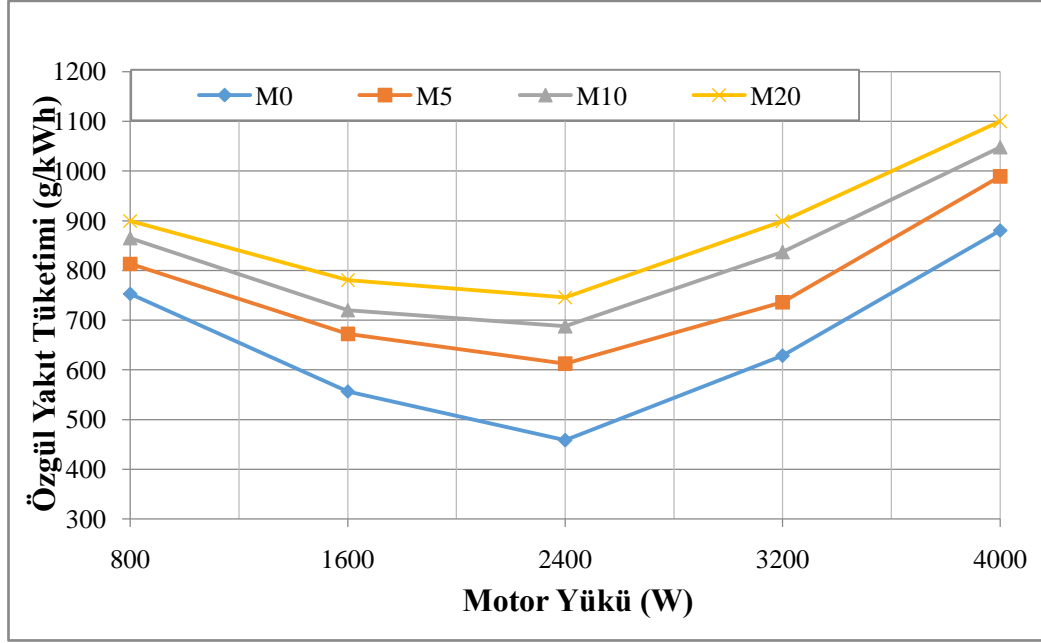
Benzin-alkol karışımlarında meydana gelen özgül yakıt tüketimi artışının temel nedeni, alkolün içeriğinde oksijen bulundurması neticesinde ısıl değerlerinin benzine göre daha düşük olmasıdır. Bunun yanında alkollerin oksijen içermesi silindir içerisine alınan hava/yakıt oranını artırarak karışımı fakirleştirmekte ve yanma performansını düşürmektedir. Bu durum özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olmaktadır. En düşük özgül yakıt tüketimi benzinli çalışma ile elde edilmiştir. Değişik karışım oranlarında ve farklı motor yüklerinde ölçülen yakıt tüketimi değerine göre hesaplanan özgül yakıt tüketimi ise en düşük benzin- bütanol karışımlarında görülmüştür. Bunun sebebi bütanolün alt ısıl değerinin benzinin ısıl değerine daha yakın olmasıdır. En yüksek özgül yakıt tüketimi benzin- metanol karışımında görülmüştür. Metanolün alt ısıl değeri benzine göre daha düşük olduğundan özgül yakıt tüketiminde artışa neden olmaktadır. Bu artışın sebebi aynı miktar enerji elde etmek için daha fazla yakıtı ihtiyaç duyulmasıdır. Özgül yakıt tüketimi artan motor yükü ile birlikte minimum noktaya geldikten sonra tekrar

artıŖa gemiŖtir. Bu artıŖın sebebi aynı Ŗartlarda aynı gücü elde etmek için daha fazla yakıtta ihtiyaç duyulacak, bu da özgül yakıt tkretiminin artıŖı ile sonuçlanacaktır.

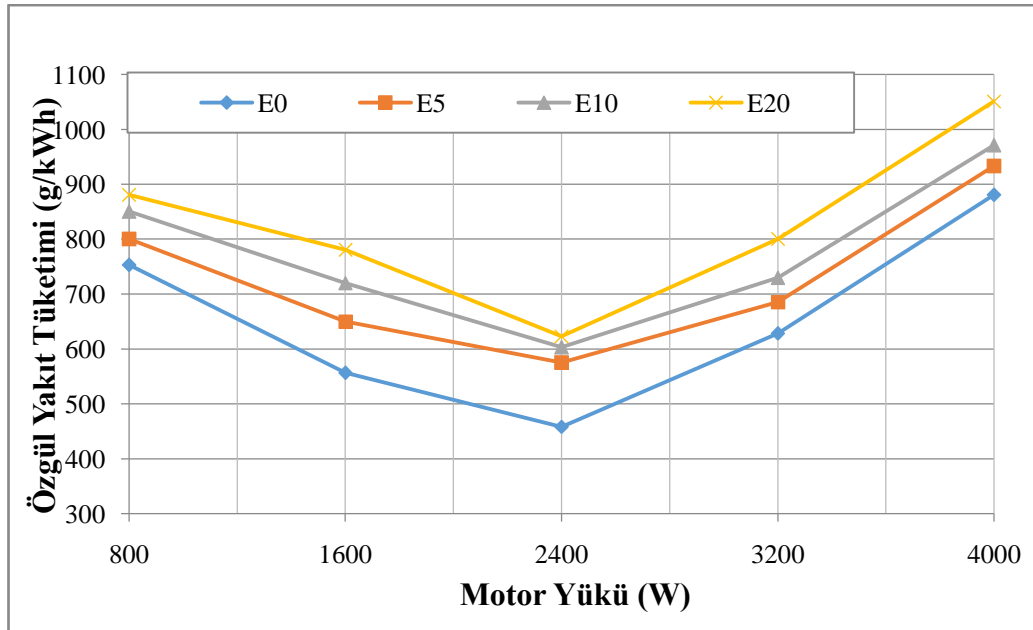
En yüksek özgül yakıt tüketimi M20 karıŖımında ve 4000W motor yükünde 1100 g/kWh olarak benzin- metanol karıŖımında llmŖtir. KarıŖım yakıtlar ile yapılan testlerde benzin- metanol karıŖımında en dŖk özgül yakıt tüketimi değeri 2400W motor yükünde 612,1 g/kWh ile M5’de grlmŖtir. Ŗekil 5.1.’de benzin- metanol karıŖımı görülmektedir. KarıŖım içerisindeki metanol miktarının artması ile özgül yakıt tkretiminin arttığı görülmektedir.

Ŗekil 5.2’de Etanol-benzin karıŖımlarında etanol yüzdesi arttıķa (E5, E10, E20) zgl yakıt tüketimi arttığı görülmektedir. Bunun sebebi karıŖımlardaki etanolün alt ısıl değerinin dŖk olması ve karıŖımın alt ısıl değerini dŖrmesidir. Aynı miktar enerji elde etmek için daha fazla yakıtta ihtiyaç duyulduğu grlmŖtir. Benzin-etanol karıŖımında en dŖk özgül yakıt tüketimi E5 karıŖımında ve 2400W motor yükünde 575,3 g/kWh llmŖtir.

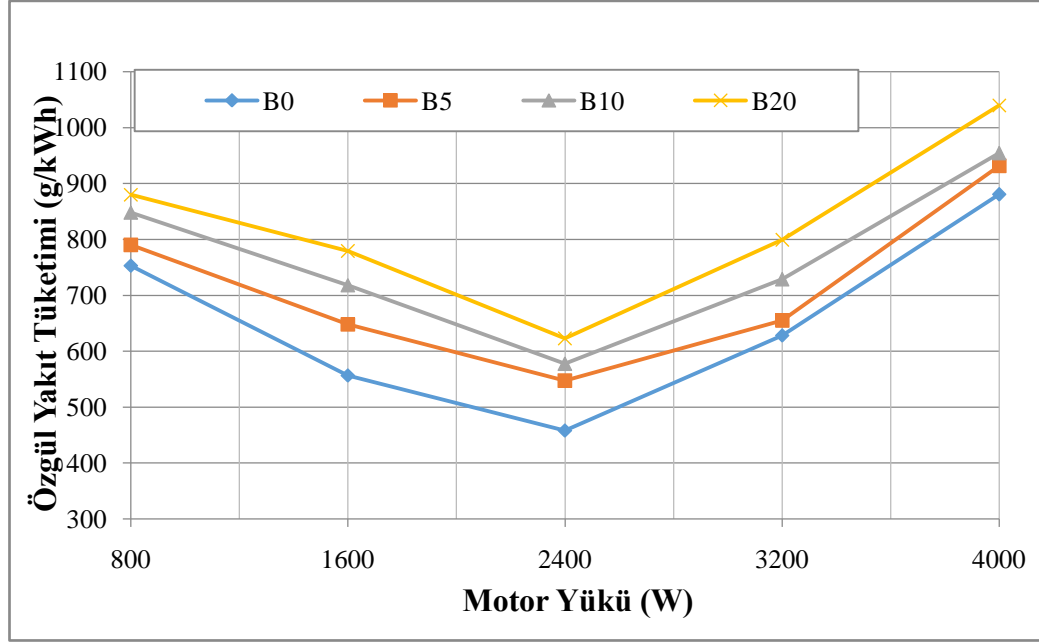
Ŗekil 5.3’de benzine bütanol ilavesinin motor yüküne bağlı olarak özgül yakıt tüketimine etkisi görülmektedir. Bütanolün ısıl değeri yaklaşık %25 kadar benzinin ısıl değerinden dŖktr. Motorda ve alıŖma parametrelerinde herhangi bir deęiŖiklik yapılmaksızın benzine bütanol ilavesi yakıtın ısıl değerini dŖreceęinden özgül yakıt tüketiminde artıŖa neden olmaktadır. Bu artıŖ büyük oranda bütanolün ilave edilme oranına ve motor yüklerine bağlı olarak deęiŖiklik gstermiŖtir. Benzin-bütanol karıŖımında en yüksek özgül yakıt tüketimi B20 karıŖımında ve 4000W motor yükünde 1040 g/kWh llmŖtir. Her karıŖım oranlarında en dŖk özgül yakıt tüketimi 2400W motor yükünde B5 karıŖımında 547,2 g/kWh llmŖtir.



Şekil 5.1. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının özgül yakıt tüketimi.



Şekil 5.2. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının özgül yakıt tüketimi.



Şekil 5.3. Farklı yüklerdeki benzin-bütanol karışımının özgül yakıt tüketimi.

5.1.2. Egzoz Emisyonlarına Etkisi

Yanma, yakıtın içindeki yanabilen elemanlar ile havanın oksijeni arasında yüksek hızla oluşan kimyasal reaksiyonlardır. Bu reaksiyonlar sonucu ısı ve ışık açığa çıkar ki buna yanma denilmektedir. İdeal yanmada, karbondioksit ve su buharı ürün olarak çıkmaktadır. Su buharı (H₂O) zararlı değildir ve kirletici bir özellik taşımamaktadır. Hava içindeki azot (N₂) reaksiyona girmez, alındığı gibi havaya geri verilmektedir. Karbondioksit (CO₂) doğrudan insan sağlığı ve çevre üzerinde zararlı etkilere sahip değildir. Ancak, yanma sonucu atmosfere en çok salınan ve sera etkisi yapan gazdır.

Motorlu taşıtlar; yakıt-yağ buharı, egzoz emisyonu, kurşun bileşikler, aşınma-paslanma ve korozyon sonucu oluşan gaz, asbest ve lastik tozları, sıvı ve katı atıklarla çevreyi kirletmektedir. Bu kirleticilerin en etkin, zararlı ve yoğun olanları egzoz gazında bulunan karbonmonoksit (CO), hidrokarbon (HC), NO_x ve partikül maddelerdir.

Yanmaya katılan hava gereken miktarda olsa bile, yakıt ile havanın yanma odasında iyi karışmaması nedeniyle zengin ve fakir karışım bölgeleri oluşabilir ve tam yanma gerçekleşmeyebilir. Hidrokarbon yakıtlar içerisinde bulunan farklı oranlardaki kükürt

ve yakıtta çeşitli nedenlerle eklenen katkı maddeleri ile yanma sonucunda kirletici madde olarak ortaya çıkmaktadır. İçten yanmalı motorlarda yanma sonucunda yanmamış hidrokarbonlar (yanmamış yakıt molekülleri) (HC), karbon monoksit (CO), azot oksitler (NO_x), aldehitler (R:CHO), is (yanmamış karbon taneciği) ve partiküller (metaller, sıvı yağ ve yakıt tanecikleri), kükürt dioksit (SO₂) ve kurşun bileşenleri kirletici olarak ortaya çıkmaktadır. Bu emisyonların atmosferde uzun süre kalmaları durumunda, fotokimyasal sise ve asit yağmurlarına neden olmakta ve diğer emisyon kaynaklarına göre taşıt egzoz emisyonlarını daha önemli yapmaktadır.

Bu deneysel çalışmada, benzine hacimsel olarak %5, %10 ve %20 karışım oranlarında metanol, etanol ve bütanol ilave edilmesiyle HC, CO ve NO_x emisyonlarında ki değişim farklı motor yüklerine bağlı olarak belirlenmiştir.

5.1.2.1. Karbon Monoksit (CO)

Kokusuz ve renksiz bir gaz olan CO çok zehirlidir. Bu gazın kandaki oksijeni taşıma görevine sahip olan hemoglobine bağlanma yeteneği oksijene oranla yaklaşık 200 kere daha fazladır. Bu nedenle CO ortamında bulunan bir kişinin solunum yoluyla aldığı CO, kandaki normal hemoglobini bozar, vücut hücrelerinin oksijen alma olanağını engelleyerek zehirlenmeye ve boğulmaya neden olur.

Yanma ürünlerinde CO emisyonu bulunmasının temel nedeni yanma odasındaki oksijenin yetersiz olmasıdır. Yanma odasının genelinde oksijen miktarı yetersiz olabileceği gibi karışımın homojen olmaması nedeniyle lokal olarak da yetersiz olabilir. CO emisyonu eksik yanma sonucu olduğundan büyük ölçüde hava fazlalık katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Ancak fakir karışımlarda reaksiyon hızlarının düşük olması nedeniyle CO'nun CO₂'ye dönüşümü tam olarak gerçekleşmez [58].

Metanolün oksijen içeriğinin benzine göre daha yüksek olması, karışımın fakirleşmesine neden olmakta buda yanma verimini arttırmaktadır. Dolayısıyla reaksiyonlar sonucu açığa çıkan eksik yanma ürünü olan CO miktarında azalmalar görülmektedir. Ayrıca metanolün soğutucu etkisi nedeniyle yanma sonu sıcaklıklarının düşmesi de olası parçalanma reaksiyonlarının oluşumunu azaltarak,

daha düşük CO değerlerinin oluşumunda etkili olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, alkollerin petrol esaslı yakıtlara göre daha düşük alev sıcaklığına sahip olmaları, yanma işleminin iyileşmesini ve CO emisyonunun azalmasını sağlamaktadır.

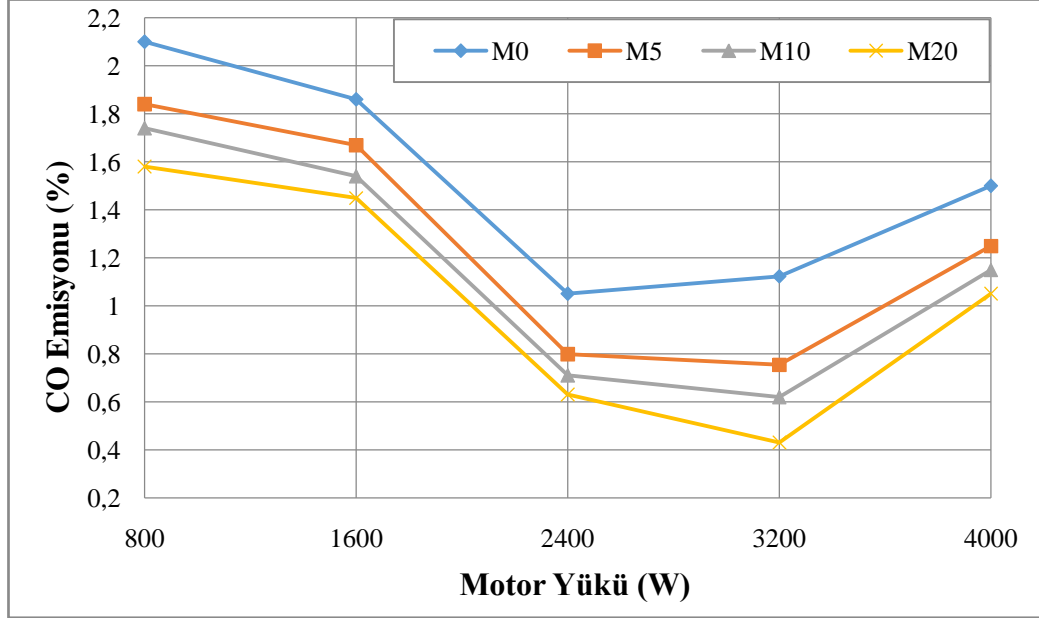
Şekil 5.4'de benzine hacimsel olarak M0, M5, M10, M20 oranlarında metanol ilave edilerek motor yüküne bağlı olarak CO emisyonunda azalma olduğu grafik şeklinde gösterilmiştir. M5, M10 ve M20 karışımlarında M0'a göre CO emisyonlarında bir azalma gözlenmiştir. CO'nun azalmasının sebebi ise içeriklerindeki oksijenden dolayı yanmanın iyileşmesi şeklinde düşünülebilir.

3200W ile 4000W arasındaki yükler de M5, M10, M20 karışımlarında CO emisyonunda bir artış meydana gelmiştir. Bunun sebebi oksijen miktarı yanma odasının genelinde yetersiz olabileceği gibi karışımın homojen olmaması nedeniyle lokal olarak da yetersiz olabilir.

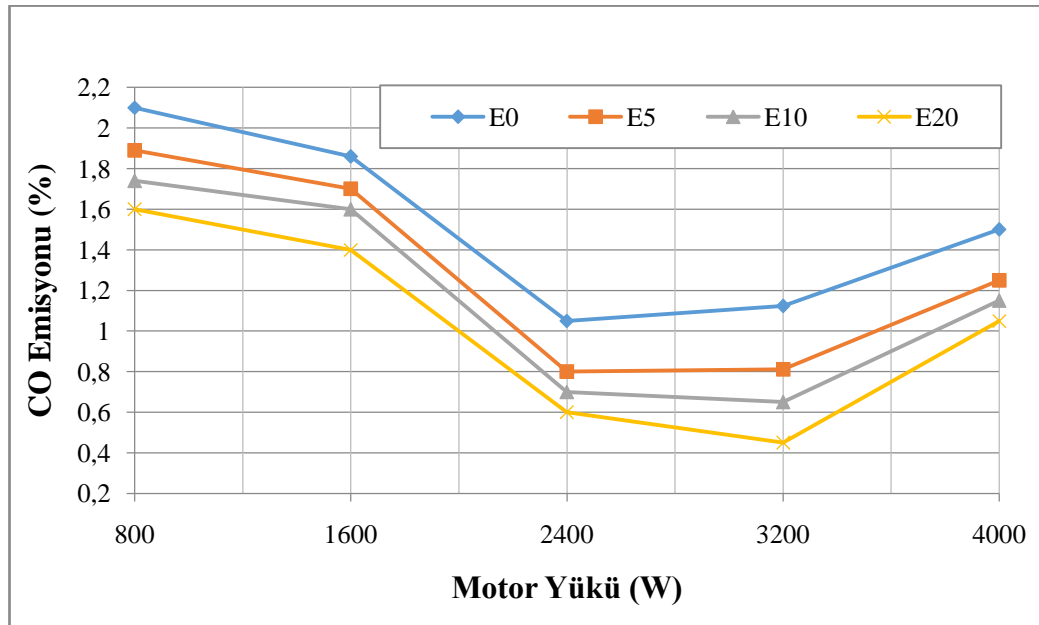
Şekil 5.5'de benzine hacimsel olarak, E5, E10, E20 oranlarında etanol ilave edilerek motor yüküne bağlı olarak E0'a göre CO emisyonunda azalma olduğu grafik şeklinde gösterilmiştir. CO'nun azalmasının sebebi ise etanolün içerisinde bulunan oksijenin silindir içerisinde yanmayı iyileştirmesinden kaynaklandığı düşünülebilir. Ayrıca, alkollerin petrol esaslı yakıtlara göre daha düşük alev sıcaklığına sahip olmaları, moleküler yapısında benzine oranla daha az sayıda karbon atomu bulunmasının yanma işleminin iyileşmesini ve CO emisyonunun azalmasını sağlamaktadır.

Şekil 5.6'da benzine hacimsel olarak sırasıyla %5,10 ve 20 (B5, B10, B20) oranlarında bütanol ilavesinin CO emisyonlarında azalma olduğunu göstermektedir. CO emisyonu hava-yakıt oranında meydana gelen küçük değişikliklerden büyük oranda etkilenmektedir. Bu azalmanın bütanol içerisinde bulunan oksijenin silindir içerisinde yanmayı iyileştirmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, C atomlarının miktarı yanma sonunda ortaya çıkan ürünlere etki etmektedir. CO emisyonlarının azalmasındaki etkenlerden biride bütanol yakıtının içerisinde bulunan C atomunun benzine göre daha az olmasıdır. CO emisyonları %5, 10, 20 bütanol yakıt ile 800- 2400W arası yüklerde hızlı düşme göstermiş 2400-4000W arası bu

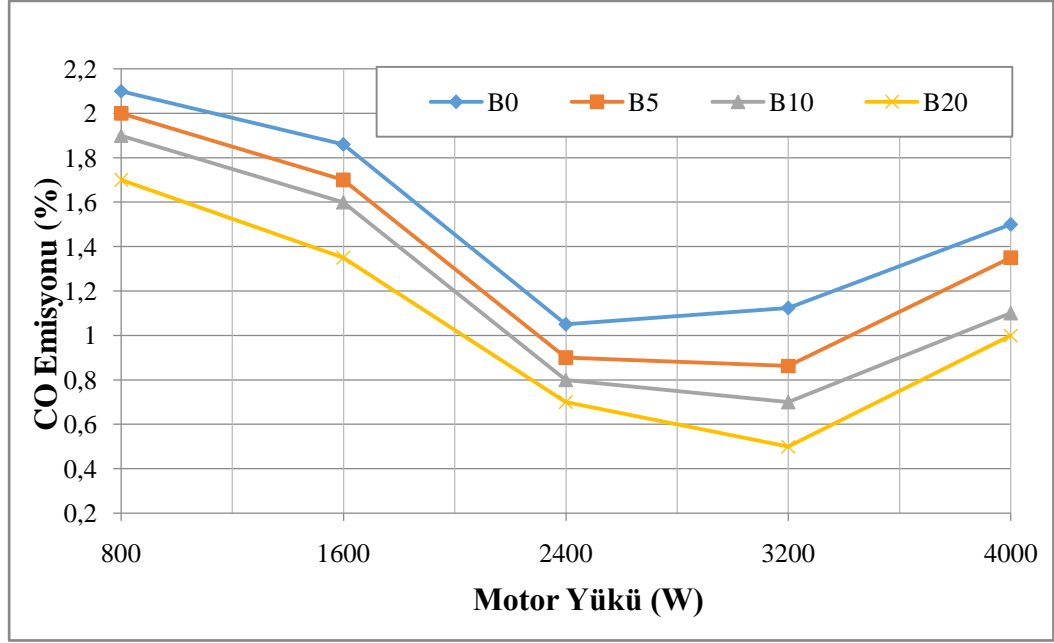
düşme yavaşlamış ve artmaya başlamıştır. Bunun sebebi yanmanın içerisindeki oksijenden kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 5.4. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının CO emisyonuna etkisi.



Şekil 5.5. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının CO emisyonuna etkisi.



Şekil 5.6. Farklı yüklerdeki benzin- bütanol karışımının CO emisyonuna etkisi.

5.1.2.2. Hidrokarbonlar (HC)

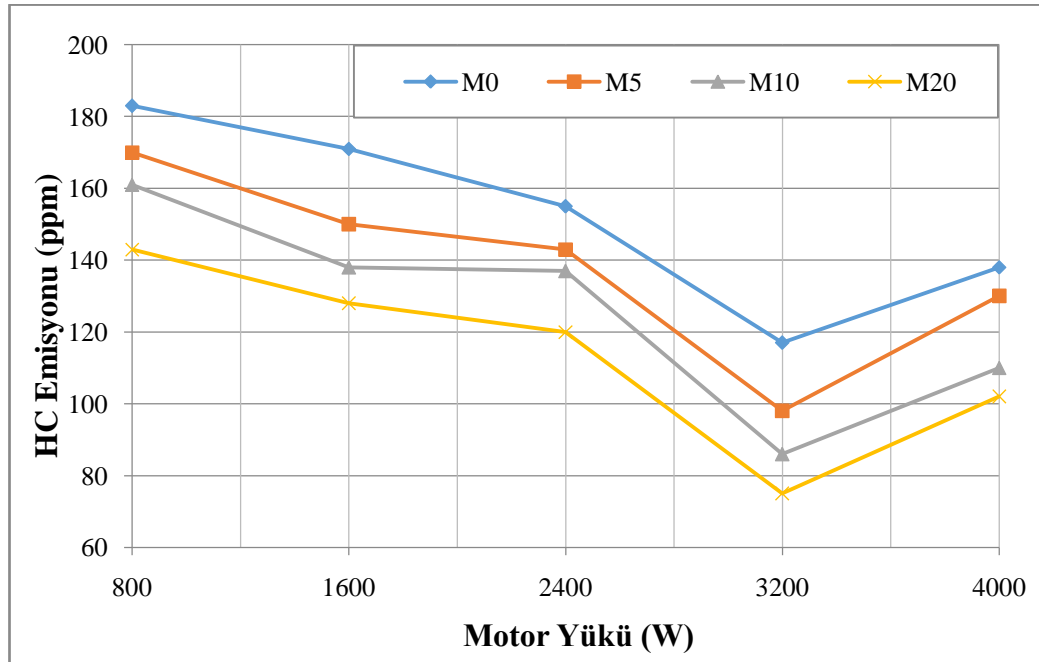
İçten yanmalı motorlarda HC emisyonlarının oluşmasına neden olan başlıca etkenler, oldukça zengin veya fakir karışımlar sonucu meydana gelen eksik yanma, sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK l'den küçük-zengin karışım) yanmanın tamamlanamaması, silindir içerisindeki soğuk cidarlara (silindir, silindir kafası ve piston üst yüzeyi) ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi, yanma odasındaki karbon kalıntısı ve silindir cidarındaki yağ tabakasının yakıt tutması şeklinde sıralanabilir.

Şekil 5.7'de benzin- metanol karışımlarında M5, M10 ve M20 yakıtlarıyla farklı yüklerde yapılan çalışmada benzine göre daha düşük HC emisyonu açığa çıkmıştır. Benzin- metanol karışımında en düşük HC emisyonu M20 karışımında ve 3200W motor yükünde oluşmaktadır. Yakıt içerisindeki metanol miktarı arttıkça HC emisyonların da azalmaların olduğu, ancak belirli bir motor yükünden sonra HC emisyonlarında artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın, alkolün soğutma etkisi nedeniyle taze karışımın sıcaklığını düşürmesi sonucu, yakıt buharlaşmadan yanma

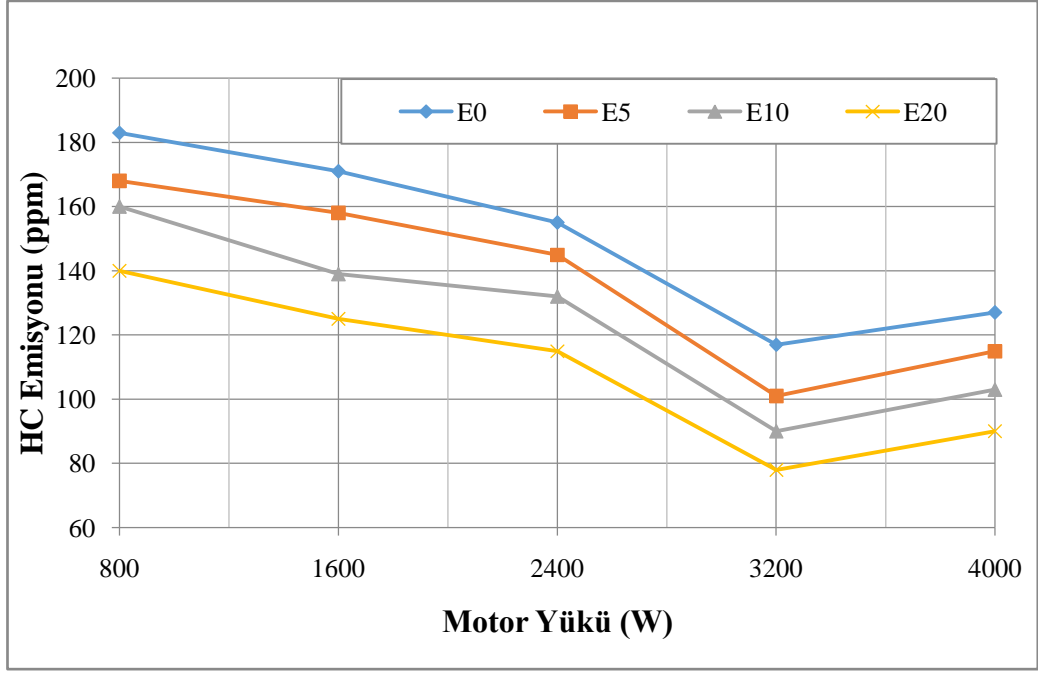
odasına gitmesinden kaynaklandığı ve bu sebeple de HC emisyonun da artmaların olduğu şeklinde yorumlamak mümkündür.

Şekil 5.8’de benzine hacimsel olarak %5, %10 ve %20 etanol ilavesinin HC emisyonlarına etkisi motor yüklerine bağlı olarak görülmektedir. Etanol ilave edilmesiyle HC emisyonların da azalma yakıtın kimyasal bileşimindeki oksijenin etkisiyle HC emisyonlarının azalmasına sebep olmaktadır. E5, E10, E20 karışımlarında en yüksek HC emisyonu %5 etanol yakıtı ile 168 ppm, en düşük HC emisyonu ise %20 etanol yakıtı ile 78 ppm olarak ölçülmüştür. 3200 ve 4000W yüklerinde HC emisyonların artmasının sebebi sıcaklığın artmasından dolayı olduğu düşünülmektedir.

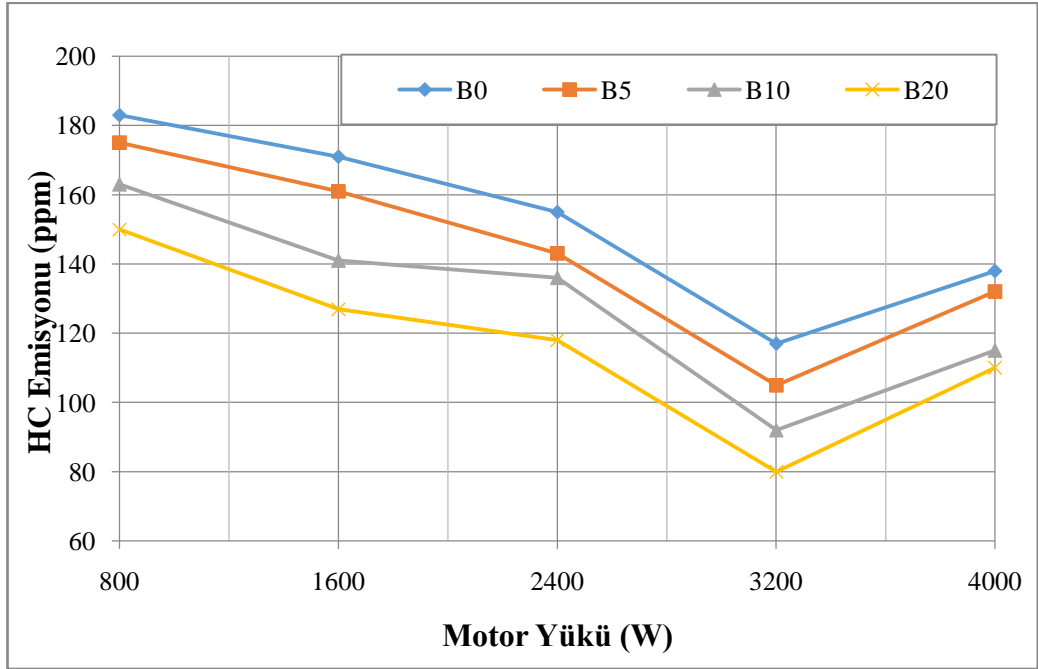
Şekil 5.9’de benzine hacimsel olarak %5, %10 ve %20 bütanol ilavesinin HC emisyonlarına etkisi motor yüklerine bağlı olarak görülmektedir. B5, B10, B20 karışımlarında en yüksek HC emisyonu %5 bütanol yakıtı ile 170 ppm, en düşük HC emisyonu ise %20 bütanol yakıtı ile 75 ppm olarak ölçülmüştür.



Şekil 5.7. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının HC emisyonuna etkisi.



Şekil 5.8. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının HC emisyonuna etkisi.



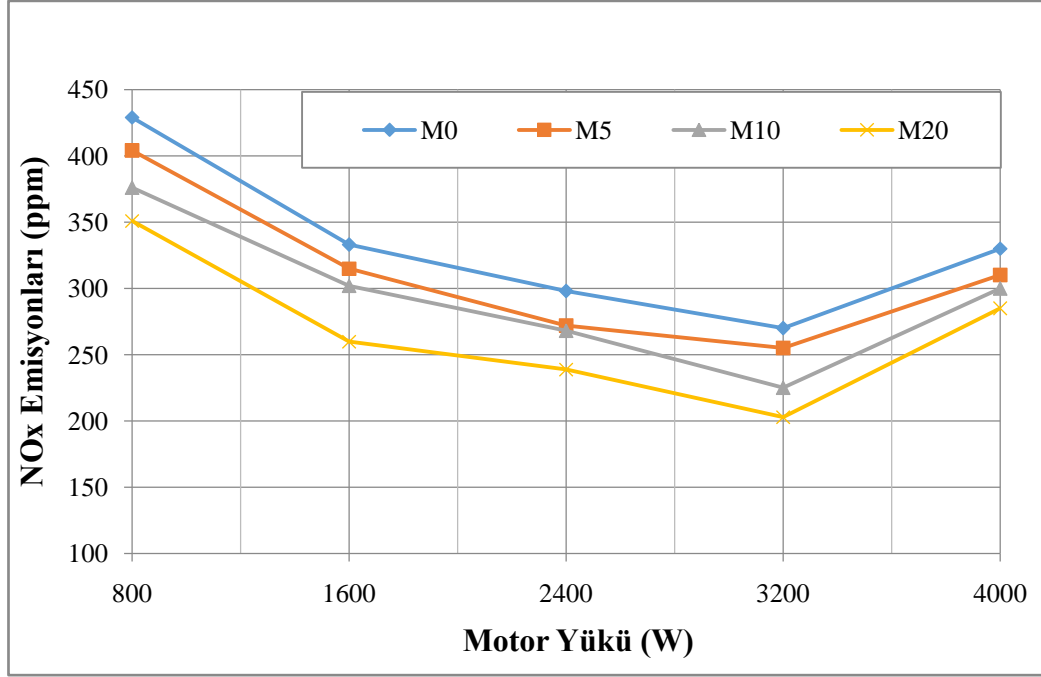
Şekil 5.9. Farklı yüklerdeki benzin- bütanol karışımının HC emisyonuna etkisi.

5.1.2.3. Azot Oksitler (NO_x)

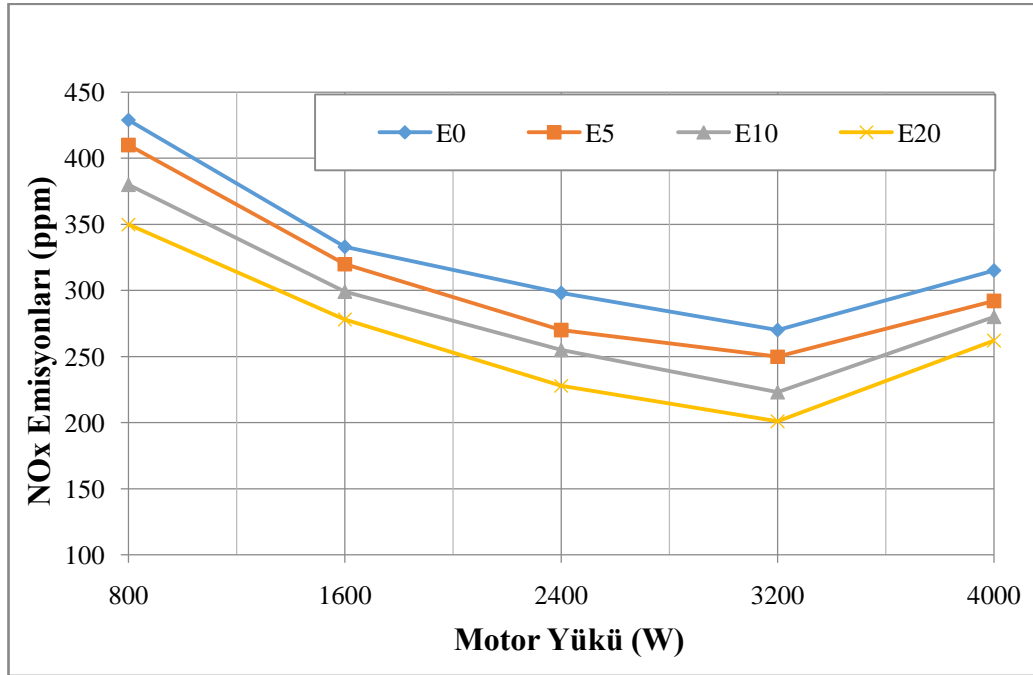
Azot oksitler içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Yanma ürünleri arasında genellikle NO bulunmasına rağmen, atmosfere atıldıktan sonra bir kısmı NO_2 'ye dönüşmektedir. Azot oksitler içinde NO renksiz, kokusuz bir gazdır. NO_2 ise kırmızı kahverengi renkli, kötü kokulu, tahriş edici bir gazdır. Normal şartlar altında havanın içindeki azot (N_2) yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda (1600 °C nin üstünde) havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO'nun bir kısmı NO_2 ve NO_x 'lere dönüşmektedir. Sonuç olarak, azot oksit oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksitlerin hızla arttığı anlaşılmaktadır.

Azot oksit oluşumunu etkileyen bir diğer parametre de HFK'dır. HFK=1.1 civarında (yani azot ile birleşecek oksijenin bulunması durumu) azot oksit oluşumu en fazla olmaktadır. Ancak HFK 1,1'den büyük olursa, yani daha fakir karışım halinde, silindir içi sıcaklık, reaksiyona giren gaz miktarının azalması ile düşer ve NO_x emisyonun da hızlı bir azalma gözlenir.

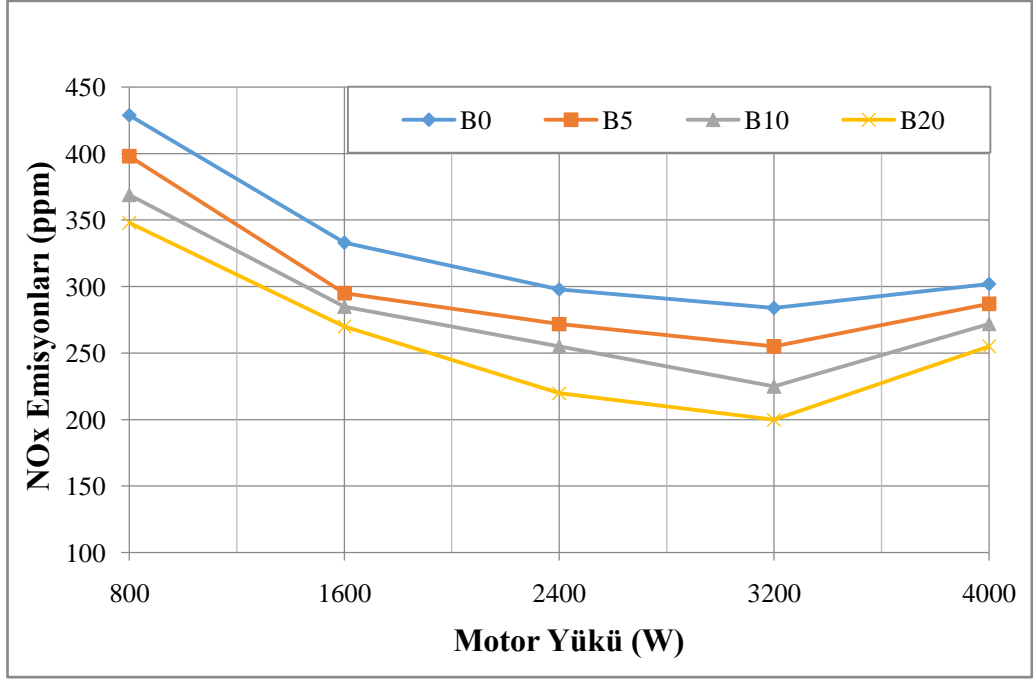
Farklı karışımlarda ve yüklerdeki NO_x emisyonu değişimi metanol için Şekil 5.10'da, etanol için Şekil 5.11'de, bütanol için Şekil 5.12'de benzine hacimsel olarak %5, 10 ve 20 oranlarında metanol, etanol, bütanol ilavesinin NO emisyonlarına etkisi görülmektedir. Alkollerin ısı değeri benzinin ısı değerinden düşük olduğundan, benzin içine katılan alkol miktarı arttıkça, karışımın ısı değerini düşürdüğü ve bununla yanma sonu sıcaklığını azalttığı düşünülmektedir. 800 ile 3200W motor yükleri arasında karışımın kısmen fakirleşmesi, ısı değerinin düşmesi ve yanma sonu sıcaklığının azalmasından dolayı NO emisyonlarının azaldığı düşünülmektedir. 3200 ile 4000W motor yükleri arasında ise alkolün içinde bulunan oksijen yanmayı iyileştirerek, yanma sonu sıcaklığını arttırdığı düşünülmektedir. Bu durumda NO emisyonlarının kısmen artmasına sebep olduğu sanılmaktadır.



Şekil 5.10. Farklı yüklerdeki benzin-metanol karışımının NO_x'e etkisi (ppm).



Şekil 5.11. Farklı yüklerdeki benzin-etanol karışımının NO_x'e etkisi (ppm).



Şekil 5.12. Farklı yüklerdeki benzin-bütanol karışımının NO_x'e etkisi (ppm).

BÖLÜM 6

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, tek silindirli buji ateşlemeli bir motorda, değişiklik yapılmadan sabit hız ve farklı yüklerde (800, 1600, 2400, 3200 ve 4000W) ve hacimsel olarak (%5, %10 ve %20) oranlarda alkoller (metanol, etanol ve bütanol), benzin ile karıştırılarak özgül yakıt tüketimine, CO, HC ve NO_x emisyonuna etkileri incelenmiştir. Benzin-alkol karışımlarının farklı motor yüklerinde özgül yakıt tüketiminde artış meydana getirmiştir. Alkol-benzin karışımlarında meydana gelen bu özgül yakıt tüketimi artışının temel nedeni, alkollerin içeriğinde daha fazla oksijen bulundurması neticesinde ısı değerlerinin benzine göre daha düşük olmasıdır. Bunun yanında alkollerin daha fazla oksijen içermesi silindir içerisine alınan hava/yakıt oranını artırarak karışımı fakirleştirmekte ve yanma performansını düşürmektedir. Bu durum özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olur.

Deney sonuçlarına göre, benzine hacimsel olarak M0, M5, M10, M20 metanol ilave edildikçe özgül yakıt tüketiminin arttığı, CO, HC, NO_x emisyonların da ise M0'a göre bir azalma görülmüştür. CO ve HC'nin karışım oranlarının artması ile azaldığı, motor yüklerinin artmasına bağlı olarak da artış olduğu gözlemlenmiştir. Azalmasının sebebi metanolün içeriklerindeki oksijenden dolayı yanmanın iyileşmesi ayrıca, alkollerin petrol esaslı yakıtlara göre daha düşük alev sıcaklığına sahip olmaları, CO ve HC emisyonlarının azalması şeklinde düşünülebilir. Ancak belirli bir motor yükünden sonra CO ve HC emisyonların da artışın olduğu tespit edilmiştir. Bu artışın, alkolün soğutma etkisi nedeniyle taze karışımın sıcaklığını düşürmesi sonucu, yakıt buharlaşmadan yanma odasına gitmesinden kaynaklandığı ve bu sebeple de CO, HC emisyonların da artmaların olduğu şeklinde yorumlamak mümkündür. Benzine hacimsel olarak %5, %10 ve %20 oranlarında alkol ilavesi ve motor yüklerine bağlı olarak NO_x emisyonlarının benzine göre azaldığı görülmektedir. Alkollerin ısı değeri benzinin ısı değerinden düşük olduğundan,

benzin içine katılan alkol miktarı arttıkça, karışımın ısıl değerini düşürdüğü ve bununda yanma sonu sıcaklığını azalttığı karışımın kısmen fakirleşmesi, ısıl değerinin düşmesi ve yanma sonu sıcaklığının azalmasından dolayı NO_x emisyonlarının azaldığı düşünülmektedir. 3200 ile 4000W motor yükleri arasında ise alkollün içinde bulunan oksijen yanmayı iyileştirerek, yanma sonu sıcaklığını arttırdığı ve bu durumda NO_x emisyonlarının kısmen artmasına sebep olduğu sanılmaktadır.

Alkollerin içeriğinde oksijen bulundurması neticesinde alt ısıl değerlerinin benzine göre daha düşük olduğundan aynı gücü elde edebilmek için motora daha çok yakıt sevk edilmelidir.

Alkol karışımlarından istenilen performans değerlerini elde etmek için meme çapı büyütülmelidir.

Metil alkolün korozyon etkisine karşın saflık derecesinin yüksek olması tercih edilmektedir. Saflık derecesi arttıkça enerji kapasitesi artar. Saflığın derecesinin yeterli olmadığı durumda karbüratörde korozyona sebep olmaktadır. Bunun içinde yakıt sisteminin korozyona dayanıklı malzemelerden yapılması veya korozif direnç gösteren malzemelerle kaplanması gerekmektedir.

Sıkıştırma oranı 8,5/1 olan bir motor, metil alkol kullanılması durumunda sıkıştırma oranı 11/1'e yükseltilmelidir.

Alkol kullanılması durumunda silindire alınan yakıt miktarının fazla olmasından dolayı volümetrik verimi arttırmak için emme supabı çaplarının büyütülmesi gerekebilir.

KAYNAKLAR

1. Eyidoğan, M., “Etanol- benzin ve metanol- benzin karışımlarının buji ateşlemeli bir motorun yanma karakteristiği ve egzoz emisyonlarına etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Kocaeli, (2009).
2. Kulakoğlu, T., “Dizel-metanol karışımı kullanılan bir dizel motorda püskürtme basıncının performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, İstanbul, (2009).
3. Uslu, K., Sayın, C. ve Çanakçı, M., “Dizel motorlarında çift yakıt (Etanol -dizel) kullanımının performans ve emisyonlara etkisi”, **9. Uluslararası Yanma Sempozyumu Bildiriler Kitabı**, 273-282 (2006).
4. Bayraktar, H. ve Durgun, O., “Buji ateşlemeli motorlar için alternatif yakıtların teorik değerlendirilmesi ve pratik kullanılabilirliği”, **Mühendis ve Makine**, 48 (533): 48-56 (2004).
5. Can, Ö., Çelikten, G. ve Usta, N., “Etanol karışımı motorin yakıtının dizel motoru egzoz emisyonlarına etkisi”, **Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi**, 11 (2): 219-224 (2005).
6. Yüksel, F. ve Yüksel, B., “The use of ethanol-gasoline blend as a fuel in an SI engine”, **Renewable Energy**, No: 1181-1191 (2004).
7. Salman, M. S. ve Sümer, M., “Buji ateşlemeli motorlarda etanol ve etanol-benzin karışımlarının motor performansına etkileri”, **Politeknik Dergisi**, 2 (2): 27-35 (1999).
8. Keskin, A., “Buji ile ateşlemeli bir motorun doğalgazlıya dönüşümünün performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, **Dumlupınar Üniversitesi**, Kütahya (1997).
9. Bayraktar, H., “Benzin-etanol karışımlarının benzin motorlarında yanma karakteristikleri üzerindeki etkilerinin teorik olarak incelenmesi”, **11. Ulusal Isı Bilimi ve Tekniği Kongresi**, Edirne, 17-19 (1997).
10. Kammen, D. M., “Bioenergy in developing countries: Experiences and prospects in bioenergy and agriculture”, **Promises and Challenges** (2006).
11. Anonymous, “Biomass program, biofuels, energy efficiency and renewable energy”, **U.S. Department of Energy**, (2009).

12. Taşdan, K., “Biyoyakıtların Türkiye tarım ürünleri piyasalarına olası etkileri, biyobenzin – etanol”, *Tarım ve Mühendislik*, 75: 27-29 (2005).
13. Yücesu, H. S., Topgül, T., Çınar, C. ve Okur, M., “Effect of ethanol-gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in different compression ratios”, *Applied Thermal Engineering*, 26: 2272-2278 (2006).
14. Shenghua, L., Cuty Clemente, E. R., Tiegang, H. and Yanjv, W., “Study of sparkignition engine fueledwith methanol/gasoline fuelblends”, *Applied Thermal Engineering*, 27: 1904-1910 (2007).
15. Bayraktar, H., “Experimental and theretical investigation of using gasoline ethanol blends in spark ignition engines”, *Renewable Energy*, 30: 1733-1747 (2005).
16. Usta, N., Can, Ö. ve Öztürk, E., “Comparsion of biodieseland ethanol as an alternative diesel engine fuel”, *Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 11 (3): 325-334 (2004).
17. Şenveli, E., “Etanol katkılı yakıt kullanımının motor performansına ve emisyonlara etkisinin incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, (2008).
18. Guerrieri, D. A., Caffrey, P. J. and Rao, V., “Investigation in tothe vehicle exhaust emissions of high percentage ethanol blends”, *SAE Paper No: 950777* (1995).
19. Wu, C. W., Chen, R. H., Qu, J. Y. and Lin, T. H., “The influence of air-fuel ratio on engine performance and pollutant emission of an sı engine using ethanol-gasoline blended fuels”, *Atmospheric Environment*, 38: 7093-7100 (2003).
20. Abu-Qudais, M., Asfar, K. R. and Al-Azzam R., “Engine performance using vaporizing carburetor”, *Energy Conversion and Management*, 42: 755-761 (2001).
21. Qi, D. H., Liu, Sh. Q., Liu, J. C., Zhang, Ch. H. and Bian, Y. Zh., “Roperties, performance, and emissions of methanol-gasoline blends in a spark ignition engine”, *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, Part D: Journal of Automobile Engineering, 219 (3): 405-412 (2005).
22. Yamin, J., Abu-Zaid, M. and Badran, O., “Comparative performance of spark ignition engine using blends of various methanol percentages with low octane number gasoline”, *International Journal of Environment and Pollution*, 23 (3): 336-344 (2005).
23. Liu, S., Li, H., Lu, S. and Qi, D., “Effects of methanol-gasoline blend on gasoline engine performance and emissions”, *Hsi-An Chiao Tung TaHsueh/Journal of Xi'an Jiaotong University*, 40 (1): 1- 4 (2006).

24. Bayraktar, H., “Benzin-etanol karışımlarının benzin motorlarında yanma ve motor çevrimi üzerindeki etkilerinin teorik olarak incelenmesi”, Doktora Tezi, **Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Trabzon, (1997).
25. Safgönül, B., Ergeneman, M., Arslan, H. E. ve Soruçbay, C., “İçten Yanmalı Motorlar”, **Birsan Yayınevi**, İstanbul, (1995).
26. Altınar, U., “Doğrudan metanollü yakıt pili için çift kutuplu plaka geliştirilmesi ve performans incelenmesi”, Yüksek Lisans Tezi, **Niğde Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Niğde, Türkiye, 21-25 (2006).
27. Acaroğlu, M., “Alternatif Enerji Kaynakları”, **Atlas Yayın Dağıtım**, İstanbul, Temmuz (2003).
28. İnternet: TAPDK, “Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurulu”, <http://www.tapdk.gov.tr/alkol/dokuman> (15.12.2007).
29. Yağcıoğlu, E., “Biyokütle enerjisi”, **EIE Bülteni** (1984).
30. Kahraman, N. ve Akansu, S. O., “Motorlu taşıtlarda alternatif ve yenilenebilir yakıt kullanımının irdelenmesi”, **Makine Mühendisleri Odası, Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi**, Kayseri, Türkiye, 81-89 (2003).
31. İnternet: MHTL, “Methanol Holdings (Trinidad) Limited” <http://www.ttmethanol.com/> (2008).
32. Acaroğlu, M., Oğuz, H. ve Ünaldı, M., “Biyometanolün yakıt olarak kullanımı ve emisyon değerleri”, **Selçuk Üniversitesi**, Konya (2005).
33. İnternet: Torku, “Konya Şeker Fabrikası”, <http://www.konyaseker.com.tr/> (2015).
34. İnternet: Pankobirlik, “Pancar Ekicileri Kooperatifleri Birliği”, www.pankobirlik.com.tr/ (2015).
35. Saha, B., Qureshi, N. C. and Cotta, M. A., “Butanol production from wheat straw by simultane ous saccharification and fermentation using clostridium beijerinckii: part 2-fed-batch fermentation”, **Biomass and Bioenergy**, 32 (2): 176-183 (2008).
36. Qureshi, N., Saha, B. C., Dien, B., Hector, R. E. and Cotta, M. A., “Production of butanol (a biofuel) from agricultural residues: Part I–Use of barley straw hydrolysate”, **Biomass and Bioenergy**, 34: 559–565 (2010).
37. Topgül T., “Buji ateşlemeli motorlarda etilalkol – benzin karışımı kullanımında optimum çalışma parametrelerinin araştırılması”, Doktora Tezi, **Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**, Ankara, 15: 67- 118 (2006).

38. İlker, Ö., Necmettin, T. ve Murat, C., “Etanol-benzin karışımı yakıtların taşıt performansına ve egzoz emisyonlarına etkisi”, *10. Uluslararası Yanma Sempozyumu*, Sakarya (2008).
39. Can, Ö., Çelikten, İ. ve Usta, N., “Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbo chargedin direct injection diesel engine running at differentin jectionpressures”, *Energy Conversion and Management*, 45: 2429–2440 (2004).
40. Ejder, S. B., “Etanol - dizel, biyodizel - dizel yakıt karışımlarının kullanımının motor performansına etkilerinin deneysel araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2007).
41. Haşımoğlu, C., Ciniviz, M. ve Uçar, G., “Günümüzde içten yanmalı motorlarda alkol yakıtının kullanılması”, *Selçuk Teknik Online Dergisi*, ISSN 1302/6178, Konya, (2000).
42. Sekmen, Y., “Karpuz çekirdeği ve keten tohumu yağı metil esterlerinin dizel motorda yakıt olarak kullanılması”, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Teknoloji Dergisi*, 10 (4): 295- 302 (2007).
43. Karakuş, N., “Yakıt özelliklerinin dizel motor performansına ve emisyonlarına etkisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2000).
44. Smith, J. L. and Workman J. P., “Alcoholfor motor fuels”, *Farm & Ranchseries*, 5: 10 (2004).
45. Uslu, K., “Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı+ethanol kullanımın performans ve emisyonlara etkisi”, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (2006).
46. Koç, M., Sekmen, Y., Topgül, T. ve Yücesu, H. S., Theeffects of ethanol– unleaded gasoline blends on engine performance and exhaust emissions in a spark-ignition engine, *Renewable Energy*, 34: 2101–2106 (2009).
47. Hışır, V., “Bütanol-benzin karışımlarının buji ile ateşlemeli motorların performans ve egzoz emisyonlarına etkilerinin deneysel olarak araştırılması”, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, (2009).
48. Çetinkaya, S., “Termodinamik”, *Nobel Yayınevi*, Ankara (1999).
49. Karakuş, N., “Yakıt özelliklerinin dizel motor performansına ve emisyonlarına etkisi”, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, (2000).

50. Vezir, A., "Metanol benzin karışımlarının MgO-ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi", Yüksek Lisans Tezi, *Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Sakarya, 16-20 (2006).
51. Pancar, F., "Dizel motorların doğalgaz motoruna dönüştürülmesi" Yüksek Lisans Tezi, *İ.T.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul (1994).
52. Salman, M. S. ve Batmaz, I., "Sıvılaştırılmış petrol gazı kullanan taşıtlarda performans ve emisyonlar", *Gazi Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Politeknik Dergisi*, 1 (1-2) Ankara (1998).
53. Altın, R. ve Balcı, M., "Ayçiçek metil ester yakıtının dizel motorlarında yakıt olarak kullanılması üzerine bir araştırma", *Teknoloji Dergisi*, Zonguldak Karabük Üniversitesi Karabük Teknik Eğitim Fakültesi, Sayı 1, Karabük (1998).
54. Çetinkaya, S., "Taşıtlarda LPG kullanımı", *S.Ü Teknik Eğitim Fakültesi Taşıtlarda Yakıt Olarak LPG Kullanımı Paneli*, Konya (1998).
55. İnternet: Genpower, "Genpower Genarator", <http://jeneratorgenpower.com/gbs-40-m-portatif-genpower-jenerator/> (2015).
56. İnternet: Bilsa, "Bilsa Bilgisayar ve Tek. Cih. San. Tic. Ltd. Şti", http://media.wix.com/ugd/c5e4e6_1078b8bd0d17407cbf35f430d8335d40.pdf (2015).
57. Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen, A., "İçten Yanmalı Motorlar, Cilt 1", *T.E.V. Yayını*, Ankara (1992).
58. Yaman, H., "Benzinli motorlarda egzoz emisyonlarına etki eden faktörlerin deneysel olarak incelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, *Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük (2004).
59. Alasfour, F. N., "NO_x emission from a spark ignition engine using 30% iso-butanol-gasoline blend: part 1 preheating inlet air", *Applied Thermal Engineering*, 18 (5): 245-256 (1998).

ÖZGEÇMİŞ

Özkan ŞENER 1981'de Samsun'da doğdu; ilk ve orta öğrenimini aynı şehirde tamamladı; Samsun Endüstri Meslek Lisesi, Motor Bölümü'nden mezun oldu.

2000 yılında ZKÜ Karabük Teknik Eğitim Fakültesi Makine Eğitimi Ana Bilim Dalı Otomotiv Öğretmenliği programına yerleşti; 2004'de "iyi" derece ile mezun oldu.

Halen; 2014 yılında KBÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Anabilim Dalı'nda başlamış olduğu yüksek lisans programını sürdürmektedir.

ADRES BİLGİLERİ

Adres: Yaşar Doğu Mah. Sakalar Sok. No: 2/8
55050 İlkadım / SAMSUN

Tel : (532) 170 54 55

E-posta : ozkan_sener555@hotmail.com