



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**İÇTEN YANMALI BİR MOTORDA FARKLI
ORANLARDA METANOL-BENZİN
KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI
VE EMİSYONLARA ETKİSİ**
Bilal GÖKSU

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Agustos-2024
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

İÇTEN YANMALI BİR MOTORDA FARKLI ORANLARDA METANOL- BENZİN KARIŞIMLARININ MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONLARA ETKİSİ

Bilal GÖKSU

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Mühendisliği Anabilim Dalı**

Danışman: Prof. Dr. Murat CİNİVİZ

2024, 52 Sayfa

Jüri

**Prof. Dr. Murat CİNİVİZ
Dr. Öğr. Üyesi Ayhan UYAROĞLU
Doç. Dr. Fatih AYDIN**

Çalışmada, sabit sıkıştırma(7/1) oranında belirlenen bir petrol istasyonundan alınan benzin ile hacimce tespit edilen oranlarda metanol ilave edilerek karışımlar hazırlanmıştır. Hazırlanan bu karışımlar, buji ile ateşlemeli tek silindirli bir deney düzeneğine bağlı motor üzerinde motor gücü ve egzoz parametreleri deneysel olarak incelenmiştir. Yapılan bu çalışmada test yakıtları olarak benzine hacimce % 10 , %20, %30, %40 oranında metanol karıştırılarak kullanılmıştır. Deneyler beş farklı(2500,2750,3000,3250,3500) devirde yapılmıştır.

Deneyler (M10, M20, M30 ve M40) sonucunda, numunelerdeki metanolün hacimsel olarak artmasıyla özgül yakıt tüketiminde artış tespit edilirken, efektif verim, NO_x, HC, CO₂ ve CO emisyonları azalmıştır.

Anahtar Kelimeler: Emisyonlar, Metanol, Motor performansı, Özgül yakıt tüketimi, Sıkıştırma oranı

ABSTRACT

MS THESIS

**EFFECT OF DIFFERENT RATIOS OF METHANOL-GASOLINE MIXTURES
ON ENGINE PERFORMANCE AND EMISSIONS IN AN INTERNAL
COMBUSTION ENGINE**

Bilal GÖKSU

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE
IN MECHANICAL ENGINEERING**

Advisor: Prof. Dr. Murat CİNİVİZ

2024, 52 Pages

Jury

Prof. Dr. Murat CİNİVİZ

Asst. Prof. Dr. Ayhan UYAROĞLU

Asst. Prof. Dr. Fatih AYDIN

In our study, mixtures were prepared by adding gasoline purchased from a petrol station with a fixed compression ratio (7/1) and methanol in the determined proportions by volume. The engine power and exhaust parameters of these prepared mixtures were experimentally examined on a spark-ignition single-cylinder engine connected to an experimental setup. In this study, %10, %20, %30, %40 methanol by volume was used as test fuels mixed with gasoline. Experiments were carried out in five different cycles.

As a result of the experiments (M10, M20, M30 and M40), an increase in specific fuel consumption was detected as the volume of methanol in the samples increased, while effective efficiency, NO_x, HC, CO₂ and CO emissions decreased.

Keywords: Emissions, Methanol, Engine performance, Specific fuel consumption, Compression ratio.

ÖNSÖZ

Çalışmamızın amacı içten yanmalı motorlarda yakıt olarak metanol kullanımı ile ilgili farklı motor devirlerinde ve motor yüklerinde metanol –benzin karışımlarının egzoz emisyonlarına etkileri deneysel olarak incelemektir. Alternatif yakıtlardan metanolün benzinle uyumluluğu, günümüz taşıtlarında gelecekte umut vaat eden bir çözüm olarak görülebilmektedir. Metanol, egzoz emisyonlarını azaltmaya katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Yüksek lisans çalışmam boyunca bana destek olan danışmanım, değerli hocam Prof. Dr. Murat CİNİVİZ'e, deneyler ve çalışmalarım sırasında yardım ve bilgi veren, Dr. Öğr. Üyesi Halil Erdi GÜLCAN'a, maddi ve manevi desteğini esirgemeyen sevgili eşim Havvanur GÖKSU ve oğlum Berat GÖKSU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Bilal GÖKSU
KONYA-2024

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
1. GİRİŞ	1
1.1. Alkol yakıtlar	4
1.1.1. Metanol	4
1.1.2. Dünyada ve Türkiyede Metanol	4
1.1.3. Metanol Üretimi	6
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	8
3. MATERYAL VE YÖNTEM	16
3.1. Labaratuar Ortamı	16
3.1.1. Deney Düzenegi	16
3.1.2. Numune yakıtlar	17
3.1.3. Gözlem motoru	18
3.1.4. Universal Tahrik ve Fren Ünitesi.....	20
3.1.5. Emisyon gazı ölçüm cihazı	21
3.1.6. Ölçüm kabı.....	22
3.1.7. Egsoz gaz sıcaklığı.....	23
3.1.8. Yazılım(CT159).....	23
3.2. Denejde ölçülecek parametreler.....	25
3.2.1. Motor testleri.....	25
3.2.2. Tork ölçümü.....	25
3.2.3. Fren gücünün ölçümü	25
3.2.4. Volümetrik verimin hesaplanması	25
3.2.5. Özgül yakıt tüketiminin hesaplanması.....	26
3.2.6. Yakıt tüketiminin ölçümü	26
3.2.7. Fren özgül yakıt tüketiminin hesaplanması	26
3.2.8. Fren özgül enerji tüketiminin hesaplanması	27
3.2.9. Termal verimin hesaplanması	27
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA	28
4.1. Motor performans deney sonuçları	28
4.1.1. Fren özgül yakıt tüketimi (FÖYT).....	28
4.1.2. Fren özgül enerji tüketim (FÖET)	29
4.1.3. Termal verim.....	30
4.2. Egsoz emisyon sonuçları	31
4.2.1. Egsoz gaz sıcaklığı	31
4.2.2. HC Emisyonu.....	32

4.2.3. NO _x Emisyonu.....	33
Şekil 4.6. Motor devir ve NO _x grafiği.....	33
4.2.4. CO Emisyonu.....	34
4.2.5. CO ₂ Emisyonu	35
4.1.6. O ₂ Değeri	36
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	38
5.1 Sonuçlar	38
5.2 Öneriler	38
KAYNAKLAR	40
ÖZGEÇMİŞ	43



Singeler

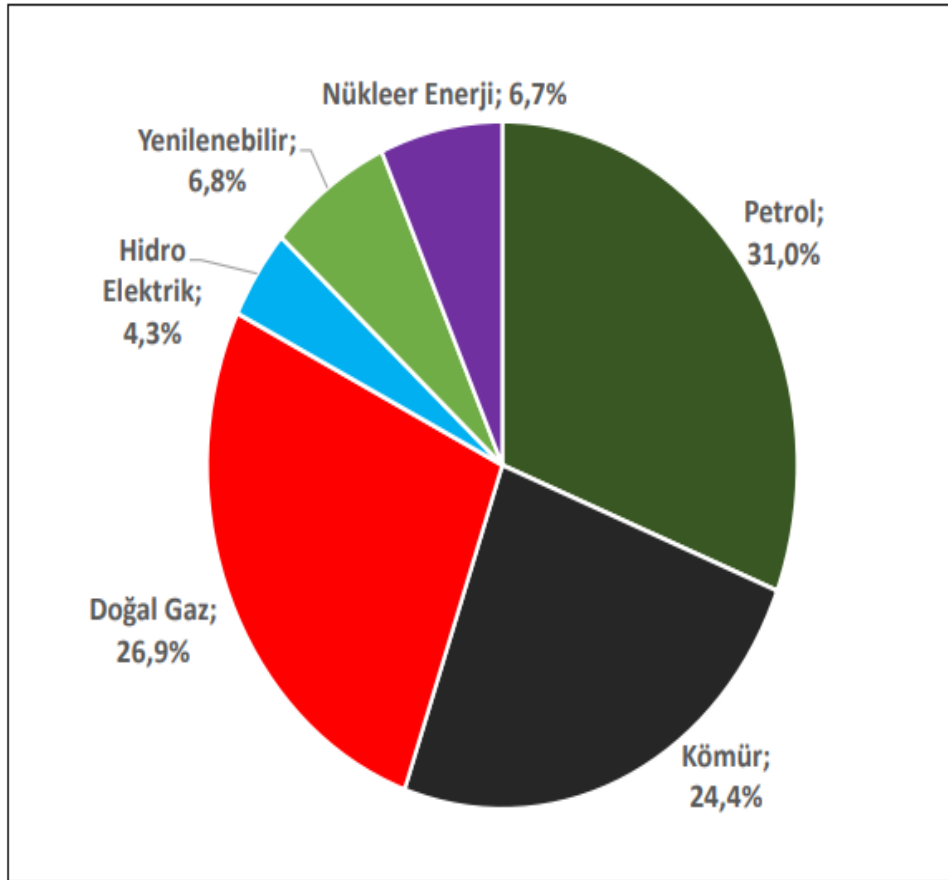
τ	: Tork, Nm
HC	: Hidrokarbon (ppm)
CO	: Karbon monoksit (%)
θ	: Krank mili açısı, °KMA
CO ₂	: Karbon dioksit (% vol)
A0	: Kesit alanı
O ₂	: Oksijen (%vol)
ϵ	: Özgül ekserji, kW/kg
η	: Verimlilik, %
λ	: Hava yakıt oranı
ρ	: Yoğunluk, kg/m ³
η_v	: Hacimsel verimlilik
ϵ_s	: Sıkıştırma oranı
%	: Yüzde
η_t	: Isıl verimlilik(vol)
NO _x	: Azot oksit (%vol)
P	: Güç (kW)
ω	: Açısal hız (rad/s)
Me	: Moment (Nm)
n	: Motor devri (dev/dak)
\dot{m}_y	: Yakıt debisi (gr/s)
Hu	: Alt ısıl değer (MJ/kg)

Kısaltmalar

AA	: Ateşleme avansı
AB	: Avrupa Birliği
bmep	: Fren ortalama efektif basıncı
°C	: Santigrat derece
C	: Karbon
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
c	: Silindir Sayısı
CO	: Karbonmonoksit
CO ₂	: Karbondioksit
EGR	: Egzoz gazı resirkülasyonu
B100	: % 100 kurşunsuz benzin
M10	: % 90 kurşunsuz benzin % 10 metanol
M20	: % 80 kurşunsuz benzin % 20 metanol
M30	: % 70 kurşunsuz benzin % 30 metanol
M40	: % 60 kurşunsuz benzin % 40 metanol
EgAA	: Egz. subab açma avansı
EgKA	: Egz. subab kapama avansı
EmAA	: Em. subab açma avansı
EmKA	: Em. subab kapama avansı
Föyt	: Fren özgül yakıt tüketimi
g/mol	: Gram/mol
İmep	: İndike ortalama efektif basınç
M _b	: Fren torku
mak	: Maksimum
MBT	: Maksimum fren torku
MON	: Motor oktan sayısı
MTEP	: Milyon ton eşdeğer petrol
MW	: Mega Watt
N	: Devir sayısı
N _e	: Efektif Güç (kW)
N ₂	: Azot
P _b	: Fren gücü
P _{eff}	: Efektif basınç
P ₁	: Enjeksiyon basıncı
Pmaks	: Maksimum basınç
PM	: Partikül madde
ppm	: Milyonda bir partikül
S/N	: Sinyal gürültü oranı
SI	: Buji ile ateşlemeli
ÜÖN	: Üst ölü nokta
Rpm	: Birim dakikadaki dönme sayısı
T ₃	: Egzoz sıcaklığı

1. GİRİŞ

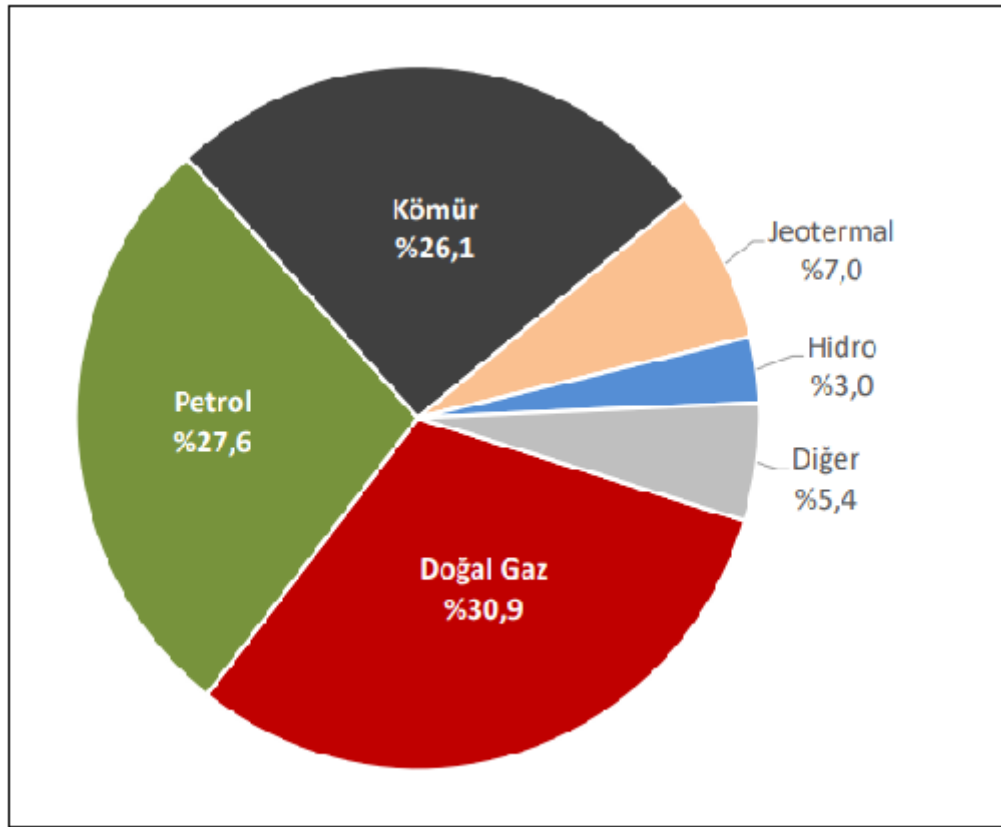
Yaşam standartlarını geliştirmek isteyen, yaşama biçiminin her dakikasını kolaylaştırmak isteyen insanoğlu her türlü araç gereçten yararlanmaktadır. Sanayinin serileşmesi, nüfusun artması ve gereksinimlerin çeşitlilik kazanması ile enerjiye olan ihtiyaç artmıştır. Bu sebepten ötürü enerji ülkeler için önem arz etmektedir. Enerji Güvenliği, iktisadi güvenliğin ve milli güvenliğin hayati faktörlerindendir. Enerji, toplumsal yaşamımızı sürdürebilmemiz için hayati bir kaynaktır. Sanayi, ulaştırma, konut ve ticarethane gibi çeşitli alanlarda enerjiye olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Enerji kaynakları dağılımı incelendiğinde; fosil yakıtların hakimiyeti: Petrol, doğal gaz ve kömür gibi fosil yakıtlar,dünya genelindeki enerji kaynaklarının büyük bir kısmını oluşturmaktadır. Bu fosil yakıtlar, toplam enerji kaynaklarının yaklaşık %82,3'ünü temsil etmektedir. Görsel olarak Şekil 1.1.'de fosil yakıtların enerji kaynakları içindeki baskın rolü sergilenmiştir (TPAOGM, 2022).



Şekil 1.1 2021 Yılı küresel birincil enerji tüketim oranları(bp ,2022)

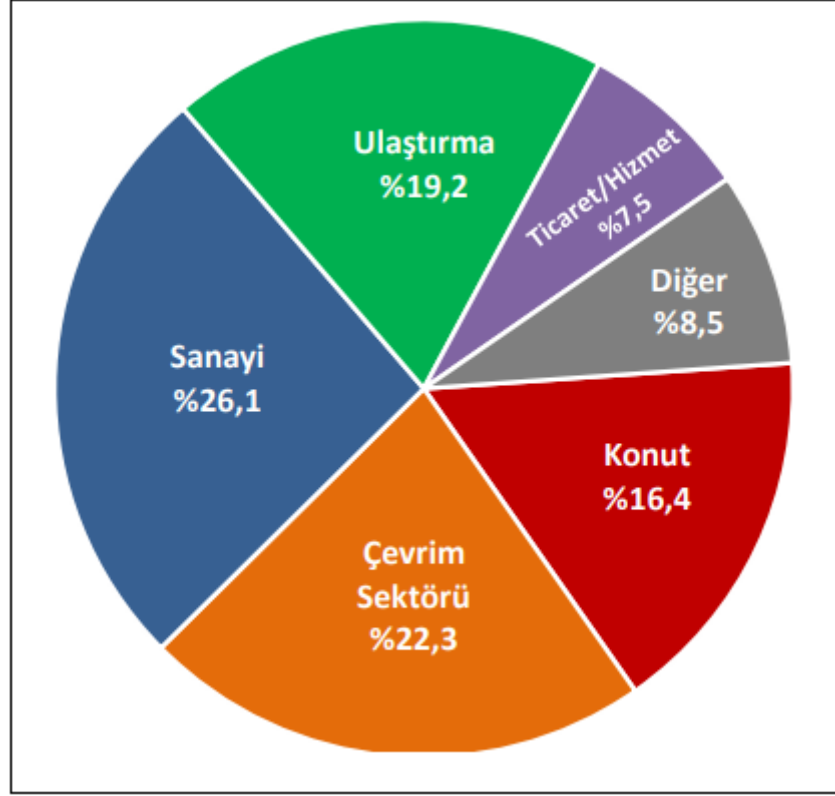
Şekilde gösterildiği gibi birinci sırada petrol ikinci sırada doğalgaz üçüncü sırada kömür yer almaktadır. Önümüzdeki yıllarda ise alternatif enerji kaynaklarına yönelim artacak ve kullanımı değer kazanacaktır.

Dünyanın en büyük enerji tüketicilerinden olan Türkiye, Ulusal Enerji bilançosuna göre 2021 yılında, 123,9 milyon tpe'lik kısım ile enerji tüketimi oluşmuştur. Toplam temel enerji arzında %30,9 ile doğal gaz ilk sırada yer alırken, bunu %27,6 ile petrol ve %26,1 ile kömür izlemektedir. Bu durum şekil 1.2.'de verilmiştir (TPAOGM, 2022).



Şekil 1.2. 2021 Yılı Türkiye Temel enerji Arzı içerisinde Kaynakların Dağılımı(TPAOGM,Eigm)

2021 yılında Türkiye temel enerji tüketiminin endüstriyel dağılımı şekil 1.3.'de görülmektedir .



Şekil 1.3.2021 Yılı Türkiye Enerji Tüketiminin Sektörel Dağılımı(TPAOGM,EİGM)

Uluslar arası enerji ajansına göre Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığı her yıl katlanarak artmakta iken, geçen yıl ülkemizin petrolde ithalata bağımlılığı %93 oranında gerçekleşmiştir. Motorlu taşıtların taşımacılık sektöründeki oranı ise % 91 dir (TPAOGM, 2022).

Önemli bir sorun olan küresel ısınma ve petrol maliyetlerinin yükselmesi nedeniyle alternatif yakıtların kullanılması ilerleyen dönemlerde kaçınılmaz gibi görünmektedir. Güncel enerji ihtiyacımız, mineral yakıtlara dayanmaktadır. Nüfus popülasyonunun artış göstermesi ve bunun sonucu olarak artan enerji ihtiyacı, atmosferik çevre, düşünüldüğünde, uzun dönemli bir alternatif enerjiye ihtiyaç vardır. Saf yakıtlar günümüzün performans ve emisyon beklentilerini karşılamada yetersiz kalmaktadır (Uyaroğlu ve ark.2021). Metanol, günümüzde petrol kaynaklı yakıtların yerine geçebilecek en iyi adaylardan biridir (Nichols ve ark.,2003). Mineral yakıtlarla kıyaslandığında metanol, taşıt emisyonlarını azaltma buna bağlı olarak atmosferik ortamı iyileştirme ve enerji ihtiyacını azaltarak iktisadi büyüme gücüne sahiptir (Zhen ve ark.,2015).

Alternatif yakıtlarla ilgili bir çok çalışma bulunmaktadır. Çalışmamızın temel amacı benzine benzeyen bir başka yakıtın motorun gücü, verimliliği ve emisyonu olan etkililerini incelemektir.

Çalışmada benzine hacimce % 10, %20, %30 ve %40 civarında, metanol ilave edilerek çalışmalar 2500 dev/dk'den başlamak koşulu ile, 2750, 3000, 3250, 3500 devirlere kadar deneyler yapılmıştır. Yaptığımız çalışmalar ve sonuçları beş bölüm şeklinde sunulmuştur. Birinci bölümde tezin amacı ve temel bilgiler verilmiştir. İkinci bölümde şu ana kadarki konu ile ilgili çalışmalar araştırılmıştır. Üçüncü bölümde materyal metot kısmı dördüncü bölümde araştırma sonuçları son bölümde önerilerde bulunmuştur.

1.1. Alkol yakıtlar

Günümüz taşıtlarında çeşitli alternatif yakıtlar kullanılmakta ve denenmektedir (Bayrakçeken ve Kuş,2006). Alternatif enerji kaynağı olarak kullanılan metanolün imalat aşamaları ve özellikleri aşağıda başlıklar halinde verilmiştir.

1.1.1. Metanol

Robert Boyle aracılığıyla Metanol yaklaşık 1600 yıllarda ayrıştırılmıştır. Kimyacı Baptiste Dumas ve Eugene Peligot tarafından 1800 lü yıllarda maddenin ilk karışımı elde edilmiştir Yunanca kökeni olan “methu” ve “hyle” kelimeleri birleştirilerek organik kimyaya “Metilen” kelimesini kazandırmışlardır. Milletler arası bir konferansta 1892 senesinde metil alkol kelimesi“METANOL” şeklinde düzenlenmiştir (Altınay, bt).

Yaygın kullanımı metil alkol veya odun ispiertosu olan metanol, su ile karışabilen saf, berrak, kimyasal formülü CH_3OH olan organik bileşiktir. Metanol, odun kömür gibi mineral yakıtlara bir takım işlemlerden geçirilerek CO ve H_2 'nin katalik ortamda analiz edilmesi sonucu elde edilir (Taymaz ve Benli, 2009, s.21).

1.1.2. Dünyada ve Türkiyede Metanol

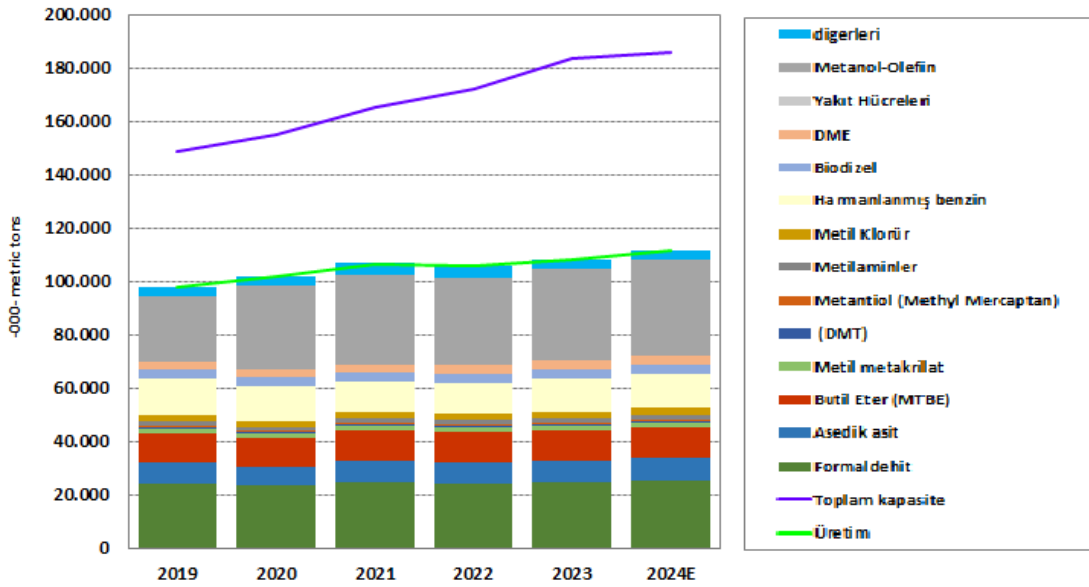
Metanol, elektrik, denizcilik ve otomotiv sektörlerinde kullanılan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır. Ülkemiz Türkiye’de, sanayi ana malzemesi olacak kadar metanol üretimi yapılmamaktadır. Tarım ve Orman bakanlığına kayıtlı 46 firmanın metanol

dağıtım yetkisine haiz sahip olduğu görülmüştür. Bakanlık kayıtları incelendiğinde, Türkiye'nin 2019 – 2022 seneleri arasındaki metanol ithalatı hacmine bakıldığında, 2022 senesinde kısmi bir azalma dışında, çizelgenin genelinde metanol ithalat hacminin artış yaşadığı şekil 1.4.de görülmektedir.

Çizelge 1.1.Türkiye 2019-2022 yılları arası Methanol İthalatı(TOB.)

2019	580.556.791 lt
2020	796.855.693 lt
2021	913.207.709 lt
2022	845.809.950 lt

Aşağıdaki grafik şekil 1.5 te küresel metanol endüstrisini ve arz talep dengesini göstermektedir (Methanol Institute, 2023).

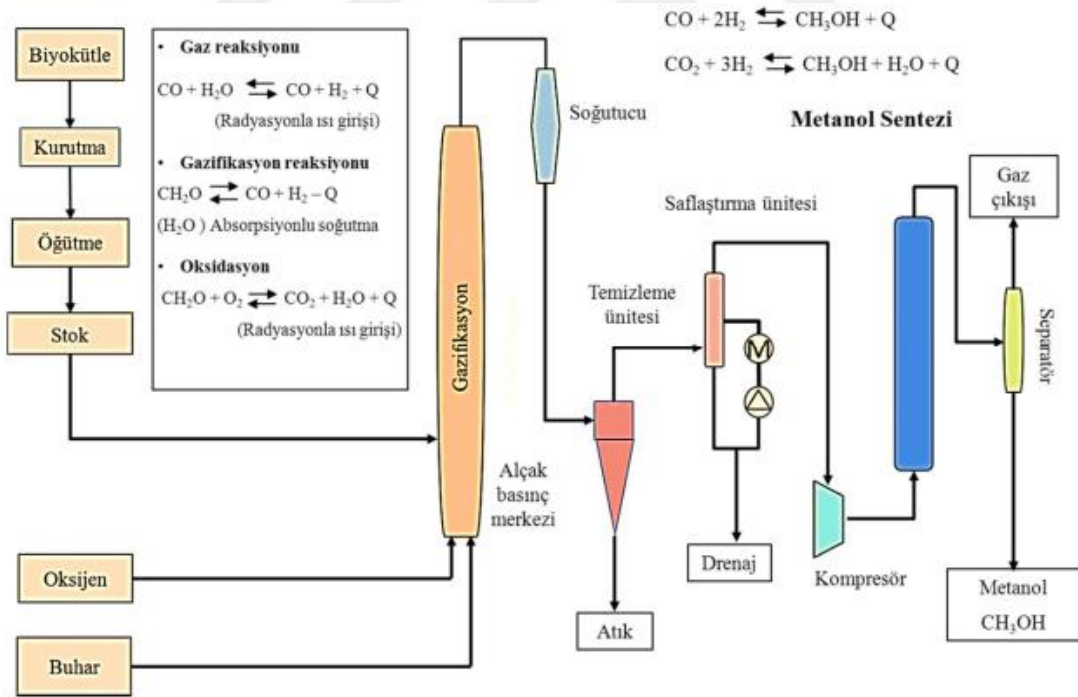


Şekil 1.5. Küresel Methanol Arz ve Talep Dengesi(Methanol Institute, 2023).

Küresel Metanol pazarı verilerine göre 2023'te 30,9 milyar ABD dolarından-2028'de 38,0 milyar ABD dolarına, 2023'ten 2028'e kadar %4,2'lik bir Bileşik Büyüme Oranı ile, büyümesi beklenmektedir.

1.1.3. Metanol Üretimi

Metanol, çevreci ve ekonomik olması nedeniyle alternatif yakıtlar arasında büyük ilgi görmektedir. General Motors, Toyota, Ford gibi küresel otomotiv şirketleri, metanolün geleceğin yakıtı olarak görüldüğünü belirtmektedir. Ayrıca, benzin yakıtına kıyasla motorlu araçlarda yakıt dağıtım sisteminde önemli bir değişiklik yapılmasına gerek yoktur (Short ve ark.,1990). Metanol, fosil kökenli yakıtlardan (petrol, doğalgaz, ağır yağlar ve kömür) üretilebildiği gibi içerisinde şeker bulunan biyolojik kaynaklardan da elde edilebilir. Metanol, sentez gazı olarak adlandırılan CO + H₂ karışımından yüksek basınçlı katalitik reaksiyonla üretilir. Dünya genelinde metanol üretimin sürecinde genelde kömür kullanılmakta iken, biyoteknolojik yöntemlerle metanol üretimi giderek daha önemli hale gelmektedir (Onurbaş ve ark.,2011). Metanol için nemi olan odun ve yan ürünleri gibi maddeler üretim açısından daha verimli olduğu tespit edilmiştir (Olah ve ark.,2006).



Şekil 1.6. Biyokütleden metanol üretim prosesinin şematik görünümü(Nakagawana ve ark.,2007)

Şekil 1.6 da biyometanol üretim süreci gösterilmektedir. Bu tasarıma göre kısmı oksidasyon ve yüksek kalorili gazlaştırma aşamaları kullanılmaktadır. Toz konumuna getirilmiş biyokütle oksijen ve buhar vasıtası ile 1000 C sıcaklıkta bakır ve çinko malzemeli katalizör ile 40-80 atmosfer basınç sayesinde biyometanol

üretilmektedir (Nakagawana ve ark.,2007). Aşağıda metanolün kimyasal özellikleri verilmiştir.

Çizelge 1.1. B100(Benzin) ve Metanolün kimyasal özellikleri
(Elfasakhany 2016; Pulkrabek 1997)

Özellikler	Benzin(B100)	Metanol
Kimyasal formül	C ₈ H ₁₅	CH ₃ OH
Kompozisyon (C,H,O) (kütle%)	86,14,0	37.5,12.5,50
Alt ısı değeri (MJ/kg)	43.5	20.1
Buharlaştırma ısı (kJ/kg)	223.2	920.7
Stoikiyometrik H/Hava oranı	14.6	6.4
Oksijen içeriği, kütle%	0.0	49.9
Yoğunluk (kg/m ³)	760	796
Saturasyon Basıncı 38 °C (kPa)	31	31.69
Parlama Noktası (°C)	-45 , -38	11.1
Kendiliğinden Yanma Sıcaklığı (°C)	420	470
Kaynama Noktası(°C)	25-215	64.5
Suda Çözünürlük (ml/100 ml H ₂ O)	<0.1	Tamamen
Araştırma Oktan sayısı	96.5	112
Motor Oktan Sayısı	87.2	91
Buhar toksisitesi	Orta Düzey	Toksik
Tahriş edicilik	Düşük	Yüksek

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Literatürü incelediğimizde, Metanol-benzin karışımı yakıtların benzin motorlarında kullanımı üzerine yapılan araştırmalar, bu karışımların motor performansı ve emisyonları üzerinde önemli etkileri olduğunu göstermektedir.

Karaosmanoğlu (1990) yaptığı çalışmada gaz keleşi pozisyonuna göre çeşitli hızlarda dört zamanlı, bir test motorunda, metanol ve etanolü benzine ilave ederek deneylerini gerçekleştirmiştir. Deneyler sonucunda güç ve momentinin azaldığı, Özgül yakıt tüketiminin ise arttığı tespit edilmiştir.

Korkmaz'ın 1996 yılındaki çalışması, otomotiv endüstrisinde yakıt türlerinin motor performansı ve emisyonlar üzerindeki etkilerini anlamak açısından önemli bir katkı sağlamıştır. Çalışmasında, metanol ve benzinin motor performansı üzerindeki farklı etkilerini karşılaştırmış ve metanol kullanımının, benzin kullanımına göre motor performansını düşürdüğünü ortaya koymuştur. Ancak, metanolün CO emisyonlarını azaltma potansiyeline sahip olduğu, fakat HC emisyonlarını artırabileceği belirtilmiştir. Bu bulgular, yakıt türlerinin seçimi ve motor tasarımı üzerindeki etkileri konusunda mühendislere ve araştırmacılara yol gösterici olmuş, aynı zamanda emme manifoldunun ısıtılmasının, özellikle metanol kullanımında, performans ve emisyonları iyileştirmede önemli bir faktör olduğunu vurgulamıştır.

Al-Dawood'un (1998) 1990 yıllarda gerçekleştirdiği deneysel çalışma, buji ateşlemeli motorlarda metanol ve etanol yakıtlarının benzinle karıştırılarak harmanlanması sonucu motor gücü ve egzoz emisyonları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmalarında, hacimsel olarak %10, %15 ve %20 civarında metanol ve etanol içeren yakıt karışımları kullanılmış ve bu karışımların motor performansına olan etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma sonuçları, oksijenli yakıtların indike edilen özgül hacim (ISV) değerlerinin, kurşunlu benzine kıyasla daha iyi olduğunu göstermiştir. Özellikle metanol içeren yakıt karışımlarının, diğer oksijenli yakıtlara göre hem ISV hem de motor gücü açısından üstün performans sergilediği belirlenmiştir. Bu bulgular, alternatif yakıtların geleneksel yakıtlara bir alternatif olarak potansiyelini ve motor tasarımı ile yakıt stratejilerindeki yeniliklerin önemini vurgulamaktadır.

Abdel-Rahman (1997) vd. farklı sıkıştırma oranlarına sahip bir varıcomp motorunda etanol-benzin karışımlarının motor gücü ve verimine etkilerini farklı oranlarda etanol-metanol kullanarak incelemişlerdir. Benzin-alkol karışımların denemiş

olduğu farklı oranlar arasında en iyi performans eğrisinin %10 etanol-benzin karışımlarında maksimum faydanın oluştuğunu tespit etmişlerdir.

Arapatsakos vd, (2003) etanol (E10 E20 E30) ve metanol (M10, M20,M30) karışımlarının ateşlemeli dört zamanlı motorun çalışma parametrelerine etkilerini yüklü ve yüksüz durumlarda incelemişlerdir. İncelemeleri sonucunda karışımlar içerisindeki alkol oranı artıkça öyt tüketiminde artış olduğunu, CO ve HC emisyonlarında ise benzine kıyasla azalma tespit etmişlerdir. Aynı zamanda etanole nazaran metanolde HC ve CO değerlerinin daha azaldığını, özgül yakıt tüketimi verilerinin ise az bir artış olduğu deneysel olarak elde etmişlerdir.

Abu-Zaid vd. (2004) çalışmalarında, benzin ile metanolü % 3, % 6, % 9, % 12 ve %15 oranlarında karıştırarak ,tek silindirli buji ateşlemeli TD43 tipi motorda. 1000 ile 2500 rpm devirleri arasında değişken hız koşullarında,performans testleri yapmışlardır. Metanol-benzin karışımları arasında en iyi güç ve minimum yakıt tüketimini % 15 metanol ve % 85 benzin karışımlarında elde etmişlerdir.

Shenghua (2007) vd. benzinli üç silindirli bir PFI motorunda metanol oranlarını %10, %15, %20, %25 ve %30 oranında hacimsel olarak karıştırılarak motor gücü ve emisyon sonuçlarını incelemişlerdir. Sonuçları incelediklerinde, M0(benzin) yakıtı ile M10 un motor gücü sonuçlarının aynı olduğu , metanol eklenmesinin motorun soğuk çalışmasını güçlendirdiğini, HC ve CO emisyon parametrelerinde azalış tespit etmişlerdir.

Liu vd. (2007) motor performansını ve emisyon değerlerini, soğuk çalıştırma performansını ve özgül yakıt tüketimini incelemek için 3 silindirli yakıt enjeksiyonlu tam açık gaz kelebeği (WOT) konumunda değişken metanol oranları ile motorda herhangi bir değişiklik yapmadan deney çalışmalarını yapmışlardır. Deneyler sonucunda, metanol oranının artmasıyla birlikte HC ve CO emisyonları, motor gücü ve tork azalırken, fren termal verimliliği de arttığı sonucuna ulaşmışlardır. Aynı zamanda ateşleme avansı sayesinde motor çıkış gücünde ve torkunda iyileşme olduğunu belirtmişlerdir.

Gong (2011) vd. Dört zamanlı, su soğutmali yüksek sıkıştırılmalı tek silindirli, direk enjeksiyonlu kıvılcım ateşlemeli, farklı püskürtme yapacak şekilde olan enjektörler ile modifiye edilmiş bir motor üzerinde yanma süreleri ve yakıt ekonomisine olan etkisi deneysel olarak incelenmiştir. Deneylerde 1600 d/d yapılan testler sonucunda çift buji kullanımının ısı verimi % 25 artırdığını ve yakıt tüketimini

azalttığı, enjektörlerin modifiyesi sonucu tutuşma gecikmesinin azalttığı sonucuna ulaşmışlardır.

Eyidoğan (2011) ve diğerleri araştırmalarında, bujiden ateşlemeli dört zamanlı ve silindirli motor üzerinde, etanol-metanol karışımlarının (E5, M5, E10, M10) motor parametreleri, yanma karakteristiği ve egzoz emisyonları üzerindeki değişimleri incelemiştir. Araştırma, benzin ile hacimsel olarak eşit oranda karıştırılan bu karışımların 5, 10, 15 ve 20 kW sabit güç şartlarında test edilmesini içermektedir. Sonuçlar, özgül yakıt tüketiminde bir artış ve 20 kW motor gücünde en yüksek egzoz gazı sıcaklığının ölçüldüğünü göstermiştir. Ayrıca, E5, E10, M5 ve M10 karışımlarını benzinle kıyaslandığında CO₂ emisyonlarında sırası ile %9,5, %8, %11,3 ve %3 oranında azalma sağladığı; HC emisyonlarında ise sırasıyla %27, %32, %35 ve %30 oranında bir düşüş olduğu; NO_x emisyonlarında ise sırasıyla %11, %16, %9 ve %1,3 oranında azalma olduğu tespit edilmiştir. Bu bulgular, alternatif yakıtların çevresel etkilerini azaltma potansiyelini ve motor performansı üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir.

Çelik vd. (2011) çalışmalarında dört zamanlı tek silindirli 250 cm lük motor hacimli değişken sıkıştırma oranlı (6/1-8/1-10/1) V-CORE motorunda deney çalışmalarını yapmışlardır. Yapılan deneyler sonucunda 8:1 de benzinde vuruntu olurken metanolda vuruntu yaşamamıştır. Yükselen sıkıştırma oranı ile birlikte motor performansı %14, termal verimlilik %36'ya kadar artarken, CO gazının %37, CO₂ gazının %30 ve NO_x gazının ise %22 civarında azaldığını tespit etmişlerdir.

Shayan (2011) ve arkadaşlarının gerçekleştirdikleri çalışmada, Ford Zetec-E model motor üzerinde farklı oranlarda metanol karışımının motor performansı ve yanma özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmaları neticesinde, metanol oranı arttıkça motor momentini, güç, fren termal verimliliği ve volümetrik verimin arttığını; özgül yakıt tüketimi ve eşdeğerlik oranının ise azaldığını görmüşlerdir. Ayrıca, metanol ilavesi yapılan yakıtın, motor hızlarına bağlı olmaksızın CO ve HC emisyonlarını önemli ölçüde azalttığı, ancak CO₂ ve NO_x emisyonlarında bir artışa neden olduğu belirlemişlerdir. Bu bulgular, alternatif yakıtların geliştirilmesi ve çevresel etkilerin azaltılması konusunda önemli bilgiler sunmaktadır.

Özsezen ve Çanakçı'nın (2011) yaptığı çalışma, alternatif yakıtların otomotiv endüstrisindeki potansiyelini ortaya koymaktadır. Araştırmaları, metanol ve etanol gibi alkol bazlı yakıtların, geleneksel benzinle karıştırıldığında motor performansı ve emisyonlar üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Dört silindirli, dört zamanlı, çok

noktalı enjeksiyon sistemi olan bir SI motor üzerinde yapılan deneysel testler, bu karışımların 80 km/sa - 100 km/sa hız aralığında farklı sonuçlar doğurduğunu göstermiştir. Metanol-benzin karışımının yakıt tüketimini artırdığı, ancak yanma verimliliğinde hafif bir iyileşme sağladığı ve CO₂ ile NO_x emisyonlarında azalma sağladığı belirlenmiştir.

Çanakçı (2013) ve arkadaşları yaptıkları deneysel çalışmada, alkol-benzin karışımlarının motor gücü ve egzoz emisyon değerlerine olan etkilerini detaylı bir şekilde araştırmışlardır. Araştırma, benzin ile çalışan dört zamanlı silindirli bir motor üzerinde gerçekleştirilmiş ve dört farklı alkol-benzin karışım oranı (M5B95, M10B90, E5B95, E10B90) kullanılmıştır. Motor yükü ve taşıt hızı değişkenleri altında yapılan deneylerde, alkol oranının artmasıyla HC, CO₂, NO_x ve CO emisyonlarında bir azalma, öyt artış tespit etmişlerdir. Bu sonuçlar, alternatif yakıt karışımlarının çevresel etkilerini azaltma potansiyeline işaret etmekte ve gelecekteki araştırmalar için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Farkade vd (2012) çalışmalarında metanol etanol ve bütanol motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini incelemişlerdir. Deneyler sonucunda % 5 bütanol karışımlarının diğer alkol karışımları ile kıyaslandığında motor gücünün daha fazla olduğu sonucuna ulaşmıştır. CO ve HC emisyonunun, M30 karışımında en az olduğunu tespit etmişlerdir.

Dai vd.(2013) çalışmalarında silindirli dört zamanlı benzinli bir motorda metanol ile benzin hacimsel olarak harmanlanarak saf benzin ve %15 metanol karıştırarak egzoz emisyonlarına etkilerini deneysel çalışmalarında incelemişlerdir. Deneysel çalışmalarının sonucunda M15 karışımında emisyonları açısından değerlendirme yapıldığında, CO emisyonunda azalma gözlenirken NO_x emisyonları ise artmıştır.

Turner vd, (2013) etanol-metanol-benzin karışımlarının farklı oranlarda karıştırarak, karışımlar üzerinde testler gerçekleştirmişlerdir. Sonucunda ise saf benzin ile kıyaslama yaparak, CO₂ ve NO_x emisyonlarında azalma gözlemlemişlerdir.

Danaiah et vd. (2013) çalışmalarında benzin ile çalışan dört zamanlı su soğutmalı ateşlemeli motor üzerinde, hazırlanmış olduğu metanol-benzin karışımının motor gücü ve emisyonlar üzerindeki sonuçlarını incelemişlerdir. İncelemeleri neticesinde benzin ve benzin metanol karışımlarına göre fren gücü arttıkça kısmi yük çalışmasına kadar yakıt tüketiminin daha az olduğu, M10 için ise fren gücü arttıkça kısmi yüke kadar yakıt tüketiminin arttığı görülmekte ve tam yükte çalışmada yakıt

tüketimi diğer benzin ve metanol benzin karışımlarına kıyasla azalır. M10 yakıtında diğer karışımlara göre daha yüksek fren ısıl verimi gözlenmiştir. M15'in, diğer karışımlara kıyasla daha düşük emisyonlar gösterdiği sonucuna ulaşmıştır.

Altun vd (2013) çalışmalarında kurşunsuz benzin ve %5 ve %10 etanol ve metanol ile karıştırılan kurşunsuz benzinin buji ile ateşlemeli bir motorun performansına ve egzoz emisyonlarına etkisini incelemiştir. Motor testlerini, motor devri 1000 ile 4000 dev/dk arasında değiştirilerek, 500 dev/dk periyoduyla dörtte üç gaz keleşbeği açık pozisyonunda gerçekleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda, alkollü test yakıtlarının fren spesifik yakıt tüketiminin arttırdığını, fren termal verimliliğini, karbon monoksit ve hidrokarbon emisyonlarının azaldığını elde etmişlerdir. Etanol ve metanolün kurşunsuz benzine %10'luk bir karışımının, hali hazırda bulunan motorların parametrelerinde faydalı bulgular elde edildiğini belirtmişlerdir.

Balki vd. (2014) etanol, metanol ve benzin kullanarak sıkıştırma oranının buji ile ateşlemeli bir motorun performans, yanma ve emisyon özelliklerine etkisini incelemiştir. Deneyleri, 2400 rpm'de dört farklı sıkıştırma oranında (8.0:1, 8.5:1, 9.0:1 ve 9.5:1) yaparak, sıkıştırma oranlarının hepsinde , etanol ve metanol ilave edilen yakıtlarda fren efektif basıncın, ısıl verimliliğinin, özgül yakıt tüketiminin aynı zamanda silindir gaz basıncının saf benzine nazaran arttığı sonucunu elde etmişlerdir. Aynı zamanda SO'nın değişmesine bağlı olarak benzinle kıyaslanınca daha düşük emisyon parametreleri elde etmişlerdir.

Elfasakhany (2015) deneysel çalışmasında 65,1 mm çapında ve 44,4 mm strokunda tek silindirli buji ateşlemeli dört zamanlı 7:1 sıkıştırma oranlı içten yanmalı bir motor kullanmıştır. Etanol-metanol-benzin (EM) çözeltileri ilk olarak etanol, metanol ve benzin için hacim bazında sırasıyla 5:5:90, 3,5:3,5:93 ve 1,5:1,5:97 olmak üzere üç farklı oranda ve etanol ve benzin için sırasıyla 10:90, 7:93 ve 3:97 oranlarında etanol-benzin (E) çözeltileri hazırlayarak motor performans ve egzoz emisyonlarına etkilerini araştırmıştır. Araştırmanın sonucunda, etanol-metanol-benzin karışımlarının (EM) hem etanol-benzin karışımlarından (E) hem de saf benzin yakıtından (G) daha temiz yandığını, ancak metanol-benzin karışımları (M), tüm test yakıtları arasında en düşük CO ve UHC emisyonunu olduğu sonucuna ulaşmıştır.

Elfasakhany vd. (2016) çalışmasında tek ve ikili alkol benzin karışımları 7,1 sıkıştırma oranına sahip bir motorda yapmıştır. Deney yakıtları olarak n-bütanol ile metanol ve tek alkol (n bütanol) oluşan numuneler hazırlamıştır. Testlerini 2600-3400 dev/dk aralığında yapmışlardır. Test sonuçlarına göre n-bütanol-metanol 'ün düşük

oranda saf benzine ilave edilmesinin, saf benzin ve tekli alkol-benzin karışımlarının sonuçlarına nazaran motor performansını ve egzoz gazı emisyonlarını olumsuz etkilediğini göstermiştir.

Kamil vd. (2016) yaptıkları çalışmada bir silindirli buji ateşlemeli motorun performansını üç farklı benzin-alkol karışımını deneysel araştırmışlardır. Alkol katkılı karışımların (metanol ve etanol), motorun performansında önemli bir artış olduğu, fren gücünün ve fren ısı verimliliğinin benzinli motora nazaran biraz arttığını tespit etmişlerdir.

Sharudin (2017) ve arkadaşlarının yaptıkları çalışmada, M5 yakıtına (%5 metanol ve %95 benzin) farklı oranlarda iso-bütanol eklenmesinin etkileri incelenmiştir. Araştırma, %100 yüklü iken ve 1000'den 2500 rpm'ye kadar değişen devirlerde gerçekleştirilmiş. Bulgulara göre, iso-bütanol oranı arttıkça motorun fren gücünde bir artış gözlemlenmiştir. Özellikle, %15 iso-bütanol içeren M5B15 karışımı, 2500 rpm'de %10,1'lik en yüksek fren gücü artışını sağlamıştır. Ayrıca, bu karışımın özgül yakıt tüketimi, benzine kıyasla %1,42 oranında artmış. CO ve HC emisyonlarında iyileşme sağlanırken, NO_x ve CO₂ emisyonlarında bir artış tespit edilmiştir. Araştırmanın sonuçları, düşük oranlı metanol-benzin karışımlarına alternatif bir yakıt olarak iso-bütanolün kullanılabileceğini göstermektedir.

Mishra ve arkadaşları (2020) çalışmalarında benzin metanol karışımının motorun emisyon ve performansı ile gürültü seviyesi üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemişlerdir. Sabit tork ve değişken hız koşullarında gerçekleştirilen üç ayrı testte %5, %10 ve %15 metanolla karıştırılmış benzin kullanmışlardır. Egzoz emisyon analizi altı gaz emisyon analizörü kullanarak emisyon seviyesi, motorun hızını ve torkunu kontrol edebilen bir girdap akımı dinamometresi ile donatılmış özel amaçlı bir motor test yatağına monte ederek ölçmüşlerdir. Deneyler sonucunda %5, %10 ve %15 metanolün benzine karışımının, saf benzine kıyasla daha az emisyon ve vuruntu davranışı sergilediğini öngörmüşlerdir.

Bahar ve ark. (2020) çalışmalarında etanol yerini metanolün kullanıla bilirliğini araştırmışlardır. Deneyler, tek silindirli, dört zamanlı SI motorda, tam motor yükünde farklı motor hızları için gerçekleştirmişlerdir. Test yakıtları olarak hacimce benzine %10 oranında iki ayrı şekilde etanol ve metanol ilave etmişlerdir. Deney sonuçlarına göre metanol ilaveli yakıt, etanol ilaveli yakıtla benzer yanma özellikleri göstermiştir. Metanol ilavesi, etanol ilavesine göre CO₂ gazında %6,48, CO gazında %26,6, HC gazında %4,75 ve NO_x gazında %9,16 oranında azaltma tespit etmiş, metanolün

oksijen içeriğinin etanole göre daha yüksek olması nedeniyle %15,3 oranında daha yüksek oksijen emisyon değerlerine sahip olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Bu sonuçlar metanolünde etanol gibi benzine katkı maddesi olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Prasad ve (2021) diğerleri kıvılcım ateşlemeli tek silindirden oluşan dört zamanlı bir motor üzerinde farklı hızlarda metanolü hidrojen ile zenginleştirerek motor performans ve emisyonları üzerine deney gerçekleştirmişlerdir. Deneyler sonucunda hidrojen ilave edilmesi hızın artması ile yanma süresini kısaltmıştır. Saf metanole hidrojen eklenmesi, hidrojenin yüksek alev hızı ve yüksek enerji içeriği nedeniyle silindir basıncını artırma eğiliminde olduğunu tespit etmişler ve daha iyi yanma sonucunda hidrojen ilavesiyle CO, CO₂ ve HC emisyonları önemli ölçüde azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Zhang ve (2022) arkadaşları enjeksiyon stratejisinin, egzoz gazı devridaim oranının (EGR), saf metanol kullanarak, motor yükünün ve hızın düzenlenmemiş emisyonlar üzerindeki etkilerini kıvılcım ateşlemeli bir motor üzerinde incelemişlerdir. Deneyler sonucunda tapa akışlı reaktör(PFR)simülasyon sonuçları ile tutarlılığı elde etmiş ve EGR oranı ile formaldehit emisyon eğilimleri tekdüze olmadığı sonuçlarına ulaşmışlardır.

Örs ve ark. (2023) çalışmalarında içten yanmalı bir motorunun yanmasını, benzini referans yakıt olarak alıp, benzine az miktarda etanol ve eşit miktarda metanol ilave ederek, sabit devirde ve beş farklı yükte (2, 2,5, 3, 3,5 ve 4 Nm) enerji ve ekserji analizi yapmışlardır. Çalışma sonuçları incelendiğinde benzine, etanol ve metanol ilavesinin maksimum silindir içi basıncı arttırdığı, benzin-alkol karışımlarının ortalama silindir içi sıcaklığı göreceli olarak düşürürken, basınç artış oranları önemli ölçüde arttırdığını, aynı zamanda hacimsel olarak etanol/metanol ilavesinin termik verim ve ekserjiyi nispeten azaltıcı etkiye sahip olduğunu gözlemlemişlerdir.

Yan ve ark. (2023) saf metanolün 1500 rpm lik bir yük altında çift yakıtlı turbolu şarjlı bir motorun beş farklı krank açısında doğrudan enjeksiyon sistemini test ederek motorun yanma ve emisyon sistemi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Deneyler sonucunda 180° krank mili açısında piston alt ölü noktada iken en düşük vuruntu yoğunluğu, en yüksek ortalama efektif basınç ve tam atamizasyon ile sonuçlandığını tespit etmişlerdir.

Zhu ve (2023) arkadaşları benzin-metanol-hidrojen karışımlarını bir içten yanmalı motorda deneyerek yapay sinir ağları oluşturup, motor performans ve egzoz

emisyon değerlerini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda her iki yapay sinir ağınında yakıt türüne göre motor performansını tahmin etmede büyük prognastik etkilediklerini tespit etmişlerdir.



3. MATERYAL VE YÖNTEM

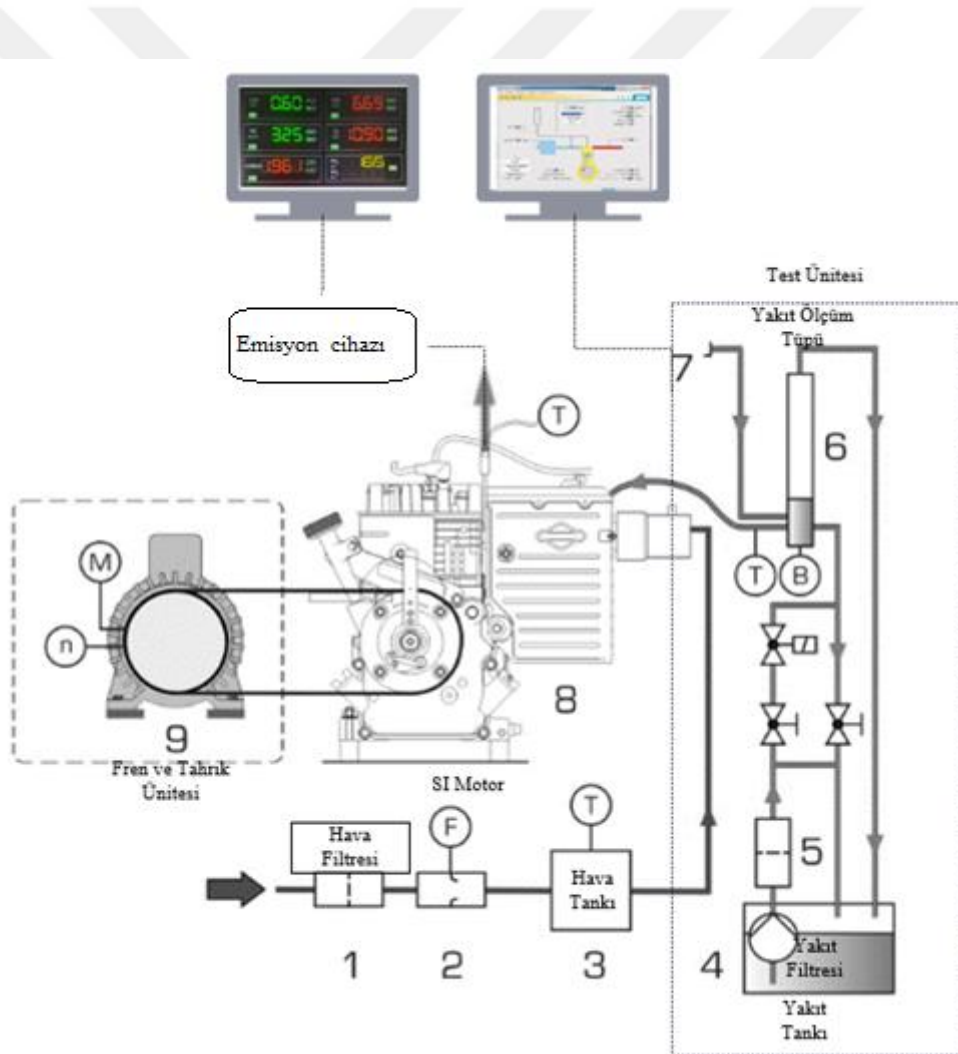
3.1. Laboratuvar Ortamı

Bu çalışma S.Ü. Tek. Fakültesi bünyesine bağlı Makine Mühendisliği Otomotiv Anabilim Dalı Otomotiv Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir.

3.1.1. Deney Düzenegi

Deneysel testlerimizi modüler test standı üzerine kurulmuş, hava soğutmalı, dört zamanlı tek silindirli buji ateşlemeli karbüratörlü bir motor ve yakıt tüketim ölçüm tüpünü üzerinde bulduran görüntü panelli, titreşim sönümleyicili, hava filtresi, susturucu tankı, ve pompalı yakıt tankı, bulunan deney düzeneginde testler yapılmıştır.

Şematik görüntüsü şekil 3.1 verilmiştir.



Şekil 3.1 Deney düzeneginin şematik görüntüsü



Şekil 3.2 Deney düzeneği

3.1.2. Numune yakıtlar

Çalışmada kullanılan yakıt numuneleri belirlenen bir petrol istasyonundan alınan 95 oktan benzin ile metanol hacimce belirlenerek karıştırılmış ve aşağıdaki yakıt oranları elde edilerek deneyler gerçekleştirilmiştir. Yakıtların kimyasal analizleri Selçuk üniversitesi ziraat fakültesi kimya laboratuvarında yapılmıştır.

B100: % 100 kurşunsuz benzin(95 oktan)

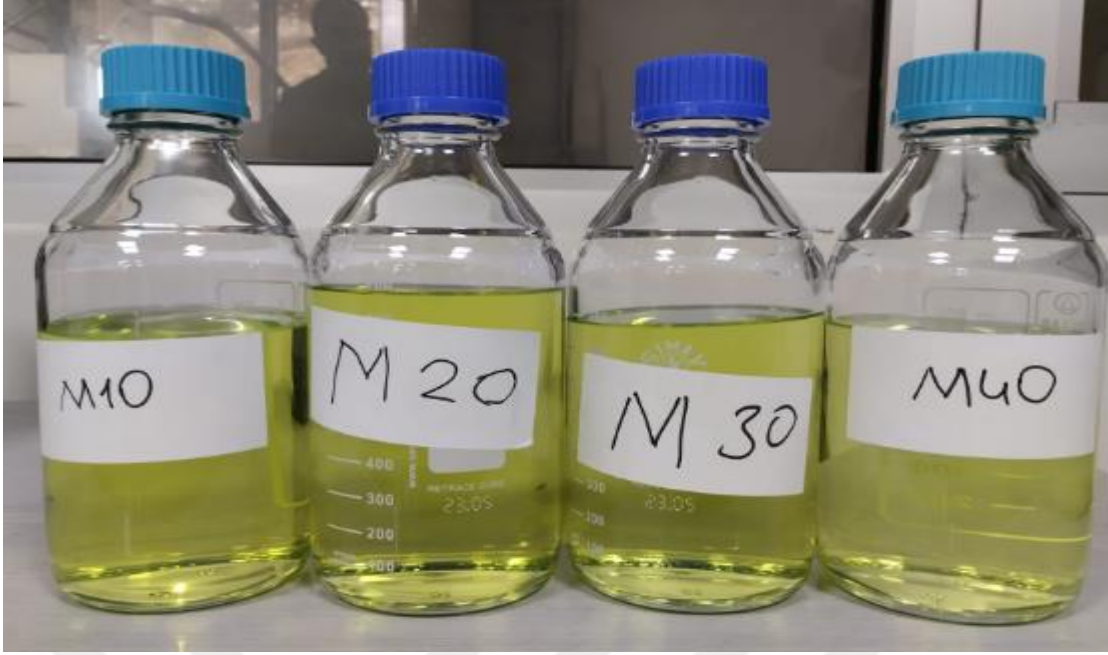
M10: % 90 kurşunsuz benzin(95 oktan)+ % 10 Metanol

M20:% 80 kurşunsuz benzin(95 oktan) + %20 Metanol

M30:% 70 kurşunsuz benzin(95 oktan)+ %30 Metanol

M40:%60 kurşunsuz benzin(95 oktan)+ %40 Metanol

Şekil 3.2’de deney yakıt numuneleri resimlenmiştir. Her karışıma ait numunelerin fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Deney yakıtları

Çizelge 3.1. Test yakıtlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Yakıtlar	Yoğunluk 25° (C· g/m3)	Alt ısııl değer(MJ/kg)	Kinematik viskozite(mm ² /s)	Kalori (cal/g)	Bakır çubuk korozyon(50°C de 3h)
Benzin	696	40,33	0,54	9640	1a
M10	702,7	40,01	0,55	10275	1a
M20	707,35	37,1	0,58	8861,25	1a
M30	711,725	36,9	0,59	8114,25	1a
M40	720,2	30,5	0,62	7287	1a

3.1.3. Gözlem motoru

GUNT CT 152 marka dört zamanlı, soğutma sistemi olarak havayı kullanan karbüratörlü, tek silindirli, buji ateşlemeli bir motor çalışmamızda kullanılmıştır. Şekil 3.4' te verilmiştir.

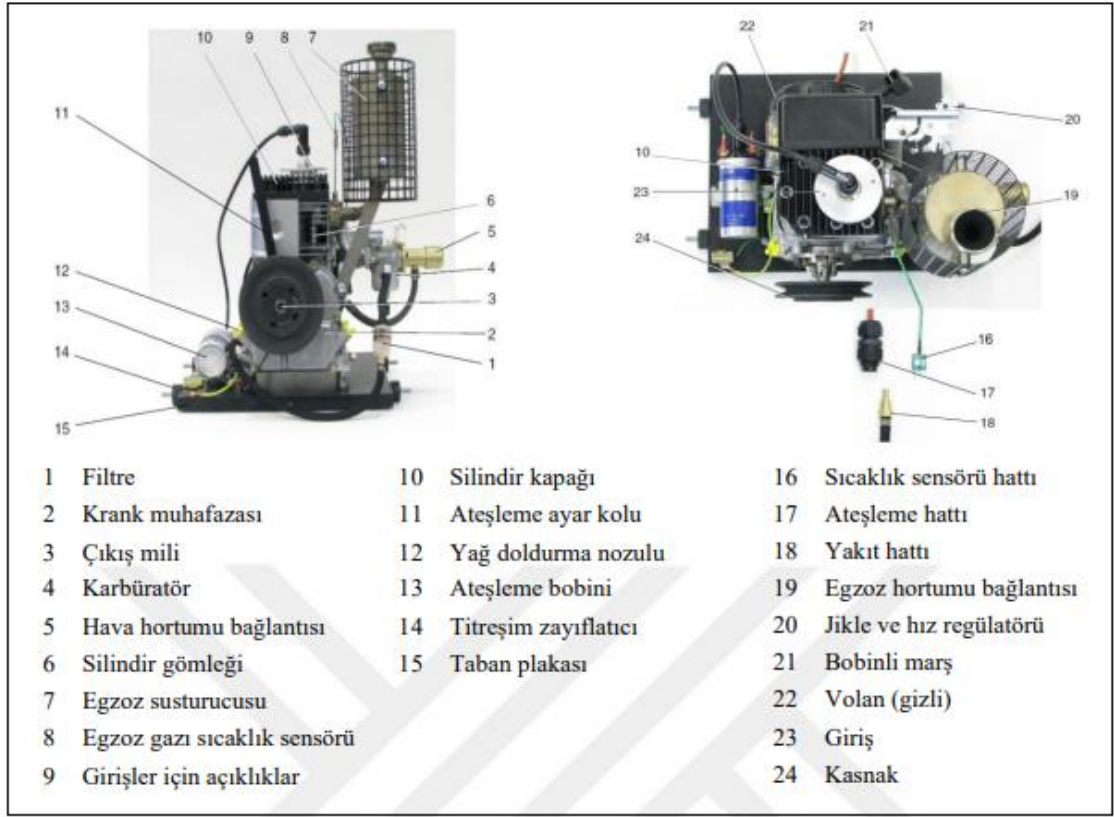


Şekil 3.4.C.T. 152 Buji ateşlemeli motor

Çizelge 3.2. Test motorunun teknik özellikleri (GUNT, 2016c)

Model	Gunt CT 152
Motor tipi	Dört zamanlı, tek silindirli, hava soğutmalı, karbüratörlü, benzinli motor
Silindir sayısı	1
Çap x strok	65.1 mm x 44.4 mm
Biyel kol uzunluğu	79.55 mm
Sıkıştırma oranı	10:1, 8.5:1, 7:1 (orijinal), 5.5:1, 4:1
Maksimum motor gücü	1.2 kW
Maksimum motor torku	4.5 Nm
Ateşleme zamanlaması	Ayarlanabilir ateşleme süresi (10° ÜÖNs- 40° ÜÖN) EmAA °0 KMA EmKA °225 KMA
Subap zamanlamaları	EgAA ° 470KMA EgKA °0 KMA

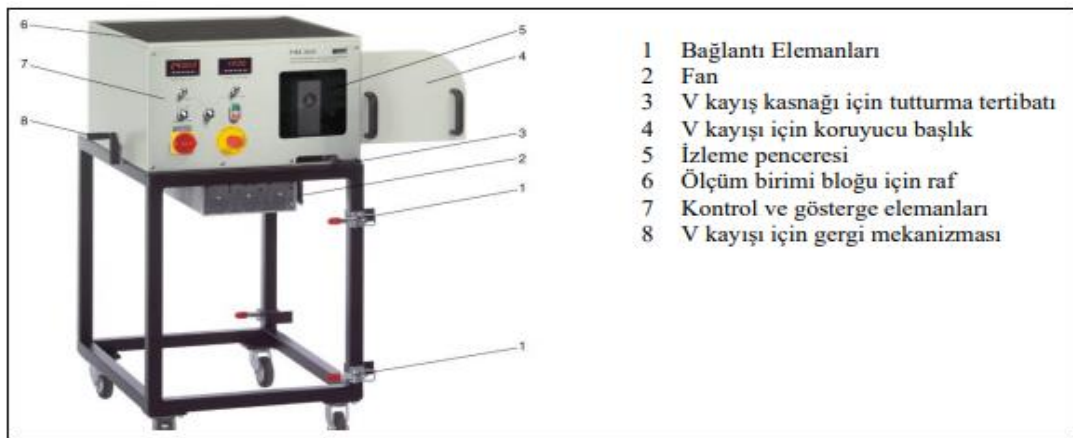
Çizelge 3.2’de ve motor elemanlarının yerleşimi ise Şekil 3.5’de sunulmuştur.



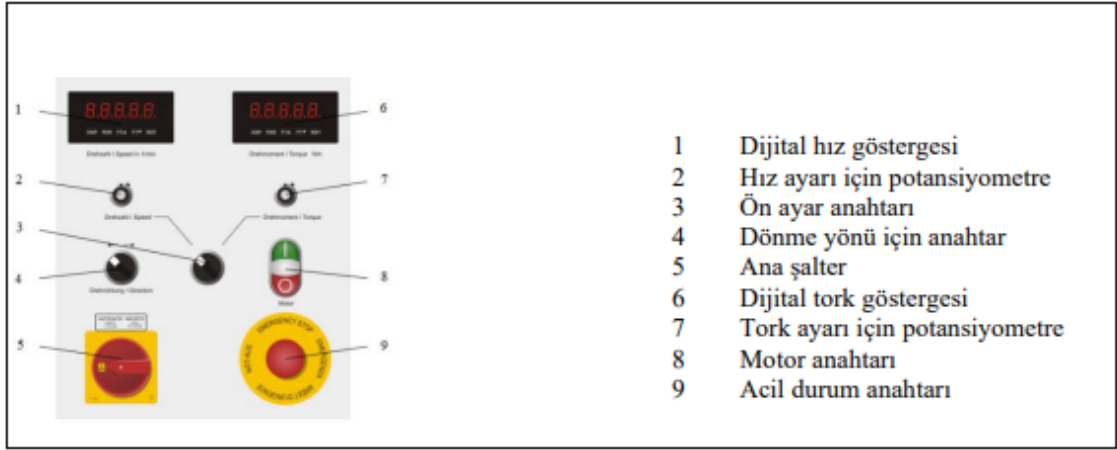
Şekil 3.5. Test motoru (Gunt, 2016c)

3.1.4. Universal Tahrik ve Fren Ünitesi

Motor deneyleri esnasında motor yüklenmesi ve devir ayarı için faydalanılan Gunt HM 365 markalı Tahrik ve Fren Ünitesi Şekil 3.5’de, üniteye ait kontrol ve gösterge elemanları Şekil 3.6’da ünitenin teknik özellikleri ise Çizelge 3.3’de sunulmuştur.



Şekil 3.6. Universal tahrik ve fren ünitesi (Gunt, 2016a)



Şekil 3.7.Ünitelerin tahrik ve fren ünitesinin kontrol ve gösterge elemanları(Gunt,2016a)

Çizelge 3.3. Ünitelerin tahrik ve fren ünitesinin teknik özellikleri(GUNT,2016a)

Model	Gunt HM 365
Güç kaynağı(güç)	6 kW
Motor	Kafes rotorlu
Motor tipi	asenكرون motor
Güç çıkışı	2200W
Hız	300- 3000 dev/dak
Tork	Maks.12 Nm
Verim	%83.2
Ölçüm aralıkları	0-5000 dev/dak

3.1.5. Emisyon gazı ölçüm cihazı

Mobydic 5000 emisyon test cihazı karayollarında seyir halinde hareket eden araçların emisyon oranlarını belirlemek için tasarlanmış bir gaz analiz cihazıdır. Tasarlanmış olan emisyon cihazı hem benzinli hem de dizel araçlar için her araç ölçümünde tekrar sıfırlama prensibine dayanan bilgisayar tabanlı yazılım vasıtasıyla CO, CO₂, HC, O₂, NO_x, SO₂ ve Lambda değerlerini ölçer. Şekil 3.'de verilen egzoz ölçüm cihazına resimler ve bilgisayar tabanlı yazılımın ön yüz görüntüsü verilmiştir. Ölçüm referans değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir



a) Egzoz emisyon cihazı



b) Egzoz emisyon cihazı arayüzü

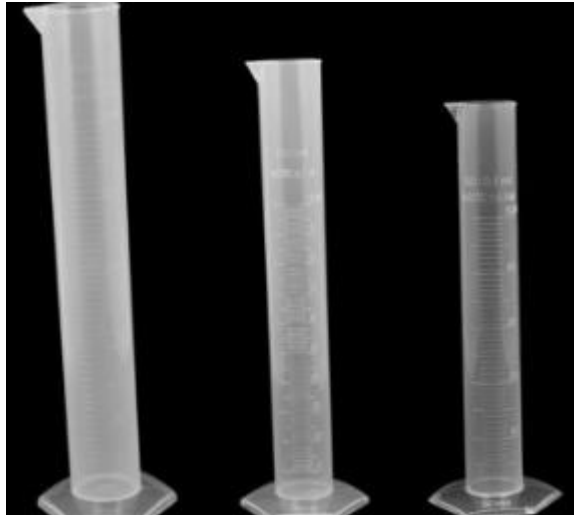
Şekil 3.8. Egzoz emisyon ölçüm cihazı, arayüzü

Çizelge 3.4. Egzoz emisyon cihazı teknik özellikleri

Ölçüm modülü	Ölçüm Aralığı	Hassasiyet
CO (% vol)	0-10	0,01
CO (% vol)	0-20	0,01
HC (ppm vol)	0-2000	1
HC (ppm vol)	0-5000	1
NO _x (% vol)	0-5	0,001
Lambda		

3.1.6. Ölçüm kabı

Test yakıtları hazırlanırken, Şekil 3.3.' de gösterilen 500 ml, 250 ml, 100 ml, ölçüm hassasiyetine sahip ölçüm kaplarından faydalanılmıştır.



Şekil 3.9.ölçüm kapları

3.1.7. Egsoz gaz sıcaklığı

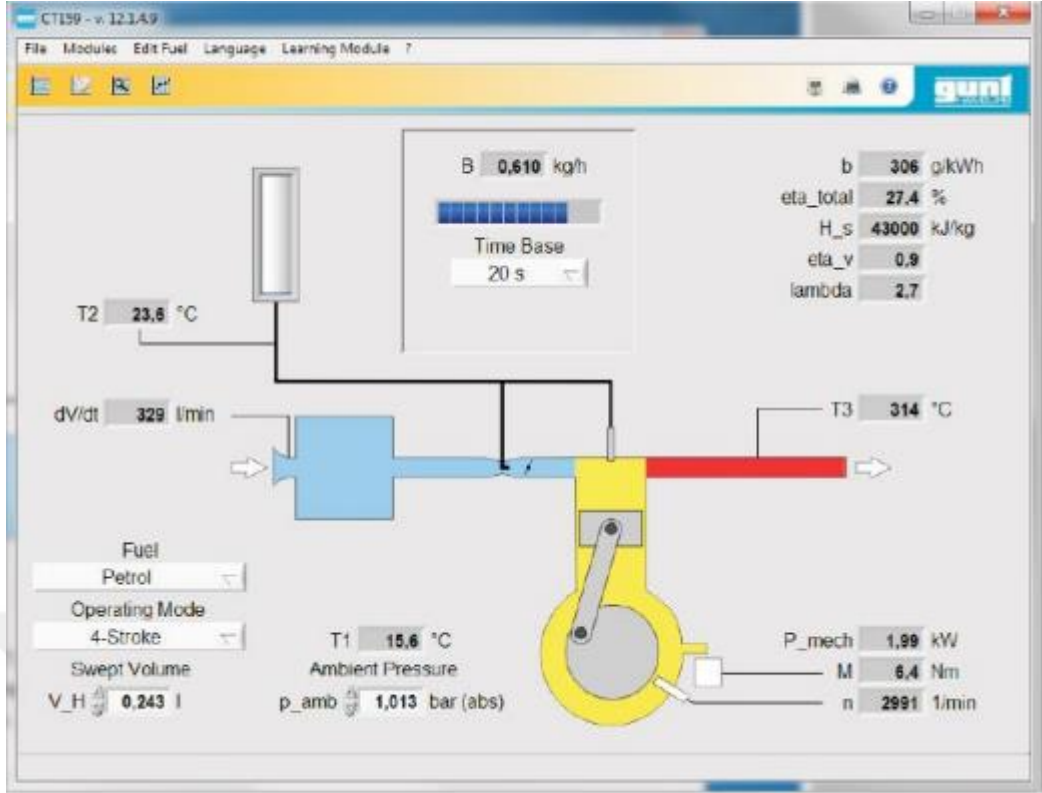
Test düzeneğimizin egzoz manifoldu çıkışının hemen önüne sensör ölçüm çubuğu bağlanarak görüntü panelinden egzoz sıcaklığı ölçülmüştür. Şekilde düzenek görülmektedir.



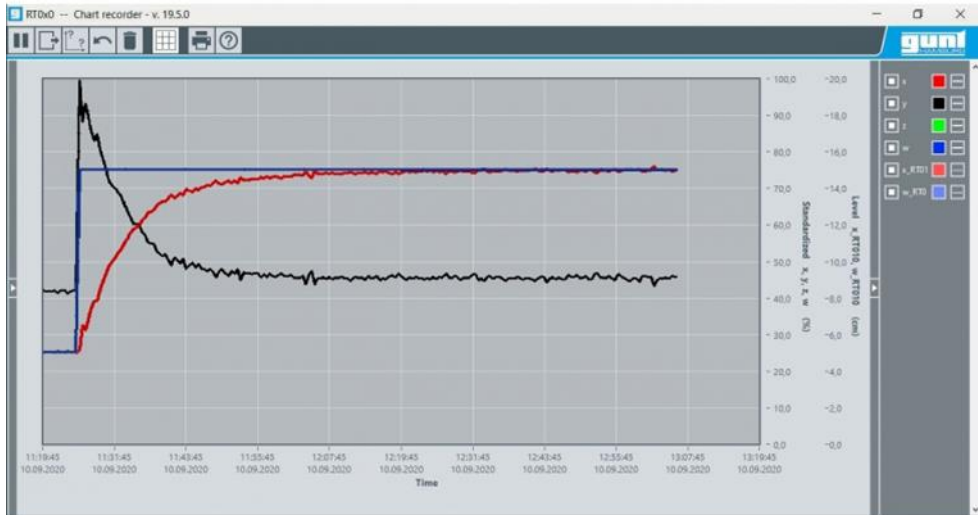
Şekil 3.10 egzoz gaz sıcaklığı ölçüm probu

3.1.8. Yazılım(CT159)

Motor deney düzeneği ile eş zamanlı olarak çalışan, motor parametre verilerinin anlık olarak tespit edilebildiği GUNT yazılımı arayüzü Şekil 3.14’de verilmiştir. Motor test düzeneği ile senkronize olarak çalışan ve yakıt tüketimi, hava tüketimi, ortam sıcaklığı, yakıt sıcaklığı, egzoz gazı sıcaklığı, lamda değeri, motor hızı ve tork gibi motor performansına ilişkin verilerin yazılım üzerinden anlık okunmasını sağlamaktadır.



Şekil 3.11 Gunt yazılımı arayüzü (Gunt,2016b)



Şekil 3.12. G.U.N.T. yazılımı kayıt ekranı (GUNT, 2019)

3.2. Deneyde ölçülecek parametreler

3.2.1. Motor testleri

Motor testlerine başlamadan önce, deney test düzeneğimize bağlı bulunan Gunt marka CT 152 motorunun yağ seviyesi kontrol edildi. Motorun çalışma sıcaklığına ulaşması için gerekli olan zaman beklendi ve sıcaklığa ulaşmasını sağladı. Deneylere başlanmadan önce egzoz emisyon test cihazı kalibrasyonu yapıldı. Deneylere başlanmadan önce benzin yakıtı ile test gerçekleştirildi.

3.2.2. Tork ölçümü

Dönen bir rotor dinamometresinin yüklenmesi sonucu sargılar üzerinde oluşan elektromanyetik alan ile frenleme kuvveti oluşturmakta, bu fren torku ise motorun döndürme momentine eşittir.

3.2.3. Fren gücünün ölçümü

Aşağıdaki denklem, fren torku ve devir sayısını kullanarak motorun volanından alınan gücün miktarını hesaplar:

$$P = \frac{2\pi n\tau}{60 \cdot 10^3} \quad (3.1)$$

3.2.4. Volümetrik verimin hesaplanması

Volümetrik verim, motorun emme zamanında çektiği hava miktarına aynı koşullar altında teorik olarak çekmesi gereken hava miktarına oranı ile gösterilir. Aşağıdaki formül bu verimi hesaplamak için kullanılır:

$$n_v = \frac{2m_h}{\rho_h V_s n} \quad (3.2)$$

Burada:

V_s : Silindir hacmi,

n : Motor devri,

m_h : Havanın kütleli debisi,

ρ_h : Havanın yoğunluğunu gösterir.

3.2.5. Özgül yakıt tüketiminin hesaplanması

Test sürecinde, yakıt tüketimi süresi kronometre kullanılarak belirlendi. Elde edilen süre değerleri, birim zamandaki yakıt tüketim miktarını hesaplamak için aşağıdaki matematiksel ifade kullanılarak belirlendi. Bu metot, test edilen motorun veya cihazın yakıt verimliliğini tespit etmede kullanılır ve yakıt tüketiminin ne kadar zamanda gerçekleştiğini anlamamızı sağlar.

$$OYT = \frac{\dot{m}_y}{N_e} \cdot 10^3 \left(\frac{kJ}{kWh} \right) \quad (3.3)$$

3.2.6. Yakıt tüketiminin ölçümü

Yakıt deposundan pompa vasıtası ile alınan yakıt ölçüm tüpüne gitmektedir. Motor testleri esnasında yakıt tüketimi iki şekilde ölçülebilmektedir. Bunlardan birincisi yakıt tüketiminin yakıt ölçüm tüpü ve kronometre kullanılarak denklemden hesaplanmasıdır. Ölçüm tüpü aralıkları 5 mm'lik aralıklarla ölçeklendirilmiştir.

$$\Delta m = \Delta V \cdot \rho_y \quad (3.4)$$

$$m_y = 3,6 \cdot \frac{\Delta m}{t} \quad (3.5)$$

Bu denklemde:

Δm : Kütlesel değişim

ΔV : Kütlesel değişim

ρ_y : Yakıtın yoğunluğu,

t : zaman farkını temsil etmektedir.

B : Yakıt tüketim oranı (kg/h)

Ayrıca, yakıt ölçüm tüpünün kesit alanı, 5.1 cm²'ye eşittir. Bu değer katalogta belirtilmiştir. İkinci ölçüm ise yazılım üzerinden hidrostatik basınç etkisiyle hesaplanan kg/h birimindeki değeri plc ekranından okunmasıdır.

3.2.7. Fren özgül yakıt tüketiminin hesaplanması

Fren özgül yakıt tüketimi (BSFC), bir motorun birim güç başına tükettiği yakıt miktarını ifade eder ve motor verimliliğinin önemli bir göstergesidir. Yakıt tüketimi ve fren gücü verileri kullanılarak 3,16 denklemden hesaplanır.

$$f_{\text{öyt}} = \frac{m_y \cdot 3600}{P} \quad (3.6)$$

3.2.8. Fren özgül enerji tüketiminin hesaplanması

Bir motorun saatte 1 kilowatt güç üretmek için ne kadar enerji(MJ/kWh) harcadığını gösterir. Bu değer, motorun verimliliğini ve yakıt ekonomisini değerlendirmede kullanılır. Fren özgül yakıt tüketimi ve alt ısıl değerın çarpımıyla elde edilir.

$$f_{\text{öet}} = f_{\text{öyt}} \cdot H_u \quad (3.7)$$

3.2.9. Termal verimin hesaplanması

Yakıtın kimyasal enerjisinin yanma sonucu açığa çıkan ısı enerjisi, egzoz gazları, yağlama yağı ve soğutma sistemi tarafından bir miktar kaybedilirken, kalan kısmı ise mekanik işe dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm sürecinin etkinliğini ölçen fren termal verim aşağıdaki denklemlerle hesaplanır.

$$\eta_t = \frac{P}{\dot{m}_y \cdot H_u} \quad (3.8)$$

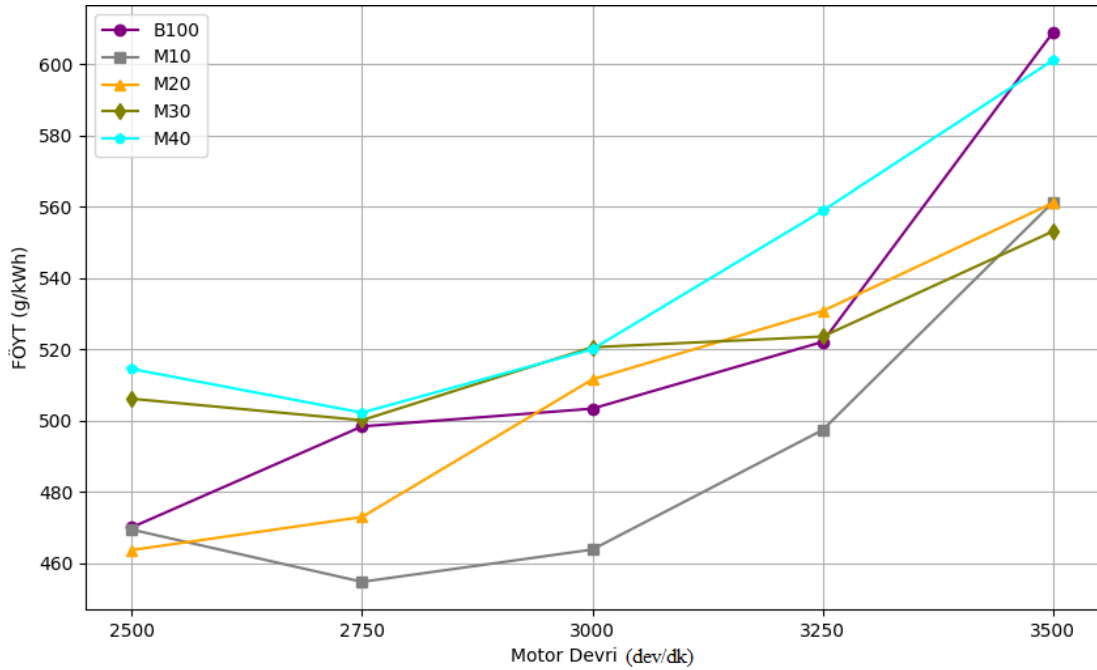
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Motor performans deney sonuçları

Yapılan testler neticesinde benzin ve benzin- metanol karışımlarının motor gücü, ve egzoz emisyon değerleri incelemek amaçlamıştır. Alternatif yakıtların motor parametrelerindeki olumlu ve olumsuz etkilerini incelemek çalışmamızın esas amacıdır.

4.1.1. Fren özgül yakıt tüketimi (FÖYT)

Bir motorun birim güç elde etmek için kullandığı yakıt miktarına fren özgül yakıt tüketimi denilmektedir. Deneyler beş farklı devirde 2500, 2750, 3000, 3250, 3500 tüm test yakıtları için yapıp, yakıt tüketimlerine göre hesaplanan FÖYT değerleri şekil 4.1 gösterilmiştir.



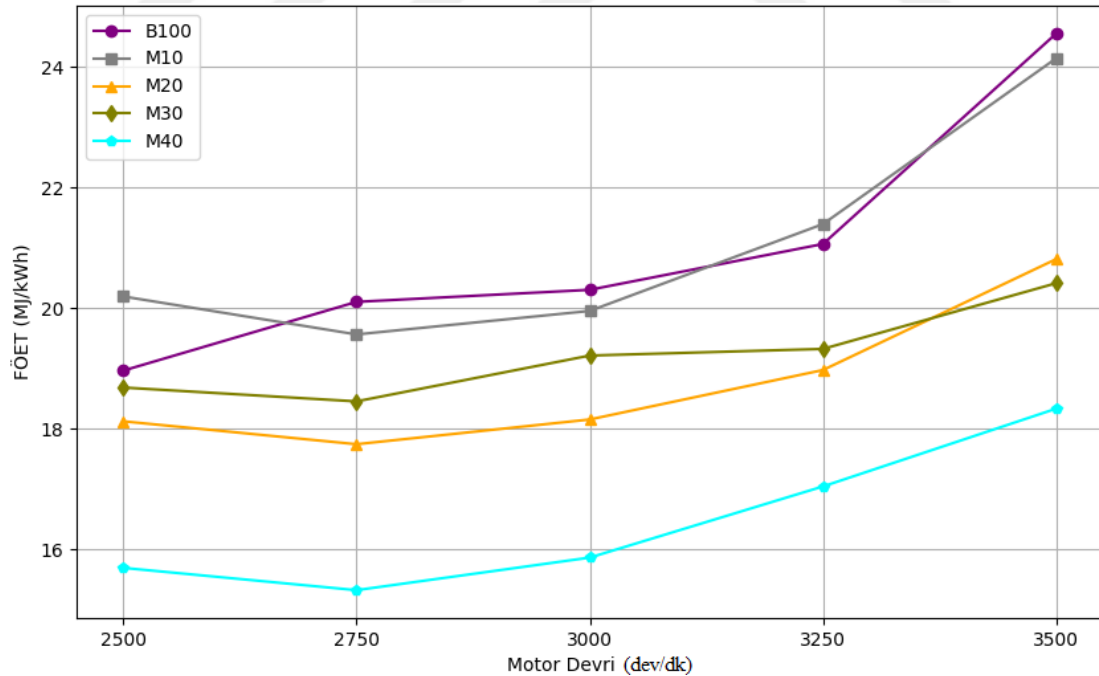
Şekil 4.1 Motor devir ve foyt değerleri grafiği

Yapılan testler sonucunda motor devri arttıkça fren özgül yakıt tüketiminin değişiklik gösterdiği tespit edilmiştir. Benzin için elde ettiğimiz değerlerimiz. karışımı için 2500 dev/dk'de 470.0 g/kWh, 2750 dev/dk'de 498.35 g/kWh, 3000 dev/dk'de 503.3 g/kWh, 3250 dev/dk'de 522.07 g/kWh ve 3500 dev/dk'de 608.8 g/kWh değerleri elde edilmiştir. M10 karışımında 2500 dev/dk'de 469.4 g/kWh, 2750 dev/dk'de 454.76 g/kWh, 3000 dev/dk'de 463.81 g/kWh, 3250 dev/dk'de 497.35 g/kWh ve 3500 dev/dk'de 561.18 g/kWh değerleri elde edilmiştir. M20 karışımında 2500 dev/dk'de 463,67 g/kWh, 2750 dev/dk'de 472.92 g/kWh, 3000 dev/dk'de 511.52 g/kWh, 3250

dev/dk'de 530.70 g/kWh ve 3500 dev/dk'de 561.03 g/kWh değerleri elde edilmiştir. M30 karışımında 2500 dev/dk'de 506.10 g/kWh, 2750 dev/dk'de 500.08 g/kWh, 3000 dev/dk'de 520.55 g/kWh, 3250 dev/dk'de 523.54 g/kWh ve 3500 dev/dk'de 553.05 g/kWh değerleri elde edilmiştir. M40 karışımında 2500 dev/dk'de 514.46 g/kWh, 2750 dev/dk'de 502.21 g/kWh, 3000 dev/dk'de 520 g/kWh, 3250 dev/dk'de 558.81 g/kWh ve 3500 dev/dk'de 601.05 g/kWh değerleri elde edilmiştir. Benzin (B100) k ile kıyaslandığında M10 yakıtı için % 6.0 azalma, M20 yakıtı için %2,41 azalma, M30 yakıtı için %0,2 artış, M40 yakıtı için % 3,6 artış tespit edilmiştir. Nazzal ve diğerleri (2011), metanol karışımlarının motor performansını artırdığını ve özgül yakıt tüketimini azalttığını belirtmiştir. Çanakçı ve diğerleri (2013) yanma verimliliğinden dolayı metanol oranı artıkça özgül yakıt tüketimini artırdığını gözlemlemişlerdir.

4.1.2.Fren özgül enerji tüketim (FÖET)

Fren özgül enerji tüketimi (FÖET),birim güç elde edebilmek bir motorun kullandığı yakıtın enerji miktarını ifade eder. Test yakıtlarının 2500, 2750, 3000, 3250 ve 3500 devirlerinde gerçekleştirilen ölçülen enerji tüketim miktarlarına göre hesaplanan değerler şekil 4.1 gösterilmiştir



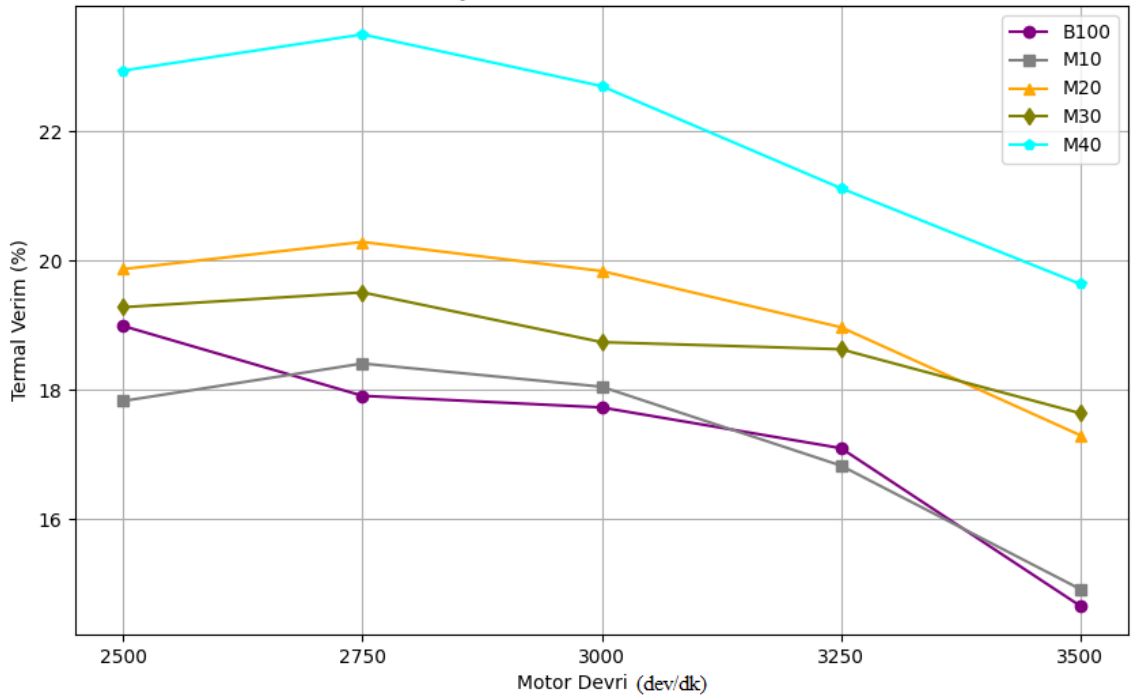
Şekil 4.2.Motor devir ve föet değerleri grafiği

Testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen FÖET (MJ/kWh) değerleri incelendiğinde, motor devri arttıkça FÖET değerlerinin değişiklik gösterdiği

tespit edilmiştir. En yüksek fren özgül enerji tüketimi 3500 dev/dak'de benzin yakıtından elde edilmiştir. Benzin (B100) karışımı için 2500 dev/dk'de 18,95 MJ/kWh, 2750 dev/dk'de 20,09 MJ/kWh, 3000 dev/dk'de 20,29 MJ/kWh, 3250 dev/dk'de 21,05 MJ/kWh ve 3500 dev/dk'de 24,55 MJ/kWh değerleri elde edilmiştir. Benzin ile kıyaslama yapılıncaya ortalama olarak M10 yakıtı için %1,65, M20 yakıtı için %10,6, M30 yakıtı için %8,47 M40 yakıtı için %21,4 azalma tespit edilmiştir. Çelik ve diğerleri (2011) , metanol yakıt karışımların ÖYT'nin ise azaldığı çalışmalarında tespit etmişlerdir.

4.1.3. Termal verim

Termal verim, bir enerji dönüştürme sürecinde kullanılan enerjinin ne kadarının faydalı iş üretmek için kullanıldığını gösteren önemli bir performans ölçütüdür. Termal verim, genellikle yüzde olarak ifade edilir. Deney test sonuçlarımızın termal verim değerleri şekil 4.3.te gösterilmiştir.



Şekil 4.3.Motor devir ve termal verim grafiği

Yapılan testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen termal verim (%) değerleri , motor devri arttıkça termal verim değerlerinin değişiklik gösterdiği görülmüştür. Benzin (B100) karışımı için 2500 dev/dk'de %19,0, 2750 dev/dk'de %17,9, 3000 dev/dk'de %17,7, 3250 dev/dk'de %17,1 ve 3500 dev/dk'de

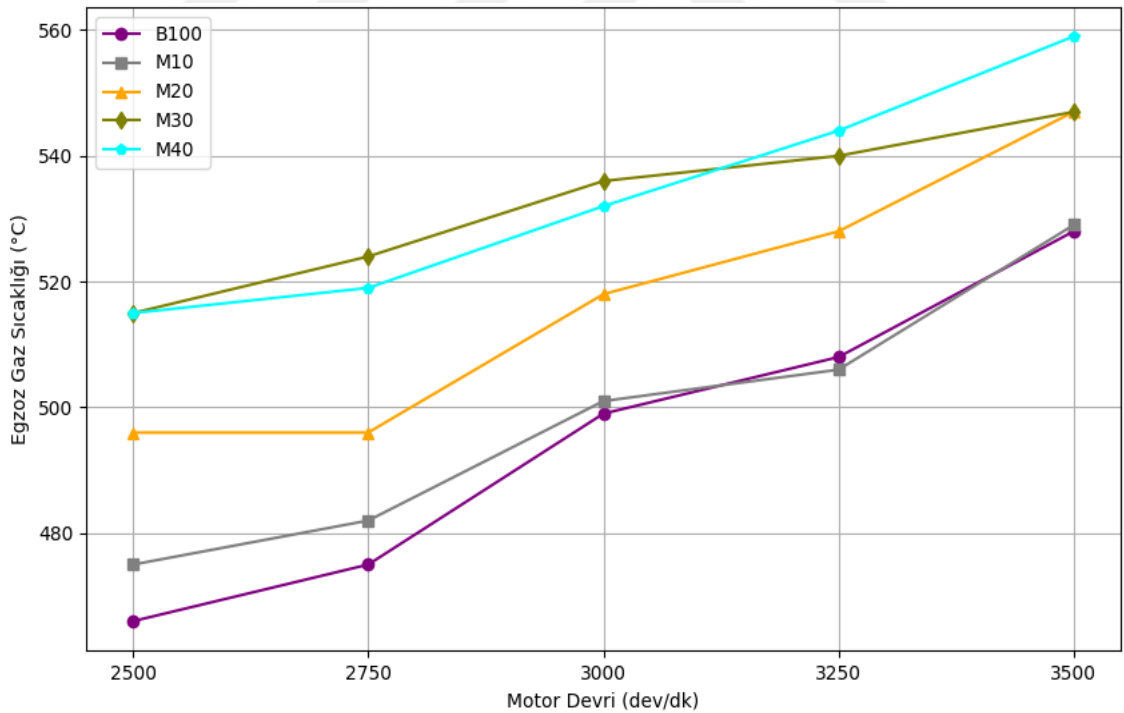
%14,7 termal verim değerleri elde edilmiştir. En iyi termal verimi 2750 dev/dk'de M40 yakıtı için %23,5 olarak bulunmuştur.

Deney yakıtları ortalama olarak incelendiğinde sırasıyla M10 yakıtı için %1,1, M20 yakıtı için %11,38, M30 yakıtı için % 8,56, M40 yakıtı için ise %26,1 artış elde edilmiştir. Literatürde, Sezer ve Bilgin (2008), metanol-benzin karışımlarının fren termal verimliliğini artırdığını ancak maliyetin yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Altun ve diğerleri (2013), metanol ilavesinin fren termal verimliliği artırdığını ve emisyonları azalttığını gözlemlemişlerdir.

4.2. Egzoz emisyon sonuçları

4.2.1. Egzoz gaz sıcaklığı

Egzoz gaz sıcaklığı (T_3), yanma kalitesi ve emisyon verilerinin özölmenmesinde ehemmiyetli bir değişkendir. Düşük egzoz sıcaklığı tam yanmamayı işaret ederken, yüksek egzoz sıcaklığı tam yanmayı işaret edebilmektedir. Deney numuneleri M10, M20, M30, M40 yakıtlarının egzoz gaz sıcaklığı ve motor devrine bağlı grafiği Şekil 4.4 'te gösterilmiştir.



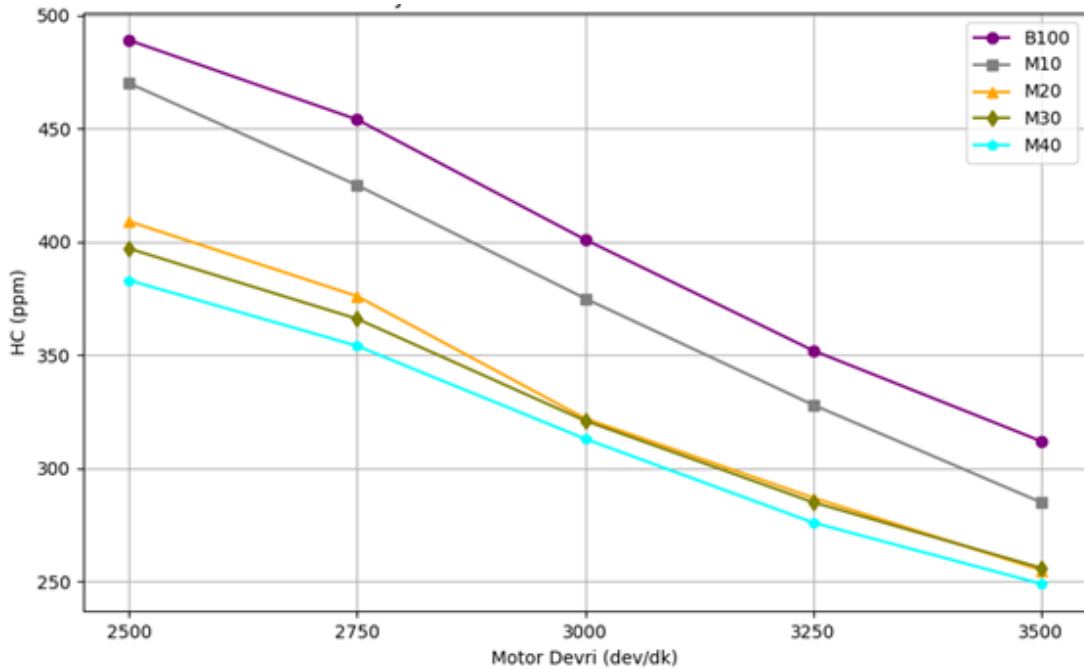
Şekil 4.4. Motor devir ve egzoz gaz sıcaklığı

Yapılan testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen egzoz gaz sıcaklığı (T_3) ($^{\circ}\text{C}$) değerleri incelendiğinde, motor devri arttıķa egzoz gaz sıcaklığı değerlerinin değişiklik gösterdiği görölmüştür. Egzoz gaz sıcaklığı en yüksek M40

yakıtında 558,9°C görmüştür. Bu yüksekliği görmesinin sebebi metanol içerisindeki oksijenin varlığıdır. Test çalışması sonuçlarına göre ortalama olarak M10 yakıtı için%0,9, M20 yakıtı için%4,4, M30 yakıtı için% 7,4, M40 yakıtı için %7,8 artış yaşanmıştır. Egzoz gaz sıcaklığı değerlerinin, motor devrine göre değişiklik göstermesi, metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkilidir. Metanol, yüksek oksijen içeriği ve düşük enerji yoğunluğu ile bilinmektedir. Yüksek oksijen içeriği, yanma sürecinde daha fazla oksijen sağlarken, düşük enerji yoğunluğu ise aynı enerji çıkışını elde etmek için daha fazla yakıtın yanmasına neden olmaktadır. Bu durum, egzoz gaz sıcaklığının artmasına yol açabilir (Simeon, 2018).

4.2.2. HC Emisyonu

Genel olarak HC emisyonları silindirlerde eksik yanma veya yanmamış düşük sıcaklıklarda dışarı atılan hidrokarbon yakıtlarından oluşmaktadır. HC emisyonlarının oluşmasına silindir içindeki alev sönməsi, karbon birikintileri silindir cidarındaki yağ birikintileri sebep olan başlıca nedenlerdir. Motor silindirlerinde yeterli oksijenin H atomu tepkimeye giremeyecektir. Bu durum ise hidrokarbon (HC) emisyonlarının oluşumuna yol açabilir(Yelbey, 2019). Metanol içeriğindeki oksijen sayesinde tam yanmaya sebep olur. Şekil 4.5'te HC grafiği verilmiştir.



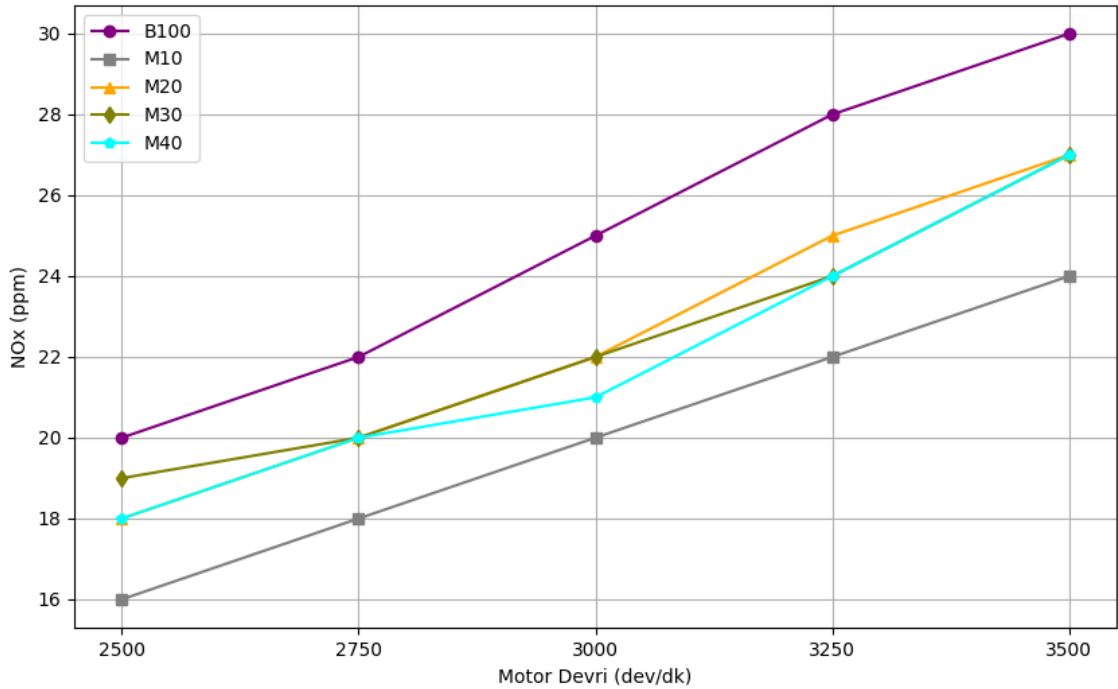
Şekil 4.5. Motor devir ve HC grafiği

Yapılan testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen hidrokarbon (HC) emisyonu (ppm) değerleri incelendiğinde, motor devri arttıkça HC

emisyon değerlerinin değişiklik gösterdiği görülmüştür. HC emisyonu en düşük olarak, 3500 d/dk'da M40 yakıtından elde edilmiştir. Test yakıtları olan M10, M20, M30 ve M40 'ın HC oranı benzine göre azalma miktarları sırasıyla ortalama olarak %6,26; %17,81; %19,2; %21,63 olarak tespit edilmiştir. HC emisyonlarındaki düşüşün sebebi, metanolün yapısında O₂ bulundurması ve C miktarının az olması ile kaliteli yanma sağlamaktadır (Soruşbay,1999).Şekil 4.5. incelendiğinde, M10 yakıtı için 3500 d/dk ölçülen HC değeri 284 ppm iken aynı yakıt için 2500 d/dk ise 470 ppm ölçülmüştür Motor devrinin azalması ile karışım zenginleşmekte,yanmamış yakıt oluşmakta ve HC oranı artmaktadır (Kodah ve ark.2000).

4.2.3. NO_x Emisyonu

Azot oksitlerin temsilcisi olan NO_x,azot atomunun oksitlenmesi sonucu oluşur. (Canakci ve ark,2013). Bu olayı meydana getiren başlıca sebepler oksijen konsantrasyonu, hava-yakıt oranı ve yüksek basınçtır (Masum ve ark,2013).Oluşturulan karışımların Şekil 4.6' ta NO_x grafiği verilmiştir.



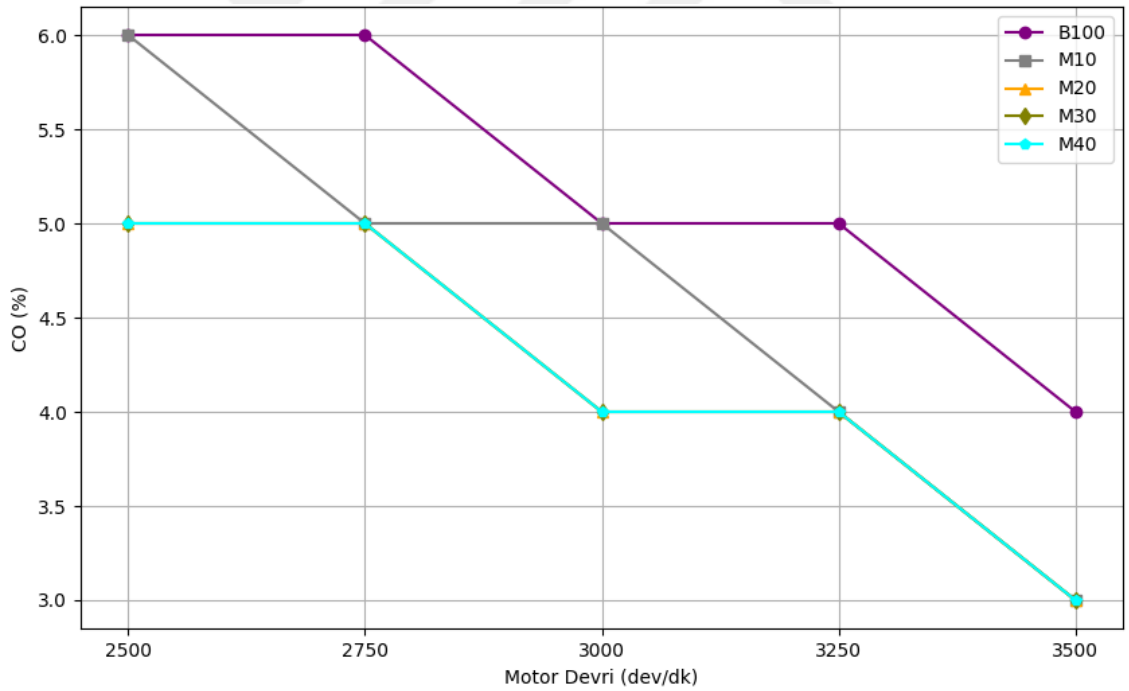
Şekil 4.6. Motor devir ve NO_x grafiği

Yapılan testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen azot oksitler (NO_x) emisyonu (ppm) değerleri incelendiğinde, motor devri arttıkça NO_x emisyon değerlerinin değişiklik gösterdiği görülmüştür. Şekil 4.6 incelendiğinde motor

devri arttıkça NO_x miktarı artmaktadır. M10 yakıtı için 2500 dev/dk'de NO_x değeri 16 ppm iken 3500 dev/dk'de yine aynı numune için 24 ppm olarak ölçülmüştür. Silindir içindeki sıcaklık ve basınç etkisi, NO_x emisyonlarının oluşumunda önemli faktörlerdir. Yüksek sıcaklıklar, termal ve hızlı mekanizmalar yoluyla NO_x oluşumunu artırır (Kutlar ve ark.1998).NO_x miktarı en düşük olarak 2500 dev/dk'de M10 numunesinden tespit edilmiştir. M10, M20, M30 ve M40 yakıtlarının NO_x emisyonlarında benzine göre ortalama azalma oranları sırasıyla yaklaşık %20, %12, %11,2 ve %12,8 olarak belirlenmiştir. Metanolün adyabatik alev sıcaklığı düşük olduğu için ve oksijen içerdiği için NO_x emisyonlarının azalmasına neden olur. (Yaşar,2010).

4.2.4. CO Emisyonu

Motor içerisinde yanmanın tam olabilmesi için oksijen gereklidir. Motor devrinin azalması ile daha fazla yakıtın yanması gerekmektedir. Motor içerisinde yanmayan yakıt C atomları CO gazını oluşturacaktır.



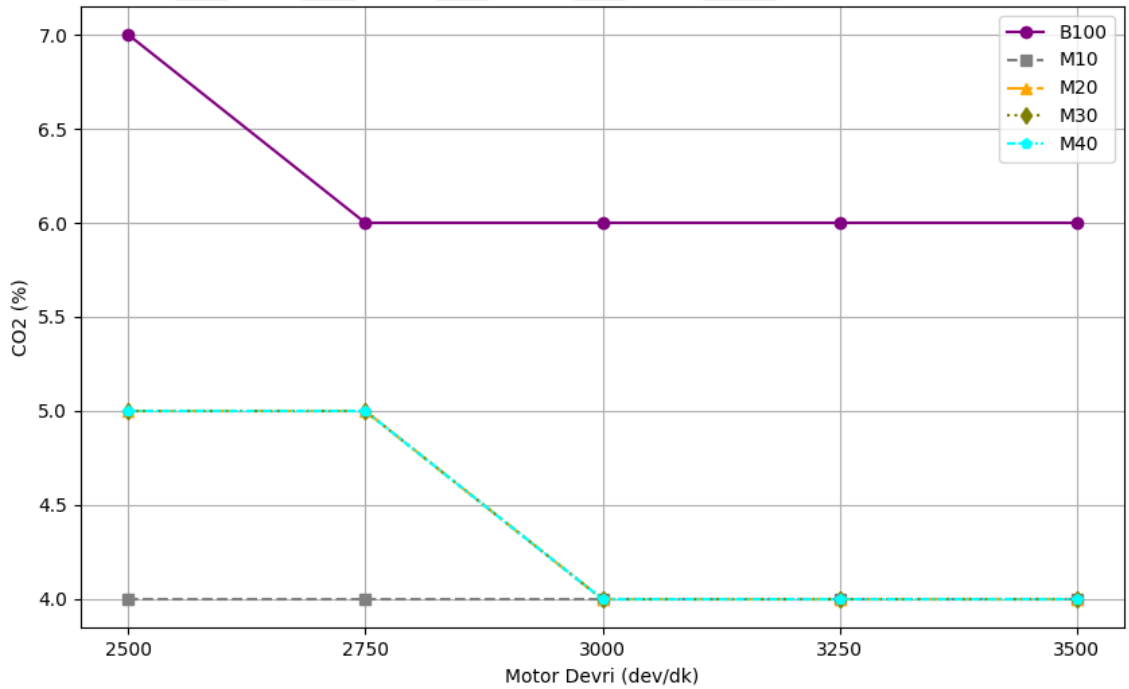
Şekil 4.7. Motor devir ve CO grafiği

Yapılan testler sonucunda, metanol-benzin karışımları için elde edilen karbon monoksit (CO) emisyonu (%) değerleri incelendiğinde, motor devri arttıkça CO emisyon değerlerinin değişiklik gösterdiği görülmüştür. CO emisyonunda aktif rol

üstlenen en büyük etken yakıtın molekül yapısı ve yanma odasındaki hareketleridir. Gerekenen az hava var ise yanma yetersiz olur ve yakıt içerisindeki C' lar CO na dönüşecektir.(Sayın ve ark.2005). CO emisyonu en düşük olarak 3500 dev/dk'de M40 yakıtından elde edilmiştir. Test yakıtları olan M10, M20, M30 ve M40'ın CO değeri benzine göre azalma miktarları ortalama olarak sırasıyla %10,6; %21,58; %22,3 ve %23,7 olarak belirlenmiştir Şekil incelendiğinde, motor devri arttıkça CO emisyonu azalmaktadır. M10 yakıtı için 2500 dev/dk'de CO emisyonu için CO değeri %0,565 3500 dev/dk'de yine aynı karışım için %0,341 olarak bulunmuştur.

4.2.5. CO₂ Emisyonu

CO₂, yakıttaki C atomlarının tepkimeye girmeyerek yanması sonucu ile ortaya çıkmaktadır. Emisyonların neden olduğu CO₂ gazını azaltmak için, C atomu bulundurmeyen yada daha az olan yakıtlar kullanılmalıdır. Deney yakıtlarının CO₂ oranları şekil 4.8 'te gösterilmiştir.



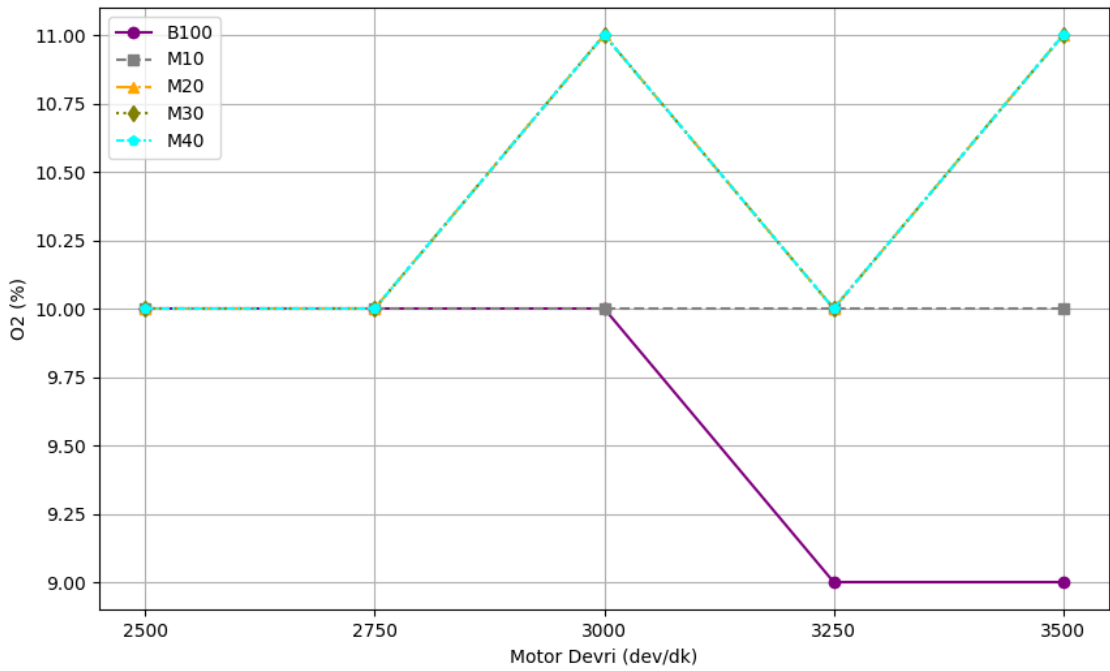
Şekil 4.8. Motor devir ve CO₂ grafiği

Şekil 4.8. incelendiğinde, motor devrine göre CO₂ emisyonlarının oranları değişmektedir. Benzin (B100) karışımı için 2500 dev/dk'de %7, 2750 dev/dk'de %6, 3000 dev/dk'de %6, 3250 dev/dk'de %6 ve 3500 dev/dk'de %6, CO₂ emisyon değerleri elde edilmiştir. Şekil incelendiğinde CO₂ emisyonu en çok benzin yakıtından 2500 dev/dk'de %7 ile, en az ise M10 yakıtından 3500 dev/dk'de %4 CO₂ oranı tespit

edilmiştir. Çelik vd (2011) yakıtta metanol ilavesinin CO₂ emisyonunu azalttığı sonucuna ulaşmışlardır. Test sonuçlarımıza göre benzine kıyasla ortalama olarak CO₂ emisyonunda sırasıyla M10 yakıtı için %33, M20 yakıtı için %25, M30 yakıtı için %25, M40 yakıtı için %25 azalma tespit edilmiştir.

4.1.6. O₂ Değeri

Metanolün yapısında oksijen bulunmakta, bunun sonucu olarak ise benzin ile yapılan karışımlar sonucu oksijen kontrasyonu artmaktadır. Farklı devirde O₂ değeri değişim grafiği şekil 4.9 verilmektedir.



Şekil 4.9. Motor devir ve O₂ grafiği

Deneysel çalışmada karışım yapılan yakıtların O₂ değerleri B100 yakıtından yüksek çıkmıştır. Karışım yakıtlar içerisinde en yüksek O₂ emisyon değeri olan yakıt karışımı M30 karışımı % 10,9 olarak ölçülmüştür. Karışım oranları sırası ile M10, M20, M30 ve M40'ın benzine kıyasla ortalama olarak %3.73, %9.22, %9.11, %8.48 artma görülmüştür. Olson ve ekibi (2023) ve Yusoff ve diğerleri (2018) de benzer bulgular elde ederek metanolün O₂ değerini artırma potansiyelini vurgulamışlardır. Metanol, yanma sürecinde oksijen O₂ değerlerini etkileyen önemli bir faktördür. Yüksek oksijen içeriği sayesinde, metanol içeren yakıtlar yanma sırasında daha fazla oksijen sağlar ve bu da egzoz gazında yüksek O₂ değerlerine yol açar. Metanolün düşük karbon içeriği ve yüksek buharlaşma ısısı, yanma verimliliğini artırarak motorun performansını iyileştirir.

Motor devri arttıkça, metanolün sağladığı ekstra oksijen, yanma odasındaki artan sıcaklık ve basınç koşullarında bile, yanma sürecinin optimize edilmesine yardımcı olur. Bu özellikler, metanolün benzinle karıştırıldığında yanma verimliliğini nasıl artırdığını ve saf benzine göre daha yüksek O₂ değerleri sağladığını açıklamaktadır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, metanol alternatif yakıtının benzinle karşılaştırılması sonucunda egzoz emisyonları, motor performansı ve yakıt tüketimi üzerine etkileri deneysel olarak incelenmiştir. Çalışma boyunca elde edilen veriler ve sonuçlar aşağıda belirtilecektir.

1- Fren özgül yakıt tüketimi Benzin ile kıyaslandığında M10 yakıtı için % 6.0 azalma, M20 yakıtı için %2,41 azalma, M30 yakıtı için %0,2 artış, M40 yakıtı için % 3,6 artış tespit edilmiştir. Yanma veriminin iyileşmesiyle M10 ve M20 yakıtlarında azalma, M30 ve M40 yakıtlarında ise metanolün ısı değerinin daha düşük olması nedeniyle artmıştır. Yanma kalitesinin iyi olmasından dolayı test yakıtlarının bütün karışım oranlarında Efektif verim arttığı görülmüştür

2- Metanolün adyabatik alev sıcaklığının benzine nazaran daha az olması, sıkıştırma sonucu artan basınç ve sıcaklık, nedeniyle karışımlarımızdaki NOx miktarını azaltmıştır.

3- Metanol yapısında oksijen bulundurması ve C miktarının az olması yanma kalitesini iyileşmesinden dolayı, HC emisyonu azalmıştır.

4- Hacimsel olarak metanol oranındaki artış ile birlikte CO₂ emisyonunda azalma tespit edilmiştir.

5- Metanolün karışımlarının yapısında karbon miktarının benzine nazaran az olması ve oksijenin ise fazla olması neticesinde CO emisyonu oran olarak azalmıştır.

Sonuç olarak, metanolün yüksek oksijen içeriği ve diğer özellikleri onu modern motor teknolojisinin vazgeçilmez bir parçası haline getirmektedir. Yakıt verimliliğinin artırılması ve emisyonların azaltılması adına yapılan çalışmalarda metanola olan ilgi her geçen gün artmaktadır. Bu nedenle yakın gelecekte hem otomotiv endüstrisi hem de çevre üzerindeki etkileri göz önünde bulundurularak daha fazla araştırmanın yapılması gerekmektedir. Metanol gibi alternatif yakıtların benzinle karşılaştırılması, motor performansını artırmak ve yakıt tüketimini optimize etmek açısından önemli avantajlar sunmaktadır.

5.2 Öneriler

Tarım ülkesi olan Türkiye’de alternatif yakıtlara ihtiyaç giderek artmaktadır ABD ilk sırada olmak üzere bir çok ülkede metanol üretimini teşvik ederek, ekonomiye önemli düzeyde bir gelir kaynağı elde etmektedirler. Diğer taraftan fosil

yakıt rezerv ömürlerinin az kalması içten yanmalı motorlarda alternatif yakıtlar üzerine olan çalışmaları arttırmıştır. Metanol üretiminin ulusal menfaatlerimizi koruma adına devlet tarafından teşvik edilmesi gerektiğini düşünmekteyiz. Aynı zamanda araç filoları alternatif yakıt ile çalışan araçlar ile yenilenmelidir. Yakıt dağıtım kanalları zenginleştirilmeli alternatif yakıtlara öncelik verilimelidir. Kısa zamanda alternatif yakıtlar konusunda araştırma geliştirme çalışmaları arttırılmalıdır. Ayrıca, metanolün yüksek oktan sayısı sayesinde, hem düşük hem de yüksek devirlerde yüksek termal verim ve tork değerleri sunarak dikkat çekmekte motor gücü ve emisyon parametreleri konusunda avantaj sağlamaktadır. Bunun sonucu olarak ise daha temiz yakıt ve çevre oluşumu sağlamakta ve bu durum desteklenmelidir. Bu karışımlar, motorun daha verimli çalışmasını ve yakıt maliyetlerinin düşürülmesini sağlamaktadır.



KAYNAKLAR

- Abdel-Rahman, A. ve Osman, M., 1997, Experimental investigation on varying the compression ratio of SI engine working under different ethanol–gasoline fuel blends, *International Journal of Energy Research*, 21 (1), 31-40.
- Abu-Zaid, M., Badran, O. ve Yamin, J., 2004, Effect of methanol addition on the performance of spark ignition engines, *Energy & Fuels*, 18 (2), 312-315.
- Al-Dawood, A. M., 1998, Effects of blending MTBE, methanol, or ethanol with gasoline on performance and exhaust emissions of SI engines, *King Fahd University of Petroleum and Minerals (Saudi Arabia)*.
- Altınay, B., 2005, Metanol Hakkında Genel Bilgi, TAPDK Uzman Yardımcısı Bilge Altınay'ın Uzmanlık Tezi.
- Altun, S., Oztop, H. F., Oner, C. ve Varol, Y., 2013, Exhaust emissions of methanol and ethanol-unleaded gasoline blends in a spark ignition engine, *Thermal science*, 17 (1), 291-297.
- Arapatsakos, C. I., Karkanis, A. N. ve Sparis, P. D., 2003, Behavior of a small four-stroke engine using as fuel methanol-gasoline mixtures, *SAE Technical Paper*.
- Avcıoğlu, A. O., 2011, Tarımsal kökenli yenilenebilir enerjiler: biyoyakıtlar, Nobel Akademik Yayıncılık, p.
- Ayhan, V., 2006, Metanol-benzin karışımlarının MgO-ZrO₂ termal bariyer çemberli bir motorda performans ve emisyonlara etkisi, *Sakarya Üniversitesi*.
- Balki, M. K. ve Sayin, C., 2014, The effect of compression ratio on the performance, emissions and combustion of an SI (spark ignition) engine fueled with pure ethanol, methanol and unleaded gasoline, *Energy*, 71, 194-201.
- Bayrakçeken, H., & Kuş, R. (2006). Taşıtlarda Kullanılan Alternatif Yakıtlar. Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, 6(1), 125-144.
- Bilgin, A. ve Sezer, I., 2008, Effects of methanol addition to gasoline on the performance and fuel cost of a spark ignition engine, *Energy & Fuels*, 22 (4), 2782-2788.
- Bp, 2022, Statistical review of World energy 2022
- Canakci, M., Ozsezen, A. N., 2011, performance and combustion characteristics of alcohol-gasoline blends at wide –open throttle, *Energy*, 36, 2747-2752 .
- Canakci, M., Ozsezen, A. N., Alptekin, E. ve Eyidogan, M., 2013, Impact of alcohol–gasoline fuel blends on the exhaust emission of an SI engine, *Renewable Energy*, 52, 111-117.
- Celik, M. B., 2008, Experimental determination of suitable ethanol–gasoline blend rate at high compression ratio for gasoline engine, *Applied Thermal Engineering*, 28 (5-6), 396-404.
- Celik, M. B., Özdayan, B. ve Alkan, F., 2011, The use of pure methanol as fuel at high compression ratio in a single cylinder gasoline engine, *Fuel*, 90 (4), 1591-1598.
- Danaiah, P., Kumar, P. R. ve Kumar, D. V., 2013, Effect of methanol gasoline blended fuels on the performance and emissions of SI engine, *International Journal of Ambient Energy*, 34 (4), 175-180.
- Dai, P., Ge, Y., Lin, Y., Su, S., Liang, B. 2013. Investigation on Characteristics of Exhaust and Evaporative Emissions From Passenger Cars Fueled with Gasoline/Methanol Blends. *Fuel*, 10-16
- Elfasakhany, A., 2015, Investigations on the effects of ethanol–methanol–gasoline blends in a spark-ignition engine: Performance and emissions analysis, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 18 (4), 713-719.
- Elfasakhany, A., 2016, Performance and emissions of spark-ignition engine using ethanol–methanol–gasoline, n-butanol–iso-butanol–gasoline and iso-butanol–ethanol–gasoline blends: A comparative study, *Engineering Science and Technology, an International Journal*, 19 (4), 2053-2059.
- Elfasakhany, A. ve Mahrous, A.-F., 2016, Performance and emissions assessment of n-butanol–methanol–gasoline blends as a fuel in spark-ignition engines, *Alexandria Engineering Journal*, 55 (3), 3015-3024.
- Eyidoğan, M., Çanakcı, M., Özsezen, A. N., Alptekin, E., Türkcan, A. ve Kılıçaslan, İ., 2011, Investigation of the effects of ethanol-gasoline and methanol-gasoline blends on the combustion parameters and exhaust emissions of a spark ignition engine, *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 26 (3), 499-507.
- Farkade, H. ve Pathre, A., 2012, Experimental investigation of methanol, ethanol and butanol blends with gasoline on SI engine, *International Journal of Emerging Technology and Advanced*

- Engineering*, 2 (4), 205-215.
- global-methanol-market-report, 2023, <https://www.prnewswire.com/news-releases/global-methanol-market-report-2023-increasing-demand-for-chemicals-in-asia-pacific-drives-growth-301865719.html>:
- Gong, C.-M., Huang, K., Jia, J.-L., Su, Y., Gao, Q. ve Liu, X.-J., 2011, Improvement of fuel economy of a direct-injection spark-ignition methanol engine under light loads, *Fuel*, 90 (5), 1826-1832.
- GUNT, 2023,2016a, Instruction Manual: HM 365 Universal Drive and Brake Unit.
- GUNT, 2023,2016b, Instruction Manual: CT 159 Modular Test Stand for Single Cylinder Engines, 2.2kW.
- GUNT,2023, 2016c, Experiment Instructions: CT 152 Four-Stroke Petrol Engine w. Variable Compression for CT 159.
- GUNT, 2019, Instruction Manual: HM 365 Universal Drive and Brake Unit.
- Kamil, M. ve Nazzal, I. T., 2016, Performance evaluation of spark ignited engine fueled with gasoline-ethanol-methanol blends, *Journal of Energy and Power Engineering*, 10 (6), 343-351.
- Karasmanoğlu, F., 1990, Alkollü benzinlerin alternatif motor yakıtı olarak değerlendirilmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*.
- Kodah Z., Soliman S. 2000. Combustion in a Spark Ignition Engine. *Applied Energy*, 66: 237-250.
- Korkmaz, İ., 1996, Benzin ve metanol yakıtlı buji ateşlemeli motorlarda performans ve emisyon karakteristiklerinin incelenmesi.
- Kutlar, O.A., Ergeneman, M., Arslan, H. ve Mutlu, M. ,1998, Taşıt Egzozundan Kaynaklanan Kirleticiler, BirsenYayınevi, İstanbul.
- Liu, S., Li, H., Lu, S., Clemente, E. R. C., & Qi, D. , 2006, Effects of methanol-gasoline blend on gasoline engine performance and emissions., *Xi'an Jiaotong Daxue Xuebao(Journal of Xi'an Jiaotong University)*, 40(1), 1-4.
- Liu, S., Clemente, E. R. C., Hu, T. ve Wei, Y., 2007, Study of spark ignition engine fueled with methanol/gasoline fuel blends, *Applied Thermal Engineering*, 27 (11-12), 1904-1910.
- Masum, B.M., Masjuki, H.H., Kalam, M.A., FattahI.M.R., Palash, S.M., Abedin, M.J. (2013). Effect of ethanol-gasoline blend on NOx emission in SI engine. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 24, 209-222
- Methanol Institute, 2023 <https://www.methanol.org/methanol-price-supply-demand>
- Mishra, P. C., Gupta, A., Kumar, A. ve Bose, A., 2020, Methanol and petrol blended alternate fuel for future sustainable engine: A performance and emission analysis, *Measurement*, 155, 107519.
- Nakagawa, H., Harada, T., Ichinose, T., Takeno, K., Matsumoto, S., Kobayashi, M. ve Sakai, M., 2007, Biomethanol production and CO2 emission reduction from forage grasses, trees, and crop residues, *Japan Agricultural Research Quarterly: JARQ*, 41 (2), 173-180.
- Nichols, R. J., 2003, The methanol story: a sustainable fuel for the future.
- Nazzal, I.T. 2011. Experimental Study of Gasoline-Alcohol Blends on Performance of Internal Combustion Engine. *European Journal of Scientific Research*, 52(1), 16-22.
- Olah, G. A., Goepfert, A. ve Prakash, G. S., 2006, Beyond oil and Gas: The Methanol Economy–Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, KGaA.
- Olson, A. L., Tunér, M. ve Verhelst, S., 2023, A Review of Isobutanol as a Fuel for Internal Combustion Engines, *Energies*, 16 (22), 7470.
- Onurbaş, A., A., Türker, U., Atasoy, D., Koçtürk, D. (2011). Tarımsal Kökenli Yenilenebilir Enerjiler Biyoyakıtlar. Nobel yayıncılık, Ankara, Türkiye, 387-440.
- Örs, İ., Sayın, B. ve Ciniviz, M., 2020, A comparative study of ethanol and methanol addition effects on engine performance, combustion and emissions in the SI engine, *International Journal of Automotive Science and Technology*, 4 (2), 59-69.
- Örs, İ., Yelbey, S., Gülcan, H. E., Kul, B. S. ve Ciniviz, M., 2023, Evaluation of detailed combustion, energy and exergy analysis on ethanol-gasoline and methanol-gasoline blends of a spark ignition engine, *Fuel*, 354, 129340.
- Pulkrabek, W. W., 1997, *Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine*, Prentice Hall, p.
- Porpatham, E., Ramesh, A. ve Nagalingam, B., 2012, Effect of compression ratio on the performance and combustion of a biogas fuelled spark ignition engine, *Fuel*, 95, 247-256.
- Prasad, B. N., Pandey, J. K. ve Kumar, G., 2021, Effect of hydrogen enrichment on performance, combustion, and emission of a methanol fueled SI engine, *International Journal of Hydrogen Energy*, 46 (49), 25294-25307.
- Sayın, C., Çanakçı, M., Kılıçaslan, İ. ve Özsezen, N., 2005, Çift yakıt(Benzin+lpj) kullanımının motor performansı ve emisyonlar üzerine etkisinin deneysel analizi, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 20 (4).
- Sezer, I. ve Bilgin, A., 2008, Effects of methyl tert-butyl ether addition to base gasoline on the

- performance and CO emissions of a spark ignition engine, *Energy & Fuels*, 22 (2), 1341-1348.
- Sharudin, H., Abdullah, N. R., Najafi, G., Mamat, R. ve Masjuki, H., 2017, Investigation of the effects of iso-butanol additives on spark ignition engine fuelled with methanol-gasoline blends, *Applied Thermal Engineering*, 114, 593-600.
- Shayan, S. B., Seyedpour, S. M., Ommi, F., Moosavy, S. H., & Alizadeh, M. , 2011, Impact of methanol-gasoline fuel blends on the performance and exhaust emissions of a SI engine. , *International Journal of Automotive Engineering*, 1(3), 219-227.
- Shen, B., Su, Y., Yu, H., Zhang, Y., Lang, M. ve Yang, H., 2023, Experimental study on the effect of injection strategies on the combustion and emissions characteristic of gasoline/methanol dual-fuel turbocharged engine under high load, *Energy*, 282, 128925.
- Shenghua, L., Cuty Clemente, E.R., Tiegang, H., Yanjv, W., "Study of Spark Ignition Engine Fueled with Methanol/Gasoline Fuel Blends", *App. Ther. Eng., Cilt 27*, 1904-1910, 2007.
- Simeon, I., 2018, Comparison of Ethanol and Methanol Blending with Gasoline Using Engine Simulation, In: *Biofuels*, Eds: Mansour Al, Q., Rijeka: IntechOpen, p. Ch. 9.
- Short, G.D., Antonia, L. (1990). Methanol in Gasoline and Diesel Engines Environmental Considerations. *Proceedings Fuelled the Intersociety Energy Conversation Engineering*, 4.Sayı, 326-330.
- Soruşbay, C., 1999, İçten yanmalı motorlarda egzoz gazları emisyonu, *İstanbul Teknik Üniversitesi Makine Fakültesi Yayınları, İstanbul*.
- TPAOGM, 2023, 2022 yılı ham petrol ve doğal gaz sektör raporu, Türkiye Petrolleri Anonim Ortaklığı Genel Müdürlüğü.
- Taymaz, İ. ve Benli, M., 2009, Metanolün Taşıtlarda Enerji kaynağı olarak farklı kullanım yöntemlerinin incelenmesi, *Engineer & the Machinery Magazine* (596).
- Tütün ve Alkol Piyasası Düzenleme Kurumu 2003, 10.01.2014, www.tapdk.gov.tr
- Turner, J., Pearson, R., Dekker, E., Iosefa, B., Johansson, K. ve Ac Bergström, K., 2013, Extending the role of alcohols as transport fuels using iso-stoichiometric ternary blends of gasoline, ethanol and methanol, *Applied Energy*, 102, 72-86.
- Uyaroğlu, A. ve Ünalı, M., 2021, The influences of gasoline and diesel fuel additive types, *International Journal of Energy Applications and Technologies*, 8 (3), 143-153.
- Yan su, Bo Shen , Hao Yu , Yulin Zhang, M. Lang , He Yang ,2023, Experimental study on the effect of injection strategies on the combustionand emissions characteristic of gasoline/methanol dual-fuel turbocharged engine under high load, *Energy*, 282, 128925
- Yaşar, A. (2010). Effects of alcohol-gasoline blends on exhaust and noise emissions in small scaled generators. *Metalurgia*, 49(4), 335-338.
- Yelbey S., 2019, Buji ateşlemeli motorlarda biyoetanol katkısının motor performans ve egzoz emisyonları üzerine etkisi, Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Konya
- Yin, Y., Stecke, K. E. ve Li, D., 2018, The evolution of production systems from Industry 2.0 through Industry 4.0, *International Journal of Production Research*, 56 (1-2), 848-861.
- Yusoff, M. N. A. M., Zulkifli, N. W. M., Masjuki, H. H., Harith, M., Syahir, A., Khuong, L., Zaharin, M. S. M. ve Alabdulkarem, A., 2018, Comparative assessment of ethanol and isobutanol addition in gasoline on engine performance and exhaust emissions, *Journal of Cleaner Production*, 190, 483-495.
- Zhang, Y., Mu, Z., Wei, Y., Zhu, Z., Du, R. ve Liu, S., 2022, Comprehensive study on unregulated emissions of heavy-duty SI pure methanol engine with EGR, *Fuel*, 320, 123974.
- Zhen, X. ve Wang, Y., 2015, An overview of methanol as an internal combustion engine fuel, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 477-493.
- Zhu, C.-z., Samuel, O. D., Elboughdiri, N., Abbas, M., Saleel, C. A., Ganesan, N., Enweremadu, C. C. ve Fayaz, H., 2023, Artificial neural networks vs. gene expression programming for predicting emission & engine efficiency of SI operated on blends of gasoline-methanol-hydrogen fuel, *Case Studies in Thermal Engineering*, 49, 103109.