



T.C.

SELÇUK ÜNİVERSİTESİ

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DİZEL METANOL VE KATKI MADDELERİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Feyyaz CANDAN

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Makine Eğitimi Anabilim Dalını

Şubat-2012
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

DİZEL METANOL VE KATKI MADDELERİNİN DİZEL MOTOR PERFORMANSI VE EMİSYONA ETKİSİNİN ARAŞTIRILMASI

Feyyaz CANDAN

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Makine Eğitimi Anabilim Dalı

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Murat CİNİVİZ

2012, 118 Sayfa

Jüri
Yrd. Doç. Dr. Murat CİNİVİZ
Doç. Dr. Hidayet OĞUZ
Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Günümüzde motorlu taşıtlardan kaynaklanan hava kirliliğinin önemli bir çevre sorunu haline gelmesi, kullanılan enerji kaynaklarının ekonomiklik özelliklerini yitirmesi ve bu kaynakların kısa zamanda tükenecek olması araştırmaları alternatif yakıtlara yöneltmiştir. İçten yanmalı motorlarda kullanılan yakıtların kolay buharlaşıp tutuşabilmesi, birim hacminden yüksek enerji sağlanabilmesi ve dünyanın her yerinde kolay bulunabilmesi istenmektedir. Bütün bunların yanında petrolün belirli bir rezerve dayalı sonlu kaynak olmasından dolayı mevcut motor teknolojisinde fazla bir değişiklik yapmadan petrole alternatif olacak yeni yakıt türlerinin araştırılmasını zorunlu hale getirmiştir.

İçten yanmalı motorlarda, yakıt tüketimi ve egzoz emisyonlarının en az düzeye indirme çabaları, çift yakıtla çalışan motorlar üzerine yapılan çalışmaların başlangıç noktasını oluşturmaktadır. Bu çalışmada tek silindirli dört zamanlı direkt enjeksiyonlu dizel bir motorun farklı oranlardaki dizel-metanol karışımının faz ayrışmasını önlemek için % 1 oranında katkı maddesi ve setan sayısını artırmak için de % 1 oranında setan arttırıcı ilave edilerek kullanılmasıyla motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi deneysel olarak araştırılmıştır. Deney motorunun standart püskürtme basıncını 175 bar'dır. Deneyler de püskürtme basıncı 165 bar, 170 bar, 185 bar ve 195 bar olarak değiştirilmiştir. Deney sonuçlarına göre her bir püskürtme basıncı için karışım içerisindeki metanol miktarının artmasıyla özgül yakıt tüketimi ve NO_x emisyonlarında artma, CO, HC ve is emisyonlarında azalma tespit edilmiştir.

.

Anahtar Kelimeler: Dizel, egzoz emisyonlar, faz ayrışması, katkı maddesi, metanol, motor performansı, püskürtme basıncı ve setan sayısı.

ABSTRACT

MS/Ph.D THESIS

A RESEARCH FOR THE EFFECTS OF DIESEL METANOL AND ADDITIVES ON DIESEL MOTOR PERFORMANCE AND EMMISION

Feyyaz CANDAN

THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY
THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR OF PHILOSOPHY IN MECHANICAL ENGINEERING

Advisor: Yrd. Doç. Dr. Murat CİNİVİZ

2012, 118 Pages

Jury
Yrd. Doç. Dr. Murat CİNİVİZ
Doç. Dr. Hidayet OĞUZ
Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Nowadays, airpollution which are generated by motor vehicles getting more significant environmental problems, losing economical specialities of current energy resources and having limited levels for that energy sources make researches toward alternative ways. The main point is to find out a new fuel type which are accessible in all over the world and this new fuel might be easily vapouring and cumbutioning in internal combustion engine and generating more energy from unit volume. Furthermore, due to limited resources of petroleum, making research over the neccesity of alternative energy sources while not changing the current engine technology is getting a must.

Efforts of reducing the fuel consumption and exhaust emmission keeping at minimum level in internal combustion engines compose the inception of the studies over engines which start with double-fuel. In this research, in order to prevent phase seperation in one cylinder-four stroke-injection diesel engine, %1 proportion of additive and also to increase the amount of cetane while adding and using %1 proportion of cetane replicator, effects over engine performance and exhaust emmision are shown and researched experimentally. Standart injection pressure of the test engine is 175 bar in this test. The injection pressure has been changed as 165-170-185-195 in these experiments. According to test results; while the methanol values in mixture increased, the specific fuel consumption and NO_x emmisions have increased on the other side CO, HC and soot emission have decreased.

Keywords: Diesel, exhaust emissions, phase separation, additive, methanol, engine performance injection pressure ve cetane number.

ÖNSÖZ

Araştırmalar ışığında ve yasal düzenlemelerden yola çıkılarak içten yanmalı motorlarda değişiklikler yapmadan, günümüzde de kullanılmakta olan motorları da kapsayacak şekilde egzoz emisyonlarını iyileştirmek, motor performansında oluşabilecek kayıpları önlemek için metanol ve petrol türevi yakıtların ortak kullanımının araştırılması gerekmektedir. % 99 saflıktaki metanol belirli oranlarda dizel yakıtla karıştırılarak faz ayrışması sorunuyla beraber setan sayısı gibi olumsuzlukları önlemek için katkı maddeleri ilave edilerek ve püskürtme basıncı değiştirilerek yakıt tüketimi, motor performansı ve egzoz emisyonları araştırılabilir.

Tüm çalışmalarım esnasında, ilgi ve desteklerini hiç bir zaman esirgemeyip, bana her konuda rehberlik eden danışmanım Yrd. Doç. Dr. Murat CİNİVİZ hocama, deneyler esnasında benden yardım ve bilgilerini esirgemeyen Aksaray M.Y.O. Öğretim Görevlisi İlker ÖRS, Öğretim Görevlisi Veli Bakırcıoğlu, Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalındaki hocalarım ve arkadaşlarım Serhat Kaplan, Gökhan Kan'a teşekkürü bir borç bilirim. Deneysel çalışma ortamından faydalanmamı sağlayan Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Bölümü Biyodizel Laboratuarının kurucularından Prof. Dr. Hüseyin Öğüt, Doç. Dr. Hidayet Oğuz hocalarıma, Araş. Gör. Seda Bacak'a ve Aksaray Meslek Yüksekokulu yönetimine teşekkürlerimi sunarım. Son olarak maddi ve manevi desteklerini benden hiçbir zaman esirgemeyen her zaman yanımda olan aileme teşekkür ederim.

Feyyaz CANDAN
KONYA-2012

İÇİNDEKİLER

ÖZET ..... **iv**

ABSTRACT ..... **v**

ÖNSÖZ ..... **vi**

İÇİNDEKİLER ..... **vii**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **ix**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Alternatif Yakıtlar 3
1.1.1. Metanol 5
1.1.2. Metanol üretimi 6
1.1.3. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri 9
1.1.3. Metanolün dizel motoruna uyarlanması 11
1.1.4. Alkol kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen temel faktörler 11

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **14**

3. MATERYAL VE METOT **25**

3.1. Materyaller 25
3.1.1. Deneylerde kullanılan yakıtlar ve katkı maddeleri 25
3.1.2. Deneylerde kullanılan dizel-metanol katkı maddesi ilaveli yakıtlar 28
3.1.3. Deney motorunun özellikleri 30
3.1.4. Deney düzeneğinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar 31
3.2. Metot 36
3.2.1. Deneylerin yapılışı 36
3.2.2. Deneylerden elde edilen veriler ile hesaplanan değerler 39

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA **40**

4.1. Farklı Yakıt Karışımlarının Motor Performansı Deney Sonuçları 40
4.1.1. Motor torku 40
4.1.2. Motor gücü 44
4.1.3. Özgül yakıt tüketimi 48
4.1.4. Volümetrik verim 51
4.2. Farklı Yakıt Karışımlarının Egzoz Emisyon Deney Sonuçları 54
4.2.1. CO emisyonu 54
4.2.2. CO_2 emisyonu 57
4.2.3. HC emisyonu 60
4.2.4. NO_x emisyonu 64
4.2.5. İs emisyonu 67
4.2.6. Egzoz gazı sıcaklığı 71
4.2.7. Lamda (Hava fazlalık katsayısı) 73
4.2.8. O_2 emisyonu 76

4.3. Farklı Püskürtme Basıncındaki Motor Performansı Deney Sonuçları 79
4.3.1. Motor torku 79
4.3.2. Motor gücü 80
4.3.3. Özgül yakıt tüketimi 82
4.3.4. Volümetrik verim 84
4.4. Farklı Püskürtme Basıncındaki Egzoz Emisyon Deney Sonuçları 86
4.4.1. CO emisyonu 86
4.4.2. CO_2 emisyonu 87
4.4.3. HC emisyonu 89
4.4.4. NO_x emisyonu 90
4.4.5. İs emisyonu 92
4.4.6. Egzoz gazı sıcaklığı 93
4.4.7. Lamda (Hava fazlalık katsayısı) 95
4.4.8. O_2 emisyonu 97

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 99

5.1 Sonuçlar 99
5.2 Öneriler 101

KAYNAKLAR 103

ÖZGEÇMİŞ 108

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

b_e	:	Özgül Yakıt Sarfiyatı (g/kWh)
C	:	Karbon
CO	:	Karbonmonoksit
CO_2	:	Karbondioksit
Cu	:	Bakır
Cr	:	Krom
H_2O	:	Su
HC	:	Hidrokarbon
HCs	:	Toplam Hidrokarbon
Me	:	Döndürme Momenti (Nm)
m_h	:	Motora Giren Hava Miktarı (m^3/dk)
Mg	:	Magnezyum
m_y	:	Motora Giren Yakıt Miktarı (g/h)
n	:	Devir Sayısı (dev/dak)
NO	:	Azot Oksit
NO_x	:	Azot Oksitler
O_2	:	Oksijen
Pe	:	Motor Efektif Gücü (kW)
UHC	:	Yanmamış Hidrokarbon
V_h	:	Kurs Hacmi (m^3)
Zn	:	Çinko
ρ_h	:	Havanın Yoğunluğu (kg/m^3)
η_v	:	Volümetrik Verim (%)

Kısaltmalar

CI	:	Sıkıştırma Ateşlemeli
EHN	:	2-Etilheksil nitrat
DTBP	:	Di-Tert Bütil Peroksit
HFK	:	Hava Fazlalık Katsayısı
M0	:	Standart Euro-Dizel
M5	:	% 94 Dizel- % 5 Metanol- % 1 İsobutanol Karışımı
M10	:	% 89 Dizel- % 10 Metanol- % 1 İsobutanol Karışımı
M15	:	% 84 Dizel- % 15 Metanol- % 1 İsobutanol Karışımı
M5D1	:	% 93 Dizel- % 5 Metanol- % 1 İsobutanol- % 1 DTBP- Karışımı
M10D1	:	% 88 Dizel- % 10 Metanol- % 1 İsobutanol- % 1 DTBP- Karışımı
M15D1	:	% 83 Dizel- % 15 Metanol- % 1 İsobutanol- % 1 DTBP- Karışımı
PM	:	Partikül Madde
TG	:	Tutuşma Gecikmesi
Ü.Ö.N.	:	Üst Ölü Nokta
Y/H	:	Yakıt/Hava Oranı

1. GİRİŞ

Dünyada enerjinin sadece % 30'nu hidrolik ve nükleer santrallerden yanma olmadan üretilmektedir. Geri kalan % 70 ise yanıcı kömür gibi fosil yakıtlar, gaz veya bunların sentetik türevleri ile elde edilir (Erkal, 2010). Dünyanın bugünkü enerji ihtiyacının büyük kısmının karşılandığı fosil yakıtlar hızla tükenmektedir. Ayrıca bu yakıtların yanması sonucunda ortaya çıkan ürünler, sera etkisi, ozon tabakasının incelmesi, asit yağmurları; hava kirliliği gibi büyük ve tüm toplumları ilgilendiren problemlere yol açmaktadır (Taymaz ve Benli, 2009).

İçten yanmalı motorlar olan benzinli ve dizel motorların çevre üzerindeki olumsuz etkisinin yanında insan yaşamını kolaylaştıran etkisinin de olduğu bilinmektedir. Avrupa'da ki son 2-3 yıl içinde motorlar üzerinde ki araştırma ve geliştirme çalışmaları genellikle motor çıkış gücü, yakıt ekonomisi, motor performansı, güvenilirlik, egzoz emisyonları vb. odaklı olmuştur. Son on yılda ise belirgin olarak egzoz emisyonlarının sağlık ve çevre üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur (Westerholm ve Egeback, 1994). Dizel motorların güvenilir çalışma ve yakıt tüketiminin ekonomik olmasından dolayı daha yaygın olarak kullanılmaya başlamıştır (Selvan ve ark., 2009). Dizel motorlar benzinli motorlara göre daha yüksek ısıl verime sahiptir. Fakat benzinli motorlara göre NO_x ve PM gibi çevreye zarar veren emisyonlar yayarlar. Difüzyonlu yanma özelliğinden dolayı aynı zamanda NO_x ve PM emisyonunu azaltmak zordur (Jagadish ve ark., 2011). Dizel yakıtının yanması ile partikül madde miktarı (PM), azot oksitler (NO_x), karbon monoksit (CO), hidrokarbon (HC) ve karbon dioksit (CO_2) gibi egzoz emisyonları çevrenin kirlenmesine sebep olmaktadır (Aksoy ve Bayrakçeken, 2010). Araçlarda çıkan egzoz gazlarının da çevreyi kirletmesi, küresel ısınmaya neden olması ve fosil yakıt fiyatlarının artışından dolayı alternatif yakıt kaynaklarının geliştirilmesine sebep olmaktadır (Song ve ark., 2006). Karayolu taşıtlarında alternatif yakıtların kullanımın iki ana nedeni vardır. İlk sebebi petrol yakıtlarına olan bağımlılığının azaltılması, diğer sebebi de karayolu taşıtlarından çıkan egzoz emisyonlarının azaltılmasıdır. Alternatif yakıtlar, hava kalitesi için bir çözüm ve sınırlı petrol kaynağına olan talebi değiştirmek için bir yol olarak lanse edilmiştir. İsmi alternatif yakıtlar olarak kabul edilir ve petrol kaynaklı değildir. Bu yakıtların genellikle benzin ve dizel yakıtlardan daha temiz olması beklenen basit bileşiklerin sonucudur (Dhaliwal, 2000). Bu nedenle içten yanmalı motorlarda hem petrole dayalı yakıt tüketimini hem de egzoz gazlarındaki zararlı maddeleri azaltmak için motorlu taşıtlarda

kullanılabilecek yeni yakıt türlerinin geliştirilmesi çalışmaları yapılmaktadır (Altun ve Gür, 2005). Günümüzde alternatif yakıt arayışının yanı sıra zararlı emisyonları ve yakıt tüketimi azaltmak için supap zamanlaması, enjeksiyon zamanlaması, püskürtme basıncı ve püskürtme oranı gibi motor çalışma parametrelerinin değişimi üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Aksoy ve Bayrakçeken, 2010). Enjektörler, yakıtı silindirlere yüksek basınçta atomize halde püskürten yakıt sistemi elemanlarıdır. Püskürtme basıncı, yakıtın atomizasyonuna, dolayısıyla karışım formasyonuna etki eden faktörlerden birisidir. Enjeksiyon basıncı arttıkça yakıt damlacık çapı küçülmekte ve bu durum yakıtın daha kolay buharlaşmasına neden olmaktadır. Ancak, yakıt taneciği küçüldükçe ataleti de azaldığından yakıtın yanma odasındaki nüfuz derinliği azalabilmektedir. Silindir duvarlarına yakın bölgelerdeki havanın kullanılamaması nedeniyle yanma kötüleşebilmektedir. Yüksek basınçlarda, özellikle yüksek girdap oranında özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Düşük enjeksiyon basınçlarında damlacık çapının artması, yakıtın buharlaşmasının daha uzun zaman almasına neden olabilmektedir. Bu durum yanmayı kötüleştireceğinden düşük enjeksiyon basıncında özgül yakıt tüketimi artmaktadır. Enjeksiyon basıncı arttırıldığında yakıtın yüksek hızda enjeksiyonuyla ve silindir içi uygun hava hareketleri ile tutuşma gecikmesi boyunca, atomizasyonun oldukça düzelmesi ve hızlı ısı transferi ile duman miktarı ve fren özgül yakıt tüketimi azalmakta ancak NOx emisyonları artmaktadır (Salman ve Topgül, 2001). Yukarıda ifade edildiği gibi püskürtme basıncının yakıt tüketimi ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisi görülmektedir.

Bu çalışmada tek silindirli su soğutmalı 0.77 litre hacimli sıkıştırma ateşlemeli motor kullanılarak tam yük şartlarında 6 farklı motor hızı ve 7 farklı yakıt (euro dizel, euro dizel-metanol-katkı maddesi ve euro dizel-metanol-katkı maddesi-setan iyileştirici yakıt karışımları) ile motorun standart değerleri deneysel olarak incelenmiştir. Daha sonra standart püskürtme basıncı değiştirilerek 7 farklı yakıt ile deneyler tam motor yükünde 6 farklı motor hızı için tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar grafiklerle verilerek karşılaştırılmıştır. Bu yakıtlardan ilki karşılaştırma yapılacak temel yakıt olan Euro Dizel yakıtıdır. Euro Dizel yakıtı ile elde edilen sonuçlar ile diğer 6 yakıt seçeneğini olan dizel-metanol-katkı maddeli yakıt karışımlarının elde edilen sonuçlar Microsoft Office-Excel programında grafikler halinde verilerek karşılaştırılmıştır. Yakıt karışımları içerisindeki metanol ve katkı maddesi miktarına göre konu ile ilgili literatür ve teorik bilgiler taranarak belirlenmiştir. Daha sonra hacimsel olarak %5, %10 ve %15 oranında metanol eurodizel yakıtına ilave edilip faz ayrışması ve setan sayısı sorununu

çözmek için % 1 oranında katkı maddeleri ilave edilmiştir. Deneyler hidrolik dinamometre kullanılarak yapılmıştır. Deney sonuçlarında motor gücü, torku, özgül yakıt tüketimi, volümetrik verim, egzoz emisyonları ve egzoz sıcaklığı gibi parametreler ölçülmüştür.

1.1. Alternatif Yakıtlar

Günümüz dünyasında enerji politikaları, çevre bilinciyle birlikte insanların refahı için kullanılacak şekilde ve ulusal çıkarlar göz önüne alınarak belirlenmelidir. Petrole olan bağımlılığının azaltılması, gelecekte yaşanabilecek petrol krizlerinin en az sıkıntıyla atlatılabilmesi ve çevrenin zararlı etkilerden korunabilmesi için alternatif yakıt arayışları ve bunların içten yanmalı motor yakıtı olarak kullanılabilirliklerinin araştırılması zorunlu hale gelmiştir (Çalışır ve Gümüş, 2009). Günümüzde kullanılan yakıtların büyük bir çoğunluğu fosil yakıtlardır. Belli başlıları doğal gaz, petrol bazlı yakıtlar veya kömürdür. Doğal gazın kullanımı depolama zorluklarından dolayı taşınabilir biçimde sabit tesisatla ve konutların ısıtmasıyla sınırlıdır. Benzer şekilde, kömür de genel olarak sabit üretim tesislerinde kullanılır. Ulaşımdaki önemli yakıtlar ise benzin ve dizeldir. Fosil yakıtların yerini alabilecek birçok faktör den dolayı sabit tesislerin yanı sıra ulaşım içinde pek çok alternatif yakıtlar ileri sürülmüştür. Önerilen bazı alternatif yakıtlar, aslında küçük ölçekli veya kullanımı için deneyim gerektirse de günümüzdeki yakıtların yerine kullanılması için birden fazla özelliğe sahiptir. Bu durum da, alternatif yakıt da günümüzde özel uygulamalar için ticari nitelikte kullanılan yakıt anlamına geldiğinden kullanımı mümkün olabilir (Astbury, 2008). Yapılan araştırmalara göre, fosil yakıtların yanması sonucu açığa çıkan karbon monoksit, hidrokarbon ve azot bileşiklerinin yarısı, benzin ve dizel motorlarından kaynaklanmaktadır. Kükürt dioksit, kurşun, kurum gibi artıklar da yine motorlu taşıtlardan etrafa yaydığı zararlı bileşenlerdir. Özellikle dizel motorları kükürt dioksit ve is oluşumunda ilk sırada yer alır. Karbon monoksit gazı, kapalı yerlerde insanların ölümüne neden olabilmekte, azot bileşikleri ise tarım ürünlerine zarar vermekte ve binalarda aşınmalara yol açmaktadır. Motorlu taşıtların havayı kirletmelerinin temel sebebi, yakıtın bir kısmının yanmamasıdır. Böylece havadaki egzoz gazı emisyonlarını artırmaktadır, bu da hava kirliliğinin önemli bir bölümünü teşkil etmektedir (İlhan, 2007).

Yaşanan petrol krizleri, petrol kaynaklarının azalmaya başlaması, petrol fiyatlarında görülen dalgalanmalar ve bu tür yakıtların yarattığı çevre kirliliği, alternatif yakıtları hep gündeme getirmektedir. Petrol kökenli yakıtların dünyadaki rezervlerinin azalması ve petrol ihraç eden ülkelerin üretimlerini sınırlamasından sonra içten yanmalı motorlarda petrol dışında alternatif motor yakıtı arayışları artmıştır (Kulakoğlu, 2010).

Alternatif yakıtlar, özellikle alkollü yakıtların egzoz emisyonu ve kaynakların sürdürülebilirliğinin yanı sıra çevresel kaygılar üzerindeki ulusal tehditi ve ekonomik kaygıları azaltmak için potansiyel olarak sunulmaktadır. Son zamanlarda uygulanan yönetmelik talimatına uygun yenilenebilir araç yakıtlarının kullanımındaki artışın sonucu olarak, alternatif yakıtlara ilgi devam etmektedir. Son otuz yıl içinde otomotiv araştırmalarında, alkollü yakıtların öncelikli metanol, etanol ve hidrokarbonlu karışımlı yakıtlarla uyum içinde olduğu ispatlandığından azot oksitleri (NO_x) ve partikül madde (PM) emisyonlarının yanı sıra az da olsa fren termik verimini iyileştirdiğini görülmektedir (Brusstar ve ark., 2002). Alkoller birçok sebepten dolayı alternatif yakıtlar ya da alternatif yakıt bileşenleri olarak teşvik edilebilir:

- ✓ Sera gazı emisyonlarının azaltılması,
- ✓ Zehirli egzoz emisyonlarının azaltılması,
- ✓ Genel enerji verimliliği artırılması,
- ✓ Yakıt maliyetinin azaltılması,
- ✓ Toplumsal sebepler (örneğin, tarım sektörünün istihdamı)

Benzin ve dizel yakıtlarının aksine alkoller oksijen içermektedir. Petrol yakıtlarına alkol eklenmesi alkollerde bulunan oksijen içeriğinden dolayı yanmayı sağladığından yanma verimliliği artırır ve hava kirliliğini azaltır (Surisetty ve ark., 2011). Bunun yanında dizel yakıt ile metanol, etanol ve biyo kütle yakıtların yüksek karışabilirliği, biyolojik çözülebilirliği, düşük toksinli ve oksijenli gibi avantajlarından dolayı önem arz etmeye başlamıştır (Song ve ark., 2006). Alkollerin özellikleri keşfedildikçe önemleri bir kez daha artmaktadır. Alkoller otomobilin icat edildiği yıllardan beri motorlarda kullanılmaktadır. Metanol, etanol, tersiyer bütil alkol, metil tersiyer bütil eter ve izopropanol gibi alkoller ya motor yakıtı olarak ya da çeşitli amaçlarla motor yakıtlarına katılarak kullanılmaktadır. Tersiyer bütil alkol ve benzin-alkol karışımlarındaki faz ayrışması sorununu önlemek için dizel metanol karışımına düşük oranlarda katkı maddesi katılmaktadır. Metanol, petrol esaslı olmayan hammaddelerden güncel teknolojiyle pratik olarak üretilmektedir. Metanol yüksek

gücün istendiği özel olarak tasarlanmış yarış otomobili motorlarında yaygın olarak kullanılmaktadır (İlhan, 2007).

Motorlu taşıtlarda kullanılabilen alternatif yakıtlar; alkoller (metanol, etanol), doğal gaz (CNG), sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG), hidrojen ve bitkisel yağlardır.

Alternatif yakıt olarak benzinli motorda;

- ✓ Alkol benzin karışımı
- ✓ Alkol
- ✓ Metan
- ✓ Sıvılaştırılmış petrol gazı (LPG)
- ✓ Hidrojen kullanılmaktadır.

Dizel motorlarda ise;

- ✓ Alkol dizel yakıtı karışımı
- ✓ Bitkisel yağ dizel yakıtı karışımı
- ✓ Biyodizel
- ✓ Sıkıştırılmış doğal gaz (CNG)
- ✓ Sıvılaştırılmış petrol gazı kullanılmaktadır (Öğüt ve Kuş, 1999).

1.1.1. Metanol

Alternatif alkol yakıtlar içerisinde popülaritesi en yüksek olan yakıtın metanol olduğu kabul edilmektedir. Amerikan Senatosu, Amerikan Çevreyi Koruma Teşkilatı, Ford Motor Şirketi, General Motor, Toyota ve diğer yetkili kuruluşlara göre geleceğin yakıtı metanol olacaktır. Bunun en önemli sebepleri arasında metanolun değişik sayıda maddeden üretimi, alternatif yakıtlara göre daha ucuza mal olması ve daha temiz yanma oluşturması sayılabilir (Hazar ve ark., 2011). Metanolün geleceğin yakıtı olmasının bir kaç açıklama tarzı vardır. Birincisi, metanol çok değişik sayıda maddeden elde edilebilmekte ve hemen hemen bütün diğer alternatiflerden daha ucuza mal olmaktadır. Diğeri ise, metanolün diğer petrol yakıtlarına göre daha temiz yanmasıdır. Ayrıca benzin ve motorin yakıtında olduğu gibi motorlu araçlarda, yakıt dağıtım sisteminde önemli bir değişiklik gerektirmemektedir (İlhan, 2007). Metanol, yüksek basınç ve sıcaklık altında □□sentez gazı'' oluşturacak şekilde yenilenmiştir, metan gazı ve buhar fazı halinde ticareti yapılmaktadır. Alternatif yakıtların içerisinde, her iki üretim şeklini de taşımak mümkündür. Amerika'da etanole benzer şekilde metanolün de % 100 (M100) olarak ticareti yapılmaktadır (Astbury, 2008).

Metanol aynı zamanda ağaç alkolü olarak da bilinir, doğalgaz ve kömürden olduğu gibi orman ve tarımsal atıklar gibi yenilenebilir kaynaklardan hatta doğrudan enerji santralleri ve fabrikadan çıkan CO_2 emisyonlarının yakalanıp seyreltilerek bir dizi işlemden geçilerek elden edilen sıvı bir yakıttır. Metanol inşaat malzemeleri, plastik ambalaj, boya ve kaplamalar hatta otomobil ön cam yıkama sıvısı da dahil olmak üzere günlük hayatımızı ilgilendiren yüzlerce kimyasal ürünün temel maddesidir. Metanol aynı zamanda taşıt yakıtı, hidrojen yakıt pili teknolojileri için taşıyıcı ve elektrik enerjisi üretimi için uygun bir yakıttır. Kimyasal yapısı CH_3OH olan metanol basit alkol diye adlandırılır, düşük karbon içeriğiyle ve yüksek hidrojen miktarına sahip bir sıvı yakıttır.

Metanol kullanılmasında dikkat edilmesi gereken bazı hususlar vardır. Bunlar metanol hava da kolaylıkla yanabilen bir kimyasaldır, metanol buharı da bazı ortamlarda patlayıcı olabilmektedir ve zehirli bir kimyasal olduğu içinde insanlarla kalıcı körlüğe sebep olabilir. Su ile her oranda karışabilecek yanıcı bir çözelti meydana getirir. Üretilen metanolün yaklaşık % 40 formaldehit yapımı için kullanılmaktadır. Ayrıca, metanol yakıt, yakıt katkısı, çözücü ve soğutucu olarak da kullanılabilmektedir. Ancak en çok gelecek vaad ettiği teknolojiler, hidrojen taşıyıcı olarak kullanıldığı yakıt pilleri ve türbin yakıtı olarak kullanıldığı güç jeneratörleridir (Taymaz ve Benli, 2009). Endüstride çözücü ve motor yakıtlarının bir bileşeni olarak geniş çapta kullanılır. Formaldehit ve anilin boyalarının elde edilişinde kullanılır. Ayrıca metillendirme vasıtası olarak organik sentezlerde ve alkolün içilmezliğini sağlamada yaygın olarak kullanılır.

1.1.2. Metanol üretimi

Metanol üretimi için farklı yöntemlerin kullanıldığı bilinmektedir. Doğalgaz, metanol üretiminin en bilinen hammaddesidir. Günümüzde metanol daha çok doğalgazdan üretilmektedir (Hazar ve ark., 2011). Metanol ilk defa 1661'de odunun kuru kuruya damıtılmasıyla elde edilmiştir. Damıtma ürününde % 1.5-3 metanol, % 10 asetik asit, % 0.5 aseton ve diğerleri bulunmaktadır (İlhan, 2007). 2010 yılında genel etanol yakıt talebine yaklaşık eşdeğer iken, şimdi dünya genelinde aşağı yukarı $57x10^9$ litre metanol tüketilmiştir. 2012 yılına kadar, genel talebin $65x10^9$ litreye ulaşması bekleniyor. Bu giderek artan talebin, metanolün hem binek otomobiller için sıvı bir yakıt ve dizel yakıtla çalışan kamyon ve otobüsler için temiz bir alternatif yakıt olarak

dimetil etere dönüştürülerek kullanılması büyük ölçüde etkilemektedir (Anonymous, 2008).

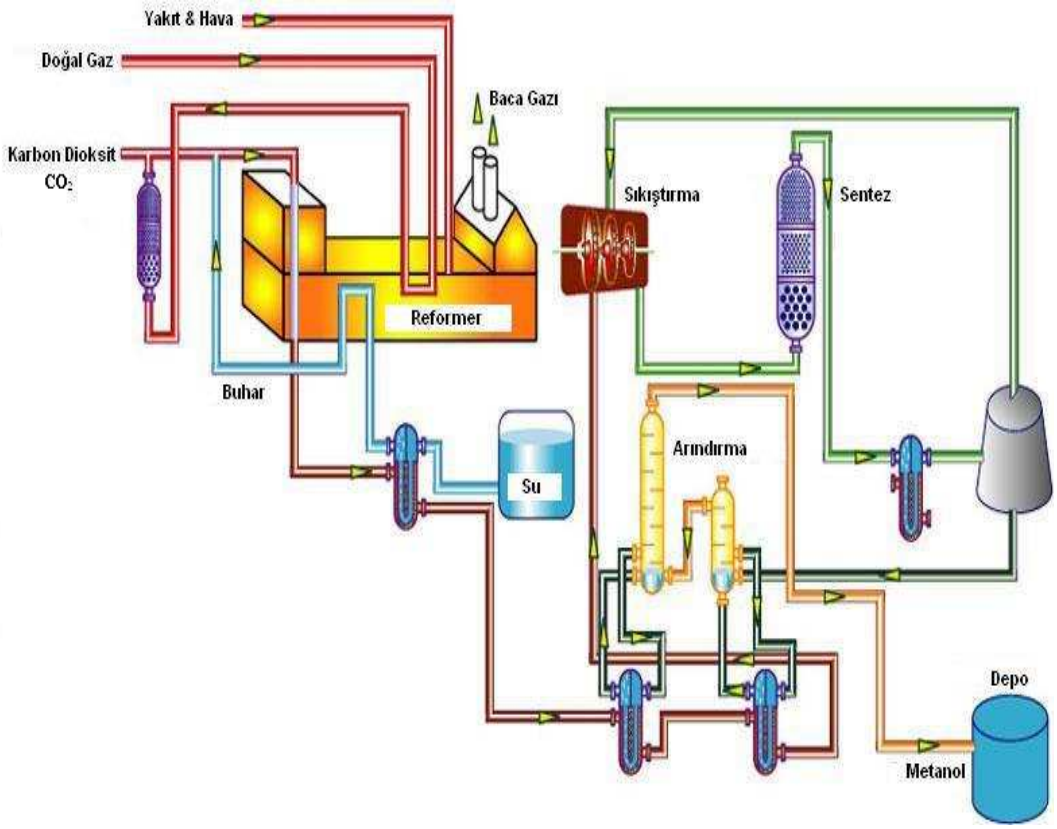
Metanol karbon monoksit (veya karbon dioksit) ve hidrojeni ayrıştırılmış herhangi bir maddeden üretilmektedir. Bu bakımdan, petrolden bağımsız kaynaklardan üretilebilir. Metanol üretimi için birincil hammadde doğal gaz, linyit, kömür ve ağaç, tarım malzemeleri, biyokütle, atık biyokütle ve tarımsal atıklar gibi yenilenebilir kaynaklardır. Metanol üretiminde, öncelikle hammadde gazlaştırılmasıyla sentez gaza ($CO + H_2$) dönüştürülür ve sonuçta CO ve H_2 katalitikle birleştirilerek katalizör vasıtasıyla Cu-Zn-Cr gibi metanol ürünleri çıkar (Bayraktar, 2007). ABD'de yılda 320 milyon ton zirai ve 120 milyon ton da ormansal atık madde ortaya çıkmaktadır. Eğer bu maddeler metanole çevrilebilmiş olsa idi ABD'nin ham petrol sarfiyatında % 30-35'lere varan bir azalmanın olacağı tahmin edilmektedir. Üç milyon nüfusa sahip olan bir şehirde oluşacak olan atık maddelerden bir günde 11000 varil metanol üretmek mümkün olabilmektedir. Aynı şehir için günlük tahmini motor yakıtı ihtiyacının 80000 varil olduğu varsayılır ise böyle bir yerleşim merkezinin toplam yakıt ihtiyacının yaklaşık %15'inin şehir artıklarından elde edilmesinin teknik açıdan mümkün olduğu görülür (Kulakoğlu, 2009).

Saf metanol 64.6 derecede kaynayan akışkan bir sıvı olup, parlak olmayan mavimsi bir alevle yanar. Bütün organik çözücülerde her oranda çözünür. Endüstride, karbonmonoksit ile hidrojenin reaksiyonundan elde edilir. Bu metodla saf metanol elde edilirse de sıcaklığının 30-40 °C yükselmesi halinde propanol ve izobutanol teşekkül edebilir. Fraksiyonlu destilasyonla sulu çözeltisinden % 99'luk bir saflıkta elde edilir. Susuz (mutlak) metanol elde etmek için Mg kullanılır:

$$2\ CH_3OH + Mg \rightarrow (CH_3O)_2Mg + H_2 \quad (1.1)$$

$$(CH_3O)_2Mg + H_2O \rightarrow 2C\ H_3OH + MgO \text{ (İlhan, 2007).} \quad (1.2)$$

Metanol üretimi için diğer bir yöntem de düşük basınçta sentez prosesi yaparak gerçekleştirilir. Üretim de, hidrojen saglamak için (% 96 metan) doğalgaz ve oksijen sağlamak için su olmak üzere iki ana hammadde kullanılır. Şekil 1.1' de metanol üretim prosesisine ait aşamalar görülmektedir. Bu hammaddeler ile bir dizi kimyasal reaksiyon zinciri sonunda arıtılmamış ham metanol üretilir ve metanol rafine edilerek % 99,9 oranında saflık saglanır.



Şekil 1.1. Metanol üretim prosesi

Arındırma adımı; iki ana ham bilesen 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 ısıl verimi düşürmekte ve sistem ekipmanları üzerinde hasar oluşmaktadır.

Reformasyon adımı ile metan gazı (CH_4) ve su buharı (H_2O) hidrojen (H_2), CO_2 ve CO'e dönüşmektedir.

$$CH_4 + H_2O \rightarrow CO + 3H_2 \quad (1.3)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (1.4)$$

Metanol reaksiyonunda çevrim boyunca % 5 oranında reaksiyona girmeyen inert gazlar oluşur.

$$CO + 2H_2O \rightarrow CH_3OH \quad (1.5)$$

$$CO + H_2O \rightarrow CO_2 + H_2 \quad (1.6)$$

$$CO + 3H_2 \rightarrow CH_3OH + H_2 \quad (1.7)$$

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 yada variller kullanılır (Kulakoğlu, 2009).

1.1.3. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri

Metanol, CH_3OH formülü ile gösterilen, berrak, süspansiyon halinde safsızlıklar içermeyen, su ile her oranda karışabilen sıvı bir organik bileşiktir. CAS (Chemical Abstract Service) Numarası 67-56-1 ve UN (United Nations) Numarası UN1230 olan metanol metil alkol, karbinol, odun ruhu, odun alkolü, metilol, proksilik alkol, metil hidroksit, monohidroksimetan gibi isimlerle de anılmakta olan bir alifatik alkoldür. Molekülde ağırlıkça karbon (C) yüzdesi % 37.49, hidrojen (H) yüzdesi % 12.58, oksijen (O) yüzdesi % 49.94'dür (Hazar ve ark., 2011). Bu sebeple depodaki doymuş buhar, çevre sıcaklıklarında patlayıcı olabilmektedir. Ağırlığının % 49.9'unu yakıcı özelliği bulunan oksijen oluşturur. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütlesel hava miktarı 6.44 kg'dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantaj olmakla beraber alt ısıl değerinin benzine göre 2.2 kat daha düşük olması bir dezavantajdır. 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 aşikardır (Öğüt ve Kuş, 1999). Oda sıcaklığı ve basıncında renksiz organik bir sıvı olan metanol, genel olarak metil alkol veya odun ispirtosu olarak bilinir. Çizelge 1.1'de metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri verilmektedir (Taymaz ve Benli, 2009).

Çizelge 1.1. Metanolün fiziksel ve kimyasal özellikleri

Metanol	
Kimyasal Denklemi	CH_3OH
C/H oranı	0,25
Moleküler kütle	32,04
Özgül kütle (sıvı) (kg/dm^3)	0,79
Hava/Yakıt (kütlesel)	0,79
Isıl değeri (Mj/litre)	15,9
Tutuşma sınırları (% hacim)	6-37
Laminar alev hızı (m/s)	0,52
Adyabatik alev sıcaklığı (^{o} C)	1878
Kaynama noktası (^{o} C)	65,1
Donma noktası (^{o} C)	- 97,6
Kendi kendine tutuşma sıcaklığı (^{o} C)	470
Oktan sayısı (ROS)	110
Oktan sayısı (MOS)	87

Metanol taşıtlarda çok küçük değişikliklerle kolaylıkla kullanılır. Yapılan ilk metanollü prototiplerde benzin motorları metanol yakabilecek şekilde değiştirilmektedir. Daha sonraları metanol yakıtı kullanabilecek yeni motorlar tasarlandı. Prototipler üzerinde yapılan araştırmalara göre, metanol yakıtlı taşıtların, gelişmiş teknolojiye sahip benzinli taşıtlara göre % 5-10 oranında daha fazla verime ve olağanüstü bir ivmelenme yeteneğine sahip olduğu görülmüştür (Kulakoğlu, 2009).

Metanol yüksek oktan sayısına sahip olmasına karşın çok düşük setan sayısına sahiptir. Bu sebeple dizel motorlarında kullanımında birtakım problemler vardır. Metanol yakıtı düşük setan sayısı, yüksek ateşleme sıcaklığı ve kendi kendine tutuşma direnci nedeni ile dizel motorlarında sıkıştırma sonuna doğru, silindir içerisindeki sıkıştırılmış hava içerisine püskürtülmesi ile başlayacak yanma sürecinde bazı problemler oluşturmaktadır. Bu tutuşma gecikmesinin uzaması ve vuruntu etkisinin ortaya çıkmasıdır. Fakat kendi kendine tutuşma direnci, Otto motorlarında sıkıştırma oranının arttırılmasına olanak sağladığından metanol Otto motorlarında rahatlıkla kullanılabilmektedir. Bu sebepten dolayı metanol dizel motorlarında ancak buji kullanılması durumunda veya dizel yakıtı ile belirli oranlarda karıştırılması durumunda kullanılabilir. Düşük setan sayısına sahip olan yakıtların dizel motorlarındaki yanmasını düzeltmek için birtakım çalışmalar yapılmaktadır (İlhan, 2007). Metanol düşük setan sayısı, yüksek gizli buharlaşma ısısı ve yüksek tutuşma sıcaklığından dolayı fakir ateşleme davranışına sahiptir bu nedenle uzun tutuşma gecikmesi oluşmaktadır (Bayraktar, 2007).

1.1.3. Metanolün dizel motoruna uyarlanması

Metanolün sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanılması 1980'lerde ve 1990'ların başlarında aktif olarak hızlanmıştır (Yao ve ark., 2008). Metanolün dizel motorlarında doğrudan kullanılmasını engelleyen en önemli unsur setan sayısının düşük olmasıdır. Bilindiği gibi metanolün setan sayısı CFR testine göre 3'tür. Normal benzin için bu değerin 14, motorin için ise 40-60 arasında olduğu göz önüne alınırsa saf metanolün dizel motoru yakıtı olarak kullanılmayacağı açıktır. Metanolün ateşleme sıcaklığının yüksek olması ve kendi kendine tutuşabilme problemi enjektörlerden yanma odasına püskürtülmesi esnasında TG'ye sebebiyet vereceğinden, dizel motorunda vuruntu meydana getirecektir. Bununla beraber dizel motorunda metanol kullanımı mümkün olmaktadır. Yapılan çalışmalar genellikle motorine metanol karıştırmak yönündedir. Aynı zamanda dizel motorlarına ateşleme bujisi ilavesiyle tutuşma gecikmesi problemini ortadan kaldırmak mümkün olmaktadır. Gerek ön yanma odalı ve gerekse de direk püskürtmeli dizel motorlarda metanol-motorin karışımları üzerinde yapılan çalışmalarda, ısıl verim ve motor gücünde artışlar, NO_x ve HC emisyonlarında ise % 50'lere varan düşüşler gözlenmiştir. Gaz yağı-metanol karışımları üzerinde yapılan çalışmalarda da motor performansında önemli artışlar, NO_x emisyonlarında ise önemli düşüşler görülmüştür (İlhan, 2007).

Metanolün dizel motorlarında uyarlanması esnasında, motorda konstürüktif bir değişikliğe gidilmemesi, tek bir enjektör kullanılması avantaj olmakla beraber, hem metanol ve hem de motorin için iki ayrı yakıt tankının gerekmesi yakıt sistemlerinin korozyona karşı korunması ihtiyacı dezavantajlar olarak ortaya çıkmaktadır (Kulakoğlu, 2009). Metanol dizel yakıt ile karşılaştırıldığında çok düşük viskozite sahip olduğundan hava ile atomize olarak karışabildiğinden kolaylıkla enjekte edilebilir. Bu durumda, yakıtın yağlayıcı etkisini geliştirmek için yağlayıcı katkı maddesi eklenmelidir (Bayraktar, 2007).

1.1.4. Alkol kullanımının yaygınlaşmasını engelleyen temel faktörler

Dünya petrol üretiminin henüz talebi karşılayamayacak düzeye çıkmamış olmasının yanı sıra alkollerin birim kütlesinin ısı değerinin düşük, dolayısıyla birim kütle başına maliyetinin benzine göre yüksek olmasıdır. Alkollerin motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılmasının avantaj ve dezavantajlarını aşağıdaki gibi sıralamak mümkündür. Alkollerin avantajları:

1) Alkoller ham petrolden elde edilen yakıtların yerine geçebilirler,

2) Ham petrol yataklarına sahip olmayan ülkeler enerji ihtiyaçlarını petrole bağımlı olmadan karşılayabilirler,

3) Alkol üretimi (özellikle etil alkol), zirai imkanları geniş olan ülkelerin çiftçileri için iyi bir gelir kaynağı oluşturabilir,

4) Alkoller oktan sayısı 90-100 olan benzin ile karıştırıldığında, 110 gibi yüksek oktan sayısına sahiptir ki; bu durumda motorlarda yüksek sıkıştırma oranlarına çıkılarak, motor performansı arttırılabilir. Başka bir deyişle daha küçük hacime sahip motorlardan daha büyük güçler alınabilir,

5) Yakıt olarak saf metanol kullanılan bir motorun performansında aynı motorun benzinle çalıştırmasına göre %10 daha fazla güç artışı görülmüştür,

6) Alkoller benzinlere göre daha fakir karışımlarda çalışabilirler,

7) Alkoller benzinle karıştırıldığında karışımın oktan sayısını arttırıcı etki gösterirler. %10 metanol, %90 benzin karışımının oktan sayısı 95'dir.

Alkollerin dezavantajları:

1) Alkoller özelliklerinden dolayı, benzinden alkole dönüştürülmüş olan yakıt sisteminin filtrelerinde tıkanmaya sebebiyet verebilirler,

2) Eğer alkol - benzin karışımları içerisine az miktarda da olsa su karışmış ise, durumunda özellikle soğuk havalarda faz ayrışması oluşur. Faz ayrışması daha çok metanollü karışımlarda ortaya çıkar,

3) Bazı benzin yakıt sistemi parçaları alkole uyumlu değildir. Özellikle kalay-kurşun alaşımı ile kaplı tanklarda bu durum öne çıkar. Küçük miktardaki etanol-benzin karışımları için önemli olmakla beraber saf metanol yakıt sistemleri önemli hasarlara neden olur,

4) İlk hareket zorluğu olabilmekte bunu önlemek için, Alkoller uçucu maddeler ile karıştırılırlar. Yardımcı çalıştırma yakıtları kullanılır (eter, benzin, hidrojen vs.),

5) Elektrikli yakıt buharlaştırıcılar kullanılır,

6) Karbüratörden daha etkin olarak yakıtı buharlaştıracak püskürtme sistemi kullanılır,

7) Alkollerin yüksek gizli buharlaşmalarından dolayı aracın trafikteki seyri esnasında oluşacak güç düşmesi problemleri önlemek için emme manifoldu ısısını devamlı yüksek tutmak gerekmektedir,

8) Alkoller atmosferden nem kapma özelliğine sahiptirler. Bu nedenle alkol yakıt tanklarındaki yakıt filtreleri yenilenmelidir. Yakıt tankı ve karbüratörün atmosfere açık olmasının oluşturacağı alkolün nemlenmesi probleminin önüne geçilmelidir,

9) Eğer alkoller benzin yerini alacak olursa, yeni alkol üretim ve dağıtım istasyonları çok büyük mali sıkıntılara sebebiyet verecektir,

10) Alkollerin nem tutma özellikleri dolayısıyla taşımaları ve dağıtımı esnasında dikkat gerekmektedir (Öğüt ve Kuş, 1999).

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Dizel-metanol karışımlı yakıtlarda faz ayrışması önlemek için katkı maddesi ve yakıtların kendi kendine tutuşabilme kabiliyetini etkileyen setan sayısını arttırmak için setan iyileştirici ilave ederek sıkıştırma ateşlemeli motorlarda kullanılması ile ilgili olarak yapılan bilimsel çalışmalar çoğunlukla alternatif yakıtlar, metanol içeriğine, püskürtme avansına, enjektör basıncına ve dizel-metanol karışıma katılan düzenleyici kimyasallara göre yapılmıştır.

Ciniviz ve ark. (2011) dört silindirli turbo şarjlı direkt enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel yakıtı ve belirli oranlardaki dizel-metanol karışımlı yakıtlar kullanılanarak motorun performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini araştırmışlardır. Deneyler tam motor yükünde 1000 dev/dak ile 2700 dev/dak arasında değişen hızlarda yapmıştırlar. Deneyler de dizel yakıtına % 5, % 10 ve % 15 metanol ilave edilerek elde edilen karışımlı yakıtlar kullanılarak çıkan sonuçlarla standart değerleri karşılaştırılarak yorumlamıştırlar. Deneylerde dizel yakıtına göre metanol miktarının artışıyla birlikte motor performans parametrelerinde fren termik veriminin azaldığını ve özgül yakıt tüketiminin arttığını, egzoz emisyonlarında ise hidrokarbonların ve karbon monoksitlerin azaldığını, azot oksitlerin arttığını belirtmişlerdir.

Yılmaz (2011), yaptığı çalışma da 2 silindirli 4 zamanlı direkt enjeksiyonlu dizel motorunda dizel, biyodizel ve % 85 biyodizel ile % 15 alkol (etanol, metanol) karışımlı yakıtlar kullanarak motorun performans ve emisyonları üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle araştırmıştır. Deneyler sonucunda alkollü yakıtların ısıtılmış emme havası ile yakıldığı zaman yakıt tüketimini, CO ve HC emisyonlarını azalttığını belirtmiştir. Motor tam yükte yeterli ısı enerjisi sağladığından biyodizel-alkol karışımları buharlaştırma arasında belirgin bir fark olmadığını söylemiştir. Egzoz gazı sıcaklığı da ısıtılmış hava sıcaklığına bağlı olarak artmıştır. Emme havası ısıtmak HC, CO emisyonlarını azaldığını, fakat NO emisyonlarını yüksek sıcaklıktan dolayı arttığını söylemektedir. Hava sıcaklığının motor performansını ve emisyonları etkilediğinden ortam sıcaklığını bilmek gerektiğini söylemektedir.

Türkcan ve Çanakçı (2011) tarafından IDI dizel motorunda dizel yakıtı, metanol-dizel ve etanol-dizel karışımlı yakıtlar kullanarak farklı enjeksiyon zamanlamalarında motorun yanma karekteristiklerine etkisini araştırmışlardır. Deneyler de dizel yakıtına % 5, % 10 oranında metanol ilave edilmesiyle M5, M10 ve % 5, % 10 oranında etanol ilave edilmesiyle E5, E10 olarak elde edilen dört farklı alkol yakıt karışımları ve dizel

yakıtı kullanılarak motorun standart püskürtme avansı olan 20° değeri ile standart püskürtme basıncı 15°, 25° olarak değiştirerek toplam yanma süresi, tutuşma gecikmesini ve maksimum basınç artış oranını karşılaştırmıştırlar. Avans açısının artırılmasıyla beş farklı yakıtta elde edilen sonuçlarda maksimum silindir basıncı ve maksimum ısı yayılım oranı artmıştır. Deneyler de E10, M10 yakıtlarının standart püskürtme avansında ve 15° alınmış püskürtme avansında yakılması sırasında ki değerler ile dizel yakıtının 25° alınmış püskürtme avans değerlerini gözlemlemiştirler. Test yakıtlarının yanma özellikleri incelediğinde püskürtme avansının artırılması tutuşma gecikmesinin, toplam yanma süresinin ve maksimum basınç artış oranın arttığını belirtmiştirler.

Dört silindirli, dört zamanlı dizel motorunda dizel yakıtına belirli oranlar da metanol ilave edilmesiyle motor gücü, torku, termik verimi, özgül yakıt tüketimi ve egzoz sıcaklığınına etkisini Ingle ve ark. (2011) tarafından incelenmiştir. Bu çalışma da dizel yakıtına sırasıyla % 10, % 20 ve % 30 metanol ilave edilerek motor da kullanılmıştırlar. Deney sonuçlarına göre dizel yakıtının kullanılmasıyla elde edilen değerler, karışımlı yakıtlar ile elde edilen değerlerle karşılaştırıldığında motor gücü ve torkunun standart değerlerden düşük olduğunu belirtmişlerdir. Egzoz gazı sıcaklığının en düşük olduğu yakıt % 90 dizel ile % 10 metanol karışımının olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte karışımlı yakıtların egzoz sıcaklığının da dizel yakıtına göre daha düşük çıktığını tespit etmişlerdir. Özgül yakıt tüketiminin karışımlı yakıtlar içerisinde en düşük değeri % 70 dizel ve % 30 metanol karışımlı yakıt olduğu ve dizel yakıtla kıyaslandığında da her üç karışımlı yakıt için de özgül yakıt tüketiminin arttığını belirtmişlerdir.

Zhu R. ve ark. (2011) yaptıkları çalışma da dört silindirli direkt enjeksiyonlu doğal emişli dizel motorunda Euro V dizel yakıtı ve Euro V dizel yakıtına farklı oranlarda (% 8, % 16, % 25 ve % 34) dietil adipat ilave edilerek elde edilen DEA8, DEA16, DEA25 ve DEA34 karışımlı yakıtlar kullanılarak motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle incelemiştirler. Deneylerde Euro V dizel yakıtı ile farklı oranlardaki karışımlı yakıtlar ile elde edilen sonuçları karşılaştırmıştırlar. Deneyler de beş farklı motor yükünde 1800 dev/dak'lık sabit motor hızında yapmıştırlar. Deney sonuçlarına göre Euro V dizel yakıtı farklı oranlardaki karışımlı yakıtlar ile karşılaştırıldığında özgül yakıt tüketimi ve fren termik veriminde arttığını belirtmişlerdir. Egzoz emisyonların da ise hidrokarbon ve karbon monoksit

emisyonlarında arttığını, fakat partikül madde emisyonlarının azalttığını ve NO_x emisyonlarının ise tam yük haricinde azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Erkal (2010), yaptığı çalışmasında doğal emişli turbo şarjlı dört silindirli direkt enjeksiyonlu dizel motorunda farklı oranlardaki standart dizel yakıtı ile farklı oranlardaki dizel-etanol karışımlarını kullanarak motorun performans ve egzoz emisyon parametrelerini incelemiştir. Deneylerde dizel-etanol karışımlı yakıtların kullanılmasıyla elde edilen motor gücünün standart dizel yakıtı ile elde edilen sonuçlara göre düştüğünü tespit etmiştir. Karışımlı yakıtlarla özgül yakıt tüketiminin arttığı, fren termik veriminin azaldığı ve NO_x, CO emisyonlarının etanol oksijen içeriğiyle beraber setan sayısını düşürdüğünden dolayı arttığını belirtmiştir. Etanolün yüksek buharlaşma gizli ısısından dolayı da yanmamış gazların dizel yakıta kıyasla arttığını belirtmektedir.

Özdemir (2011), tarafından tek silindirli hava soğutmalı direkt püskürtmeli dizel motorunda dizel yakıtı ile dizel yakıtı-biyodizel ve dizel yakıtı-biyodizel-etanol karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneylerde dizel yakıtı içerisindeki biyodizel ve etanol oranın artmasıyla motor torku ve motor gücünde azalma olduğunu belirtmiştir. Sonuçlara göre karışımlar içerisinde en yüksek motor gücü % 85 dizel yakıtı + % 10 biyodizel + 5 etanol karışımlı yakıt olduğunu göstermişlerdir. Karışımlı yakıtlar içerisinde biyodizel miktarının artmasıyla özgül yakıt tüketiminin arttığını belirtmiştir. Karışımlı yakıtlarla elde edilen egzoz emisyon sonuçlarına göre CO, HC emisyonlarını azalttığını ve NO_x emisyonunun arttığını belirtmiştir.

Doğal emişli dizel motorunda Euro IV dizel, saf biyodizel ve biyodizel etanol, metanol karışımlı yakıtlar kullanılarak motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisi deneysel yöntemlerle Lei ve ark. (2010) tarafından araştırılmıştır. Sonuçlara göre 1800 dev/dak'daki sabit hızda beş motor yükünde yapılmıştır. Deneylere genel olarak bakıldığında euro 5 dizel yakıtı, saf biyodizel ve % 5, % 10 ve % 15 oranındaki biyodizel-etanol-metanol karışımları karşılaştırıldığında NO_x ve partikül madde emisyonlarının azalmaya neden olduğunu belirtmişlerdir. Karışımlardaki alkol oranı arttıkça HC ve CO emisyonları artabileceğini ve fren termik verimininde düştüğünü tespit etmişlerdir. Fakat % 5 oranındaki alkol karışımlarında HC ve CO emisyonlarının azaltabileceğini göstermişlerdir. Deneyler sırasında DOC kullanılması ile de HC ve CO emisyonlarının azaltılabileceğini ifade etmişlerdir.

Qi D.H. ve ark. (2009) tarafından direkt enjeksiyonlu dizel motorunda % 50 oranındaki dizel ve % 50 oranında biyodizel karıştırılarak dizel-biyodizel karışımlı

(BD50) yakıta % 5, % 10 oranında (BDM5 ve BDM10) metanol ilave edilmesiyle metanolün motor performansına emisyonlara etkisini deneysel olarak araştırmışlardır. Deneylerde ilk önce BD50 yakıtı kullanılarak elden edilen değerlerle BDM5 ve BDM10 yakıtlarının değerleri ile karşılaştırılmıştır. Düşük devirlerde BD50 yakıtıyla yanma erken meydana gelirken, BDM5 ve BDM10 yakıtlarında ise geç yanma oluşmaktadır, yüksek devirlerde ise herhangi bir fark olmadığı görülmektedir. BD50 yakıtının motorun çıkış gücü ve torku BDM5, BDM10 yakıtlarından yüksek çıktığını belirtmişlerdir. CO emisyonlarının azaldığı, fakat HC ve NO_x emisyonlarının neredeyse aynı olduğunu tespit etmişlerdir.

Najafi G. ve Yusaf T. F. (2009) tarafından dört zamanlı dört silindirli dizel motorunda dizel yakıtı ve dizel-metanol karışımlı yakıtlar kullanarak motor performansı ve emisyonlar üzerindeki etkisini deneysel olarak araştırmıştırlar. Bu çalışmada sırasıyla % 10, % 20 ve % 30 oranında metanol sırasıyla % 90, % 80 ve % 70 dizel yakıtıyla karıştırılarak oluşturulan karışımlı yakıtlar dizel motorunda kullanılmasıyla elde edilen değerler ile % 100 dizel yakıtıyla elde edilen değerler karşılaştırılmaktadır. Sonuç olarak % 100 dizel yakıtı ile elde edilen motorun çıkış gücü ve torku karışımlı yakıtlardan düşük olduğu belirtmişlerdir. Özgül yakıt tüketiminin karışımlı yakıtlarla elde edilen değerleri saf dizel yakıtla kıyaslandığından arttığı ve % 30 metanol- % 70 dizel karışımında daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Bunun sebebinin karışımlı yakıtların yoğunluğunun saf dizele göre düşük olmasından kaynaklandığı belirtmişlerdir. Standart dizel yakıtı ile karışımlı yakıtların egzoz gazı sıcaklığı karşılaştırıldığında daha düşük olduğunu ve bunun sonucunda NO_x emisyonlarının azaldığını belirtmişlerdir.

Çanakçı ve ark. (2009), tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu, doğal emişli dizel motorunda dizel yakıtına % 5 ve % 10 metanol ilave edilerek yanma sırasında oluşan püskürtme basıncı, egzoz emisyon değerleri ve motor performansı üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Motorun ideal püskürtme basıncı 200 bar olup testler üç farklı basınçta (180, 200 ve 220 bar) ve dört farklı yükte (5, 10, 15 ve 20) 2200 dev/dak'da sabit motor hızında yapmışlardır. Sonuç olarak fren ısıl verimi, ısı açığa çıkma hızı, pik silindir basıncı, özgül yakıt tüketimi, is miktarı, karbonmonoksit ve yanmamış hidrokarbon emisyonları azaltığını tespit etmişlerdir. Özgül enerji tüketiminin, yanma veriminin, NO_x ve CO_2 emisyonları arttığını gözlemlemiştirler.

Kulakoğlu (2009), dizel motorunda püskürtme basıncını değiştirerek dizel-metanol karışımlı yakıt kullanılarak motorun emisyon değerleri ve performansı

üzerindeki etkileri dizel yakıt ile elde edilen emisyon ve performans değerleriyle karşılaştırılması deneysel olarak araştırmıştır. Deneyler, püskürtme basıncı azaltılıp artırılmasıyla elde edilen üç farklı püskürtme basıncı (180, 200 ve 220 bar), sabit motor devri (2200 dev/dak) ve dört farklı motor yükünde (5, 10, 15 ve 20 Nm) gerçekleştirilmiştir. % 5, 10 ve 15 oranındaki metanol-dizel yakıt karışımları kullanılmıştır. Deney sonuçlarına göre standart püskürtme basıncı değeri için karışım içerisindeki metanol miktarının artması ile özgül yakıt tüketimi ve NO_x emisyonlarında artma, efektif verim, CO, HC ve is emisyonlarında ise azalma tespit etmiştir. Püskürtme basıncının artırılması ya da azaltılması, efektif verim de azalma olduğunu belirtmişdir. Püskürtme basıncının artırılması ile NO_x emisyonlarında artma CO, HC ve is emisyonlarında azalma olduğunu tespit etmiştir.

Sayın (2009), yaptığı çalışma da tek silindirli, dört zamanlı, direkt enjeksiyonlu doğal emişli motor kullanılarak metanol ve etanol-dizel karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisini deneysel sonuçlarla incelemiştir. Motor 30 Nm torkunda 1000-1800 dev/dak'da değişen motor hızlarında çalıştırılmıştır. Sonuç olarak özgül yakıt tüketim ve NO_x emisyonları artarken fren ısıl verimini, duman koyuluğunu, CO ve yanmamış hidrokarbon miktarının azaldığını tespit etmiştir.

Sayın ve ark. (2009a), yaptıkları çalışma da (DI) dizel motorunda metanol dizel karışımlı yakıt kullanılarak motorun çalışma karakteristikleri performans ve emisyonlar üzerindeki etkilerini püskürtme basıncı ve avansına bağlı olarak deneysel olarak incelemişlerdir. Metanol dizel yakıtı ile % 5, % 10 ve % 15 hacimsel oranlarında karıştırılarak kullanılmıştır. Deneyler 2200 dev/dak motor hızı ve 20 Nm motor yükünde üç farklı püskürtme basıncında (180, 200 ve 220 bar) yapılmışlardır. Sonuçta özgül yakıt tüketimi ve azot oksit emisyonu artarken fren termik verimi, duman koyuluğu, karbonmonoksit ve yanmamış hidrokarbon emisyonlarının azaldığını belirtmişlerdir.

Sayın ve ark. (2009b), dizel motorda dizel-metanol karışımı kullanılarak egzoz emisyonları ve püskürtme zamanlaması üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Tek silindirli, dört zamanlı doğal emişli dizel motoru kullanılarak püskürtme zamanlaması ve emisyon değerleri ölçmüşlerdir. Deneyde dizel yakıtına % 5 ile % 15 arasında methanol ilave edilerek, motorun üç farklı enjeksiyon zamanlaması ve dört farklı yükte 2200 dev/dak hızındaki sonuçlarını incelemiştirler. Duman koyuluğunun, NO_x ve CO_2 emisyonlarının arttığı fakat CO ve yanmamış hidrokarbon miktarı azaldığını tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2009a) yaptıkları çalışma da dizel motorunda dizel-metanol karışımlı yakıt kullanılarak oksidasyon katalizörü olmadan çift yakıtlı çalışma şeklinin emisyonlar üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle incelenmişlerdir. Deney 4 silindirli doğal emişli direkt enjeksiyonlu dizel motorunda yapılmıştır. Japon 13 modlu test döngüsüne bağlı olarak partikül madde ve NO_x emisyonun azalttığını belirtmişlerdir.

Zhang ve ark. (2009b), dizel motorunda Euro V dizel yakıtlı metanol fümigasyonuyla kontrol edilebilen ve kontrol edilemeyen emisyonları deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Deneyler direkt enjeksiyonlu dizel motorunda her silindirin emme havası girişine metanol fümigasyonla enjekte edecek şekilde ayarlamıştırlar. Motor çalışma koşullarına göre metanol fümigasyonu % 10, % 20 ve % 30 olarak yapılarak emsiyon değerlerini incelemiştirler. Bu çalışmada düşük motor yüklerinde termal fren veriminde düşüş olduğunu ve tam yükte hiçbir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Deney sonuçlarına göre HC, CO ve NO_2 emisyonlarında artışına neden olabileceğini, fakat NO_x emisyonlarında azaltma etkisi olduğunu tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark. (2009c) tarafından dizel motorunda oksidasyon katalizörü, dizel yakıtı ve metanol fügimasyonlu karışımı kullanılarak emisyonların azaltılması deneysel yöntemlerle incelemiştirler. Deneyler 4 silindirli doğal emişli direkt enjeksiyonlu motorda 1800 dev/dak'da beş motor yükünde yapmıştırlar. Deney sonuçlarına göre düşük yüklerde fren termik veriminin azaldığını ve tam yüklerde metanol fümigasyonu yapılmasıyla termik verimi arttıdığı belirtmişlerdir. HC, CO, NO_x emisyonlarında azalma olduğunu tespit etmişlerdir.

Dört silindirli direkt enjeksiyonlu sıkıştırma ateşlemeli motorda % 100 dizelle, dört farklı oranda karıştırılmış dizel-isobutanol (% 5, % 10, % 15 ve % 20 isobutanol) karışımlı yakıtlar kullanılarak motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisini Karabektaş ve Hoşoz (2009) tarafından deneysel olarak incelenmiştir. Deneyler tam motor yükünde 1200 dev/dak'dan başlayarak 200 dev/dak'lık artışlarla 2800 dev/dak arasındaki devirlerdeki motorun performansı ve egzoz emisyon değerleri ile standart dizelle ölçülen değerler karşılaştırmışlardır. Deneylerde % 10 oranındaki isobutanol karışımının fren gücünü azalttığını, % 15 ve % 20 oranındaki karışımlarda ise önemli bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Dizel yakıtının verilerine göre özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtı içerisindeki isobutanol miktarıyla artmasıyla doğru orantılı olarak arttığını belirtmişlerdir. Karışımlı yakıtlardaki CO ve NO_x emisyonlarını azalttığını, fakat HC emisyonlarında arttığını tespit etmişlerdir.

Çanakçı ve ark. (2008), direkt enjeksiyonlu tek silindirli dizel motorunda % 5 ve % 15 arasında metanol-dizel karışımlı yakıt kullanılarak farklı enjeksiyon zamanlamasını deneysel olarak incelenmişlerdir. Deneyler 2200 dev/dak sabit motor hızında üç farklı enjeksiyon zamanlaması ve dört farklı yükte gerçekleştirmişlerdir. Bu karışımlı yakıtların yanması sonucunda elde edilen motor karakteristikleri ve püskürtme zamanlaması dizel yakıtlı çalışma sırasındaki değerler ile karşılaştırmışlardır. NO_x ve CO_2 emisyonları azalırken, yanma verimliliğinin arttığını belirtmişlerdir.

Yao ve ark. (2008) tarafından dizel-metanol karışımlarının oksidasyon katalitik dönüştürücü olmadan doğal emişli dizel motorunda yanması (DMCC) deneysel olarak incelemişlerdir. Sıkıştırma ateşlemeli motorda hava/metanol karışımlarının dizel yakıtı ile tutuşması ve dizel yakıtı ile difüzyon yanması araştırmışlardır. Deneyler dört silindirli sıkıştırma ateşlemeli dizel motorunda yapmışlardır. Bu deneyde elde edilen emisyon değerleri dizel yakıtla çalışma sırasında elde edilen değerler ile karşılaştırmışlardır. Sonuç olarak is ve NO_x emisyon değerlerinin azaldığı ve dizel yakıtla çalışması sırasında ortaya çıkan HC ve CO emisyonlarının arttığını belirtilmişlerdir.

Shen ve ark. (2008), çalışmalarında direkt enjeksiyon motorda metanollü yakıt kullanılarak yanma sürecindeki silindir içi basıncının belirlenmesini araştırmışlardır. İçten yanmalı motorlarda metanollü yakıtın yanma süresine olan etkisinden dolayı pik basıncı ve basınç artışı sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel yakıtlı çalışmasındaki değerleriyle karşılaştırmışlardır. Bu çalışmada motor döngüsünün termodinamikteki iç basınç değişimi ve ısı artışını ifade etmiştirler.

Cheng ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada dizel motoruna metanol fümigasyonuyla partikül madde ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisi deneysel olarak incelemiştirler. Deney 4 silindirli, direkt enjeksiyonlu dizel motorunda yapılmıştır. Metanolün her silindirin hava girişine enjekte edilerek fümigasyon olması sağlanmıştır. Farklı motor çalışmalarındaki hacimsel olarak % 10, % 20 ve % 30 metanol oranı enjekte edilerek motor çıkış gücü belirlemişlerdir. Sonuç olarak tam yükte 0.67 MPa basınçta fren termik veriminin methanolün fümigasyon artışıyla arttığı belirtmektedirler.

Bayraktar 2007, çalışmasında sıkıştırma ateşlemeli (CI) motorda farklı oranlardaki metanol içeren dizel-methanol-dodecanol karışımlı yakıtların motor performansı karakteristiklerine etkilerini deneysel yöntemlerle incelemiştir. Dizel yakıta % 2.5 - % 15 arasında methanol ve faz ayrışmasını önlemek için % 1 - % 2.5 arasında dodecanol ilave edilerek elde edilen karışım ile tek silindirli, su soğutmalı CI motorunda

deneyler yapılmıştır. Motorun farklı sıkıştırma oranlarındaki (19, 21, 23 ve 25) ve motor devrinin farklı sıkıştırma oranlarındaki çalışması 1000-1600 dev/dak arasında değiştirilmiştir. Özgül yakıt tüketimi, tork, güç ve efektif verim gibi motor karakteristikleri hesaplanmıştır. Bu farklı karışımlardaki % 10 methanol (DM 10) karışımlı yakıt motor performansı bakımından CI motoruna uygun olduğu sonucuna varmıştır. Dizel-metanol karışımları kullanarak özgül yakıt tüketimi azalmaktadır ve motor efektif verimini artırmaktadır. DM10 karışımı ile özgül yakıt tüketimi ve motor efektif veriminde yaklaşık % 7 oranında iyileşme elde etmiştir.

İlhan (2007), dizel motorunun püskürtme avansını azaltıp artırarak ve dizel-metanol karışımlı yakıt kullanarak motor emisyon değerleri ve performansı üzerindeki etkilerini deneysel olarak incelemiştir. % 5, % 10 ve % 15 oranlarda metanol ilave edilerek hazırlanan dizel-metanol karışımlı yakıt tek silindirli, dört zamanlı, direkt püskürtmeli dizel motorunda sabit devirde (2200 dev/dak), değişken motor yüklerinde (5-10-15-20 Nm), farklı avans değerlerinde (15°-20°-25°) test etmiştir. Sonuçlar standart dizel yakıt çalışması ile ortaya çıkan değerler ile karşılaştırılmıştır. Motor yükü, püskürtme avansı ve karışım içerisindeki metanol miktarının arttıkça özgül yakıt tüketimi ve NO_x emisyonu arttığını, HC ve CO emisyonlarının azaldığını belirtmektedir.

Uslu (2006), direkt enjeksiyonlu tek silindirli su soğutmalı dizel motorunda standart püskürtme avansını değiştirerek, dizel yakıtı ve dizel-etanol karışımlı yakıtlar kullanarak motor performansı ve egzoz emisyonlarına olan etkisini deneysel olarak incelemiştir. Deneyler iki farklı sabit motor yükünde (15 Nm ve 30 Nm) 1000 dev/dak ile 1800 dev/dak arasında değişen motor hızlarında ve beş farklı püskürtme avansında yapmıştır. Deneylerde elde ettiği sonuçlara göre her bir avans değeri için karışım içerisindeki etanol oranı arttıkça NO_x emisyonunun arttığını, HC ve CO emisyonlarının azalttığını belirtmiştir. Püskürtme avansının değiştirilmesiyle özgül yakıt tüketiminin artma olduğunu belirtmektedir.

Ren ve ark. (2005) çalışmalarında sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel-dimetoksi metan karışımlı yakıt kullanılarak yakıt püskürtme ve avans açısına göre yanmanın özelliklerinin belirlenmesini deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Deney sonuçlarına göre tutuşma gecikmesine bağlı olarak yakıt püskürtme açısı artırılınca, motorun hem dizel yakıtlı çalışmasında hem de dizel-dimetoksi karışımlı yakıt kullanıldığında, NO_x emisyonunun azaldığını, toplam yanma süresinin uzadığını ve maksimum silindir basıncın arttığını belirtmişlerdir.

Huang ve ark. (2004) sıkıştırma ateşlemeli motorda dizel/metanol karışımlı yakıt kullanarak yanmanın özellikleri ve avans açısına bağlı yakıt dağıtımındaki etkisini incelemişlerdir. Sıkıştırma ateşlemeli motorun silindir basıncı sabitlenerek metanol/dizel karışımına göre temel yanma prensibinin analizi yapmışlardır. Bu deneyler düşük motor yükü veya yüksek motor hızlarında metanol dizel karışımlı yakıtının püskürtme avans açısına göre yakıt dağıtımı ve tutuşma gecikmesi incelemişlerdir.

Can ve ark. (2004) tarafından direkt enjeksiyonlu turbo şarjlı dizel motorunda dizel-etanol karışımlı yakıtlara faz ayrışmasını önlemek için katkı maddesin ilave ederek kullanılmasıyla motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisini deneysel yöntemle araştırmıştırlar. Bu çalışmada dört silindirli dizel motorunda kullanılacak olan dizel yakıtı sırasıyla % 10, % 15 etanolle karıştırılmış ve yakıt karışımlarının homojenliğini, faz ayrışmasını önlemek için % 1 oranında isopropanol eklenmiştir. Bu deneyler tam yükte motorun püskürtme basıncı 150, 200 ve 250 bar olarak değiştirilerek motor performansı ve egzoz emisyonlarını incelemiştirler. Dizel yakıtı kullanılarak ölçülen standart değerler ile karşılaştırmışlardır. Deneyler sırasında püskürtme basıncının azaltılması ile özellikle 1500 dev/dak-2500 dev/dak arasında CO, NO_x ve duman emisyonlarının arttığını ve motor gücünde azalma olduğunu belirtmişlerdir. Deneyler sırasında dizel yakıtına % 10 etanol ve % 15 etanol eklenmesiyle oluşturulan karışımlı yakıtların CO, SO_2 ve duman emisyonlarını azalttığını, yaklaşık % 12,5 ve % 20 oranında NO_x emisyonunu arttığını tespit etmişlerdir. Deneyler sırasında enjektör pompasının etanolün düşük viskozite sahip olduğundan pompanın yağlanması gerektiğini ifade etmişlerdir.

Lü ve ark. (2004), etanol-dizel karışımlarına % 2 oranında setan arttırıcı ilave edilmiş, dizel-etanol karışımlı yakıtı dört silindirli direkt enjeksiyonlu dizel motorunda kullanarak motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle incelemişlerdir. Sonuç olarak tam yükte % 15 metanol, % 83 dizel yakıtına % 2 oranında setan arttırıcı ilave edilmesiyle özgül yakıt tüketiminin dizel yakıtıyla elde edilen değerlerle aynı oranda azaldığını ve termal verimi de iyileştirdiğini tespit etmişlerdir. Emisyonlar üzerinde ise CO, HC, NOx ve is emisyonlarında azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca düşük yüklerde ise CO emisyonlarının arttığını belirtmişlerdir. Dizel yakıtı ile kıyaslandığında tutuşma gecikmesinin uzadığını ve toplam yanma süresinin kısaltığını ifade etmişlerdir.

Sıkıştırma ateşlemeli motorda metanol ve jatropha yağı kullanılarak çift yakıtlı çalışma ve sonuçları deneysel yöntemlerle Senthil Kumar ve ark. (2003) tarafından incelenmiştir. Deneyler tek silindirli, direkt enjeksiyonlu dizel motorunda farklı aralıktaki güç çıkışları ve 1500 dev/dak sabit motor hızında yapmışlardır. Deney yakıtı olarak jatropha yağı ile metanol % 70 ve % 30 olarak transesterifikasyon yoluyla karıştırmışlardır. Sonuç olarak dizel yakıtına göre Jatropha yağı ile NO_x emisyonunun azaldığını, metanol karışımıyla da bu azalmanın daha büyük değerlerde olduğu belirtmişlerdir. Fren termik veriminin dizel yakıtının % 30.2, jatropha yağının % 27.4 ve jatropha yağı metil ester karışımının ise % 29 olduğundan kıyaslandığında jatropha yağı metil ester karışımlı yakıtların olumlu etkisi olduğunu tespit etmişlerdir. Tutuşma gecikmesi süresi artmakta, difüzyonlu yanma daha uzun ve pik basıncı yüksek olmaktadır. Dizel, jatropha yağı ve çift yakıtlı çalışmada HC emisyon değerleri sırasıyla 100 ppm, 130 ppm ve 110 ppm olmaktadır.

Bang-Quan ve ark. (2003), çalışmasında direkt enjeksiyonlu dört silindirli dizel motorunda dizel-etanol karışımlı yakıtlara setan iyileştirici ilave ederek saf dizel, dizel-etanol karışımlı yakıt ve dizel-etanol karışımına setan iyileştirici ilaveli yakıtlar kullanılmasıyla motorun performansı ve emisyonları üzerindeki etkisi deneysel yöntemlerle araştırmışlardır. Bu çalışma da standart dizel yakıtı, dizel yakıtına % 10 ve % 30 oranında etanol karıştırılmış ve motorda yakılmasıyla elde edilen sonuçlarla, bu karışımlara % 2 oranında isooctyl nitrate setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen sonuçlar karşılaştırmışlardır. Etanolün saf dizel yakıtına karıştırılması ile birlikte setan sayısının düşürdüğünden dolayı duman, NO_x, CO ve CO_2 emisyonlarını arttırdığını, fakat setan iyileştirici ilave edilmiş yakıtlar ile düşük yüklerde bile HC, duman ve CO emisyonlarını azalttığını belirtmektedirler.

İçingür ve Altıparmak (2003), dizel motorunda farklı setan sayılı yakıtlar ile püskürtme basıncı değiştirilerek motorun performans ve emisyonlar üzerindeki etkisini deneysel yöntemlerle araştırmışlardır. Bu çalışma da DI dizel motorunda 46, 51, 54.5 ve 61.5 CN değerindeki yakıtlarla dört döngüde deneyler yapılmışlardır. Deneyler sırasında püskürtme basıncı 100, 150, 200 ve 250 bar olarak yapmışlardır. 150 bar püskürtme basıncı ve diğer değerler de sabit tutularak farklı setan sayılı yakıtlarla tam yükte motor performansına olan etkisi ölçülmüşlerdir. Standart enjeksiyon basıncında yani 150 bar için NO_x emisyonunu CN sayısını 46'dan 61'e yükseltildiğinde % 10 azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Buna göre CN sayısının artması yanma süresini artırdığını ve NO_x emisyonlarını azalttığı görülmektedir. NO_x emisyonun tersine bazı

devirlerde CO ve duman emisyonunu arttığı söylemektedir. Enjeksiyon basıncının 100 bar olduğu durum da is emisyonun arttığı görülmektedir. Düşük püskürtme basıncı ön karışımlı yanma aşamasında yakıt damlacıklarını atomize bir şekilde püskürtemediğinden yanma performansının kötüleştiğini söylemiştirler.

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde ilk olarak deneyde kullanılan yakıtların kimyasal özellikleri ve farklı oranlardaki karışımların hazırlanışı anlatılmıştır. Daha sonra deney düzeneğinde kullanılan motorun özellikleri ve motor test ünitesinde kullanılan materyaller açıklanmıştır. Metot kısmında ise deneylerin yapılışı adım adım anlatılarak iş akış şemasıyla gösterilmiştir.

3.1. Materyaller

3.1.1. Deneylerde kullanılan yakıtlar ve katkı maddeleri

Ham petrolün damıtılması sırasında 200 – 300 °C kaynama aralığında alınan üçüncü ana ürün motorindir. Motorin dizel motoru yakıtıdır. Dizel yakıtı bileşiminde 177-356 °C arası kaynayan hidrokarbonlar içeren normal koşullarda sıvı olan bir petrol ürünüdür. Bu karışımda C_8-H_{16} hidrokarbonları bulunur. Belli bir kaynama noktası yoktur, kaynama aralığı vardır. Az miktarda kükürt, azot, kül ve su ihtiva eden dizel yakıtı Türkiye'de motorin olarak da isimlendirilir. Uygun değerde olması istenen bazı performans özellikleri, dizel motorunda hava içersine püskürtülen yakıtın tutuşma gecikmesi küçük olmalıdır. Aksi takdirde biriken yakıt tutuşunca darbe etkisi şiddetli olur. Yakıtın bu olaya karşı mukavemeti setan sayısının büyüklüğü ile ifade edilir. Yakıtın setan sayısı ne kadar yüksek ise tutuşma gecikmesi süresi o kadar kısa olur. Ancak setan sayısı >70 olan yakıtın is teşekkülü artışından ve ısıl değerleri düşük olduğundan maksimum setan sayısı 70 olarak seçilmelidir.

Dizel yakıtın en önemli problemlerinden birisi de önemli ölçüde karbon ve kil ihtiva etmesidir. Yanma sonunda oluşan bu atıklar silindir cidarları, segman ve supaplarda birikerek motor performansını olumsuz yönde etkiler. Akma noktası yakıtın soğuk hava koşullarında depodan motora gelmesi ve filtreden süzülmesi açısından önemlidir. Kullanım şartlarına uygun olmalıdır.

Yapılan deneylerde euro-dizel yakıtı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan euro-dizel yakıtı geleneksel dizel yakıtına kıyasla bazı avantajlar içermektedir. Euro dizel yakıt kullanımı ile kükürt oranında motorine kıyasla 140 kat, diğer bir ifadeyle % 99,99 (6950 ppm) oranında azalma sağlanmış olmaktadır. Yakıt içersinde bulunan kükürt miktarının düşük olması, yanma sonucunda oluşacak partikül emisyonlarında önemli miktarda azalma sağlayacaktır. Emisyon değerlerinde sağlanan iyileşme neticesinde,

asit yağmurlarının oluşumu, bitki örtüsüne ve insan sağlığına verilen zarar minimum seviyeye düşürülmüş olacaktır. Yakıt içersinde bulunan yüksek miktardaki kükürt katalitik konvertör dönüşüm veriminde ciddi düşüşlere ve tıkanmalara neden olmaktadır. Euro dizel yakıt kullanımı ile bu problemler tamamen ortadan kalkacaktır.

Deneylerde kullanılan yakıt karışımlarının dizel yakıt dışındaki diğer bileşeni metanoldür. Metanol yakıtı yanma sonucu dizel yakıtına kıyasla CO, HC ve is emisyonları açısından daha olumlu sonuçlar vermektedir. Ancak setan sayısının düşük olması sebebiyle yanma sonu sıcaklıkları yükselmekte ve NO_x emisyonları artmaktadır. Metanolün ısıl değeri dizel yakıtından düşük olduğundan dizel yakıtı ile yapılan aynı iş için daha fazla metanol kullanılmasına gerek vardır. Deneylerde % 99 saflıkta Merck marka metanol ve Opet firmasının alınan euro-dizel yakıtı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılan yakıtlara ait fiziksel ve kimyasal özellikler çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Deneylerde kullanılan katkı maddelerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri de çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneylerde kullanılan eurodizel ve metanol yakıtının özellikleri

	Euro-Dizel	**Metanol**
Kimyasal formül	$C_{14}H_{28}$	CH_3OH
Molekül ağırlığı (kg/kmol)	196	32
Alev hızı oranı (cm/s)	33	35
Kaynama noktası (°C)	190-280	64.7
Yoğunluk (g/cm^3, 15 °C'de)	0.84	0.79
Parlama noktası (°C)	52	11
Tutuşma sıcaklığı (°C)	254	464
Alt ısıl değeri (MJ/kg)	42.74	20.27
Setan sayısı	56.5	4
Stokiyometrik Hava/yakıt oranı	14.7	6.66
Oktan sayısı	Yok	109
C/H oranı	0.50	0.25
Kinematik viskozite (m^2/s)	$2.5* 10^{-6}$	$75*10^{-6}$
Karbon miktarı (wt.%)	86	37.5
Hidrojen miktarı (wt.%)	14	12.5
Oksijen miktarı (wt.%)	0	50
Kükürt miktarı (wt.%)	<50	-
Stokiyometrik Hava-yakıt oranı	14.28	6.66
Buharlaşma ısısı (MJ/kg)	0.27	1.11

Deneylerde dizel-metanol karışımlarının homojenliğini sağlamak ve faz ayrışmasını önlemek için katkı maddesi olarak Merck marka isobütanol kullanılmıştır. Tatlı bir küf kokusu olan renksiz sıvıdır. Tüm yaygın organik çözücüler (suda çok az çözünür) ile karışabilir. İsobutanolün kullanım alanları yüzey kaplamları ve yapıştırıcılar için doğrudan çözücü, kimyasal ara ürün, temizleme deterjanı koruyucusu ve döşeme cilası çözücüsü, çözücü-koku sürecinde ve güzel koku, ilaç, böcek ilaçları

üretiminde, yakıt katkısı ve buz çözücü sıvılarda, yüzdürücü katkı maddesi olarak kullanılmaktadır (Anonymous, 2011). İsobutanol dizel etanol karışımlarının homojen karışması için katkı maddesi olarak da kullanılmaktadır. İsobutanol en önemli özelliklerinden biri petrol veya petrol olamayan kaynaklardan üretilmesidir. Tarımsal ürünlerden üretilebildiğinden yenilenebilir ve biyokütle yakıtlar olarak sınıflandırılır. Ayrıca bilindiği gibi alkolün içeriğinde biraz su içermesinden dolayı faz ayrışması sorunu olduğundan dizel yakıt karışımlarıyla kullanılabilir. Etanol ve metanol ile karşılaştırıldığında, su gibi benzer özellikleri düşüktür, benzin ve dizel yakıtları ile kolayca karışabilir. Ayrıca dizel isobutanol karışımlarının faz ayrışması olmadığından uzun süre dengesini korur. Çizelge 3.2'de görüldüğü gibi, isobutanolün buharlaşma gizli ısısı ve özgül ağırlığının dizel yakıt özelliklerine çok yakındır. İsobutanolun net ısıl değeri etanol ve metanole göre daha yüksek olmasına rağmen, dizel yakıtına göre % 23 daha düşüktür. İsobutanolun net ısıl değeri yüksek oluşu motor performansı ve yakıt tüketimi için önemli bir avantajdır. Etanol ve metanol ile karışımlarının isobutanolle kıyaslandığında dizel-isobutanol karışımlarının stokiyometrik hava/yakıt oranının daha yüksek ve dizel yakıtına daha yakındır. İsobutanol diğer alkoller gibi bir oksijenli yakıt ve yaklaşık % 21,5 oksijen içeriğinden dolayı uygun yanma süreci sağlar. Etanol ve metanolle uzun tutuşma gecikmesinin olmasının en önemli nedenlerinden birisi buharlaşma gizli ısının yüksek oluşundandır. Ancak, sıkıştırma ateşlemeli motorlarda alternatif yakıt olarak isobutanolun en önemli avantajı dizel yakıtına yakın buharlaşma ısısına sahip olmasıdır. Dizel yakıt direkt isobutanol ilavesiyle düşük setan sayısının oluşmasından dolayı yakıtın tutuşma özelliği kötü olabilir. (Karabektaş ve Hoşoz, 2009).

Deneyler sırasında dizel-metanol-katkı maddesi karışımların setan sayısını artırmak için Merck marka di-tert bütil peroksit kullanılmıştır. Di-tert-bütil peroksit, dizel motorunda kullanılan pratik yakıtların kendiliğinden ateşlemesi için etkili bir iyileştiricidir (Clothier ve ark., 2000). Di-tersiyer-bütil peroksit (DTBP) ilk olarak 1940'larda kullanılmış etkili bir setan iyileştirici olarak bilinmektedir. DTBP yüksek maliyetinden dolayı 2-Etilheksil nitrat (EHN) gibi yaygın kullanılmamaktadır. ARCO Kimyasal Şirketi tarafından bulunan uygun yeni yöntemlerle EHN ile DTBP karşılaştırılarak maliyetini azaltılabilir. Ayrıca, DTBP azot içermediğinden dolayı NO_x emisyonlarının azaltılmasında alkil nitratlara göre daha avantajlıdır. DTBP içerikli yakıt katkı maddesi U.S.A. Donanma Bakanlığı tarafından sertifikalı olarak kullanımı için onaylanmıştır. Dialkil peroksitler alkol veya organik hidroperoksitler ile olefinlerle

reaksiyonlarıyla asidik katalizör kullanarak sentezlenebilir. ARCO Chemical Company tarafından geliştirilen süreçte, 1-bütil alkol ve/veya izobutilen bir asidik reçine katalizörü varlığında 1-butil hidroperoksit ile reaksiyona girer. Ortalama DTBP dizel yakıtlarının setan sayısını EHN gibi % 85 ile % 90 arasında artırılması olarak% 90 ile% 85 arasında etkili biçimde artırmaktadır. DTBP setan sayısına tepkisi yakıtın aromatik içeriği ile ters orantılıdır. Böylece, düşük aromatikli yakıtlar katkılarla kolay tepkime verir (Nandi, 2010).

Çizelge 3.2. Dizel-metanol karışımına ilave edilen katkı maddeleri

	İsobütanol	**Di-Tert Bütil Peroksit**
Kimyasal formül	C_4H_9OH	$C_8H_{18}O_2$
Molekül ağırlığı (g/mol)	74.12	146,23
Kaynama noktası (°C)	106-108	110-115
Yoğunluk (g/cm^3, 20 °C'de)	0.802	0.80
Parlama noktası (°C)	28	12
Tutuşma sıcaklığı (°C)	430	182
Alt ısıl değeri (MJ/kg)	33	-
Setan sayısı	<15	-
C/H oranı	4.8	-
Karbon miktarı (wt.%)	64.9	-
Hidrojen miktarı (wt.%)	13.5	-
Oksijen miktarı (wt.%)	21.5	-
Kükürt miktarı (wt.%)	<50	-
Stokiyometrik Hava/Yakıt oranı	11.1	-
Buharlaşma ısısı (MJ/kg)	0.27	-

3.1.2. Deneylerde kullanılan dizel-metanol katkı maddesi ilaveli yakıtlar

Deneylerde kullanılan yakıtların hacimsel yüzdeleri sırasıyla %100, % 95, % 90 ve % 85 oranlarındaki euro-dizel yakıtı ile % 0, % 5, % 10 ve % 15 oranındaki metanol ile katkı maddeleri karıştırılarak M0, M5, M10, M15, M5D1, M10D1 ve M15D1 olarak adlandırılmıştır. Deney yakıtlarının kimyasal özellikleri çizelge 3.3'de verilmiştir.

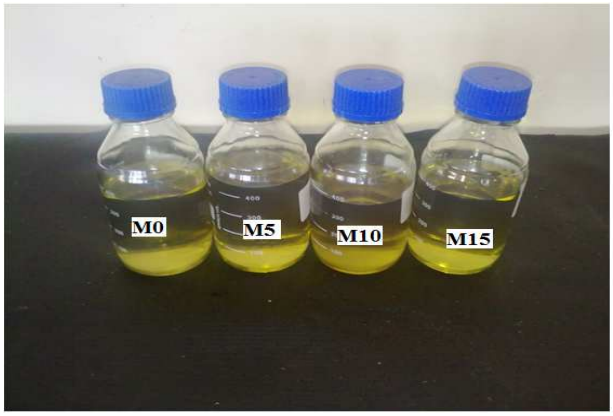
Çizelge 3.3. Deney yakıtlarının kimyasal özellikleri

	M0	**M5**	**M10**	**M15**	**M5D1**	**M10D1**	**M15D1**
Yoğunluk (15 ^{o} C kg/m^{3})	841.5	840.8	841.2	841.6	841.3	841.9	842.2
Viskozite (40 ^{o} C mm^{2}/s)	3.20	3.05	3.08	3.17	3.14	3.15	3.19
Bulutlanma Noktası (^{o} C)	- 9.8	- 9	- 8.7	- 7.9	- 9.2	- 9.3	- 9
Soğukta Filtre Tıkama Noktası (^{o} C)	1	1	-5	- 9	-10	1	-9
Bakır Çubuk Korozyonu 3h (50 ^{o}C)	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a	1 a
Isıl Değer (cal/gr) (N.Ş.A.)	11104	11277	11208	11140	11150	11442	10763
Su Miktarı (ppm)	16.07	232.6	144.3	63.92	23.50	24.42	22.65

Deneylerde kullanılacak olan dizel-metanol katkı maddesi ilaveli karışımlar, test motoruna konulmadan önce hazırlanmış ve bir karıştırıcı vasıtasıyla karıştırılarak homojenliği sağlanmıştır. Şekil 3.1 ve şekil 3.2'de deneylerde kullanılan yakıtlar görülmektedir. Deneylerde kullanılan metanol-dizel katkı maddesi ilaveli karışımlarının oranı çizelge 3.4'de gösterildiği gibidir.

Çizelge 3.4. Metanol-dizel katkı maddesi ilaveli karışımlı yakıtlar

	Euro-Dizel	**Metanol**	**İsobütanol**	**Di-Tert Bütil Peroksit**
M0	% 100	0	% 0	% 0
M5	% 94	% 5	% 1	% 0
M10	% 89	% 10	% 1	% 0
M15	% 84	% 15	% 1	% 0
M5D1	% 93	% 5	% 1	% 1
M10D1	% 88	% 10	% 1	% 1
M15D1	% 83	% 15	% 1	% 1



Şekil 3.1. Deneylerde kullanılan yakıt karışımları.



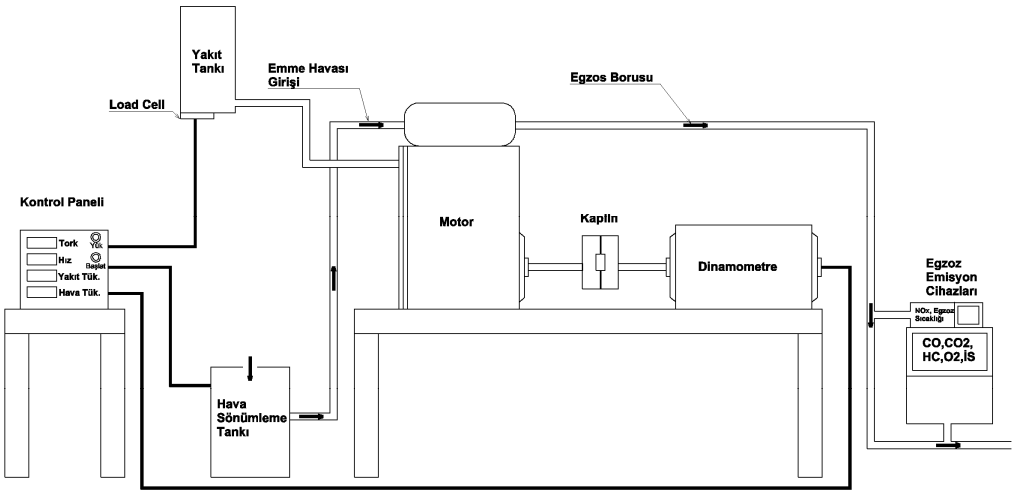
Şekil 3.2. Deneylerde kullanılan yakıt karışımları.

3.1.3. Deney motorunun özellikleri

Deneyler tek silindirli Süper Star marka 7712 model su soğutmalı direkt enjeksiyonlu dizel motoru kullanılmıştır. Deney motorunun teknik özellikleri çizelge 3.5'de ve deney düzeneğinin şematik görünümü şekil 3.3'de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Deney motorunun teknik özellikleri

Motor Markası	Süperstar
Çalıma Türü	Direkt Püskürtmeli
Çalışma Prensibi	Dört Zamanlı
Silindir sayısı	1
Silindir hacmi	0,77 litre
Stroke	100 mm
Sıkıştırma oranı	17:1
Maksimum güç	6,62 kW (9 BG) 1800 dev/dak
Maksimum devir	2300 dev/dak
Soğutma sistemi	Su Soğutmalı
Püskürtme avansı (Krank Mili Açısı)	28^{o}-35^{o}
Püskürtme Basıncı	175 Bar



Şekil 3.3. Deney düzeneğinin şematik resmi

3.1.4. Deney düzeneğinde kullanılan cihaz ve ekipmanlar

Hidrolik Dinamometre: Deney düzeneğinde tam yükteki motorun efektif gücünü ve torkunu ölçebilmek için şekil 3.4'de görülen NF150 modelli hidrolik motor test dinamometresi kullanılmıştır. Dinamometrenin devir ölçüm aralığı 0-6500 dev/dak ve tork ölçüm aralığı 0 - 450 Nm'dir. Deney motorunun çıkış mili bir kaplin vasıtasıyla dinamometreye bağlanmıştır. Motor çalıştırılıp tam yüke getirildikten sonra dinamometrenin kontrol paneli üzerindeki fren düğmesi vasıtasıyla dinamometre içerisindeki suyun uyguladığı sürtünme veya su ile yüzey arasında oluşan ivmelenme ile motor frenlenmektedir. Motor tam yüke getirildikten sonra motorun verdiği güç ve moment değerleri kontrol panelinden okunmaktadır. Dinamometrenin kontrol ünitesinde:

- ✓ Tork,
- ✓ Devir ölçüm aralığı
- ✓ Yakıt tüketimi g/s,
- ✓ Motor suyu giriş ve çıkış sıcaklığı,
- ✓ Egzoz gazı sıcaklığı, emme havası sıcaklığı, yağ sıcaklığı,
- ✓ Hava tüketimi (orifis plaka) göstergeler bulunmaktadır.



Şekil 3.4. Hidrolik Dinamometre

Yakıt ölçüm ünitesi: Motor performansı ile ilgili en önemli göstergelerden biri de özgül yakıt sarfiyatıdır. Ayrıca hava yakıt oranı ve egzoz emisyonlarının yorumlanması için de motora birim zamanda giren yakıtın tespit edilmesi gerekmektedir. Deney düzeneğinde yakıt tankının altında bulunan load cell vasıtasıyla yakıt tankından motora giden yakıt miktarını g/s cinsinden ölçerek motor test dinamometresi kontrol panelinden farklı devir aralıkları için değerler kaydedilmektedir. Deneylerde kullanılan yakıt ölçme ünitesi şekil 3.5'deki gibidir.



Şekil 3.5. Yakıt ölçüm ünitesi

Hava ölçüm ünitesi: Motora giren havanın belirlenebilmesi için 28 mm çapında orifis plaka kullanılmıştır. Orifis plakanın çapına uygun hava sönümleme tankı yapılmıştır. Orifis plakanın bulunduğu hava sönümleme tankı şekil 3.6'da gösterilmektedir.



Şekil 3.6. Hava Sönümleme Tankı

Egzoz gaz ölçüm cihazı: Şekil 3.7'de Bosch egzoz emisyon cihazı BEA-350 ve şekil 3.8'de görülen Airtair MRU Optima-7 marka gaz analiz cihazlarında deneyler sırasında motordan salınan egzoz gazlarının tespitinde kullanılmıştır. BEA-350 cihazında CO, CO_2, O_2, HC ve is gazlarını ppm ve egzoz gazının hacimsel debisine oranı % olarak ölçebilmektedir. Ayrıca hava fazlalık katsayısını da ölçmektedir. MRU egzoz emisyon analiz cihazında ise NO_x ve egzoz gaz sıcaklığı ölçmektedir. Deneyde kullanılan BEA-350 marka ve MRU egzoz emisyon cihazının ölçüm aralıkları çizelge 3.6 ve çizelge 3.7'de verilmiştir.



Şekil 3.7. BEA-350 egzoz gazı ölçüm cihazı.



Şekil 3.8. MRU egzoz gazı ölçüm cihazı

Çizelge 3.6. BEA-350 egzoz emisyon analiz cihazının ölçüm aralıkları

Ölçüm	**Ölçüm Aralığı**	**Hassasiyeti**
CO (% hacimce)	0-9,999	± 0,01
CO_2 (% hacimce)	0-19,99	± 0,01
HC (ppm)	0-2500	± 1
O_2 (% hacimce)	0-25	0,1
Hava Fazlalık Katsayısı (λ)	0,8-2	0,01
İs (% hacimce)	0-99,99	0,01

Çizelge 3.7. MRU egzoz emisyon gaz ölçüm cihazının ölçüm aralıları

Ölçüm	**Ölçüm Aralığı**	**Hassasiyeti**
CO (ppm)	0-4000	± 20
CO_2 (% hacimce)	0-20	± 0,05
NO_2 (ppm)	0-200	± 5
O_2 (% hacimce)	0-21	± 0,2
NO_x (ppm)	0-5000	± 5
Egzoz Sıcaklığı (^{o} C)	0-650	± 2

Enjektör Test Cihazı: Deneyler sırasında enjektörün basıncını değiştirmek için enjektör motordan sökülerek 0-600 bar arasında ölçüm yapılabilen şekil 3.9'da görülen Dayel marka iki kademeli enjektör test basıncı cihazı kullanılmıştır.



Şekil 3.9. Enjektör test cihazı

Karıştırıcı: Dizel-metanol katkı maddesi ilaveli karışımları karıştırmak için Tops marka MS300 modelli şekil 3.10'da görülen manyetik karıştırıcı kullanılmıştır. Deneylerde kullanılacak olan farklı oranlardaki yakıt karışımları şişelere hazırlandıktan sonra şişe içerisine manyetik balık konularak karıştırıcının plakasının üzerine konulup karıştırıcının kontrol panelinden devir ve sıcaklık ayarı 2 seviyesine getirilerek karışımın homojen olması sağlanmış ve faz ayrışması önlenmiştir. Çizelge 3.8'de karıştırıcının teknik özellikleri verilmiştir.



Şekil 3.10. MS300 karıştırıcı

Çizelge 3.8. MS300 manyetik ısıtıcılı karıştırıcının teknik özellikleri

Markası	**MS300**
Tipi	Isıtıcılı-Karıştırıcı
Kontrol	Elektronik
Devir	100-1500 dev/dak
Plakanın Maksimum Sıcaklığı	380 ^{o} C
Kapasitesi	100 ml- 3000ml
Plaka Alanı	180 x 180 mm

3.2. Metot

3.2.1. Deneylerin yapılışı

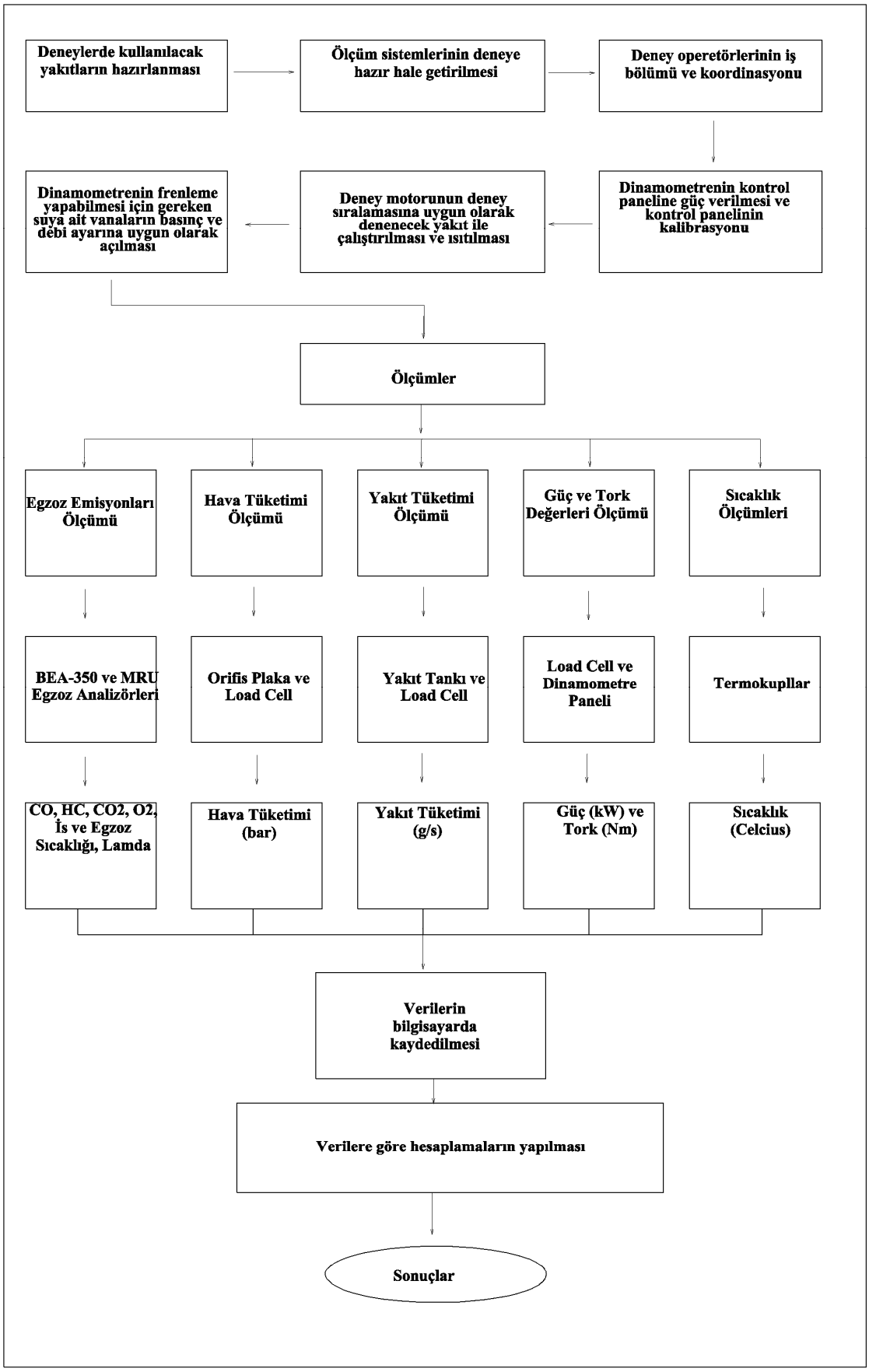
Deneyler Aksaray Üniversitesi Aksaray Meslek Yüksekokulunda otomotiv laboratuvarında yapılmıştır. Denemelere başlamadan önce motorun standart ayarları yapılıp ve enjektör iğnesi, enjektör rekorları, motor yağı değiştirilmiştir.

Bu çalışmada deneylere başlamadan önce dinamometre bir kaplin vasıtasıyla motora bağlanmıştır. Egzoz emisyon cihazı motor egzoz çıkışına bağlantısı yapılarak çalıştırılıp kalibrasyonu yapılmıştır. Motor dinamometresinin frenleme yapabilmek için ihtiyaç duyduğu suyu sağlamak üzere su vanaları açılmıştır. Motor çalışma sıcaklığı 80 ^{o} C'ye ulaşıncaya kadar kontrol panelinden frenleme yapılarak motor kısmi yüklerde çalıştırılmıştır. Deney süresince motor sıcaklığı 80 ^{o} C'de sabit olarak kontrol altında tutulmuştur. Deneyler motor çalışma sıcaklığına ulaşıldığı zaman başlanmış ve değerler ölçülmüştür.

Motorun standart değerlerinin tespiti için farklı motor hızlarında M0 yakıtı kullanılarak standart püskürtme basıncı olan 175 bar için denemeler yapılmıştır. Deneylerde motorun tam yükte çalışması sırasında ve 1000 – 2000 dev/dak arasında 200 dev/dak'lık artışlarla değişen altı farklı motor hızında, motorun hızı üç dakika sabit tutularak motor performans değerleri ölçülmüştür. Deneylerde ölçülen motor performans değerleri motor torku, hava debisi değerleri ve saatlik yakıt tüketimidir. Bununla beraber motor gücü, volumetrik verim ve özgül yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır. Egzoz emisyon cihazlarında da tam yük ve farklı devir aralıklarındaki CO, CO_2, NO_x, HC, O_2, is ve lamda emisyon değerleri ile egzoz gaz sıcaklığı ölçülmüştür. Deney sonuçlarının güvenirliği açısından deneyler üç defa tekrarlanmıştır ve ortalama değerleri alınmıştır. Daha sonra motordan enjektör sökülerek enjektörün ayar vidasından enjektör basıncı değerleri sırasıyla 165, 170, 185 ve 195 bara getirilerek enjektör test cihazında test edilip değiştirilmiştir. Aynı deneysel işlemler MO yakıtı için farklı basınçlarda da tekrarlanmıştır. Elde edilen sonuçlar kontrol panelinde kaydedilerek Microsoft Office-Excel parogramında grafikler halinde verilmiştir.

Motora ait performans davranışları euro-dizel yakıt ile belirlendikten sonra metanol ve katkı maddeli ilaveli yakıtların etkisini ölçebilmek için farklı oranlardaki % 5, % 10 ve % 15 metanol eurodizel karışımlı yakıtlara faz ayrışması için katkı maddesi ve setan sayısı gibi olumsuzlukları önlemek için setan iyileştirici ilave edilerek (M5,

M10, M15, M5D1, M10D1 ve M15D1) deneyler tekrarlanmıştır. Deney motoruna farklı oranlardaki metanol-dizel-katkı maddesi karışımlı yakıtlar konulmadan önce motorun yakıt borularındaki ve pompa içerisindeki yakıt boşaltılarak veya motor çalıştırılarak tüketilmiş ve ayrıca yakıt filtresi değiştirilmiştir. Böylelikle hazırlanmış olan farklı oranlardaki dizel-metanol-katkı maddesi karışımlarının birbirlerine karışması engellenmiştir. M5, M10, M15, M5D1, M10D1 ve M15D1 yakıtları motora konulmadan önce bir kapta karıştırıcı ile karıştırılarak homojenliği sağlanan farklı oranlardaki eurodizel-metanol katkı maddesi ilaveli karışımlar deney yakıt deposuna konulmuştur. Motorun dinamometre bağlantıları, egzoz emisyon cihazının bağlantıları kontrol edilip ve emisyon cihazının kalibrasyon yapıldıktan sonra motor çalıştırılıp çalışma sıcaklığı olan 80 ^{o} C'ye ulaşıncaya kadar dinamometrenin kontrol panelindeki frenleme düğmesinden motora frenleme yapılarak kısmi yükte motor çalıştırılmıştır. Deneyler tam yükte ve farklı devir aralıkların da (1000 dev/dak – 2000 dev/dak 200 dev/dak'lık artışlarla) altı farklı motor hızında yapılmıştır. Deney sırasında farklı motor hızlarındaki değerler ölçülürken motorun hızı üç dakika sabit tutularak ortalam değerleri alınarak kaydedilmiştir. Deneylerde ölçülen motor performans değerleri motor torku, hava debisi değerleri ve saatlik yakıt tüketimidir. Bununla beraber motor gücü, volumetrik verim ve özgül yakıt sarfiyatı hesaplanmıştır. Egzoz emisyon cihazlarında da tam yük ve farklı devir aralıklarındaki CO, CO_2, NO_x, HC, O_2, is ve lamda emisyon değerleri ile egzoz gaz sıcaklığı ölçülmüştür. Deney sonuçlarının güvenirliği açısından deneyler üç defa tekrarlanmıştır ve ortalama değerleri alınmıştır. Bütün sonuçlar Microsoft Office-Excel programında grafikler halinde verilerek karşılaştırılmıştır. Deneyin iş akış şeması şekil 3.11'de verilmiştir.



Şekil 3.11. Yapılan deneylere ait iş akış şeması

3.2.2. Deneylerden elde edilen veriler ile hesaplanan değerler

Motor efektif gücünün hesaplanması: Dinamometre göstergesinde okunan moment ve devir sayısı yardımı ile gücün belirlenmesinde, aşağıdaki 3.1 nolu formül kullanılmıştır. Burada *Pe* motor gücü (kW), *Me* döndürme momentini (Nm) ve *n* motor devir sayısını (d/dk) göstermektedir.

$$Pe = \frac{Me.n}{9549} \quad , (kW) \tag{3.1}$$

Özgül yakıt tüketiminin hesaplanması: Deney düzeneğinde yakıt tankının altında bulunan kontrol paneline bağlı load cell vasıtasıyla motora giren yakıtın g/s cinsinden saatlik yakıt tüketimi ölçülerek kontrol panelinde kaydedilmiştir. Motor farklı hızlarındaki özgül yakıt tüketimini hesaplamak için bu değerler kullanılmıştır. Burada m_y silindire giren yakıt miktarı (g/h) ve *Pe* motor gücü (kW) göstermektedir.

$$b_e = \frac{\dot{m}_y}{P_e} , (g/kWh) \tag{3.2}$$

Volumetrik verim: Aşırı doldurma olmayan bir motorda, emme zamanında silindire alınan havanın hakiki hacminin, pistonun silindirde boşalttığı hacme oranıdır. Aşağıdaki 3.3 nolu formül ile bulunur. Burada m_h motora giren hava miktarı (m^3/dk), ρ_h silindiren alınan havanın yoğunluğu (kg/m^3), V_h kurs hacmi (m^3), *n* motor devir sayısını (d/dk) göstermektedir.

$$\eta_V = \frac{2\dot{m}_h}{\rho_h.V_h.n}, (\%) \tag{3.3}$$

Elde edilen deneysel veriler ve bu veriler kullanılarak hesaplanan değerler ışığında metanol-dizel katkı maddesi ilaveli yakıt karışımlarının motor performans ve emisyon karakteristiklerine etkisi yorumlanmıştır. Bahsedilen yorumlar ve karakteristik eğriler bir sonraki sonuçlar kısmında tartışılmıştır.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Motorun performans ve egzoz emisyon karakteristikleri farklı yakıtlar ve farklı enjektör basınç parametrelerinde incelenmiştir.

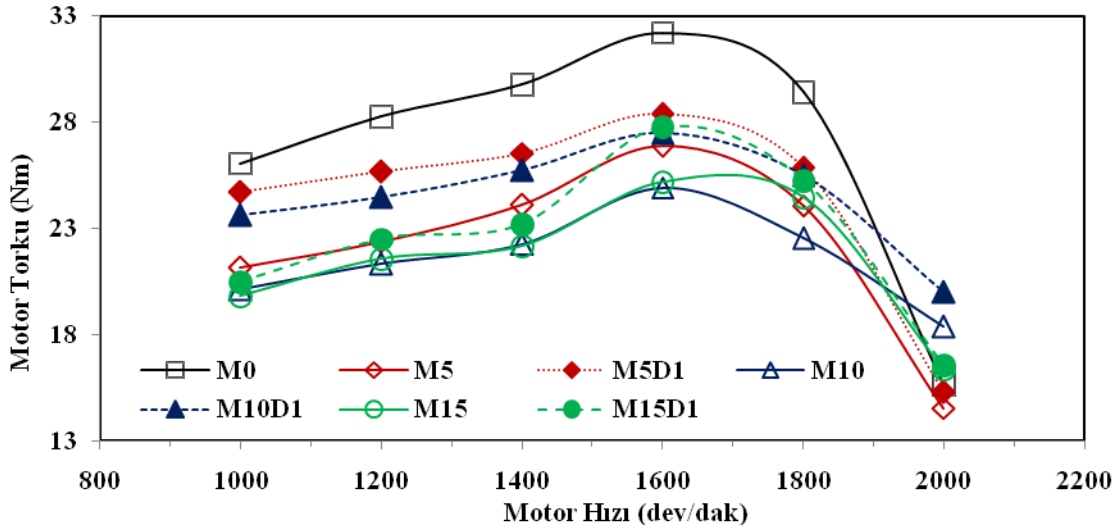
4.1. Farklı Yakıt Karışımlarının Motor Performansı Deney Sonuçları

Farklı yakıt karışımlarının performans ve emisyon karakteristiklerine etkilerini belirlemek amacı ile deneyler öncelikli olarak standart dizel yakıtı (Euro Diesel) ile yapılmış, sonrasında diğer yakıt karışımları ile yapılmıştır. Deneyler, motorun tam yük konumunda farklı devirlerde yapılmıştır. Deneylerde farklı yakıtlar kullanarak elde edilen sonuçlarda, motor performansı bakımından motor torku, motor gücü, özgül yakıt tüketimi ve volümetrik verim parametreleri karşılaştırılmıştır.

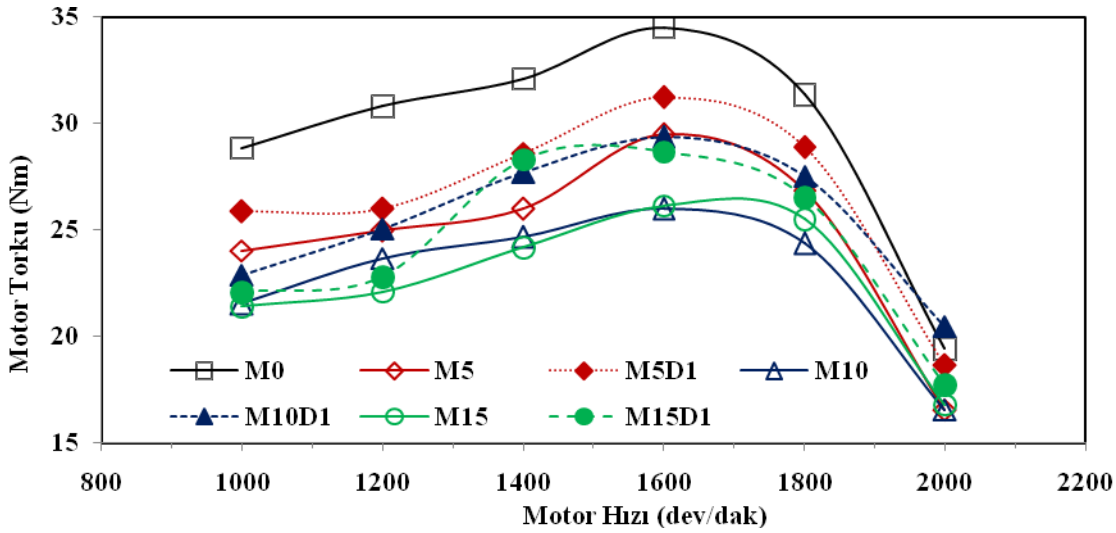
4.1.1. Motor torku

Ölçülen tork değeri, volandan alınan efektif tork değeridir. Şekil 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının motor torkuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek tork değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile dizel-metanol katkı maddesi ilaveli karışımlı yakıtlar karşılaştırıldığında en yüksek motor torkunun elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının motor tork değerlerinde azalma görülmektedir. Ancak setan iyileştirici kullanılan yakıtlarda bu azalmanın daha az olduğu görülmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen en yüksek motor torku değeri dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 35.69 Nm iken aynı enjektör basıncı ve motor hızında elde edilen diğer motor torku değerleri M5 yakıtı ile 32.25 Nm, M10 yakıtı ile 28.21 Nm ve M15 yakıtı ile 29.2 Nm' dir. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakıtının motor torku değeri 32.82 Nm, M10D1 yakıtının motor torku değeri 32.35 Nm ve M15D1 yakıtının motor torku değeri 32.12 Nm' dir. Maksimum tork değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.8, M10 ve M15 yakıtlarında yaklaşık %10 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değeri dizel yakıtı ile elde edilen 35.5 Nm iken M5, M10 ve M15 yakıtlarında ise sırasıyla 31.67 Nm, 27.64 Nm ve 27.21 Nm'dir. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney

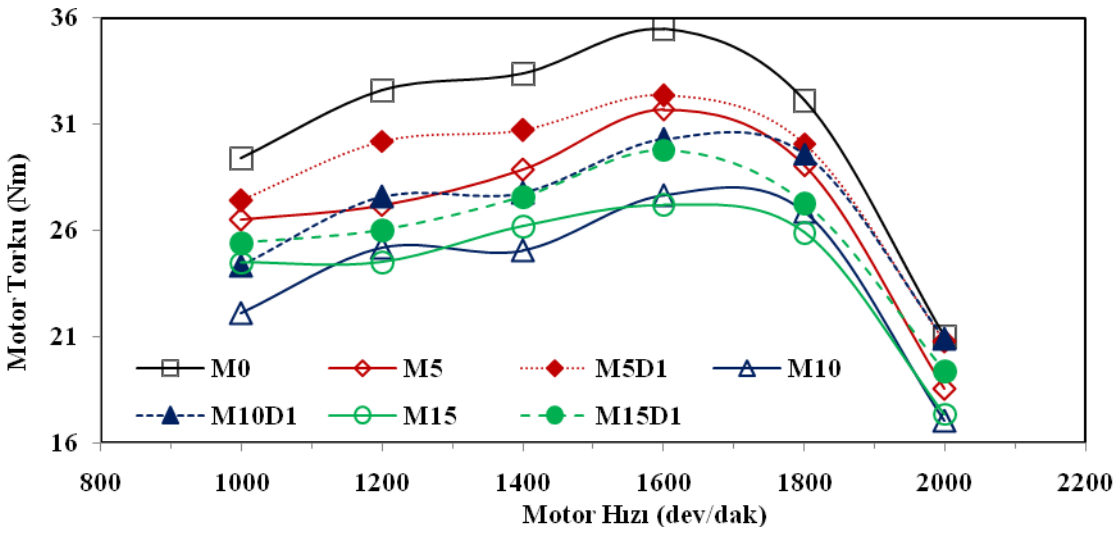
sonuçlarında M5D1 yakıtının motor torku değeri 32.35 Nm, M10D1 yakıtının motor torku değeri 30.29 Nm ve M15D1 yakıtının motor torku değeri 29.79 Nm' dir. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen maksimum tork değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.13, M10 ve M15 yakıtlarında yaklaşık % 9.5 iyileşme görülmektedir.



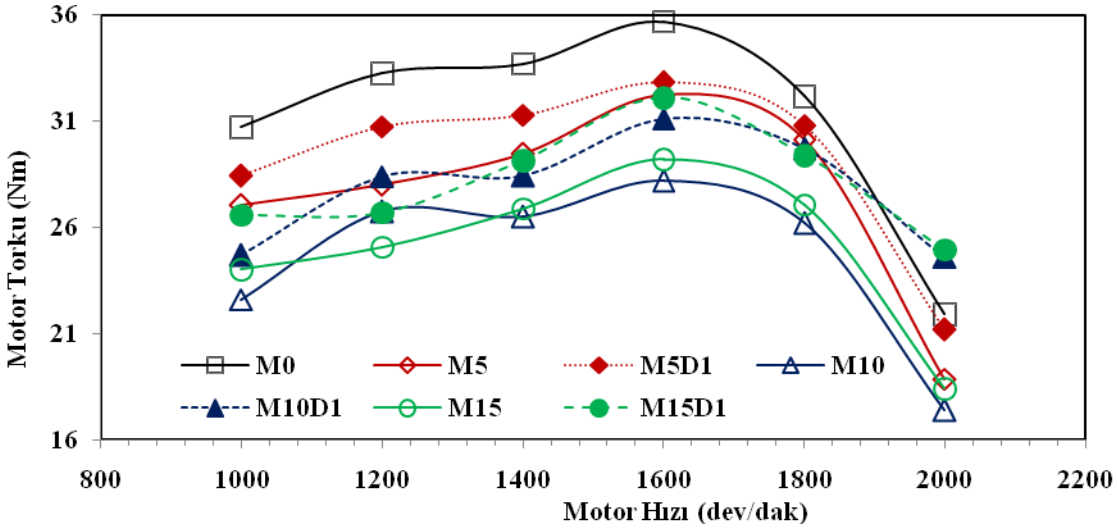
Şekil 4.1. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği



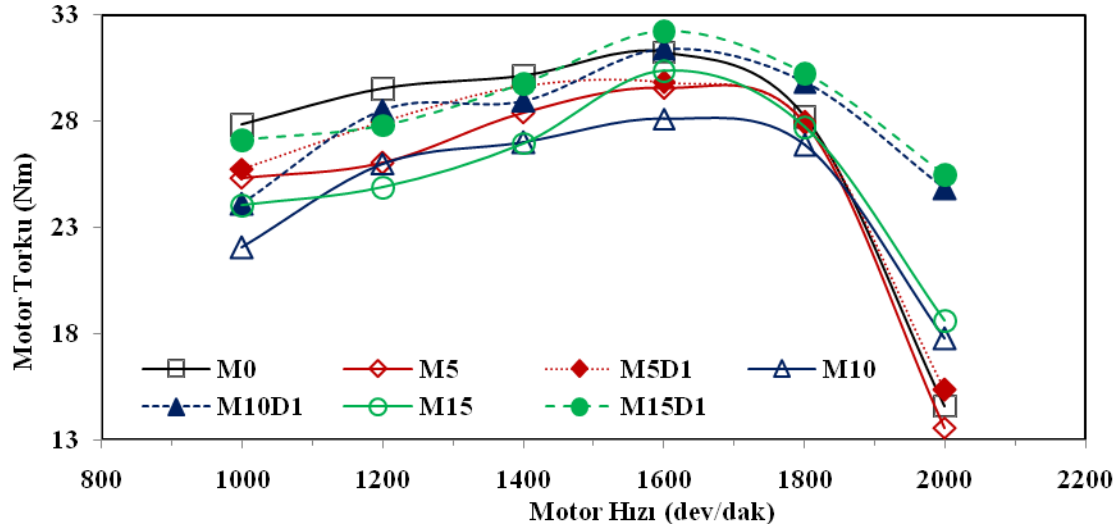
Şekil 4.2. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği



Şekil 4.3. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği



Şekil 4.4. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği



Şekil 4.5. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor torku grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen motor torku değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olmasının nedenlerini şu şekilde sıralanabilir;

- Metanolun alt ısıl değeri dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da alt ısıl değerleri düşük olmaktadır. Alt ısıl değerin düşmesi ile yanma sonucu silindir içerisinde meydana gelen ısı enerjisinin düşmesi torkun azalmasına neden olur, Erkal, (2010), İçingür ve Altıparmak, (2001), Zhu ve ark., (2011), Lu ve ark., (2004), Can ve ark., (2004), Lei ve ark., (2010), Yılmaz, (2011), Ciniviz ve ark., (2011), Özdemir, (2011) yaptıkları çalışmalarda metanolün alt ısıl değerinin düşük olmasının motor torkunu azalttığını belirtmişlerdir.
- Metanolun setan sayısı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışımlı yakıtların da setan sayıları düşük olacaktır. Setan sayısı düştükçe tutuşma gecikmesi artacaktır. Tutuşma gecikmesinin artması yanmanın en verimli olduğu noktada hacmin büyük olmasına sebep olur. Bu nedenle yanma performansı kötüleştiği için silindir içerisinde yanma sonu elde edilen maksimum basınç değerinin düşmesi torkun azalmasına neden olmaktadır. Torkun setan sayısı düşmesiyle Erkal, (2010), Kulakoğlu, (2009), Lu ve ark., (2004), Lei ve ark., (2010), Cheng ve ark., (2008) tarafından yapılan çalışmalarda da setan sayısının etkisi görülmektedir.
- Metanolun buharlaşma ısısı dizel yakıtınkinden daha yüksektir. Bu nedenle karışım yakıtlarının da buharlaşma ısıları yüksek olacaktır. Buharlaşma ısısının artması ile yakıtın daha yavaş buharlaşması ve hava ile daha yavaş karışmasından dolayı homojen karışım elde edilemeyerek yanma performansının düşmesi torkun azalmasına neden olur (Kulakoğlu, 2009, Can ve ark., 2004).
- Metanolun viskozitesi dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da viskozite değerleri düşük olacaktır. Viskozitenin azalması pompalama ve enjeksiyon kayıplarının artmasına neden olur. Böylece silindir içerisine maksimum yakıt dağılımı kötüleşmesi ile yanma performansının düşmesi torkun azalmasına neden olur (İçingür ve Altıparmak, 2001, Can ve ark., 2004, Özdemir, 2011).

Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için tork değerinin metanol katkılı

yakıtlara göre biraz daha artmasına neden olmuştur **(**İçingür ve Altıparmak, 2001, Lü ve ark., 2004).

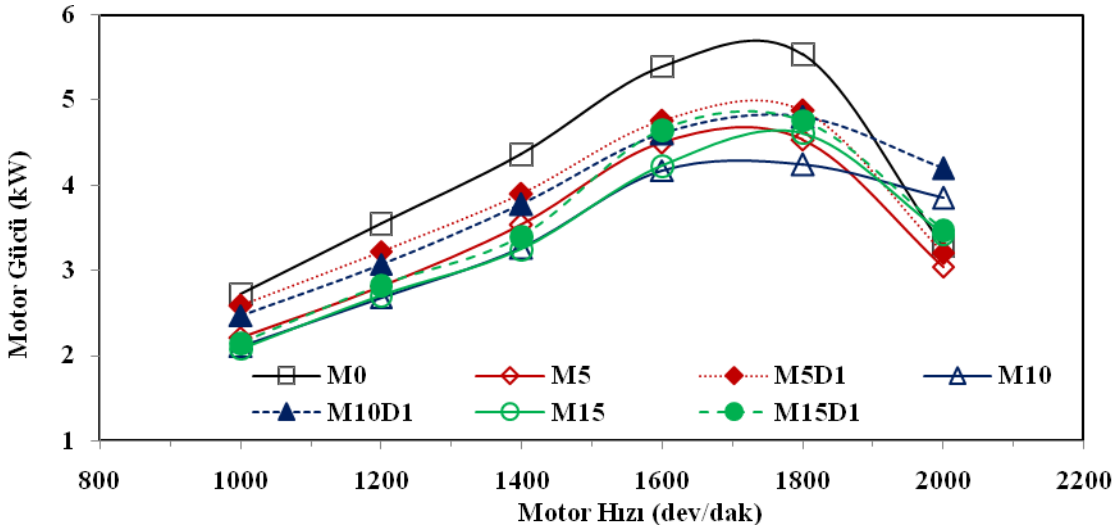
Karışımdaki metanol yüzdesinin artması ile tork değerinin düşmesi beklenirken M15 yakıtının tork değeri M10 yakıtınınkinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin, M15 yakıtının viskozitenin M10 yakıtınınkine göre biraz daha az olması nedeniyle enjektörden daha fazla yakıt püskürtülmesi sonucu birim çevrimde silindirlere daha fazla yakıt alınması ve metanolun, daha hızlı yanabilmesi ile M15 yakıtının M10 yakıtına göre "tam yanma" durumuna yaklaşarak yanma verimini artırması olarak düşünülmektedir.

Bunun yanında 195 bar püskürtme basıncında alınan verilere göre en yüksek tork değeri dizel yakıtı ile değil M15D1 yakıtı ile elde edilmiştir. Bunun nedeninin, kullanılan setan iyileştirici ile M15 yakıtının setan sayısının, viskozitesinin ve yoğunluğunun artması, bunun yanında püskürtme basıncının artması ile silindir içerisinde hava ve yakıtın daha homojen bir biçimde karışabilmesi, metanolun yanma hızının yüksek olmasından dolayı da tam yanmaya yakın bir yanma elde edilebilmesi olarak düşünülmektedir (Najafi G. ve Yusaf T.F., 2009).

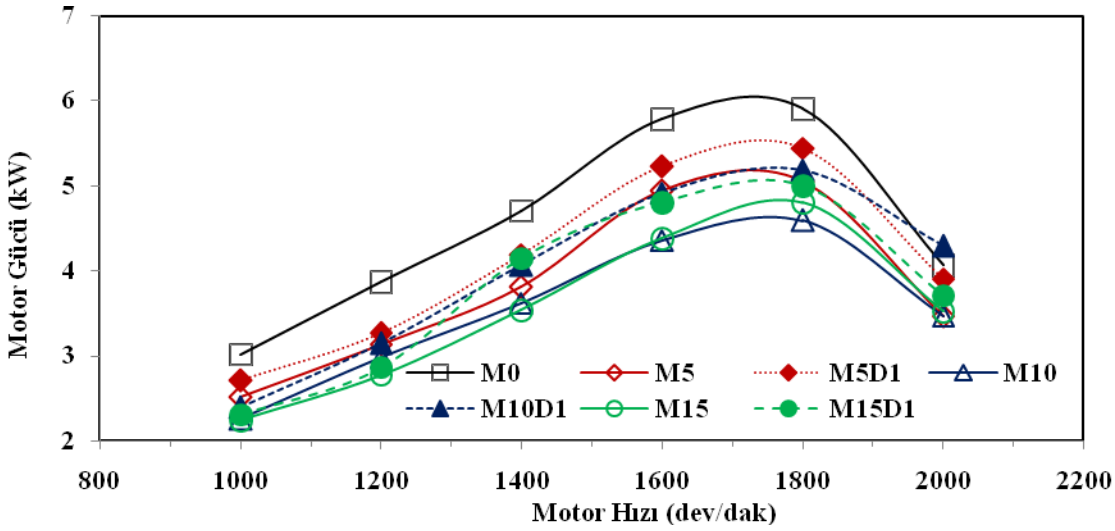
4.1.2. Motor gücü

Şekil 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının, ölçülen tork değerine göre hesaplanan motor gücüne etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek güç değeri 1800 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile dizel-metanol karışım yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek motor gücünün elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının motor gücü değerlerinde azalma görülmektedir. Ancak setan iyileştirici kullanılan yakıtlarda bu azalmanın daha az olduğu görülmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen en yüksek motor gücü değeri dizel yakıtı ile 1800 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 6.06 kW iken aynı enjektör basıncı ve motor hızında elde edilen diğer motor gücü değerleri M5 yakıtı ile 5.68 kW, M10 yakıtı ile 4.94 kW ve M15 yakıtı ile 5.1 kW' dır. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakının motor gücü değeri 5.81 kW, M10D1 yakıtının motor gücü değeri 5.6 kW ve M15D1 yakıtının motor gücü değeri 5.34 kW' dır. Maksimum güç değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.3, M10 yakıtında yaklaşık %13.5 ve M15 yakıtında yaklaşık

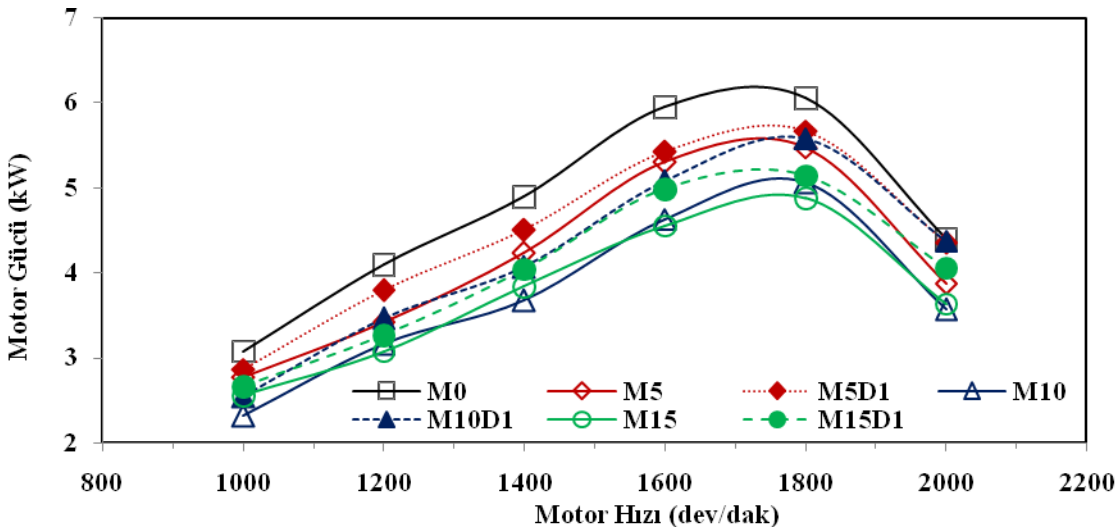
%8.5 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da dizel yakıtı ile elde edilen maksimum güç değeri 6.054 kW iken M5, M10 ve M15 yakıtlarında ise sırasıyla 5.48 kW, 5.06 kW ve 4.88 kW'dır. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakıtının motor güç değeri 5.67 kW, M10D1 yakıtının motor gücü değeri 5.58 kW ve M15D1 yakıtının motor gücü değeri 5.14 kW' dır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen maksimum güç değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %3.51, M10 yakıtında yaklaşık %10.22 ve M15 yakıtında yaklaşık %5.44 iyileşme görülmektedir.



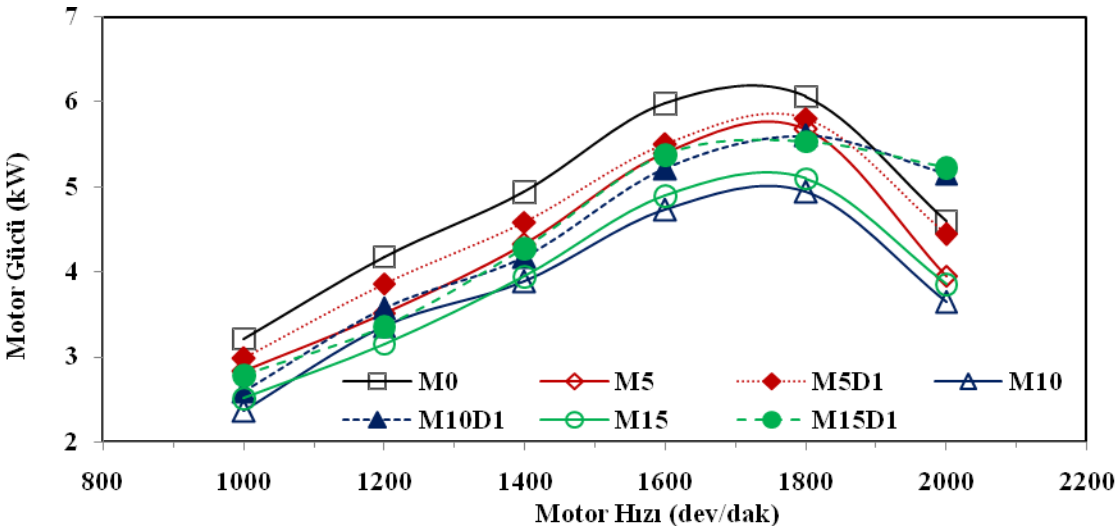
Şekil 4.6. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor gücü grafiği



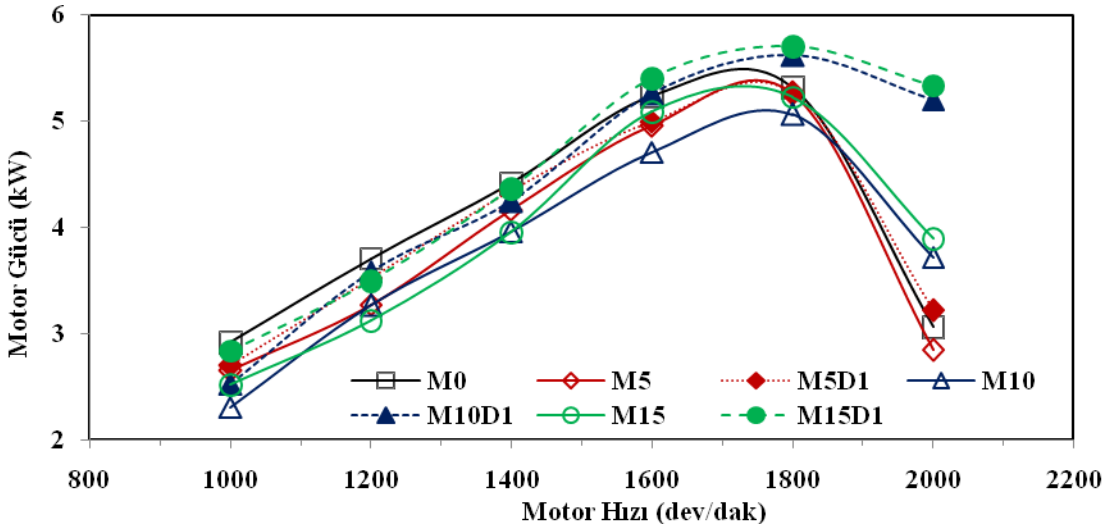
Şekil 4.7. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor gücü grafiği



Şekil 4.8. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor gücü grafiği



Şekil 4.9. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor gücü grafiği



Şekil 4.10. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait motor gücü grafiği

Metanolün, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerini, setan sayılarını ve viskozite değerlerini düşürmesinin ve buharlaşma ısılarını artırmasının haricinde metanol karışımlı yakıtlardan elde edilen gücün dizel yakıtından elde edilen güçten daha düşük olmasının bir diğer nedeni olarak, metanolün yoğunluğunun dizel yakıtınkinden daha düşük olmasıdır. Bu nedenle karışım yakıtlarının da yoğunluk değerleri düşük olacaktır. Yoğunluğun azalması kütlesel olarak daha az yakıtın silindirlere püskürtülmesine neden olmaktadır. Böylece silindir içerisine birim zamanda alınan yakıt miktarı azalacağından motor gücü de azalacaktır (Lei ve ark. 2010, İlhan, 2007, Yılmaz, 2011, Lü ve ark., 2004, Uslu 2006).

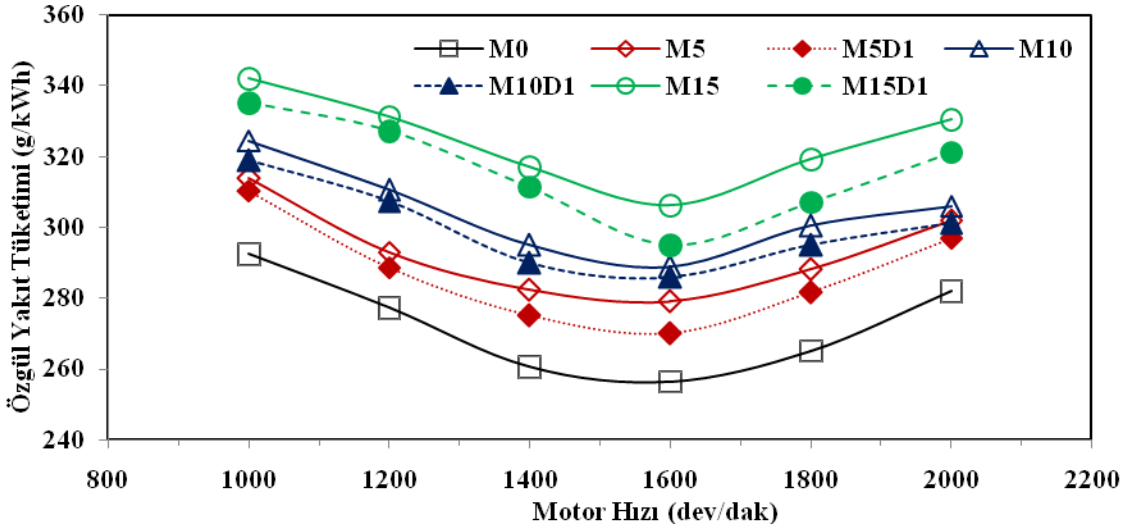
Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için güç değerinin metanol katkılı yakıtlara göre biraz daha artmasına neden olmuştur. Ayrıca setan iyileştirici olarak kullanılan katkı maddesinin yoğunluğunun yüksek olması ile karışım yakıtlarının yoğunluğunu artmakta ve yoğunluğun azalması ile meydana gelen olumsuzlukların azaltılması sağlanmıştır.

Karışımdaki metanol yüzdesinin artması ile güç değerinin düşmesi beklenirken M15 yakıtının güç değeri M10 yakıtınınkinden daha yüksek çıkmıştır. Bunun nedeninin, M15 yakıtının viskozitenin M10 yakıtınınkine göre biraz daha az olması nedeniyle enjektörden daha fazla yakıt püskürtülmesi sonucu birim çevrimde silindirlere daha fazla yakıt alınması ve metanolun, daha hızlı yanabilmesi ile M15 yakıtının M10 yakıtına göre “tam yanma” durumuna yaklaşarak yanma verimini artırması olarak düşünülmektedir. Ancak M10D1 yakıtından elde edilen güç değerinin M15D1 yakıtının güç değerlerinden daha iyi olduğu görülmektedir. Bunun nedeni olarak, setan iyileştirici katkı maddesinin M10 yakıtının setan sayısına daha fazla etki etmesi olarak düşünülmektedir.

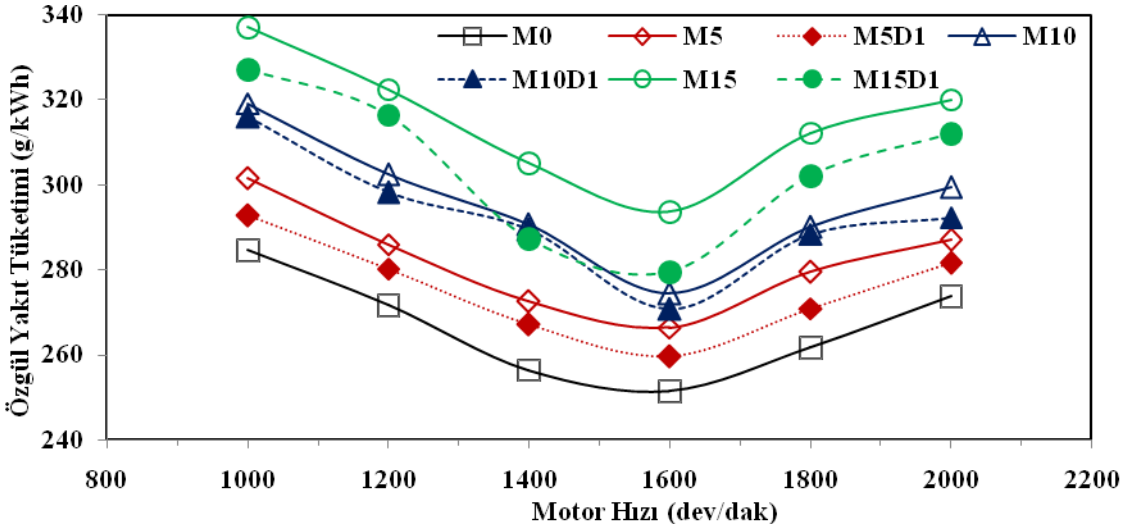
Bunun yanında 195 bar püskürtme basıncında alınan verilere göre en yüksek güç değeri dizel yakıtı ile değil M15D1 yakıtı ile elde edilmiştir. Bunun nedeninin, kullanılan setan iyileştirici ile M15 yakıtının setan sayısının, viskozitesinin ve yoğunluğunun artması, bunun yanında püskürtme basıncının artması ile silindir içerisinde hava ve yakıtın daha homojen bir biçimde karışabilmesi, metanolun yanma hızının yüksek olmasından dolayı da tam yanmaya yakın bir yanma elde edilebilmesi olarak düşünülmektedir (Najafi G. ve Yusaf T.F., 2009).

4.1.3. Özgül yakıt tüketimi

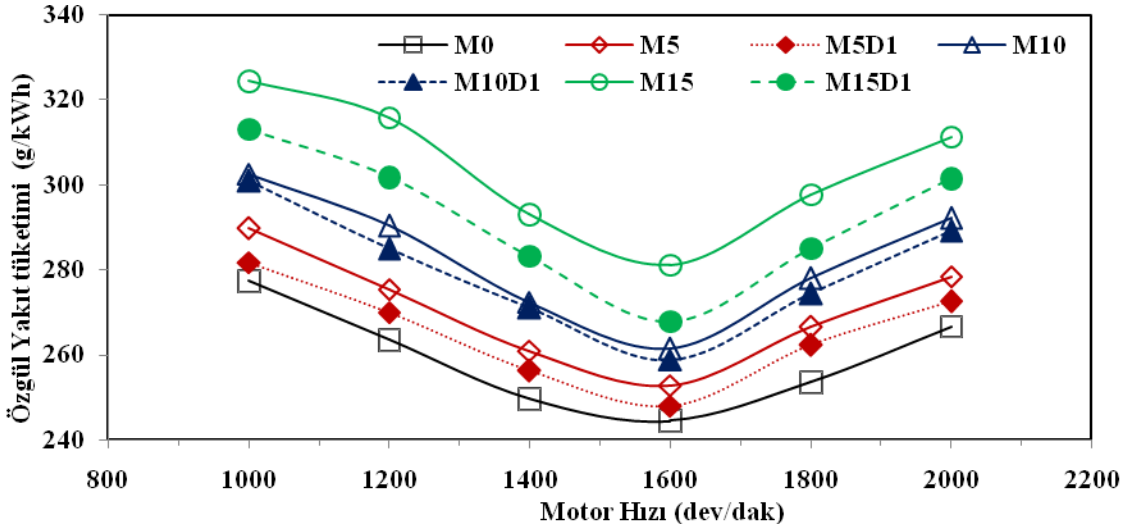
Özgül yakıt tüketimi, birim güç başına tüketilen yakıt miktarı olarak ifade edilmektedir. Şekil 4.11, 4.12, 4.13, 4.14 ve 4.15'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının, ölçülen yakıt tüketimi değerine göre hesaplanan özgül yakıt tüketimine etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en düşük özgül yakıt tüketimi değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile dizel-metanol karışım yakıtları karşılaştırıldığında en düşük özgül yakıt tüketiminin elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının özgül yakıt tüketimi değerlerinde artış görülmektedir. Ancak setan iyileştirici kullanılan yakıtlarda bu artışın daha az olduğu görülmektedir. Deneyler sonucunda elde edilen en düşük özgül yakıt tüketimi değeri Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 240.58 g/kWh iken aynı enjektör basıncı ve motor hızında elde edilen diğer özgül yakıt tüketimi değerleri M5 yakıtı ile 249.54 g/kWh, M10 yakıtı ile 258.75 g/kWh ve M15 yakıtı ile 277.34 g/kWh' dır. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakının özgül yakıt tüketimi değeri 245.26 g/kWh, M10D1 yakıtının özgül yakıt tüketimi değeri 255.89 g/kWh ve M15D1 yakıtının özgül yakıt tüketimi değeri 259.43 g/kWh' dır. Minimum özgül yakıt tüketimi değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.7, M10 yakıtında yaklaşık %11 ve M15 yakıtında yaklaşık %7 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da dizel yakıtı ile elde edilen minimum özgül yakıt tüketimi değeri 244.46 g/kWh iken M5, M10 ve M15 yakıtlarında ise sırasıyla 252.8 g/kWh, 261.47 g/kWh ve 281.16 g/kWh'dır. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakıtının özgül yakıt tüketimi değeri 249 g/kWh, M10D1 yakıtının özgül yakıt tüketimi değeri 258.84 g/kWh ve M15D1 yakıtının özgül yakıt tüketimi değeri 267.88 g/kWh' dır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen minimum özgül yakıt tüketimi değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.9, M10 yakıtında yaklaşık %1.01 ve M15 yakıtında yaklaşık %4.96 iyileşme görülmektedir.



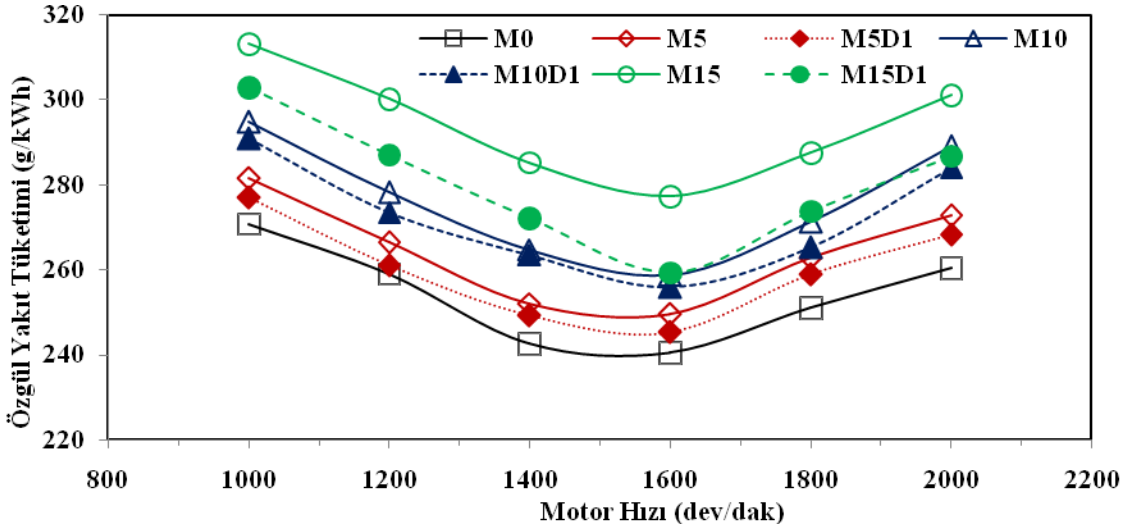
Şekil 4.11. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği



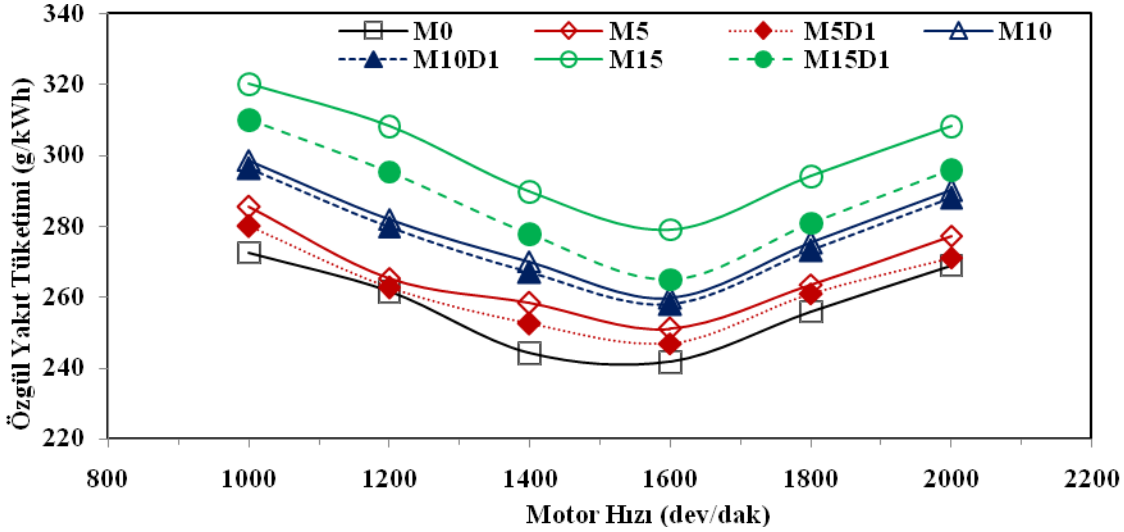
Şekil 4.12. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği



Şekil 4.13. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği



Şekil 4.14. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği



Şekil 4.15. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait özgül yakıt tüketimi grafiği

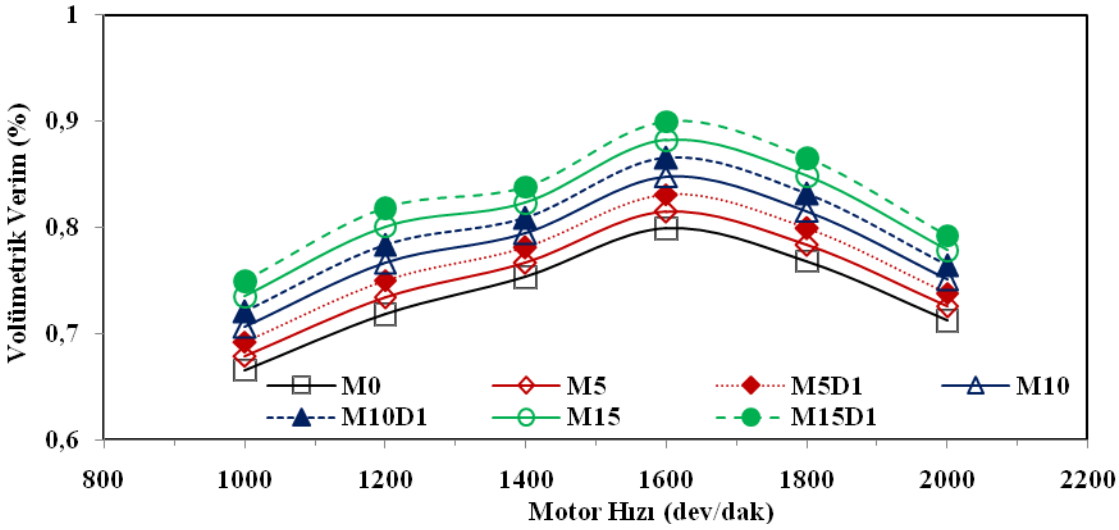
Metanol karışımlı yakıtlardan elde edilen özgül yakıt tüketimi değerlerinin dizel yakıtınınkinden daha fazla olmasının nedenleri; Metanolun, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerini, setan sayılarını, viskozite ve yoğunluk değerlerini düşürmesi ve buharlaşma ısılarını artırmasıdır. Bunun yanında metanolun oksijen içermesi silindir içerisine alınan hava/yakıt oranını artırarak karışımı fakirleştirmekte ve yanma performansını düşürmektedir. Bu durum özgül yakıt tüketiminin artmasına neden olur (Erkal, 2010, İçingür ve Altıparmak, 2001, Zhu ve ark., 2011, Lü ve ark.,2004, Can ve ark., 2004, Lei ve ark., 2010, Yılmaz, 2011, Ciniviz ve ark., 2011, Özdemir, 2011).

Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için özgül yakıt tüketimi değerinin metanol katkılı yakıtlara göre biraz daha azalmasına neden olmuştur.

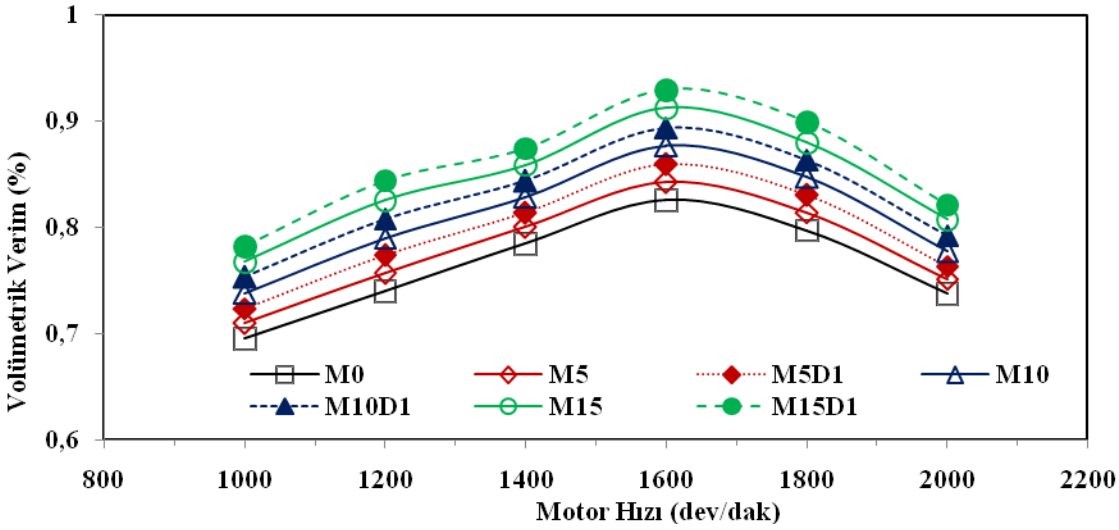
4.1.4. Volümetrik verim

Volümetrik verim, silindirlere alınan havanın gerçek hacminin silindir hacmine oranıdır. Volümetrik verim, deneylerde ölçülen hava tüketiminin deney motorunun silindir hacmine oranı ile hesaplanmıştır.

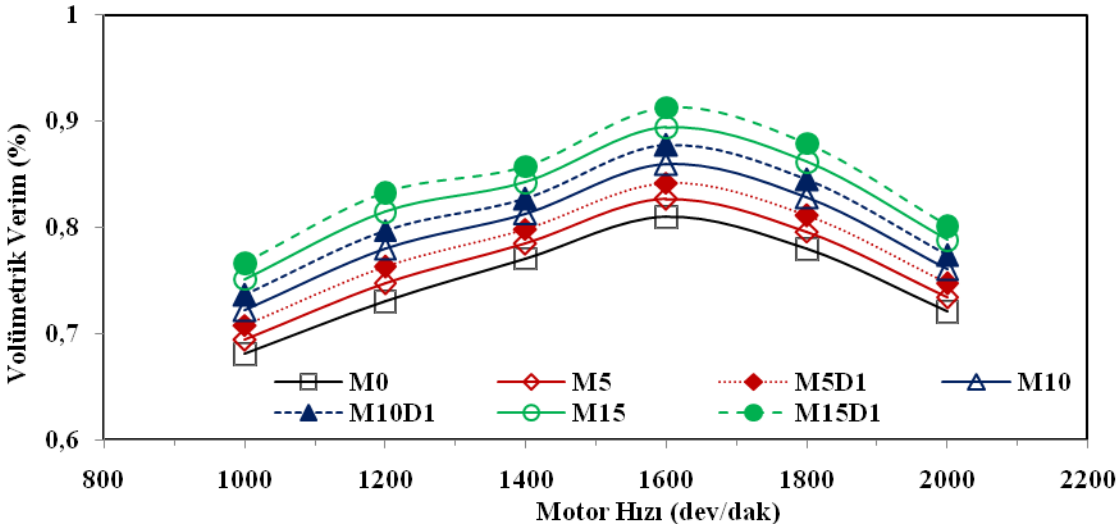
Şekil 4.16, 4.17, 4.18, 4.19 ve 4.20'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının volümetrik verime etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek volümetrik verim değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile dizel-metanol karışım yakıtları karşılaştırıldığında en yüksek volümetrik verimin elde edildiği motor hızında karışım yakıtlarının volümetrik verim değerlerinde artış görülmektedir. Deneyler sonucunda en yüksek volümetrik verim değerleri 170 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile elde edilen 1600 dev/dak motor hızında, 170 bar enjektör püskürtme basıncında %82 iken aynı enjektör basıncı ve motor hızında elde edilen diğer volümetrik verim değerleri M5 yakıtı ile %84.28, M10 yakıtı ile %87.71 ve M15 yakıtı ile %91.29' dur. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakıtının volümetrik verim değeri %85.95, M10D1 yakıtının volümetrik verim değeri 89.37 ve M15D1 yakıtının volümetrik verim değeri 92.98' dir. Maksimum volümetrik verim değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.97, M10 yakıtında yaklaşık %1.9 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.85 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum volümetrik verim değeri dizel yakıtı ile elde edilen %81.04 iken M5, M10 ve M15 yakıtlarında ise sırasıyla %82.67, %85.92 ve %89.42'dir. Setan iyileştirici ilave edilerek elde edilen yakıt karışımları ile yapılan deney sonuçlarında M5D1 yakıtının volümetrik verim değeri %84.22, M10D1 yakıtının volümetrik verim değeri %87.76 ve M15D1 yakıtının volümetrik verim değeri %91.32' dir. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen maksimum volümetrik verim değerlerine göre setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.87, M10 yakıtında yaklaşık %2.14 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.13 iyileşme görülmektedir.



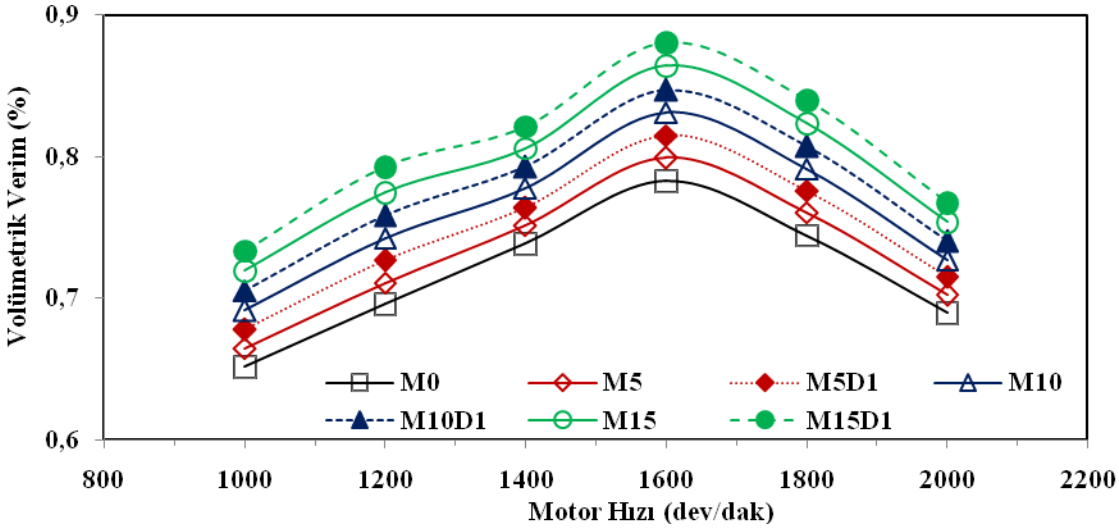
Şekil 4.16. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği



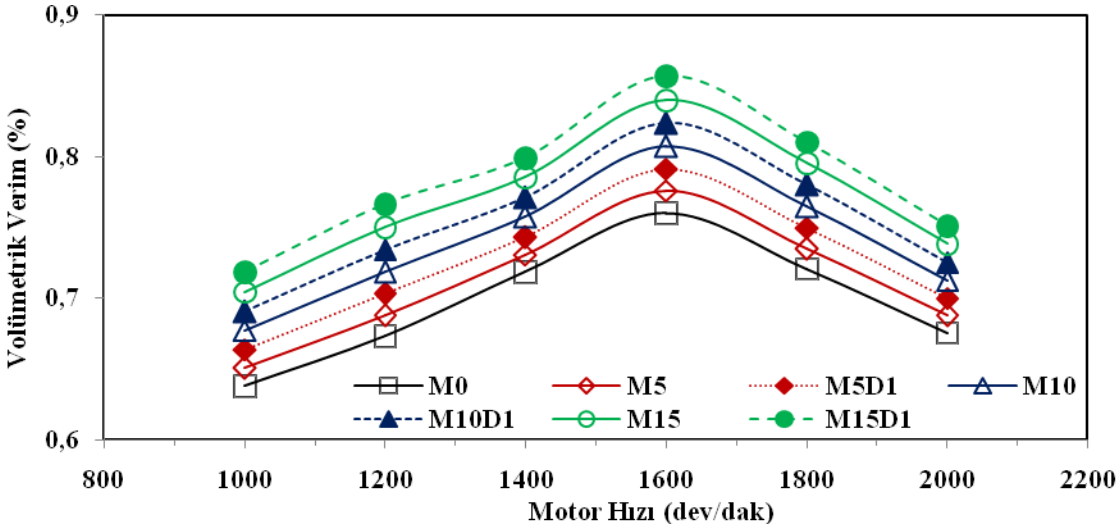
Şekil 4.17. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği



Şekil 4.18. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği



Şekil 4.19. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği



Şekil 4.20. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait volümetrik verim grafiği

Metanol karışımlı yakıtlardan elde edilen volumetrik verim değerlerinin dizel yakıtınınkinden daha fazla olmasının nedeni olarak; metanolun buharlaşma ısısı dizel yakıtınkinden daha yüksektir. Bu nedenle karışım yakıtlarının da buharlaşma ısıları yüksek olacaktır. Karışım yakıtlarının buharlaşma ısısının yüksek olması dolayı silindir içerisindeki dolgu sıcaklığı düşürdüğünden volumetrik verimi artmaktadır (Topgül, 2006).

4.2. Farklı Yakıt Karışımlarının Egzoz Emisyon Deney Sonuçları

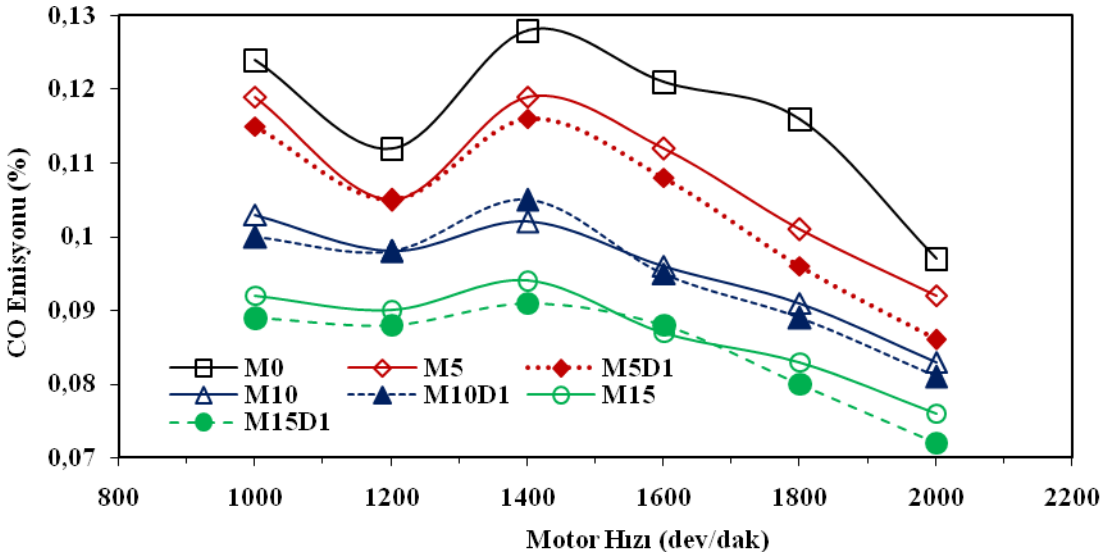
Deneylerde farklı yakıtlar kullanarak elde edilen sonuçlarda egzoz emisyonları bakımından, CO, CO_2, HC, NO_x, is, egzoz gazı sıcaklığı, lambda ve O_2 değerleri karşılaştırılmıştır.

4.2.1. CO emisyonu

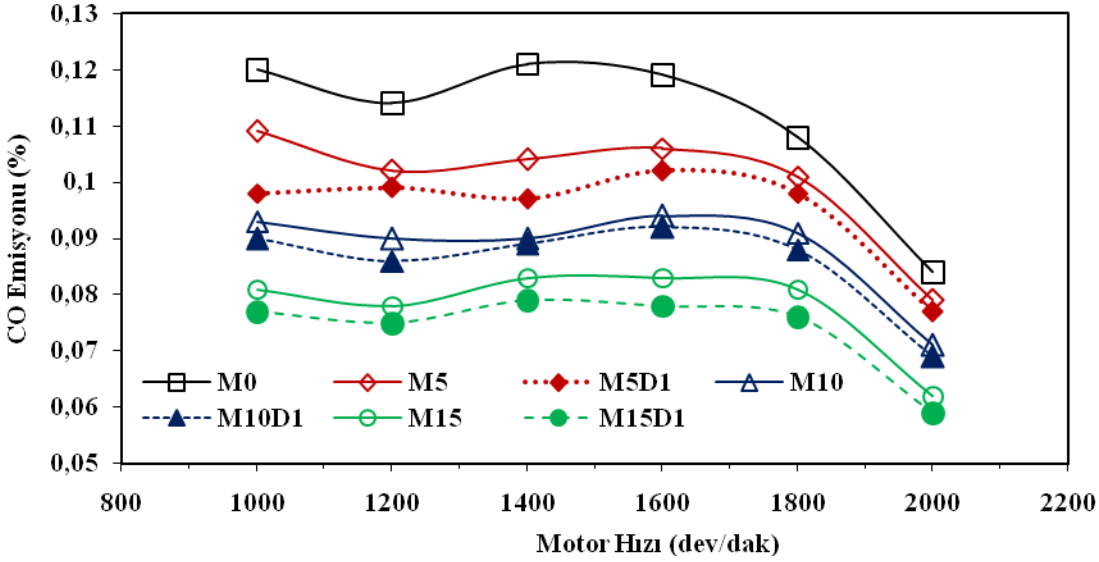
Yanma ürünleri arasında CO emisyonu bulunmasının temel nedeni yanma odasındaki oksijenin yetersiz olmasıdır. Eğer HFK 1' den küçük ise, yani karışım zengin bir karışım ise yanma yetersiz oksijen ortamı içinde olacak ve yakıttaki karbonunun tümü CO_2' ye dönüşemeyerek bir kısmı CO' ya oksitlenecektir. Oksijen miktarı yanma odasının genelinde yetersiz olabileceği gibi karışımın homojen olmaması nedeniyle lokal olarak da yetersiz olabilir. CO emisyonu eksik yanma sonucu oluştuğundan büyük ölçüde hava fazlalık katsayısına bağlı olarak değişmektedir. Ancak reaksiyon hızlarının düşük olması nedeniyle fakir karışımlarda CO'nun CO_2'ye dönüşümü tam olarak gerçekleşmez (Ergeneman ve ark., 1998).

Şekil 4.21, 4.22, 4.23, 4.24 ve 4.25'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının CO emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının CO emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen CO emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.94, %12.74 ve %23.53 azalmıştır. Maksimum torkda elde edilen CO emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.01, M10 yakıtında yaklaşık %7.86 ve M15 yakıtında yaklaşık %5.13 iyileşme görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen CO emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %3.12, %11.46 ve %30.21 azalmıştır. Maksimum güçte elde edilen CO emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.15, M10 yakıtında yaklaşık %8.23 ve M15 yakıtında yaklaşık %10.45 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde CO emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %10.38, %22.64 ve %28.3 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen CO emisyon değerlerinde setan

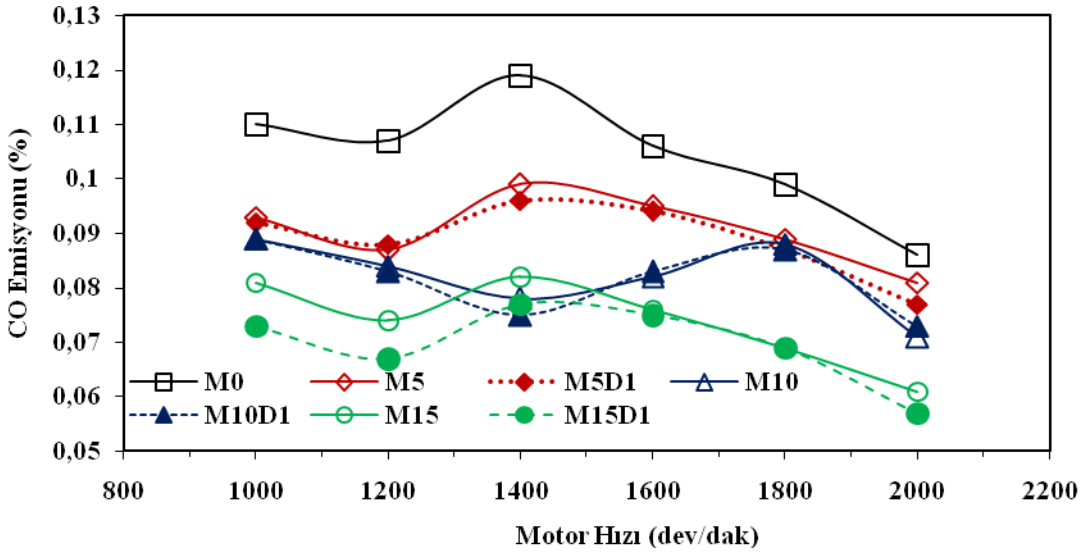
iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.05, M10 yakıtında yaklaşık %1.22 artış ve M15 yakıtında yaklaşık %1.32 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen CO emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %10.1, %11.11 ve %30.3 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen CO emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.24, M10 yakıtında yaklaşık %1.14 ve M15 yakıtında yaklaşık %0 iyileşme görülmektedir.



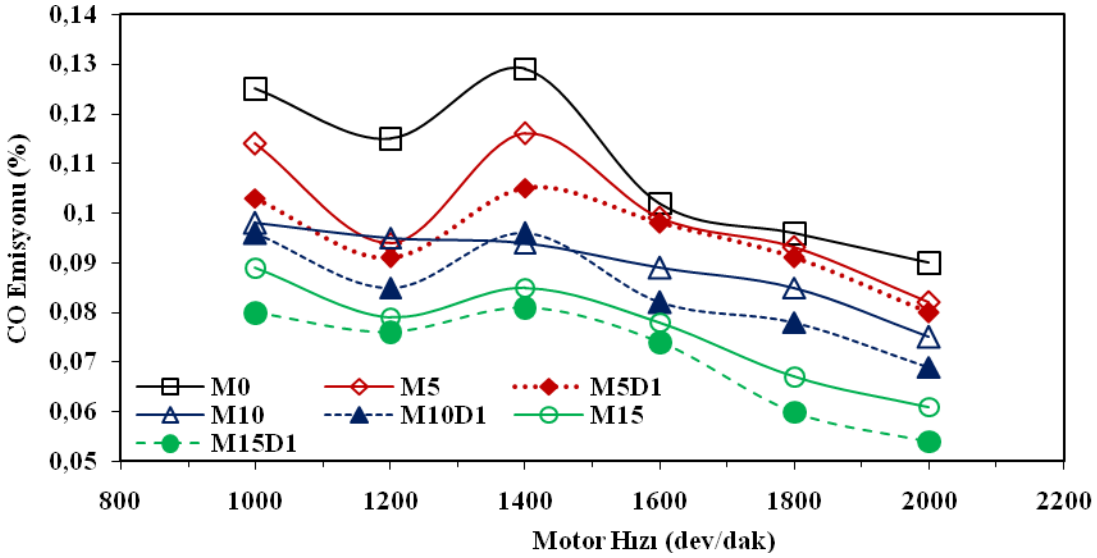
Şekil 4.21. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO emisyonu grafiği



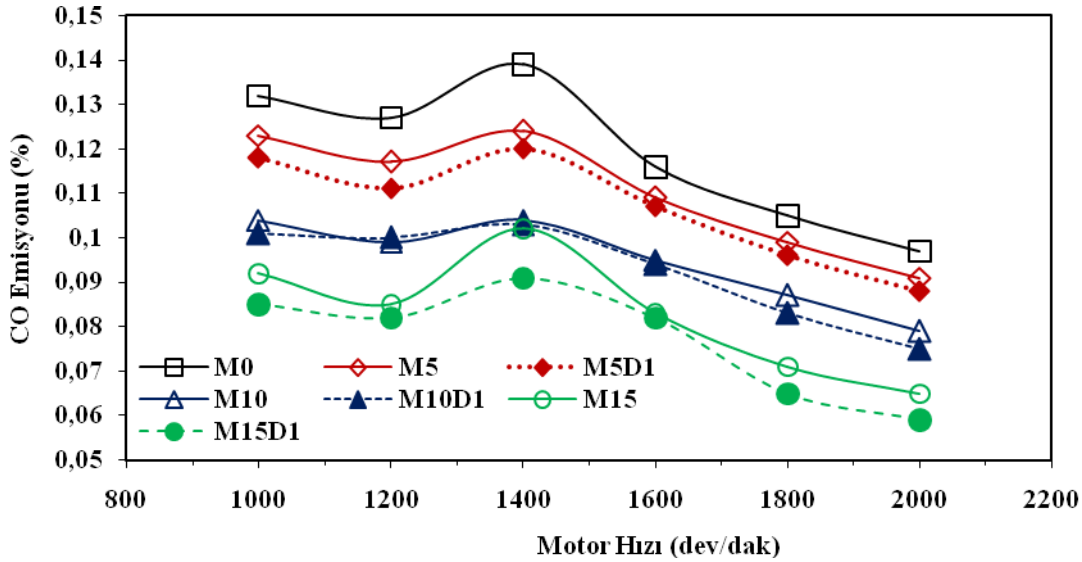
Şekil 4.22. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO emisyonu grafiği



Şekil 4.23. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO emisyonu grafiği



Şekil 4.24. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO emisyonu grafiği



Şekil 4.25. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO emisyonu grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen CO emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olmasının nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Metanolun stokiyometrik hava/yakıt oranı dizel yakıtınınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da stokiyometrik hava/yakıt oranları düşük olacaktır. Stokiyometrik hava/yakıt oranının azalması yanma için daha az havaya ihtiyaç duyulması anlamına gelmektedir. Bu nedenle metanol karışımlarının tam yanma eğilimi daha iyidir. Buda CO emisyon değerlerinin azalmasına sebep olur.
- Metanol oksijen içerdiği için karışım yakıtları da oksijen içermektedir. Bu nedenle karışım yakıtlarının silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranı dizel yakınınkinden daha fazladır. Buda hava fazlalık katsayısının artmasına ve silindir içerisinde fakir karışım oluşmasına sebep olur. Fakir karışım, yakıtın daha fazla miktarının yanmasına sebep olarak CO emisyonu değerlerinin azalmasına neden olur (İçingür ve Altıparmak, 2001, Kulakoğlu, 2009, İlhan 2007, Zhu ve ark., 2011, Lü ve ark.,2004, Can ve ark., 2004, Lei ve ark., 2010, Yılmaz, 2011, Ciniviz ve ark., 2011).

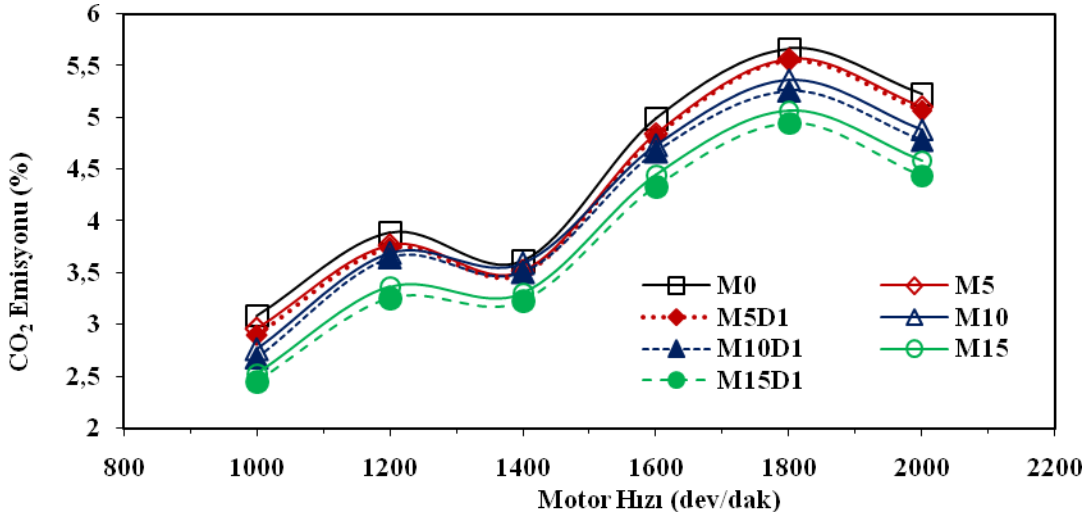
Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için CO emisyonu değerlerinin metanol katkılı yakıtlara göre genelde biraz daha azalmasına neden olmuştur.

4.2.2. CO_2 emisyonu

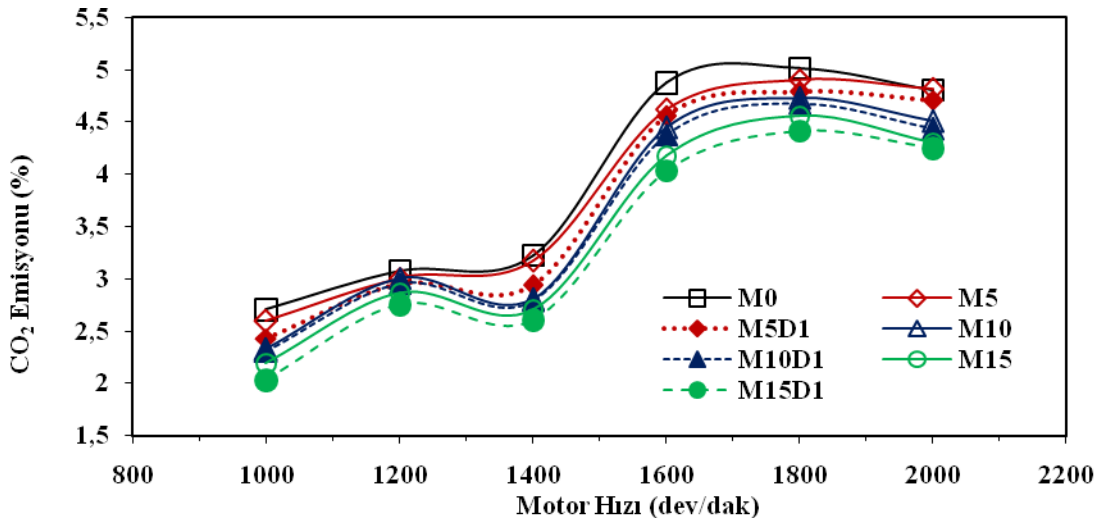
CO_2 emisyonu hidrokarbon içeren yakıtların yanmasıyla doğal olarak açığa çıkan bir gazdır. CO_2 emisyonu miktarı genel olarak yakıt içerisindeki C atomu miktarına ve yakıtın yanma verimine bağlıdır. Silindir içerisindeki karışımın zengin olması yakıtın yanma verimini azaltacağından yanma sonucu ortaya çıkan C atomları yeteri kadar O atomu bulamayacağı için CO gazı olarak egzozdan dışarı atılır.

Şekil 4.26, 4.27, 4.28, 4.29 ve 4.30'da her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının CO_2 emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının CO_2 emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen CO_2 emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO_2 emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.53, %6.95 ve %12.84 azalmıştır. Maksimum torkda elde edilen CO_2 emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile

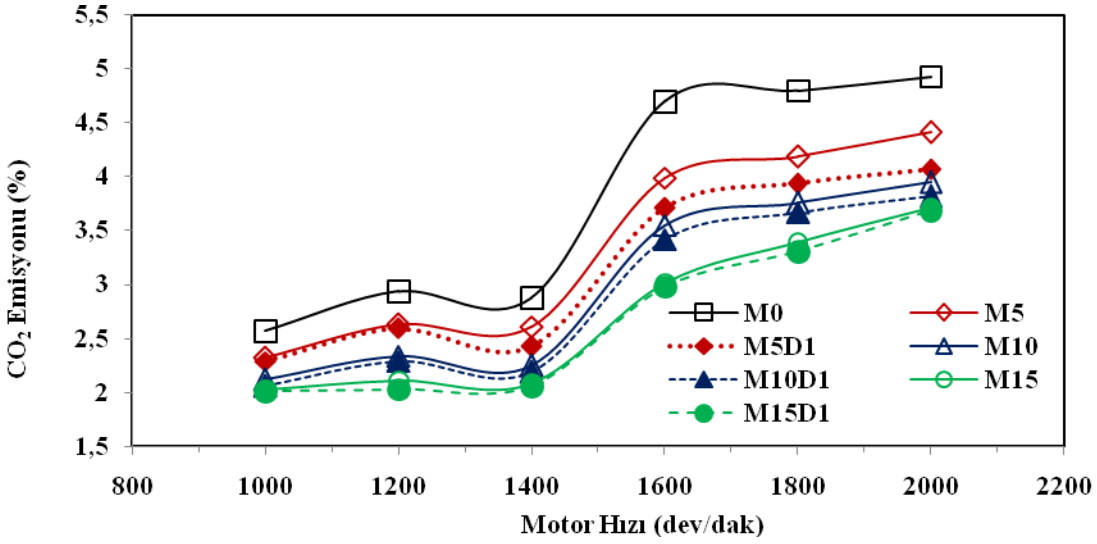
M5 yakıtında yaklaşık %0.86, M10 yakıtında yaklaşık %2.26 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.69 iyileşme görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen CO_2 emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO_2 emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.14, %6.61 ve %11.67 azalmıştır. Maksimum güçte elde edilen CO_2 emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %0.1, M10 yakıtında yaklaşık %0.87 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.76 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde CO_2 emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO_2 emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %15.11, %24.47 ve %35.96 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen CO_2 emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %7.02, M10 yakıtında yaklaşık %3.66 artış ve M15 yakıtında yaklaşık %1 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen CO_2 emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının CO_2 emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %12.71, %2.4 ve %29.37 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen CO_2 emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %5.97, M10 yakıtında yaklaşık %2.4 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.36 iyileşme görülmektedir.



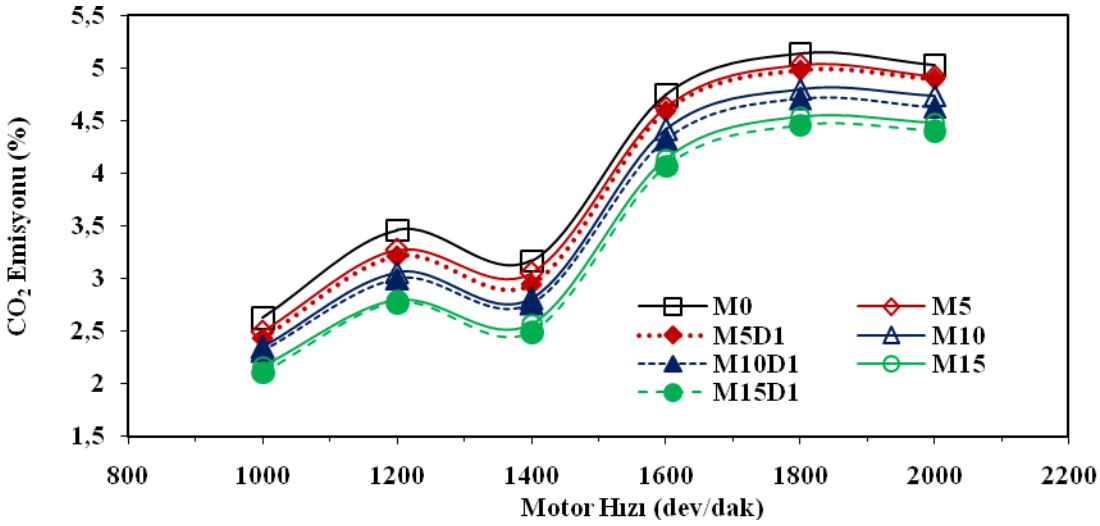
Şekil 4.26. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO_2 emisyonu grafiği



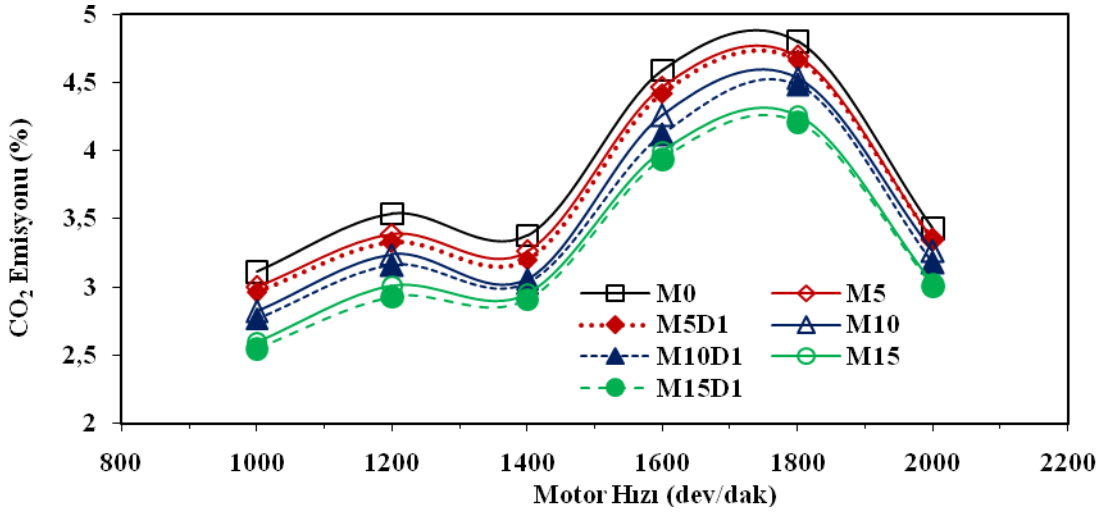
Şekil 4.27. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.28. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.29. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.30. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait CO_2 emisyonu grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen CO_2 emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olmasının nedeni; metanolun dizel yakıtına oranla daha az C atomu içermesidir. Metanolun da az C atomu içermesi karışım yakıtlarının da C atomu oranını düşürmektedir. Bu nedenle yanma sonu açığa çıkan CO_2 emisyonu değeri dizel yakıtına göre daha azdır (Erkal, 2010, Bang Quan ve ark., 2003, Cheng ve ark., 2008).

Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için CO_2 emisyonu değerlerinin metanol katkılı yakıtlara göre genelde biraz daha azalmasına neden olmuştur.

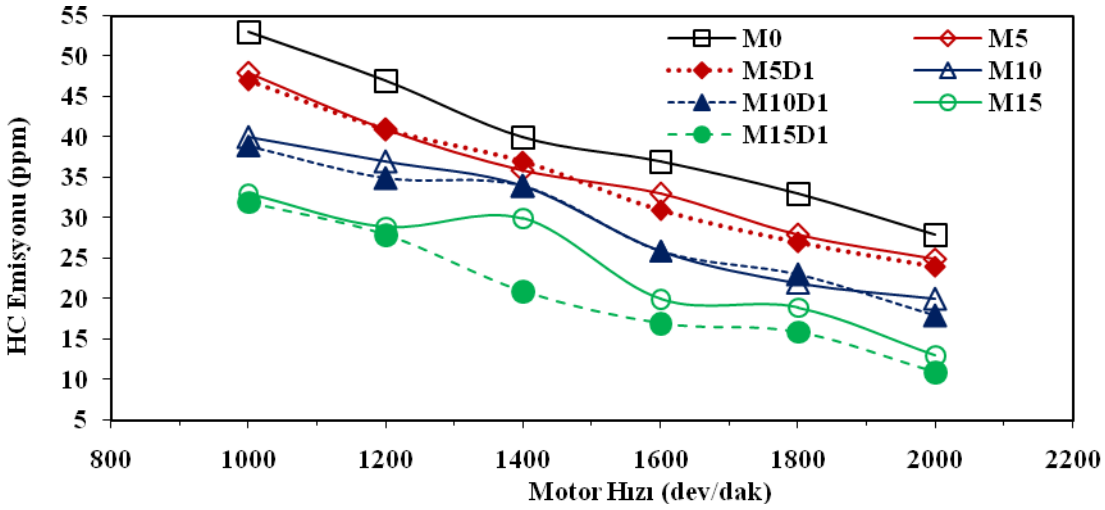
4.2.3. HC emisyonu

Egzoz gazları içerisinde hidrokarbon bulunması yakıtın tam olarak yakılmadığını gösterir. Hidrokarbon oluşumunun ana nedeni sıcaklıkların veya oksijenin yetersiz olması sonucunda (HFK 1'den küçük ise zengin karışım) yanmanın tamamlanamamasıdır. Bu durum;

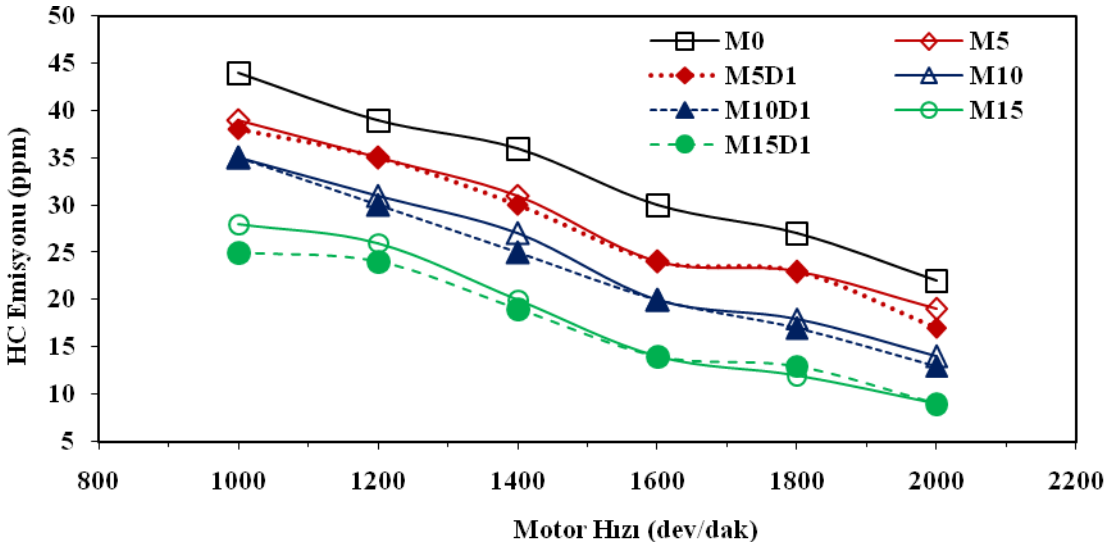
- Silindir içinde bazı bölgelerde yakıt-hava karışım oranının çok zengin ve fakir olması sonucu oksidasyon reaksiyonlarının yavaşlaması ve yanmanın tamamlanamaması,
- Silindir içerisindeki soğuk cidarlarda (silindir, silindir kafası ve piston üst yüzeyi) meydana gelen ısı kayıpları nedeniyle bu bölgeye ulaşan alevin anında sönmesi,

- Piston-silindir arası gibi dar bölgelerde alevin ilerleyemeyerek sönmesi nedeniyle oluşmaktadır (Ergeneman ve ark., 1998).

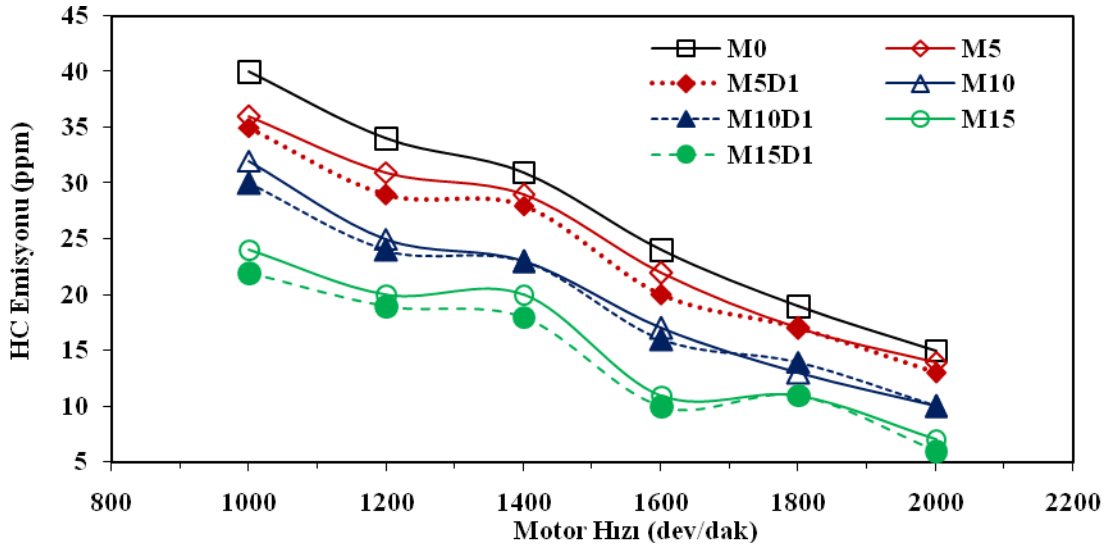
Şekil 4.31, 4.32, 4.33, 4.34 ve 4.35'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının HC emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının HC emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen HC emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HC emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %20, %44 ve %56 azalmıştır. Maksimum torkda elde edilen HC emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %0.5, M10 yakıtında yaklaşık %0 ve M15 yakıtında yaklaşık %18.18 iyileşme görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen HC emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HC emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %15, %50 ve %60 azalmıştır. Maksimum güçte elde edilen HC emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %11.76, M10 yakıtında yaklaşık %10 artış ve M15 yakıtında yaklaşık %0 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde HC emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HC emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %8.33, %29.17 ve %54.17 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen HC emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %9.1, M10 yakıtında yaklaşık %5.88 ve M15 yakıtında yaklaşık %9.1 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen HC emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HC emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %10.53, %31.58 ve %42.1 azalmıştır. Setan iyileştirici katkı maddesi kullanımının orijinal püskürtme basıncında maksimum güçte elde edilen HC emisyonu değerlerine gözle görülür bir etkisi olmamıştır.



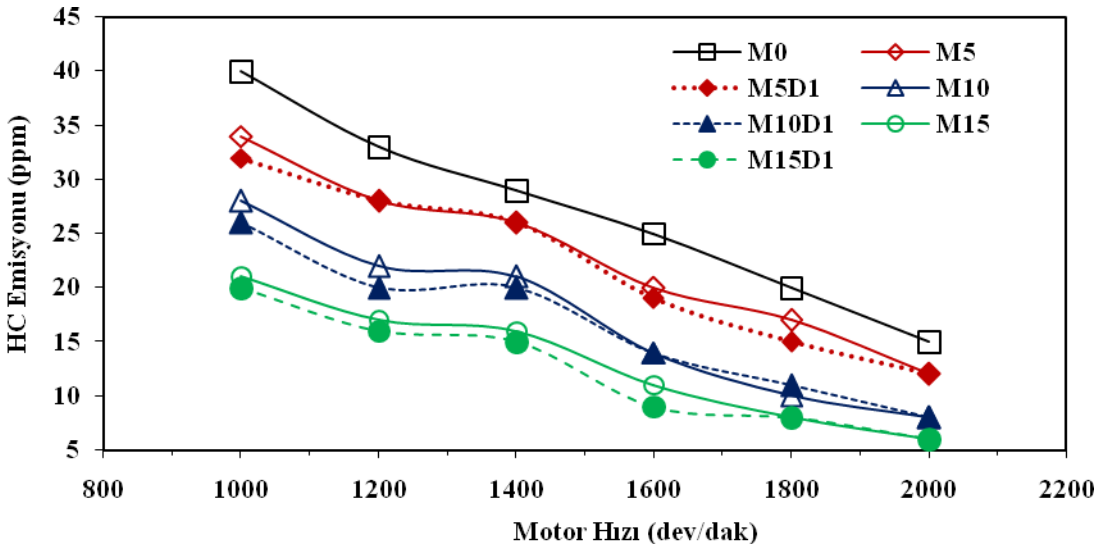
Şekil 4.31. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HC emisyonu grafiği



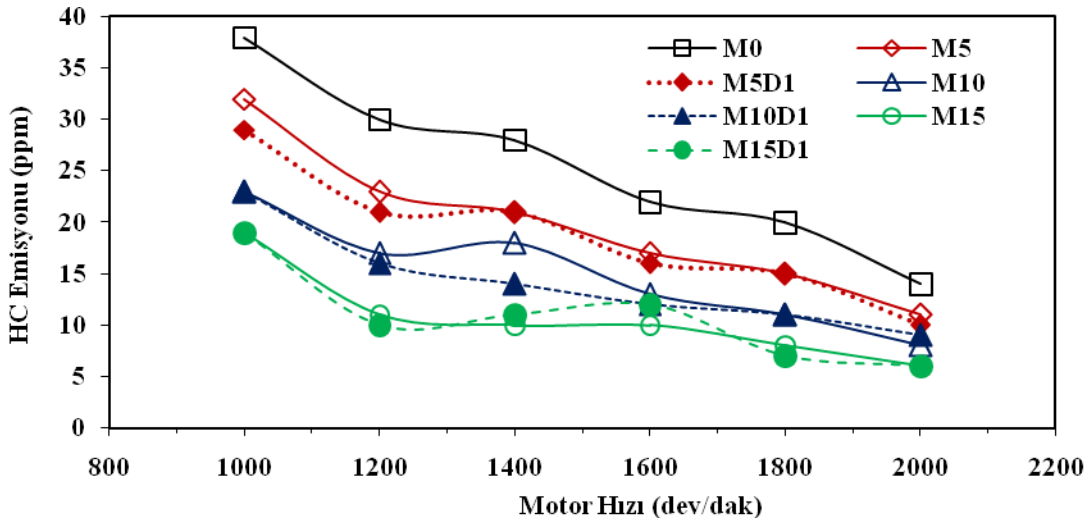
Şekil 4.32. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HC emisyonu grafiği



Şekil 4.33. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HC emisyonu grafiği



Şekil 4.34. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HC emisyonu grafiği



Şekil 4.35. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HC emisyonu grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen HC emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha düşük olmasının nedenlerini şu şekilde sıralayabiliriz;

- Metanolun H/C atomu oranı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarıda dizel yakıtına göre daha az H atomu içermektedir. Böylece yanma sonucu açığa çıkan HC emisyonu değerleri dizel yakıtınkinden daha azdır.
- Metanol oksijen içerdiği için karışım yakıtları da oksijen içermektedir. Bu nedenle karışım yakıtlarının silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranı dizel yakıtınınkinden daha fazladır. Buda hava fazlalık katsayısının artmasına ve silindir içerisinde fakir karışım oluşmasına sebep olur. Fakir karışım, yakıtın

daha fazla miktarının yanmasına sebep olarak HC emisyonu değerlerinin azalmasına neden olur.

- Metanolun viskozitesi dizel yakıtınkinden daha düşük olması, buharlaşma ısısının ve uçuculuğunun daha yüksek olması yakıt ve havanın daha iyi karışmasını sağlayacaktır. Böylece yanma verimi artacak yanmamış yakıt oranı yani HC emisyonları azalacaktır.
- Metanolun setan sayısı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da setan sayıları düşük olacaktır. Setan sayısı düştükçe tutuşma gecikmesi artacaktır. Tutuşma gecikmesinin artması egzoz gaz sıcaklığının artmasına ve HC emisyon değerlerinin azalmasına neden olur.

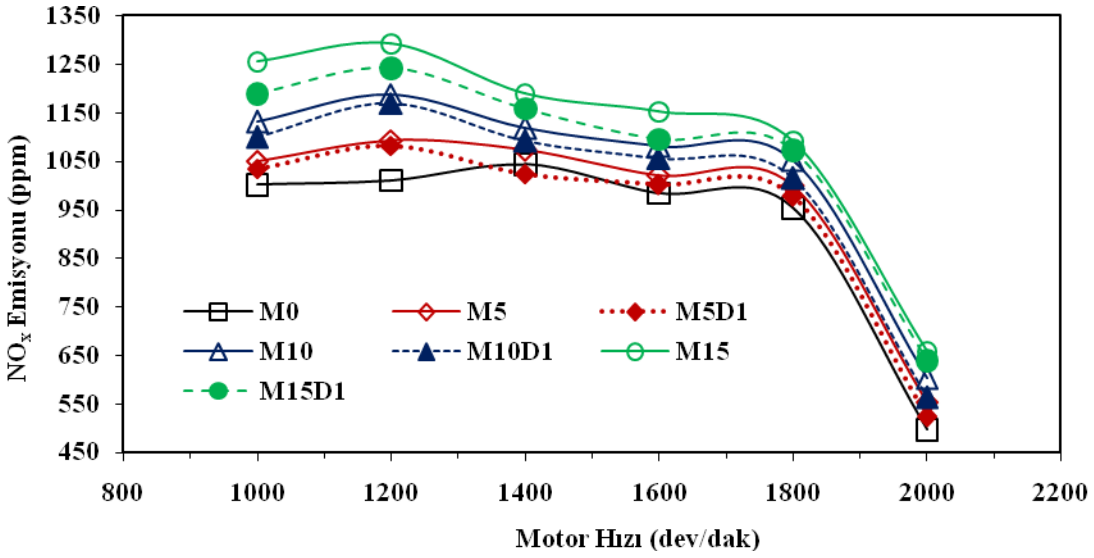
Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için HC emisyonu değerlerinin metanol katkılı yakıtlara göre genelde biraz daha azalmasına neden olmuştur (İlhan 2007, Kulakoğlu, 2009, Taymaz ve Benli, 2009, Lei ve ark., 2010, Ciniviz ve ark., 2011).

4.2.4. NO_x emisyonu

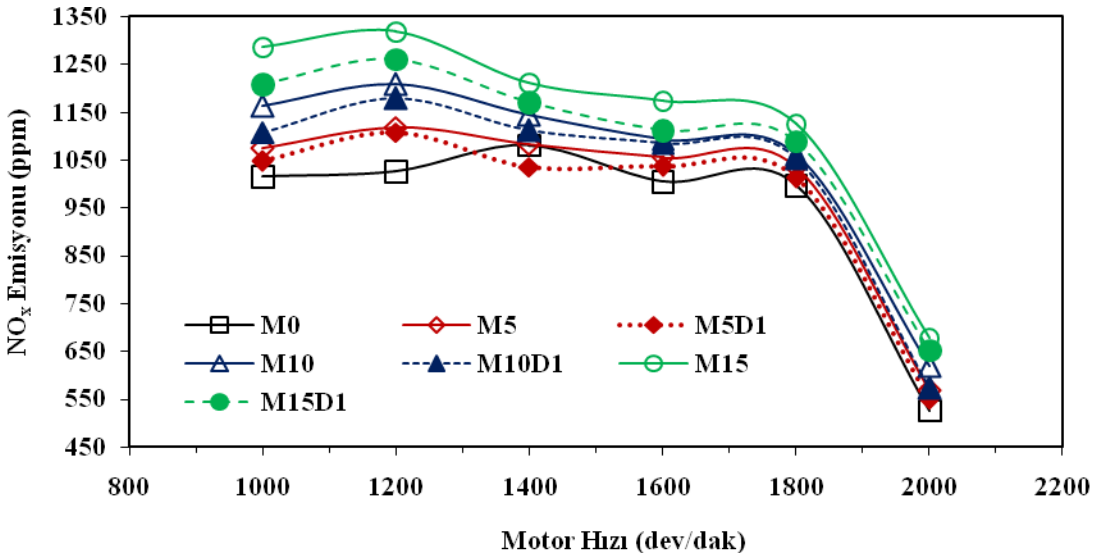
Normal şartlar altında havanın içinde azot (N_2) yanma sonucu reaksiyona girmez. Ancak motor içindeki yanmada ulaşılan yüksek sıcaklıklarda, havanın içerisindeki azotun oksijen ile reaksiyona girmesi sonucu azot oksitler meydana gelmektedir. Azot içerisinde ana eleman olarak genellikle NO bulunmaktadır. Egzoz gazlarının daha sonra atmosfere atılması sonucu oksijen ile temasında NO' nun bir kısmı NO_2 ve öteki NO_x' lere dönüşmektedir. Sonuç olarak, azot oksit oluşumunu silindir içi sıcaklığın büyük ölçüde etkilediği, sıcaklık arttıkça azot oksidin hızla arttığı anlaşılmaktadır (Ergeneman ve ark., 1998).

Şekil 4.36, 4.37, 4.38, 4.39 ve 4.40'da her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının NO_x emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının NO_x emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden yüksek çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen NO_x emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının NO_x emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.7, %7.73 ve %14.57 artmıştır. Maksimum torkda elde edilen NO_x emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.84, M10 yakıtında yaklaşık %1.34 ve M15 yakıtında

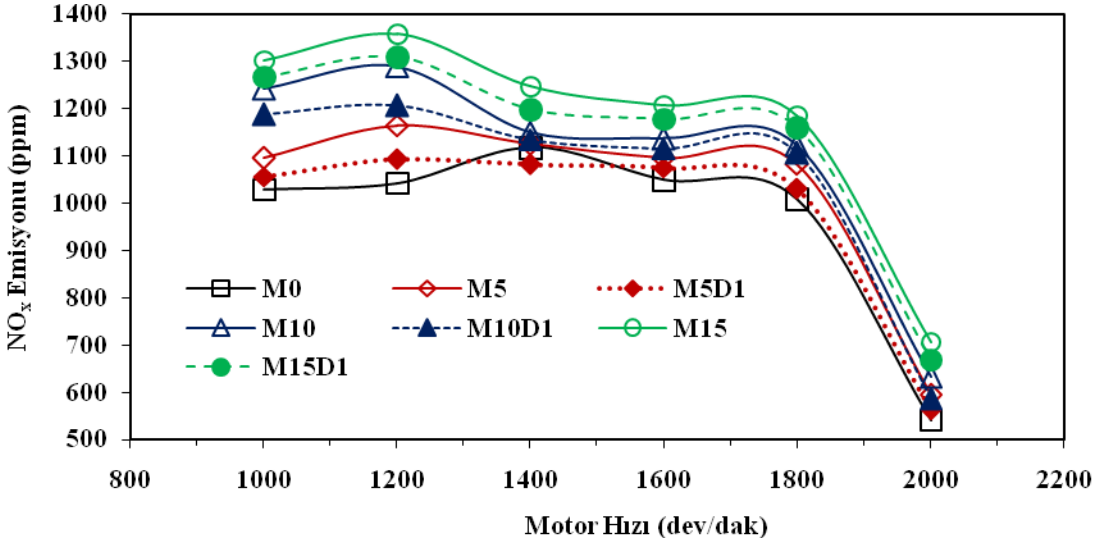
yaklaşık %2.6 iyileşme görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen NO_x emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının NO_x emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %4.1, %8.56 ve %15 artmıştır. Maksimum güçte elde edilen NO_x emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.5, M10 yakıtında yaklaşık %1.2 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.75 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde NO_x emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının NO_x emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %4.38, %8.28 ve %15 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen NO_x emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.92, M10 yakıtında yaklaşık %1.85 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.48 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen NO_x emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının NO_x emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %7.33, %11.12 ve %17.54 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen NO_x emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %4.8, M10 yakıtında yaklaşık %1.33 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.75 iyileşme görülmektedir.



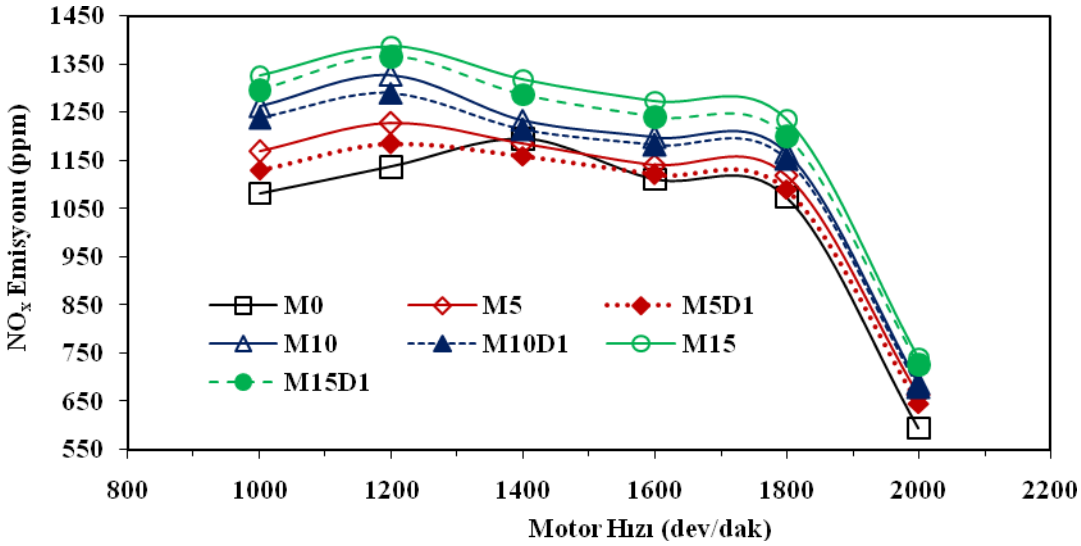
Şekil 4.31. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait NO_x emisyonu grafiği



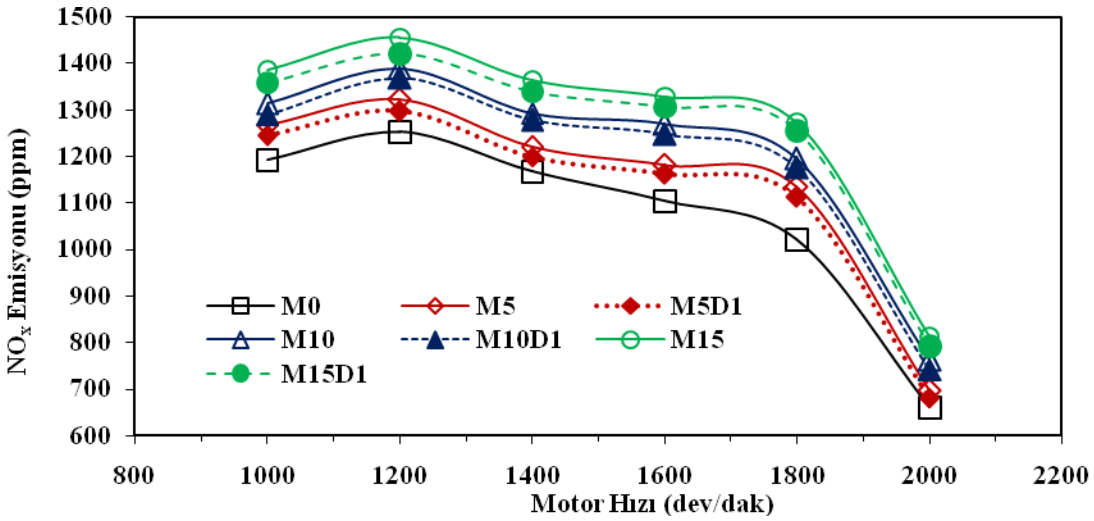
Şekil 4.37. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait NO_x emisyonu grafiği



Şekil 4.38. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait NO_x emisyonu grafiği



Şekil 4.39. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait NO_x emisyonu grafiği



Şekil 4.40. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait NO_x emisyonu grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha fazla olmasının nedenleri;

Metanolun setan sayısı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da setan sayıları düşük olacaktır. Setan sayısı düştükçe tutuşma gecikmesi artacaktır. Tutuşma gecikmesinin artması egzoz gazı sıcaklığının da artmasına neden olur. Artan egzoz gazı sıcaklığı NO_x emisyon değerlerinin artmasına neden olmuştur. Ayrıca yanma periyodu uzayacağı için N ve O atomlarının tepkimeye girme süreleri de artacaktır. Bunun yanında yoğunluğun azalmasıdır.

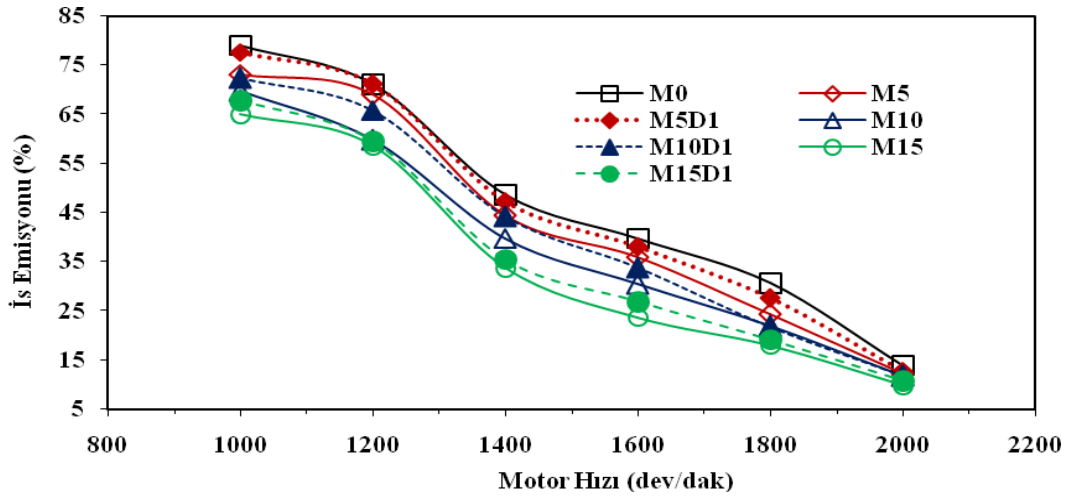
Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için NO_x emisyonu değerlerinin metanol katkılı yakıtlara göre genelde biraz daha azalmasına neden olmuştur (Qi D.H. ve ark., 2010, Özdemir, 2011, Ciniviz ve ark., 2011).

4.2.5. İs emisyonu

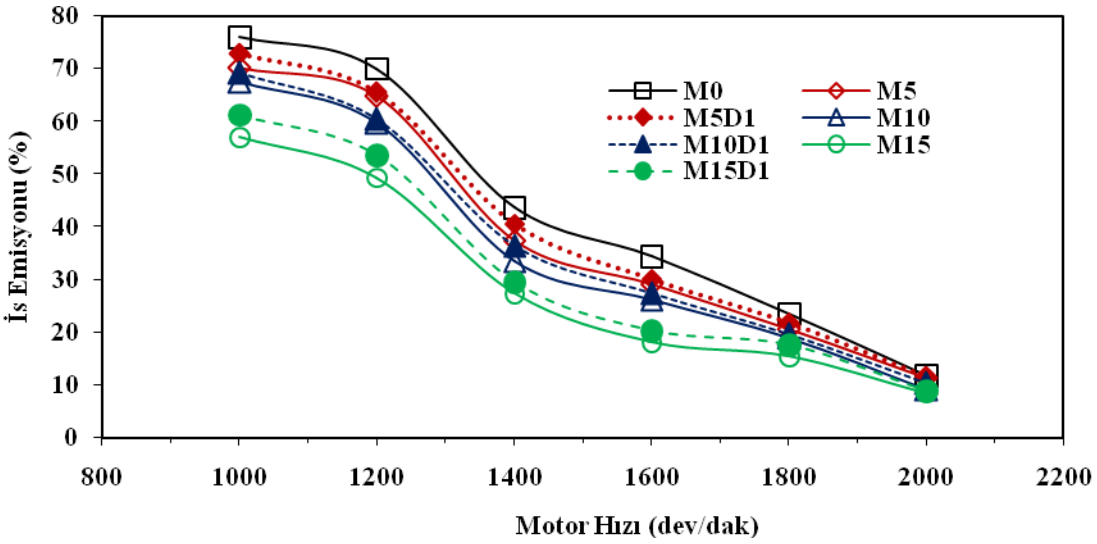
Dizel motorunda silindir içinde sıvı halde bulunan yakıt damlasının içindeki hidrojen molekülleri, hızlı bir şekilde reaksiyona girmekte (oksijenle birleşmekte) ve geriye kalan karbon atomları yeterli oksijen bulamadığından yanmayarak is partikülleri halinde dışarı atılmaktadır. İs oluşumunun başlıca nedeni dizel yakıtının silindir içinde yeterli hava bulunmaması, veya zamanında hızla hava ile karışamaması ve buharlaşamamasıdır (Ergenemen ve ark., 1998).

Şekil 4.41, 4.42, 4.43, 4.44 ve 4.45'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının is emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm

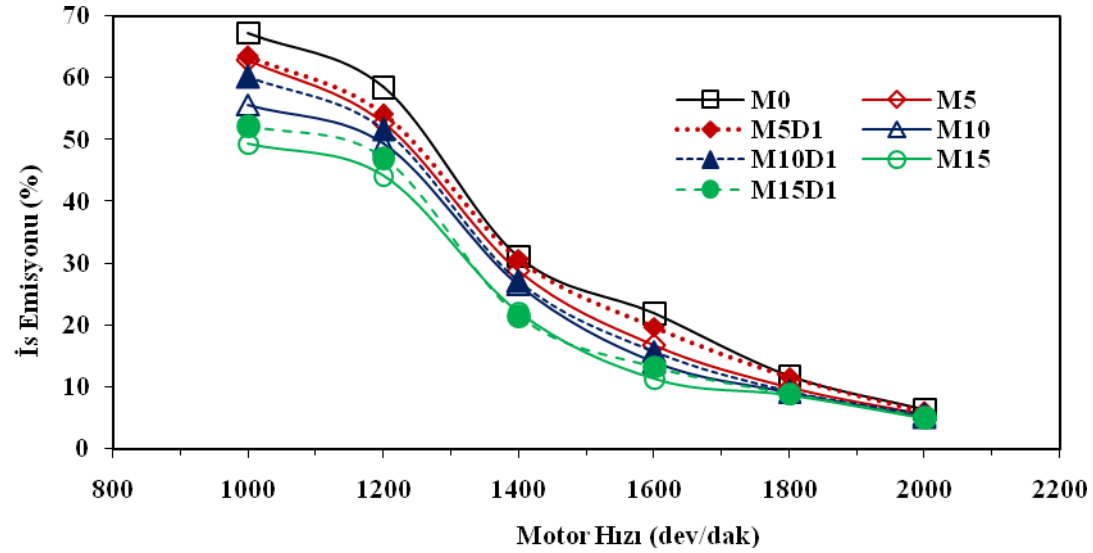
karışım yakıtlarının is emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden düşük çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen is emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının is emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %31.9, %34.5 ve %41.38 azalmıştır. Maksimum torkda elde edilen is emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %12.66, M10 yakıtında yaklaşık %8 ve M15 yakıtında yaklaşık %10.3 artış görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen is emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının is emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %32.67, %47.52 ve %47.52 azalmıştır. Maksimum güçte elde edilen is emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %27.94, M10 yakıtında yaklaşık %47.17 ve M15 yakıtında yaklaşık %0 artış görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde is emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının is emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %23.29, %36.1 ve %48.4 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen is emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %17.86, M10 yakıtında yaklaşık %12.86 ve M15 yakıtında yaklaşık %17.7 artış görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen is emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının is emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %16, %22.7 ve %26.05 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen is emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %17, M10 yakıtında yaklaşık %1.1 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.27 artış görülmektedir.



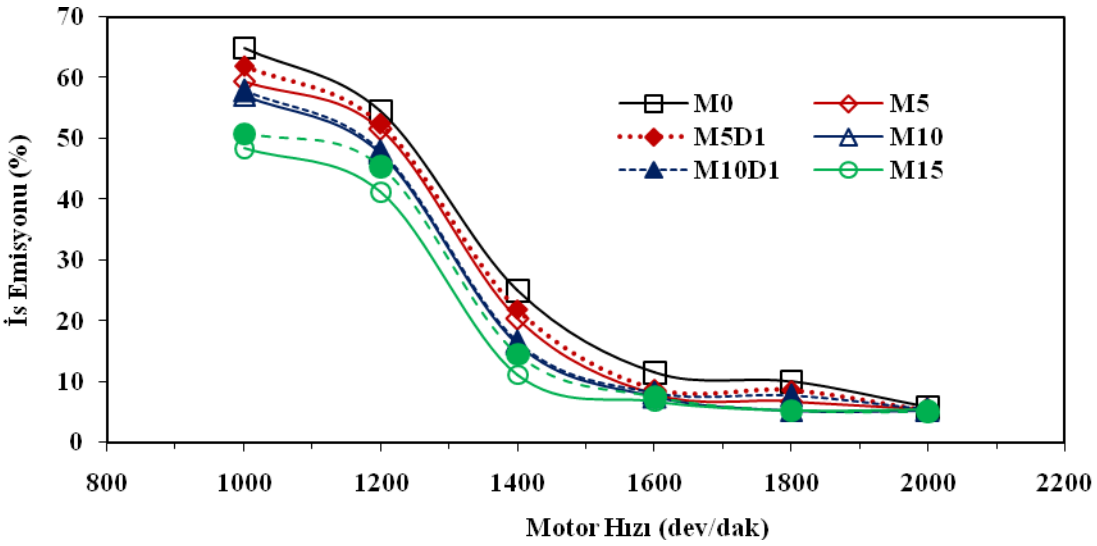
Şekil 4.41. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait is emisyonu grafiği



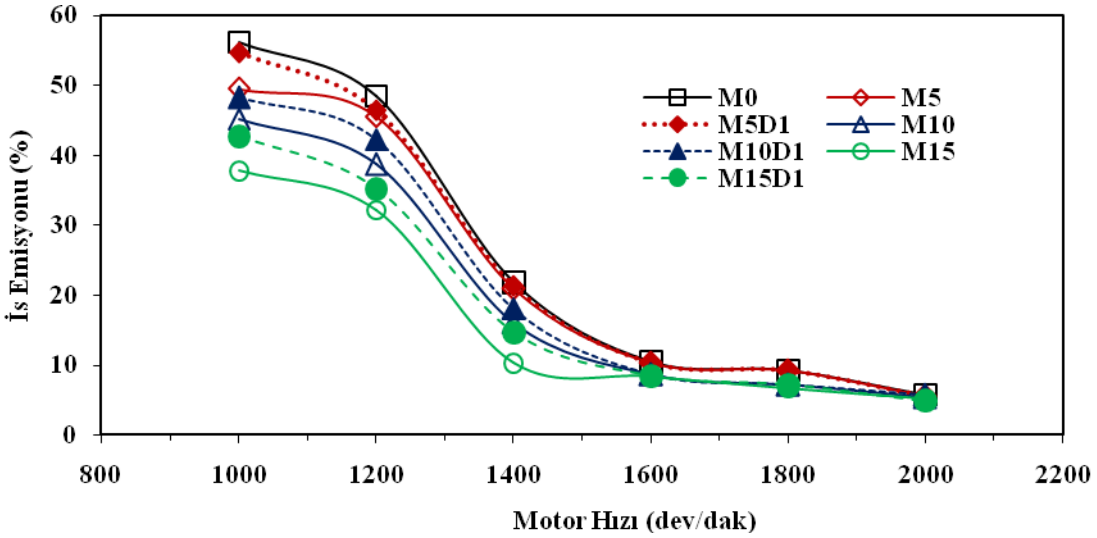
Şekil 4.42. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait is emisyonu grafiği



Şekil 4.43. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait is emisyonu grafiği



Şekil 4.44. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait is emisyonu grafiği



Şekil 4.45. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait is emisyonu grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen is emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha az olmasının nedenleri;

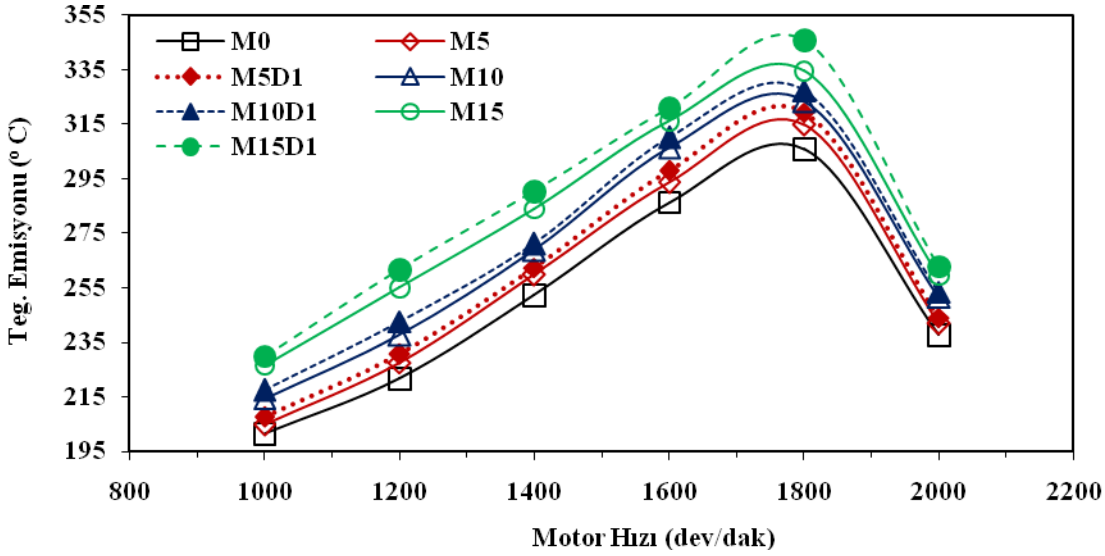
- Metanolun H/C atomu oranı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarıda dizel yakıtına göre daha az C atomu içermektedir. Böylece yanma sonucu açığa çıkan is emisyonu değerleri dizel yakıtınkinden daha azdır.
- Metanol oksijen içerdiği için karışım yakıtları da oksijen içermektedir. Bu nedenle karışım yakıtlarının silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranı dizel yakıtınınkinden daha fazladır. Buda hava fazlalık katsayısının artmasına ve silindir içerisinde fakir karışım oluşmasına sebep olur. Fakir karışım, yakıtın daha fazla miktarının yanmasına sebep olarak is emisyonu değerlerinin azalmasına neden olur.
- Metanolun viskozitesi dizel yakıtınkinden daha düşük olması, buharlaşma ısısının ve uçuculuğunun daha yüksek olması yakıt ve havanın daha iyi karışmasını sağlayacaktır. Böylece yanma verimi artacak yanmamış yakıt oranı yani is emisyonları azalacaktır.

Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan katkı maddesi setan sayısını artırdığı için is emisyonu değerlerinin metanol katkılı yakıtlara göre genelde biraz daha artmasına neden olmuştur (Lü ve ark., 2004, Can ve ark., 2004, Lei ve ark., 2010, Bang-Quan ve ark., 2003).

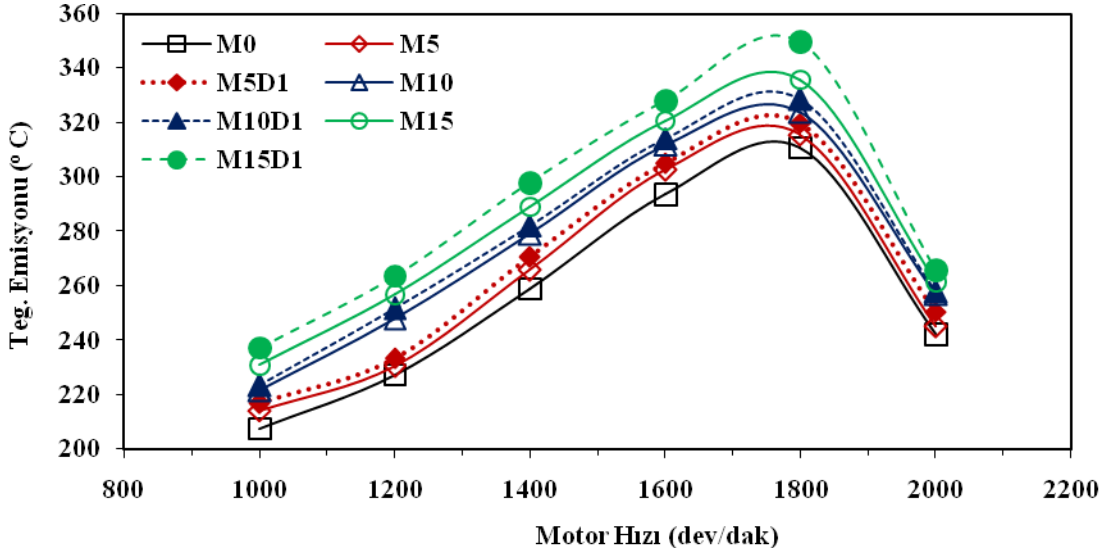
4.2.6. Egzoz gazı sıcaklığı

Yanma sonu silindir içerisinde bulunan egzoz gazlarının sıcaklığı egzoz emisyonlarını etkileyen önemli parametrelerden biridir. Egzoz gazı sıcaklığı yakıt özelliklerine (setan sayısı, yoğunluk, viskozite, ısıl değer vb.) ve motor işletme parametrelerine (sıkıştırma oranı, enjektör basıncı, püskürtme avansı vb.) göre değişir.

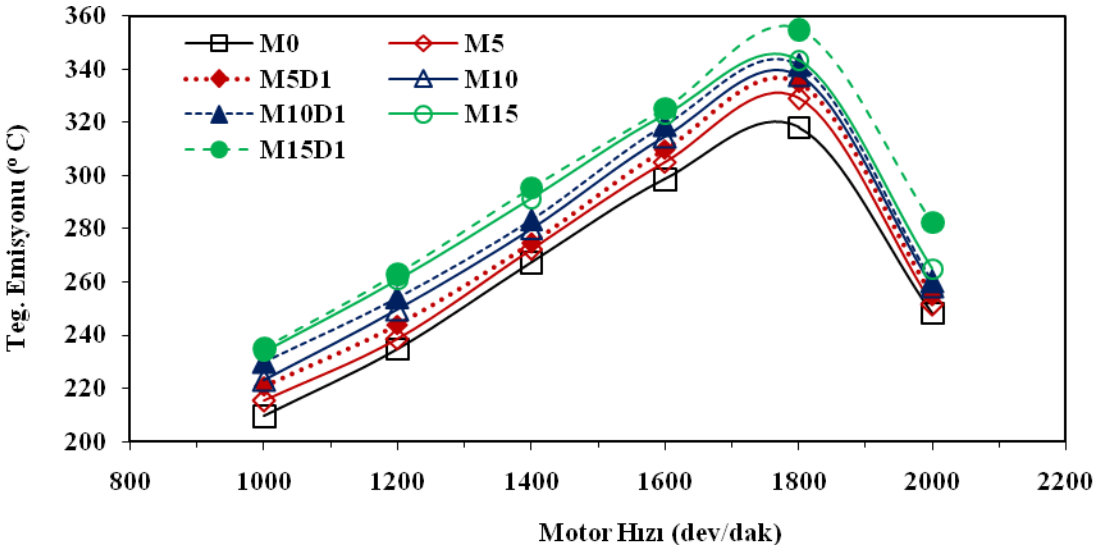
Şekil 4.46, 4.47, 4.48, 4.49 ve 4.50'de her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının egzoz sıcaklığına etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının egzoz sıcaklığı değerleri dizel yakıtınınkinden yüksek çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen egzoz sıcaklığı değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının egzoz sıcaklığı emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.81, %7.46 ve %10.9 artmıştır. Maksimum torkda elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.07, M10 yakıtında yaklaşık %1.08 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.14 iyileşme görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının egzoz sıcaklığı emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.12, %6.53 ve %10.62 artmıştır. Maksimum güçte elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %0.9, M10 yakıtında yaklaşık %1.71 ve M15 yakıtında yaklaşık %0.9 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde egzoz sıcaklığı emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının egzoz sıcaklığı emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.21, %5.32 ve %8.14 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.54, M10 yakıtında yaklaşık %1.37 ve M15 yakıtında yaklaşık %0.7 iyileşme görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının egzoz sıcaklığı emisyon değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %3.43, %6.1 ve %7.9 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen egzoz sıcaklığı emisyon değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.76, M10 yakıtında yaklaşık %1.16 ve M15 yakıtında yaklaşık %3.44 iyileşme görülmektedir.



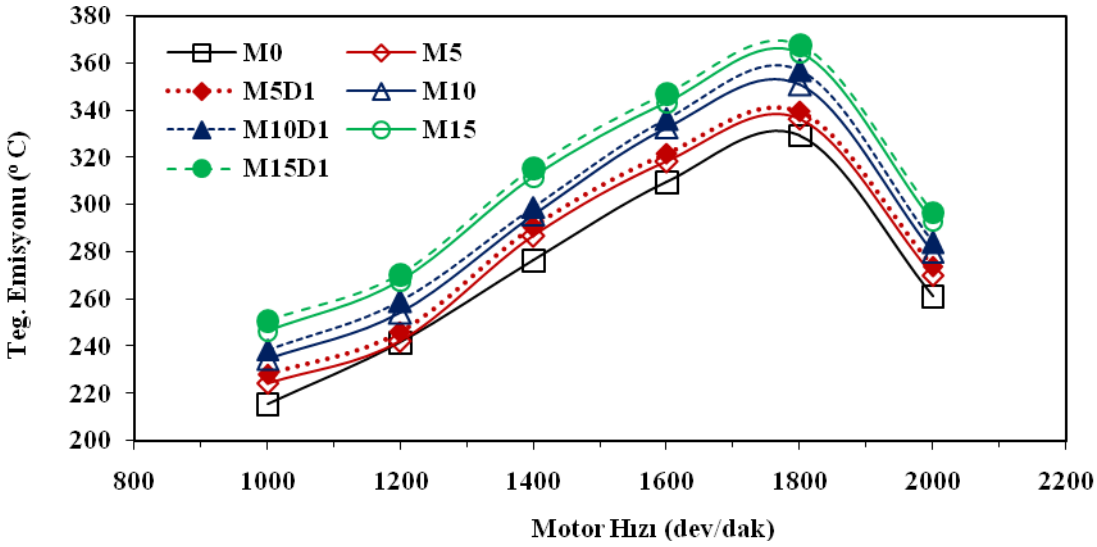
Şekil 4.46. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait egzoz gazı sıcaklığı grafiği



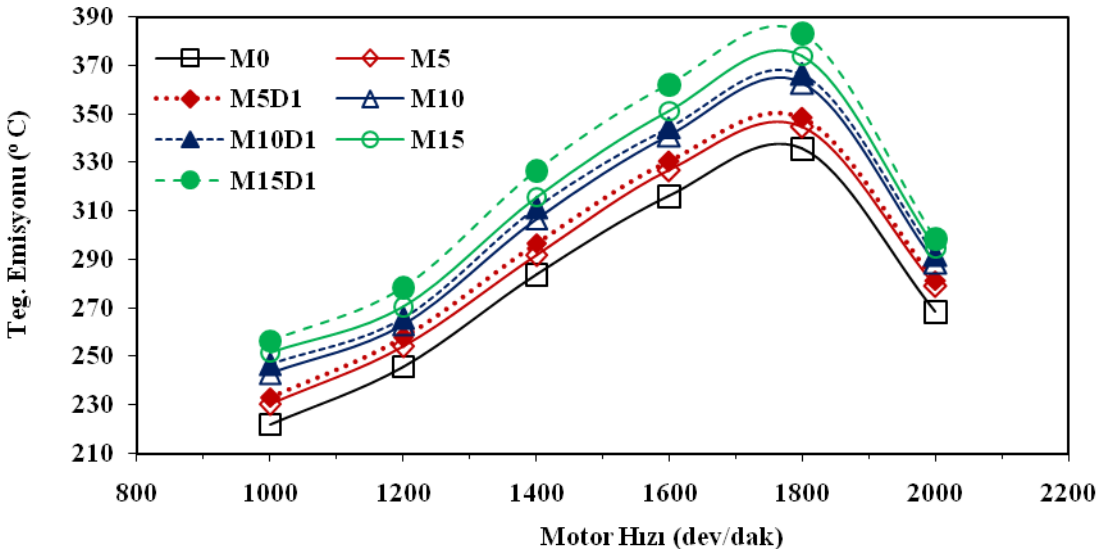
Şekil 4.47. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait egzoz gazı sıcaklığı grafiği



Şekil 4.48. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait egzoz gazı sıcaklığı grafiği



Şekil 4.49. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait egzoz gazı sıcaklığı grafiği



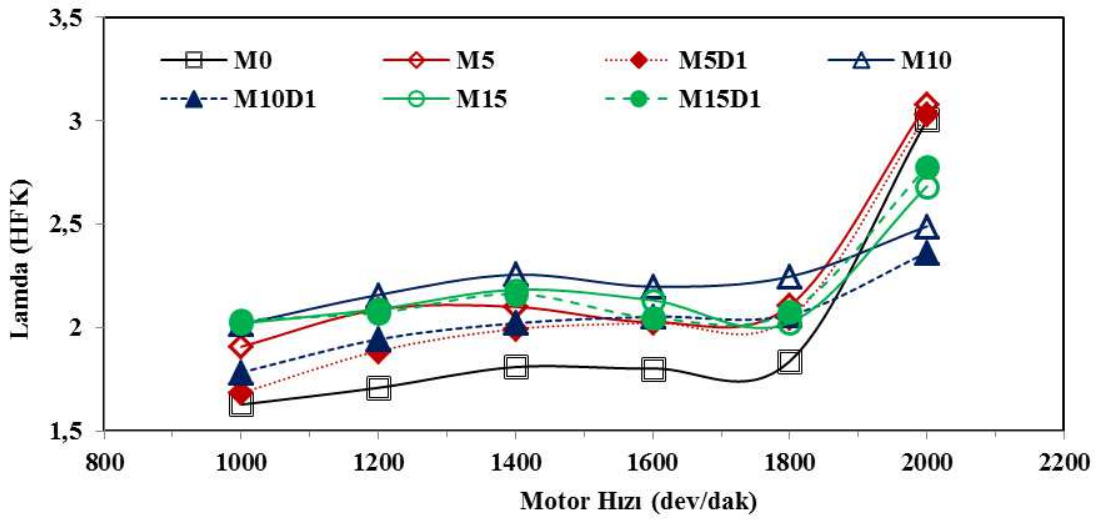
Şekil 4.50. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait egzoz gazı sıcaklığı grafiği

Dizel yakıtı – metanol karışım yakıtlarından elde edilen NO_x emisyonu değerlerinin dizel yakıtından daha fazla olmasının nedenleri; Metanolun, karışım yakıtlarının setan sayılarını düşürmesi tutuşma gecikmesini artırmaktadır. Tutuşma gecikmesinin artması silindir içerisinde yakıtın daha fazla miktarının yanmasına neden olur. Bu da hem basınç artış oranının artmasına hemde silindir içerisinde yanma sonucu oluşan egzoz gazının sıcaklığının artmasına sebep olur (Uslu, 2006, İlhan, 2007, Kulakoğlu, 2009, Bang-Quan ve ark., 2003).

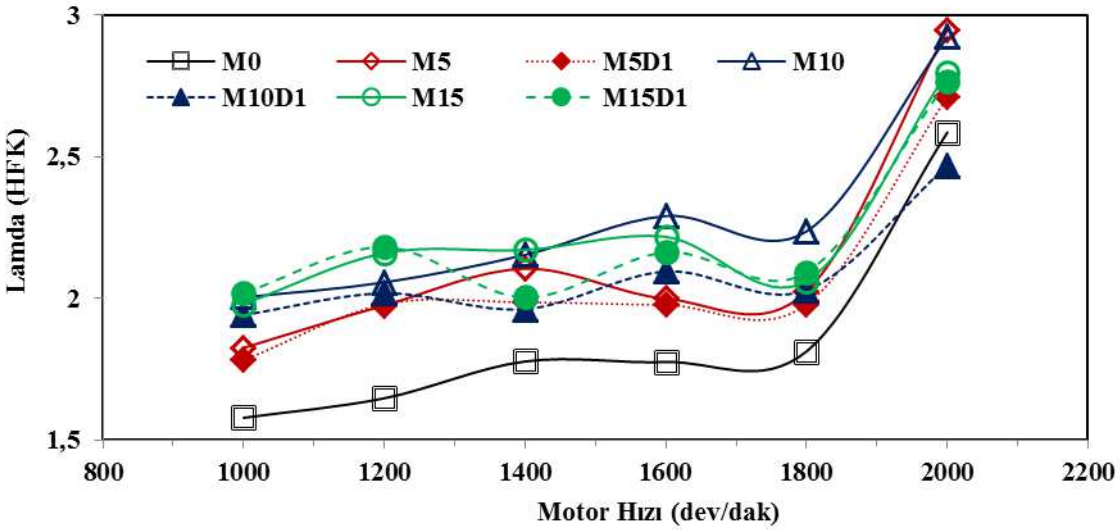
4.2.7. Lamda (Hava fazlalık katsayısı)

Lamda (HFK) gerçek hava/yakıt oranının stokiyometrik hava/yakıt oranına oranıdır. Şekil 4.51, 4.52, 4.53, 4.54 ve 4.55'de her bir enjektör püskürtme basıncında

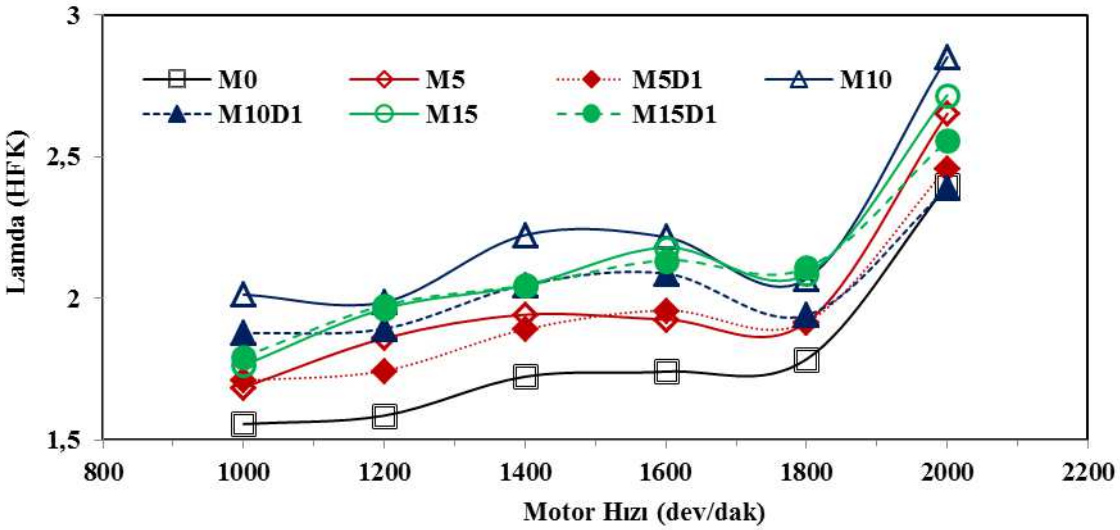
farklı yakıt karışımlarının HFK'na etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının HFK değerleri genellikle dizel yakıtınınkinden fazla çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen HFK değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HFK değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %8.92, %24.9 ve %17.1 artmıştır. Maksimum torkda elde edilen HFK değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.94 artış, M10 yakıtında yaklaşık %6.6 ve M15 yakıtında yaklaşık %10.22 azalma görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen HFK değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HFK değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %4.22, %20.8 ve %14.79 artmıştır. Maksimum güçte elde edilen HFK değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.25 artış, M10 yakıtında yaklaşık %8 ve M15 yakıtında yaklaşık %1.35 azalma görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde HFK değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HFK değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %10.57, %27.27 ve %25.15 azalmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen HFK değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.68 artış, M10 yakıtında yaklaşık %5.81 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.1 azalma görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum güç değerinde elde edilen HFK değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının HFK değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %7.31, %15.9 ve %16.82 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen HFK değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %0.58 artış, M10 yakıtında yaklaşık %6.21 azalma ve M15 yakıtında yaklaşık %1.05 artış görülmektedir.



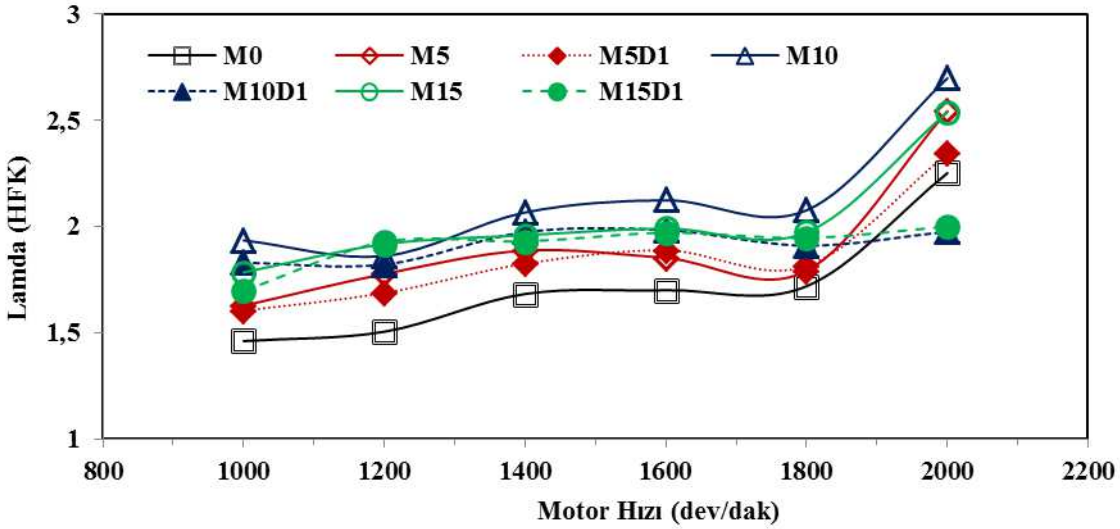
Şekil 4.51. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HFK grafiği



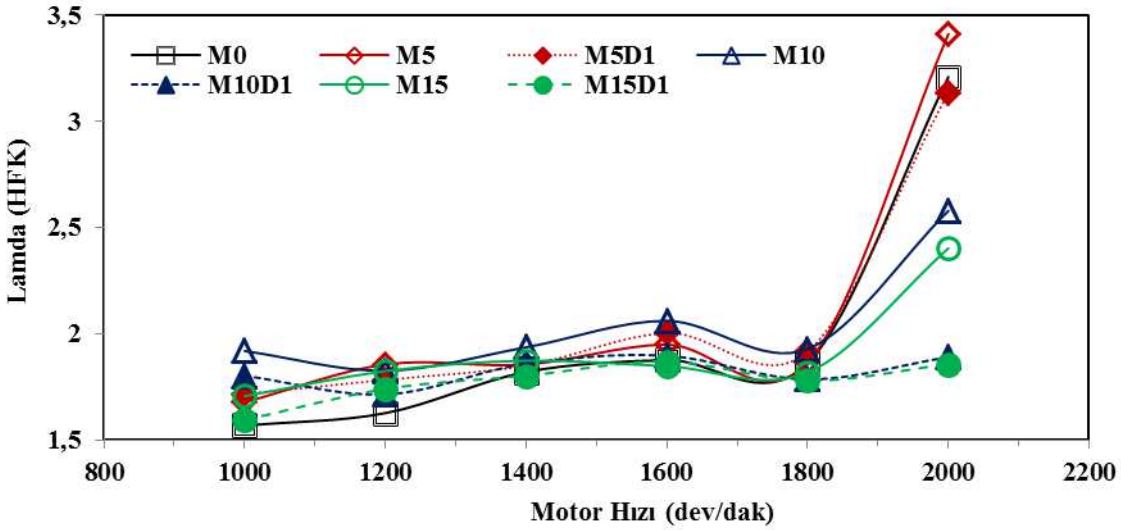
Şekil 4.52. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HFK grafiği



Şekil 4.53. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HFK grafiği



Şekil 4.54. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HFK grafiği

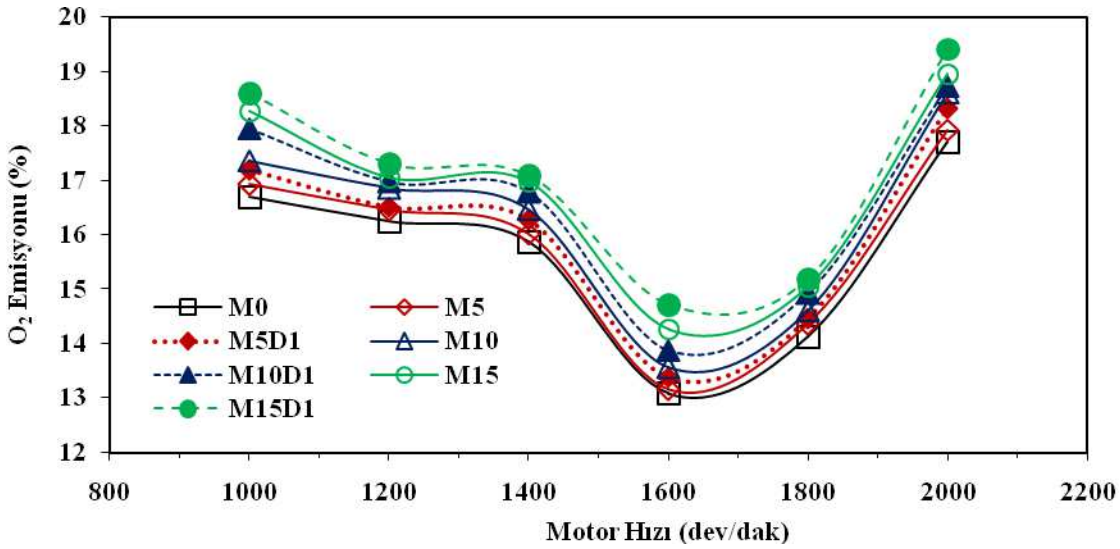


Şekil 4.55. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait HFK grafiği

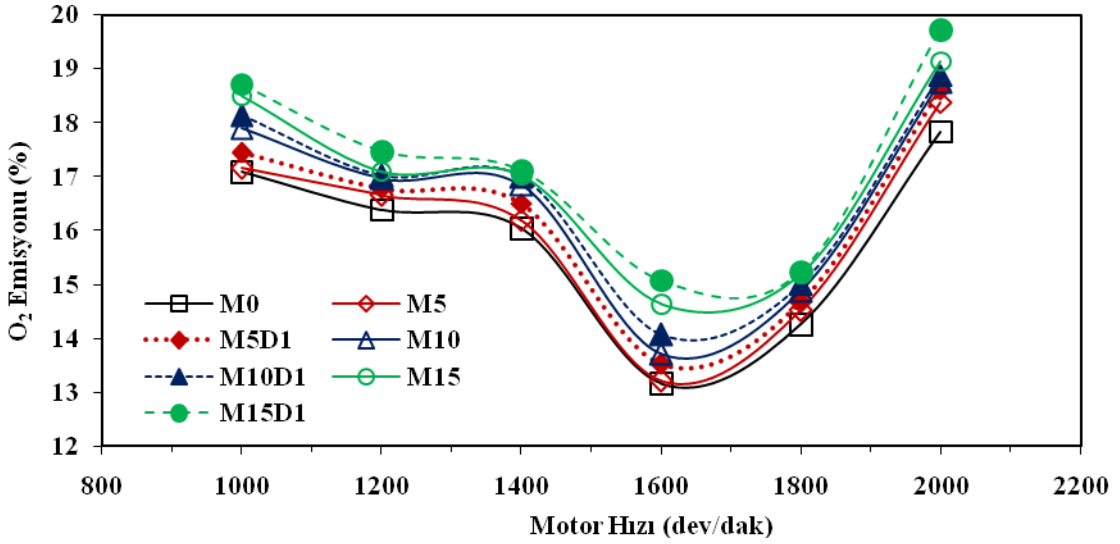
4.2.8. O_2 emisyonu

O_2 emisyonu silindir içerisindeki oksijen/yakıt oranına bağlıdır. Şekil 4.56, 4.57, 4.58, 4.59 ve 4.60'da her bir enjektör püskürtme basıncında farklı yakıt karışımlarının O_2 emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm karışım yakıtlarının O_2 emisyonu değerleri dizel yakıtınınkinden fazla çıkmıştır. Maksimum tork değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen O_2 emisyonu değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının O_2 emisyonu değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %2.19, %9.63 ve %17.29 artmıştır. Maksimum torkda elde edilen O_2 emisyonu değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %2.28, M10 yakıtında yaklaşık %5.59 ve M15 yakıtında yaklaşık %0.81 artış görülmektedir. Maksimum güç değerinin elde edildiği püskürtme basıncı ve motor hızında elde edilen O_2 emisyonu değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının O_2 emisyonu değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %1.41, %6.51 ve %9 artmıştır. Maksimum güçte elde edilen O_2 emisyonu değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.12, M10 yakıtında yaklaşık %0.76 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.4 artış görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum tork değerinde O_2 emisyonu değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının O_2 emisyonu değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %3.15, %5.4 ve %10.9 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen O_2 emisyonu değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile M5 yakıtında yaklaşık %1.31, M10 yakıtında yaklaşık %3.7 ve M15 yakıtında yaklaşık %2.44 artış görülmektedir. Orijinal enjektör püskürtme basıncı değeri olan 175 bar' da maksimum

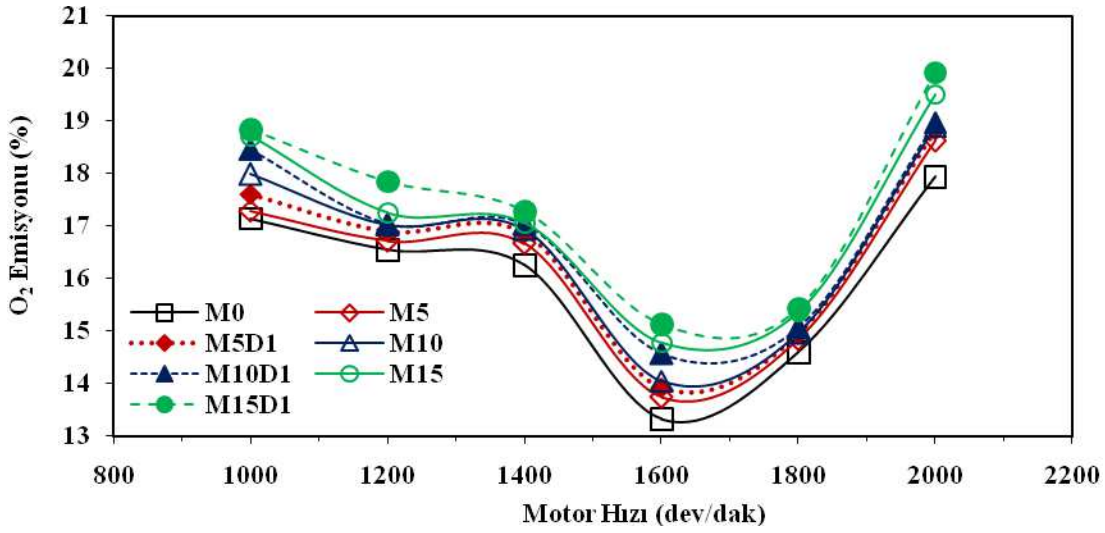
güç değerinde elde edilen O_2 emisyonu değerleri karşılaştırıldığında M5, M10 ve M15 yakıtlarının O_2 emisyonu değerleri dizel yakıtına göre sırası ile yaklaşık %1.64, %2.47 ve %5.27 artmıştır. Orijinal püskürtme basıncında elde edilen O_2 emisyonu değerlerinde setan iyileştirici kullanımı ile dizel yakıtı ve karışım yakıtlarından elde edilen O_2 emisyonu değerlerinde gözle görülür bir değişim görülmemiştir.



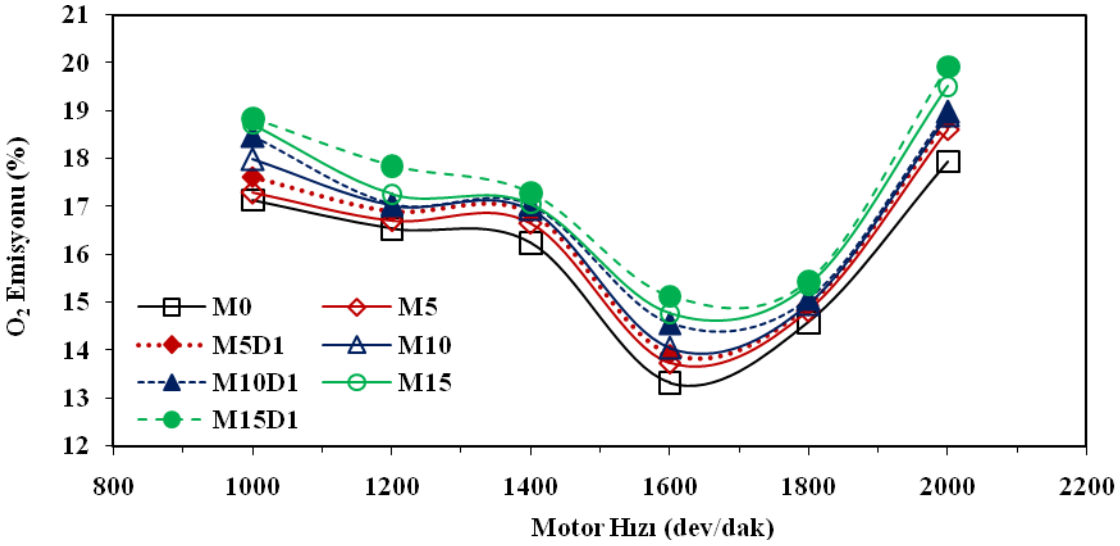
Şekil 4.56. 165 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait O_2 emisyonu grafiği



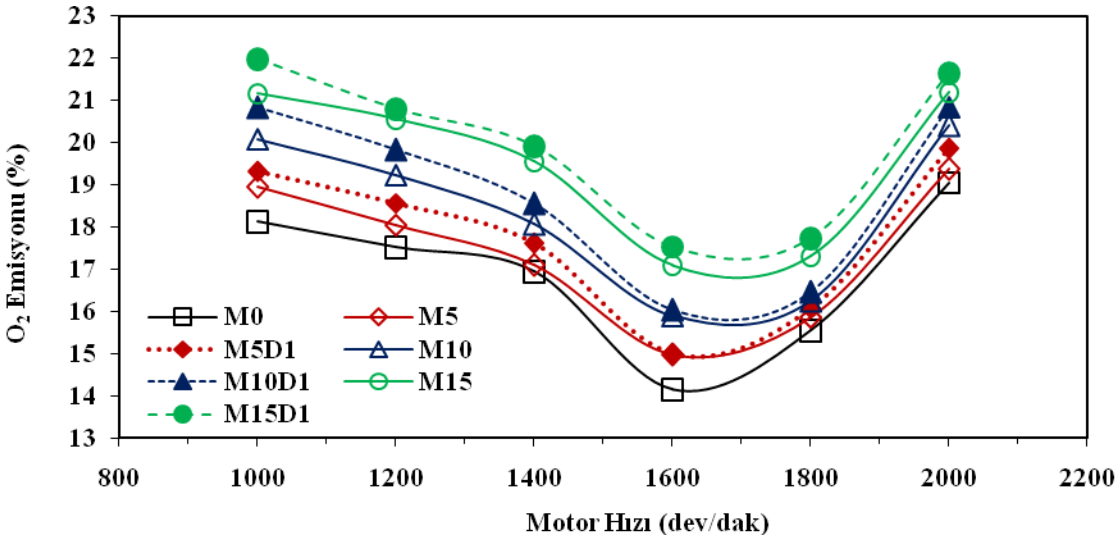
Şekil 4.57. 170 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait O_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.58. 175 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait O_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.59. 185 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait O_2 emisyonu grafiği



Şekil 4.60. 195 bar püskürtme basıncında yakıt karışımlarına ait O_2 emisyonu grafiği

4.3. Farklı Püskürtme Basıncındaki Motor Performansı Deney Sonuçları

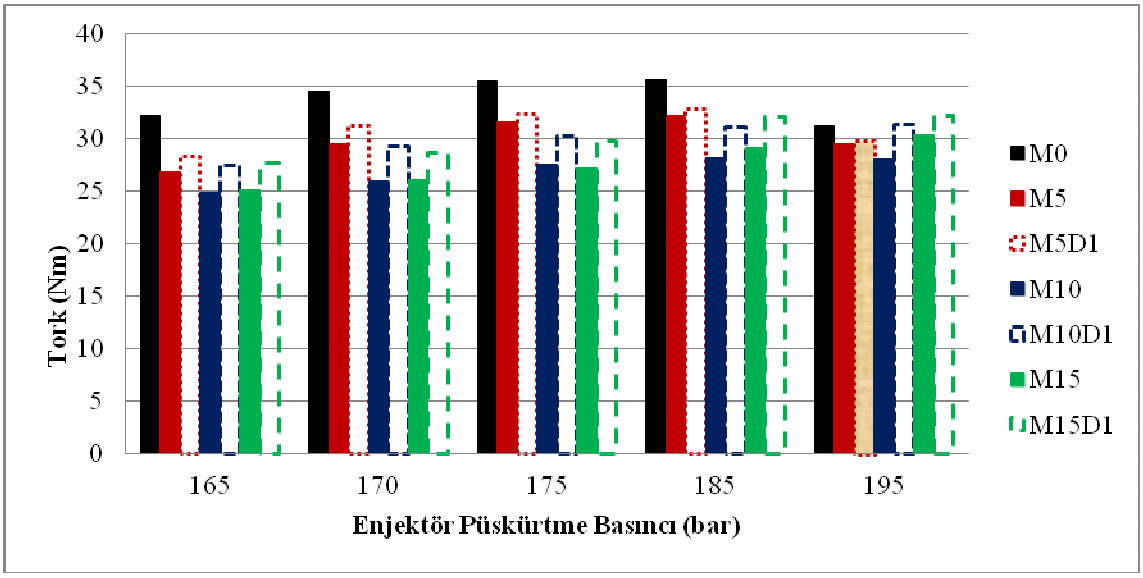
Farklı enjektör püskürtme basınçlarının performans ve emisyon karakteristiklerine etkilerini belirlemek amacı ile deneyler öncelikli olarak standart enjektör püskürtme basıncında (175 bar) yapılmış, sonrasında diğer püskürtme basınçlarıyla yapılmıştır. Deneyler, motorun tam yük konumunda farklı devirlerde yapılmıştır. Deneylerde farklı enjektör püskürtme basınçlarında elde edilen sonuçlarda, motor performansı bakımından motor torku, motor gücü, özgül yakıt tüketimi, termik verim ve volümetrik verim parametreleri karşılaştırılmıştır (Can ve ark., 2004, Lü ve ark., 2004, Kulakoğlu, 2009).

4.3.1. Motor torku

Şekil 4.61'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda motor torkuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek tork değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Her bir yakıt için farklı enjektör püskürtme basınçları karşılaştırıldığında en yüksek motor torkunun elde edildiği motor hızında 165 bar' dan 185 bar püskürtme basıncına kadar tork artışı, 195 bar enjektör püskürtme basıncında torkta azalma görülmektedir.

Deneyler sonucunda elde edilen en yüksek motor torku değeri Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 35.69 Nm iken aynı yakıtta ve motor hızında elde edilen diğer motor torku değerleri 165 bar'da 32.22 Nm, 170 bar'da 34.51 Nm, 175 bar'da 35.5 Nm, 195 bar'da 31.25 Nm' dir. Enjektör püskürtme basıncının motor torkuna etkisi, dizel yakıtından elde edilen maksimum torkun elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %9.73, 170 bar' da yaklaşık %3.3, 175 bar'da yaklaşık %0.5 ve 195 bar'da yaklaşık %12.44 azalma görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 185 bar' da elde edilen tork değerlerine en yakın olan tork değerleri enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Püskürtme basıncının artmasıyla torkta ki azalma oranı metanol oranı yükseldikçe daha da artmaktadır. Setan iyileştirici kullanılan yakıtların torkta ki azalma oranının diğer karışım yakıtlarına göre daha az olduğu görülmektedir. Ancak 195 bar püskürtme basıncında torkta ki azalma oranının, karışımdaki metanol oranının artmasıyla M10D1, M15, M15D1 yakıtlarında 185 bar' da elde edilen tork değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının tork değerleri diğer basınçlarda

elde edilen tork değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %9.23, 170 bar' da yaklaşık %2.77 ve 195 bar' da yaklaşık %11.96 artış, 185 bar'da yaklaşık %0.5 azalma görülmektedir. Ancak 195 bar' da elde edilen maksimum tork değerlerinde, M10, M10D1, M15 ve M15D1 yakıtlarının tork değerleri 175 bar' ın maksimum tork değerlerinden daha fazladır.



Şekil 4.61. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının maksimum motor torkuna etkisi

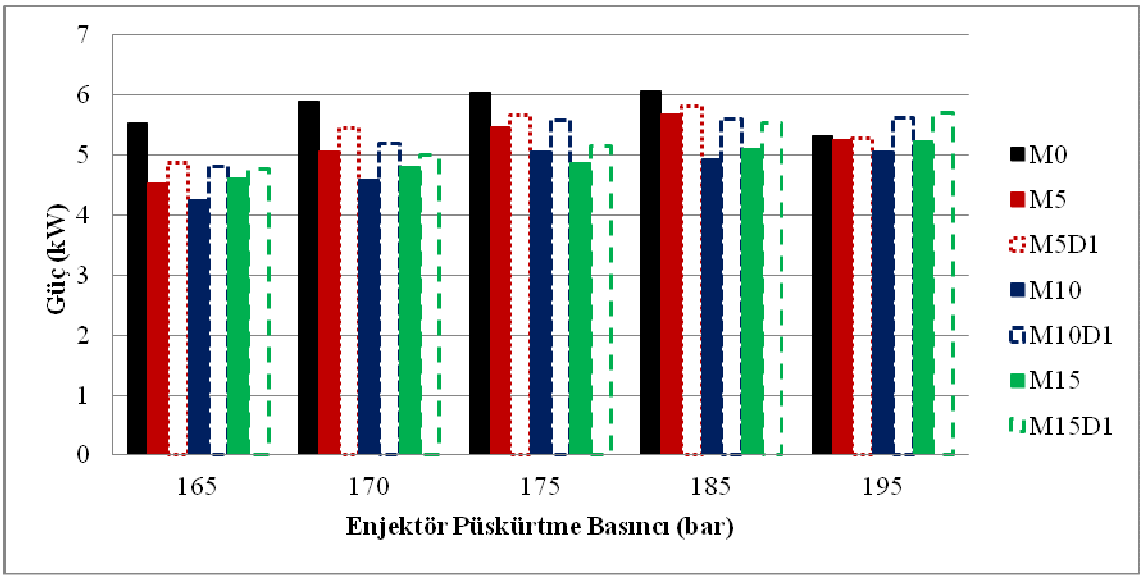
Enjektör püskürtme basıncındaki artışın motor torkunu artırmasının nedenleri; Püskürtme basıncının artmasıyla püskürtülen yakıtın damlacık çapı küçülmekte böylece buharlaşması kolaylaşmaktadır. Düşük basınçlarda püskürtülen yakıtın damlacık çapı artacağından buharlaşma süresi uzar ve hava – yakıt karışımının homojenliği yeteri kadar sağlanamaz, yanma performansını azalır. Bu nedenle motor torku azalır.

4.3.2. Motor gücü

Şekil 4.62'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda motor gücüne etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek güç değeri 1800 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Her bir yakıt için farklı enjektör püskürtme basınçları karşılaştırıldığında en yüksek motor gücünün elde edildiği motor hızında 165 bar' dan 185 bar püskürtme basıncına kadar güç artışı, 195 bar enjektör püskürtme basıncında güçte azalma görülmektedir.

Deneyler sonucunda elde edilen en yüksek motor gücü değeri Dizel yakıtı ile 1800 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 6.07 kW iken aynı yakıtta ve motor hızında elde edilen diğer motor gücü değerleri 165 bar'da 5.54 kW, 170 bar'da 5.91 kW, 175 bar'da 6.05 kW, 195 bar'da 5.31 kW' dır. Enjektör püskürtme

basıncının motor gücüne etkisi, dizel yakıtından elde edilen maksimum gücün elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %8.62, 170 bar' da yaklaşık %2.6, 175 bar'da yaklaşık %0.2 ve 195 bar'da yaklaşık %14.13 azalma görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 185 bar' da elde edilen güç değerlerine en yakın olan motor gücü değerleri enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Püskürtme basıncının artmasıyla güçte ki azalma oranı, metanol oranı yükseldikçe daha da azalmaktadır. Setan iyileştirici kullanılan yakıtların güçte ki azalma oranının diğer karışım yakıtlarına göre daha az olduğu görülmektedir. Ancak 195 bar püskürtme basıncında güçte ki azalma oranının, karışımdaki metanol oranının artmasıyla M10, M10D1, M15, M15D1 yakıtlarında 185 bar' da elde edilen güç değerlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının güç değerleri diğer basınçlarda elde edilen güç değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %8.44, 170 bar' da yaklaşık %2.59 ve 195 bar' da yaklaşık %12.22 artış, 185 bar' da yaklaşık %0.18 azalma görülmektedir. Ancak 195 bar' da elde edilen maksimum güç değerlerinde, M10, M10D1, M15 ve M15D1 yakıtlarının güç değerleri 175 bar' ın maksimum güç değerlerinden daha fazladır.



Şekil 4.62. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının maksimum motor gücüne etkisi

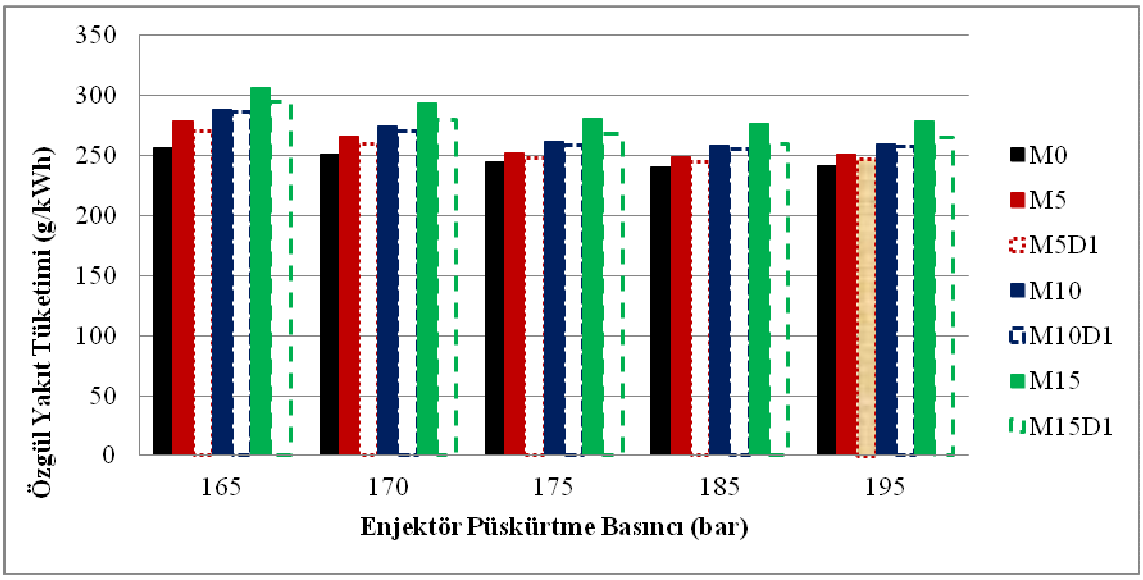
Enjektör püskürtme basıncındaki artışın motor gücünü artırmasının nedenleri; Püskürtme basıncının artmasıyla püskürtülen yakıtın damlacık çapı küçülmekte, buharlaşması kolaylaşmakta, böylece yakıt hava ile daha iyi karışmaktadır. Bu durum yanma performansını artırdığı için motor gücü artmaktadır.

195 bar püskürtme basıncında motor torkunun ve motor gücünün azalmasının nedeni, yakıtın damlacık çapının küçülmesiyle yanma odasındaki ataletinin azalması ve silindir cidarlarındaki havanın yeterli miktarda kullanılamamasıyla yanmanın kötüleşmesidir.

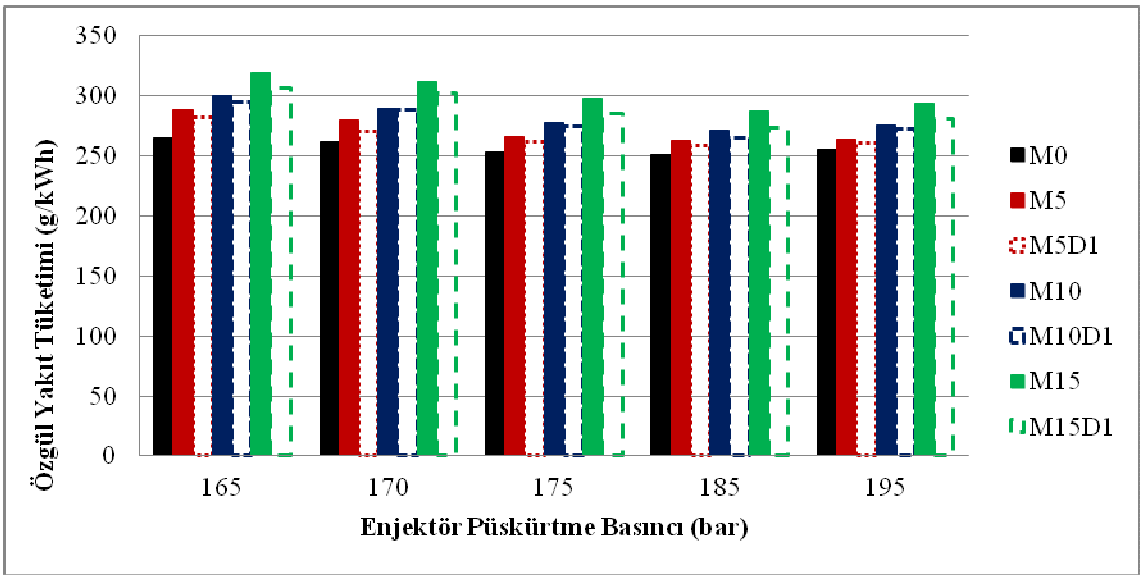
4.3.3. Özgül yakıt tüketimi

Şekil 4.63 ve 4.64'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda özgül yakıt tüketimine etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en düşük özgül yakıt tüketimi değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Her bir yakıt için farklı enjektör püskürtme basınçları karşılaştırıldığında en düşük özgül yakıt tüketiminin elde edildiği motor hızında 165 bar' dan 185 bar püskürtme basıncına kadar özgül yakıt tüketiminde azalma, 195 bar enjektör püskürtme basıncında özgül yakıt tüketiminde artış görülmektedir.

Deneyler sonucunda elde edilen en düşük özgül yakıt tüketimi değeri Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, 185 bar enjektör püskürtme basıncında 240.6 g/kWh iken aynı yakıtta ve motor hızında elde edilen diğer özgül yakıt tüketimi değerleri 165 bar'da 256.51 g/kWh, 170 bar'da 251.4 g/kWh, 175 bar'da 244.46 g/kWh, 195 bar'da 241.77 g/kwh' dır. Enjektör püskürtme basıncının özgül yakıt tüketimine etkisi, dizel yakıtından elde edilen minimum özgül yakıt tüketiminin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %6.62, 170 bar' da yaklaşık %4.5, 175 bar'da yaklaşık %1.61 ve 195 bar'da yaklaşık %0.5 azalma görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 185 bar' da elde edilen özgül yakıt tüketimi değerlerine en yakın olan özgül yakıt tüketimi değerleri enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Püskürtme basıncının artmasıyla özgül yakıt tüketimindeki artış oranı, metanol oranı yükseldikçe daha da azalmaktadır. Setan iyileştirici kullanılan yakıtların özgül yakıt tüketimindeki artış oranının diğer karışım yakıtlarına göre daha az olduğu görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının özgül yakıt tüketimi değerleri diğer basınçlarda elde edilen özgül yakıt tüketimi değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %5, 170 bar' da yaklaşık %2.83 artış, 185 bar' da yaklaşık %1.6, 195 bar'da yaklaşık %1.1 azalma görülmektedir.



Şekil 4.63. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının minimum özgül yakıt tüketimine etkisi



Şekil 4.64. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının minimum özgül yakıt tüketimine etkisi

Enjektör püskürtme basıncındaki artışın özgül yakıt tüketimi azaltmasının nedenleri;

Püskürtme basıncının artmasıyla püskürtülen yakıtın damlacık çapı küçülmekte, buharlaşması kolaylaşmakta, böylece yakıt hava ile daha iyi karışmaktadır. Bu durum yanma performansını artırdığı için özgül yakıt tüketimi azalmaktadır. Düşük basınçlarda püskürtülen yakıtın damlacık çapı artacağından buharlaşma süresi uzar ve hava – yakıt karışımının homojenliği yeteri kadar sağlanamaz, yanma performansını azalır. Bu nedenle özgül yakıt tüketimi azalır.

195 bar püskürtme basıncında özgül yakıt tüketiminin artmasının nedeni, yakıtın damlacık çapının küçülmesiyle yanma odasındaki ataletinin azalması ve silindir cidarlarındaki havanın yeterli miktarda kullanılamamasıyla yanmanın kötüleşmesidir.

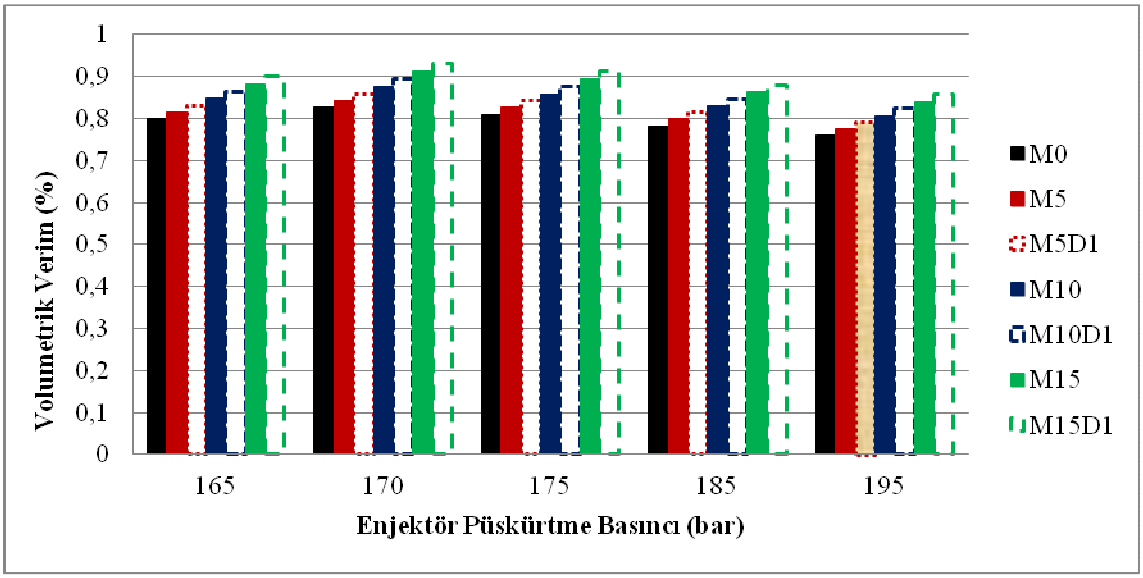
4.3.4. Volümetrik verim

Şekil 4.65 ve 4.66'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda volümetrik verime etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde tüm yakıtlar için en yüksek volümetrik verim değeri 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Her bir yakıt için farklı enjektör püskürtme basınçları karşılaştırıldığında en yüksek volümetrik verimin elde edildiği motor hızında 165 bar' dan 170 bar püskürtme basıncına kadar volümetrik verimde artış, 170 bar enjektör püskürtme basıncından sonra azalma görülmektedir.

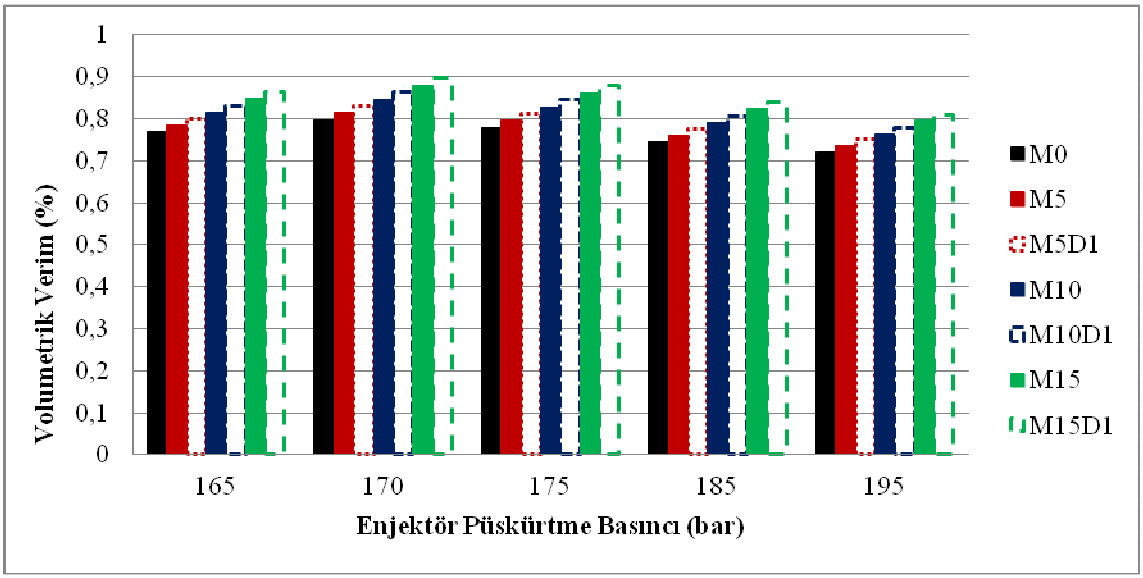
Deneyler sonucunda en yüksek volümetrik verim değeri 170 bar enjektör püskürtme basıncında ve 1600 dev/dak motor hızında elde edilmiştir. Bu motor hızı aynı zamanda maksimum motor torkunun da elde edildiği değerdir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, 170 bar enjektör püskürtme basıncında volümetrik verim %82.6 iken aynı yakıtta ve motor hızında elde edilen diğer volümetrik verim değerleri 165 bar'da %79.88, 175 bar'da %81.04, 185 bar'da %78.3, 195 bar'da %76.03' dür. Enjektör püskürtme basıncının volümetrik verime etkisi, dizel yakıtından elde edilen maksimum volümetrik verimin elde edildiği 170 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %3.3, 175 bar' da yaklaşık %1.89, 185 bar'da yaklaşık %5.21 ve 195 bar'da yaklaşık %7.95 azalma görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 170 bar' da elde edilen volümetrik verim değerlerine en yakın olan değerler enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Püskürtme basıncının artmasıyla volümetrik verimdeki azalma oranı, metanol oranı yükseldikçe daha da artmaktadır. Setan iyileştirici kullanılan yakıtların volümetrik verimdeki artış oranının diğer karışım yakıtlarına göre daha az olduğu görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının volümetrik verim değerleri diğer basınçlarda elde edilen volümetrik verim değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %1.43, 185 bar' da yaklaşık %3.39, 195 bar' da yaklaşık %6.17 azalma, 170 bar'da yaklaşık %1.93 artış görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, 170 bar enjektör püskürtme basıncında volümetrik verim %79.75 iken aynı yakıtta ve motor hızında elde edilen diğer volümetrik verim değerleri 165 bar'da

%76.84, 175 bar'da %77.95, 185 bar'da %74.45, 195 bar'da %72.07' dir. Enjektör püskürtme basıncının volümetrik verime etkisi, maksimum güç devrinde dizel yakıtından elde edilen volümetrik verimin 170 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %3.65, 175 bar' da yaklaşık %2.26, 185 bar'da yaklaşık %6.64 ve 195 bar'da yaklaşık %9.63 azalma görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 170 bar' da elde edilen volümetrik verim değerlerine en yakın olan değerler enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının volümetrik verim değerleri diğer basınçlarda elde edilen volümetrik verim değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %1.42, 185 bar' da yaklaşık %4.49, 195 bar' da yaklaşık %7.54 azalma, 170 bar'da yaklaşık %2.31 artış görülmektedir.



Şekil 4.65. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının volümetrik verime etkisi



Şekil 4.66. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının volümetrik verime etkisi

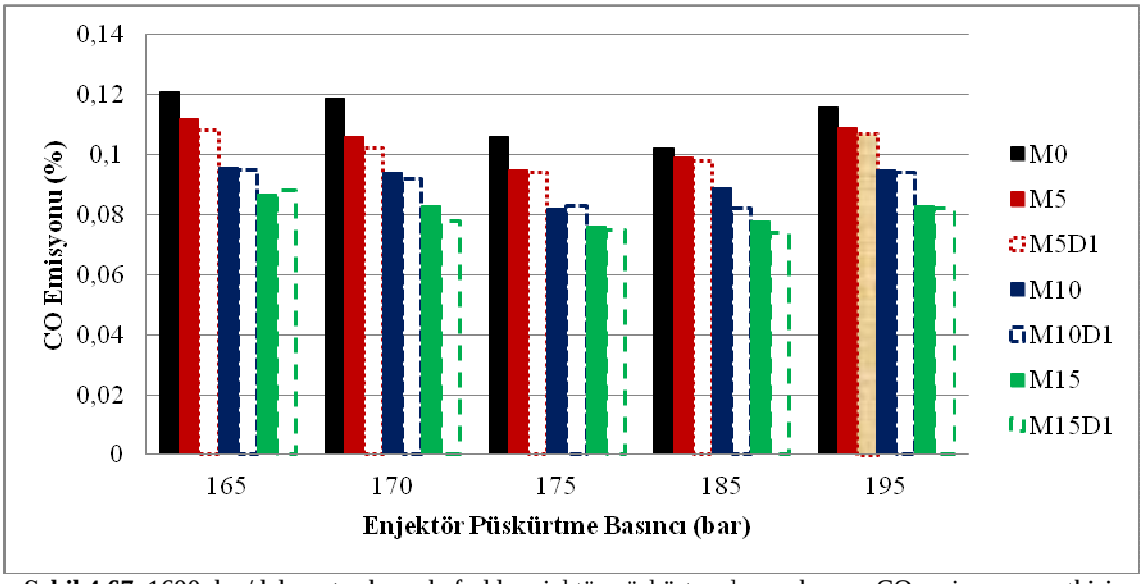
4.4. Farklı Püskürtme Basıncındaki Egzoz Emisyon Deney Sonuçları

Deneylerde farklı enjektör püskürtme basınçlarında elde edilen sonuçlarda, egzoz emisyonları bakımından CO, CO_2, HC, NO_x, is, egzoz gazı sıcaklığı, lambda ve O_2 değerleri karşılaştırılmıştır (Lü ve ark., 2004, Can ve ark., 2004)**.**

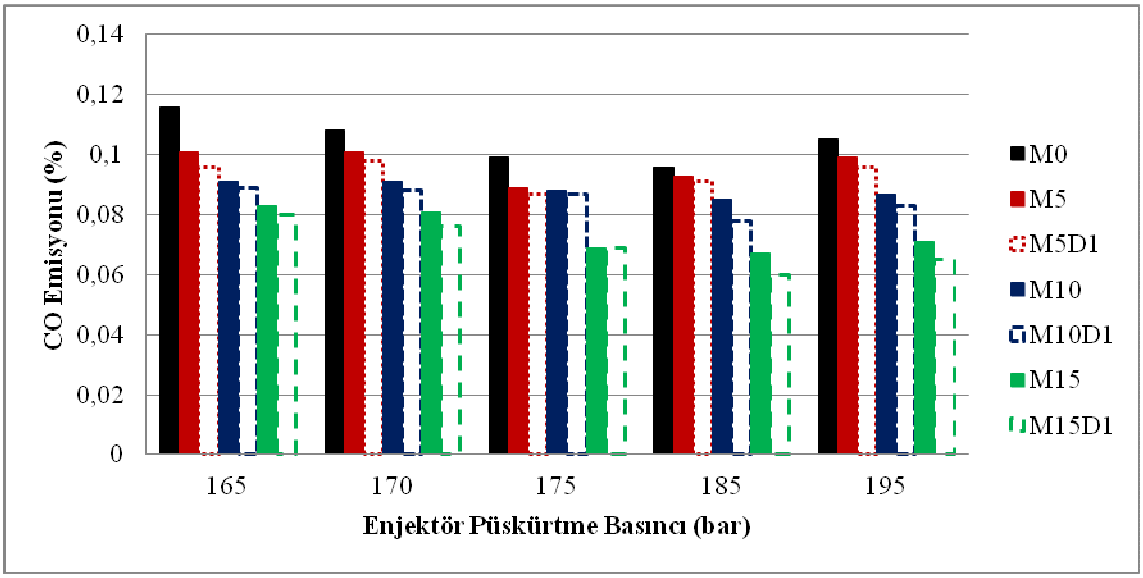
4.4.1. CO emisyonu

Şekil 67 ve 68'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda CO emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında en düşük CO emisyonu değerleri, 185 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. 165 bar'dan 185 bar'a kadar gerçekleşen püskürtme basıncı artışında CO emisyonunda azalma, 195 bar'da ise artış görülmektedir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın CO emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait CO emisyonu değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %18.63, 170 bar' da yaklaşık %16.67, 175 bar'da yaklaşık %3.92 ve 195 bar'da yaklaşık %13.73 artış görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 185 bar' da elde edilen CO emisyonu değerlerine en yakın olan değerler enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının CO emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen CO emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %14.51, 170 bar' da yaklaşık %12.26, 195 bar' da yaklaşık %9.43 artış, 185 bar'da yaklaşık %3.77 azalma görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının CO emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen CO emisyonu değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %20.83, 170 bar' da yaklaşık %12.5, 175 bar'da yaklaşık %31.25 ve 195 bar'da yaklaşık %9.38 artış görülmektedir. Diğer yakıtlara da bakıldığında 185 bar' da elde edilen CO emisyonu değerlerine en yakın olan değerler enjektörün orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar' da olmuştur. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının CO emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen CO emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %17.17, 170 bar' da yaklaşık %9.1, 195 bar' da yaklaşık %6.1 artış, 185 bar'da yaklaşık %3.03 azalma görülmektedir.



Şekil 4.67. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının CO emisyonuna etkisi



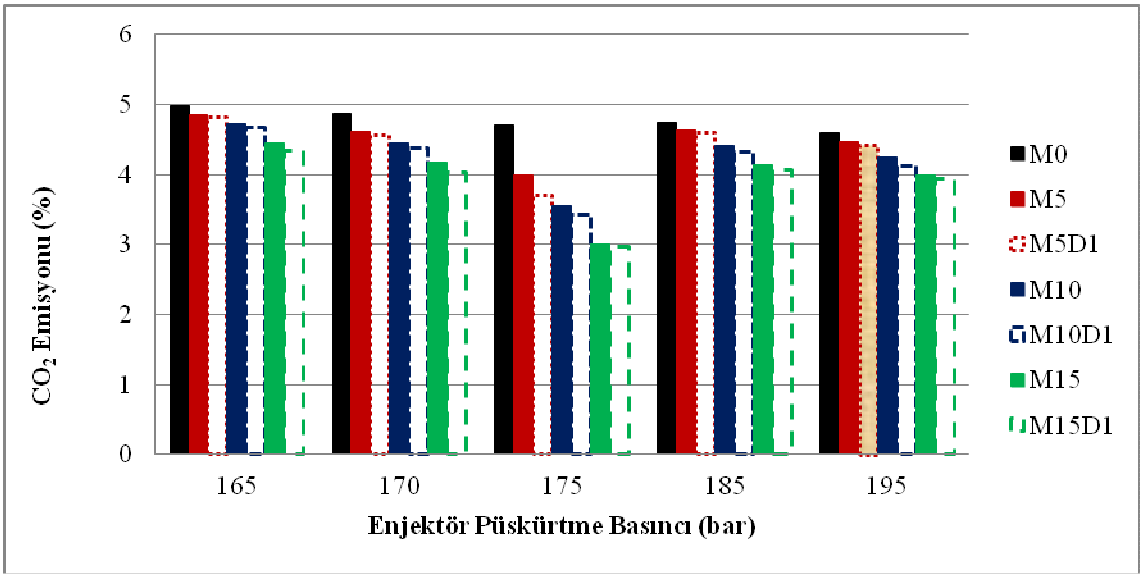
Şekil 4.68. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının CO emisyonuna etkisi

4.4.2. CO_2 emisyonu

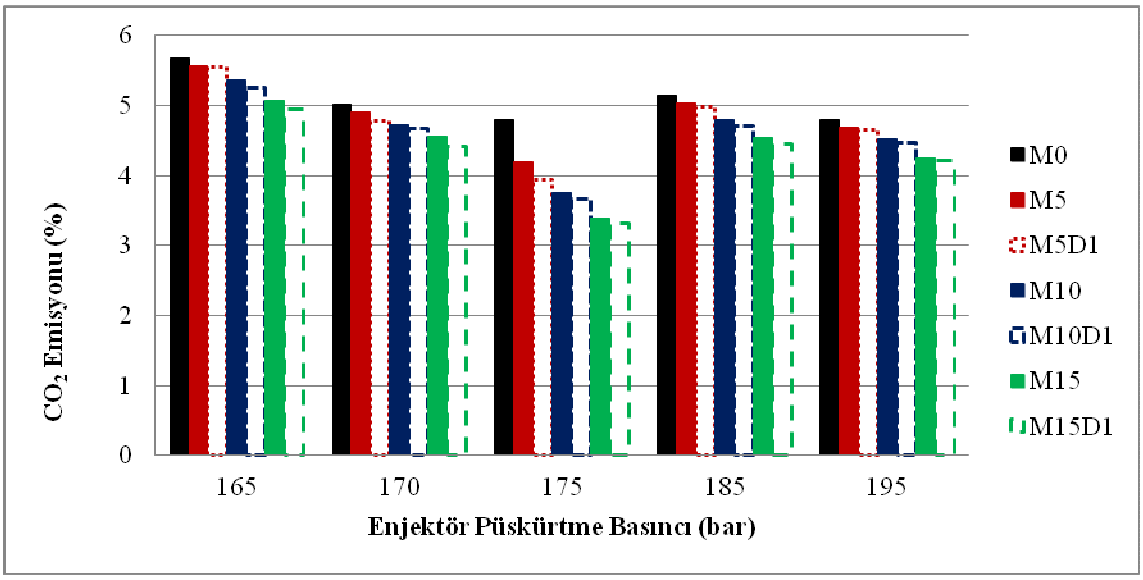
Şekil 4.69 ve 4.70'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda CO_2 emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında en düşük CO_2 emisyonu değerleri, dizel yakıtında 195 bar püskürtme basıncında, diğer yakıtlarda ise orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar'da elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın CO_2 emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait CO_2 emisyonu değerlerinin maksimum torkun elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile

karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %5.5, 170 bar' da yaklaşık %2.74 artış, 175 bar'da yaklaşık %1.05 ve 195 bar'da yaklaşık %3.37 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının CO_2 emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen CO_2 emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %6.17, 170 bar' da yaklaşık %3.83, 195 bar' da yaklaşık %1.06 artış, 195 bar'da yaklaşık %2.34 azalma görülmektedir. Ancak metanol katkılı yakıtların 1600 dev/dak motor hızında 175 bar püskürtme basıncında en düşük CO_2 emisyonlarının elde edildiği görülmektedir. Karışım yakıtlarının metanol oranı arttıkça 175 bar püskürtme basıncı verilerine göre %20-45 iyileşme görülmektedir.

En yüksek gücün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında en düşük CO_2 emisyonu değerleri, tüm yakıtlar için orijinal püskürtme basıncı olan 175 bar'da elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının CO_2 emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen CO_2 emisyonu değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %10.31 artış, 170 bar' da yaklaşık %2.33, 175 bar'da yaklaşık %6.61 ve 195 bar'da yaklaşık %6.61 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının CO_2 emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen CO_2 emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %18.13, 170 bar' da yaklaşık %4.58, 185 bar' da yaklaşık %7.08 artış görülmektedir. 195 bar'da ise gözle görünür bir değişim olmamıştır.



Şekil 4.69. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının CO_2 emisyonuna etkisi



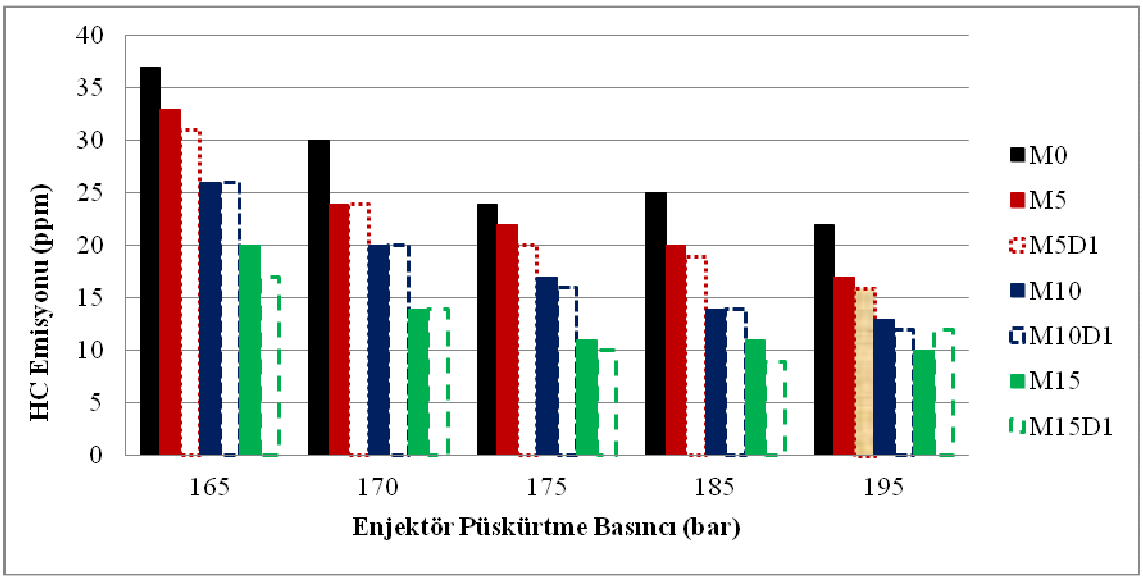
Şekil 4.70. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının CO_2 emisyonuna etkisi

4.4.3. HC emisyonu

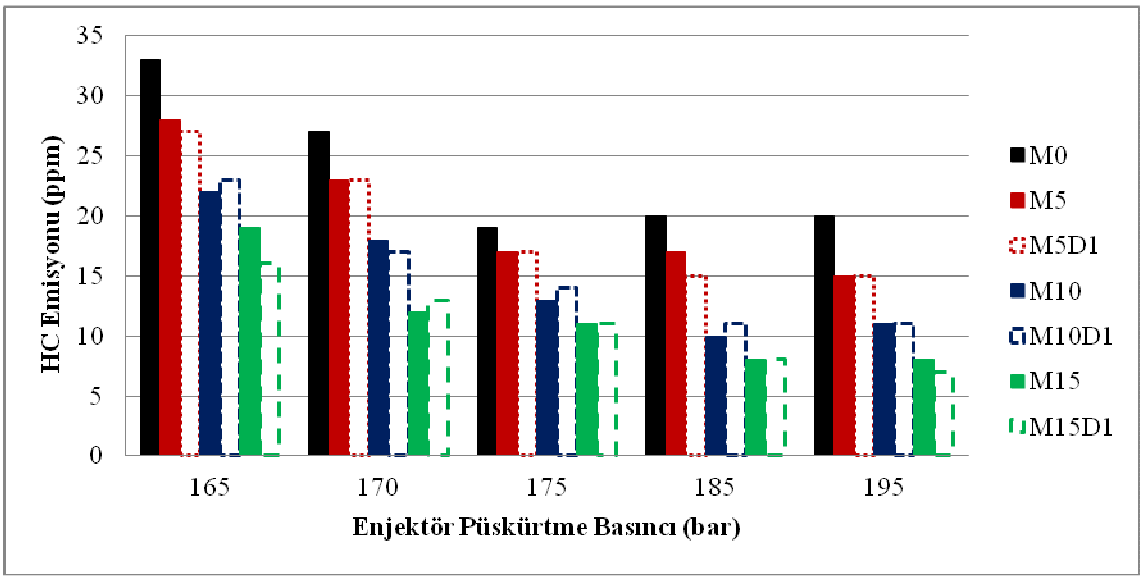
Şekil 4.71 ve 4.72'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda HC emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında en düşük HC emisyonu değerleri, 195 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Püskürtme basıncı arttıkça HC emisyonlarında azalma görülmektedir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın HC emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait HC emisyonu değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %48, 170 bar' da yaklaşık %20, 175 bar'da yaklaşık %4 ve 195 bar'da yaklaşık %12 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının HC emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen HC emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %54.17, 170 bar' da yaklaşık %25, 185 bar' da yaklaşık %4.17 artış, 195 bar'da yaklaşık %8.33 azalma görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının HC emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen HC emisyonu değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %65, 170 bar' da yaklaşık %35 artış, 175 bar'da yaklaşık %5 azalma görülmektedir. 195 bar'da ise gözle görünür bir değişim olmamıştır. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının HC emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen HC

emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %73.68, 170 bar' da yaklaşık %42.11, 185 bar ve 195 bar' da yaklaşık %5.26 artış görülmektedir.



Şekil 4.71. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının HC emisyonuna etkisi



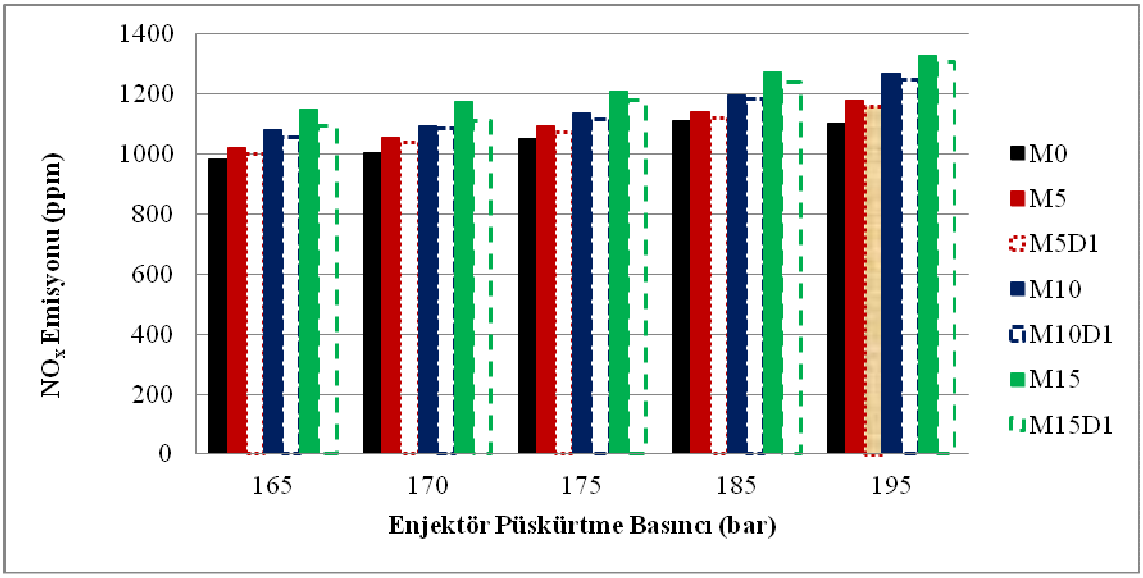
Şekil 4.72. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının HC emisyonuna etkisi

4.4.4. NO_x emisyonu

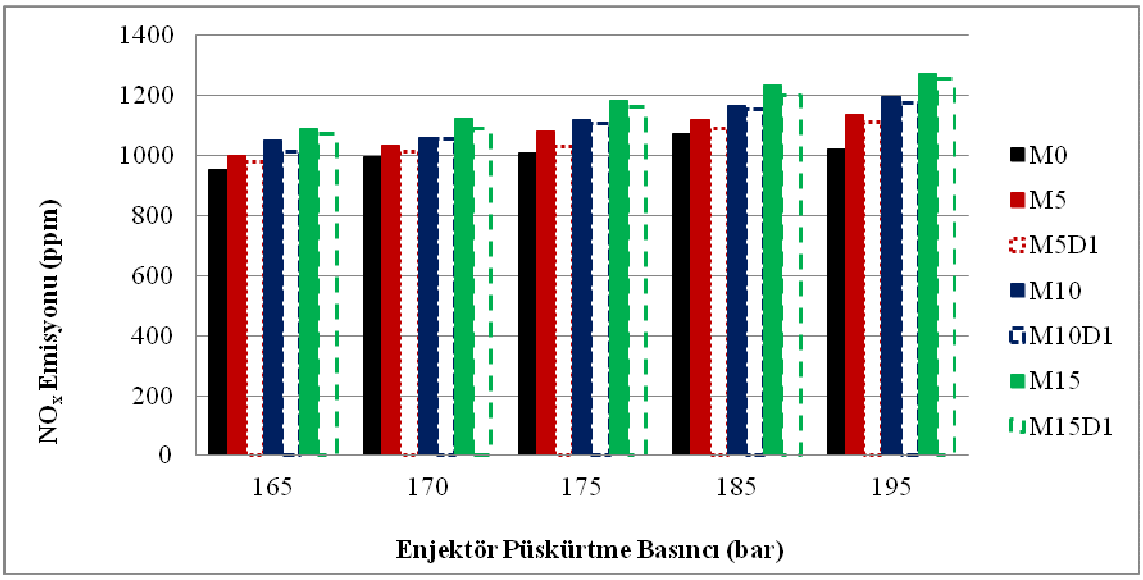
Şekil 4.73 ve 4.74'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda NO_x emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında en düşük NO_x emisyonu değerleri, 165 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Püskürtme basıncı arttıkça NO_x emisyonlarında artış görülmektedir. Ancak 195 bar püskürtme basıncında, dizel yakıtının NO_x emisyonu değeri düşmüştür. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın

NO_x emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait NO_x emisyonu değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %11.42, 170 bar' da yaklaşık %9.62, 175 bar'da yaklaşık %5.58 ve 195 bar'da yaklaşık %0.7 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının NO_x emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen NO_x emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %6.2, 170 bar' da yaklaşık %4.29 azalma, 185 bar' da yaklaşık %5.91, 195 bar'da yaklaşık %5.14 artış görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının NO_x emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen NO_x emisyonu değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %11.16, 170 bar' da yaklaşık %7.26 artış, 175 bar'da yaklaşık %6.14, 195 bar'da yaklaşık %5.02 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının NO_x emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen NO_x emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %5.35, 170 bar' da yaklaşık %1.19 azalma, 185 bar'da yaklaşık %6.54 ve 195 bar' da yaklaşık %1.9 azalma görülmektedir.



Şekil 4.73. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının NO_x emisyonuna etkisi



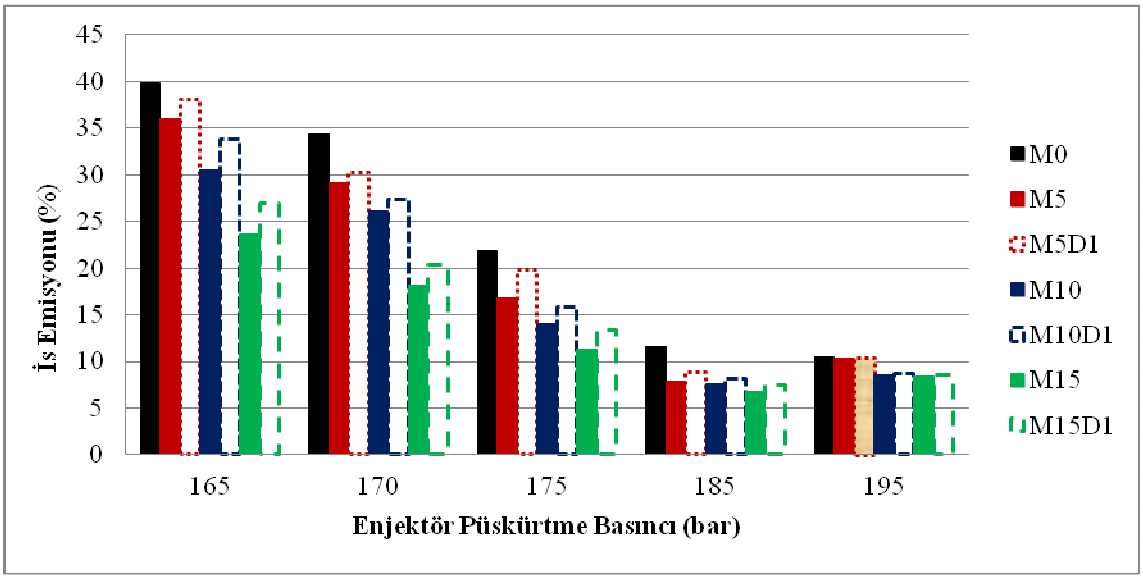
Şekil 4.74. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının NO_x emisyonuna etkisi

4.4.5. İs emisyonu

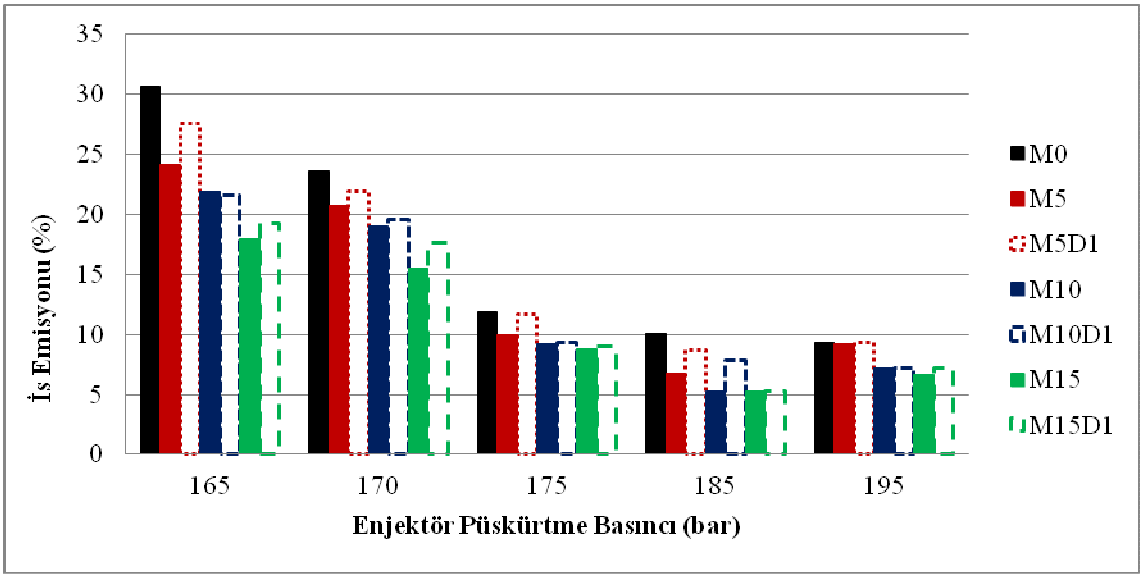
Şekil 4.75 ve 4.76'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda is emisyonuna etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında en düşük is emisyonu değerleri, 185 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Püskürtme basıncı arttıkça is emisyonlarında azalma görülmektedir. Ancak 195 bar püskürtme basıncında, dizel yakıtının is emisyonu 185 bar'da ölçülen emisyon değerinden az, karışım yakıtlarınınki fazladır. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın is emisyonu değerlerine etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait is emisyonu değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık 2.5 kat, 170 bar' da yaklaşık 2 kat, 175 bar'da yaklaşık %88.8 ve 195 bar'da yaklaşık %9.48 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının is emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen is emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %81.74, 170 bar' da yaklaşık %57.1 artış, 185 bar' da yaklaşık %47.03, 195 bar'da yaklaşık %52.06 azalma görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının is emisyonuna etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen is emisyonu değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık 2.04 kat, 170 bar' da yaklaşık 1.34 kat, 175 bar'da yaklaşık %17.82 artış, 195 bar'da yaklaşık %7.92 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel

yakıtının is emisyonu değerleri diğer basınçlarda elde edilen is emisyonu değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık 1.58 kat, 170 bar' da yaklaşık %98 artış, 185 bar'da yaklaşık %15.13 ve 195 bar' da yaklaşık %21.85 azalma görülmektedir.



Şekil 4.75. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının is emisyonuna etkisi



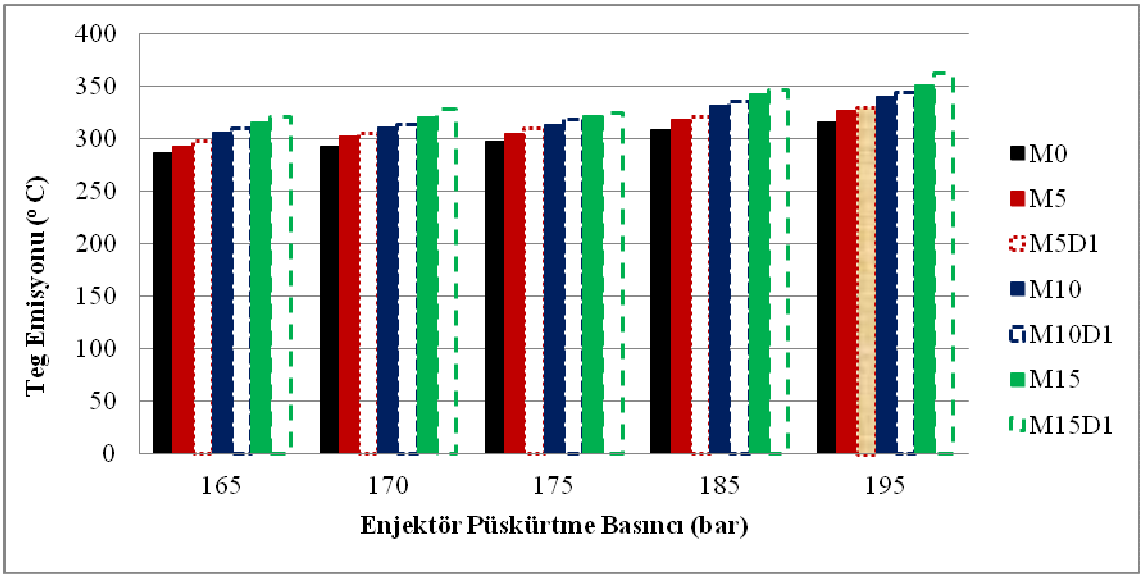
Şekil 4.76. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının is emisyonuna etkisi

4.4.6. Egzoz gazı sıcaklığı

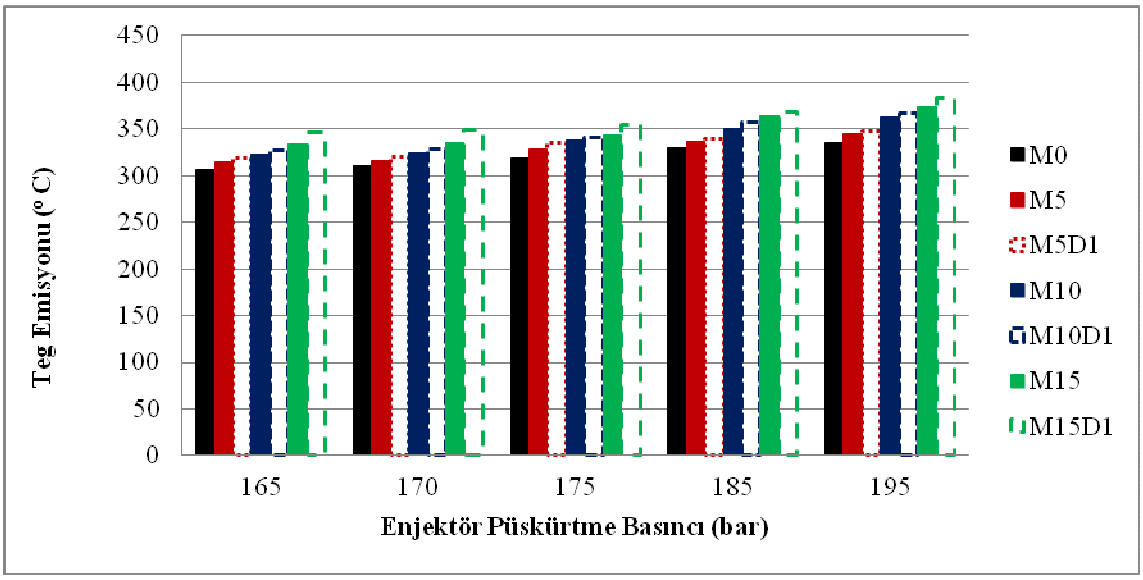
Şekil 4.77 ve 4.78'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda egzoz gazı sıcaklığına etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında püskürtme basıncının artmasıyla egzoz gazı sıcaklığı değerleri de artmıştır. En yüksek egzoz gaz sıcaklığı değerleri, 195 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın egzoz gazı sıcaklığı değerlerine etkisi

incelendiğinde, dizel yakıtına ait egzoz gazı sıcaklığı değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %7.46, 170 bar' da yaklaşık %5.17, 175 bar'da yaklaşık %3.55 azalma ve 195 bar'da yaklaşık %2.1 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının egzoz gazı sıcaklığı değerleri diğer basınçlarda elde edilen egzoz gazı sıcaklığı değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %4.05, 170 bar' da yaklaşık %1.67 azalma, 185 bar' da yaklaşık %3.68, 195 bar'da yaklaşık %5.86 artış görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının egzoz gazı sıcaklığına etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen egzoz gazı sıcaklığı değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %7.1, 170 bar' da yaklaşık %5.65, 175 bar'da yaklaşık %3.43 azalma, 195 bar'da yaklaşık %1.91 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının egzoz gazı sıcaklığı değerleri diğer basınçlarda elde edilen egzoz gazı sıcaklığı değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %3.8, 170 bar' da yaklaşık %2.3 azalma, 185 bar'da yaklaşık %3.55 ve 195 bar' da yaklaşık %5.53 artış görülmektedir.



Şekil 4.77. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının egzoz gazı sıcaklığına etkisi



Şekil 4.78. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının egzoz gazı sıcaklığına etkisi

Egzoz emisyonlarının püskürtme basıncına bağlı değişimlerinin nedenleri;

Enjektör püskürtme basıncının artması ile püskürtülen yakıtın tanecik çapı küçülür, daha iyi atomize olan yakıt hava ile daha iyi karışır ve karışım daha homojen olur. Böylece püskürtme basıncıyla yanma verimi artarak egzoz gazı sıcaklığı artmış olur. Bu nedenle püskürtme basıncındaki artış CO, HC ve is emisyonlarını azaltırken, egzoz gazı sıcaklığın ve NO_x emisyonlarını ise artırır.

Püskürtme basıncının düşmesi ile püskürtülen yakıtın tanecik çapı büyür, yakıt atomizasyonu iyi olmaz, buharlaşma süresi uzayacağından yakıt hava ile homojen olarak karışamaz ve yanma verimi kötüleşir. Bu sebepten dolayı C atomları yanmak için yeterli zaman bulamayarak is emisyonlarının basınçla artmasına neden olur.

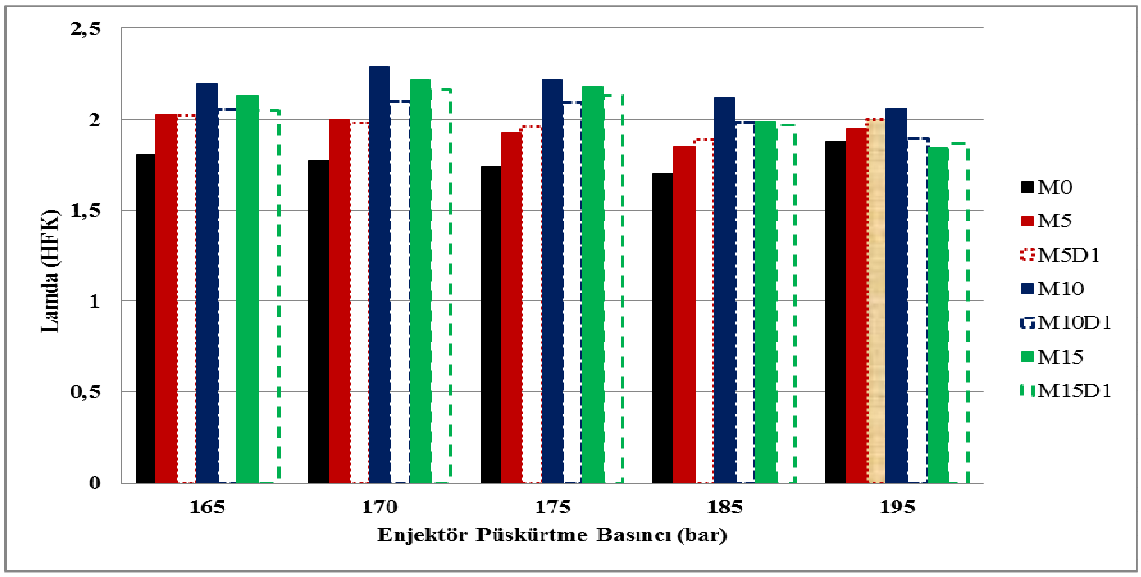
195 bar püskürtme basıncında CO, HC ve is emisyonlarının artması, NO_x emisyonunun azalmasının nedeni, yakıtın damlacık çapının küçülmesiyle yanma odasındaki ataletinin azalması ve silindir cidarlarındaki havanın yeterli miktarda kullanılamamasıyla yanmanın kötüleşmesidir.

4.4.7. Lamda (Hava fazlalık katsayısı)

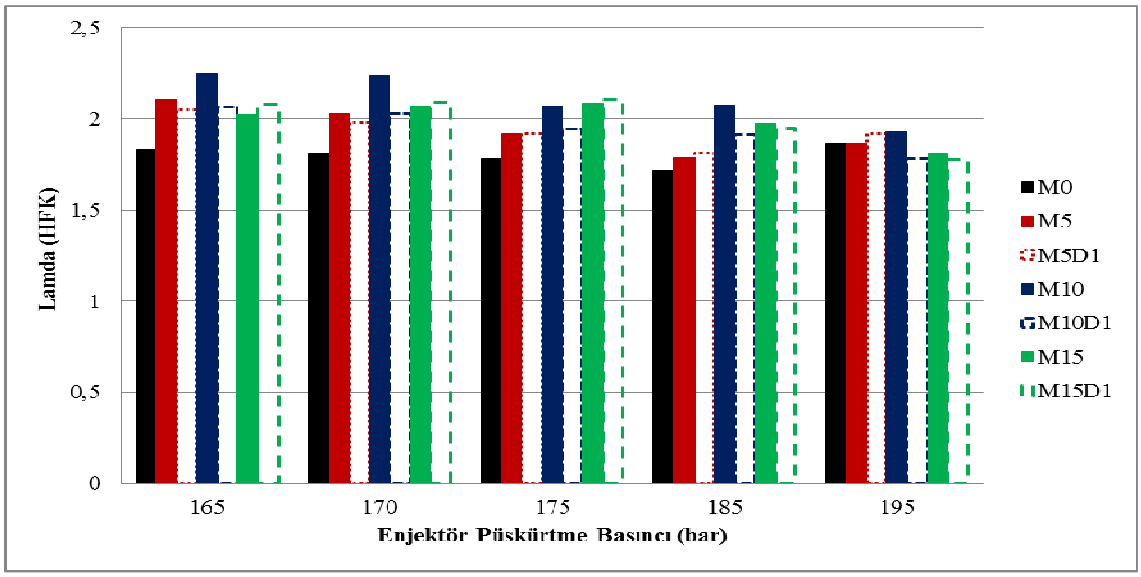
Şekil 4.79 ve 4.80'de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda HFK'na etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında püskürtme basıncının artmasıyla en düşük HFK değerleri, 185 bar püskürtme basıncında elde edilmiştir. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın HFK değerlerine etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait HFK değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar

püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %6, 170 bar' da yaklaşık %4.41, 175 bar'da yaklaşık %2.42 ve 195 bar'da yaklaşık %1.04 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının HFK değerleri diğer basınçlarda elde edilen HFK değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %3.5, 170 bar' da yaklaşık %1.94, 195 bar' da yaklaşık %7.76 artış, 185 bar'da yaklaşık %2.37 azalma görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının HFK'na etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen HFK değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %6.9, 170 bar' da yaklaşık %5.48, 175 bar'da yaklaşık %3.86, 195 bar'da yaklaşık %8.36 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının HFK değerleri diğer basınçlarda elde edilen HFK değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %2.93, 170 bar' da yaklaşık %1.56, 195 bar'da yaklaşık %4.33 artış ve 195 bar' da yaklaşık %3.72 azalma görülmektedir.



Şekil 4.79. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının HFK'na etkisi



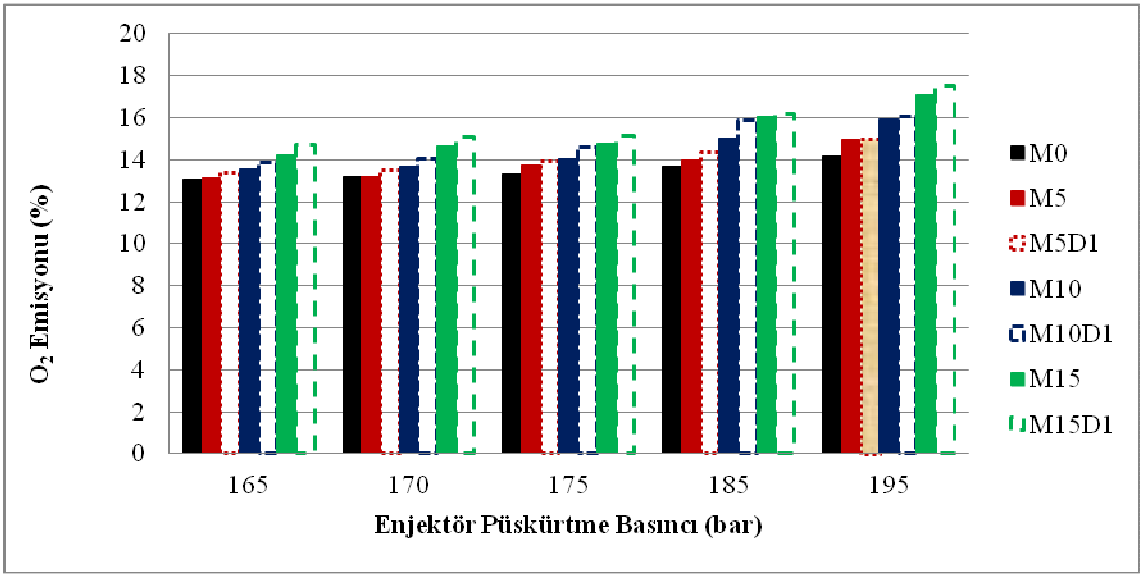
Şekil 4.80. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının HFK'na etkisi

4.4.8. O_2 emisyonu

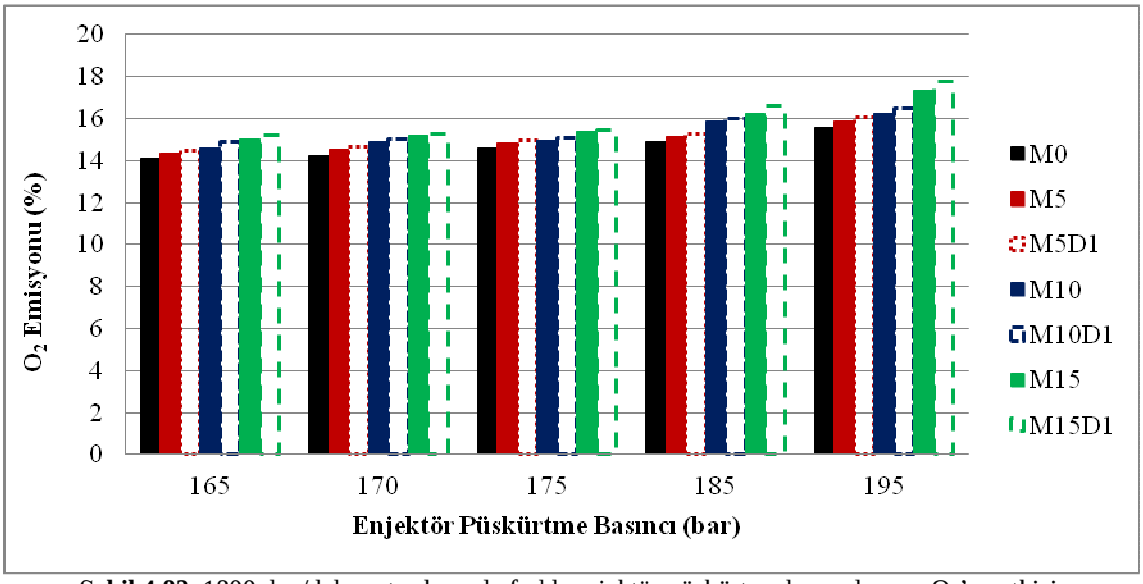
Şekil 81 ve 82' de her bir enjektör püskürtme basıncının farklı yakıtlarda O_2'ye etkisi gösterilmiştir. Yapılan testlerde en yüksek torkun elde edildiği 1600 dev/dak motor hızında püskürtme basıncının artmasıyla en düşük O_2 değerleri, 165 bar püskürtme basıncında elde edilmiş, püskürtme basıncının artmasıyla O_2 emisyonu değerleri artmıştır. Dizel yakıtı ile 1600 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncındaki artışın O_2 değerlerine etkisi incelendiğinde, dizel yakıtına ait O_2 değerlerinin maksimum tork değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %4.52, 170 bar' da yaklaşık %3.94, 175 bar'da yaklaşık %2.77 azalma ve 195 bar'da yaklaşık %3.28 azalma görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının O_2 değerleri diğer basınçlarda elde edilen O_2 değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık %1.8, 170 bar' da yaklaşık %1.2 azalma, 185 bar' da yaklaşık %2.85, 195 bar'da yaklaşık %6.23 artış görülmektedir.

Dizel yakıtı ile maksimum motor gücünün elde edildiği 1800 dev/dak motor hızında, enjektör püskürtme basıncının O_2'ye etkisi incelendiğinde, dizel yakıtından elde edilen O_2 değerleri maksimum güç değerlerinin elde edildiği 185 bar püskürtme basıncı ile karşılaştırıldığında 165 bar' da yaklaşık %5.23, 170 bar' da yaklaşık %4.36, 175 bar'da yaklaşık %2.08 azalma, 195 bar'da yaklaşık %4.29 artış görülmektedir. Orijinal püskürtme basıncı değeri olan 175 bar'da ölçülen dizel yakıtının O_2 değerleri diğer basınçlarda elde edilen O_2 değerleri ile kıyaslandığında 165 bar'da yaklaşık

%3.22, 170 bar' da yaklaşık %2.33 azalma, 185 bar'da yaklaşık %2.12 ve 195 bar' da yaklaşık %6.51 artış görülmektedir.



Şekil 4.81. 1600 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının O_2'ye etkisi



Şekil 4.82. 1800 dev/dak motor hızında farklı enjektör püskürtme basınçlarının O_2'ye etkisi

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1 Sonuçlar

Bu çalışma da dünya da giderek artan hava kirliliğine önemli miktarda etkisi olan içten yanmalı motorların egzoz emisyonlarını, yakıt tüketimini ve petrol kökenli yakıtların tükenmeye başlamasından dolayı dizel-metanol karışımlarına faz ayrışması, setan sayısı gibi sorunlarını çözmek için katkı maddeleri ilave edilerek tek silindirli sıkıştırma ateşlemeli motorda standart püskürtme basıncı da değiştirilerek çift yakıtla çalışma olanakları araştırılmıştır. Sonuçlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Dizel metanol karışımlı yakıtlar dizel yakıtla kıyaslandığında metanol içeriğinde karbon miktarının az, oksijen içeriğinin fazla olması hava/yakıt denklik oranın azalmasına, bu da tam yanma oluşmasına yol açtığından CO ve HC emisyonlarının azaldığı görülmektedir. Fakat metanol içerisindeki oksijen içeriğinin fazla olması yanma sonu sıcaklıklarını arttırdığından NO_x emisyonunu artırmaktadır. Dizel metanol karışımlarında metanol oranı arttıkça metanolün alt ısıl değerinin dizel yakıtından düşük olmasından dolayı özgül yakıt tüketiminin artırmaktadır.

Dizel metanol katkı maddeleri karışımlı yakıtların enjektör püskürtme basıncının artması ile püskürtülen yakıtın tanecik çapı küçülür, daha iyi atomize olan yakıt hava ile daha iyi karışır ve karışım daha homojen olur. Böylece püskürtme basıncıyla yanma verimi artarak egzoz gazı sıcaklığı da artmış olur. Bu nedenle püskürtme basıncındaki artış CO, HC ve is emisyonlarını azaltırken, egzoz gazı sıcaklığın ve NO_x emisyonlarını ise artırır. Püskürtme basıncının düşmesi ile püskürtülen yakıtın tanecik çapı büyür, yakıt atomizasyonu iyi olmaz, buharlaşma süresi uzayacağından yakıt hava ile homojen olarak karışamaz ve yanma verimi kötüleşir. Bu sebepten dolayı C atomları yanmak için yeterli zaman bulamayarak is emisyonlarının artmasına neden olur. 195 bar püskürtme basıncında CO, HC ve is emisyonlarının artması, NO_x emisyonunun azalmasının nedeni, yakıtın damlacık çapının küçülmesiyle yanma odasındaki ataletinin azalması ve silindir cidarlarındaki havanın yeterli miktarda kullanılamamasıyla yanmanın kötüleşmesidir.

Metanolun, karışım yakıtlarının setan sayılarını düşürmesi tutuşma gecikmesini artırmaktadır. Tutuşma gecikmesinin artması silindir içerisinde yakıtın daha fazla miktarının yanmasına neden olur. Bu da hem basınç artış oranının artmasına hemde silindir içerisinde yanma sonucu oluşan egzoz gazının sıcaklığının artmasına sebep olur.

Metanolun alt ısıl değeri dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da alt ısıl değerleri düşük olacaktır. Alt ısıl değerin düşmesi ile yanma sonucu silindir içerisinde meydana gelen ısı enerjisinin düşürür. Metanolun setan sayısı dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışımlı yakıtların da setan sayıları düşük olacaktır. Setan sayısı düştükçe tutuşma gecikmesi artacaktır. Tutuşma gecikmesinin artması yanmanın en verimli olduğu noktada hacmin büyük olmasına sebep olur. Metanolun buharlaşma ısısı dizel yakıtınkinden daha yüksektir. Bu nedenle karışım yakıtlarının da buharlaşma ısıları yüksek olacaktır. Buharlaşma ısısının artması ile yakıtın daha yavaş buharlaşması ve hava ile daha yavaş karışmasından dolayı homojen karışım elde edilemeyerek yanma performansının düşürür. Metanolun viskozitesi dizel yakıtınkinden daha düşüktür. Bu nedenle karışım yakıtlarının da viskozite değerleri düşük olacaktır. Viskozitenin azalması pompalama ve enjeksiyon kayıplarının artmasına neden olur. Böylece silindir içerisine maksimum yakıt dağılımı kötüleşmesi ile yanma performansına etki eder. Bu olumsuzluklar sonucunda yanma performansı kötüleştiği için silindir içerisinde yanma sonu elde edilen maksimum basınç değerinin düşmesiyle torkun azalmasına neden olmaktadır.

Metanolün, karışım yakıtlarının alt ısıl değerlerini, setan sayılarını ve viskozite değerlerini düşürmesinin ve buharlaşma ısılarını artırmasının haricinde metanol karışımlı yakıtlardan elde edilen gücün dizel yakıtından elde edilen güçten daha düşük olmasının bir diğer nedeni olarak, metanolün yoğunluğunun dizel yakıtınkinden daha düşük olmasıdır. Bu nedenle karışım yakıtlarının da yoğunluk değerleri düşük olacaktır. Yoğunluğun azalması kütlesel olarak daha az yakıtın silindirlere püskürtülmesine neden olmaktadır. Böylece silindir içerisine birim zamanda alınan yakıt miktarı azalacağından motor gücü de azalacaktır. Setan sayısının azalması sebebiyle oluşan olumsuzlukların azaltılabilmesi amacı ile kullanılan setan iyileştirici setan sayısını artırdığı için yakıtın yoğunluğun artmasıyla dizel-metanol karışımlı yakıtlar setan iyileştirici ilave edilmesiyle tork ve güç değerinin biraz daha artmasına neden olmuştur**.**

5.2 Öneriler

Petrol kökenli yakıtlara alternatif olarak kullanılan alkollerin petrole olan bağımlığının azaltması yanında, kirletici egzoz emisyonlarını da azaltmaktadır. İçten yanmalı motorlarda alternatif yakıt olarak kullanılan en yaygın alkol metanoldür. Biyokütle 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. Günümüzde alkol fiyatlarının benzin ve dizele göre yüksek olmasına rağmen, petrol kaynaklarının tükenebilir kaynak olmasından dolayı gelecekte petrolden daha ucuz olacağı düşünülmektedir.

Yakıt amaçlı alkol üretim ve tüketimine yeteri kadar yatırım yapılmaması, alkolün petrol ürünlerine nazaran daha pahalıya mal olması, alkolün bünyesinde bulunan su miktarının taşıt motorlarının yakıt sistemlerinde az da olsa korozif bir etki yapması ve ayrıca faz ayrışması gibi nedenler yüzünden alkol, yakın döneme kadar iyi bir gelişme gösterememiştir. Ancak yakıt amaçlı alkoller üzerindeki araştırmaların birçoğu enerji krizleri döneminde yapılmış, krizler atlatıldıktan sonra çalışmalar yavaşlamıştır. Alternatif alkol yakıtlar içerisinde popülaritesi en yüksek olan yakıtın metanol olduğu kabul edilmektedir. Metanolün dizel yakıtına oranla daha az C atomu oluşturması, yapısında oksijen bulundurması ve dizel yakıtına göre daha küçük moleküler yapıya sahip olması yanmayı olumlu yönde etkilemiştir. Metanolün dizel yakıtına göre daha küçük moleküler yapıya sahip olmaları, yapılarında oksijen bulundurmaları ve dizel yakıtında bulunan kükürt, kanserojen maddeler ve ağır metalleri içermedikleri için egzoz emisyonlarında olumlu etkilere sebep olmaktadır. Stokiyometrik karışımda gerekli olan kütlesel hava miktarı 6,44 kg‘dır. Bu özelliği egzoz emisyonları yönünden bir avantajdır.

Dizel yakıtı olan motorinin metanol karışımlarının özeliklerini geliştirmek ve ortaya çıkabilecek sorunları ortadan kaldırmak amacıyla motorlarda karışımlı yakıtla birlikte katkı maddeleri kullanılabilir. Akaryakıtın kalitesini belirleyen etkenlerin başında, kullanılan katkı maddeleri gelir. Bu katkı maddeleri yakıta çeşitli özellikler kazandırmak amacıyla üretilmiş olan yakıt içerisine belirli oranlarda katılan kimyasal maddelerdir. Yakıtın bu özellikleri içerisinde setan sayısının motor performansı ve egzoz emisyonları yönünden büyük öneme sahiptir. Bu nedenle dizel-metanol karışımlarına faz ayrışmasını ve setan sayısı gibi olumsuzlukları gidermek için farklı

oranlarda katkı maddeleri ilave edilerek araştırılabilir. Di-tersiyer bütil peroksit kullanımı yine setan arttırıcı katkı maddesi olarak piyasada yerini almıştır. Motorin içine katılan nitrat ve peroksit esaslı katkı maddeleri motorinin setan sayısını arttırır. Setan sayısının artmasıyla birlikte yanma sonucu oluşan NO_x miktarında azalma olmuştur. Deneyler sırasında elde edilen sonuçlarda karışımlı yakıtlar kıysalandığında setan sayısına etkisi görülmektedir. Bu nedenle dizel-metanol karışımlı yakıtlara farklı oranlarda setan arttırıcı ilave edilerek yanma performansı ve egzoz emisyonları üzerindeki etkisi araştırılabilir.

Metanolün saflık derecesi yüksek olması enerji kapasitesi arttığından dizel motorda su ile ısıtılan emme manifoldu tasarımıyla buharlaşmasını kolaylaştırarak direkt kullanımı araştırılabilir. Yapılan çalışma doğrultusunda bundan sonraki çalışmalarda ısı transferi, basınç artış hızı, basınç değişi ve yanma analizlerinin incelenmesi motor performansı ve emisyonlar açısından yararlı olacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Aksoy F., ve Bayrakçeken H., 2010, Dizel yakıtına %5 ve %10 izopropil alkol (ıpa) ilavesinin motor performans ve emisyonlarına etkisi, *Taşıt Teknolojileri Elektronik Dergisi (TATED) Cilt 2*, No:3, (37-43).

Altun Ş., ve Gür M., 2005, Bitkisel yağların alternatif yakıt olarak dizel motorlarında kullanılması, *Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3): 35-42, Şanlıurfa, Türkiye.

Anonymous, 2008, Methanol safe handling manual, Alliance Consulting International, *Methanol Institute*, Arlington, Virigina.

Anonymous, 2011, http://www.scribd.com/doc/75928515/biyodizel [Ziyaret Tarihi: 30 Ağustos 2011].

Astbury G.R., 2008, A review of the properties and hazards of some alternative fuels, Health and Safety Laboratory, Buxton, Derbyshire SK17 9JN, *United Kingdom process safety and environment protection*, 86, 397–414.

Bang-Quan He, Shi-Jin Shuai, Jian-Xin Wang, Hong He., 2003, The effect of ethanol blended diesel fuels on emissions from a diesel engine, *Atmospheric Environment*, 37, 4965–4971.

Bayraktar H., 2007, An experimental study on the performance parameters of an experimental CI engine fueled with diesel–methanol–dodecanol blends, *Fuel*, 87, 158–164.

Brusstar M., Stuhldreher M., Swain D., and Pidgeon W., 2002, High efficiency and low emissions from a port-ınjected engine with neat alcohol fuels, *Society of Automotive Engineers*, 01-2743.

Can Ö., Çelikten İ., Usta N., 2004, Effects of ethanol addition on performance and emissions of a turbocharged indirect injection Diesel engine running at different injection pressures, *Energy Conversion and Management*, 45, 2429–2440.

Cheng C.H., Cheung C.S., Chana T.L., Lee S.C., Yao C.D., 2008, Experimental investigation on the performance, gaseous and particulate emissions of a methanol fumigated diesel engine, *Science Of The Total Environment*, 389, 115 – 124.

Ciniviz M., Köse H., Canlı E., And Solmaz Ö., 2011, An experimental investigation on effects of methanol blended diesel fuels to engine performance and emissions of a diesel engine, *Scientific Research And Essays*, Vol. 6(15), Pp. 3189-3199, *Academic Journals*, Issn 1992-2248.

Clothier PQE, Heck S.M., Pritchard HO, (2000), Retardation of spontaneous hydrocarbon ıgnition in diesel engines by di-tert butyl peroxide, *Combustion and Flame*, Volume 121, Issue 4, Pages 689-694.

Çalışır A., ve Gümüş M., 2009, Buji ateşelemeli motorda benzin-metanol karışımlarının motor performansı ve egzoz emisyonlarına etkisi, *5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09)*, Karabük, Türkiye.

Çanakçı M., Sayın C., and Gümüş M., 2008, Exhaust emissions and combustion characteristics of a direct ınjection (dı) diesel engine fueled with methanol-diesel fuel blends at different ınjection timings, *Energy & Fuels*, 22, 3709–3723.

Çanakçı M., Sayın C., Özsezen Ahmet N. And Türkcan A., 2009, Effect of ınjection pressure on the combustion, performance, and emission characteristics of a diesel engine fueled with methanol-blended diesel fuel, *Energy & Fuels*, 23, 2908–2920.

Dhaliwal B., 2000, Alternatıve fuel effects on vehıcle emıssıons and ındoor aır qualıty, A Thesis Submitted To The Faculty Of Graduate Studies And Research İn Partial Fulfillment Of The Requirements For The Degree Of Masters Of Science Department Of Mechanical Engineering, Edmonton, *University Of Alberta*, Canada.

Ergeneman M., Arslan H., Kutlar A., Mutlu M., 1998, Taşıt egzozundan kaynaklanan kirleticiler, Kutlar O.A., (Editör), *Birsen Yayınevi*, İstanbul.

Erkal G., 2010, Comparıson of engıne performance and emıssıons for conventıonal petroleum dıesel fuel and dıesel-ethanol blends, *Master of Science in Mechanical Engineering Department Middle East Technical University*, Ankara Turkey.

Hazar H., Temizer İ., Ve Gür F., 2011, Bir dizel motorunun performansı ve motor parçaları üzerinde katkı maddelerinin etkisinin incelenmesi, *6th International Advanced Techologies Symposium (IATS'11)*, Elazığ, Turkey.

Huang Z., Lu H., Jiang D., Zeng K., Liu B., Zhang J., Wang X., 2004, Combustion behaviors of a compression-ignition engine fuelled with diesel/methanol blends under various fuel delivery advance angles, *Bioresource Technology*, 95, 331–341.

Ingle P.B., Bawankure M.D., and Kannake N.R., 2011, Experimental ınvestigation of using methanol-diesel blended fuels in diesel engine, *International Journal of Technology And Engineering System(IJTES)*, Vol: 2, No:1.

İçingür Y., Altıparmak D., 2003,Effect of fuel cetane number and injection pressure on a DI Diesel engine performance and emissions, *Energy Conversion and Management*, 44, 389–397.

İlhan M., 2007, Çift yakıtlı (dizel ve metanol) bir dizel motorda püskürtme avansının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye.

Jagadish D., Kumar P., And Madhu Murthy K., 2011, The effect of superchargıng on performance and emıssıon characterıstıcs of c.ı. engıne wıth dıesel-ethanol-ester blends, *Thermal Science*, 42-42.

Karabektaş M., Hoşoz M.,, 2009, Performance and emission characteristics of a diesel engine using isobutanol–diesel fuel blends, *Renewable Energy*, 34, 1554–1559.

Kulakoğlu T., 2009, Dizel-metanol karışımı kullanılan bir dizel motorda püskürtme basıncının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Türkiye.

Lei J., Bi Y., and Shen L., 2011, Performance and emission characteristics of diesel engine fueled with ethanol-diesel blends in different altitude regions, *Hindawi Publishing Corporation Journal of Biomedicine and Biotechnology*, Article ID 417421, 10 pages doi:10.1155-417421.

Lei Zhu, C.S. Cheung, W.G. Zhang, Zhen Huang, 2010, Emissions characteristics of a diesel engine operating on biodiesel and biodiesel blended with ethanol and methanol, *Science of the Total Environment 40*, 914–921.

Lü Xing-cai, Yang Jian-guang, Zhang Wu-gao, Huang Zhen, 2004, Effect of cetane number improver on heat release rate and emissions of high speed diesel engine fueled with ethanol–diesel blend fuel Institute of Internal Combustion Engine, *Fuel*, 83, 2013–2020.

Najafi G. and Yusaf T. F., 2009, Experimental investigation of using methanol-diesel blended fuels in diesel engine, *Proceedings of the Fourth International Conference on Thermal Engineering: Theory and Applications*, Abu Dhabi, UAE.

Nandi M. K., 2010, The performance of di-tertıary-butyl peroxıde as cetane ımprover ın dıesel fuels, *PDF TOP*, Arco Chemical Company, Newtown Square, Pa 19073.

Öğüt H. ve Kuş R., 1999, Motorlu taşıtlarda alternatif yakıt kullanımı, *II. Ulaşım Ve Trafik Kongresi – Sergisi*, Selçuk Üniversitesi Teknik Eğitim Fakültesi Selçuklu Konya / Türkiye.

Özdemir M., 2011, Bir dizel motorda biyodizel ve etanol kullanımının motor performansına ve emisyonlara etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, *Karabük Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Karabük, Türiye.

Qi D.H., Chen H., Geng L.M., Bian Y.ZH., Ren X.CH., 2009, Performance and combustion characteristics of biodiesel–diesel–methanol blend fuelled engine, *Applied Energy*, 87, 1679–1686.

Ren Y., Huang Z., Jiang D., Liu L., Zeng K., Liu B., Wang X., 2005, Combustion characteristics of a compression-ignition engine fuelled with diesel–dimethoxy methane blends under various fuel injection advance angles, *Applied Thermal Engineering*, 26, 327–337.

Salman S. ve Topgül T., 2001, Bir dizel motorunda enjeksiyon basıncının motor performansına, soğutma suyu ve egzoz gazı yoluyla kaybedilen ısı enerjisine etkisi, *Politeknik Dergisi*, Cilt: 4 Sayı: 2 s. 27-30.

Sayın C., 2010, Engine performance and exhaust gas emissions of methanol and ethanol–diesel blends, *Fuel*, 89, 3410–3415.

Sayın C., İlhan M., Çanakçı M., Gümüş M., 2009b, Effect of injection timing on the exhaust emissions of a diesel engine using diesel–methanol blends, *Renewable Energy*, 34, 1261–1269.

Sayın C., Özsezen Ahmet N., Çanakçı M., 2009a, The influence of operating parameters on the performance and emissions of a DI diesel engine using methanol-blended-diesel fuel, *Fuel* 89, 1407–1414.

Selvan V., Mozhi A., Anand R. B., and Udayakumar M., 2009, Effects of cerıum oxıde nanopartıcle addıtıon ın dıesel and dıesel-bıodıesel-ethanol blends on the performance and emıssıon characterıstıcs of a engıne, *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, Vol: 4, No: 7, ISSN 1819-6608.

Senthil Kumar M., Ramesh A., Nagalingam B., 2003, An experimental comparison of methods to use methanol and Jatropha oil in a compression ignition engine, *Biomass Bioenergy*, 25, 309–318.

Shen Y., Bedford J., Wichman Indrek S., 2008, Thermodynamic modeling of direct injection methanol fueled engines, Department of Mechanical Engineering, *Applied Thermal Engineering*, 29, 2379–2385.

Song C.L., Zhou Y.C., Huang R.J., Wang Y.Q., Huang Q.F., Lü G., Liu K.M., (2007), Influence of ethanol–diesel blended fuels on diesel exhaust emissions and mutagenic and genotoxic activities of particulate extracts, *Journal of Hazardous Materials*, Volume: 149, Issue: 2, Pages: 355-363.

Surisettya V.R., Dalaia A.K., Kozinski J., 2011, Alcohols as alternative fuels: An overview, Catalysis and Chemical Reaction Engineering, *General 404*, 1–11.

Taymaz İ. ve Benli M., 2009, Metanolün taşıtlarda enerji kaynağı olarak farklı kullanım yöntemlerinin incelenmesi, Makine Mühendisleri Odası, *2. Otomotiv Sempozyumu Bursa, Mühendis ve Makine*, Cilt: 50 Sayı: 596.

Topgül T., 2006, Buji ile ateşlemeli motorlarda etil alkol-benzin karışımında optimum çalışma parametrelerinin araştırılması, Doktora Tezi, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Ankara, Türkiye.

Türkcan A., ve Çanakçı M., 2011, Combustion characteristics of an ındirect ınjection (ıdı) diesel engine fueled with ethanol/diesel and methanol/diesel blends at different ınjection timings, *Word Renewable Energy Congress*, Linköping, Sweden.

Uslu K., 2006, Dizel motorlarında farklı püskürtme avanslarında dizel yakıtı + etanol kullanımının performans ve emisyonlara etkisi, Yüksek Lisans Tezi, *Marmara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul, Turkey.

Westerholm R., and Egeback K., 1994, Exhaust emissions from light- and heavy-duty vehicles: chemical composition, ımpact of exhaust after treatment, and fuel parameters, University of Stockholm, Department of Analytical Chemistry, Stockholm, Sweden; The Swedish Motor Vehicle Inspection Company, Vallingby Sweden Environ Health Perspect, 102 (Supply 4): 13-23.

Yao C., Cheung C.S., Cheng C., Wang Y., Chan T.L., Lee S.C., 2008, Effect of Diesel/methanol compound combustion on Diesel engine combustion and emissions, *Energy Conversion and Management,* 49, 1696–1704.

Yılmaz N., 2011,Performance and emission characteristics of a diesel engine fuelled with biodiesel–ethanol and biodiesel–methanol blends at elevated air temperatures, *Fuel*.

Yücesu S., Altın R., Çetinkaya S.,1999, Dizel motorlarında alternatif yakıt olarak bitkisel yağ kullanımının deneysel incelenmesi, *Turkish Journal of Engineering and Environmental Sciences,* 25, 39-49.

Zhang Z.H., Cheung C.S., Chan T.L., Yao C.D., 2009a, Emission reduction from diesel engine using fumigation methanol and diesel oxidation catalyst, *Biomass and Bioenergy*, 25, 309 – 318.

Zhang Z.H., Cheung C.S., Chan T.L., Yao C.D., 2009b, Experimental investigation of regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with Euro V diesel fuel and fumigation methanol, *Atmospheric Environment*, 44, 1054-1061.

Zhang Z.H., Cheung C.S., Chan T.L., Yao C.D., 2009c, Experimental investigation on regulated and unregulated emissions of a diesel/methanol compound combustion engine with and without diesel oxidation catalyst, *Science of the Total Environment* 408, 865–872.

Zhu R., Cheung C.S., Zuohua Huang, Xibin Wang, 2011, Regulated and unregulated emissions from a diesel engine fueled with diesel fuel blended with diethyl adipate, *Atmospheric Environment*, 45, 2174-2181.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Feyyaz Candan
Uyruğu : T.C. Vatandaşı
Doğum Yeri ve Tarihi : Erzurum-1984
Telefon : 05377603725
Faks :
e-mail :

EĞİTİM

Derece		**Adı, İlçe, İl**	**Bitirme Yılı**
Lise	:	**Erzurum Lisesi Erzurum**	**2002**
Üniversite	:	**Selçuk Üniversitesi Konya**	**2009**
Yüksek Lisans	:	**Selçuk Üniversitesi Konya**	-